

ZASADY  
OBRÓBKI METALI.

---



BG05A/016-41

91

WYDAWNICTWO WYDZIAŁU TECHNICZNEGO  
TOWARZYSTWA KURSÓW NAUKOWYCH.

---

# ZASADY OBRÓBK I METALI

CZĘŚĆ I.

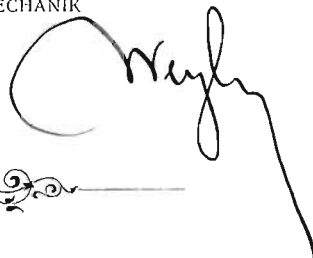
Narzędzia, Doświadczenia.  
Elementy konstrukcyjne obrabiarek.

---

NAPISAŁ.

HENRYK MIERZEJEWSKI

INŻYNIER MECHANIK

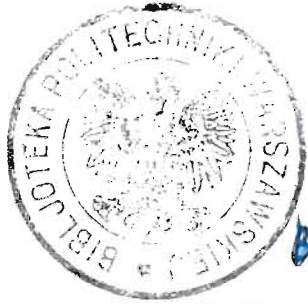


WARSZAWA.

SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI E. WENDE I SPÓŁKA

1917.

z. 23/2



iz. 2312

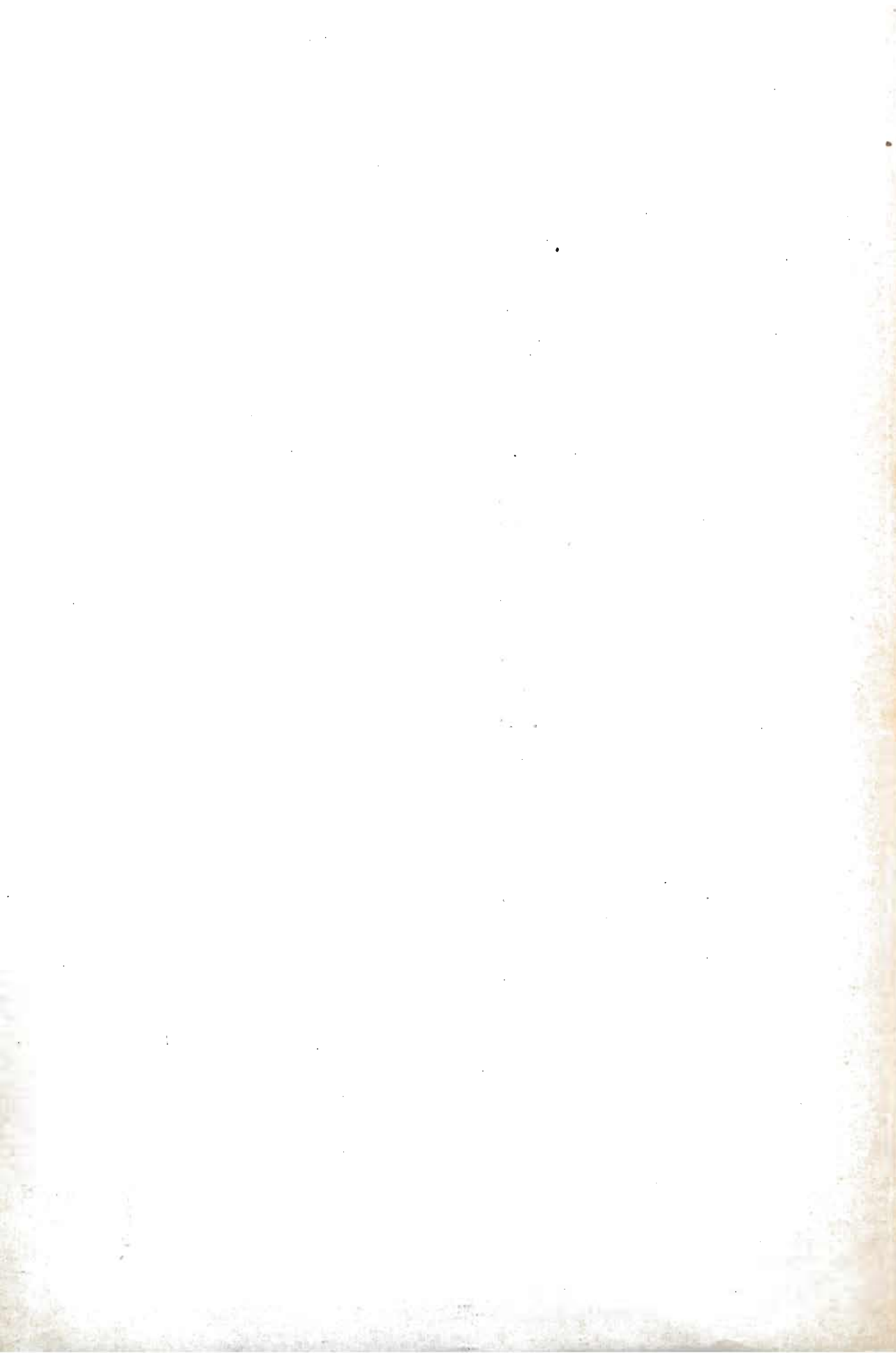
Geprüft und freigegeben durch die Kais. Deutsche Presseabteilung Warschau  
den 13. 10. 1916. T. № 3064. Dr. № 184.

Kłisze wykonał zakład fotochemigraficzny  
R. Sawickiego w Warszawie.

Drnk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego w Warszawie.

## E R R A T A.

	Powinno być:
Str. 2 w. 6 od góry . . . . .	$A = namP$
„ 2 w. 9 „ . . . . .	$A_s = \frac{A}{al} = mna\sigma$
„ 2 w. 11 „ . . . . .	$A_v = \frac{A}{n^2 a^2 l \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} = \frac{m\sigma}{n \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}$
„ 4 w. 7 „ . . . . .	$\sigma_0 = 35,5 \text{ kg/mm}^2$
„ 9 w. 5 „ . . . . .	znacznego
„ 9 w. 16 „ . . . . .	potęgują
„ 15 w. 2 „ . . . . .	rys. 16
„ 21 w. 9 „ . . . . .	spór
„ 23 w tablicy prędkości dla żeliwa	miękkie, średnie, twarde
„ 34 w. 3 od dołu . . . . .	$p_n$
„ 53 na rys. 65 przepuszczono . . .	$\alpha$
„ 54 w. 18 od dołu . . . . .	$\sin \alpha_2 = 0,4142 \times 0,2679 \times 0,319 = 0,0355$
„ 54 w. 1 od dołu . . . . .	$R/\cos \varepsilon$
„ 55 w. 1 od góry . . . . .	$R \operatorname{tg} \varepsilon$
„ 55 w. 4 „ . . . . .	$\frac{R^2}{\cos^2 \varepsilon} = R^2 \operatorname{tg}^2 \varepsilon + (R - e)^2 + 2 R (R - e) \operatorname{tg} \varepsilon \sin \varphi$
„ 55 na rys. 68 przepuszczono . . .	$M, N, O$
„ 61 w. 8 od góry . . . . .	doświadczenia
„ 72 w. 17 od dołu . . . . .	napęd od
„ 73 w. 5 od góry . . . . .	$N = \frac{Rv}{4500}$
„ 90 na rys. 105 zakreskować przekrój nakrętki	
„ 103 w. 9 od góry . . . . .	w biegu
„ 103 na rys. 128 zakreskować przekrój wałeczka	
„ 127 w. 3 od góry . . . . .	przewadnica
„ 127 w. 10 od dołu . . . . .	posiadającym
„ 127 w. 5 od dołu . . . . .	odciążyć
„ 145 na rys. 168 dopisać wymiary 17 i 25	
„ 157 w. 16 i nast. od góry . . . .	1748
„ 158 w. 10 od góry . . . . .	forgeage



## PRZEDMOWA AUTORA.

Podręcznik niniejszy obejmuje, w ogólnym zarysie, treść moich wykładów w Wydziale Technicznym Towarzystwa Kursów Naukowych oraz w Szkole Mechaniczno-Technicznej im. Wawelberga i Rotwanda w Warszawie. Ma on na celu pogłębić przygotowanie do ćwiczeń projektowych z budownictwa maszynowego drogą zapoznania słuchaczy z metodami mechanicznego obrabiania części maszyn. Nie pominąłem jednak ogólnokształcącego charakteru obszernej dziedziny pracy narzędzi mechanicznych, zapoznającej z wielu doniosłymi własnościami metali, tembardziej, że pisząc podręcznik starałem się uwzględnić potrzeby czytelników z poza ławy szkolnej.

Jak wiadomo, niema dotychczas jednolitej teorii obróbki mechanicznej, opartej na ścisłych podstawach naukowych. Własności fizyczne ciał stałych, poddanych silnym działaniom mechanicznym, wywołującym odkształcenia trwałe poza granicą sprężystości, nie są dostatecznie zbadane, a tembardziej ujęte w ścisłe prawa i zależności. Badania nad powstawaniem odkształceń trwałych w ciałach kruchych i ciągliwych przy obciążeniu statycznym i dynamicznym, nad histerezą odkształceniową, nad wewnętrznym tarcieniem, rzucają wiele światła na wewnętrzną budowę ciał stałych, a zwłaszcza metali, jednak stanowią dotychczas materiał niezbyt spójny, częstokroć sporny tak, że muszą być pominięte w podręczniku. Zresztą badania te, przygotowujące grunt do stworzenia ogólnej teorii walcowania, kucia, wyłaczania, przecinania i skrawania metali, wiążą się bezpośrednio z rozwojem nauki o wytrzymałości materiałów, wychodzącej poza zakres teorii sprężystości, i należą do niej bezspornie, choćby ze względu na metody doświadczalne.

W pracy swej uwzględniłem prawie wyłącznie obróbkę mechaniczną metali zapomocą skrawania, usuwając z niej przerób metali zapomocą kucia i walcowania. Podobnie wiadomości o przecinaniu metali ograniczyłem do przykładów elementarnych, których poznanie umożliwiałoby należyte zrozumienie zjawisk skrawania. Natomiast znacznie szerzej potraktowałem doświadczenia nad skrawaniem, które dały bogaty materiał rzeczowy, pierwszorzędnej wartości praktycznej i teoretycznej. Większy nacisk, niż to zazwyczaj bywa w podręcznikach o obróbce metali, położyłem na konstrukcję narzędzi, zato w konstrukcyi obrabiarek wysunąłem na pierwszy plan te ich elementy, których poznanie jest niezbędne do objęcia całości. Zwracałem uwagę wszędzie na działanie obrabiarek w ruchu, zapoznając

czytelnika z ciekawszymi zagadnieniami konstrukcyjnymi i zaznaczając, o ile to było możliwem, że przy rozwiązywaniu ich nie należy poprzestawać na doświadczeniu praktycznem, jak to czyni wielu konstruktorów obrabiarek, lecz że należy się odwoływać w tych razach na każdym kroku do pomocy mechaniki i wytrzymałości materiałów.

Unikając przeładowania książki zbyt wieloma wiadomościami i opisami, podałem tylko zasadnicze mechanizmy obrabiarek oraz schematy, dające możność zapoznania się z najbardziej zawiłymi konstrukcjami. Obok rysunków uwzględniłem i zdjęcia fotograficzne maszyn, gdzie prowadziło to prostszą drogą do celu, polegającego na ogarnięciu przez czytelnika całości. Odmiany typów zasadniczych zaznaczyłem w opisie bez podawania rysunków, gdyż obciążyłyby to zbyt wielkim balastem graficznym książkę. Czytelnik łatwo uzupełni te braki na podstawie źródeł wyszczególnionych we wskazówkach bibliograficznych na końcu książki. Po niektórych rozdziałach zamieściłem przykłady liczbowe. Większość z nich stanowi rozwinięcie pojęć zasadniczych, i dlatego też podawałem ich rozwiązania.

W drugiej części niniejszej pracy zamierzam traktować obróbkę typowych części maszynowych z uwzględnieniem potrzebnych do tego narzędzi i maszyn.

*Autor.*

Warszawa-Wola w maju 1916.



## SPIS ROZDZIAŁÓW.

	Str.
<b>ROZDZIAŁ I. Wiadomości wstępne o przecinaniu i skrawaniu metali.</b> . . . . .	1
1. 2. Przecinanie zapomocą dłuta różnych metali. 3. Przecinanie różnych metali zapomocą nożyc równoległych. 4. Skrawanie metali. 5. Opór skrawania. 6. Prędkość skrawania. 7. Praca skrawania. Ćwiczenia.	
<b>ROZDZIAŁ II. Toczenie, wytaczanie i struganie</b> . . . . .	13
8. Działanie noża tokarskiego. 9. Odmiany noży tokarskich a strugarskich. 10. Doświadczenia nad oporem skrawania. 11. Doświadczenia Taylora nad prędkością toczenia. Ćwiczenia.	
<b>ROZDZIAŁ III. Wiercenie.</b> . . . . .	28
12 Charakterystyczne cechy wiercenia. 13. Wiertła. 14. Doświadczenia nad wierceniem Codrona i Smitha. Ćwiczenia.	
<b>ROZDZIAŁ IV. Frezowanie</b> . . . . .	43
15. Charakterystyczne cechy freza jako narzędzia. 16. Konstrukcja freza. 17. Metoda profilowania obwiedniowego. 18. Zespoły frezowe. 19. Opory i prędkości frezowania. Doświadczenia De Leeuw'a. Ćwiczenia.	
<b>ROZDZIAŁ V. Szlifowanie</b> . . . . .	56
20. Działanie tarczy szlifierskiej. 21. Tarcze szlifierskie. 22. Roboty szlifierskie. 23. Doświadczenia nad szlifowaniem J. Schlesingera. Szlifowanie stali maszynowej i żeliwa szarego. Doświadczenia Herminghausena.	
<b>ROZDZIAŁ VI. Charakterystyki obrabiarek</b> . . . . .	67
24. Zasady obróbki; obrabiarki. 25. Charakterystyka tokarki pociągowej. 26. Moc tokarki pociągowej ze stopniowym kołem pasowym. 27. Charakterystyki strugarki podłużnej. 28. Charakterystyki wiertarki. Ćwiczenia.	
<b>ROZDZIAŁ VII. Elementy konstrukcyjne obrabiarek. Wrzeciona, wały, śruby pociągowe. Łożyska i prowadnice</b> . . . . .	82
29. Układ sił działających na wrzeciona. 30. Konstrukcja wrzecion i ich łożysk. 31. Śruby pociągowe i nakrętki. Prowadnice. Ćwiczenia.	
<b>ROZDZIAŁ VIII. Mechanizmy do zmiany liczby obrotów. Głowice i skrzynki zmianowe</b> . . . . .	95
32. Głowice z kołem stopniowym i pojedynczą przekładnią. 33. Głowice ze znaczną liczbą różnych prędkości obrotowych wrzeciona. 34. Konstrukcje skrzynek zmianowych. Ćwiczenia.	
<b>ROZDZIAŁ IX. Mechanizmy nawrotne i do zamiany ruchu obrotowego na prostoliniowy. Napęd strugarek poprzecznych i dłutowanie</b> . . . . .	109
35. Przystawki stopniowe. Napęd strugarki podłużnej. 36. Zamiana ruchu obrotowego na prostoliniowy nawrotny. 37. Mechanizmy nawrotne do posuwów.	

	Str.
<b>ROZDZIAŁ X. Ogólne zasady konstrukcyi i schematy obrabiarek</b> . . . . .	120
38. Myśl przewodnia mechanizmu obrabiarki. 39. Ogólna konstrukcyja i schematy tokarki. 40. Konstrukcyja i schemat dużej tokarki pociągowej. 41. Schemat wytaczarki. 42. Schemat poziomej wiertarko-frezarki. 43. Schemat szlifierki do wałków.	
<b>ROZDZIAŁ XI. Schematy obróbki. Obrabiarki rewolwerowe</b> . . . . .	138
44. Uszeregowanie operacyi obróbki. Imak rowolwerowy do zwykłej tokarki. 45. Karuzelówka rewolwerowa. 46. Obróbka na rewolwerówkach. 47. Schemat automatu i zasady sporządzania tarcz szablonowych. 48. Niektóre ogólne zasady budowy obrabiarek. Napęd elektryczny. <b>Ćwiczenia.</b>	
<b>Wskazówki bibliograficzne</b> . . . . .	158
<b>Skorowidz alfabetyczny.</b> . . . . .	161

---

## ROZDZIAŁ I.

### Wiadomości wstępne o przecinaniu i skrawaniu metali.

1. Gdy chcemy odciąć lub przeciąć kawałek jakiegokolwiek metalu, możemy użyć w tym celu dłuta stalowego. Zależnie od rodzaju przecinanego metalu i kształtu narzędzia przebieg operacji może być bardzo różny. O ile metal nie jest dostatecznie ciągliwy, przecinanie może się nawet zgoła nie udać. Tak np. żeliwa zapomocą dłuta stalowego przeciąć nie można: pęka ono i kruszy się pod naciskiem.

Przecinanie na zimno metali ciągliwych, jak ołowiu, miedzi, różnych odmian żelaza i stali, jest zjawiskiem złożonym pomimo tak prostego kształtu narzędzia, jakie posiada zwykłe dłuto stalowe. Odkształceń niesprężystych, trwałych, jakim podlega metal przy przecinaniu, nie ujęto dotychczas w ścisłe prawa i zależności. Zachodzące przy tem przemiany materji, jak również rozkład naprężeń wewnętrznych, nie jest nam bliżej znany. Względy praktyczne ograniczają zwykle zakres badań w tym kierunku do poszukiwania przybliżonych wartości oporu i pracy przecinania.

Rys. 1 przedstawia układ sił działających na dłuto przy wtlaczaniu go w sztabę metalową. Kształt dłuta zajmującego symetryczne położenie względem przecinanego przedmiotu określa kąt  $\theta$ , nazywany kątem rzezowym dłuta. Nacisk  $P$  z góry na dłuto przewycięża boczne parcie metalu na obie strony dłuta, dające dwie wypadkowe  $P_2$ , następnie tarcia stąd wynikające, wreszcie opór  $P_1$  uwarunkowany tępością krawędzi tnącej dłuta. Równowagę wszystkich sił przedstawia równanie:

$$P - P_1 - 2P_2 \sin \frac{\theta}{2} - 2P_2 f \cos \frac{\theta}{2} = 0 \quad (1).$$

Kąt  $\theta$  dla ołowiu wynosi zazwyczaj  $20^\circ$ , dla żelaza i stali  $70^\circ$ . Im kąt ten jest mniejszy, tem mniejszy jest i opór  $P_1$ . O ile nacisk  $P$  jest stały, to zmniejszeniu się kąta  $\theta$  odpowiada wzrost oporów bocznych  $P_2$ .

O oporze  $P_1$  brak nam dostatecznych danych. Łatwo stwierdzić, że nie jest on wielki i że możemy go pominąć w równaniu (1). Otrzymamy wówczas

$$P_2 = \frac{P}{2 \sin \frac{\theta}{2} + 2f \cos \frac{\theta}{2}} \quad (2).$$

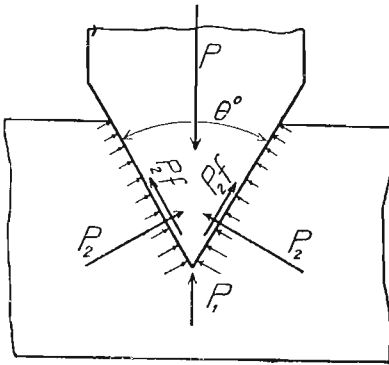
Jeśli sztaba przecinana posiada wysokość  $a$  i szerokość  $l$ , to właściwym oporem przecinania nazwiemy iloraz

$$\sigma = \frac{P}{al} \dots \dots \dots (3).$$

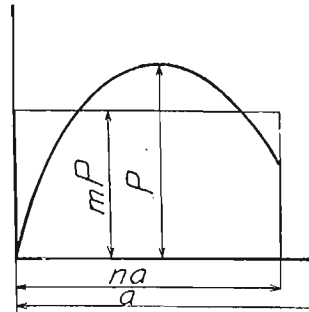
Niech rozpołowienie sztaby nastąpi przy wtłoczeniu dłuta na głębokość  $na$ , gdzie  $n < 1$  (rys. 2). Pracę przecięcia sztaby przedstawi wówczas wzór:

$$A = namP_1 \dots \dots \dots (4),$$

gdzie  $mP$  jest średnią wartością oporu przecinania.



Rys. 1.



Rys. 2.

Praca na jednostkę powierzchni przekroju sztaby:

$$A_s = \frac{\tau}{al} = mna\sigma \dots \dots \dots (5).$$

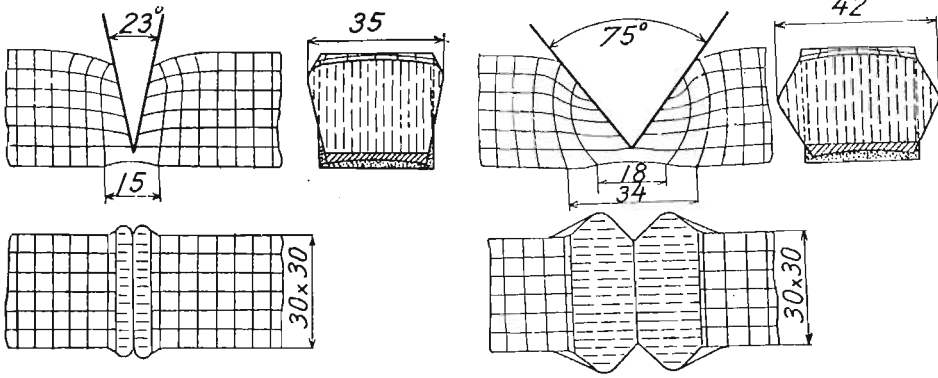
Praca na jednostkę objętości wypchniętego przez dłuto metalu:

$$A_v = \frac{\tau}{n^2 a^2 l \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} = \frac{m\sigma}{n \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} \dots \dots \dots (6).$$

**2. Przecinanie różnych metali zapomocą dłuta.** Zbadajmy przecinanie kratówki ołowianej o przekroju  $30 \times 30 \text{ mm}$  zapomocą dłuta o kącie rzeźowym  $\theta = 23^\circ$ . Rys. 3 przedstawia właśnie końcowy okres przecinania. Widzimy, że dłuto dolega szczelnie do ścianek wytłoczonego wykroju, nie można też spostrzedz zupełnie lupania się materiału, tak charakterystycznego np. dla drzewa w kierunku jego włókien. Wskutek tarcia dłuta o ołów górne warstwy kratówki ulegają wygięciu w pobliżu wykroju, o czym świadczą linie znacznikowe na kratówce, umożliwiające porównanie wyginania się poszczególnych warstw przecinanych. Rozpatrując boczne ścianki kratówki zauważymy, że dłuto spycha ołów na bok, tworząc charakterystyczne zgrubienia. Przy pewnym zagłębieniu dłuta rozpychanie dwóch części kratówki wywołuje zwężenie przekroju i miejscowe wydłużenie, wynoszące przy końcu operacji przecinania około  $5 \text{ mm}$  na długości początkowej  $10 \text{ mm}$ . Owe zwężenie przekroju zjawia się nie tylko od spodu, lecz i z boków kratówki tak, że od spodu nie przylega ona do podłóczki, a boczne zgrubienia przechodzą stopniowo w zwężenia.

Doświadczenie wykazuje, że w chwili, gdy przekrój zaczyna się zwaćzać,  $P$  przechodzi przez maximum, co jest rzeczą zgoła naturalną.

Gdy zamiast dłuta z kątem  $\theta = 23^\circ$ , użyjemy kąta rzeźowego  $\theta = 75^\circ$ , charakterystyczne cechy przecinania ołowiu uwydatnią się znacznie lepiej (rys. 4). Na uwagę zasługują zwłaszcza boczne wydatne zgrubienia.



Rys. 3.

Rys. 4.

Według C. Codrona, który przeprowadził wyczerpujące doświadczenia nad przecinaniem, opór właściwy przecinania  $\sigma$  zmniejsza się, gdy wzrasta grubość przecinanej sztaby. Opór całkowity  $P$  wzrasta wraz ze zwiększeniem kąta  $\theta$ . Zależność powyższą można przedstawić w przybliżony sposób zapomocą równania liniowego:

$$P = P_1 + P_2 \theta \dots \dots \dots (7).$$

Dla kratówki ołowianej o przekroju  $30 \times 30 \text{ mm}$  równanie powyższe przedstawi się w następującej postaci liczbowej:

$$P = 330 + 22,2\theta,$$

gdzie  $P$  jest wyrażone w  $kg$ , a kąt  $\theta$  w stopniach. Przybliżone to równanie sprawdza się w granicach od  $\theta = 5^\circ$  do  $75^\circ$ .

Przecinanie kratówki miedzianej odbywa się w sposób podobny jak przy ołowiu. Ze względu na twardość miedzi nie można stosować tak małych kątów rzeźowych jak dla ołowiu. Ponieważ miedź nie jest tak plastyczna jak ołów, przeto kratówka pęka na dwoje gwałtownie przed końcem operacji, przyczem współczynnik  $n$  wynosi średnio 0,75.

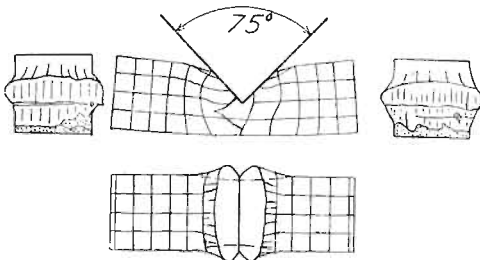
Żelazo, starannie wyżarzone w celu uniknięcia naprężeń wewnętrznych, mogących wpłynąć znacznie na wyniki doświadczeń, zachowuje się przy przecinaniu inaczej jak ołów lub miedź. Przy kącie rzeźowym  $\theta = 75^\circ$  kratówka o przekroju  $20 \text{ mm}$  pęka przy stosunkowo niewielkiem zagłębieniu się dłuta. Części kratówki rozdzielają się gwałtownie, dając złom tego samego rodzaju co i krótkie próbki na rozciąganie. Stwierdzić tu można istnienie naprężenia ścinającego, gdyż rozerwanie odbywa się pod określonym kątem (rys. 5).

Przy nacisku stopniowym i powolnym jest rzeczą możliwą przecinać żelazo zapomocą dłuta z kątem rzeźowym  $30^\circ$ , przy nacisku bardziej gwałtownym kąt ten

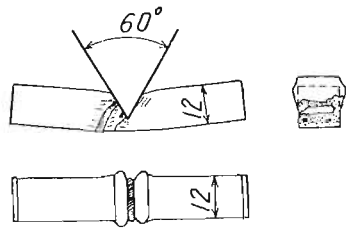
powinien wynosić co najmniej  $60^\circ$ . Aby uniknąć szybkiego tępienia się rzeza, lepiej jest nawet stosować kąt  $75^\circ$ . Tej samej wielkości kąty rzezowe stosuje się i przy nożach tokarskich, jak o tem będziemy mówili później.

Doświadczenia C. Codrona stwierdziły, że właściwy opór przecinania żelaza zlewego jest większy od współczynnika wytrzymałości na rozerwanie. Dla kratówki o przekroju  $30 \times 30 \text{ mm}$  wykonanej z żelaza wykazującego przy próbie na rozerwanie wytrzymałość  $\sigma_0 = 35,5 \text{ kg/mm}$  i wydłużenie  $12\%$ , stosunek oporu właściwego przecinania  $\sigma$  do  $\sigma_0$  wynosi:  $\frac{\sigma}{\sigma_0} = 1,51$ . Dla miedzi podobny stosunek wynosił  $1,82$ .

Opór przecinania węglistej stali narzędziowej jest znacznie większy niż żelaza zlewego. Kratówka z tej stali pęka przy przecinaniu z nadzwyczajną siłą, wymagając stosowania specjalnych osłon przy doświadczeniach. Podobnie jak i dla żelaza jest rzeczą charakterystyczną pochylenie płaszczyzny łupania względem osi symetrii dłuta (rys. 6).



Rys. 5



Rys. 6.

Z przytoczonych przykładów widzimy, że zjawiska przecinania są złożone i zależą najbardziej od własności fizycznych przecinanego metalu; można powiedzieć nawet, że na podstawie próby przecinania dadzą się określić jego własności mechaniczne. Jednak dane, jakie można zebrać na podstawie tej próby, posiadają raczej charakter jakościowy a nie ilościowy i dlatego nie mogą one rywalizować z charakterystykami wynikającymi z klasycznych prób badania materiałów. W ogólności przy określaniu oporów właściwych przecinania należy być oględnym, gdyż zmiana warunków operacji może wpłynąć zasadniczo na jej przebieg i wyniki ostateczne.

### 3. Przecinananie różnych metali zapomocą nożyc równoległych.

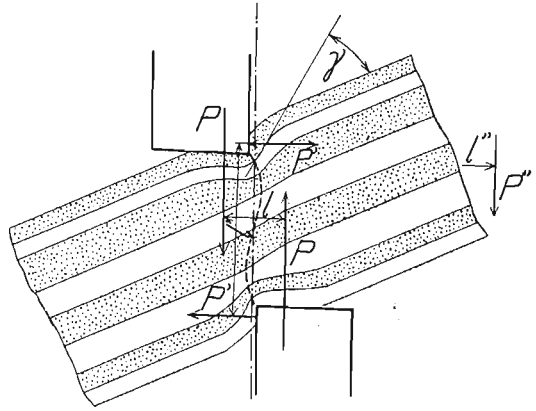
O ile użylibyśmy zamiast jednego dwóch dłut symetrycznych działających w kierunkach przeciwnych, to opór skrawania zmniejszylibyśmy przeszło dwukrotnie. Dodatkowe zmniejszenie oporu właściwego daje się objaśnić tem, że przerwy ciągłości powstające z obu stron przecinanego pręta posiadają dążność do spotkania się, ułatwiającą rozerwanie go na dwoje. To samo możnaby powiedzieć i o nożycach, które mogą być uważane za dwa naprzeciw siebie działające niesymetryczne dłuta, zwane zwykle rzezami (rys. 7).

Wewnętrzne boki rzeźów leżą w płaszczyznach, znajdujących się w blizkiej odległości i równoległych do przypuszczalnej powierzchni rozrywania przedmiotu przecinanego. Początkowo rzezy są energicznie włączane w przedmiot. Rozpoło-

wienie sztaby następuje wskutek ciągnięcia, gięcia i cięcia metalu. Własności fizyczne metalu posiadają decydujący wpływ na przebieg tych złożonych odkształceń.

Kąt dwuścienny rzeza bierze się zwykle nie mniejszy od  $80^\circ$ , inaczej rzezy tępiłyby się szybko i pękały.

Rozważmy przebieg przecinania zapomocą rzeźów równoległych sztaby prostokątnej. Na przedmiot zaczynają działać dwie siły przeciwległe  $P$ , wypadkowe parę elementarnych na czoła rzeźów: siły te wzrastają szybko w miarę zagłębiania się narzędzia, dosięgając największości w chwili rozpoczęcia pęknięcia (opór przecinania). Wypadkowe  $P$  znajdują się niewątpliwie w pobliżu krawędzi tnących rzeźów. Składają się one na moment obrotowy  $Pl$ , który znajduje częściowo swój odpowiednik w postaci momentu obrotowego  $P'l'$ , gdzie  $P'$  oznacza wypadkową parę elementarnych na wewnętrzne boki rzeźów, usiłujących rozsunąć je wzajemnie. O ile sztaba jest swobodna, działanie sił  $P$  wywołuje jej przechylenie się, coraz wydatniejsze w miarę wtłaczania nożyc. Niekiedy temu przechyleniu przeciwdziała się zapomocą momentu obrotowego  $P''l''$ , zastosowując odpowiedni zderzak opornikowy.



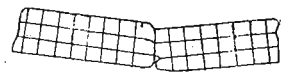
Rys 7.

C. Codron wyznaczał linie na powierzchni przecinanej sztaby i badał szczegółowo odkształcenia aż do chwili powstawania głębokich pęknięć. Z jego badań wynika, że ciągnięcie i gięcie przeważa w drugim okresie przecinania sztaby, gdy w pierwszym działa prawie wyłącznie cięcie materiału. Najwydatniejsze odkształcenia zjawiają się w pobliżu krawędzi tnących, jak o tem można sądzić z kątów  $\gamma$  pochylenia włókien względem osi sztaby.

Gdy tylko rozsuniemy nieco rzezy — przebieg przecinania zmieni się bardzo: zamiast cięcia wystąpi wydatniej gięcie i ciągnięcie, a odkształcenia przybiorą inny charakter.

Poszczególne metale zachowują się podczas przecinania w bardzo różny sposób. Ołów wymaga bardzo dużych zagłębień rzeźów. Żelazo zlewne daje często charakterystyczne pęknięcia wzdłuż osi sztaby (rys 8), podobnie zachowuje się miedź i mosiądz.

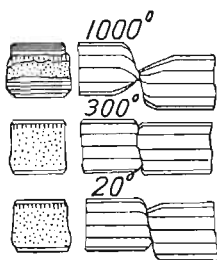
Znaczny wpływ na charakter odkształceń i przebieg przecinania posiada temperatura metalu. Rys 9 przedstawia próbki przecinania żelaza zlewego przy temperaturze zwykłej, przy  $300^\circ$  i  $1000^\circ$ . Jak wiadomo żelazo zlewne przy temperaturze  $300^\circ$  jest kruche i twarde, o czem świadczy zależność od temperatury jego twardości, określanej zapomocą metody Brinella, jak również wytrzymałości na ciągnięcie i wydłużenia. Kruchość żelaza przy  $300^\circ$  znamionuje przy przecina-



Rys. 8.



niu suchy trzask; aby rozpołować sztabę, wystarcza niewielkie zagłębienie rzeźów. Przy 1000° żelazo jest ciągliwe i plastyczne, jeszcze większą plastyczność wykazuje w tym wypadku stal miękka. Te i tym podobne fakty dają możliwość wprawnemu



Rys. 9.

kowalowi określać na podstawie przeciętej próbki przybliżoną temperaturę żelaza lub stali.

Opór właściwy przecinania, t. j. opór w odniesieniu do przekroju przecinanej sztaby, zależy tak bardzo od własności fizycznych metalu, od stanu krawędzi tnących, luzu pomiędzy rzeźami i t. p., że może być mowa tylko o poszukiwaniu jego wartości średnich przybliżonych, takich, jakie interesują np. konstruktora nożyc. Poniżej podajemy te wartości, nadmienając, że rzeczywisty opór właściwy przecinania  $\sigma$  może od nich znacznie odbiegać.

	Wytrzymałość na rozerwanie	
Błacha stalowa (miękka) . . . . .	$\sigma_0 = 40 \text{ kg/mm}^2$	$\sigma = 60-70 \text{ kg/mm}^2$
Żelazo kute . . . . .	" 24-35 "	" 40-60 "
" " (przy czerwoności) . . . . .	" 8-10 "	" 12-20 "
Błacha miedziana . . . . .	" 20-25 "	" 25-40 "
Błacha cynkowa . . . . .	" 6-9 "	" 9-15 "
Cyna . . . . .	" 1,3-2 "	" 2-3 "
Ołów . . . . .	" 0,8-1,8 "	" 1,8-2,4 "

Zauważmy, że przecinanie zapomocą nożyc odbywa się z obu stron równocześnie, a więc właściwy opór przecinania w porównaniu z wytrzymałością na rozerwanie należy uważać za wysoki.

**4. Skrawanie metali.** O ile kawałek odcinany z końca sztaby zapomocą nożyc będzie posiadał tak małą grubość, że pęknięcie powstające wskutek wtlaczania jednego z rzeźów będzie się rozszerzało w bok a nie wgłąb, wówczas materiał zostanie usunięty nie w postaci jednolitego względnie kawałka, lecz w kształcie wiórów rozpadających się bądź na oddzielne, bądź słabo ze sobą związane płytki. Aby skrawanie mogło się odbywać, nie jest rzeczą konieczną użyć w tym wypadku dwóch przeciwległych rzeźów; wystarczy oprzeć sztabę na jakiegokolwiek podpórcie i działać jednym rzeźem.

Rozpadanie się materiału na oddzielne bądź słabo związane płytki stanowi istotną cechę skrawania metali. Jak na to sama nazwa wskazuje, skrawanie polega na zdejmowaniu, zdzieraniu powierzchniowej warstwy metalu. Stanowić ono może przypadek szczególnie przecinania zapomocą dłuta, nożyc i krążków rzeźowych, występuje przy przebijaniu otworów i t. p. Jako technologiczna metoda obróbki skrawanie posiada pierwszorzędne znaczenie, gdyż daje możliwość wykańczania przedmiotów, czyli otrzymywania ich żądanego kształtu z praktycznie możliwą dokładnością. Istnieje kilka powszechnie znanych odmian skrawania, zależnych od kształtu narzędzia: toczenie, struganie, frezowanie, wiercenie, — bądź sposobu działania narzędzia: skrawanie perkusyjne (uderzeniowe) — szlifowanie. Najprostszy wiór, przytem najłatwiej, otrzymać można przy toczeniu. To też przebieg skrawania jest badany zazwyczaj przy toczeniu, tej metody trzymali się głównie dotychczasowi badacze.



Jedno z ciekawszych doświadczeń, mających na celu wyświetlenie kwestyi tworzenia się wióra przy skrawaniu, podjął w r. 1902 J. Nicolson w Manchesterze. Obserwował on zarówno skrawanie szybkie, jak i bardzo powolne, którego prędkość wynosiła zaledwie  $1\text{ mm/min}$ . Skrawanie odbywało się za pośrednictwem noża płaskiego o kącie rzezowym  $60^\circ$ , szerszego od zdzieranej czołowo warstwy pierścieniowej, co miało na celu wyrugowanie wpływu skrawania bocznego. Głębokość wióra wynosiła  $\frac{1}{8}'' = 3,15\text{ mm}$ , szerokość  $\frac{1}{2}'' = 12,7\text{ mm}$ . Na obrzeżu skrawaniem były wyznaczone linie promieniowe i obwodowe, tworzące gęstą, jednorodną siatkę (rys. 10).

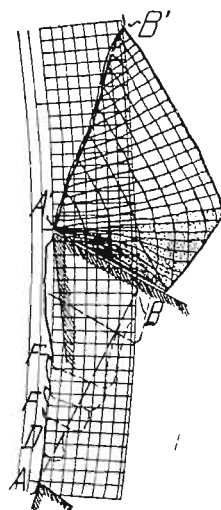
Przy bardzo powolnym skrawaniu nie otrzymywano wióra ciągłego, lecz szereg kolejno odpadających płytek z płaszczyzną łupania wzdłuż ukośnych  $AB$  i  $A'B'$ , odchylonych od pionu mniej więcej o  $15^\circ$ . Na kąt powyższy pozostaje bez wpływu zwiększenie lub zmniejszenie kąta rzezowego noża tokarskiego.

Prosta  $AB$  przedstawia w przybliżeniu powierzchnię po odpryśnięciu od przedmiotu płytki wiórowej. Krawędź tnąca na odcinku  $AD$  nie zagłębia się w materiał, skrobiąc jedynie jego powierzchnię. Przypisać to należy pewnej zawsze istniejącej tępości ostrza. W punkcie  $D$  materiał zepchnięty przez krawędź zaczął sphywać wzdłuż czoła noża. W punkcie  $F$  zaobserwować można było pewną dążność do uformowania się płytki wiórowej, tworzyła się przerwa ciągłości materiału, jednak tarcie wióra o czoło noża było tak silne

przy równoczesnej spoistości materiału skrawanego, że powstrzymywało dalsze pęknięcie w punkcie  $F$ , a nawet wywoływało zasklepienie się szczeliny, oraz dalsze narastanie płytki wiórowej. Ześlizgiwanie się płytki w punktach następnych  $F$  dawało się zaobserwować jeszcze kilkakrotnie, czego dowodem były nawet na powierzchni wyraźne wgłębienia szczelinowe, jednak rzeczywiste raptowne odpryśnięcie płytki wiórowej następowało dopiero z chwilą dojścia krawędzi tnącej do punktu  $A'$ , gdy przerwa ciągłości mogła bez trudności dojść do powierzchni zewnętrznej.

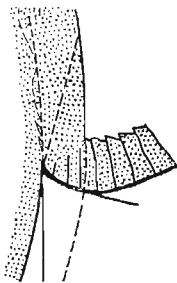
Przy skrawaniu szybkim przebieg zjawiska był w znacznym stopniu różny od opisanego. Płytki wiórowe tworzyły się w krótszych odstępach czasu, ześlizgiwanie się wióra wzdłuż czoła noża odbywało się w sposób ciągły, pęknięcia nie zasklepiały się z powrotem, a nawet dochodziły do powierzchni zewnętrznej. Wobec tego, że pęknięcie płytki nie odbywało się raptownie, płytka oddzielała się wówczas, gdy przerwa ciągłości materiału oddaliła się znacznie od krawędzi tnącej.

Przy skrawaniu bardzo powolnym można było wyznaczyć chwilę, w której opór skrawania dosięgł największości. Przypadała ona na okres pomiędzy szybkim rozszerzaniem się pęknięcia, a ukazaniem się go na powierzchni. Przy skrawaniu szybkim ustalenie tego momentu natrafiało na trudności, sądzić jednak należy, że osiągnięcie największego oporu skrawania poprzedzało bezpośrednio chwilę odpryśnięcia płytki wiórowej.



Rys. 10.

Przy rozpatrywaniu rys. 11, przedstawiającego schematycznie tworzenie się wióra przy szybkim skrawaniu, widzimy, że największy nacisk na powierzchnię czołową noża zjawia się w pewnej odległości od krawędzi tnącej. Przerwa ciągłości powstaje nie na skutek bezpośredniego działania krawędzi tnącej, lecz odginania warstwy nadbiegającego z góry na nóż metalu. Krawędź tnąca jest nawet ochra-



Rys. 11.

niana od bezpośredniego zetknięcia z materiałem skrawanym dzięki nagromadzeniu się tuż nad nią zbitej masy sproszkowanego metalu, pod którą pozostaje nie-  
tknięty brzeżek czoła noża, o czym świadczą niestarte rysy od tarczy szlifierskiej. Widzimy stąd, że nóż tokarski nie wciska się w materiał jak dłuto klinowe, z którym jest on tak chętnie porównywany, tembardziej że pięta noża nie uczestniczy w skrawaniu, gdy dłuto działa jednakowo obu bokami. Niektórzy badacze utrzymują wszakże, że zbita masa nad krawędzią, gromadząca się stale ze sproszkowanego materiału, tworzy sztuczną krawędź tnącą o ostrym kącie klinowym i tym sposobem działa jak dłuto.

Do podobnych wniosków co i Nicolson dochodzi i Fryderyk Taylor, autor klasycznej pracy o skrawaniu metali. Według obserwacji ostatniego, warstwa stali, nabiegającej na nóż z góry, jest zgniatana pod działaniem silnego ciśnienia. Gdy początkowa warstwa materiału zostanie stłoczona mniej więcej do podwójnej grubości, następuje odrywanie tej warstwy od przedmiotu obrabianego, zjawia się przerwa ciągłości. Stale nadbiegająca warstwa stali wywołuje odepchnięcie utworzonej poprzednio częściowo płytki na bok; wysokość tej płytki, inaczej grubość rzeczywista wióra przewyższa dwukrotnie, a nawet często trzykrotnie, grubość początkowej skrawanej warstwy, czyli t. zw. teoretyczną grubość wióra.

Stopniowo pęknięcia dochodzą do powierzchni, a płytki przestają być połączone u góry. Wiór ślizga się wzdłuż czoła noża aż do punktu, w którym stłoczona w kierunku pionowym płytka nagle odpryskuje. Oddzielanie dotyczy zwykle płytki czwartej licząc od krawędzi tnącej, towarzyszy mu znaczny spadek oporu skrawania. Niekiedy odpryskuje płytka trzecia zamiast czwartej. Owe opóźnienie się pęknięcia płytek wiórowych przypisać należy histerezie odkształceniowej. Już Maxwell zauważył, że każde ciało fizyczne, stałe, płynne czy gazowe nie może zmieniać swego kształtu nagle i że zmniejszanie naprężeń wewnętrznych odbywa się z pewną określoną prędkością. O powyższej prędkości brak nam dostatecznie pewnych danych. Clerk Maxwell zrobił proste przypuszczenie, że prędkość owego zmniejszania się jest w każdej chwili proporcjonalna do istniejącego naprężenia a więc, że

$$-\frac{d\sigma}{dt} = K\sigma.$$

Doświadczenia Tammanna, Kundta, Reigera, Bouasse'a, L. Natansona i innych ustaliły histerezę w pojedynczych wypadkach przy wpływie ciał stałych, podanych wielkim ciśnieniom.

Przy cienkich wiórach przebieg skrawania jest nieco inny, gdyż krawędź tnąca nie jest idealnie ostra, a małe jej zaokrąglenie wpływa bez wątpienia na odrywanie się wióra, który nie rozpada się z taką łatwością na oddzielne płytki. Na

spójność cienkiego wióra wpływa też prawdopodobnie powierzchniowa cząsteczkowa struktura metalu.

Energia mechaniczna zużyta na skrawanie przechodzi w myśl zasady zachowania energii całkowicie w ciepło, co stwierdziły bezpośrednio doświadczenia Hirna. Wskutek znacznego podwyższenia temperatury wióra i narzędzia, ostatecznie zużywa się stopniowo. Przy zwykłej stali narzędziowej widoczne zużywanie się noża rozpoczyna się natychmiast po rozpoczęciu pracy i przejawia się w stępieniu krawędzi tnącej. Po pewnym czasie krawędź stępiona zaczyna błyszczeć, a zaokrąglenie powiększa się do tego stopnia, że o właściwej krawędzi niema już mowy. Pod naciskiem wióra górna powierzchnia noża staje się chropowatą i zaczyna zabarwiać się jak przy odpuszczaniu stali. Powoli zabarwienie jasno-żółtej barwy rozszerza się na coraz większą powierzchnię, aż przechodzi i na piętę noża. Cząsteczki przedmiotu obrabianego zaczynają przystawać do górnego brzegu krawędzi, tworząc zbitą masę kilkumilimetrowej wysokości. Pięta noża staje się chropowatą i trze silnie o przedmiot obrabiany: drobne wióry wciskające się pomiędzy przedmiot obrabiany a nóż potęguje tarcie do tego stopnia, że zachodzi obawa pęknięcia noża lub tokarki.

Tak więc zużycie noży ze zwykłej stali węglistej zjawia się natychmiast po rozpoczęciu pracy i zwiększa się stopniowo; noże stępione pracują nieraz jeszcze długo i zadowalniająco, a określenie naprzód czasu zdatności noża jest rzeczą trudną.

Inaczej zachowuje się stal t. zw. szybko tnąca, będąca stopem stali węglistej z wolframem, chromem i wanadem, która zachowuje twardość nawet przy bardzo znacznym podwyższeniu temperatury. Zużywanie noży wykonanych z tej stali jest z początku zupełnie niewidoczne. Ścieranie obejmuje powierzchnię czołową noża, a nie krawędź tnącą, chłodzoną przez wiór. Nóż staje się do użytku niezdatny wówczas, gdy małe wgłębienie na czole noża rozszerzając się stopniowo dojdzie do krawędzi tnącej, która tym sposobem nie może zdzierać cienkiej chropowatej warstwy materiału pozostającego po wyłamanych płytkach wiórowych. Przy odpowiedniej prędkości skrawania nóż ze stali szybko tnącej odmawia raptownie posłuszeństwa, tracąc zupełnie swą twardość wskutek odpuszczenia.

Przy skrawaniu zgruba powstają drgania wskutek odpryskiwania płytek wiórowych. O częstości i wielkości zmian okresowych nacisku na nóż świadczy następujący przykład liczbowy, zaczerpnięty z doświadczeń J. Nicolsona. Przy wiórze szerokości 10 mm i grubości 6,4 mm nacisk na nóż zmieniał się okresowo w granicach pomiędzy 3600 a 6000 kg, długość okresu odpowiadała 15 mm drogi noża mierzonej na obwodzie przedmiotu obrabianego. Każdej grubości wióra odpowiada inny okres zmian oporu skrawania.

Zmiany okresowe nacisku na nóż wywołują drgania tem częstsze, im większa jest prędkość skrawania, a więc im krótsze odstępy czasu dzielą kolejne chwile odpryskiwania płytek wiórowych. Przy wiórze o niejednostajnej grubości płytki łamią się nieregularnie, przez co natężenie drgań jest o wiele słabsze niż przy regularnych płytkach wiórowych.

**5. Opór skrawania.** Odkształcenia niesprężyste materiału, jakie zachodzą przy skrawaniu, są tak złożone, a sam przebieg zjawiska tak mało zbadany, że obli-

czenie oporu skrawania na podstawie ogólnych założeń teoretycznych natrafia na niepokonane dotychczas trudności. Doświadczalne określenie oporów skrawania ma na celu otrzymanie wartości średnich użytecznych pod względem praktycznym dla konstruktorów obrabiarek i warsztatowców. Niewielka zmiana kształtu narzędzia przez stępienie, niejednorodność materiału i t. p. są czynnikami mogącymi zmienić opór skrawania w bardzo szerokich granicach.

Najpoważniejsze doświadczenia nad oporem skrawania dokonane były: w Niemczech przez H. Fischera, w Anglii przez J. Nicolsona, zaś w Ameryce przez F. W. Taylora. Wyniki osiągnięte przez tych badaczy są podane poniżej:

	Opór właściwy skrawania w $kg/mm^2$		
	Żeliwo	Żelazo kute	Stal
J. Nicolson . . . .	75—132	—	173—236
H. Fischer . . . .	70—120	110—169	159—239
F. W. Taylor . . . .	49—139	—	169—208

Według Nicolsona zwiększaniu prędkości skrawania odpowiada zmniejszanie oporu właściwego; pozostali badacze uważają opór za wielkość niezależną od prędkości. Wobec tego, że twardość zwykłych stopów żelaza jest największa przy temperaturze wynoszącej około  $300^{\circ}$ , trudno upatrywać możliwe zmniejszenie oporu skrawania w osłabieniu wewnętrznej struktury metalu. Inna sprzeczność polegała na tem, że według Nicolsona opór jest proporcjonalny do przekroju wióra, gdy z doświadczeń Fischera i Taylora wynika, że opór właściwy skrawania zmniejsza się przy zwiększeniu grubości wióra wskutek tego, że materiał jest mniej wyłożony przy grubym niż przy cienkim wiórze.

Na opór skrawania wywiera znaczny wpływ, obok wytrzymałości metalu obrabianego na ciągnięcie, jeszcze ciągliwość (wydłużenie przy rozciąganiu). W doświadczeniach Taylora zdarzyło się, że opór właściwy stali posiadającej wytrzymałość na ciągnięcie  $73,2 kg/mm^2$  wynosił  $236 kg/mm^2$ , zaś innej stali o niewiele co mniejszej wytrzymałości na ciągnięcie, bo wynoszącej  $67,5 kg/mm^2$  zaledwie  $130 kg/mm^2$ . Można by przypuszczać, że opór skrawania jest mniej więcej proporcjonalny do iloczynu wytrzymałości materiału na ciągnięcie przez wydłużenie właściwe. Jednak cząsteczki nie są poddane jednakowym naprężeniom i odkształceniom: wiór rozpada się na płytki z niezniszczoną budową wewnętrzną i wypowiadziane przypuszczenie nie sprawdza się doświadczalnie.

Z porównania średnich wartości oporu przecinania zapomocą dłuta i nożyc z oporem właściwym skrawania tych samych materiałów wynika, że ostatni jest znacznie większy od pierwszych. W ogólności tak wielkich ciśnień jak przy skrawaniu nie spotyka się nigdzie w przyrodzie.

**6. Prędkość skrawania.** Doświadczenia nad prędkością skrawania, dopuszczalną ze względu na zużycie narzędzia, posiadają pierwszorzędą wartość praktyczną, gdyż dają możność obliczania naprzód czasu wykonania różnych robót warsztatowych. Na znaczenie tych doświadczeń zwrócił uwagę F. W. Taylor, któremu technika współczesna zawdzięcza szereg doniosłych ulepszeń w zakresie obróbki metali i wyrobu stali narzędziowej.

Prędkość dopuszczalna skrawania zależy od wielu czynników, z których największe znaczenie posiadają własności fizyczne obrabianego metalu. Zależnie od

tego, czy obróbce podlega stal bardzo miękka, czy też naodwrot napół hartowana, prędkość skrawania zmienia się w granicach 100 : 1. Duże znaczenie posiada gatunek stali narzędziowej; zamieniając stal węglistą na szybko tnącą możemy niekiedy zwiększyć prędkość skrawania siedmiokrotnie. Na prędkość skrawania wpływa również i kształt noża, stan zużycia krawędzi tnącej, przekrój wióra, a zwłaszcza jego grubość, obecność lub nieobecność drgań, wreszcie sposób chłodzenia narzędzia przy pracy.

Zasadnicze wyniki doświadczeń nad prędkością skrawania będą omówione w rozdziale o toczeniu po zapoznaniu się bliższem z kształtem i działaniem narzędzi tokarskich.

**7. Praca skrawania.** Pracę skrawania mierzy iloczyn oporu przez drogę skrawania, czyli przez długość teoretyczną wióra. Odpowiednio do tego moc zużywaną na skrawanie mierzy iloczyn oporu przez prędkość skrawania. Oznaczając przez  $N$  — moc w k. m., przez  $s$  przekrój wióra w  $mm^2$ , przez  $\sigma$  opór właściwy w  $kg/mm^2$ , przez  $v$  prędkość skrawania w  $m/sek.$ , otrzymamy wzór:

$$N = \frac{s \cdot \sigma \cdot v}{60 \cdot 75} \dots \dots \dots (1).$$

O ile przyjmemy, że opór skrawania jest proporcjonalny do przekroju wióra, czyli że opór właściwy jest wielkością stałą dla danego materiału, to dla określonej wartości mocy  $N$  otrzymamy, że iloczyn:

$$s \cdot v = \text{const.} \dots \dots \dots (2).$$

Pomiędzy mocą zużywaną na skrawanie, a wydajnością skrawania, czyli ciężarem wiórów zdzieranych w jednostce czasu, istnieje prosta zależność, o ile uznamy opór właściwy za wielkość niezależną od przekroju wióra. Mianowicie ciężar wiórów skrawanych w ciągu godziny, czyli wydajność skrawania:

$$W = 0,06 \gamma s v \dots \dots \dots (3),$$

gdzie  $W$  jest wyrażone w  $kg$ ,  $s$  — w  $mm^2$ ,  $v$  — w  $m/min.$ , zaś  $\gamma$  oznacza ciężar właściwy metalu skrawanego w  $kg/dcm^3$ . Porównywując równanie (1) z (3), otrzymamy zależność pomiędzy wydajnością a mocą skrawania:

$$W = \alpha N \dots \dots \dots (4).$$

### Ć w i c z e n i a.

**Przykład 1.** Opór przecinania kratówki miedzianej o przekroju  $12 \times 12 \text{ mm}$  wyraża w przybliżeniu wzór  $P = 1220 + 43\theta$ , gdzie  $\theta$  oznacza kąt rzeźowy dłuta w stopniach. Obliczyć tarcie  $P_2f$  o metal przy włączaniu dłuta o kącie  $\theta = 15^\circ$  i  $75^\circ$ , przyjmując współczynnik tarcia  $f = 0,15$ .

Odpowiedź:  $P_2f = 500 \text{ kg}$  dla  $\theta = 15^\circ$   
 $P_2f = 460 \text{ kg}$  dla  $\theta = 75^\circ$ .

Pomimo skrajnych wartości kątów rzeźowych tarcie o boki dłuta zmienia się w dość wąskich granicach. To samo daje się zauważyć przy przecinaniu żelaza zlewne go i ołowiu. Wynikałoby stąd, że przy skrawaniu tarcie wióra o nóż można uważać w przybliżeniu za niezależne od kąta rzeźowego.

**Przykład 2.** Według Codrona praca na jednostkę powierzchni przekroju sztaby żelaznej przecinanej zapomocą nożyc z rzeźami równoległymi zwiększa się wraz z wzrostem grubości

przecinania. Oznaczając bok kratówki z żelaza zlewne go przez  $a$  w  $mm$ , zaś przez  $A_s$  pracę przecinania na jednostkę powierzchni, Codron na podstawie doświadczeń wyznaczył zależność:  $A_s = 0,035 a + 0,05$ . Obliczyć opór i pracę przecięcia kratówki przy  $a = 60 mm$  i przy  $\sigma = 25 kg/mm^2$ .

Odpowiedź:  $P = 90\,000 kg$ ,  $A = 936 kgm$ .

Przy 10-ciu skokach roboczych nożyc na minutę i ogólnej sprawności obrabiarki  $\eta = 0,50$  moc napędowa nożyc wyniesie  $\frac{936 \cdot 10}{60 \cdot 0,5 \cdot 75} \approx 4$  k. m.

Przykład 3. Niech opór właściwy skrawania stali miękkiej o ciężarze właściwym  $7,8 kg/dcm^3$  wynosi  $\sigma = 180 kg/mm^2$ . Ile kilogramów wiórów na godzinę zdziera nóż tokarski, na którym zużywa się na skrawanie moc 10 k. m.

Odpowiedź:  $W = \frac{6 \cdot 7,8 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 75}{100 \cdot 180} = 116,5 kg$ .



## ROZDZIAŁ II.

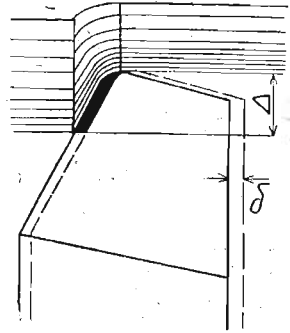
### Toczenie, wytaczanie i struganie.

8. Aby skrawanie mogło się odbywać, nadaje się ruch narzędziu, przedmiotowi obrabianemu, bądź też jednemu i drugiemu. Przy zwykłym toczeniu przedmiot obrabiany posiada jednostajny ruch obrotowy, zaś krawędź tnąca narzędzia porusza się z jednostajną prędkością po prostej, lub po krzywej płaskiej. Wynikiem obu ruchów przedmiotu i narzędzia jest ruch względny po linii śrubowej na walcu, lub ogólniej na pewnej powierzchni obrotowej, zaś w przypadku szczególnym po linii spiralnej w płaszczyźnie prostopadłej do osi przedmiotu toczonego.

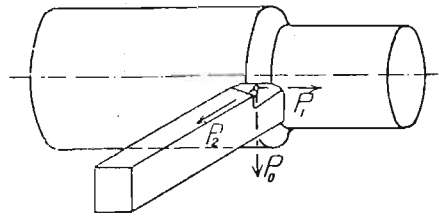
Ruch obrotowy przedmiotu obrabianego nazywa się ruchem roboczym, zaś zazwyczaj powolny ruch narzędzia—posuwowym. Przy toczeniu przedmiotów cylindrycznych odcinek drogi, jaki przebywa nóż podczas jednego obrotu w kierunku poosiowym przedmiotu, nazywamy posuwem wzdłużnym  $\delta$  (rys. 12), zaś połowę różnicy średnic przed i po skrawaniu—głębokością skrawania  $\Delta$ . Przy obtaczaniu płaszczyzn posuw narzędzia w kierunku promieniowym nazywamy posuwem poprzecznym, zaś grubość zdzieranej warstwy będzie jak i poprzednio głębokością skrawania.

Przy skrawaniu wzdłużnym na nóż działa pewna siła oporu, którą można rozłożyć na składowe w trzech kierunkach zasadniczych: pionowym z góry na dół  $P_0$ , poziomym poosiowym  $P_1$  i poziomym promieniowym  $P_2$ . Składowa poosiowa  $P_1$  usiłuje obrócić nóż w imaku nożowym, promieniowa zaś  $P_2$  odepchnąć go od przedmiotu obrabianego.

Łeb zwykłego noża tokarskiego ograniczają trzy, niekiedy zaś cztery, gładkie szlifowane płaszczyzny, spotykające się w jednym lub dwóch wierzchołkach. Powierzchnię wierzchnią, o którą opiera się wiór przy skrawaniu, nazywają czołem



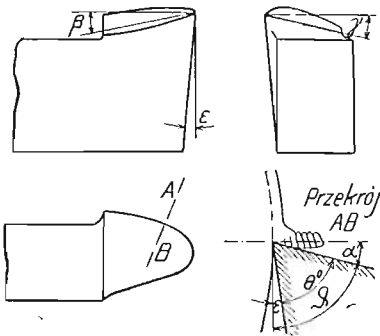
Rys. 12.



Rys. 13.

noża, boczne powierzchnie bokami. Przód noża bywa często zaokrąglony i stanowi łagodne przejście pomiędzy bokiem prawym a lewym noża.

Jest rzeczą ważną nadać tym płaszczyznom odpowiednie pochylenie względem osi trzonka noża, gdyż od tego zależy jego kąt rzeźowy  $\theta$ . Boki i przód noża są odchylone nieco od płaszczyzny pionowej; kąt tego odchylenia  $\epsilon$ , czyli t. zw. odsadzenie, waha się wszakże w dość wąskich granicach od  $4^\circ$  do  $8^\circ$ . Więcej dowolności daje się zauważyć przy wyznaczaniu pochylenia wierzchu stosownie do praktycznego przeznaczenia noża. Przy ustawieniu krawędzi tnącej w poziomie osi



Rys. 14.

przedmiotu obrabianego zależność pomiędzy kątem pochylenia czoła noża a kątem rzeźowym (rys. 14) wyrazi wzór:

$$\alpha + \theta + \epsilon = 90^\circ.$$

Sumę kątów rzeźowego i odsadzenia pięty nazywają kątem skrawania  $\phi$ .

Pochylenie wierzchu noża w kierunku osi trzonka nazywa się pochyleniem tylnym czoła, zaś pochylenie w kierunku prostopadłym do pierwszego pochylenia bocznym. Im kąt pochylenia tylnego  $\beta$  jest większy, tem z mniejszą siłą jest odpychany nóż od przedmiotu obrabianego, lecz zarazem posiada on dążność do wżerania się w ma-

teryał. O ile kąt ten posiada dużą przewagę nad kątem pochylenia bocznego  $\gamma$ , wióry są skierowywane wprost na imak nożowy i zacinają się z łatwością.

Przy dużym kącie pochylenia bocznego nacisk na nóż w kierunku poosiowym  $P_1$  jest stosunkowo niewielki i mechanizm do przesuwania narzędzia jest mało obciążony, zaś szlifowanie nie osłabia zbyt wiele noża.

Doświadczenia F. W. Taylora stwierdziły, że przy toczeniu żeliwa należy stosować większy kąt rzeźowy, niż przy miękkiej stali. Wskutek kruchości żeliwa środek parcia wióra na czoło noża znajduje się blisko krawędzi tnącej; obawa o nadłamanie ostrza skłania przeto do wyboru większego kąta rzeźowego przy żeliwie niż przy stali. Ale i ze względu na prędkość dopuszczalną skrawania należy czynić to samo; przy toczeniu żeliwa źródło ciepła znajduje się bliżej krawędzi i trudniej go odprowadzić. Zwiększeniu kąta rzeźowego noża z  $61^\circ$  do  $68^\circ$  towarzyszył wzrost dopuszczalnej prędkości skrawania żeliwa o kilkanaście procentów. Przy toczeniu miękkiej stali pożądaną jest rzeczą stosować mniejsze kąty rzeźowe ze względu na prawidłowsze tworzenie się wióra i mniejszy opór skrawania.

Według doświadczeń F. W. Taylora kąty noży tokarskich powinny wynosić:

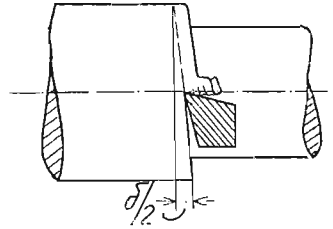
Przy toczeniu	Kąt rzeźowy $\theta$	Kąt odsadzenia pięty noża $\epsilon$	Tylny kąt szlifowania $\beta$	Boczny kąt szlifowania $\gamma$	Kąt skrawania $\phi = \theta + \epsilon$
Żeliwa i twardej stali (o wytrzymałości na ciągnięcie $45 \text{ kg/mm}^2$ i przy zawartości $C > 0,45\%$ ) . . . . .	$68^\circ$	$6^\circ$	$8^\circ$	$14^\circ$	$74^\circ$
Żeliwa utwardzone . . . . .	$86^\circ - 90^\circ$	—	—	—	—
Stali twardej, ciągliwej . . . . .	$74^\circ$	$6^\circ$	$5^\circ$	$9^\circ$	$80^\circ$
Stali miękkiej ( $C < 0,45\%$ ; $\sigma_0 < 45 \text{ kg/mm}^2$ ) . . . . .	$61^\circ$	$6^\circ$	$8^\circ$	$22^\circ$	$67^\circ$
Stali bardzo miękkiej (około $0,1 - 0,15\%$ C) $\sigma_0 \approx 34 \text{ kg/mm}^2$	mniej niż $61^\circ$	$6^\circ$	$12^\circ$	$18^\circ$	mniej niż $67^\circ$



Rzeczywisty kąt odsadzenia pięty noża można zmienić przez zmianę wysokości krawędzi tnącej względem osi przedmiotu obrabianego, jak to uzasadnia rys. 15. Również i w kierunku poosiowym rzeczywisty kąt odsadzenia pięty może się różnić od teoretycznego ze względu na pochylenie linii śrubowej, jaką opisuje krawędź tnąca na przedmiocie obrabianym (rys. 15). Pochylenie powyższe określa wzór:

$\text{tang } \epsilon_1 = \frac{\delta}{\pi D}$ , gdzie  $D$  oznacza średnicę toczenia. Przy

$D = 30 \text{ mm}$  i  $\delta = 4 \text{ mm}$ , pochylenie linii śrubowej wynosi  $2^\circ 30'$ . Chcąc więc zapobiedz tarcia pięty noża o przedmiot, należy, zwłaszcza przy grubych wiórach, zwiększyć nieco kąt odsadzenia.

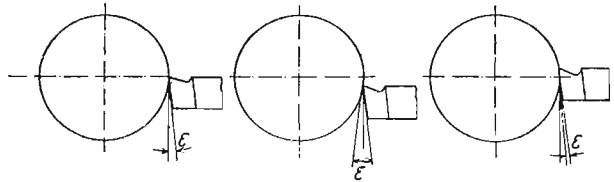


Rys. 15.

Stosownie do tego czy pochylenie boczne wierzchu noża jest skierowane na prawo czy na lewo, rozróżniamy noże lewe i prawe. Ponieważ głowice tokarek są umieszczone z lewej strony łoża, przeto do toczenia zwykłego w kierunku głowicy nazywa się noży lewych; podane poniżej noże typowe są wszystkie lewe. Zaznaczymy, że niektórzy autorowie nazywają noże lewe praworęcznymi ze względu na to, że tokarz przy stosowaniu ich posługuje się prawą ręką do przesuwania imaka nożowego. Nazwa ta wydaje nam się niewłaściwą.

Zarys krawędzi tnącej odwzorowuje się na powierzchni obrabianego przedmiotu mniej lub więcej wyraźnie. O ile posuw narzędzia na jeden obrót przedmiotu jest mały, a krawędź tnąca jest zaokrąglona, wówczas na powierzchni obrabiania pozostają zaledwie ślady narzędzi w postaci płytkich wgłębień śrubowych; podobnie na rzeźbie można zauważyć ślady dłuta i ryłca.

Inaczej rzecz się ma przy stosowaniu narzędzi, mających za zadanie przenieść na przedmiot obrabiany pewien określony kształt, czyli profil. Posuw narzędzia dostosowuje się wówczas tak do ruchu obrotowego przedmiotu, by zasadniczy kształt



Rys. 16.

przeniesiony na przedmiot obrabiany nie był w następstwie niweczony przez ciągły ruch względny narzędzia i przedmiotu. Przy narzynaniu np. śrub na tokarce należy dostosować prędkość posuwową narzędzia do prędkości obrotowej przedmiotu tak, aby otrzymać żądany skok śruby. Kształt gwintu śruby zależy wtedy od profilu noża.

Łatwo zrozumieć, że profilowa krawędź tnąca jest narażona na szybkie skażenie wskutek zużycia. Można jej zaoszczędzić stosując noże zdzieraki, skrawające materiał racjonalnie w warstwach jednostajnej grubości ze znaczną prędkością. Zdzieraki doprowadzają stopniowo profil do żądanego. Nóż wykańczak profilowy, skrawający cienkim wiórem, wygładza profil na czysto.

Struganie nie różni się zasadniczo od toczenia i wytaczania. Skrawanie przy struganiu nie może być ciągłe, ze względu na prostoliniowy ruch przedmiotu lub narzędzia. Pewne zmiany w narzędziach wywołuje ponadto konieczność przystoso-

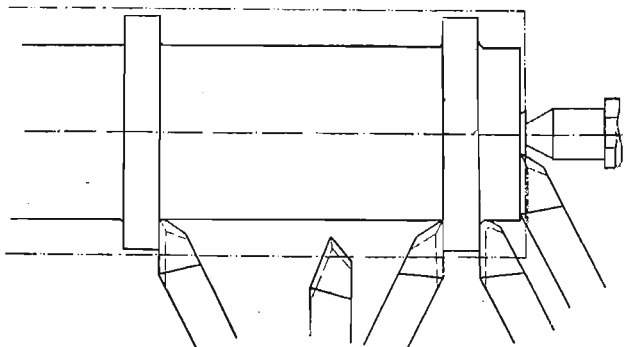
wania się do innych imaków nożowych. Zasadniczo profile noży tokarskich i strugarskich są te same.

**9. Odmiany noży tokarskich i strugarskich.** Pomimo pozornej mnogości odmian noży tokarskich i strugarskich, jakie spotyka się w warsztatach mechanicznych, można je bez wielkich trudności sprowadzić do niewielkiej liczby typów o kształtach zasadniczych. Cechami charakterystycznymi noży do skrawania metali są: zarys krawędzi tnącej, kąt rzeźowy, wzajemny stosunek kątów pochyleń tylnego i bocznego, wreszcie położenie krawędzi tnącej względem trzonka noża.

Bardzo często umieszczenie charakterystycznego profilu krawędzi z boku trzonka zamiast z przodu zmienia do niepoznania kształt i wygląd noża, gdy istota działania pozostaje przytem bez zmiany. Pochylenie boczne wierzchu przechodzi wówczas w tylne i naodwrot, ale też i nóż służy do skrawania bocznego, a nie czolowego. Wogóle przy konstruowaniu narzędzi tokarskich niema wiele rzeczy do wyboru i zamiast silić się na stwarzanie nowych odmian, prawidłowiej jest starać się o przystosowanie do danej potrzeby jednego z noży typowych, zmieniając odpowiednio trzonek. Inaczej łatwo popełnić zasadnicze błędy.

Rozpatrzmy czego wymaga się od noża tokarskiego do najbardziej typowych robót warsztatowych, a będziemy mieli podstawę do określenia jego kształtu. Omówmy dla przykładu porządek obróbki wałka z dwoma kołnierzami, przedsta-

wionego na rys. 17.



Rys. 17.

Walek ma być wykonany z odcinka pręta okrągłego jednostajnej średnicy, założonego na ostrza tokarki. Naprzód skrawamy wierzchnią warstwę materiału pręta na średnicę kołnierzy, następnie nożem lewym zdzieramy zgruba materiał od prawego końca do kołnierza i wykańczamy wcięcie kątowe. Po zazna-

czeniu na powierzchni miejsc na kołnierze, zacinamy materiał pomiędzy kołnierzami, a następnie dwoma nożami, prawym i lewym, zdzieramy i wykańczamy walek po kolei z jednej i drugiej strony aż do ostrych wcięć kątowych.

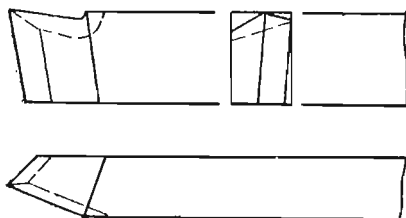
Aby walek był wykonany ściśle na miarę, pozostawia się zwykle na długości wałka pewien zapas, to samo na średnicach, oraz na grubości kołnierza. Po dokonaniem zmierzenia zbiera się nadmiar materiału. Owe ostateczne wykończenie dotyczy i powierzchni storcowej przy prawem ostrzu.

Porządek kolejny czynności może ulec pewnym modyfikacjom, jednak wyznaczone operacje skrawania zgruba i na czysto na pewnej długości wzdłuż wałka, podcinania prawych i lewych wcięć kątowych przy kołnierzach, zacinania materiału pomiędzy kołnierzami, wykańczania storców na końcu wałka przy ostrzu

i przy kołnierzach, nie mogą być pominięte. Wymagają one użycia co najmniej dwóch noży: prawego i lewego.

Ze względu na krótkotrwałość tych różnorodnych operacji, jest rzeczą pożądaną użyć przy obróbce omawianego wałka tylko te dwa noże.

Rys. 18 przedstawia nóż lewy, który odpowiada stawianym mu wymaganiom uniwersalności: w warsztatach naszych nazywają go bocianem prawym lub lewym. Jest on dość śpiczasty, co ułatwia zacinać materiału i ustawianie trzonka pod kątem przy podcinaniu kołnierzy i wygładzaniu płaszczyn storcowych przy kołnierzach i przy ostrzu. Przyjmując kąt rzeźowy dla żelaza kutego i stali  $61^\circ$ , kąt pochylenia tylnego wyniesie mniej więcej  $16^\circ$ , bocznego  $19^\circ$ . Skrawa on więc jednakowo dobrze przy posuwie włąb jak i wpoprzek. Zato śpiczasty koniec utrudnia odprowadzanie ciepła z krawędzi tnącej, co może być tolerowane przy robotach nie wymagających zdzierania bardzo grubego wióra i przy przerwach w robocie.

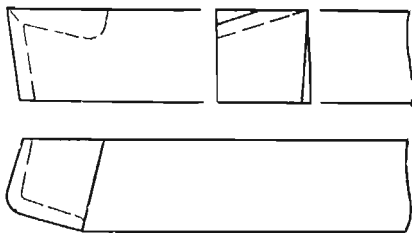


Rys. 18.

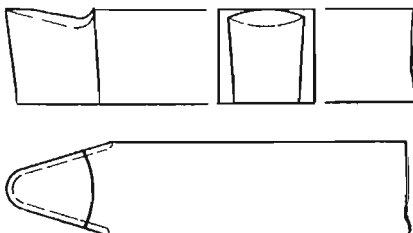
Odginając odpowiednio trzonek noża, możemy otrzymać szereg odmian, nadających się do obróbki powierzchni wewnętrznych, czyli do wytaczania i t. p. Te pochodne nie mają jednak charakteru istotnych odmian, gdyż odgięcie ułatwia jedynie zamocowanie noża na maszynie, pewną poręczność w użyciu, przyczem zarys krawędzi tnącej jest nietknięty, jak również i układ płaszczyn wierzchu i boków noża.

Jako nóż śpiczasty bocian nie posiada właściwego przodu. Można go wszakże stworzyć sztucznie, zaokrąglając nieco lub ścinając śpic, co stosuje się przy wygładzaniu.

Do skrawania zgruba na dużych długościach bocian nie nadaje się z wyżej wymienionych powodów. Zastępuje go t. zw. zdzierak romboidalny (rys. 19), z rozwartym kątem pomiędzy bokami, z zaokrąglonym wydatnie przodem, z powiększonym kątem szlifowania bocznego kosztem kąta tylnego. Zdzierak romboidalny odprowadza doskonale ciepło skrawania, wymaga mniejszej siły pociągowej w kierunku posuwu wzdłużnego. Zato źle zacina materiał i nie nadaje się zupełnie do obróbki wcięć kątowych.



Rys. 19.



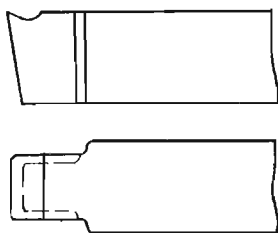
Rys. 20.

Do obrabiania nierównych twardych powierzchni używa się noża skrawającego jednakowo dobrze z obu stron, co jest możliwe przy wklęsłej, łyżeczkowej powierzchni wierzchniej noża (rys. 20). Zdzierak łyżeczkowaty łamie wiór nieregularnie.

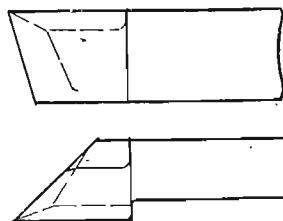


nie, przez co osłabia się drgania. Krawędź bez śpica nie posiada miejsc podlegających specjalnie stępieniu, zaś kształt tyżeczkowaty zapewnia dużą wytrzymałość krawędzi nawet przy niewielkim kącie rzezowym, co zapobiega wykruszeniom, przy dobrem jednakże odprowadzaniu ciepła.

Wykańczanie na tokarce nastęrcza trudności, o ile się chce stosować obróbkę pośpieszną. Zasadniczo każdy nóż z zaokrąglonym przodem może służyć do wykańczania, gdy mamy mu powolny posuw. Wobec drobnego wióra rozporządzalna moc obrabiarki nie jest wtedy należycie wykorzystana, gdyż prędkości skrawania nie można zwiększać poza pewną granicę. To też od noży do wykańczania wymaga się prawidłowego gładkiego skrawania przy dużym posuwie. Przeważnie stosuje się noże z prostoliniową krawędzią tnącą: czołową (rys. 21) lub boczną (rys. 22).

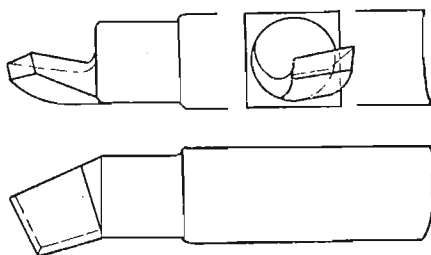


Rys. 21



Rys. 22.

Rogi płaskiego czołowego wykańczaka posiadają niewielkie zaokrąglenia w celu uniknięcia rys na obrabianej powierzchni. Zatoczenie czoła powinno być dość płytkie przy normalnym jednak kącie rzezowym wynoszącym np.  $61^\circ$  dla stali i  $68^\circ$ — $70^\circ$  dla żeliwa, co można osiągnąć, dając wgłębieniu odpowiednią krzywiznę. Wiór zwija się wówczas łatwo, odprowadzanie ciepła jest dobre, a po kilkakrotnym ostrzeniu noża nie zachodzi potrzeba odcinania długiego łba noża. Biegły tokarz umie zakończyć noża do obrabiania żelaza kutego lub stali dać bardzo ostry kąt rzezowy, a pomimo to zagłębienie jest tak płytkie, że ledwie odpowiada krzywiznie tworzącego się wióra: nóż taki może długo pracować bez stępienia, co przy wyrobie masowym i zamiennym jest rzeczą bardzo cenną.



Rys. 23.

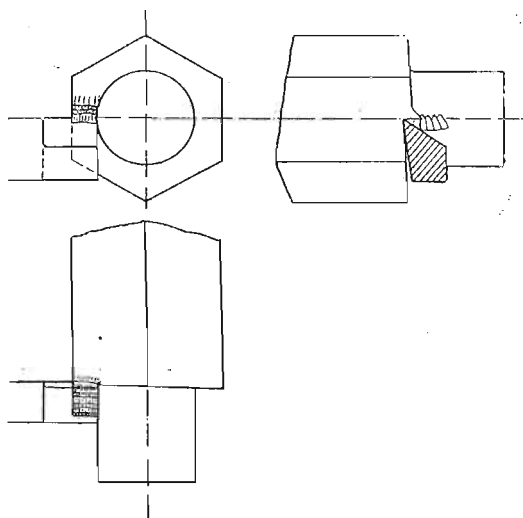
Nóż boczny śpiczasty służy do wykańczania boków, zacinania i t. p. robót. Zakres jego zastosowań jest wogóle znaczny. Niekiedy jego boczna krawędź jest lekko załamana w celu skrócenia długości odcinka, według którego przystawia się nóż do przedmiotu. Trzonki tych noży, jak i wykańczaków czołowych odgina się często na  $5^\circ$ ,  $30^\circ$  i  $45^\circ$ .

Do zacinania i przecinania służą noże zbliżone do wykańczaka czołowego, których boki są jednak tak ścięte, że nie trą o boki wykroju tworzącego się w obrabianym przedmiocie. Do zacinania twardych powierzchni, zwłaszcza odlewów żeliwnych ze skorupą odlewniczą używa się zacinaka wklęsłego z półokrągłą krawędzią tnącą i ściętymi bokami.

Charakterystyczny typ noża tokarskiego przedstawia wytaczak. Łeb tego noża stanowi skośna łopatka, którą odkuwa się z łatwością, spłaszczając koniec trzonka. Kąt pochylenia bocznego daje się zwykle większy od pochylenia tylnego, aby uniknąć bocznego parcia zginającego trzonek. Wytaczak powyższy można wsunąć w otwór o średnicy niewiele co większej od przekątnej przekroju trzonka, przyczem krawędź tnąca będzie leżała w poziomie osi otworu wytaczanego.

Usunięcie bocznego parcia przy wytaczaniu głębokiego otworu, a tem samem i przy stosowaniu długiego trzonka stanowi zagadnienie dość trudne do rozwiązania. Należy nożowi dać taki kształt, by wiór był skrawany bardziej z dna, niż z boków wytaczanego otworu.

Podobne zagadnienie przedstawia obtaczanie wałków zamocowanych wyłącznie w uchwycie tokarskim i nie podpartych przez ostrze z prawej strony. Rys. 24 przedstawia toczenie sworznia z sześciokątnego materiału prętowego. Według tej metody obrabia się śruby maszynowe: łeb śruby pozostaje przytem nieobrobiony, gdyż sam pręt jest wystarczająco gładki. Wskutek tego, że pręt nie jest okrągły, pomijając nawet jego jednostronne zamocowanie, zwykły nóż tokarski byłby narażony na bardzo silne szarpanie.



Rys. 24.

W tym wypadku używa się noża t. zw. tangencyjalnego, skrawającego wyłącznie z boku, którego przód przylega do powierzchni obrabianej i gładzi ją; w tym celu przednia pięta tego noża nie posiada wcale odsadzenia i trze nieco o powierzchnię. Dobrze ustawiony nóż tangencyjalny skrawa materiał odrazu na czysto, pomimo znacznej różnicy średnic przed i po toczeniu.

Odrębny charakter posiadają noże profilowe, których w praktyce stosuje się wiele odmian, jak noże do narzyniania śrub, do wykonywania narzędzi do kół zębatych i t. p. W nożach tych należy zwracać baczną uwagę na to, aby boki nie tarły o wykrój wycinany w przedmiocie i aby wiór łamał się prawidłowo. Należy przytem dbać o zasadę łatwego przywracania narzędziu pierwotnego profilu, np. zapomoć prostego oszlifowania czoła noża tokarskiego.

Ze względu na własności fizyczne stali narzędziowej, a zwłaszcza szybkołatającej, jest rzeczą bardzo ważną, aby wykonanie noża tokarskiego i strugarskiego wymagało jak najmniej kształtowania łba na gorąco zapomocą kucia. Warunkowi temu odpowiadały podane przez nas typy zdzieraków i wykańczaków (rys. 18—24). Zwykle stosuje się noże wykonane ze zwykłej stali maszynowej i posiadające jedynie nakładki, czyli t. zw. pazury, ze stali szybkołatającej, spawane na gorąco. Procedura polega na tem, że po oczyszczeniu na gorąco powierzchni styku nakładki i noża i posypaniu jej mieszaniną boraksu z drobnymi opiłkami stali zwykłej lub

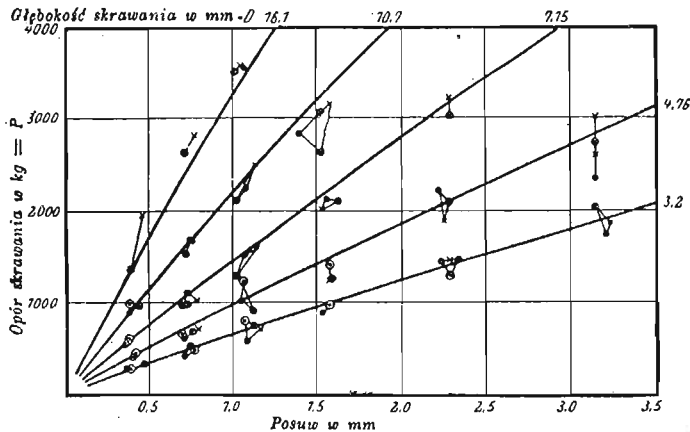
narzędziowej w celu usunięcia tworzących się przy wysokiej temperaturze tlenków w postaci łatwo topliwego szkła, nóż razem z podkładką rozgrzewa się w ognisku kowalskim lub w specjalnym piecyku do białości, a następnie jednym uderzeniem ciężkiego młota spawa się nakładkę z nożem, przytrzymywanymi w szczytach na kowadle przez pomocnika kowala.

Przy umiejętnym postępowaniu spojenie nakładki z nożem jest tak silne, że nie należy obawiać się jej odpadnięcia. Jednak nakładkę należy tak umieszczać na nożu, by była ona dobrze przezeń podparta.

Inny sposób oszczędzania stali szybko tnącej polega na używaniu oprawek, w których zamocowywa się nożyki z tej stali. Oprawki te nieraz bardzo pomysłowe zastępują noże jednolite o złożonym kształcie, wymagającym kucia na gorąco, czego przy stali szybko tnącej należy bezwzględnie unikać wobec łatwości powstawania wewnętrznych pęknięć.

Oprawki stosuje się również przy narzędziach profilowych, gdyż wykonanie odpowiedniej sztabki, czy nożyka kształtowego, nastęrcza zwykle daleko mniej trudności i wymaga mniej pracy, niż sporządzenie noża jednolitego z łbem profilowym. Sztabki profilowe wykonywa się niekiedy sposobem maszynowym, a nie ręcznym; starają się im nadać taki kształt, by po stopieniu można było odnowić profil zapomocą przeszlifowania czoła sztabki.

**10. Doświadczenia nad oporem skrawania.** Toczenie jako skrawanie ciągłe nadaje się lepiej od strugania do doświadczeń nad oporem i prędkością skrawania.



Rys. 25.

Według F. W. Taylora, który wykonywał doświadczenia na wielką skalę z materiałami różnej twardości i przy różnych posuwach, zależność pomiędzy oporem skrawania a posuwem i głębokością skrawania przy toczeniu stali przedstawia wzór:  $P = C \cdot \Delta \cdot \delta^{1.5}$ . Dla stali średniej twardości  $C = 200$ . Wyniki doświadczalne, na podstawie których wyprowadzony został powyższy wzór, są przedstawione wykresowo na rys. 25. Jak widzimy otrzymane krzywe różnią się niewiele od prostych; wyraźniejszą krzywizną posiadają linie wykresowe oporu skrawania żeliwa, na podstawie których wyprowadzony został wzór  $P = C \Delta^{1.5} \delta^{1.5}$ . Stała  $C$  w tym równaniu waha się w granicach od 88 do 138, zależnie od twardości żeliwa.



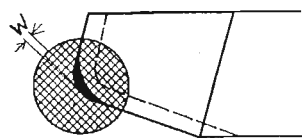
Tak więc ze względu na spożytkowanie energii, toczenie dużym posuwem jest bardziej ekonomiczne zarówno przy stali, jak i przy żeliwie, a zwłaszcza przy ostatniem.

Niezgodność wyników osiągniętych przez F. W. Taylora i J. Nicolsona, który uważał opór właściwy za wielkość niezależną od przekroju wióra, tłumaczy się tem, że Taylor zmieniał w szerszych granicach posuwy i tym sposobem wyprowadził bardziej zdecydowane wnioski. Odchylenie wzoru na opór właściwy Taylora w porównaniu z wzorem Nicolsona jest stosunkowo niewielkie. Doświadczenia C. Codrona nad oporami wiercenia, o których będzie mowa poniżej, rozstrzygają ten opór kategorycznie na rzecz zapatrywań Taylora.

**11. Doświadczenia nad prędkością toczenia.** Najważniejszym pytaniem, nasuwającym się przy rozpoczynaniu doświadczeń, mających na celu wyjaśnienie wpływu poszczególnych czynników na prędkość toczenia jest: co przyjąć za normę porównawczą zużycia noża, ograniczającego ową prędkość.

Jak wiadomo, zużywanie się noży ze stali węglistej posiada zupełnie inny charakter, jak noży ze stali szybko tnącej. Odpowiednio do tych dwóch zasadniczych odmian stali narzędziowej muszą być różne normy trwałości noża i czasu jego użyteczności praktycznej, a doświadczenia, mające na celu określenie dopuszczalnych prędkości toczenia, muszą wobec tego stanowić dwie odrębne grupy. Tak też i jest w rzeczywistości.

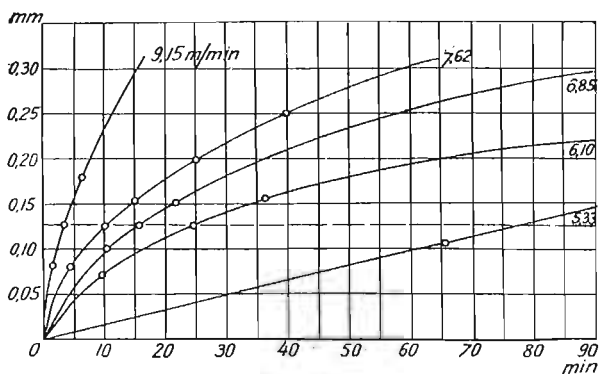
Przy stali węglistej prof. Ripper, dziekan wydziału technicznego uniwersytetu w Sheffield, za normę zużycia noża tokarskiego uważa szerokość paska startego na czole noża przy krawędzi tnącej, czyli wymiar  $w$  (rys. 26). Wymiar powyższy można uważać poniekąd za miarę zaokrąglenia krawędzi tnącej. Pomiaru szerokości dokonuje się zapomocą mikroskopu, zaopatrzonego w siatkę z oczkami określonej wielkości.



Rys. 26.

Omawiana metoda określania zdatności noża wymaga wyjmowania noża z tokarki, umieszczania go z powrotem na miejscu, jest kłopotliwa i zawodna. Pomi-  
mo to doświadczenia prof. Rip-

pera rzuciły wiele światła na pracę noży tokarskich ze stali węglistej. Rys. 27 przedstawia jeden z wykresów otrzymanych przez niego, a przedstawiających zależność pomiędzy zużyciem zdzieraka romboidalnego w  $mm$ , a czasem użyteczności noża w  $min$ , przy rozmaitych wartościach prędkości skrawania. Widać z niego, że niewielkie nieraz stosunkowo zwiększenie prędkości skrawania może przyśpieszyć w znacznym stopniu zużycie krawędzi tnącej.



Rys. 27.

Przy stali szybko tnącej chwila, w której nóż odmawia posłuszeństwa, jest

bardzo charakterystyczna: cechuje ją, według zgodnych zapatrywań wszystkich badaczy, nagły wzrost oporu, silne tarcie noża o powierzchnię przedmiotu obrabianego, wreszcie wyraźny szum. Te wybitne cechy pobudziły Taylora do stworzenia norm czasu użytkowalności noża tokarskiego. Mianowicie uznał on za wielkość najlepiej charakteryzującą warunki pracy taką prędkość toczenia, przy której nóż staje się niezdatnym do użytku przy końcu dwudziestominutowej próby toczenia.

Zwykła próba miała przebieg następujący. Naprzód przygotowywano komplet noży tej samej wielkości, tego samego kształtu, jednakowo hartowanych, wykonanych z tego samego gatunku stali narzędziowej, pochodzącej z jednego wsadu piecowego. Przedmiot obrabiany stanowił walec stalowy lub żeliwny dużych rozmiarów, odpowiednio studzony w celu uniknięcia jakichkolwiek naprężeń wewnętrznych i miejscowych stwardnień. Wszystkie próby toczenia trwały po 20 minut, przyczem przy pierwszej próbie prędkość toczenia wynosiła np. 18  $m/min.$ , a przy następnych próbach zwiększano ją stopniowo co 2  $m/min.$ , biorąc za każdym razem nowy nóż tokarski z kompletu. Przy jednej z prób, gdy prędkość toczenia wynosiła np. 24  $m/min.$ , nóż tokarski ulegał zniszczeniu przed upływem 20-stu minut. Tak więc normalna prędkość toczenia, odpowiadająca dwudziestominutowej próbie, zawarta była pomiędzy 22-ma a 24-ma  $m/min.$  Granice, pomiędzy którymi znajdowała się szukana wielkość, dawały się ściśle wyznaczać: odchylenia od wartości średniej wynosiły często zaledwie 2%.

Powody, dla których został wybrany dwudziestominutowy okres próby, były natury praktycznej. Przy krótszych próbach nóż nagrzewa się nieprawidłowo, i trudno wykryć stałe zależności pomiędzy czynnikami, wpływającymi na prędkość toczenia, ponieważ wyniki doświadczeń zawierają szereg sprzeczności. Przy próbach 30-sto i 40-minutowych nóż skrawa tyle materiału, że trudno dotrzymać warunków jednorodności materiału. Za okresem dwudziestominutowym przemawia i ta okoliczność, że odpowiadająca mu prędkość toczenia różni się niewiele, bo o 20% od t. zw. prędkości praktycznej, odpowiadającej dla noży średniej wielkości ostrzeniu ich co półtorej godziny. Pomiedzy prędkością toczenia  $V/min.$ , a czasem użytkowalności noża ze stali szybko tnącej  $T$  w minutach, istnieje prosta zależność, wykryta na drodze doświadczałnej, a wyrażona wzorem  $V = \frac{C}{T^{\frac{1}{4}}}$ . Przy wiórze średniej grubości ( $\delta = 1,6 \text{ mm}$ ,  $\Delta = 4,8 \text{ mm}$ ) zależność powyższą przedstawi np. wzór  $V = \frac{27,4}{T^{\frac{1}{4}}}$ . Podobny wzór dotyczy i noży ze stali węglistej, jednak  $V$  jest przytem odwrotnie proporcjonalne do  $T^{\frac{1}{4}}$ , a nie do  $T^{\frac{1}{2}}$ , czyli że spadek prędkości toczenia przy zwiększaniu okresu  $T$  użytkowalności noża jest wydatniejszy przy stali węglistej, niż przy szybko tnącej. Jest to jedna z licznych zalet stali szybko tnącej.

O ile przy dwudziestominutowej trwałości noża określonego kształtu i wielkości, pracującego w pewnych warunkach, ustalimy posuw i głębokość skrawania, wówczas prędkość toczenia będzie zależyc wyłącznie od gatunku stali narzędziowej. Taylor przyjął w swych doświadczeniach dla wióra średniej grubości pewien normalny posuw, wynoszący  $\delta = 1,6 \text{ mm}$  i głębokość skrawania  $\Delta = 4,8 \text{ mm}$ ,



a prędkość toczenia, odbywającego się w określonych warunkach, nazwał prędkością typową dla danego gatunku stali narzędziowej.

Prędkości praktyczne toczenia można wyznaczyć jedynie na podstawie obliczenia kosztów, wynikających z przerw ruchu podczas ostrzenia narzędzia i porównania ich ze stratami wynikającymi z małej wydajności narzędzia przy powolnem toczeniu. Uwzględniając czynniki natury ekonomicznej, Taylor uznał za najbardziej celowe ostrzyć noże tokarskie średniej wielkości co półtorej godziny, noże większe rzadziej. Na podstawie dużej liczby doświadczeń Taylor ułożył tablice praktycznych prędkości toczenia ( $m/min.$ ), które podajemy poniżej.

*Toczenie stali miękkiej, średniej (osiowej),  
twardej (bandażowej, szrapnelowej).*

Głębokość skrawania	Posuw =	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2	4,8
2,5	miękka	154	110	77	60	—	—
	średnia	77	55	38	30	—	—
	twarda	29	24	17	14	—	—
3	miękka	140	100	72	58	50	—
	średnia	70	50	36	29	25	—
	twarda	33	23	17	14	12	—
5	miękka	110	76	52	43	38	30
	średnia	55	38	26	22	19	15
	twarda	24	17	12	10	9	7
7,5	miękka	88	64	44	36	31	25
	średnia	44	32	22	18	15	12
	twarda	20	14	10	8	7	6
10	miękka	78	54	38	31	27	—
	średnia	39	27	19	15	13	—
	twarda	18	12	9	7	6	—
12,5	miękka	70	50	35	29	—	—
	średnia	35	25	17	14	—	—
	twarda	16	11	8	6	—	—

*Toczenie żeliwa miękkiego. średniej  
twardości i twardego.*

Głębokość skrawania	Posuw =	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2	4,8
2,5	miękka	72	58	43	35	31	25
	średnia	36	29	21	17	15	12
	twarda	21	16	12	10	9	7
3	miękka	68	54	40	33	29	24
	średnia	34	27	20	16	14	12
	twarda	20	16	12	10	8	7
5	miękka	56	44	32	27	21	19
	średnia	28	22	16	13	10	9
	twarda	16	13	9	8	6	5
7,5	miękka	48	38	28	23	20	17
	średnia	24	19	14	11	10	8
	twarda	14	11	8	7	6	5
10	miękka	43	34	24	20	18	15
	średnia	21	17	12	10	9	7
	twarda	12	9	8	6	5	4
15	miękka	37	30	22	18	16	13
	średnia	18	15	11	9	8	6
	twarda	11	9	6	5	4	4
20	miękka	34	27	20	16	14	12
	średnia	17	13	10	8	7	6
	twarda	10	7	5	4	4	3

Tablice powyższe dotyczą toczenia zapomocą noży o zaokrąglonej krawędzi tnącej, typu przedstawionego na rys. 14. Ten sam mniej więcej kształt posiada i zdzierak romboidalny (rys. 19). Noże były wykonane z najlepszej stali szybko tnącej Taylora-Whitea, wolframowo-wanadowo-chromowej, której prędkość typowa, w myśl poprzedniego określenia, wynosiła 30  $m/min.$  Nóż był chłodzony racjonalnie zapomocą obfitego strumienia słabego roztworu sody. Przekrój trzonka noża wynosił  $1\frac{1}{4}'' \times 1\frac{1}{8}''$ . Materiał obrabiany stanowiła: stal miękka, o wytrzymałości na ciągnięcie 39,5  $kg/mm^2$ , przy wydłużeniu 35,5%, następnie stal średniej twardości o wytrzymałości na ciągnięcie 51  $kg/mm^2$  przy wydłużeniu 30%, taka, jaka się używa na osie wagonowe, wreszcie stal twarda, używana na bandażach kolejowe, o wytrzymałości na ciągnięcie 83  $kg/mm^2$  przy wydłużeniu 14%. Według trzech rodzajów twardości było również klasyfikowane i żeliwo.

W tablicach prędkości toczenia są podane w  $m/min.$ , posuw i głębokość w  $mm$ . W porównaniu z oryginalną tablicą Taylora, poza zamianą miar angielskich na metryczne, dokonaliśmy zaokrąglenia wartości głębokości skrawania według miar metrycznych, przyczem odpowiednie prędkości zostały obliczone interpolacyjnie.

Aby przystosować tablice powyższe do użytku praktycznego w warsztacie, należy znaleźć doświadczalnie zapomocą prób dwudziestominutowych typową prędkość toczenia przy posuwie  $1,6 mm$  i głębokości skrawania  $4,8 mm$ . Ponieważ tablice dotyczą prędkości typowej  $30 m/min.$ , przeto o ile prędkość typowa wyniesie  $V m/min.$ , wszystkie wartości tablicy należy przemnożyć przez stosunek  $V : 30$ .

Co się tyczy innych noży, to Taylor stwierdził, że zapomocą noży o szerokiej krawędzi prostoliniowej z zaokrąglonym śpicem można toczyć nieco prędzej, niż przy użyciu noży z krawędzią zaokrągloną. Wielkość noża posiada niewielki wpływ na prędkość skrawania: noże mniejsze ze względu na mniej korzystny odpływ ciepła wymagają stosowania mniejszych prędkości. Przy stosowaniu noży ostrych do gwintowania należy zmniejszyć prędkość toczenia 2,7 razy w porównaniu ze zdzierakiem romboidalnym, przy stosowaniu noży do przerzynania—czterokrotnie.

Na podstawie doświadczeń ze zdzierakiem romboidalnym Taylor stwierdził, że grubość wióra wpływa bardziej na prędkość toczenia, niż jego szerokość. Tak przy zmniejszaniu posuwu do  $1/3$  wartości początkowej, prędkość zwiększała się np. w stosunku  $1,8 : 1$ ; zmniejszeniu głębokości skrawania również do  $1/3$  odpowiadał wzrost prędkości  $1,27 : 1$ . Zależność pomiędzy prędkością toczenia, a posuwem i głębokością skrawania Taylor przedstawił w postaci złożonych wzorów empirycznych, innych dla stali a innych dla żeliwa obrabianego. Tak przy toczeniu stali prędkość praktyczna toczenia przedstawia wzór:

$$V = \frac{C \left(1 - \frac{0,72}{r^2}\right)}{(0,0394 \delta)^a \left(\frac{1,5}{r} \Delta\right)^b}$$

We wzorze tym:

$$a = 0,4 + \frac{2,12}{5 + 1,26 r}; \quad b = 0,13 + 0,0675 \sqrt{r} + \frac{r}{7,35 r + 1,88 \Delta}$$

$r$  oznacza promień krzywizny zaokrąglenia krawędzi =  $1/2$  szerokości oprawy noża mniej  $3,9 mm$ .  $C$  jest stałą równania, zależną od twardości obrabianego materiału oraz od gatunku stali narzędziowej. Przy użyciu najlepszej stali narzędziowej oraz przy obróbce stali średniej twardości współczynniki  $C$  otrzymają wartości następujące:

Szerokość oprawy noża	$1\frac{1}{4}''$	$1''$	$\frac{7}{8}''$	$\frac{3}{4}''$	$\frac{5}{8}''$	$\frac{1}{2}''$
$C =$	6,6	6,55	6,5	6,5	6,3	5,8

Wzory powyższe zgadzają się dobrze z wynikami doświadczalnymi. Gorzej przedstawia się sprawa z wzorami dla żeliwa z powodu niejednorodności materiału. Dla żeliwa średniej twardości mamy wzór:

$$V = \frac{k}{(0,79 \delta)^m - \frac{0,3}{1 + 3,9 \delta} \cdot (n \Delta)^{p + \frac{0,27}{3 + 1,26 \Delta}}}$$

Odpowiednio do wielkości noża współczynniki  $k$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $p$  otrzymują następujące wartości:

Szerokość oprawy noża	1 1/4"	1"	7/8"	3/4"	5/8"	1/2"
$k =$	16,5	17,3	18	19	20	21
$m =$	0,4793	0,5085	0,5248	0,55	0,5853	0,6383
$n =$	0,084	0,115	0,14	0,18	0,25	0,42
$p =$	0,335	0,2978	0,2757	0,25	0,2182	0,1743

Wzory powyższe przedstawione zostały w kształcie ułatwiającym logarytmowanie. Pochodzi to stąd, że przy systematyzowaniu wyników doświadczalnych Taylor posiłkował się papierem wykresowym z podziałką logarytmową, mając na względzie sporządzenie specjalnego suwaka rachunkowego do szybkiego obliczania i wyznaczania posuwów i liczby obrotów wrzeczona tokarki.

Zwiększenie prędkości skrawania, zwłaszcza przy tokarkach ze słabym napędem, stanowi jedyny sposób zwiększenia wydajności obrabiarki. Można zwiększyć prędkość toczenia, polewając nóż obfitym strumieniem wody z dodatkiem sody lub mydła, co ma na celu powstrzymanie rdzewienia przedmiotu i maszyny. Najlepiej i najskuteczniej działa polewanie wióra w miejscu jego tworzenia się pionowo z góry. Przy skrawaniu stali powstrzymanie zagrzewania krawędzi tnącej zapomocą sztucznego ochładzania pozwala zwiększyć prędkość skrawania o 40%, przy skrawaniu żeliwa nieco mniej, bo o 16%, jak to wykazały doświadczenia Taylora.

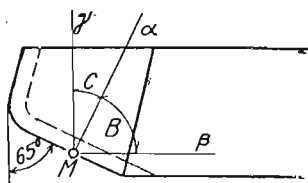
Największe korzyści daje jednak stosowanie specjalnych gatunków stali narzędziowej, a zwłaszcza odmiany szybko tnącej. Tabliczka oboczna zestawia prędkości typowe przy toczeniu zapomocą noży sporządzonych z różnych gatunków stali narzędziowej. W ciągu krótkiego okresu czasu osiągnięte zostały znaczne postępy w tym kierunku.

Gatunek stali	Prędkość typowa w $m/min.$
Jessop . . . . .	4,9
Mushet: samohartująca . . . . .	7,9
Taylor-White z r. 1900 . . . . .	17,7 do 18,6
Taylor-White z r. 1906 . . . . .	30,2

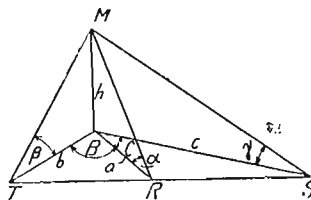
Tak poważne udoskonalenie stali narzędziowej przez Taylora i Whitea należy przypisać nie tylko rozwojowi badań fizyczno-chemicznych metali i postępom metalurgii, lecz bodaj przede wszystkim wypracowaniu przez Taylora metody ilościowego wyznaczania prędkości skrawania. Duże znaczenie posiadało przytem omówienie drobiazgowo próby toczenia, mającej na celu wyznaczenie prędkości typowej. Próba ta, łatwa do skutecznienia, daje możność sprawdzenia w każdym nawet niewielkim warsztacie mechanicznym, w jakim stosunku znajdują się stosowane w nim prędkości toczenia do wyników, osiągniętych przez Taylora. Na podstawie tej próby można ustalić wartość praktyczną poszczególnych gatunków stali narzędziowej i metod hartowania, wreszcie przystosować tablice prędkości praktycznych toczenia do bezpośredniego użytku warsztatowego.

### Ć w i c z e n i a.

**Przykład 1.** Mamy do sporządzenia zdzierak romboidalny, którego wierzch jest przedstawiony na rys. 28. Kąt rzeźowy noża wynosi dla stali  $61^\circ$ , dla żeliwa  $70^\circ$ . Kąt odsadzenia pięty noża  $\varepsilon = 5$ . Krawędź tnąca leży w poziomie. Znaleźć kąty bocznego i tylnego pochylenia wierzchu noża.



Rys. 28.



Rys. 29.

**Rozwiązanie.** Ponieważ krawędź tnąca znajduje się w poziomie, przeto wiór będzie spychany wzdłuż kierunku prostopadłego do krawędzi tnącej po linii największego spadku wierzchu noża. (Po tej linii ściekałaby z krawędzi tnącej kropla wody).

Na rys. 29 przeprowadzone są z punktu  $M$  krawędzi tnącej trzy proste: największego spadku  $MR$ , prosta, odpowiadająca pochyleniu tylnemu ( $\beta$ ) —  $MT$ , oraz pochyleniu bocznemu ( $\gamma$ ) —  $MS$ . Kąt  $\alpha = 90^\circ - 61^\circ - 5^\circ = 24^\circ$  dla stali i  $\alpha = 90^\circ - 70^\circ - 5^\circ = 15^\circ$  dla żeliwa. Rozwiązując trójkąt trygonometrycznie, otrzymamy:

$$h = a \cdot \operatorname{tg} \alpha = b \cdot \operatorname{tg} \beta = c \cdot \operatorname{tg} \gamma,$$

$$a = b \cdot \cos B = c \cdot \cos C,$$

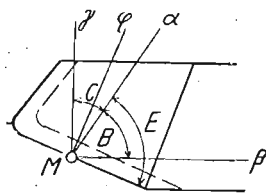
skąd

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos B} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\cos C},$$

gdzie  $B$  i  $C$  oznaczają kąty pomiędzy rzutami kierunków  $\beta$ ,  $\gamma$  i  $\alpha$ . Jeżeli  $B = 65^\circ$ , a  $C = 15^\circ$ , to

$$\left. \begin{array}{l} \beta = 10^\circ 40' \\ \gamma = 22^\circ \end{array} \right\} \text{ dla stali } \quad \left. \begin{array}{l} \beta = 7^\circ \\ \gamma = 14^\circ \end{array} \right\} \text{ dla żeliwa.}$$

**Przykład 2.** Mamy sporządzić bocian lewy, przedstawiony na rys. 30, którego kąt rzeźowy wynosi dla stali  $61^\circ$ , dla żeliwa  $70^\circ$ , zaś kąt odsadzenia  $5^\circ$ . Kąt szlifowania bocznego wynosi od  $15^\circ$  do  $22^\circ$  ze stopniowaniem co  $1^\circ$  dla stali i od  $6^\circ$  do  $14^\circ$  dla żeliwa i stali lanej. Znaleźć odpowiednie wartości kąta szlifowania tylnego.



Rys. 30.

**Rozwiązanie.** Na rys. 30-y przedstawione są rzuty zasadniczych kierunków wierzchu noża na płaszczyznę poziomą. Punkt  $M$  leży na krawędzi tnącej, pochylonej względem poziomu pod kątem  $\varepsilon$ . Kąt  $\varphi$  oznacza pochylenie prostej przecięcia wierzchu noża i płaszczyzny prostopadłej do rzutu poziomego krawędzi tnącej. Kąty  $\beta$  i  $\gamma$  oznaczają to samo, co w poprzednim przykładzie.

Rzuty kierunków  $\varepsilon$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  tworzą z rzutem prostej największego spadku kąty  $E$ ,  $B$  i  $C$ , przyczem  $E = B + 25^\circ$ , zaś  $B + C = 90^\circ$ .

Korzystając z poprzednich wzorów:

$$\operatorname{tg} 24^\circ = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos B} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\cos C} = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\cos E},$$

otrzymamy następującą tabliczkę szukanymi wartościami przybliżonymi kątów, jak tego wymaga stosowanie szlifierek samoczynnych do noży tokarskich:

*Noże bociany do stali miękkiej i żelaza kutego.*

Kąt szlifowania bocznego $\beta =$	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°
„ „ tylnego $\gamma =$	19° 30'	19°	18°	17°	16°	14° 30'	13°	10° 30'
„ nach. kraw. przedniej $\varepsilon =$	11° 30'	10° 30'	9° 30'	7° 30'	6° 30'	4° 30'	2° 30'	0° 30'
Kąt $B =$	37°	40°	43°	46° 30'	50° 30'	54° 30'	59° 30'	65°
„ $\varphi =$	21° 30'	22°	22° 30'	23°	23° 30'	24°	24°	24°

*Noże bociany do żeliwa i stali lanej.*

Kąt szlifowania bocznego $\beta =$	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°
„ „ tylnego $\gamma =$	14°	13° 30'	13°	12°	11° 30'	10° 30'	9°	8°
„ nach. kraw. przedniej $\varepsilon =$	10°	9° 30'	8° 30'	7° 30'	6°	5°	3° 30'	1° 30'
Kąt $B =$	23°	27°	31°	36°	41°	46°	52°	59°

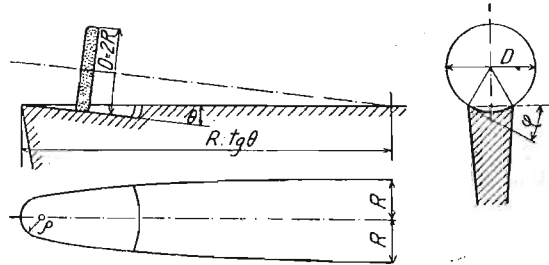
Z tabliczki pierwszej wynika, że kąt  $\varphi$  pochylenia prostej przecięcia płaszczyzny prostopadłej do rzutu poziomego krawędzi tnącej i wierzchu noża nie różni się wiele od kąta pochylenia prostej największego spadku

**P r z y k ł a d 3.** Mamy do sporządzenia nóż łyżeczkowaty; wgłębienie w wierzchu noża wykańczamy zapomocą tarczki szlifierskiej. Oś tarczki jest pochylona w tym celu pod kątem  $\theta$  względem wierzchu noża, a nóż przesuwa się w kierunku osi tarczki. Promień zaokrąglenia krawędzi tnącej  $= \rho$  mm. Znaleźć warunki, przy których nóż skrawa jednakowo dobrze swym przodem krawędzi tnącej, jak i bokami półkola, stanowiącego przód profilu krawędzi.

**R o z w i ą z a n i e.** Łatwo zrozumieć, że tarczka szlifierska w omawianych warunkach ruchu wycina z wierzchu noża wgłębienie walcowe, a linią przenikania będzie elipsa. Główne półosi tej elipsy będą  $b = R$  i  $a = R : \operatorname{tg} \theta$ . Promień krzywizny elipsy w wierzchołku (rys. 31)

$$\rho = \frac{b^2}{a} = \frac{R^2}{R} \cdot \operatorname{tg} \theta = R \operatorname{tg} \theta.$$

Jeżeli kąt szlifowania bocznego oznaczymy przez  $\varphi$ , to  $\rho = R \sin \varphi$ . Przy stosunkowo niewielkich wartościach kątów  $\theta$  i  $\varphi$ , możemy uważać, że gdy  $\operatorname{tg} \theta = \sin \varphi$ , to i kąty  $\theta = \varphi$ . Tak więc dobierając odpowiednio średnicę tarczki szlifierskiej  $D = 2R$  i kąt pochylenia jej względem wierzchu noża, można dać kątowi rzezowemu tę samą wielkość z przodu jak i z boków noża. Wyjaśnia to najlepiej zalety noża łyżeczkowatego przy obróbce nierównych twardych powierzchni.



Rys. 31.

## ROZDZIAŁ III.

### W i e r c e n i e .

12. Wiercenie polega na wykonywaniu otworów w pełnym materiale za pomocą narzędzia zwanego wiertłem. Wiertło i przedmiot obrabiany posiadają względny ruch śrubowy, którego składowa posiowa, zwana posuwem, jest niewielka w porównaniu ze składową obwodową prędkości.

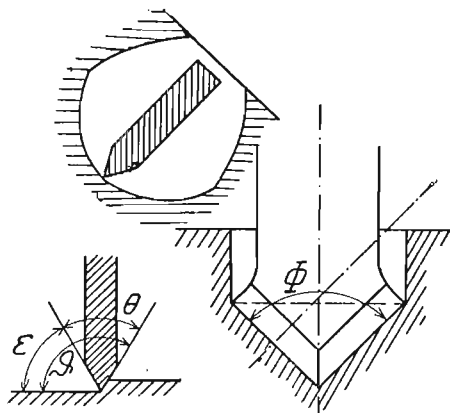
Posuw wiertła wymaga nacisku posiowego, obrót wiertła – momentu obrotowego. Zwykle przedmiot obrabiany jest nieruchomy, a wiertło posiada oba ruchy. Niekiedy jednak bywa inaczej: jeden z ruchów otrzymuje przedmiot obrabiany.

W porównaniu z przebijaniem wiercenie posiada daleko szerszy zakres zastosowań, głównie dzięki temu, że umożliwia wykonanie głębokich otworów o małej średnicy i że nie nadwyreża przedmiotu przy obróbce. Jest rzeczą niezbyt trudną przewiercić w stali otwór o średnicy 10 mm i głębokości 100 a nawet 200 milimetrów. Naogół jednak wiercenie dziur o długości znacznej w porównaniu z prześwitem uchodzi za jedną z trudniejszych czynności.

W praktyce warsztatowej operacja wiercenia jest bardzo pospolita. Prawdopodobnie wiercenie nasunęło myśl zbudowania maszyny narzędziowej, czyli obrabiarki do metali.

13. **Wiertła.** Istnieje wiele odmian wiertel, których działanie polega zawsze na skrawaniu bądź wiorów, bądź drobnych otoczków.

Najprostszą odmianę stanowi wiertło piórkowe, którego krawędzie tnące są utworzone przez przecięcie podwójnych symetrycznych ścinów (rys. 32). Kierunek ruchu obrotowego tego wiertła dzięki symetryczności ścinów może być przemienny, tam



Rys. 32.

i z powrotem, co jest pożądane przy zastosowaniu ręcznego furkadła, lub wiercidła smyczkowego.

Kąt rzeźowy ścinów tego wiertła wynosić powinien co najmniej  $45^\circ$ , gdyż inaczej wiertło tępi się szybko. Kąt  $\Phi$  zawarty pomiędzy krawędziami tnącymi waha



się zwykle w granicach od  $75^{\circ}$  do  $100^{\circ}$ . Krawędzie są symetryczne względem osi wiertła.

Działanie wiertła polega na zdrapywaniu metalu, a nie na właściwym skrawaniu. Wióry są drobne i oddzielają się w postaci płatków, igiełek i pyłu, co przypisać należy dużej wielkości kąta skrawania wiertła, wynoszącego znacznie więcej niż  $90^{\circ}$ . Zmniejszyć kąta skrawania niepodobna ze względu na symetryczność ścina. Kąt odsadzenia ścina jest w porównaniu z nożami tokarskimi wyjątkowo duży. Ułatwia to zagłębianie się wiertła w metal, wymagając niewielkiego nacisku posoiowego, wynoszącego nieraz zaledwie kilka kilogramów. Łatwości, z jaką omawiane wiertło zagłębia się w materiał, przypisać należy fakt zaobserwowany i zbadywany przez Codrona, że przy bardzo drobnych posuwach poniżej  $0,02\text{ mm}$  pracuje ono ekonomiczniej niż inne. Przy nieco większych posuwach powyższy stan rzeczy zmienia się zasadniczo. Opór właściwy skrawania jest wówczas przeszło dziesięciokrotnie większy w porównaniu z innymi bardziej ulepszonymi wiertłami. Narzędzie wymaga ciąglego ostrzenia, lekkie stępienie krawędzi tnącej uniemożliwia zupełnie pracę.

Zwykle wiertło piórkowe (rys. 33) posiada dwie krawędzie tnące. Ściny są pojedyncze: krawędź tnąca stanowi przecięcie odpowiedniego ścina z płaszczyzną łopatkowego łba wiertła. Oprócz dwóch właściwych krawędzi tnących istnieje krótka trzecia, będąca wynikiem spotkania się wzajemnego ścinów. Krawędź ta powinna być jak najkrótsza, gdyż zdrapuje ona a nie skrawa materiał. Na przeszkodzie do jej skrócenia stoi jednak konieczność nadania pewnej grubości łbu wiertła. Właściwe krawędzie tnące pracują sprawnie, dając przy skrawaniu ciągliwego metalu dość prawidłowe wióry śrubowe.

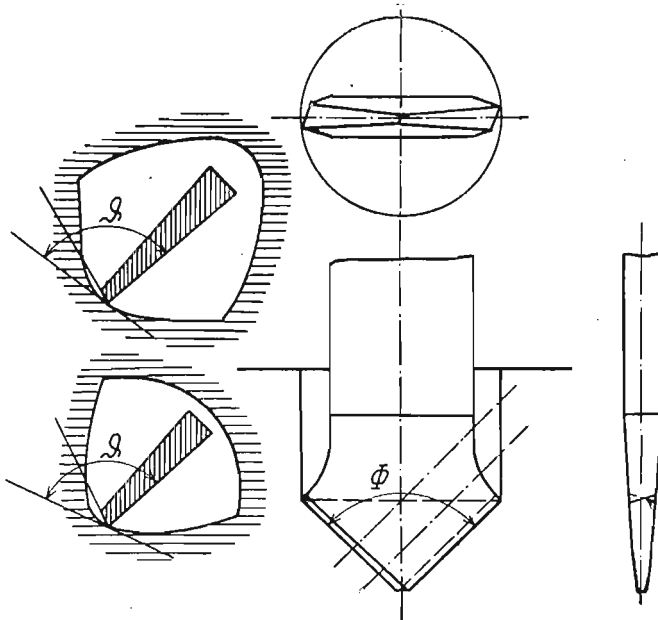
Wiertło piórkowe jest łatwe do wykonania i ostrzenia. Trudność stanowi jedynie zachowanie symetryczności krawędzi tnących, które powinny skrawać wióry jednakowej grubości. Jego największą wadę stanowi konieczność odkuwania łba łopatkowego w miarę zużycia wiertła. Ostatnia czynność utrudnia również wykonanie wiertła piórkowego ze stali szybkotnącej.

Obrót wiertła jest jednokierunkowy. Kąt  $\Phi$  zmieniamy w granicach od  $90^{\circ}$  do  $120^{\circ}$ , zależnie od tego, czy metal jest miękki czy twardy. Przy bardziej ostrym kącie tępi się szybko śpic wiertła, przy bardziej rozwartym wiertło jest gorzej prowadzone, zbacza, wyrabia za dużą dziurę, jest narażone więcej na złamanie.

Kąt skrawania wiertła piórkowego (rys. 33) wynosi więcej niż  $90^{\circ}$ . Zależy on od kąta  $\Phi$ , od grubości łba wiertła, zmienia się zależnie od oddalenia punktu danego krawędzi tnącej od osi wiertła. Aby zmniejszyć kąty skrawania pożądaną jest rzeczą spłaszczyć łeb ku śpicowi.

Zwykle wartości kątów skrawania wynoszą od  $95^{\circ}$  do  $115^{\circ}$ . Oczywiście w tych warunkach wiercenie nie może być tak sprawne, jak toczenie za pomocą noża, którego kąt skrawania jest mniejszy od  $90^{\circ}$ . Wiór jest bardziej złożony, niż przy toczeniu. Kształt wióra nie jest rzeczą obojętną dla rzemieślnika, który musi ciągle uważać, aby otwór wiercony nie był zapychany przez cząstki metalu. Dogłębne oglądanie pracy narzędzia przy wierceniu jest bardzo utrudnione: o prawidłowej pracy można sądzić jedynie z wióra, i wiertarz przypatrując mu się bacznie sprawdza, czy noż

jest dobrze wyostrzony, czy bierze jednakowo obydwoma krawędziami, czy nie zachodzi obawa zatarcia się wiertła i ukłęcia go tym sposobem.

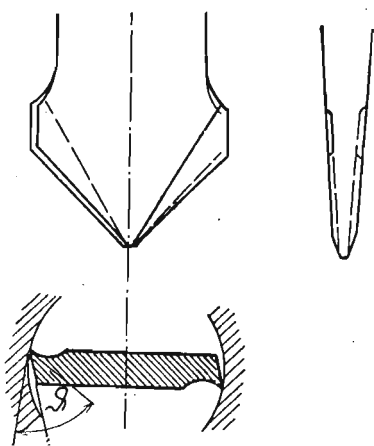


Rys. 33.

Wyżłabiając, odpowiednio przednie ścianki wiertła (rys. 34), można zmniejszyć kąt skrawania wiertła piórkowego tak dalece, że będzie on wynosił mniej niż  $90^\circ$ . Wiertło poprawione skrawa prawidłowej wióry śrubowe, zwłaszcza gdy otwór nie jest głęboki, zato jego szlifowanie jest kłopotliwsze.

Wycinając w cylindrycznym pręcie dwa śrubowe przeciwległe żłobki o odpowiednim profilu, można otrzymać na stożkowatym końcu wiertła dwie prostoliniowe krawędzie tnące. Tak wykonane wiertło nazywa się krętym ze względu na

kształt żłobków śrubowych. Odpowiednio zaszlifowując koniec wiertła, otrzymuje się odsadzenie tylne pięty krawędzi tnących. Ponieważ tak zbudowane wiertło musi posiadać dostatecznie sztywny rdzeń wewnętrzny, przeto przy szlifowaniu końca wiertła tworzy się pośrodku krótka krawędź ścinowa, podobna do tej, jaką omawialiśmy przy wiertle piórkowym, i którą można zmniejszyć zacinając dwa małe żłobki przy śpicu (rys. 35). Boczne ścianki wiertła prowadzą go należycie w otworze wierconym, zaś pochylenie śrubowe żłobków śrubowych sprzyja prawidłowemu usuwaniu wiórów. Najważniejszą zaletę wiertła krętego stanowią racjonalne kąty skrawania, dzięki którym wiercenie odbywa się w sposób przypominający obróbkę zapomocą noża tokarskiego. Wiertło kręte nie wymaga tak jak piórkowe przekuwania go co jakiś czas w miarę zużycia, wystarcza go w tym celu naostrzyć z końca.

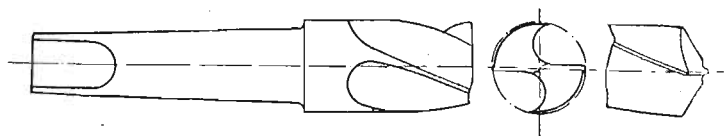


Rys. 34.

Dokładność wykonywania otworów, jaka cechuje wiertło kręte, jego duża wydajność wyrażająca się w ilości skrawanych wiórów i pośpiesznej pracy, sprawiły, że wyrugowało ono inne odmiany wiertel z praktyki warsztatowej. Dodać wszakże należy, że wiertło kręte wymaga starannego wykonania i utrzymania. Zwłaszcza

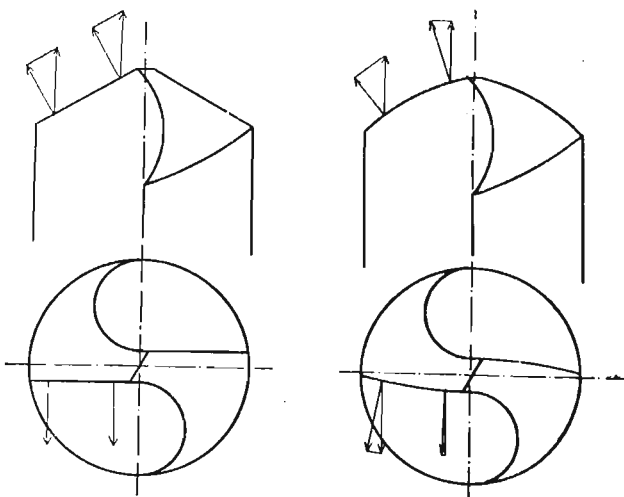


szlifowanie po stępieniu powinno być dokonywane na specjalnych szlifierkach, gdyż od tego zależy późniejsza sprawność narzędzia.



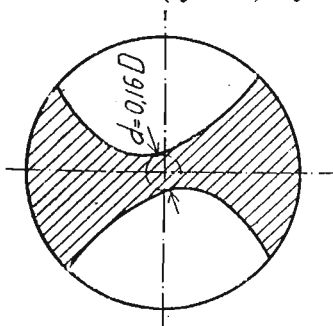
Rys. 35.

Kształt żłobka profilowego powinien być tak dobrany, by przecięcie jego powierzchni wewnętrznej ze stożkową powierzchnią tylnego szlifowania pięty wiertła dawało prostoliniową krawędź tnącą. Warunek ten jest ważny ze względu na rozkład sił na krawędzi tnącej, a tem samym i na jednostajność jej zużycia. Rys. 36 świadczy, że o ile krawędzie tnące wiertła nie są prostoliniowe, opór na krawędzi tnącej rozkłada się nierównomiernie. Za pomocą metod geometrii wykreślnej można wyznaczyć ściśle przekroje żłobków wiertła, czyniące zadość warunkowi prostoliniowości krawędzi. Zwykle poprzestaje się na pewnym praktycznie wystarczającym przybliżeniu.

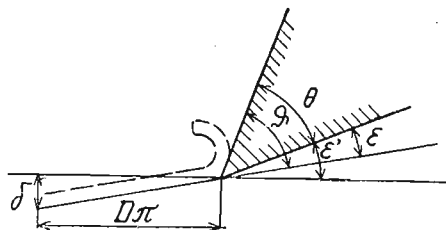


Rys. 36.

Stosunek skoku żłobka profilowego do średnicy wiertła wynosi od 5 do 8-ju, co odpowiada na obwodzie zewnętrznym pochyleniu zawartem pomiędzy  $60^\circ$  a  $70^\circ$ . Kąt pomiędzy krawędziami tnącymi wynosi  $116^\circ$  do  $120^\circ$ . Średnica rdzenia  $d$  (rys. 37) wynosi średnio około  $0,16 D$ .



Rys. 37.

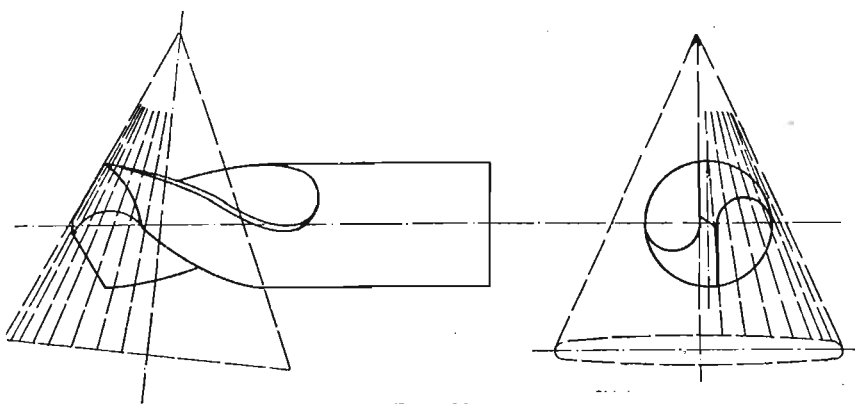


Rys. 38.

Skok żłobka profilowego przy danej średnicy wiertła określa bezpośrednio teoretyczne kąty skrawania. W rzeczywistości, wskutek śrubowego ruchu wiertła, punkty krawędzi tnącej poruszają się wzdłuż linii pochyłych do poziomu (rys. 38)

i wskutek tego właściwe kąty skrawania są nieco mniejsze. Naogół charakter kątów wiertła jest ten sam, co i przy nożu tokarskim. Tak więc zeszlifowaniu pięty noży odpowiada tylny kąt szlifowania; uwzględniając posuw wiertła otrzymamy kąt odsadzenia. Ostatni nie jest wielkością stałą dla różnych punktów krawędzi tnącej. Pochodzi to stąd, że im dany punkt znajduje się bliżej osi wiertła, tym tor, po którym porusza się ów punkt, jest bardziej pochyły. Oznaczając przez  $\varphi$  kąt pochylenia toru punktu krawędzi tnącej, a przez  $D$  średnicę obwodu, po którym się on porusza, otrzymamy:  $\text{tg } \varphi = \delta : \pi D$ .

Szlifowanie tylne pięty wiertła skutecznia się na specjalnych szlifierniach, działających według kilku różnych zasad. Tarcza szlifierska, o ile pominąć jej własny ruch wirowy, jest w tych maszynach zawsze nieruchoma, zaś ruch otrzymuje wyłącznie wiertło. Wyobrażając sobie, że ruchem jest obdarzona tarcza szlifierska a nie wiertło, co można zawsze przyjąć, rozważając względny ruch dwóch przedmiotów, powierzchnię pięty wiertła możemy uważać za ukształtowaną przez obwiednię kolejnych położenia tarczy. Rys. 39 przedstawia pęk tworzących takiej obwiedni



Rys. 39.

w przypadku, gdy stanowi ona zwykłą powierzchnię stożkową. Jedna z tworzących zbiega się z krawędzią tnącą, następnie zaczynają zacinać coraz głębiej piętę wiertła.

Obwiednię kolejnych położenia tarczy szlifierskiej kształtującej piętę wiertła stanowi powierzchnia stożkowa zwykła lub skośna, niekiedy hiperboloida jednowłokowa, zależnie od konstrukcyjnej zasady szlifierni. Tak czy owak, jest rzeczą



Rys. 40.

ważną, aby szlifowanie tylne pięty nie osłabiało zbyt rzadko wiertła i zapewniało dostatecznej wielkości kąt odsadzenia. Rys. 40 przedstawia przekroje i kąty odsadzenia dla kilku punktów krawędzi tnącej.

Kąt odsadzenia jest mniej więcej ten sam dla poszczególnych przekrojów, zmienia się w granicach od  $5^\circ$  do  $8^\circ$ . Kąt rzeźowy pozostaje w granicach od  $50^\circ$  do  $65^\circ$ . Jak widzimy, wartości tego kąta są raczej zbyt małe niż za duże. Przy wierceniu miękkich metali istnieje nawet

dążność do wśrubowywania się w materiał narzędzia, co może być przyczyną ukręcenia wiertła.

Przy szybkim wierceniu powstają drgania, które głównie objaśnić można tem, że rdzeń środkowy nie jest dość sztywny i wskutek tego zwoje wiertła posiadają dążność do sprężystego rozkręcania się. Długość wiertła zwiększa się przytem cokolwiek, wpływając na zwiększenie grubości wióra i oporu i potęgując tym sposobem rozkręcanie zwojów. Gdy krawędzie wiertła natrafiają na miękniejszy materiał, zwoje wracają do pierwotnego stanu. O ile krawędź natrafia okresowo na miejsca twardsze i miększe, drgania stają się silne. Zapobiedz im można najskuteczniej wzmacniając rdzeń wiertła. Ze względu na omawiane drgania wiertła wykonane ze skróconego na gorąco płaskiego pręta kształtowego ustępują co do wydajności i trwałości wiertłom frezowanym z pełnego pręta. W ostatnich czasach ulepszono metodę hydraulicznego wytłaczania wiertel na gorąco, posiadającą obok taniości zaletę stłaczania środkowego rdzenia narzędzia i ulepszania tym sposobem materiału.

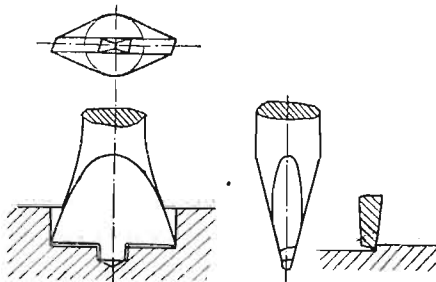
Oprócz wiertel opisanych istnieje cały szereg innych konstrukcyi i odmian, przystosowanych do celów specjalnych. Tak do wywiercania otworów z płaskim dnem używa się wiertel płaskich czopkowych (rys. 41). Czopek środkowy ma za zadanie prowadzić narzędzie w otworze, udaremniając dążność płaskiego wiertła do zbaczania.

Do wiercenia otworów o znacznej średnicy używa się głów wiertniczych ze wstawianymi nożykami. Głowy takie są o wiele łatwiejsze do wykonania i szlifowania niż wiertła. Bardzo często głowy wiertnicze są wydrążone i wykrawują w materiale otwór pierścieniowy, pozostawiając nietknięty rdzeń wewnętrzny, zwany często korkiem.

Przy wierceniu długich otworów w wałach okrętowych, lufach armatnich i t. p. przedmiotach zapomocą wałów wiertniczych, głowy z wstawianymi przykręcanymi nożykami są prowadzone w wierconym otworze zapomocą poduszczyków z twardego drzewa czy metalu. Usuwanie wiórów odbywa się zapomocą obfitego i bardzo silnego strumienia płynu. Co pewien czas głowę wiertniczą wyciąga się z otworu, by usunąć pozostające wiórki. I w tym wypadku pozostawia się nietknięty rdzeń wewnętrzny dzięki stosowaniu wydrążonego wału wiertniczego. Ma to na celu zaoszczędzenie materiału i daje możność sprawdzania jego własności zapomocą próbek wytrzymałościowych.

Nożyki wstawiane w głowach wiertniczych nie różnią się zasadniczo od znanych typów noży tokarskich. Przy budowaniu głów wiertniczych należy liczyć się z silnymi drganiami, jakim podlegają nożyki w pracy, należy dbać o prostotę i wytrzymałość konstrukcyi i zwracać wyjątkowo baczną uwagę na dogodne usuwanie wiórów.

**14. Doświadczenia nad wierceniem.** Najpoważniejsze doświadczenia nad wierceniem dokonane zostały we Francyi i Anglii. We Francyi dokonał je



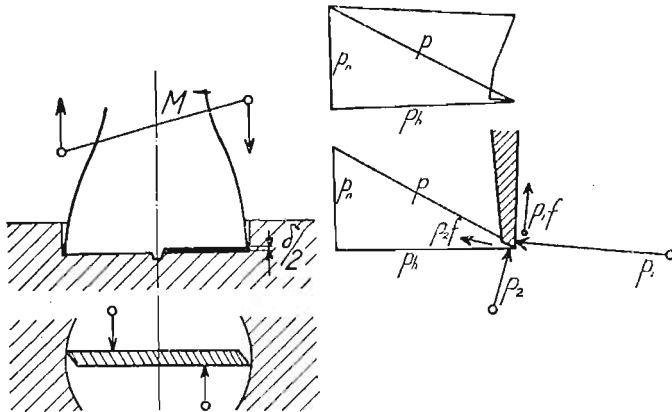
Rys. 41.

cytowany już poprzednio C. Codron, prof. instytutu przemysłowego w Lille, w Anglii prof. politechniki manczesterskiej Dempster Smith wspólnie z R. Poliakovem, prof. moskiewskiej wyższej szkoły technicznej.

Badania Codrona objęły wiercenie wszystkich metali posiadających wybitniejsze znaczenie przemysłowe, a więc żeliwa, żelaza kutego, stali, miedzi, mosiądzu, bronzu, stopu panewkowego, glinu, cynku, ołowiu. Wypróbował on pracę różnych rodzajów wiertel, bardzo szczegółowo omawiając kształt skrawanych przez nie wiórów i wyjaśniając w jaki sposób można sądzić z niego o prawidłowej pracy narzędzia. Doświadczenia dotyczyły wszystkich faz pracy narzędzia, a więc i zagłębiania się w materiał stożkowej części wiertła oraz przechodzenia przezeń na wylot otworu. Badał on wiercenie bądź przy stałym nacisku na wiertło, bądź przy stałym posuwie, określając w różnych warunkach właściwe opory skrawania. Znaczenie wyników doświadczalnych, osiągniętych przez Codrona, ogranicza fakt, że używał on za małymi wyjątkami wiertła tej samej średnicy 25 mm, zaś prędkości obrotowe wiertła stosował małe jak na dzisiejsze warunki, bo wynoszące zazwyczaj 2,8 do 6,3 m/min.

Doświadczenia Smitha dotyczyły wyłącznie żeliwa i stali średniej twardości, czyli materiałów najbardziej używanych w praktyce warsztatowej. Posuwy i prędkości skrawania odpowiadały normom nowoczesnym, badano szczegółowo wpływ średnicy wiertła krętego na opory skrawania, wpływ chłodzenia narzędzia i t. p. Pomiary były dokonywane na wiertarce, specjalnie przystosowanej do doświadczeń, zapomocą czułych precyzyjnych przyrządów. Materiały były określane szczegółowo pod względem chemicznym i mechanicznym. Ponieważ średnica wiertła i prędkość skrawania nie wpływa zbyt na inne wielkości, zwłaszcza na opory właściwe skrawania, przeto doświadczenia francuskie i angielskie należy uważać

za dopełniające się wzajemnie.



Rys. 42.

Rozważmy siły działające na jednostkę długości wiertła płaskiego (rys. 42). Na czoło noża działa siła  $p_1$ , na pięto noża siła  $p_2$ . Ponieważ wiertło zmienia stale swe położenie względem materiału, więc istnieją i siły tarcia  $p_1f$  i  $p_2f$ . wypadkową wszystkich sił  $p$  można rozłożyć na składową pionową  $p_v$  i poziomą  $p_h$ . Dzielic składową pionową przez grubość wióra, czyli połowę posuwu  $\delta/2$ , otrzymamy właściwy

opór posuwowy  $\sigma_n = \frac{2p_n}{\delta}$  wyrażany zwykle w  $kg/mm^2$ . Analogicznie iloraz skła-

dowej poziomej przez połowę posuwu nazwiemy właściwym oporem roboczym

$$\sigma_r = \frac{2 p_h}{\delta}.$$

Ogólny przekrój wióra skrawanego przez wiertło łopatkowe wynosi  $\frac{d\delta}{2}$ .

Oznaczając przez  $P$  całkowity opór posuwowy wiertła płaskiego łopatkowego o średnicy  $d$  mm i posuwie  $\delta$  mm, właściwy opór posuwowy przedstawić możemy w postaci:

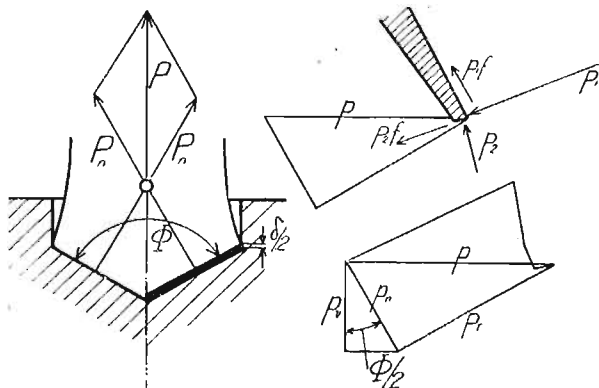
$$\sigma_n = \frac{2 P}{d \delta}.$$

Wyobraźmy sobie, że ramię działania oporu roboczego na prawem lub lewym skrzydełku wiertła wynosi połowę promienia, czyli  $d/4$ . Moment roboczy  $M$  wyniesie wówczas:

$$M = \frac{d^2 \delta \sigma_r}{8},$$

skąd 
$$\sigma_r = \frac{8 M}{d^2 \delta}.$$

Przy wiertle piórkowym lub krętem przekrój wióra pozostaje ten sam, co i poprzednio. Układ sił działających w przekroju prostym do krawędzi tnącej skrzydełka wiertła (rys. 43) jest również ten sam. Zato wypadkowe oporów przenikania rzeźów wiertła w materiał  $P_n$  są pochylone pod kątem do osi wiertła tak, że całkowity opór posuwowy

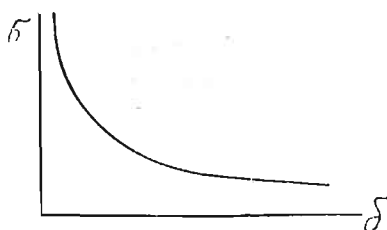


Rys. 43.

$$P = 2 P_n \sin \frac{\Phi}{2} = \frac{d \delta}{2} \sigma_n' \cdot \sin \frac{\Phi}{2} = \frac{d \delta \sigma_n}{2}.$$

Przez  $\sigma_n'$  Codron oznacza iloraz  $\sigma_n : \sin \frac{\Phi}{2}$ .

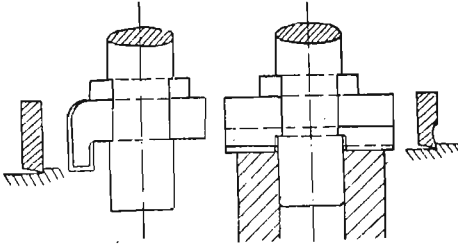
Dodać należy, że przy wiertle krętem, gdzie kąty skrawania zwiększają się w miarę tego, jak dany punkt krawędzi tnącej zbliża się do osi wiertła, wzrastają opory właściwe. Według Codrona i Nicolsona opór skrawania należy uważać za proporcjonalny do kąta skrawania narzędzia. Wynika z tego, że ramię działania wypadkowej oporu przy obrocie wiertła jest nieco mniejszy od połowy promienia, czyli że  $\rho < \frac{d}{4}$ . Z doświadczeń Smitha nad wierceniem żeliwa wynika, że  $\rho = 0,23d$ . To samo prawdopodobnie tyczy się i innych metali. W przybliżeniu  $\rho = d/4$ ; tej wartości trzymał się Codron w swoich wzorach.



Rys. 44.

Wielkość posuwu posiada duży wpływ na opory wiercenia. Codron na podstawie wielkiej liczby doświadczeń doszedł po przekonaniu, że zależność powyższą można przedstawić zawsze zapomocą przybliżonych wzorów typu  $\sigma = a + \frac{b}{\delta}$ .

Rzeczywiście krzywe wykresowe (rys. 44) posiadają kształt hyperboli. Zbliżanie się asymptotyczne krzywej oporu właściwego do osi rzędnych objaśnić można tem, że przy bardzo małych posuwach istnieją odkształcenia i opory, jakkolwiek niema skrawania.



Rys. 45.

Codron dokonał również licznych doświadczeń nad oporem skrawania zapomocą nożyków pojedynczych i podwójnych (rys. 45). Kąt rzeźowy tych nożyków wynosił zazwyczaj  $75^\circ$ , kąt odsadzenia  $15^\circ$ . Oznaczając przez  $n$  liczbę nożyków głowy wiertniczej, przez  $R_1$  promień zewnętrzny pierścienia wycinanego w materiale przez którykolwiek z nożyków, przez  $R_2$  — promień wewnętrzny pierścienia, przez  $\sigma_n$  właściwy opór posuwowy, przez  $\sigma_r$  właściwy opór roboczy, otrzymamy następujące wzory:

nia wycinanego w materiale przez którykolwiek z nożyków, przez  $R_2$  — promień wewnętrzny pierścienia, przez  $\sigma_n$  właściwy opór posuwowy, przez  $\sigma_r$  właściwy opór roboczy, otrzymamy następujące wzory:

$$P = n \frac{\delta}{n} \cdot \sigma_n (R_1 - R_2) = \delta \sigma_n (R_1 - R_2)$$

$$M = n \cdot \frac{\delta}{n} \cdot \sigma_n \left( \frac{R_1 + R_2}{2} \right) (R_1 - R_2) = \delta \sigma_r \frac{R_1^2 - R_2^2}{2}$$

Uwagi ogólne Codrona, charakteryzujące zachowanie się różnych metali przy wierceniu, dotyczą w znacznym stopniu skrawania zapomocą innych narzędzi. Przytaczamy je poniżej wraz z odpowiednimi wzorami. Zaznaczmy, że wszystkie podane poniżej wzory dotyczą wiertel o średnicy  $25 \text{ mm}$ . Wiertła piórkowe i kręte posiadały kąt  $\Phi = 120^\circ$ , prędkość obwodowa wiertel wynosiła zwykle  $6,8 \text{ m/min}$ . Przy wkładkach nożowych w głowach wiertniczych kąt skrawania  $\vartheta = 90^\circ$ , zaś  $\epsilon = 15^\circ$ . Szerokość wkładki  $R_1 - R_2$  wynosiła zwykle  $7$  do  $8 \text{ mm}$ . O ile przy doświadczeniach użyte zostały wiertła lub nożyki o nieco innych kątach skrawania, to w uwagach przy wzorach są one podane.

*Ołówo*, według Codrona, jako metal miękki, bardzo plastyczny, a zarazem ścisły i przylegający do czoła noża, daje wióry silnie stłoczone w porównaniu z grubością skrawanej warstwy. Oznaczając przez  $l_1$  rzeczywistą długość wióra, przez  $l$  długość drogi przebytej przez narzędzie, otrzymamy następujące wartości współczynnika liniowego stłoczenia wióra:

Grubość wióra	$1 \text{ mm}$	$0,5 \text{ mm}$	$0,1 \text{ mm}$
$\psi = \frac{l - l_1}{l} =$	0,5	0,75	0,85

Wiertło nie jest należycie prowadzone przez miękki materiał, narzędzie łatwo się w nim zacina, czemu sprzyja plastyczność ołowiu i łatwość przystawania wiórów do ścianek wierzonego otworu. Przy dużych posuwach wiertło wśrubowuje się w metal, o ile nie zapobiega temu sztywne bez luzu połączenie wiertła z wrze-



cionem wiertarki. Zwykle wiertło piórkowe nie nadaje się zupełnie do wiercenia w ołowiu, gdyż posiada rozwartą kąt skrawania. Nieprawidłowo skrawa ołów i wiertło piórkowe z wyjęciami wklęsłymi. Opory właściwe są następujące:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,8 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 12 + \delta^{-1} & \sigma_r = 20 + \delta^{-1} \\ \text{Wiertło płaskie łopatkowe } (\delta \leq 0,3 \text{ mm}) & \sigma_n = 25 + 1,9\delta^{-1} & \sigma_r = 32 + 1,1\delta^{-1} \end{aligned}$$

*Stop panewkowy* przeciwierny o złomie średnioziarnistym, mało plastyczny, o słabej spójności wewnętrznej, daje się wiercić z pewną trudnością nawet zapomocą wiertła krętego. Rzemieślnicy charakteryzują ten stop jako metal tusty przy obróbce. Opory właściwe są następujące:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,25 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 63 + 9,12\delta^{-1} & \sigma_r = 46 + 3,44\delta^{-1} \\ \text{Wiertło piórkowe z wgłęb. } (\delta \leq 0,3 \text{ mm}) & \sigma_n' = 56 + 3,45\delta^{-1} & \sigma_r = 49 + 3,37\delta^{-1} \\ \text{Wiertło płaskie } (\delta \leq 0,25 \text{ mm}) & \dots \sigma_n = 34,45 + 1,31\delta^{-1} & \sigma_r = 61 + 2,06\delta^{-1} \end{aligned}$$

*Cynk* jako metal ziarnisty, „suchy“ przy obróbce i spójny, daje prawidłowe wióry przy wierceniu. Powierzchnie skrawania są wyjątkowo gładkie. W ogólności cynk można uważać za metal nadający się lepiej od innych do wiercenia. Opory właściwe są następujące:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,25 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 72 + 2,26\delta^{-1} & \sigma_r = 124 + 1,87\delta^{-1} \\ \text{Wiertło łopatkowe } (\delta \leq 0,27 \text{ mm}) & \dots \sigma_n = 71 + 0,98\delta^{-1} & \sigma_r = 100 + 1,84\delta^{-1} \end{aligned}$$

*Glin*, metal „tusty“ przy obróbce, podatny przy rozplaszczaniu, ciągliwy, daje się wiercić z trudnością, o ile nie stosować smarowania narzędzia oliwą wiertniczą. Bez smarowania należy stosować daleko mniejsze posuwy, a opory skrawania są znacznie większe. Opory właściwe wiercenia są następujące:

Bez smarowania:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,15 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 163 + 3,2\delta^{-1} & \sigma_r = 276 + 4,25\delta^{-1} \\ \text{Wiertło piórkowe } (\delta \leq 0,12 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 360 + 4,8\delta^{-1} & \sigma_r = 440 + 8,6\delta^{-1} \\ \text{Wiertło płaskie } (\delta \leq 0,15 \text{ mm}) & \dots \sigma_n = 252 + 2,16\delta^{-1} & \sigma_r = 590 + 10,64\delta^{-1} \end{aligned}$$

Ze smarowaniem zapomocą mieszaniny wody i oleju rzepakowego:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,64 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 26 + 2\delta^{-1} & \sigma_r = 69 + 1,87\delta^{-1} \\ \text{Wiertło piórkowe } (\delta \leq 0,27 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 84 + 1,56\delta^{-1} & \sigma_r = 149 + 1,94\delta^{-1} \\ \text{Wiertło płaskie } (\delta \leq 0,23 \text{ mm}) & \dots \sigma_n = 150 & \sigma_r = 300 \end{aligned}$$

*Mosiądz i bronz*, jako metale mało plastyczne, ciągliwe, dość sprężyste, przy małych posuwach skręcają się w prawidłowe wióry, przy dużych oddzielają się w postaci wachlarzowatych zwitków, zapychających łatwo otwory. Zwiększając prędkości skrawania i zmniejszając posuw, ułatwia się usuwanie wiórów z otworu. Opory właściwe dla mosiądzu są następujące:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (v = 2,8 \text{ m/min.}, \delta \leq 0,48 \text{ mm}) & \sigma_n' = 56 + 6,85\delta^{-1} & \sigma_r = 78 + 5,72\delta^{-1} \\ \text{Wkładka pojed. } (v = 13,6 \text{ m/min.}, \delta \leq 0,115 \text{ mm}) & \sigma_n = 127 + 4\delta^{-1} & \sigma_r = 168 + 3,18\delta^{-1} \\ \text{Wkład. noż. podw. } (v = 9,3 \text{ m/min.}, \delta \leq 0,26 \text{ mm}) & \sigma_n = 100 + 8,85\delta^{-1} & \sigma_r = 154 + 5,8\delta^{-1} \end{aligned}$$

Opory wiercenia bronzu zwykłego są następujące:

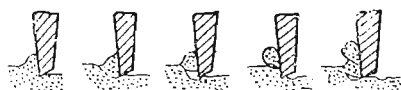
$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,7 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 28,7 + 21\delta^{-1} & \sigma_r = 95 + 7,3\delta^{-1} \\ \text{Wiertło piórkowe } (\delta \leq 0,5 \text{ mm}) & \dots \sigma_n' = 53 + 19,7\delta^{-1} & \sigma_r = 130 + 5,6\delta^{-1} \\ \text{Wkł. noż. pojed. } (v = 13,6 \text{ m/min.}, \delta \leq 0,1 \text{ mm}) & \sigma_n = 94 + 5,65\delta^{-1} & \sigma_r = 137 + 2,56\delta^{-1} \\ \text{Wkł. noż. podw. } (v = 5 \text{ m/min.}, \delta \leq 0,26 \text{ mm}) & \sigma_n = 75 + 11,32\delta^{-1} & \sigma_r = 120 + 4,7\delta^{-1} \end{aligned}$$



*Mosiądz żelazisty* (metal delta) ciągliwy, twardy, sprężysty, o wytrzymałości na ciągnięcie  $39 \text{ kg/mm}^2$  przy wydłużeniu 22%, dał przy posuwie od 0,01 do 0,25 mm i prędkości obwodowej wiertła 6,3 m/min. następujące opory wiercenia:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte} & \dots \dots \dots \sigma_n' = 120 + 18 \delta^{-1} & \sigma_r = 138 + 5,82 \delta^{-1} \\ \text{Wiertło płaskie łopatkowe} & \dots \dots \dots \sigma_n = 92 + 2,8 \delta^{-1} & \sigma_r = 127 + 2,88 \delta^{-1} \end{aligned}$$

*Miedź*, metal dość miękki, ciągliwy, plastyczny, bardzo tłusty według określenia warsztatowego, daje się wiercić z trudnością. Przy nieco większych posuwach można stosować jedynie wiertło kręte, inne nie skrawają dobrze, spychając zbytnio materiał wskutek dużych kątów skrawania. Powierzchnie wewnętrzne otworu wy-



Rys. 46.

kazują odrywanie materiału (rys. 46). Zapchanie otworu nawet przy nieznacznej jego głębokości wywołuje pęknięcie narzędzia. Wiercić można miedź stosując wiertło kręte przy małych posuwach, umożliwiającym bardziej prawidłowe tworzenie się wióra, zwiększając natomiast nieco prędkość obwodową.

Doświadczalne wyniki zawierały dużo sprzeczności, i nie można na nich zbytnio polegać. Opory wiercenia przy próbach udanych wynosiły:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,1 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n' = 226 + 11,8 \delta^{-1} & \sigma_r = 350 + 4,4 \delta^{-1} \\ \text{Wkładka noż. pojed. } (\delta \leq 0,28 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n = 115 + 6,5 \delta^{-1} & \sigma_r = 244 + 4,36 \delta^{-1} \\ \text{Wkładka noż. podw. } (\delta \leq 0,11 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n = 108 + 5,62 \delta^{-1} & \sigma_r = 236 + 6,34 \delta^{-1} \end{aligned}$$

*Żeliwo*, metal ziarnisty, nieciągliwy, daje się wiercić prawidłowo, o ile otwór nie zapycha się otoczkami. Doświadczenia mają przebieg prawidłowy. Opory wiercenia są mniej więcej te same dla wszystkich rodzajów wiertel, co wynika z tego, że przy obróbce żeliwa można w ogólności stosować duże kąty skrawania. Opory wiercenia wynoszą według Codrona:

$$\begin{aligned} \text{Żeliwo miękkie} & \dots \dots \dots \sigma_n = 200 + 10 \delta^{-1} & \sigma_r = 230 + 10 \delta^{-1} \\ \text{Żeliwo twarde} & \dots \dots \dots \sigma_n = 325 + 10,8 \delta^{-1} & \sigma_r = 438 + 6,54 \delta^{-1} \end{aligned}$$

*Żelazo spawalne* (pakietowe), metal niezbyt jednorodny, nie daje wiórów prawidłowych. Najkorzystniej przedstawia się w użyciu wiertło kręte zwłaszcza przy dużych posuwach. Opory właściwe wiercenia są następujące:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,22 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n' = 163 + 13,9 \delta^{-1} & \sigma_r = 252 + 10,8 \delta^{-1} \\ \text{Wiertło piórkowe } (\delta \leq 0,22 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n' = 166 + 10,9 \delta^{-1} & \sigma_r = 270 + 15,4 \delta^{-1} \\ \text{Wkł. noż. pojed. } (v = 6,8 \text{ m/min.}, \delta \leq 0,14 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n = 125 + 2,5 \delta^{-1} & \sigma_r = 425 + 2,6 \delta^{-1} \\ \text{Wkł. noż. podw. } (\varphi = 75^\circ, \varepsilon = 10^\circ, \delta \leq 0,15 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n = 100 + 5 \delta^{-1} & \sigma_r = 230 + 6 \delta^{-1} \end{aligned}$$

*Stal miękka* stanowi materiał bardziej jednorodny, niż żelazo spawalne i daje się lepiej wiercić. Wióry tworzą się prawidłowo, są ciągliwe i sprężyste. Opory wiercenia są duże z powodu znacznej ciągliwości stali:

$$\begin{aligned} \text{Wiertło kręte } (\delta \leq 0,16 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n' = 244 + 12,8 \delta^{-1} & \sigma_r = 308 + 5,45 \delta^{-1} \\ \text{Wiertło piórkowe } (\delta \leq 0,13 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n' = 295 + 15,3 \delta^{-1} & \sigma_r = 490 + 15,3 \delta^{-1} \\ \text{Wkł. noż. pojed. } (R_1 - R_2 = 18 \text{ mm}, \delta \leq 0,3 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n = 171 + 15,3 \delta^{-1} & \sigma_r = 225 + 22 \delta^{-1} \\ \text{Wkł. noż. pod. } (\varphi = 75^\circ, R_1 - R_2 = 18 \text{ mm}, \delta \leq 0,3 \text{ mm}) & \dots \dots \dots \sigma_n = 93 + 6,9 \delta^{-1} & \sigma_r = 168 + 19,2 \delta^{-1} \end{aligned}$$

Doświadczenia Codrona nad wierceniem różnych odmian stali były nieliczne i niezbyt zgodne. Podaje on następujące wartości średnie oporów właściwych, niezależnie od rodzaju użytego wiertła:

Stal miękka nanikłona (Ni - 5%) . . . . .	$\sigma_n = 230 + 8 \delta^{-1}$	$\sigma_r = 360 + 10 \delta^{-1}$
Stal średniej twardości . . . . .	$\sigma_n = 280 + 12 \delta^{-1}$	$\sigma_r = 450 + 10 \delta^{-1}$
Szyny stalowe . . . . .	$\sigma_n = 250 + 15 \delta^{-1}$	$\sigma_r = 500 + 12 \delta^{-1}$
Stal lana . . . . .	$\sigma_n = 280 + 18 \delta^{-1}$	$\sigma_r = 450 + 10 \delta^{-1}$
Stal narzędziowa (tyglowa) . . ; .	$\sigma_n = 350 + 14 \delta^{-1}$	$\sigma_r = 600 + 5 \delta^{-1}$

Doświadczenia mauchesterskie dotyczyły przede wszystkim miękkiego żeliwa i stali średniej twardości, t. j. materiałów najbardziej używanych w praktyce warsztatowej. Wyniki doświadczeń zostały ujęte we wzory przybliżone w postaci dogodnej do obliczeń, bo umożliwiającej logarytmowanie. Przy użyciu wiertel krętych ze stali szybko tnącej Smith i Poliakov stosował dla żeliwa posuw  $\delta = 0,1 d^{1/2}$  i prędkość obwodową  $v = 14,63 m/min.$ , zaś dla stali  $\delta = 0,084 d^{1/2}$  i  $v = 18,3 m/min.$  Posuwu te i prędkości uznali oni za odpowiadające nowoczesnym wiertłom krętym.

Zależność pomiędzy naciskiem posuwowym na wiertło i roboczym momentem obrotowym a posuwem i średnicą wiertła przedstawiają następujące wzory:

Żeliwo miękkie	Stal średniej twardości
$P = 148 d^{0,7} \delta^{0,75}$	$P = 241 d^{0,7} \delta^{0,6}$
$M = 31,4 d^{1,8} \delta^{0,7}$	$M = 70 d^{1,8} \delta^{0,7}$

Oznaczając przez  $n$  liczbę obrotów wiertła na minutę, przez  $Q$  objętość metalu wywierconego w  $mm/min.$ , przez  $N_p$  moc zużywaną na posuw w k. m., przez  $N_r$  moc zużywaną na obrót wiertła w k. m., otrzymamy przy podanych powyżej wartościach posuwów i prędkości skrawania szereg wzorów:

Żeliwo miękkie	Stal średniej twardości
$Q = 377 d^{1/2}$	$Q = 395 d^{1/2}$
$N_p = \frac{d^{1/4}}{319}$	$N_p = \frac{d^{1/4}}{172}$
$N_r = 0,0457 d$	$N_r = 0,1122 d$

oraz dwie tablice (p. str. 40), w których uwzględniliśmy i wydajność wiercenia  $W$  w postaci ilości wiórów skrawanych w  $kg/k. m.-godz.$

Z innych wyników doświadczeń na uwagę zasługuje zbadanie wpływu na wielkość  $P$  i  $M$  przedwstępnego przewiercenia w materiale otworu o średnicy rdzenia wiertła krętego. Okazuje się z nich, że wpływ przewiercenia na moment  $M$  jest znikomy, natomiast opór  $P$  zmniejsza się dla żeliwa o 25%, dla stali o 21%.

Duży wpływ na wielkość  $P$  i  $M$  posiada chłodzenie i smarowanie narzędzia zapomocą mieszaniny wody i oleju wiertniczego (50 : 1). Opór posuwowy zmniejsza się przytem o 25%, moment obrotowy zależnie od posuwu zmniejsza się:

przy $\delta = 0,0635 mm$	o 28%
„ $\delta = 0,7 mm$	o 8%.

Zażnaczyć należy, że w ostatnich czasach znaleźć można dane doświadczenia o wiertłach ze stali zwykłej i szybko tnącej, umożliwiających inne prędkości

i posuwu. Wiertła kręte ze specjalnej stali szybko tnącej wytrzymują niejednokrotnie prędkości obwodowe, wynoszące do 25 m/min., i posuwu o 50% większe od podanych przez Smitha i Poliakowa.

Tablice wiercenia Dempstera Smitha i Poliakowa.

Średnica wierćta mm	Liczba obr./min.	$\delta$ mm	Objętość metal wywierco- nego na minutę mm <sup>3</sup>	Spotrze- bowanie energii na skra- wanie k. m.	Spotrze- bowanie energii na posuw wierćta k. m.	Całkowite spotrze- bowanie energii k. m.	Spotrzebo- wanie energii na 1 mm <sup>3</sup> /min. k. m.	Wydaj- ność w kg/k.m. godz.
---------------------------	---------------------	----------------	--	--	--	--	---	--------------------------------------

Z e l i w o

przy prędkości obwodowej  $v = 14,63$  m/min.

6,350	735	0,190	4 424	0,29	0,005	0,295	0,0000666	6,5
9,525	490	0,208	7 570	0,435	0,0055	0,4405	0,0000582	7,4
12,7	368	0,238	11 175	0,58	0,0059	0,586	0,0000526	8,2
19,05	245	0,276	19 170	0,87	0,0066	0,8766	0,0000456	9,4
25,4	184	0,291	28 100	1,16	0,0070	1,167	0,0000415	10,4
31,749	147	0,316	38 000	1,45	0,0073	1,457	0,0000383	11,2
38,099	122	0,345	47 850	1,74	0,0078	1,748	0,0000364	11,8
44,449	105	0,366	59 480	2,03	0,0081	2,038	0,0000343	12,5
50,799	92	0,381	70 800	2,32	0,0084	2,328	0,0000329	13
57,149	81,7	0,396	82 750	2,61	0,0086	2,619	0,0000317	13,5
63,499	73,5	0,411	95 360	2,9	0,0089	2,909	0,0000300	14,4
69,849	66,75	0,427	108 150	3,19	0,0091	3,199	0,0000296	14,5
76,199	61,3	0,437	121 260	3,48	0,0093	3,489	0,0000283	15,2
82,549	56,5	0,447	134 700	3,77	0,0095	3,78	0,0000280	15,4
88,898	52,5	0,460	148 300	4,06	0,0096	4,07	0,0000274	15,7
95,248	49	0,470	163 870	4,35	0,0098	4,36	0,0000266	16,2
101,60	46	0,483	176 980	4,64	0,00995	4,65	0,0000263	17

S t a ł ś r e d n i e j t w a r d o ś c i

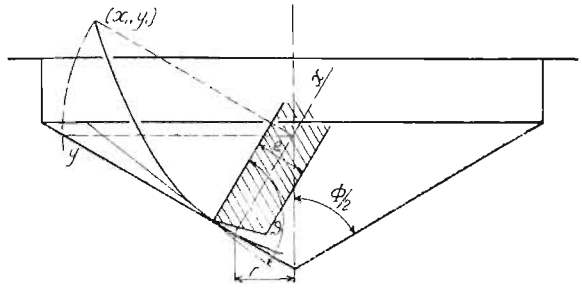
przy prędkości obwodowej  $v = 18,3$  m/min.

6,350	920	0,1587	4 650	0,712	0,0092	0,721	0,0001549	2,8
9,525	614	0,1829	7 950	1,068	0,0102	1,078	0,0001354	3,2
12,7	460	0,2007	13 310	1,425	0,0109	1,426	0,0001213	3,5
19,05	306	0,2310	20 165	2,14	0,0121	2,152	0,0001070	4
25,4	230	0,2540	29 500	2,85	0,0130	2,863	0,0000970	4,5
31,749	184	0,2743	39 980	3,56	0,0138	3,574	0,0000897	4,8
38,099	153	0,2885	51 470	4,27	0,0145	4,285	0,0000848	5,1
44,449	131	0,3063	63 435	4,99	0,0150	5,005	0,0000799	5,4
50,799	115	0,3290	74 500	5,7	0,0155	5,715	0,0000769	5,6
57,149	102	0,3417	87 950	6,42	0,0159	6,436	0,0000738	5,85
63,499	92	0,3554	102 280	7,12	0,0163	7,136	0,0000711	6
69,849	83,5	0,3645	115 400	7,84	0,0167	7,857	0,0000693	6,2
76,199	76,5	0,3746	128 280	8,55	0,0171	8,567	0,0000674	6,4
82,549	70,5	0,3763	143 330	9,25	0,0175	9,267	0,0000653	6,6
88,898	65,6	0,3848	158 775	9,98	0,0178	9,998	0,0000641	6,7
95,248	61,25	0,3938	171 735	10,7	0,0181	10,719	0,0000625	6,9
101,60	57,5	0,4031	186 810	11,4	0,0184	11,42	0,0000610	7

### Ć w i c z e n i a.

Przykład 1. Wiertło piórkowe posiada łeb jednostajnej grubości  $r = 3 \text{ mm}$ . Średnica wiertła wynosi  $40 \text{ mm}$ . Znaleźć kąty skrawania i odsadzenia pięty wiertła dla różnych punktów krawędzi tnącej w przypuszczeniu, że kąt rzeźowy wiertła  $\theta = 75^\circ$ .

Rozwiązanie. Przecinając powierzchnię stożkową, zakreslaną przez krawędź tnącą, płaszczyzną prostopadłą do tej krawędzi w punkcie, znajdującym się w odległości  $r$  od osi wiertła (rys. 47), otrzymamy zależnie od wielkości kąta  $\Phi$  elipsę, parabolę, bądź też hyperbolę. Obracając płaszczyznę cięcia na kąt  $90^\circ$  około osi  $Ox$ , otrzymamy krzywą stożkową w płaszczyźnie rysunku. Kierunek  $Ox$  przyjmujemy za oś odciętych, zaś prostopadłą do niego  $Oy$  za oś rzędnych.



Rys. 47.

Równania stożkowych można otrzymać zapomocą kilku różnych sposobów\*). Można poślikować się pomiędzy innymi tem np., że współrzędne  $x_1 = \frac{r}{\cos \frac{\Phi}{2}}$  i  $y_1 = \frac{r}{\cos^2 \frac{\Phi}{2}}$  specjalnie wy-

branego punktu stożkowej sprawdzają odpowiednie równania.

Równanie wierzchołkowe paraboli przy  $\Phi = 90^\circ$  będzie  $y^2 = 2\sqrt{2}rx$ , zaś elipsy i hyperboli będzie  $y^2 = \frac{2rx}{\cos \frac{\Phi}{2}} - \frac{\cos \Phi}{\cos^2 \frac{\Phi}{2}} x^2$ . Zależnie od tego, czy  $\Phi \geq 0$ , będzie  $\cos \Phi$  dodatniem lub

ujemnem.

Oznaczmy przez  $\alpha$  kąt pochylenia stycznej do stożkowej z dodatnim kierunkiem osi odciętych. Dla paraboli mamy

$$2yy' = 2\sqrt{2}r,$$

skąd

$$y' = \operatorname{tg} \alpha = \frac{r\sqrt{2}}{y}.$$

Krawędź tnąca w przekroju odrzuconym na płaszczyznę rysunku przedstawi się w postaci punktu, którego rzędna wyniesie  $0,5e$ . Podstawiając powyższą wartość w równanie, otrzymamy  $\operatorname{tg} \alpha = 0,944r$ .

Dla hyperboli przy  $\Phi = 120^\circ$  otrzymamy równanie

$$y^2 = 4rx + 2x^2.$$

Spółrzędne krawędzi tnącej będą odpowiednio

$$x = -r + \sqrt{r^2 + \frac{e^2}{8}} \quad \text{i} \quad y = \frac{e}{2},$$

zaś równanie stycznej będzie  $yy' = 2(r + x)$ , skąd

$$\operatorname{tg} \alpha = 2,67\sqrt{r^2 + 0,281}.$$

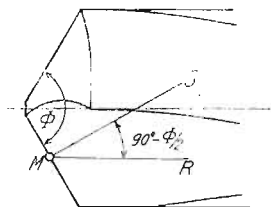
Następująca tabliczka zestawia kąty skrawania  $\vartheta$  i odsadzenia  $\varepsilon$  pięty wiertła dla różnych punktów krawędzi tnącej.

	$r =$	1,5	2,5	5	10	20 mm
$\Phi = 90^\circ$	$\operatorname{tg} \alpha =$	1,41	2,35	4,71	9,42	18,83
	$\alpha =$	$54^\circ 39'$	$66^\circ 57'$	$78^\circ 1'$	$83^\circ 57'$	$86^\circ 58'$
	$\vartheta = 180 - \alpha =$	$125^\circ 21'$	$113^\circ 3'$	$101^\circ 59'$	$96^\circ 3'$	$93^\circ 2'$
	$\varepsilon =$	$50^\circ 21'$	$38^\circ 3'$	$26^\circ 59'$	$21^\circ 3'$	$18^\circ 2'$
$\Phi = 120^\circ$	$\vartheta =$	$103^\circ 14'$	$98^\circ 21'$	$94^\circ 16'$	$92^\circ 7'$	$91^\circ 4'$
	$\varepsilon =$	$28^\circ 14'$	$23^\circ 21'$	$19^\circ 16'$	$17^\circ 7'$	$16^\circ 4'$

\*) Czytelnik proszony jest o wykonanie stosownego rysunku.

**Przykład 2.** Obliczmy przybliżone wartości kątów skrawania wiertła krętego dla rozmaitych punktów krawędzi tnącej. Średnica wiertła wynosi  $66\text{ mm}$ , skok linii śrubowej zębów profilowych  $360\text{ mm}$ , wreszcie kąt międzykrawędziowy  $\Phi = 116^\circ$ .

**Rozwiązanie.** Ustawmy tak wiertło kręte, by jego krawędzie tnące znalazły się w poziomie, i wyobraźmy sobie na chwilę, że wiór jest skrawany jedynie przez część krawędzi tnącej, a mianowicie znajdującą się w pobliżu punktu  $M$  (rys. 48). Wobec tego, że skok linii śrubowej zębka jest duży w porównaniu ze średnicą wiertła, możemy w przybliżeniu przyjąć, że rzeź wiertła posiada w pobliżu punktu  $M$  największy spad w kierunku  $MR$ , wynoszący  $90^\circ - \varphi$ ,



Rys. 48.

skąd

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \delta) = \operatorname{tg}(90^\circ - \varphi) \cdot \cos\left(90^\circ - \frac{\Phi}{2}\right),$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin \frac{\Phi}{2}}.$$

Następująca tabliczka przedstawia kąty  $\varphi$  i  $\delta$  dla rozmaitych wartości  $d$ :

$d =$	5	10	20	40	60 mm
$\operatorname{tg} \varphi =$	22,8	11,4	5,72	2,87	1,91
$\varphi =$	$87^\circ 29'$	$84^\circ 59'$	$80^\circ 5'$	$70^\circ 48'$	$62^\circ 22'$
$\operatorname{tg} \delta =$	26,8	13,4	6,72	3,37	2,25
$\delta =$	$87^\circ 52'$	$85^\circ 44'$	$81^\circ 32'$	$73^\circ 29'$	$66^\circ 3'$

Z tabliczki tej widzimy, że kąty  $\delta$  i  $\varphi$  różnią się mało pomiędzy sobą. Jest to wskazówka, że i rzeczywiste kąty skrawania nie odbiegają zbytnio od wartości kąta  $\delta$ .

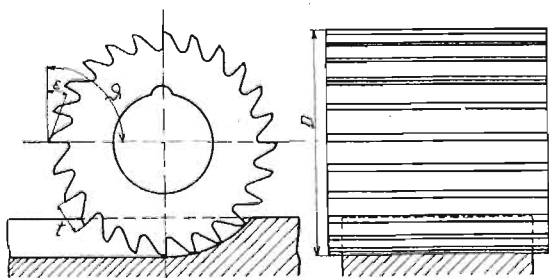
## ROZDZIAŁ IV.

### F r e z o w a n i e.

15. Zwykłe noże tokarskie i strugarskie stanowią narzędzia stosunkowo proste. Pierwiastki konstrukcyjne tych narzędzi są nieliczne: zarys krawędzi tnącej, kąty szlifowania zwłaszcza wierzchu noża, po którym zsuwa się wiór, wreszcie wzajemne położenie łba i trzonka noża. Wielokrotną krawędź tnącą w nożach tokarskich stosuje się rzadko (np. grzebyki do wykańczania gwintów i t. p.). Prostymi narzędziami są również wiertła, posiadające dwie i więcej krawędzi tnących, jednak określonego ściśle typu. Od tych narzędzi różnią się frezy, posiadające wybitnie konstrukcyjny charakter, co wynika głównie z wielokrotności krawędzi tnących, umożliwiającej stwarzanie licznych odmian narzędzia.

Działanie zwykłego freza przedstawia schematycznie rysunek 49. Frez posiada ruch obrotowy około swej osi, prócz tego istnieje względny przesuw freza i narzędzia. Wióry są skrawane niejednostajnej grubości, wzrastającej w miarę zagłębienia się w materiał krawędzi tnącej.

Uwielokrotnienie krawędzi tnącej w narzędziach do skrawania metali posiada duży wpływ na ich budowę. Tak np. w nożach tokarskich wszelka profilowa krawędź tnąca narażona jest na szybkie skażenie jej przez niejednorodne zużycie. Z natury rzeczy wynika również, że krawędzią tnącą tych narzędzi musi być zasadniczo bądź krzywa płaska, bądź krzywa przestrzenna, zbliżona bardzo do płaskiej. Te ograniczenia konstrukcyjne odpadają, gdy zastosujemy narzędzia o wielokrotnej krawędzi tnącej. Zużycie rozkłada się wówczas na szereg krawędzi tnących, pracujących z przerwami, dzięki czemu główna przyczyna zużycia, a mianowicie wzrost temperatury, jest częściowo usunięta. Tym sposobem frezy nadają się specjalnie do robót profilowych, gdyż mogą przekazywać kształt swych krawędzi tnących nieraz wielkiej liczbie przedmiotów obrabianych. Krawędzie tnące frezów stanowią bar-



Rys. 49.

dzo często krzywe przestrzenne, np. linie śrubowe na walcu lub powierzchni obrotowej.

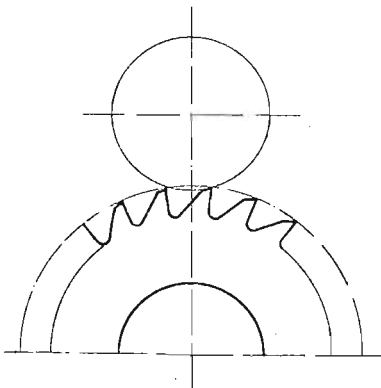
W tych warunkach trudno oprzeć klasyfikację frezów na jakiegokolwiek jednej stałej zasadzie, jaką w nożach tokarskich stanowi poniekąd zarys ogólny krawędzi tnącej. Jako twór pomysłowości konstruktora, umiejącego zręcznie przystosować do danego celu kilka jednakowo ważnych rozporządzalnych pierwiastków konstrukcyjnych, licząc się jedynie z ograniczeniami, jakie wskazuje określone działanie narzędzia, frez niekiedy z jednakową słusnością da się zaliczyć do dwóch i więcej różnych kategorii. Wszystkie próby klasyfikacji frezów, oparte bądź na kształcie ogólnym freza, bądź na kształcie zębów z uwzględnieniem sposobu wykonania, bądź wreszcie na położeniu zębów względem osi freza, mijają się z celem, nie dając żadnej przejrzystości ugrupowania. To też wyszczególniając i omawiając najważniejsze odmiany frezów, poprzestaniemy na ugrupowaniu ich według zwyczajów ustalonych w praktyce warsztatowej.

Pokrewny z frezami charakter posiadają niektóre narzędzia warsztatowe ręczne i maszynowe, w rodzaju powszechnie znanych rozwiertaków, gwintowników i t. p.

**16. Konstrukcja freza.** Rys. 49 przedstawia zwykły frez walcowy o stosunkowo drobnej podziałce. Przód poszczególnego zęba nazywa się też jego piersią, tył — grzbietem, zaś mały zeszlifowany odcinek grzbietu tuż za krawędzią tnącą — ścinem zęba. Odległość pomiędzy krawędziami tnącymi dwóch sąsiednich zębów, odmierzona na obwodzie zewnętrznym freza, nazywa się podziałką  $t$ . Oznaczając liczbę zębów freza przez  $z$ , zaś średnicę jego przez  $D$ , otrzymamy wzór:  $z \cdot t = \pi D$ .

Pierś zęba freza przeznaczonego do obróbki takich metali jak żelazo, żeliwo, stal, mosiądz i t. p. leży zazwyczaj w płaszczyźnie przechodzącej przez oś freza, czyli że kąt skrawania  $\varphi = 90^\circ$ . Odsadzenie ścina względem stycznej do obwodu zewnętrznego wynosi  $\epsilon = 4^\circ$  do  $10^\circ$ . Przy obróbce kauczuku wulkanizowanego, drzewa, odlewów aluminiowych i t. p. kąt skrawania stosuje się mniejszy od  $90^\circ$ .

Wręby freza nie powinny posiadać ostrych wcięć, sprzyjających powstawaniu pęknięć przy hartowaniu.



Rys. 50.

Zęby freza przedstawionego na rys. 49 ostroży się zapomocą małej tarczki szlifierskiej według załączonego schematu (rys. 50). Z biegiem czasu zwiększa się szerokość ścina i, co gorsza, zmniejsza się głębokość wrębu, mającego za zadanie mieścić skrawane wióry. Pewną niedogodność zębów ścinowych przedstawia również wklęsłość ścina, wywołana przez użycie powierzchni walcowej tarczki szlifierskiej. Im podziałka jest drobniejsza, tem mniejszą średnicę powinna posiadać tarczka, aby nie zawadzała ona

o sąsiednie zęby, i zarazem tem wydatniejsze jest wklęsnięcie ścina.

W konstrukcji freza jedną z najważniejszych rzeczy jest wybór podziałki freza i głębokości wrębu. Można powiedzieć ogólnie, że przekrój wrębu zmienia



się proporcjonalnie do drugiej potęgi podziałki. Wyjaśnia to poglądowo rys. 51, gdzie zmniejszenie podziałki do  $\frac{2}{3}$  wartości poprzedniej wywołało przeszło dwukrotne zmniejszenie przekroju wrębu poprzecznego.

Im podziałka jest drobniejsza, tem frez gładziej obrabia powierzchnię. Zato zużycie energii na skrawanie wzrasta znacznie przy tej samej wydajności. Przy stosowaniu większych posuwów wręb okazuje się zbyt mały, gdyż mieści źle skrawane wióry. Opór skrawania jest duży wskutek równoczesnej pracy znacznej liczby zębów tak, że drobne zęby są często powodem pęknięcia freza bądź uszkodzenia mechanizmu obrabiarki.

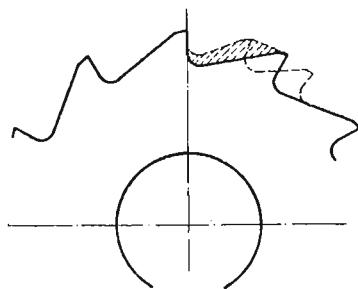
Nowoczesne frezy ze stali szybkoobrotowej posiadają zwykle zęby nieliczne, lecz wydajne, umożliwiające skrawanie grubym wiórem; ostrzenie tych frezów zajmuje daleko mniej czasu niż frezów starego typu. Służą one specjalnie do zdzierania materiału, czyli do obróbki zgruba. Do wygładzania używa się frezów z drobniejszą podziałką. Drogą pewnego kompromisu co do wielkości podziałki powstały frezy, stosowane zarówno do obróbki zgruba jak i do wygładzania, posiadają one podziałkę średniej wielkości.

Wyznaczanie podziałki, określanie wymiarów freza i t. p. odbywa się według ogólnych metod konstrukcyjnych z uwzględnieniem wytrzymałości zębów freza, warunków szlifowania i hartowania i t. p. Zwykle frezy pewnego typu są wykonywane według stopniowania racjonalnego ich wielkości. Obliczając, a jednocześnie kreśląc szereg frezów różnej wielkości, sprawdza się pobocznie wzajemne ustosunkowanie części składowych każdego poszczególnego freza. Ta metoda konstrukcyjna nosi miano normalizacji.

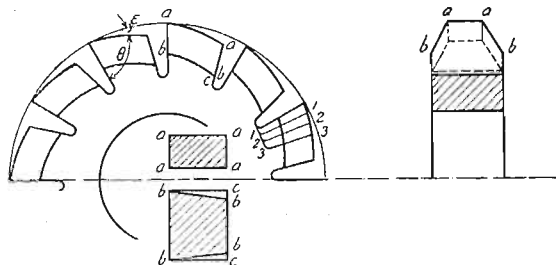
Istnieje jeszcze sposób kształtowania zębów frezowych zapomocą zataczania grzbietów. Polega ono na tem, że grzbiety, a niekiedy i boki freza tworzą taką powierzchnię, że każda płaszczyna przechodząca przez oś freza (1, 2 i 3 na rys. 52) daje w przekroju ten sam identyczny profil. Szlifowanie stępięnego freza tego typu polega na usunięciu zapomocą tarczki szlifierskiej cienkiej warstwy materiału z piersi zęba.

Kąt skrawania zębów zataczanych wynosi podobnie jak i poprzednich  $90^\circ$ .

Niezmiennosc profilu zęba zataczanego po przeszlifowaniu piersi zęba osiągnięta jest w ten sposób, że każdy z punktów profilu opisuje tę samą krzywą, a mianowicie spiralę logarytmiczną. Kąt zawarty pomiędzy promieniem wodzącym a styczną do spirali logarytmicznej w jakimkolwiek jej punkcie jest wielkością stałą; w przystosowaniu do konstrukcji freza kąt ten jest kątem rzeźowym zęba.



Rys. 51.

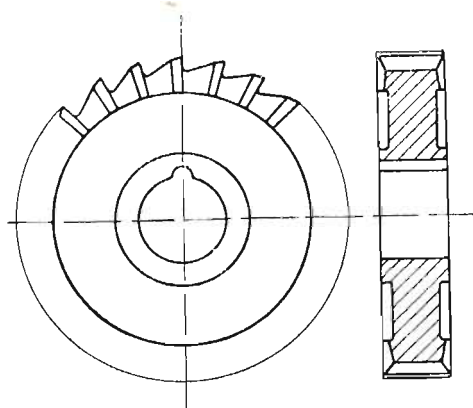


Rys. 52.

Ta własność spirali logarytmicznej zdecydowała o wyborze jej na krzywą zataczania grzbietów. Dzięki niej możemy wykonać zawsze ząb freza z określonym kątem rzezowym i prócz tego jesteśmy pewni, że po prawidłowym zeszlifowaniu piersi zęba kąt ów nie zmieni się wcale.

Przy zębach skrawających bokami jest rzeczą ważną, by nietylko grzbiet zęba, lecz i jego boki posiadały zatoczenie. O ile płaszczyzny boków freza są prostopadłe do jego osi, to odsadzenia boków niema wcale. Jeśli boki są pochyłe, to istnieje odsadzenie boków zęba jako pośredni wynik zatoczenia grzbietowego, jak o tem świadczy załączony przekrój zęba wzdłuż łuku *bb*. Odsadzenie powyższe jest jednak mniejsze od kąta  $\epsilon = 90^\circ - \theta$ . Im bardziej strome boki posiada ząb, tem kąt odsadzenia jest mniejszy. Jeśli profil boków zęba stanowi krzywą, to kąt odsadzenia zmienia się od punktu do punktu.

Frezy z zębami zataczanymi, pomimo kosztownego ich obrabiania na specjalnych maszynach, rozpowszechniły się bardzo, gdyż profil ich łatwo odnowić przez proste przeszlifowanie piersi zębów. Gdy frezy z zębami ścinowymi posiadają w miarę szlifowania coraz mniejsze żłobki poprzeczne, wskutek czego usuwanie wiórów staje się coraz trudniejsze, to naodwrot frezy z zębami zataczanymi posiadają żłobki coraz szersze, kosztem coprawda ich osłabienia. Frezy zataczane pracują naogół znacznie dłużej niż frezy ścinowe.



Rys. 53.

Wspominaliśmy, że frezy zataczane mogą skrawać bokami nietylko wierzchem zęba. To samo można powiedzieć i o frezach ścinowych, o ile posiadają one żłobki promieniowe na powierzchniach storcowych freza (rys. 53). Kąt odsadzenia nadaje się zapomocą zaszlifowania odpowiednich ścinów.

O ile frezy z drobną podziałką posiadają profil składający się z linii prostej lub łamanej, to szlifowanie ich nie nastęrcza poważnych trudności. O wiele gorzej rzecz się ma z frezami profilowymi tego typu. Łatwo zdać sobie sprawę z tego, że szlifowanie ścinów wymaga wówczas wiele

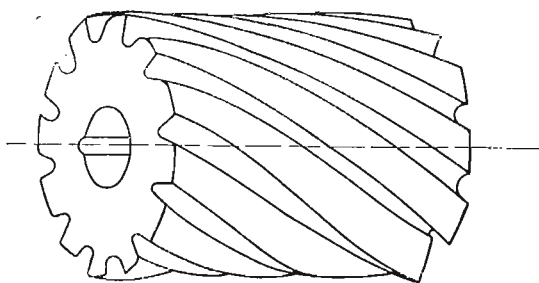
staranności, niekiedy biegłości ręcznej, zastosowania specjalnych przyrządów i często jest nawet niewykonalne. Jest to jeden z powodów, dla których frezy zataczane rugują stopniowo z użycia frezy profilowe ścinowe z drobną podziałką, jakkolwiek nie obrabiają one tak gładko powierzchni.

Frezy walcowe z prostoliniowymi krawędziami tnącymi przy nieco większem obciążeniu i prędkości skrawania podlegają z łatwością drganiom, wynikającym z okresowej zmiany nacisku przy wchodzeniu i wychodzeniu zębów z materyału. Aby usunąć te drgania na frezach walcowych, nacina się rowki śrubowe (rys. 54).

Opór skrawania przy śrubowej krawędzi tnącej nie podlega wahaniom. Frezy tego typu pracują łagodnie bez szarpań. Właściwy kąt rzezowy, mierzony w płaszczyźnie prostopadłej do osi freza, jest nieco mniejszy od kąta rzezowego w płaszczyźnie

czynnie prostopadłej do śrubowej krawędzi tnącej, dzięki czemu skrawanie wymaga spożyczenia mniejszej ilości energii. Zaletą śrubowego zęba jest jego większa wytrzymałość na wykruszenie. Frezy ze śrubową krawędzią tnącą posiadają natomiast wadę, polegającą na istnieniu parcia poosiowego, obciążającego mechanizm obrabiarki i zwiększającego tarcie łożyskowe. Parcie poosiowe, o ile działa w kierunku od wrzeciona do freza, wymaga specjalnego zamocowania trzpienia, na którym osadzony jest frez, we wrzecionie frezarki, gdyż inaczej trzpień wypadłby z gniazda wrzeciona.

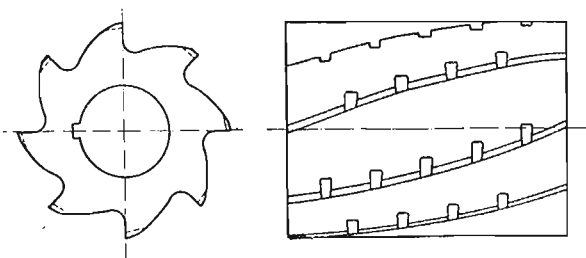
Aby zmniejszyć parcie poosiowe daje się krawędzi tnącej względnie niewielkie pochylenie względem osi freza, np.  $15^\circ$  do  $18^\circ$ , a raczej takie, jakiego wymaga warunek, aby zanim jedna krawędź tnąca nie wyszła z materiału, następna za nią zaczęła już pracować. Można również uniknąć parcia poosiowego, stosując frezy złożone z prawymi i lewymi krawędziami śrubowymi.



Rys. 54.

Przy długich frezach walcowych z krawędziami śrubowymi wióry skrawane posiadają nadmierną szerokość, wskutek czego tarcie wióra o pierś zęba w kierunku poosiowym jest bardzo znaczne. Można temu zapobiedz, nacinając w pewnych odstępach, wynoszących np. 20 mm, specjalne żłobki do łamania wiórów. Żłobki te rozmieszcza się tak, aby ślady, wynikające z przerw ciągłości krawędzi tnącej na powierzchni obrabianego przedmiotu, były stale zacierane przez pozostałe krawędzie (rys. 55).

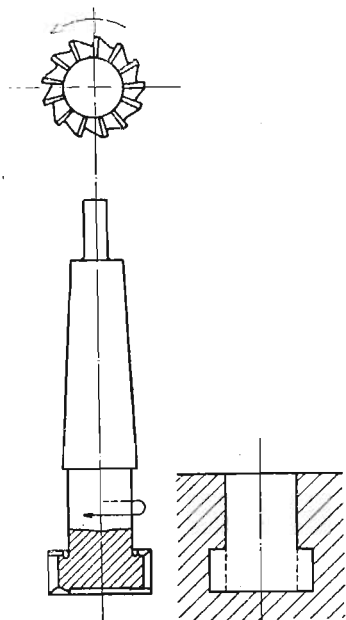
Opisywane odmiany frezów posiadały otwory wewnętrzne do trzpieni zaopatrzonych w obsady do zakładania ich we wrzeciona frezarek. Niekiedy jednak średnica otworu we frezie wypada zbyt mała i lepiej jest wykonać frez razem z trzpieniem. Rys. 56 przedstawia frez trzpieniowy do rowków trapezowych. Służy on do rozszerzania u dołu poprzednio odlanego lub wyciętego w płycie rowka prostokątnego.



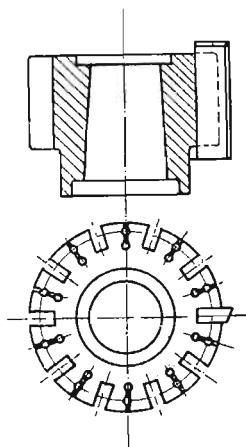
Rys. 55.

Na frezach trzpieniowych łatwo nauczyć się rozróżniania kierunku obrotu freza w prawo i w lewo. O ile rozróżnianie gwintów prawo i lewozwojnych jest niezależne od tego czy innego położenia śruby, o tyle rozróżnianie frezów prawo i lewozwojnych wymaga spełnienia warunku umieszczenia w umówiony sposób freza względem obserwatora. Jeżeli będziemy patrzyli na frez walcowy przedstawiony na rys. 49 z jego prawego końca, to kierunek obrotu będzie trygonometryczny, czyli przeciwny biegowi strzałki zegarowej, z lewego końca według biegu strzałki. Frez

powyższy może być więc użyty jako prawo i lewotnący. Inaczej rzecz się ma z frezem trzpieniowym (rys. 56). Będzie on, według ogólnie przyjętego określenia, prawotnący wówczas, jeżeli patrząc nań tak, że trzpień znajdzie się za frezem, kierunek jego obrotu przedstawi się nam jako trygonometryczny.



Rys. 56.



Rys. 57.

Tego rodzaju określenie prawego i lewego biegu stosuje się nie tylko względem frezów i innych pokrewnych narzędzi, lecz jest ogólnie przyjęte w obrabiarkach.

Większe frezy wykonywa się zwykle jako głowy frezowe z nożykami wymiennymi. Rys. 57 przedstawia jedną z takich głów do skrawania za pośrednictwem obwodu i storca. W odstępach pomiędzy dwoma nożykami wywiercone są otwory stożkowe i porobione nadcięcia szczelinowe wzdłuż promieni. W otwory te zabija się kolki, które rozpychają materiały i zaciskają nożyki.

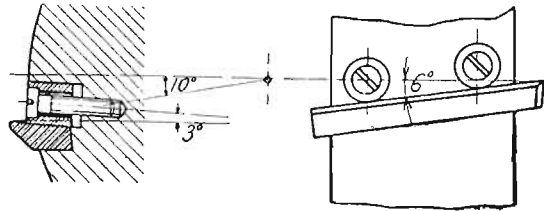
Wogóle dobre zamocowanie nożyków w głowach frezowych polega na usunięciu możliwości drgania i na uwzględnieniu należytego odprowadzania ciepła tworzącego się przy skrawaniu. Jeden ze sposobów odpowiadających dobrze celowi polega na zamocowywaniu nożyków zapomocą wbitych nieco ukośnie pochwec stalowych. Śrubki, przechodzące przez pochewki i dociągające je, zabezpieczają od wypadnięcia, jednak nie centrują bezpośrednio nożyków. Wewnętrzne otwory pochwec są gwintowane, co ma na celu ułatwienie wyciągania ich z głowy frezowej (rys. 58).

Głowy frezowe posiadają często otwory stożkowe, odpowiadające zakończeniu wrzeciona, co ma na celu należyte wyśrodkowanie narzędzia względem osi obrotu.

**17. Metoda profilowania obwiedniowego.** Profilowanie bardziej złożonych powierzchni geometrycznych można skutecznie bądź zapomocą narzędzi kształtowych, bądź zapomocą narzędzi prowadzonych przez odpowiedni szablon. Można również nadać narzędziu i przedmiotowi obrabianemu taki ruch względny, że obwiednią kolejnych położeń krawędzi tnącej będzie żądana powierzchnia geometryczna. Kinematyka daje metody rozwiązywania zagadnień tego typu, sprowadzając względny ruch narzędzi i przedmiotu do obrotów i przesunięć prostoliniowych. Niekiedy można bar-

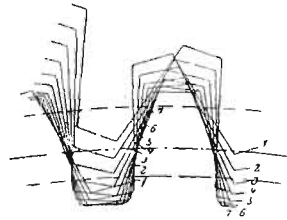
dzo złożone powierzchnie profilować zapomocą prostych krawędzi tnących. Tak np. obwiednią kolejnych położeń trapezowej krawędzi tnącej może być wrąb koła zębatego o profilu ewolwentowym (rys. 59).

Zwróćmy się do rys. 60-go, przedstawiającego ślimak skojarzony z czołowym kołem zębatym. Jest on skreślony względem zębów koła na kąt pochylenia średniej podziałowej linii śrubowej swych zwojów. Rozważając ruch względny mechanizmu, zauważymy, że obwiednią zwojów ślimaka będzie ewolwentowy profil koła. W przekroju przez oś ślimaka działanie mechanizmu można bowiem upodobnić do przesuwania skojarzonej z kołem zębatki bez końca.



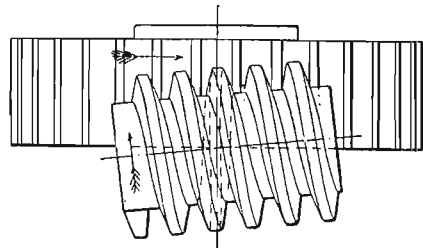
Rys. 58.

Nacinając na ślimaku szeregi zębów poprzecznych prostopadłych do zwojów i zataczając grzbiety zębów w kierunku linii śrubowej przekształcamy ślimak na narzędzie, zwane frezem ślimakowym (rys. 61). Jeżeli teraz nadamy odpowiednie ruchy obrotowe temu narzędziu i krążkowi, a zarazem zaczniemy przesuwac frez ślimakowy powoli w kierunku poosiowym krążka, to zacznie on nacinac na jego obwodzie zęby ewolwentowe z dostatecznym przybliżeniem.



Rys. 59.

W porównaniu ze zwykłym frezem kształtowym do nacinania wrębów koła zębatego, frez ślimakowy posiada znacznie większą liczbę krawędzi tnących, a więc i znacznie większą wydajność. Profil poszczególnego zęba freza ślimakowego składa się z linii prostych, dzięki czemu kreślenie profilu i przekazywanie go narzędziu za pośrednictwem szablonów i noży tokarskich następuje mniej trudnościami.

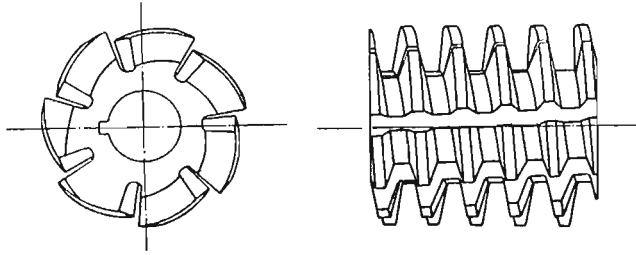


Rys. 60.

Jak wiadomo profil zębów koła zębatego zmienia się zależnie od liczby zębów. Przy profilowaniu kształtowem należałoby mieć zespół frezów dla każdej liczby zębów. Zwykle poprzestaje się na zespołach frezowych 8-mio i 15-frezowych. Tabliczka oboczna zestawia zespół 8-frezowy, przy czem pierwsze liczby oznaczają liczby zębów koła zębatego, dla których wykonane zostały ściśle profile, zaś liczby ujęte w nawiasy oznaczają największe dopuszczalne liczby zębów koła, które mogą być jeszcze obrobione zapomocą danego freza:

12 — (13)	26 — (34)
14 — (16)	35 — (54)
17 — (20)	55 — (134)
21 — (25)	135 — (∞)

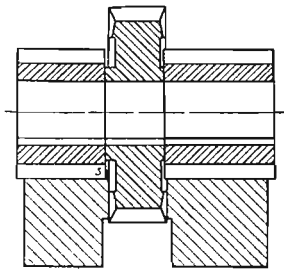
Inaczej rzecz się przedstawia z frezem ślimakowym, który profiluje zęby koła zębatego niezależnie od liczby jego zębów i tym sposobem zastępuje cały zespół frezów kształtowych dla danej podziałki.



Rys. 61.

Z przytoczonego przykładu widzimy, że metoda profilowania obwodniowego posiada wiele oryginalnych i cennych z punktu widzenia praktycznego właściwości. Była ona pobudką do stworzenia nowych typów narzędzi i obrabiarek.

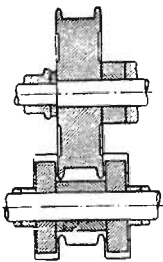
**18. Zespoły frezowe.** Przy obrabianiu większych powierzchni profilowych stosuje się nie pojedyncze frezy, lecz ich zespoły, osadzone na wspólnym trzpieniu. Rys. 62 przedstawia przekrój przez zespół składający się z trzech frezów. Przy łączeniu w zespoły należy zwracać uwagę na to, by na obrabianej powierzchni



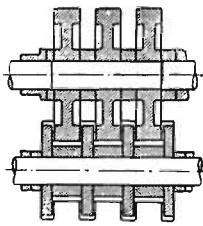
Rys. 62.

nie pozostawał widoczny szew s. W tym celu łączenie należy uskutecznić w sposób przedstawiony z prawej strony rys. 62.

Zespoły frezowe umożliwiają często obróbkę za jednokrotnym przejściem powierzchni, której ostruganie wymagałoby kilkakrotnego przestawiania i zmiany narzędzia, stosowania ukośnego przesuwu noża strugarskiego i t. p. To samo można powiedzieć i o frezowaniu obwodowym, zastępującem toczenie przedmiotów kształtowych.



Rys. 63.



Rys. 64.

Rys. 63 przedstawia schematycznie zespół frezowy do obrabiania obwodu małego koła z obrzeżami. Obrót posiada przy-

tem zarówno frez jak i przedmiot obrabiany. Obtoczenie tego i tym podobnych kółek byłoby operacją o wiele zmuenniejszą, niż ofrezowanie go zapomocą odpowiedniego zespołu frezowego.

Niekiedy zespoły frezowe stosuje się przy obrabianiu kilku przedmiotów jednakowych naraz, czyli przy wytwarzaniu masowym. Rys. 64 przedstawia ofrezowywanie np. trzech krążków do kół zębatach zapomocą zespołu frezowego.

**19. Opory i prędkości frezowania.** Przy frezowaniu grubość skrawanego wióra zmienia się ciągle, a poszczególne krawędzie tnące wchodzą i wychodzą okresowo z materiału. Zmienia się i opór właściwy skrawania, który zwłaszcza przy wgłębianiu się krawędzi w materiał, jest początkowo bardzo znaczny, jak to wykazały badania Codrona (rys. 44). Rozpatrując pracę freza jako całości, można mówić o średniej wartości oporu skrawania, którą można obliczyć, porównyując spotrzebowanie energii z wydajnością freza w postaci ilości wiórów skrawanych przezeń w jednostce czasu.

Oznaczmy przez  $s$  przekrój sfrezowywanej warstwy materiału w  $mm^2$ , przez  $u$  prędkość względną przesuwu freza względem przedmiotu w  $m/min.$ , przez  $\sigma$  średni właściwy opór skrawania w  $kg/mm^2$ , wreszcie przez  $N$  moc spotrzebowywaną przez frez w k. m. Otrzymamy wówczas:

$$N = \frac{\sigma \cdot s \cdot u}{60 \times 75}.$$

Średni opór właściwy zależy wyłącznie od własności fizycznych materiału tak, że dla pewnej wartości  $N$  iloczyn  $s \cdot u = \text{const.}$  Dla każdego freza możemy wyznaczyć doświadczalnie pewną największą dopuszczalną moc  $N$ , spotrzebowywaną na skrawanie. Stanowi ona zasadniczą charakterystykę pracy narzędzia w określonych warunkach. Praktycznie próba, mająca na celu określenie wartości  $N$ , nie jest rzeczą trudną. Należy wybrać pewien określony materiał, przyszykować odpowiednią dla danego typu freza robotę, przyjąć prowizorycznie pewną prędkość obwodową freza i wypróbować, jaką prędkość przesuwową freza względem narzędzia można stosować w danych warunkach ze względu na drgania i możliwość wyłamania zębów. Zwiększając prędkość obwodową można doprowadzić do praktycznego maksimum wydajność freza, proporcjonalną zarazem do spotrzebowania energii.

Doświadczenie wykazuje, że dla danego  $N$  iloczyn  $s \cdot u$  pozostaje wielkością stałą, przyczem istnieje jednak możność zwiększania  $s$  kosztem  $u$  i odwrotnie, oczywiście w pewnych określonych granicach. Skrawanie zapomocą freza, będącego narzędziem o złożonym charakterze konstrukcyjnym, nie pozwala na wyciąganie tak ogólnych wniosków, jak na to pozwalało toczenie, struganie i wiercenie. Niezbędną jest przeto rzeczą sprawdzać warunki pracy i spotrzebowanie energii każdego poszczególnego freza. Posiadając wartości  $N$ ,  $s$  i  $u$  mogliśmy na podstawie podanego poprzednio wzoru, obliczyć i średni właściwy opór frezowania. Jest on o 50 do 100% większy od oporu toczenia.

Doświadczenia A. L. De Leeuw'a dokonane w Cincinnati wykazały, że frezy śrubowe o niewielkiej liczbie krawędzi tnących i wydatnych rowkach spotrzebowują przy tej samej wydajności niekiedy jedną trzecią energii w porównaniu z frezami o drobnej podziałce. W porównaniu z toczeniem wydajność frezowania wynosi  $\frac{3}{4}$ , a czasem nawet  $\frac{1}{2}$  wydajności toczenia. Gdy przy toczeniu stali średniej twardości wydajność w postaci ilości skrawanych wiórów można określić mniej więcej na 10  $kg/k. m.$ -godz, przy frezowaniu wyniesie ona 5 do 7,5  $kg/k. m.$ -godz. W odwrotnym stosunku znajduje się właściwy opór skrawania.



Moment skręcający trzpień frezarski określi wzór:

$$M = 716\,200 N/n - kgmm,$$

gdzie  $n$  oznacza liczbę obrotów freza na minutę. Znając moment  $M$ , można obliczyć średnią siłę oporu frezowania na obwodzie narzędzia i sprawdzić na podstawie mniej lub więcej przybliżonych wzorów wytrzymałościowych naprężenia zębów freza.

Przy frezowaniu należy unikać drgań narzędzia; można im zapobiedz częściowo, podtrzymując prawidłowo, najlepiej obustronnie, trzpień freza i zwracając baczną uwagę na współśrodkowość jego biegu. Nie należy skrawać zbyt grubych warstw. Przy frezach średniej wielkości dość jest poprzestać np. przy zdzieraniu zgruba na warstwie grubości 5 mm, przy wykańczaniu na warstwie grubości 0,2 do 0,5 mm.

Duży wpływ na przebieg frezowania posiada energiczne ochładzanie narzędzia. Nowsze doświadczenia De Leeuw'a wykazały, że zwiększając kilkakrotnie wydajność strumienia płynu ochładzającego w porównaniu z normami ustalonymi obecnie w praktyce warsztatowej, można osiągnąć znacznie większą wydajność freza. W omawianych doświadczeniach De Leeuw użył przy frezach średniej wielkości pompki o wydajności 55 l/min. i zastosował specjalne osłony przeciwdziałające rozpryskiwaniu się płynu oziębiającego narzędzie. Płyn dopływał przytem dobrze do krawędzi tnących i wyrzucał na wierzch wióry ze żłobków freza, co wpływało bardzo dodatnio na gładkość obrabianej powierzchni.

Doświadczenia wykazały, że wióry skrawane nie posiadały żadnych nalotów, co świadczyło o ich niskiej temperaturze. Właściwe spotrzebowanie energii w k. m.-godz. na kg skrawanego metalu zwiększyło się nieco, co wynikało ze stosowania względnie małych posuwów i utrudnionych warunków odłupywania się wióra przy niskiej temperaturze skrawania.

Największą zaletę energicznego chłodzenia należy upatrywać w możliwości zwiększenia prędkości obwodowej freza. Przy tej samej prędkości przesuwowej freza względem przedmiotu, posuw na jeden obrót freza jest wówczas mniejszy, dzięki czemu krawędzie tnące mniej się zużywają, skrawając cieńsze wióry. Wzrostowi prędkości obwodowej freza odpowiada wzrost jego wydajności, pomimo to moment skręcający trzpień frezowy pozostaje bez zmiany.

Tabliczka oboczna zestawia niektóre wyniki osiągnięte przy stosowaniu bardzo energicznego chłodzenia freza. Skrawanie dotyczyło stali maszynowej średniej twardości.

Kształt freza	Średnica freza mm	Szerokość freza mm	Liczba zębów freza	Pochylenie linii śrub. zębów	Głębokość frezowania mm	Szerokość frezowania mm	Prędkość obwodowa freza m/min.	Prędkość przesuwowa mm/min.	Przebieg skrawania
Walcowy	89	152	9	25°	3,18	127	140	775	Chł. b. energ.; pow. gładka
"	"	"	"	"	0,51	"	"	184	" " " pow. wyj. gł.
"	"	"	"	"	6,35	"	25,4	508	Na sucho; po przesuwie 65 mm frez przepalony
"	"	"	"	69°	4,76	"	143	775	Chł. b. energ.; pow. gładka
Krażkowy	160	25,4	16	pochyłe	6,35	25,4	255	775	" " " " ogólny prze-
Do kół zębat. (modul=3,5)	89	—	—	—	7,5	~ 5	61	2845	" " " " suw freza 170 m.

Normy prędkości obwodowych i przesuwowych, stosowane w praktyce warsztatowej, są znacznie niższe od wartości doświadczalnych De Leeuw'a. Przy średniej wielkości frezów i zwykłym chłodzeniu są one następujące (w *m/min.*):

Stal	Ż e l i w o				Ż e l a z o k u t e i s t a l					
	Zwykłe		Twarde		30—40 <i>kg/mm<sup>2</sup></i>		50—70 <i>kg/mm<sup>2</sup></i>		80—90 <i>kg/mm<sup>2</sup></i>	
	węgl.	szybk.	węgl.	szybk.	węgl.	szybk.	węgl.	szybk.	węgl.	szybk.
Zdzieranie wzdłużne . . .	10—16	18—30	8—10	10—16	18—22	24—30	12—18	15—25	6—10	12—18
Zdzieranie obwodowe . . .	8—14	15—25	6—8	8—12	16—20	20—26	10—16	14—22	6—10	10—15
Zdzieranie zębów . . . . .	8—12	14—20	4—6	8—10	10—16	16—24	8—14	12—20	4—8	8—12
Frezowanie na gładko . . .	12—20	24—38	18—12	14—18	20—25	34—45	14—18	24—32	8—12	16—22
Frezowanie gwintów . . . . .	—	—	—	—	10—15	16—20	6—10	12—18	2—4	6—12

W tabliczce powyższej nie został uwzględniony ani typ freza, ani wielkość posuwu, głębokości skrawania i t. p. i tym sposobem wartości podane nie są ustalone ściśle pod względem technicznym i stanowią jedynie ilustrację norm warsztatowych. Dokładne wielkości można wyznaczyć tylko na drodze doświadczalnej, normalizując frezy i ustalając ich główne charakterystyki techniczne.

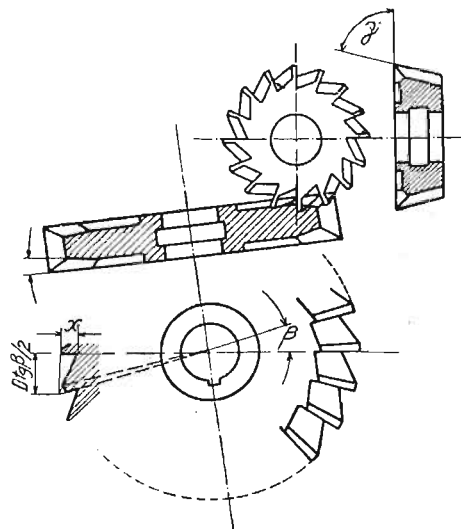
### Ć w i c z e n i a.

Przykład 1. Mamy do wykonania frez krążkowy o 26 zębach z czołowym obustronnym uzębieniem. Żłobki są wycinane zapomocą freza stożkowego, którego kąt międzykrawędziowy wynosi 75°. Jakże powinno być nachylenie osi freza obrabianego względem poziomu, aby otrzymane przy tym ściny posiadały szerokość zbiegającą się równomiernie ku osi freza promieniowo (rys. 65).

Rozwiązanie. Kąt pomiędzy dwiema sąsiednimi krawędziami tnącymi na powierzchni czołowej freza wynosi  $360:26 = 13,84 = 13^{\circ} 50'$ .

Dnem wrębu freza obrabianego, a zarazem linią, wzdłuż której przesuwają się wierzchołki freza roboczego, jest pozioma, równoległa do stołu frezarki. Ze względu na podziałkę, głębokość żłobka na storcowej powierzchni freza nie może być większa od  $x = \frac{D \cdot \operatorname{tg}^2 \beta}{2 \operatorname{tg} \gamma}$ . Głębokość żłobka powinna się zmniejszać proporcjonalnie od obrotu zewnętrznego do osi freza. Nachylenie dna wrębu względem płaszczyzny storcowej freza obrabianego określi tym sposobem wzór:

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \gamma}$$



Rys. 65.

Podstawiając weń wartości kątów, otrzymamy:

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} 13^{\circ} 50'}{\operatorname{tg} 75^{\circ}} = \frac{0,2462}{3,732} = 0,0662$$

$$\alpha = 3^{\circ} 47'.$$

Szerokość paska przeznaczonego na ścin wyreguluje empirycznie frezarz przy rozpoczęciu obróbki.

**Przykład 2.** Mamy do wykonania frez stożkowy o 16-tu zębach z kątem międzykrawędziowym  $\gamma_2 = 70^{\circ}$ . Kąt międzykrawędziowy freza roboczego wynosi  $\gamma_1 = 75^{\circ}$ . Znaleźć kąt nastawienia freza roboczego względem obrabianego przy frezowaniu wrębów (rys. 66).

**Rozwiązanie.** Gdybyśmy przyjęli tymczasowo, że kąt międzykrawędziowy freza roboczego wynosi  $90^{\circ}$ , to głębokość wrębu przy obwodzie wynosiłaby  $0,5 D - x$ . Aby linia dna wrębu zbiegała się przytem w wierzchołku freza, głębokość wrębu powinna maleć proporcjonalnie, co wyraża wzór:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\cos \beta}{\operatorname{tg} \gamma_2}.$$

Rys. 66.

Kąt międzykrawędziowy freza roboczego jest jednak mniejszy od  $90^{\circ}$  i wskutek tego wrąb przy obwodzie będzie głębszy na wielkość  $y$ . Kąt dodatkowego pochylenia określa w przybliżeniu wzór:

$$\sin \alpha_2 = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \gamma_1} \cdot \sin \alpha_1.$$

Podstawiając w otrzymane wzory wartości podane w zadaniu, otrzymamy:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\cos 22^{\circ} 30'}{\operatorname{tg} 70^{\circ}} = 0,336, \quad \text{skąd} \quad \alpha_1 = 18^{\circ} 36'$$

$$\sin \alpha_2 = 0,4142 \times 0,2679 \times 0,0355, \quad \text{skąd} \quad \alpha_2 = 2^{\circ} 2', \quad \text{zaś} \quad \alpha = 16^{\circ} 34'.$$

**Przykład 3.** Mamy zaszlifować ściny freza o średnicy  $80 \text{ mm}$  zapomocą małej tarczki szlifierskiej, skrawającej swym storcem i przedstawionej na rys. 66. Kąt odsadzenia ścina wynosi  $5^{\circ}$ . Znaleźć wysokość nastawienia tarczki  $h$ .

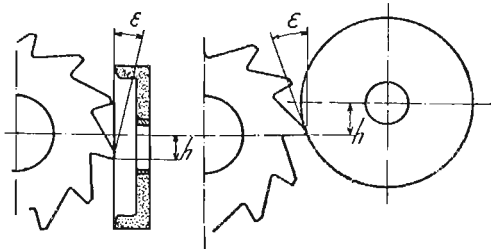
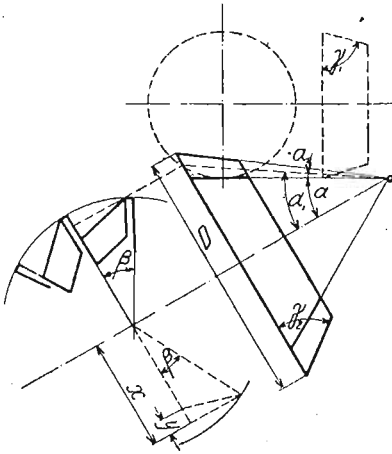
**Odpowiedź.**  $h = 3,5 \text{ mm}$ .

**Przykład 4.** Mamy zaszlifować ściny freza zapomocą tarczki szlifierskiej  $120 \text{ mm } \varnothing$ , skrawającej obwodem (rys. 67). Kąt odsadzenia ścina wynosi  $5^{\circ}$ . Znaleźć wielkość nastawienia tarczki  $h$ .

**Odpowiedź.**  $h = 5,2 \text{ mm}$ .

**Przykład 5.** Znaleźć t.z.w. mimośrodowość  $e$  zataczania grzbietów freza o średnicy  $D \text{ mm}$  i kącie odsadzenia  $\varepsilon$ , przy zastąpieniu spirali logarytmicznej przez łuk koła (rys. 68).

**Rozwiązanie.** Promień krzywizny spirali logarytmicznej równa się długości normalnej biegunowej, czyli  $R / \sin \varepsilon$ . Trójkąt  $OMN$  posiada więc następujące boki:  $MN = R / \cos \varepsilon$ , dalej



Rys. 67.



## ROZDZIAŁ V.

### S z l i f o w a n i e.

20. Tarcza szlifierska, składająca się z drobnych kryształków spojonych za pomocą odpowiedniego materiału żywicznego lub ceramicznego, skrawa przy odpowiedniej prędkości obwodowej wióry bez porównania cieńsze od tych, jakie się otrzytuje przy stosowaniu noża tokarskiego, wiertła lub freza. Pochodzi to stąd, że szlifowanie jest skrawaniem perkusyjnym (uderzeniowym): krawędzie tnące kryształków tarczy szlifierskiej uderzają o wystające cząstki na powierzchni przedmiotu obrabianego i utracają je. Przy powolnym biegu tarczy na powierzchni obrabianego przedmiotu zjawyłyby się rysy od kryształków tarczy, świadczące o odkształceniach trwałych—lecz nie byłoby skrawania. Zachodzi tu więc zjawisko analogiczne do tego, jakie przedstawia działanie kuli karabinowej, obcinającej giętką, cienką gałązkę na drzewie. Gdyby prędkość kuli była mała, zamiast obcinania mielibyśmy zginanie gałązki. Podobnie i skrawanie bardzo cienkich wiórów może się odbywać jedynie wówczas, gdy prędkość obwodowa tarczy szlifierskiej wynosi 25 i więcej *m*/sek. Przy tych prędkościach odkształcenia na powierzchni przedmiotu nie mają czasu rozszerzyć się na większy obszar i cząsteczki materiału są utracane przez uderzające o nie kryształki tarczy.

Przy toczeniu można, zmniejszając stopniowo grubość wióra, osiągnąć bardzo cienkie wióry, wynoszące zaledwie 0,01 *mm*, jednak jest to połączone z wielkim zachodem i w wyjątkowych warunkach skrawania. Inaczej rzecz się ma ze szlifowaniem, umożliwiającem otrzymywanie bez trudności wiórów o grubości, wynoszącej zaledwie 0,001 *mm*, natychmiast po zbliżeniu tarczy do przedmiotu obrabianego.

Tarczę szlifierską można porównać z frezem dawnego typu, z zębami ręcznie opiłowanymi, hartowanym lecz nieoszlifowanym. Tarcza szlifierska posiada tysiące krawędzi tnących z materiału o wiele twardszego, niż stal hartowana. Skrawanie jest kilkadziesiąt razy szybsze, niż przy toczeniu. Tem też objaśnia się wyjątkowa gładkość obrabiania.

Stal szybko tnąca znalazła w tarczy szlifierskiej godnego jej sprzymierzeńca, który ją wyręcza wszędzie, gdzie zadanie nie polega na zdzieraniu znacznej ilości materiału w możliwie krótkim czasie. Przed laty szlifowanie stosowano jedynie przy obróbce wyjątkowo twardych przedmiotów np. ze stali hartowanej, do ostrzenia krawędzi tnących narzędzi, wreszcie przy wygładzaniu niewielkich powierzchni.

Obecnie szlifuje się bardzo wiele części maszynowych ze względu na łatwość osiągnięcia przy tej metodzie obróbki takiej dokładności, która zapewnia im cechę zamienności bardzo pożądaną we współczesnym budownictwie maszynowym, starającym się obywać bez dodatkowego przymierzania i dopasowywania części maszyny przy jej składaniu. Szlifuje się przytem obecnie nie tylko stal maszynową, lecz i żeliwo, bronz, wreszcie cały szereg innych materiałów.

**21. Tarcze szlifierskie.** Tarcze szlifierskie są wykonywane głównie w trzech odmianach, jako: ceramiczne, czyli wypalane, mineralne (magnezyowe i krzemionkowe), wreszcie jako sprężyste (kauczukowe i żywicowe). Dawniej wyrabiano je przeważnie ze szmerglu, czyli małowartościowego korundu, zanieczyszczonego tlenkiem żelaza i krzemionką. Obecnie zwrócono się do materiałów otrzymywanych sztucznie w piecach elektrycznych, jako dających o wiele lepsze wyniki. Są to krystaliczne połączenia węgla i krzemu (karborundum i inne), bądź też tlenki glinu (alundum). Materiały powyższe są bardzo czyste i odznaczają się wielką twardością. Ziarenka karborundu posiadają budowę krystaliczną z ostremi krawędziami, alundum posiada ostry złom muszlowaty. Twardość szmerglu według skali porównawczej wynosi około 7,5, alundum 9,2—9,3, a karborundum 9,5. Ziarnistość tarczy określa liczba ziarek materiału szlifierskiego na powierzchni 1" kw. Waha się ona od 10 do 200 i wyżej.

Spoiwem tarcz ceramicznych jest glina. Tarcze wypala się przy temperaturze 1600°, przyczem spoiwo ulega zeszkleniu, łącząc bardzo mocno kryształki tnące. Tarcze wypalane posiadają szorstką dobrze tnącą powierzchnię. Pochodzi to stąd, że tarcza jest porowata, a kryształki tworzą wystające krawędzie tnące, których stępienie i wynikające stąd zwiększenie oporu skrawania wywołuje odpadanie poszczególnych ziarek. Tarcze ceramiczne są odporne na działanie wilgoci, tłuszczów, kwasów i alkali.

Większe tarcze wykonywa się z masy krzemionkowej, której wypalenie wymaga krótszego czasu, niż gliny. Niekiedy tarcze krzemionkowe są wzmocnione przez wewnętrzną siatkę drucianą.

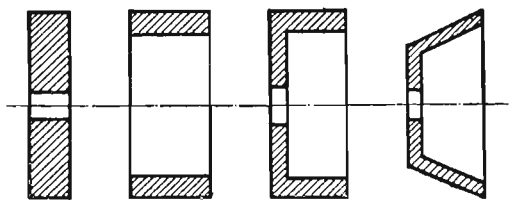
Jako składające się z krzemianów sody zeszkłonych przy stosunkowo niskiej temperaturze, spoiwo krzemionkowe nie jest tak odporne na działanie kwasów jak spoiwo ceramiczne. Porowatość tarcz jest mniejsza. Co się tyczy sprężystości, to nie posiadają jej one wcale, podobnie jak i ceramiczne.

Spoiwem tarcz sprężystych jest żywica lub kauczuk. Tarcze tego typu mogą posiadać grubość 1 mm przy średnicy 100 mm, grubość 1,5 mm przy średnicy 250 mm, przy małych średnicach grubość tarcz jest niekiedy mniejszą od 0,5 mm. Pochodzi to stąd, że spoiwo powyższe posiada dużą wytrzymałość na rozerwanie oraz sprężystość.

Tarcze sprężyste są używane do ostrzenia narzędzi o stosunkowo drobnych zębach, wymagających stosowania małych tarczek, oraz do wszelkich robót profilowych. Sprężystość tarczek żywicznych i kauczukowych daje możliwość stosowania ich w obrabiarkach samoczynnych. Wadą ich jest brak porowatości spoiwa, wskutek czego przedmioty szlifowane są narażone na zagrzewanie. Wiórki skrawane przy-

stają częstokroć do powierzchni tarczy i skrobią następnie powierzchnię obrabianą.

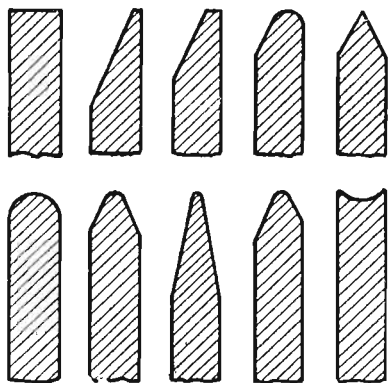
Spoiwo bardziej może, niż kryształki szlifierskie, określa warunki pracy tarczy. Własności fizyczne spoiwa określają t. zw. twardość tarczy: błędem byłoby mniemać, że rola spoiwa ogranicza się do łączenia w całość masy cząsteczek tnących z uwzględnieniem dużych naprężeń, wywołanych przez siłę osiową wirującej tarczy. Gdy mówimy, że tarcza w użyciu jest za miękka lub za twarda, to znaczy, że spoiwo bądź kruszy się za łatwo, bądź naodwrot jest za mocne i kryształki stępione nie odpadają w porę. Dobór spoiwa jest więc rzeczą ważną i zależy od prędkości obwodowych tarczy, od powierzchni styku tarczy i przedmiotu, od profilu tarczy i t. p.



Rys. 69.

Twardość tarcz szlifierskich oznacza się za pomocą liter, co daje możliwość łatwiejszego przystosowania się do danego materiału i warunków pracy. Ujednostajnienia tych oznaczeń nie osiągnięto dotychczas, i poszczególni wytwórcy tarcz szlifierskich nie są jednomyślni co do sposobów klasyfikowania twardości tarcz.

W katalogach przemysłowych znaleźć można jednakże wiele pożytecznych wskazówek co do stosowania tarcz różnej twardości.



Rys. 70.

Profile tarcz szlifierskich mogą być bardzo różne. Za typy zasadnicze są uważane: tarcza właściwa, cylinder, puchar i miska (rys. 69). Zakończenia tarczy mogą być płaskie, kątowe i zaokrąglone według różnych sposobów (rys. 70).

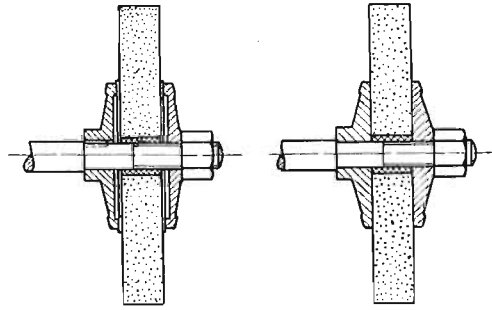
Dużą wydajnością wyróżniają się tarcze szlifierskie segmentowe. Kadłub tarczy jest wykonany ze stali. Sposób zamocowania segmentów umożliwia stosowanie znacznych prędkości obwodowych przy miękkim materiale bez obawy o jej pęknięcie. Dzięki przerwom zetknięcia się tarczy z przedmiotem, do styku dobrze dopływa woda chłodząca, a pył jest usuwany na zewnątrz, dzięki czemu nie zapycha przestrzeni międzykryształkowych.

Należyte wycentrowanie tarczy szlifierskiej jest osiągnięte najczęściej za pomocą wewnętrznej pochewki ołowianej, gdyż w materiale szlifierskim byłoby rzeczą zbyt trudną wykonać otwór na żadaną miarę i zupełnie centrycznie. Zamocowanie tarczy na trzpieniu szlifierskim odbywa się za pośrednictwem dwóch kołnierzy, przylegających do tarczy według powierzchni pierścieniowych. Jeden z pierścieni jest przytem dopasowany szczelnie do trzpienia lub nawet zaklinowany w celu wzajemnego unieruchomienia. Pomiędzy kołnierzami a tarczą znajdują się



wkładki pierścieniowe z kauczuku lub innego materiału sprężystego. Rys. 71 przedstawia właściwą i niewłaściwą metodę zamocowywania tarczy szlifierskiej na trzpieniu.

Tarcze szlifierskie wymagają co jakiś czas odnowienia swej powierzchni, zanieczyszczonej pyłem szlifierskim i częściowo zeszkłonej wskutek wzrostu temperatury przy skrawaniu. Tarcza z zeszkłoną powierzchnią nie skrawa, jest tępa i szarpie. Wskutek nierównomiernego zużycia na obwodzie tarcze przestają być centryczne. Wymienione względy wymagają wyrównywania tarczy zapomocą dyamentu lub rolki stalowej specjalnej konstrukcyi. Jedną z takich rolek z odpowiednią rękojeścią przedstawia rys. 72.



Rys. 71.



Rys. 72.

**22. Roboty szlifierskie.** Znaczną część robót warsztatowych, polegających na wykańczaniu, można wykonywać zapomocą tarczy szlifierskiej. Stosuje się szlifowanie powierzchni obrotowych cylindrycznych i stożkowych,

zewnętrznych i wewnętrznych, dalej płaszczyzn. Za wyjątkiem niektórych robót profilowych, wymagających użycia narzędzia ściśle określonego kształtu, jakiem rzadko kiedy może być tarcza szlifierska, prawie każdą obróbkę na czysto można skutecznie zapomocą tarczy szlifierskiej.

Przy toczeniu wrzecion, wałków, trzpieni i t. p. przedmiot obrabiany otrzymuje zwykle nie tylko obrót, jak przy toczeniu, lecz i posuw w kierunku poosiowym, gdy tarcza szlifierska poza obrotem posiada jeszcze przesuw poprzeczny konieczny do nastawiania na głębokość skrawania. Przy szlifowaniu powierzchni wewnętrznych cylindrycznych, tarcza szlifierska, niezależnie od obrotu właściwego, otrzymuje obrót względem osi obrabianego otworu. Przedmiot otrzymuje przytem przesuw w kierunku osi tarczy.

Należy zauważyć, że zwykłe metody obróbki nie nadają się do wykańczania. Przy toczeniu zwykłych wałków należy stosować np. bardzo małe posuwy, a więc toczyć bardzo powoli. Wygładzanie powierzchni zapomocą przykładania do obracającego się wałka pilnika, lub papieru szmerglowego powinno być niezwykle staranne, gdyż można przytem łatwo naruszyć cylindryczność toczenia. Operacja powyższa wymaga specjalnej biegłości ze strony tokarza.

Przy użyciu mocnych szlifierek jest obecnie rzeczą możliwą skrawać zapomocą tarczy szlifierskiej warstwę stali maszynowej grubości 0,5 mm: naddatek na średnicy pozostawiany po toczeniu zgruba może być więc stosunkowo znaczny. Nie należy dbać o gładkość toczenia, gdyż szorstkie wypukłości śrubowe, pozostające po toczeniu, są usuwane przez szlifierkę. Można stwierdzić nawet, że szlifowanie

całkiem gładkich powierzchni nastęcza więcej trudności, niż nieco szorstkich, przy których tworzą się prawidłowsze wióry. Przy racjonalnem ustosunkowaniu toczenia zgruba i szlifowania tokarz nie powinien zwracać zbytecznej uwagi na niedokładności wynikające ze stosowania dużych posuwów, z użycia tępszego narzędzia, z uginania się wałka i t. p., gdyż tarcza szlifierska usunie je z łatwością i dokładnie skalibruje wałek.

W niektórych razach można pominąć toczenie zgruba, stosując bezpośrednio szlifowanie surowych przedmiotów kutech i lanych. Wałki wykorbione do maszyn rolniczych, odkute na gładko w matrycach, można przy odpowiednim doborze ich kształtu szlifować z pominięciem toczenia zgruba. Wałki gładkie jednostajnej średnicy otrzymuje się dzięki szlifowaniu wprost z okrągłych surowych ciągnionych prętów bez użycia tokarki. To samo tyczy się niektórych mniejszych i większych lanych części maszynowych, wymagających oszlifowania jednej lub kilku płaszczyn z pominięciem strugania, czy frezowania.

Podział na obróbkę zgruba i na czysto wywołuje konieczność zawodowej specjalizacji rzemieślnika, co przedstawia szereg korzyści praktycznych. W ogólności szlifowanie części maszynowych wymaga wiele samodzielności i zamiłowania zawodowego. Dziedzina obróbki precyzyjnej obejmuje wiele zjawisk, pomiarów, metod, nie spotykanych przy zwykłej obróbce. Wszystkie błędy obróbki występują przy szlifowaniu w jaskrawej postaci. Większy lub mniejszy snop iskier świadczy bezpośrednio o lekkim zwichrowaniu wałka przy zamocowaniu go na maszynie lub wskutek rozgrzania przy robocie.

Ponieważ szlifowanie jest metodą bardzo pośpieszną wykańczania, i kilka szlifierek precyzyjnych może obsłużyć nieraz duży warsztat mechaniczny, przeto całą obróbkę ostateczną pewnej kategorii przedmiotów można powierzyć nielicznej grupie specjalistów obeznanych ze ściślemi metodami pomiarowymi, którzy mogą przytem nabyć odpowiednią wprawę w zakresie obróbki precyzyjnej. Daje to dużą oszczędność pracy i materiału.

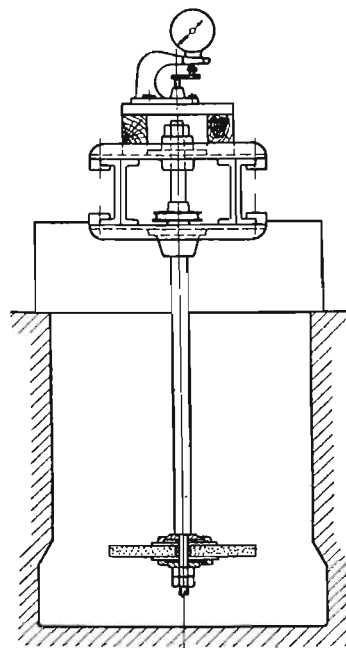
Tarcza szlifierska zastępuje niekiedy dłuto i pilnik w ręcznych robotach ślusarskich, np. przy usuwaniu nierówności na odlewach i surowych częściach maszynowych. Stosuje się przytem szlifiarki bądź nieruchome; bądź przewożne, przenośne, wiszące, ręczne i t. p. Mała tarczka szlifierska pędzona przez giętki wał, posiada w ręku rzemieślnika tę samą ruchliwość, co dłuto lub pilnik, zato znacznie większą wydajność.

**25. Doświadczenia nad szlifowaniem.** Główną pobudką do badań i doświadczeń nad szlifowaniem była początkowo chęć zbadania, jakie prędkości obwodowe tarczy szlifierskiej należy uznać za zupełnie bezpieczne w praktyce codziennej. Nowsze badania wysunęły już na pierwszy plan zagadnienie wydajności szlifowania, racjonalnego doboru tarcz w celu otrzymania gładkiej powierzchni, wreszcie kwestyę ekonomicznej obróbki.

Z dokonanych w Niemczech i Ameryce doświadczeń najpoważniejszy charakter posiadają prace prof. Jerzego Schlesingera, dokonane w r. 1906 w berlińskiej Wyższej Szkole Technicznej (Charlottenburg). Ich celem bezpośrednim było zbadanie, czy przepisy niemieckie, ograniczające prędkość obwodową tarcz szmerglowych do 25 m/sek., odpowiadają rzeczywistej potrzebie bezpieczeństwa i wydajnej

pracy szlifowania. Wytwórcy tarcz i maszyn szlifierskich w przepisach powyższych upatrywali najpoważniejszą przeszkodę w rozwoju techniki szlifowania. Głównym argumentem były przytem dane statystyczne o bardzo małej liczbie wypadków z powodu złego wykonania tarcz szlifierskich, których wyrób ulepszono znakomicie około r. 1897. W praktyce stosowano zresztą wszędzie prędkości wynoszące 35, 40 i 42 *m/sek.*, nie wywołując wypadków, do czego uprawniały próby wytwórców sprawdzających wytrzymałość tarcz przy 45, a nawet 55 *m/sek.*

Poprzednie doświadczenia Grueblera, dokonane w laboratorium dreźnieńskim, nie uwzględniały pracy w warunkach warsztatowych, gdyż polegały jedynie na próbie na rozerwanie wskutek działania siły odśrodkowej zapomocą następującego urządzenia (rys. 73). Tarcza 500 *mm* średnicy i 50 *mm* szerokości, umieszczona w końcu giętkiego wału, była obracana zapomocą silnika elektrycznego aż do chwili pęknięcia wskutek wyłącznego działania siły odśrodkowej: w tym celu dobrano odpowiednią prędkość krytyczną wału giętkiego. Właściwego szlifowania Gruebler nie stosował wcale, wobec czego niemiecki Urząd Pracy uznał te doświadczenia za laboratoryjne i, mając ograniczone dane praktyczne, ustalił zbyt wysokie współczynniki bezpieczeństwa.



Rys. 73.

Schlesinger zbliżył się w swych doświadczeniach do normalnych warunków warsztatowych. W tym celu użył on ciężkiej szlifierki do robót cylindrycznych o ogólnej normalnej mocy 10 k. m., zaopatrzonej jednak specjalnie, ze względu na doświadczenia, w silnik o mocy 26 k. m. do napędu tarczy szlifierskiej, oraz w trzy silniki po 5 k. m. do napędu przedmiotu obrabianego, mechanizmu posuwowego i pompki do chłodzenia. Ogólna moc tych poszczególnych napędów wynosiła tym sposobem 41 k. m. Najbardziej wzmocniony został napęd tarczy szlifierskiej, wymagający w normalnej szlifierce około 6 k. m. Wydajność pompki wynosiła od 35 do 150 *l/min.*, co wystarczyło najzupełniej do chłodzenia przedmiotu i tarczy przesyconej całkowicie wodą. Średnica tarczy wynosiła 500 *mm*, szerokość 50 *mm*; przeważnie używano tarcz ceramicznych.

Wobec tego, że moc napędu samej tarczy zwiększono w niektórych doświadczeniach do 30 k. m. można powiedzieć, że przeciążenie tarczy było pięciokrotne w porównaniu z napędem normalnym. W normalnych warunkach pracy przy prędkości obwodowej tarczy  $v = 25$  do 35 *m/sek.* współczynnik bezpieczeństwa wynosił około 5. Nie jest to mało, gdyż technika maszyn szybkoobrotowych stosuje często mniejsze współczynniki. Przy obliczaniu wirników turbin parowych stosowane są wytrzymałościowe współczynniki bezpieczeństwa 2,5 do 3; przy budowie samojazdów przewidywane naprężenia przy użyciu specjalnych gatunków stali dosięgają

150  $kg/mm^2$ . Oczywiście ostony przy tarczach szlifierskich musiały być w tych warunkach wykonane z żelaza kutego lub blachy falistej.

Próbne doświadczenia wykazały, że doświadczenia nad szlifowaniem stali należy uniezależnić od doświadczeń nad szlifowaniem żeliwa ze względu na odmienne właściwości obu metali. Prócz tego ustalono niektóre warunki doświadczenia, zmniejszając liczbę czynników wpływających na przebieg szlifowania.

Tak więc uznano, że najodpowiedniejszą prędkością obwodową przedmiotu obrabianego jest 30  $m/min$ . Przyjęto trzy zasadnicze prędkości obwodowe tarczy szlifierskiej  $v=25, 30$  i  $35 m/sek$ . Przyjęto trzy zasadnicze posuwy stołu roboczego na jeden obrót przedmiotu obrabianego  $\delta=12, 18$  i  $24 mm$ . Głębokość skrawania, czyli dosunięcie tarczy szlifierskiej do przedmiotu szlifowanego zmieniano w granicach od  $\Delta=0,01$  do  $0,16 mm$ .

Porównywając prędkości i posuwy przy szlifowaniu z toczeniem widzimy, że skrawanie w obu razach jest zgoła różne. Przy toczeniu najważniejszym czynnikiem była prędkość obwodowa przedmiotu obrabianego, która przy szlifowaniu może być wielkością stałą. Posuwy przy szlifowaniu przedmiotu cylindrycznego są bardzo duże, naodwrot głębokości skrawania bardzo małe, jak tego wymaga zresztą natura samego wykańczania.

Doświadczenia prof. J. Schlesingera miały na celu zbadanie następujących wartości:

1. Średniej sprawności materiału szlifierskiego w postaci stosunku wagi materiału obrabianego do zużycia tarczy w  $kg$  na 1  $kg$  szmerglu.
2. Największej właściwej sprawności materiału szlifierskiego.
3. Wydajności szlifowania w  $kg/godz$ .
4. Obwodowej siły oporu szlifowania  $P$  w  $kg$ .
5. Właściwego zużycia energii  $A_g$  w  $kgm/godz$  szlifowania. Odwrotnością tej wielkości, wyrażoną w innych jednostkach jest wydajność właściwa szlifowania  $W$  w  $kg/k. m. \cdot godz$ . (p. rozdział I).

Ponadto zajęto się zbadaniem poszczególnych czynników, wpływających na wygląd powierzchni szlifowania.

Największą uwagę zwrócono na punkt 2-gi, dotyczący największej właściwej sprawności tarczy szlifierskiej i dający dokładne pojęcie o jej zachowaniu się jako narzędzia, o jej sprawności i wydajności.

Tarcza była stale przesycona wodą. Co jakiś czas zdzierano wierzchnią warstwę tarczy zapomocą dyamentu, aby otrzymać ostrą powierzchnię tarczy.

**24. Szlifowanie stali maszynowej.** Do doświadczeń użyto stali martenowskiej średniej twardości o wytrzymałości na rozzerwanie 50 do 55  $kg/mm^2$  z zawartością węgla od 0,3 do 0,35%. Doświadczenia wykazały, że duże wartości właściwej sprawności tarczy szlifierskiej otrzymuje się przy dużych prędkościach obwodowych tarczy, małych posuwach i głębokościach skrawania. Wpływ głębokości skrawania na sprawność tarczy jest większy, niż posuwu. Wynika stąd, że przy szlifowaniu stali należy brać małe posuwy i niewielkie głębokości skrawania, zato stosować duże prędkości obwodowe tarczy.

Średnia właściwa sprawność tarczy szlifierskiej wynosiła:

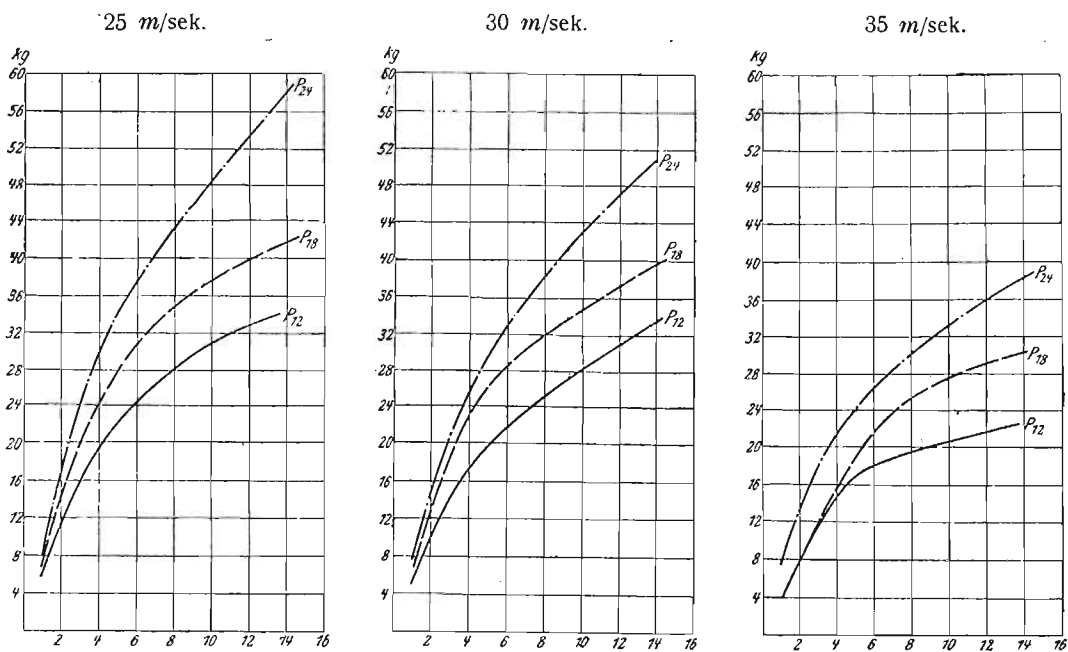
przy małym posuwie $\delta = 12 \text{ mm}$ i małej głęb. skrawania $\Delta = 0,01 \text{ mm}$ —	36 kg
„ dużym „ 24 „ „ „ „ „ „ „	18 „
„ małym „ 12 „ i dużej „ „ „ 0,14 „	9 „
„ dużym „ 24 „ „ „ „ „ „ „	4,4 „

Średnia wydajność szlifowania zapomocą opisanej poprzednio tarczy wynosiła około 20 kg, godz. szlifowin.

Największa właściwa sprawność tarczy wyniosła 190 kg szlifowin na 1 kg zużycia tarczy przy następujących warunkach pracy:

$$v = 29 \text{ m/sek.}, \delta = 12 \text{ mm/obr.}, \text{ zaś } \Delta = 0,14 \text{ mm.}$$

Ciekawe wyniki osiągnięto przy badaniu zależności obwodowego oporu szlifowania  $P$  od prędkości, posuwu i głębokości skrawania. Pierwszą zależność charakteryzują wykresy przedstawione na rys. 74. Każdy z trzech wykresów odpowia-



Rys. 74.

dających innej prędkości  $v$ , daje ponadto zależność siły  $P$  od głębokości skrawania, odkładanych na osi odciętych w setnych częściach milimetra i od posuwu  $\delta = 12, 18$  i  $24 \text{ mm}$ .

Najmniejsze wartości  $P$  odpowiadały największej właściwej sprawności tarczy szlifierskiej. Jest to niezmiernie cenny pod względem praktycznym wynik doświadczeń, uzasadniający konieczność stosowania dużych  $v$  i małych  $\delta$  i  $\Delta$ . Załączona tabela zestawia średnie wartości  $P$ ,  $A_g$  i  $W$ .

	25 m/sek		35 m/sek.		
$v =$					
$\delta = 0,02$	0,14	0,14	0,02	0,14	0,14
$\Delta = 12$	12	24	12	12	24
$P$ (średnie) $= 12$	28	45	7	23	40
zmniejszenie % we $P =$ —	—	—	40%	18%	12%
$A_g = 1930$	635	525	2070	685	540
$W = 0,14$	0,425	0,515	0,13	0,394	0,5

Przejście od mniejszej do większej prędkości obwodowej wywoływało spadek siły oporu, wynoszący przy cienkich wiórach około 40%. Największy opór wyniósł 80 kg.

Porównyując wydajność szlifowania w stosunku do zużytkowanej energii  $W$  kg/k. m. na godz., dochodzimy do przekonania, że przy szlifowaniu jest ona kilkanaście razy mniejsza niż przy toczeniu lub frezowaniu. Świadczy o tem pośrednio i temperatura szlifowin przy ich skrawaniu, wynosząca do  $1600^{\circ}$ , jak o tem można sądzić ze snopa jaskrawych iskier, których nie może stłumić silny strumień wody skierowany na miejsce styku tarczy i przedmiotu obrabianego. Skrawanie perkusyjne jest daleko mniej ekonomiczne od zwykłego pod względem spotrzebowania energii, i gdyby zadaniem szlifowania było zdzieranie wiórów, a nie wykańczanie powierzchni, to szlifierka pod względem wydajności znalazłaby się na szarym końcu poza innymi obrabiarkami.

Wygląd powierzchni obrabianej zyskuje wiele ze wzrostem prędkości obwodowej tarczy. Ta sama tarcza szlifierska da zgoła inny wynik, o ile dobrać odpowiednie prędkości i posuwy. Przy szlifowaniu zgruba należy stosować prędkość 25 m/sek., zaś przy szlifowaniu na czysto największą dopuszczalną.

**25. Szlifowanie żeliwa szarego.** Wykryć ogólne zależności pomiędzy prędkością skrawania a innymi czynnikami przy szlifowaniu żeliwa było trudniej, niż przy stali maszynowej, gdyż dobór tarczy odgrywał tu znacznie większą rolę. Jednak i w tym wypadku zwiększenie prędkości wpływało korzystnie na właściwą sprawność tarczy szlifierskiej. Gdyby tarcza była zawsze dobrze dobrana do materiału, możnaby być pewnym, że wzrostowi prędkości towarzyszyłby wzrost sprawności.

Wpływ posuwu na właściwą sprawność tarczy jest taki sam przy żelwie jak i przy stali. Inaczej rzecz się ma z głębokością skrawania. A mianowicie doświadczenia wykazały, że im głębiej wchodzi tarcza szlifierska w powierzchnię przy skrawaniu żeliwa, tem większą jest właściwa sprawność tarczy. Stosuje się to do głębokości skrawania zawartych w granicach od 0,01 do 0,16 mm. Tak więc przy szlifowaniu szarego żeliwa należy stosować duże prędkości obwodowe tarczy, małe, bądź średnie posuwy i duże głębokości skrawania.

Na 1 kg zużycia tarczy wypadają szlifowin żeliwnych:

przy małym posuwie $\delta = 12$ mm i małej głęb. skrawania $\Delta = 0,01$ mm	około 30 kg
„ dużym „ „ $\delta = 24$ mm „ „ „ $\Delta = 0,01$ mm	„ 20 kg
„ małym „ „ $\delta = 12$ mm i dużej „ „ „ $\Delta = 0,14$ mm	„ 60 kg
„ dużym „ „ $\delta = 24$ mm „ „ „ $\Delta = 0,14$ mm	„ 35 kg



Tabliczka powyższa wykazuje, że sprawność tarczy wzrasta znacznie ze zwiększeniem głębokości skrawania przy małych wartościach posuwu. Objaśnić to można własnościami fizycznymi kruchego żeliwa.

Największa właściwa sprawność tarczy szlifierskiej wyniosła 180 *kg* na 1 *kg* zużycia tarczy przy:

$$v = 25 \text{ m/sek.}, \delta = 12 \text{ mm}, \text{ zaś } \Delta = 0,14 \text{ mm.}$$

Średnia wydajność tarczy szlifierskiej wynosiła 45 *kg/godz*, czyli przeszło dwa razy tyle co przy stali maszynowej.

Opór obwodowy *P* zmniejszał się przy zwiększaniu prędkości *v* i wzrastał przy zwiększaniu posuwu i głębokości skrawania. Oboczna tabliczka przedstawia średnie wartości *P*, *A<sub>p</sub>* i *G*.

	25 m/sek			35 m/sek.		
$\delta = 0,02$	0,14	0,14	0,02	0,14	0,14	
$\Delta = 12$	12	24	12	12	24	
$P = 11$	27	42	8	27	32	
Zmniejszenie % - we $P = -$	—	—	28%	0%	20%	
$A_p = 2180$	540	350	2230	690	480	
$W = 0,124$	0,5	0,77	0,116	0,392	0,563	

Tak więc co do oporu *P* niema zasadniczych różnic pomiędzy szlifowaniem stali i żeliwa.

Wygląd powierzchni szlifowania zależy przede wszystkim od prędkości *v*. Zapomocą tej samej tarczy, na tej samej szlifierce, dobierając odpowiednie posuwy i głębokości skrawania, a co najważniejsza, zwiększając prędkość do możliwych granic, można osiągnąć gładką powierzchnię z pięknym połyskiem. Stосуje to się jeszcze bardziej do żeliwa niż do stali.

Prace prof. J. Schlesingera wykazały rzecz bardzo ważną dla rozwoju techniki szlifierskiej. Zapomocą doświadczeń i rachunku dowiódł on mianowicie, że nawet znaczną siłę oporu *P* na obwodzie tarczy należy pominąć wobec siły odśrodkowej, która nie wywołuje zresztą naprężeń wewnętrznych w tarczy, z którymi należałoby się poważnie liczyć. Opór *P* wywołuje jedynie charakterystyczne kruszenie się tarczy w miejscu styku z przedmiotem.

Aby wykazać bezzasadność obaw o działanie siły *P*, dokonano specjalnego doświadczenia, zasługującego na omówienie ze względu na wysoce niekorzystne warunki pracy tarczy szlifierskiej i doprowadzenie do najwyższego natężenia oddziaływania przedmiotu obrabianego na tarczę. Prędkość tarczy zwiększono do 35 *m/sek*, posuw i głębokość skrawania zastosowano możliwie duże. Ponieważ szlifierka dawała największą głębokość skrawania 0,16 *mm*, przeto polecono szlifierzowi dociskać tarczę do przedmiotu ręcznie, nie bacząc na to, czy wytrzyma to tarcza lub czy oporniki silnika nie zostaną spalone. Równocześnie posuw zwiększono do 50 *mm* na jeden obrót szlifowanego wałka, co odpowiadało całej szerokości tarczy. Oczywiście naprężenia wewnętrzne tarczy musiały być większe, niż w warunkach warsztatowych. Szlifierz wywiązał się dobrze ze zlecenia, zdzierając tarczę w wyjątkowo szybkim czasie. Cząsteczki tarczy odpryskiwały, nie wykonywując pracy szlifowania, tarcza była zowalizowana, a bezpiecznik silnika elektrycznego spalony. Dodać należy, że do doświadczenia użyto wyjątkowo miękkiej tarczy,



wykazującej małą wytrzymałość na rozerwanie. Tak więc wszystko przemawiało za pęknięciem tarczy pod działaniem siły odśrodkowej i oporu szlifowania. Nie nastąpiło to jednak, natomiast w ciągu niespełna trzech minut zeszlifowano tarczę ze średnicy początkowej 488 mm do średnicy 386 mm. Ciężar zdartego z tarczy materiału wynosił 8,5 kg, odwrotnie stali zeszlifowanej 2,4 kg.

Wynik ten posiada duże znaczenie praktyczne. Przy prędkości obwodowej tarczy wynoszącej 35 m/sek., współczynnik bezpieczeństwa wynosi mniej więcej 5 do 10, przy wstrząśnieniach 3 do 4-ch, o ile uwzględniać wyłącznie siłę odśrodkową. Ukośnie działająca siła na obwodzie, zjawiająca się przy szlifowaniu, a z jaką jedynie liczyć się należy, może wywołać coprawda wielkie, lecz ściśle umiejscowione, naprężenia, które kruszą stopniowo jednak szybko tarczę i które nie przedstawiają najmniejszego niebezpieczeństwa.

Zalecane poprzednio przez Grueblera dopuszczalne naprężenia tarcz szlifierskich na rozerwanie, Schlesinger uznał za zbyt duże. Sporządzając próbki z tarcz, które służyły poprzednio do doświadczeń, i badając ich wytrzymałość na rozerwanie i ściskanie, Schlesinger otrzymał następujące wyniki:

Spoiwo roślinne	max.	$\sigma_r = 106 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma_s = 656 \text{ kg/cm}^2$
	średnio	$\sigma_r = 64$	$\sigma_s = 460$
„ ceramiczne	max.	$\sigma_r = 77$	$\sigma_s = 913$
	średnio	$\sigma_r = 60$	$\sigma_s = 480$

gdzie  $\sigma_r$  oznacza naprężenie przy rozerwaniu, a  $\sigma_s$  przy zgniataniu. Są to wielkości małe w porównaniu z naprężeniami dopuszczalnymi Grueblera, wynoszącymi dla spoiwa roślinnego  $\sigma_r = 200 \text{ kg/cm}^2$ , dla mineralnego  $\sigma_r = 150 \text{ kg/cm}^2$  i dla ceramicznego  $\sigma_r = 100 \text{ kg/cm}^2$ . Pozorną sprzeczność pomiędzy doświadczeniami Grueblera i Schlesingera wyjaśnia fakt, że nawet przy mocnem dociskaniu tarczy szlifierskiej do przedmiotu powstają naprężenia ściśle umiejscowione, wywołujące kruszenie tarczy, zaś ogólny nacisk nie jest przytem duży. Wzrost temperatury w miejscu styku łącznie z polewaniem go wodą ułatwia kruszenie tarczy: tyczy się to zwłaszcza tarcz ceramicznych, które mogłyby budzić najwięcej obaw o pęknięcie. Dodajmy, że wzrost siły obwodowej oporu wywołuje zwłaszcza przy większych średnicach bardzo silne hamowanie tarczy tak, że prędzej można się spodziewać spadnięcia pasa napędowego lub spalenia bezpiecznika przy silniku, niż pęknięcia samej tarczy.

Od czasu doświadczeń prof. Schlesingera dokonany został duży postęp w wyrobieniu tarcz szlifierskich i przystosowaniu ich do rozmaitych materiałów i przedmiotów. Oceniono należycie zalety praktyczne tarcz miękkich, których powierzchnia odnawia się bez przerwy i które odznaczają się dzięki temu wielką wydajnością. Zaczęto rozszerzać dziedzinę szlifowania na coraz to nowe materiały. Wprowadzono na szerszą skalę szlifowanie zgruba części surowych, zwłaszcza odlewów. W związku z tem zjawilo się zagadnienie racjonalnego doboru tarcz szlifierskich w zależności od materiału i kształtu przedmiotu szlifowanego. Doświadczenia tego typu rozpowszechniły się zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych, gdzie prowadzą je z dużym nakładem materialnym wytwórcy tarcz szlifierskich.

Jak dalece tarcza nadająca się do pewnej obróbki może się okazać niezadawalającą przy innej robocie, świadczy przykład zaczerpnięty z doświadczeń Herming-

hausena, dokonanych w Westfalii staraniem Związku Niemieckich Hutników. Do doświadczeń użyto tarczy 450 mm średn. i 40 mm szerokości, której prędkość obwodowa wynosiła 20 m/sek. Przedmiotem szlifowanym była sztaba o przekroju 30×30 mm, którą szlifowano ze storca, dociskając ją ręcznie do tarczy. Tabliczka poniższa zestawia wyniki osiągnięte ze zwykłą tarczą szmerglową, elektrorubinową i karbosilitową:

Tarcza	Rodzaj materiału	Żel. kute walcowane	Żeliwo utwardzone	Żeliwo szare	Stal miękka
Twardość skleroskopowa		32	68—70	40	24
Szmerglowa . .	Ciężar szlifowin . . . g	565	340	460	870
Sr. twarda . .	Zawartość metalu . . .	530	296	448	793
Ziarn. 25 . .	Zawartość mater. szlif. .	35	44	12	87
Elektrorubin. .	Ciężar szlifowin . . . g	600	625	3000	1050
Sr. miękka . .	Zawartość metalu . . .	585	597	2940	1029
Ziarn. 25 . .	Zawartość mater. szlif. .	15	28	60	21
Karbosilit . .	Ciężar szlifowin . . . g	770	990	850	750
Miękka . . .	Zawartość metalu . . .	732	950	833	735
Ziarn. 30 . .	Zawartość mater. szlif. .	38	40	17	15

Z tabliczki tej okazuje się, że tarczka szmerglowa pracuje najsprawniej przy szlifowaniu miękkiej stali, dając wiórki typowego kształtu. Przy innych materiałach była ona za twarda. Tarcza elektrorubinowa o spoiwie ceramicznem nadaje się specjalnie do szlifowania szarego żeliwa, karbosilitowa do żeliwa utwardzonego.

Doświadczenia Herminghausena i innych wykazują, że tarcze wykonane z czystego, jakkolwiek drogiego materiału, opłacają się, ze względu na swą wielką wydajność, lepiej od mniej czystych, tanich. Wydajność można znacznie zwiększyć dobierając odpowiednio twardość, ziarnistość tarczy i stosując odpowiednie prędkości i posuwy.

W ostatnich czasach zastosowano z powodzeniem do przecinania mniejszych belek żelaznych, cienkich wałów stalowych i t. p. bardzo szybko wirujące gładkie tarcze stalowe. Cząsteczki metalu, rozgrzane do czerwoności w miejscu styku z tarczą, są porywane przez nią i spalane w strumieniu powietrza. Skrawanie odbywa się na sucho. Prędkość obwodowa tarczy stalowej osiąga 80 m/sek.

Według powyższej metody można przecinać żelazo kute, walcowane i stal. Żelazo lane rozgrzewa zbyt silnie tarczę, natomiast miedź i mosiądz zbyt szybko rozpraszają ciepło tak, że skrawanie jest niesprawne. Szybkość przecinania zależy w znacznym stopniu od ustosunkowania szerokości, średnicy i liczby obrotów tarczy z wymiarami przecinanego przedmiotu.

Widzimy więc, że charakter skrawania zapomocą gładkiej tarczy stalowej jest inny, jak przy szlifowaniu: przeważa w niem pierwiastek tarcia.

## ROZDZIAŁ VI.

### Charakterystyki obrabiarek.

24. Gdy mamy do obrobienia jakikolwiek przedmiot lany czy kuty, najwłaściwszą rzeczą byłoby ustalić naprzód metodę obróbki, a potem dostosować do niej maszyny. W wielu razach tak też czynimy, stwarzając np. specjalne obrabiarki do masowego wytwarzania różnych części maszynowych. Najczęściej zdarza się jednak, że przy ustalaniu metod obróbki liczymy się z istniejącymi typami obrabiarek, będącymi wynikiem pewnej ewolucji historycznej, a które odpowiadają potrzebom praktycznym, gdyż dają możliwość wykonywania na nich różnych robót.

Obrabiarka, zwana inaczej maszyną narzędziową, ma za zadanie nadawać narzędziu i przedmiotowi obrabianemu odpowiedni ruch względny. Konstrukcja jej rzadko jednak przewiduje zastosowanie jednego tylko określonego narzędzia. Nadaje się ona zazwyczaj do użycia narzędzi nietylko różnej wielkości, lecz i typu. Tak np. na tokarce można toczyć za pomocą rozmaitych nożów, wiercić otwory za pomocą wiertel i t. p. Istnieją obrabiarki uniwersalne, w których pewien zespół narzędzi wykonywa obróbkę danej części maszynowej lub przedmiotu według określonego porządku lub cyklu. W niektórych obrabiarkach kilka narzędzi obrabia równocześnie jeden lub kilka przedmiotów.

Pytanie, czy przenoszenie przedmiotu obrabianego z maszyny na maszynę przy wykonywaniu poszczególnych operacji jest racjonalniejsze od stosowania obrabiarek uniwersalnych, jest bardzo żywotne w praktyce warsztatowej. Obrabiarkom uniwersalnym daje się pierwszeństwo przy obróbce dużych i ciężkich przedmiotów, których zakładanie i zamocowywanie na maszynie zajmuje dużo czasu, więcej niekiedy, niż sama obróbka. Przy zamocowywaniu przedmiotu obrabianego na coraz to innych obrabiarkach zachodzą zawsze przesunięcia i niedokładności, napozór niewielkie, a jednak dające się bardzo odczuć przy ostatecznym dopasowywaniu części maszyny. To samo można powiedzieć i o drobnych skomplikowanych częściach maszynowych, o ile mają one czynić zadość warunkowi precyzyjnej zamienności. I w tym wypadku dobrze jest obrabiać przedmiot za pomocą szeregu narzędzi za jednorazowym zamocowaniem go w uchwycie. Przedmiot podczas całej obróbki stanowi sztywną całość z uchwytem, i nie traci się czasu na przekładanie go z maszyny na maszynę.

Obrabiarki uniwersalne posiadają skomplikowane mechanizmy, co wynika

z zastosowania ich do pracy różnych narzędzi, wymagających specjalnych prędkości i posuwów roboczych.

Charakterystyki obrabiarek są dwójakiego rodzaju: ogólne techniczne i konstrukcyjne. Do pierwszych należy: moc pożytkowa obrabiarki, od której zależy jej wydajność, dopuszczalne siły i momenty obrotowe głównych organów maszyny, za pośrednictwem których jest wprawiany w ruch przedmiot obrabiany i narzędzie, wreszcie obszar zasadniczych prędkości i posuwów roboczych. Charakterystyki konstrukcyjne dotyczą przystosowania obrabiarki do rozmaitych robót, celowości mechanizmu z punktu widzenia dogodnej obsługi, trwałości i t. p.

Mocą rzeczywistą inaczej pożytkową obrabiarki nazywamy tę ilość energii, jaką spotrzebowywa bezpośrednio narzędzie przy pełnym wyzyskaniu napędu obrabiarki. Moc rzeczywistą obrabiarki wyznacza się na podstawie pracy narzędzia przy żądanej jego wydajności. Odróżniamy ją od mocy napędowej, przedstawiającej największą ilość energii, dostarczanej obrabiarence za pośrednictwem napędu i określonej bądź z wymiarów koła pasowego, bądź na podstawie mocy silnika elektrycznego. Stosunek mocy rzeczywistej do napędowej nazywamy skutkiem użytecznym, bądź sprawnością obrabiarki.

Normalnym biegiem roboczym obrabiarki nazywamy taki, przy którym jest ona całkowicie wyzyskana, jednak bez przeciążenia. Przy biegu jałowym narzędzie jest całkowicie wyłączone z pracy. Pomiędzy biegiem roboczym a jałowym istnieje cały szereg stanów pośrednich, którym odpowiadają pewne wartości mocy rzeczywistej i napędowej, pozostające poniżej omówionych poprzednio wielkości charakterystycznych.

Moc rzeczywistą obrabiarki można wyznaczyć doświadczalnie za pomocą dynamometru, bądź obliczyć zgruba z mocy napędowej, przyjmując odpowiednie współczynniki tarcia w mechanizmach obrabiarki i określając tym sposobem jej sprawność. Dogodną metodę stanowi niekiedy wyznaczanie mocy rzeczywistej za pomocą bezpośredniego skrawania przy użyciu określonego materiału, narzędzia i posuwów, gdy znamy opór właściwy skrawania. Korzystamy wówczas z proporcjonalności pomiędzy wydajnością a energią zużywaną na skrawanie, zaznaczoną przez nas w rozdziale pierwszym. Przy próbach na wydajność jest rzeczą ważną uwzględnić najkorzystniejsze warunki obróbki, mocne osadzenie przedmiotu i narzędzia, wreszcie racjonalne prędkości i posuwu.

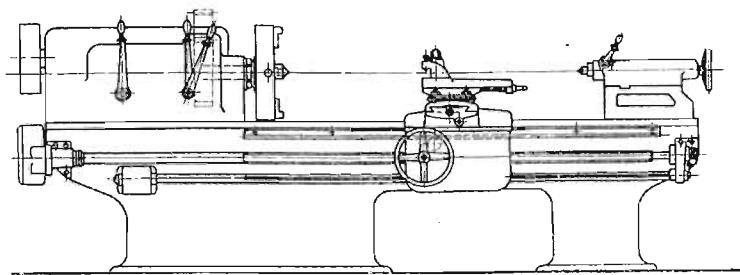
Sprawność obrabiarki zależy od rodzaju przekładni napędowych i posuwowych, oraz od dokładności wykonania mechanizmów: obliczyć ją można na podstawie ogólnych wzorów mechaniki technicznej. W nowoczesnych obrabiarkach istnieje dążność do zwiększenia sprawności, wyrażająca się w unikaniu przekładni ślimakowych w głównym napędzie, w unikaniu jałowego biegu kół zębatych, w stosowaniu oporowych łożysk kulkowych, w precyzyjnym wykonywaniu części ruchomych za pomocą szlifowania i docierania powierzchni, wreszcie w starannym smarowaniu mechanizmów, umieszczonych np. w skrzynkach żeliwnych, szczelnie zamkniętych i wypełnionych częściowo smarem.

Obszar prędkości roboczych i posuwów wyznacza się w zależności od tego, czy obrabiarka ma służyć do obróbki przedmiotów tej samej mniej więcej, czy też bardzo rozmaitej wielkości i twardości. Przy tokarkach należy np. ustalić, czy

przy danych liczbach obrotów można skrawać z dostateczną prędkością na rozmaitych średnicach, przy frezarkach zaś—jakiej średnicy frezy można stosować, utrzymując w pewnych granicach ich prędkość obwodową. Przy obrabiarkach wymagających stale tych samych mniej więcej prędkości roboczych można stosować mechanizmy proste. Przy obrabiarkach do robót różnorodnych stosuje się skomplikowane zespoły prędkości, czyli skrzynki zmianowe z kołami zębatymi i sprzęgłami ciernymi i kłowymi, przełączanymi zapomocą dźwigni.

Zanim przystąpimy do opisu ważniejszych obrabiarek i sposobów wykonywania na nich zasadniczych robót warsztatowych, omówimy najważniejsze charakterystyki techniczne obrabiarek znanych typów, opierając się pod tym względem na pracy inż. Jana Piotrowskiego p. t. „Metody obliczania czasu roboczego na obrabiarkach“. (Wyd. Koła Mechaników przy Stow. Techników w Warszawie).

**25. Charakterystyki tokarki pociągowej.** Rys. 75 przedstawia schematycznie tokarkę pociągową, t. j. taką, na której obok zwykłych robót cylindrycznych, stożkowych i innych, można wykonywać i śruby o różnych skokach.



Rys. 75.

Tokarka powyższa składa się z główicy z jednostopniowym napędem kołem pasowym, z łoża z prowadnicami, umieszczonego na dwóch nogach skrzynkowych, z konika zamocowywanego na łożu w dowolnym punkcie zapomocą śrub zaciskowych, wreszcie z ruchomego wzdłuż łoża suportu, na którym umieszcza się narzędzie. Przedmiot obrabiany zamocowuje się bądź w ostrzach główicy i konika, bądź w uchwycie, nasadzonym na wrzeciono główicy i zaopatrzonym w odpowiednie szczęki rozsuwne.

Główica posiada złożony mechanizm, składający się z kół zębatych i sprzęgieł, przełączanych zapomocą umieszczonych z przodu dźwigni z rękojeściami. Stanowi ona zespół kilkunastu prędkości uszeregowanych racjonalnie według postępu geometrycznego. Przystawiając odpowiednio dźwignie według schematu podanego na tabliczce, umieszczonej zazwyczaj na główicy, zmieniamy w szerokich granicach liczby obrotów wrzeciona, a wraz z nim i naszonego na niem uchwytu z przedmiotem obrabianym. Daje to możność osiągnięcia żądanej prędkości skrawania przedmiotu obrabianego zależnie od jego średnicy według wzoru:  $v = \pi Dn$ , gdzie  $v$  oznacza prędkość obwodową w  $m/min.$ ,  $D$ —średnicę toczenia w  $m$ , zaś  $n$ —liczbę obrotów na minutę.

Suport posiada dość złożoną budowę ze względu na przesuw ręczne w kierunku wzdłużnym, poprzecznym i ukośnym, oraz mechaniczne w kierunku wzdłuż-

nym i poprzecznym. Do przesuwów ręcznych służy wierzchnia część suportu, składająca się z imaka nożowego, z suwaka imakowego na skręcie, dającym możliwość dowolnego przesuwu ukośnego, wreszcie z suwaka do przesuwu poprzecznego na saniach suportowych. Ostatni suwak może otrzymywać przesuw nie tylko ręczny lecz i mechaniczny.

Przy nacinaniu śrub mechaniczny przesuw wzdłużny odbywa się za pośrednictwem śruby pociągowej przy łożu i nakrętki umieszczonej w zamku suportu. Śruba otrzymuje od wrzeciona głowicy mniej lub więcej szybki obrót za pośrednictwem przekładni kół zębatach i ciągnie suport za pośrednictwem nakrętki pociągowej. Przy zwykłym toczeniu korzysta się z zębataki przykręconej do łoża, z którą zazębia się tryb w zamku tokarki, otrzymujący obrót od przekładni zębatej wewnątrz zamka oraz od wałka napędowego przy łożu, zaopatrzonego w odpowiedni rowek na klin. Wałek napędowy otrzymuje obrót od wrzeciona głowicy, podobnie jak i śruba pociągowa.

Moc napędową tokarki pociągowej określa wzór:

$$N_n = \frac{R \cdot v}{60 \cdot 75},$$

gdzie  $R$  oznacza siłę przenoszoną przez pas w  $kg$ , zaś  $v$  prędkość obwodową koła pasowego, mierzona jak zwykle w  $m/min$ . Siła, z jaką ciągnie  $1 mm$  szerokości pasa, zależy od wielu czynników, od prędkości obwodowej pasa, jego rodzaju, grubości, przylegania, naciągnięcia i t. p. Wobec tego, że trudno przewidzieć, jaki pas znajdzie zastosowanie w danej obrabiarce i czy będzie on dostatecznie naciągnięty, przyjęto siłę  $R$  uzależniać od szerokości koła pasowego obrabiarki. Uważa się więc, że przy małych prędkościach i wymiarach koła pasowego  $1 mm$ -wi szerokości tego koła odpowiada siła obwodowa  $0,5 kg$ , przy dużych dochodząca do  $1 kg$ . Mimoходом zauważymy, że jest rzeczą racjonalną stosować przy napędzie pasowym możliwie duże prędkości obwodowe, gdyż daje to możliwość osiągnięcia dużej  $R$  przy małych wymiarach koła pasowego.

Moc rzeczywista obrabiarki  $N_{rs} = N_n \cdot \eta$ , gdzie  $\eta$  oznacza sprawność obrabiarki. Wyznaczanie posuwów umożliwia wzór:

$$N_{rs} = \frac{s \cdot \sigma \cdot v}{60 \cdot 75},$$

dający możliwość określenia iloczynu:

$$s \cdot v = \frac{4500 \cdot N_{rs}}{\sigma}.$$

Przy wyborze  $s$  i  $v$  należy mieć przedewszystkiem na względzie, aby iloczyn  $sv$  nie przekroczył wielkości wskazanej przez wzór powyższy. Prędkość  $v$  nie może być dowolna, ogranicza ją warunek, że danemu posuwowi i głębokości odpowiada określona przez wzory lub tablice Taylora prędkość toczenia, której nie wolno przekroczyć, gdyż inaczej spali się nóż. Bywa, że iloczyn  $s \cdot v$  dosięga wartości wskazanej przez wzór poprzedni: mówimy wówczas, że obrabiarka jest całkowicie wyzyskana, lub że pracuje na pełnym biegu. Gdy jakiegokolwiek względy zmuszają nas do tego, aby iloczyn  $s \cdot v$  pozostawał poniżej tej wartości, należy starać się o to, aby był on jaknajwiększy.

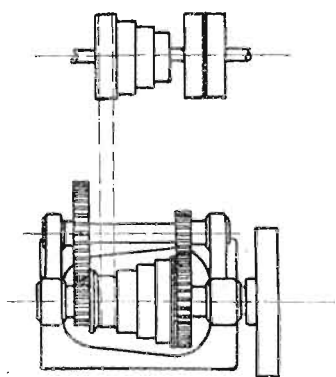
Pomińmy na razie ograniczenia co do dowolnego wyboru przekroju wióra, wynikające z wytrzymałości samego przedmiotu obrabianego i narzędzia na zginanie, ścinanie i skręcanie, a omówmy te, jakich wymaga wzgląd na całość obrabiarki. Przypuszczamy jednak, że maszyna jest racjonalnie zbudowana, a wówczas na pęknięcie lub uszkodzenie wskutek nadmiernego oporu skrawania narażonych jest kilka charakterystycznych części. W głowicy wymaga więc najczęściej sprawdzenia wytrzymałość przekładni zębatej, pędzącej bezpośrednio wrzeciono: określa ona największy moment skręcający wrzeciono. Przekładnia powyższa jest zaznaczona schematycznie na rys. 75. Prócz tego istnieje często obawa o zatarcie panewki w przednim łożysku wrzeciona: wynika stąd ograniczenie dopuszczalnego całkowitego oporu skrawania, czyli przekroju wióra. Przy nadmiernym oporze posuwowym narażone są na wyłamanie zęby tryba w zamku suportowym, będącego we chwycie z zębatką przy łożu. Przy małych wymiarach prowadnic łoża istnieje obawa zatarcia sań suportowych na łożu.

Wszystkie ograniczenia powyższe sprowadzają się do wyznaczenia dwóch ważnych charakterystyk tokarki pociągowej: dopuszczalnego ogólnego nacisku na nóż i dopuszczalnego momentu skręcającego wrzeciono  $M$ .

Moment skręcający wrzeciono  $M = PD/2 = 716200 N/n \text{ kgmm}$ , gdzie  $P = s \cdot \sigma$  oznacza nacisk ogólny na nóż tokarski,  $D$  — średnicę toczenia w  $mm$ , zaś  $n$  liczbę obrotów na minutę przedmiotu obrabianego. Znając współczynniki wytrzymałości wrzeciona i dopuszczalne ciśnienia w łożyskach i prowadnicach, możemy z łatwością obliczyć te charakterystyki obrabiarki.

Obszar prędkości obrotowej wrzeciona określa stosunek największej do najmniejszej liczby obrotów. Jest rzeczą pierwszorzędnej wagi, aby stopniowanie liczb obrotów wrzeciona było dość gęste i aby było prawidłowe według postępu geometrycznego. To samo tyczy się i posuwów wzdłużnych i poprzecznych.

**26. Moc tokarki pociągowej ze stopniowem kołem pasowym.** Bardzo dogodny pod względem konstrukcyjnym sposób zmiany liczby obrotów wrzeciona tokarki stanowi napęd do stopniowego koła pasowego. Koła takie, zazwyczaj tej samej wielkości, posiada wówczas głowica i przystawka stropowa, przenosząca ruch z głównej pędni na tokarkę (rys. 76).



Rys. 76.

Prędkość obwodowa na poszczególnych stopniach koła pasowego jest przy stałej liczbie obrotów przystawki różna i stąd też należałoby uważać za różne i siły ciągnięcia pasa. Z pewnym przybliżeniem można je wszakże uważać za stałe, co jest poniekąd usprawiedliwione przez tę okoliczność, że gdy pas jest założony na najmniejszy stopień koła pasowego głowicy, to jego prędkość jest największa, a łuk przylegania najmniejszy.

Doświadczenia prof. Jerzego Schlesingera nad napędem pasowym tokarki pociągowej ze stopniowem kołem pasowym, wykazały z zadziwiającą dokładnością słuszność tego zapatrywania.



Obliczmy moc napędową głowicy z pięciostopniowym kołem pasowym. Oznaczmy przez  $\psi$  stosunek średnic dwóch sąsiednich stopni koła pasowego głowicy lub przystawki. Średnice te szeregują się zwykle prawidłowo według postępu geometrycznego:  $D, D\psi, D\psi^2, D\psi^3, D\psi^4$ . Według podobnego szeregu ułożą się i prędkości pasa  $v, v\psi, v\psi^2, v\psi^3, v\psi^4$ . Ponieważ moc  $N = \frac{P \cdot v}{4500}$ , przeto, o ile uznamy  $P$  za wielkość stałą, otrzymamy pięć wartości na moc napędową tokarki:  $N_1 = N; N_2 = N\psi; N_3 = N\psi^2; N_4 = N\psi^3; N_5 = N\psi^4$ .

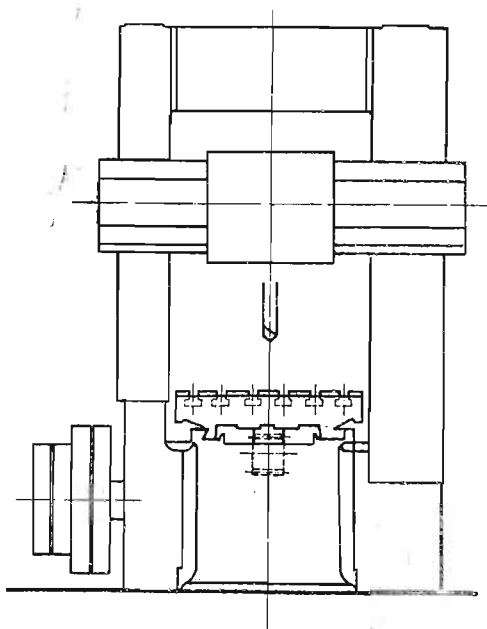
Prędkość pasa, a więc i moc napędowa tokarki, będzie największą, gdy pas będzie założony na największy stopień koła przystawki i na najmniejszy głowicy. Można wtedy osiągnąć największą wydajność obrabiarki. Ponieważ przy toczeniu przedmiotów o dużej średnicy pożądaną jest rzeczą rozporządzać dużą mocą obrabiarki i równocześnie małą liczbą obrotów wrzeciona, więc konieczność zakładania pasa na najmniejszy stopień koła głowicy, czyli na szybki bieg wrzeciona, stanowi niekiedy bardzo poważne ograniczenie w kierunku wyzyskania całkowitej największej mocy obrabiarki.

Moc napędowa tokarki z jednostopniowym kołem pasowym, pędzonym przez przystawkę stropową o zmiennej liczbie obrotów, nie jest również wielkością stałą. O ile przystawka posiada jednak drobną zmianę liczby obrotów, nie stanowi to niedogodności. Zato z wywodów ogólnych wynika, że próby zapewnienia tokarkom i wogóle obrabiarkom wielu prędkości obrotowych zapomocą przystawki stropowej, stanowiącej odpowiedni zespół zmian obrotów, są najzupełniej chybione, gdyż moc obrabiarki waha się wówczas w zbyt szerokich granicach.

Przy napędzie elektrycznym z przekładnią zębatą zamiast pasa, największą dopuszczalną moc obrabiarki, zwaną w skróceniu jak poprzednio, napędową mocą obrabiarki, można uważać za wielkość stałą.

### 27. Charakterystyki strugarki podłużnej.

Rys. 77 przedstawia schematycznie strugarkę podłużną, zaś rys. 78 jej zdjęcie fotograficzne. Przedmiot obrabiany jest przymocowany do stołu poziomego, przesuwanego się tam i z powrotem wzdłuż łoża strugarki. Narzędzie jest zamocowane w imaku na suporcie, przesuwanym w poprzek stołu roboczego wzdłuż belki poziomej. Dwa pionowe stojaki, ześrubowane u dołu z łożem, zaś u góry połączone poprzeczką, stanowią rodzaj bramy, przez którą przesuwa się przedmiot obrabiany. Stojaki posiadają pionowe prowadnice, wzdłuż których podnosi się lub opuszcza mechanicznie belka suportowa. Tym sposobem narzędzie

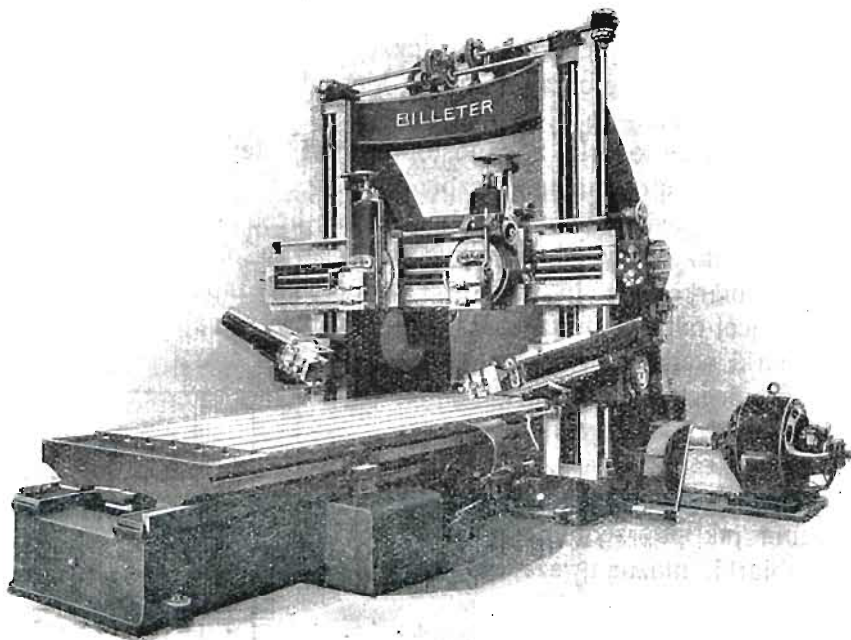


Rys. 77.

może posiadać przesuw poziomy, pionowy i dzięki odpowiedniej konstrukcji suportu, również i ukośny.

Stół strugarki posiada jedną, rzadziej kilka prędkości roboczych i jedną prędkość ruchu powrotnego. Prędkość robocza jest zwykle około 3 razy mniejsza od powrotnej. Zwiększanie prędkości powrotnej jest ograniczane przez tę okoliczność, że siły bezwładności napędowych kół pasowych podczas nawrotu stołu mogłyby być tak duże, że spożycie energii podczas biegu jałowego byłoby większe, niż przy biegu roboczym.

Napęd przedstawionej na rys. 77 strugarki stanowią cztery koła pasowe: dwa większe i dwa mniejsze, do dwóch pasów prostego i skrzyżowanego. Jedno większe i jedno mniejsze koło są osadzone luźno na wałku napędowym i służą wy-



Rys. 78.

łącznie do tego, by spoczywał na nich jeden z pasów napędowych w tym czasie, gdy drugi porusza jedno z kół zaklinowanych na wałku. Z wymiarów kół pasowych i liczb obrotów można obliczyć w przybliżeniu moc napędową strugarki podczas biegu roboczego i powrotnego.

Ważną charakterystykę strugarki podłużnej stanowi dopuszczalna siła skrawania na powierzchni stołu. W danym wypadku napęd stołu składa się z dużego i mocnego koła zębatego, umieszczonego w łożu i będącego we chwycie z zębatką przyśrubowaną do stołu od spodu. Tryb ten musi przewycięzać prócz oporu skrawania jeszcze dodatkowe tarcie w prowadnicach stołu i łoża proporcjonalne do ciężaru stołu wraz z przedmiotem obrabianym. Różnicę pomiędzy dopuszczalnym obciążeniem zębów tryba, a tarcie wywołane przez ciężar stołu, przyjęto nazywać siłą skrawania na powierzchni stołu strugarki.

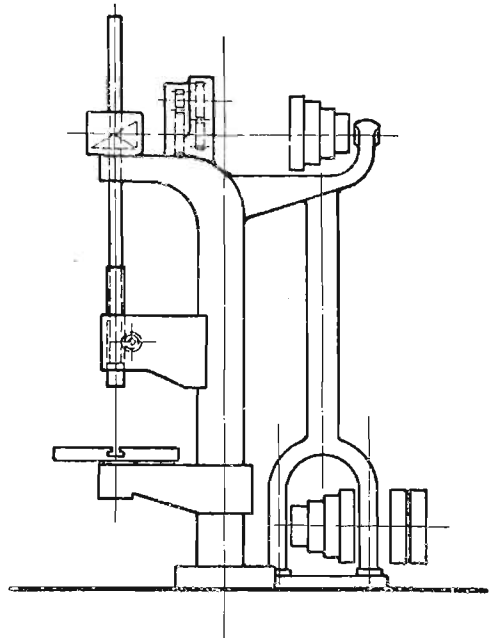
Wyznaczanie przekroju wióra przy struganiu jest rzeczą o wiele łatwiejszą, niż przy toczeniu ze względu na stałą prędkość skrawania. Trzeba znać przytem moc napędową i skutek użyteczny strugarki, ciężar przedmiotu obrabianego i opór właściwy materiału skrawanego.

Znając nieużyteczny przesuw stołu przy przerzucaniu pasa oraz czas nań potrzebny, można wyznaczyć z łatwością wydajność strugarki.

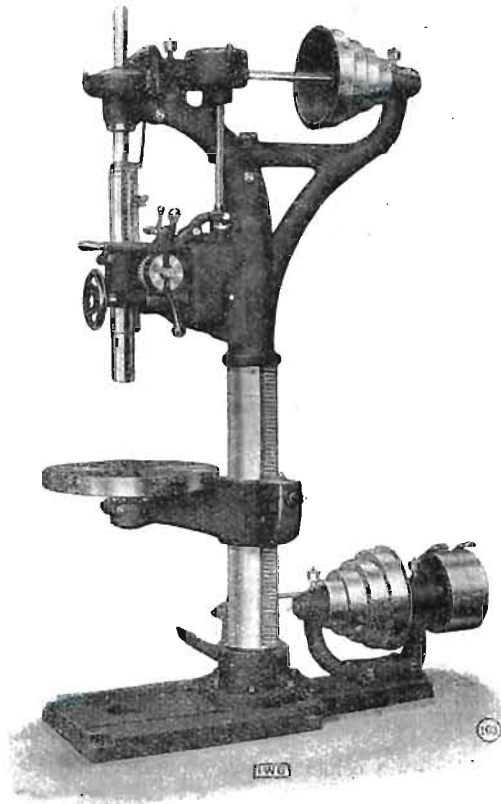
**28. Charakterystyki wiertarki.** Rys. 79 i 80 przedstawiają zwykłą wiertarkę pionową z czterostopniowym kołem pasowym, napędzaną przez jedno stałe i jedno luźne koło pasowe do przerzucania pasa. Mechanizm do obracania wrzeciona składa się ponadto z dwuprędkościowej skrzynki zmianowej z kołami zębatymi oraz z przekładni stożkowej pod prostym kątem. Wrzeciono posiada  $4 \times 2 = 8$  prędkości obrotowych, uszeregowanych jak zwykle według postępu geometrycznego. Przedstawiona na rys. 80 wiertarka posiada trzy różne automatyczne posuwy.

Moc napędowa obrabiarki zależy od tego, na jaki stopień koła pasowego założony jest pas. Uwzględniając sprawność obrabiarki, otrzymamy moc rzeczywistą rozporządzalną „na wiertle”. Ponieważ sprawność wiertarki jest inna przy bezpośrednim pędzeniu zapomocą pasa, jak przy włączeniu przekładni w skrzynce zmianowej, przeto otrzymamy ogółem 8 odrębnych wartości na moc rzeczywistą.

Porównanie dopuszczalnego obciążenia wrzeciona na skręcanie i przekładni stożkowej na wyłamanie zębów da możliwość określenia dopuszczalnego momentu obrotowego wrzeciona  $M$ . Wybieramy mniejszą z tych dwóch wartości.



Rys. 79.



Rys. 80.

Znając wszystkie stopnie mocy rzeczywistej wiertarki, moment obrotowy wrzeciona i dopuszczalny nacisk poosiowy, jaki określa wytrzymałość koła zębatego przesuwającego na dół zazębianą tuleję, w której obraca się wrzeciono, można obliczyć na podstawie doświadczeń Smitha lub Codrona największe średnice wiertel, jakie mogą być użyte przy wierceniu różnych materiałów przy różnych posuwach. Podstawiając w równanie, wyrażające zależność nacisku na wiertło od jego średnicy przy wierceniu stali:

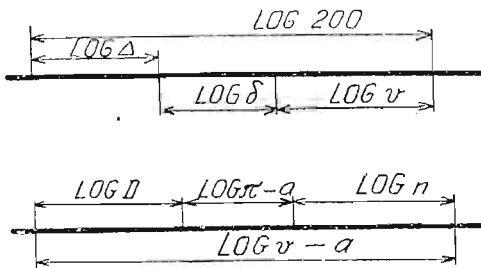
$$P = 241 d^{0.7} \cdot \delta^{0.6}$$

wartości znane  $P_{\max}$  i  $\delta$  możemy obliczyć  $d_{\max}$ . Podobnie wzór  $n = 716200 N/M$  da możliwość obliczenia dopuszczalnej liczby obrotów wrzeciona ze względu na moc i moment obrotowy.

Przytoczone przykłady dadzą czytelnikowi możliwość wyznaczania samodzielnego elementarnych charakterystyk innych obrabiarek.

### Ć w i e z e n i a.

Obciążenia bezpieczne i współczynniki tarcia, jakie należy stosować przy obliczaniu charakterystyk tokarek, strugarek, wiertarek, wytaczarek, frezarek i szlifierek, można znaleźć w podręcznikach konstrukcji maszyn. Aby ułatwić rozwiązywanie poniżej podanych ćwiczeń liczbowych, podajemy niektóre z nich. Tak np. uważamy, że materiał, z którego wykonane są wrzeciona obrabiarek, może być obciążony do  $400 \text{ kg/cm}^2$ , o ile naprężenie wywołane jest głównie przez gięcie i mniej przez skręcanie. Długie wrzeciona i walki, obciążone symetrycznie wyłącznie na skręcanie, mogą być obciążone do  $200 \text{ kg/cm}^2$ . Koła zębate obliczamy według wzorów i tablic W. Lewisa (Polski kalendarz techniczny, 1914, str. 168). Dopuszczalne ciśnienie na powierzchnię łożysk wrzeciona przyjmujemy  $15 \text{ kg/cm}^2$ , prowadnic  $20 \text{ kg/cm}^2$ . Sprawność przekładni zębatej z uwzględnieniem tarcia międzyzębnego i łożyskowego dla typowej obrabiarki mniejszych rozmiarów przyjmujemy dla ułatwienia obliczeń  $\eta = 0,9$  do  $0,95$ . Współczynnik tarcia prowadnic smarowanych  $f = 0,05$ . Mechaniczna sprawność zwyczajnych tokarek, strugarek, wiertarek i frezarek wynosi około  $0,75$ .



Rys. 81.

Przykład 1. Znaleźć charakterystyki tokarki pociągowej (rys. 75; z jednostopniowym kołem pasowym  $300 \text{ mm}$  średn. i  $95 \text{ mm}$  szerokości, czyniacem  $530 \text{ obr. na min.}$  Szyjka wrzeciona w przednim łożysku posiada długość  $150 \text{ mm}$  i średnicę  $75 \text{ mm}$ , panewki są wykonane z materiału, dopuszczającego przy dobrym smarowaniu ciśnienie do  $18 \text{ kg/cm}^2$ . Wrzeciono jest pędzone bezpośrednio przez przekładnię czołową, składającą się z małego koła ze stali kutej o liczbie zębów  $z = 14$  i modulu  $m = 4$  i dużego lancgo stalowego:  $z = 70$  i  $m = 4$ . Oba koła posiadają wieńce szerokości  $78 \text{ mm}$ . Tryb pędzący suport

i przewyżczający opór posuwowy nie wymaga sprawdzania ze względu na swe dostateczne wymiary.

Sprawność ogólna tokarki wynosi  $0,75$ .

16 liczb obr. na min. wrzeciona jest rozstawionych w szeregu geometrycznym:

$n = 5,8 \quad 8 \quad 9,5 \quad 13,5 \quad 18,5 \quad 26 \quad 31 \quad 44 \quad 58 \quad 80 \quad 95 \quad 135 \quad 188 \quad 260 \quad 310 \quad 440$

8 posuwów wzdłużnych jest rozstawionych również prawidłowo:

$\delta = 0,27 \quad 0,37 \quad 0,53 \quad 0,75 \quad 1,06 \quad 1,5 \quad 2,1 \quad 3 \text{ mm}$

Każdy z ośmiu posuwów poprzecznych  $= 0,7$  posuwu wzdłużnego.

Znaleźć moc napędową i rzeczywistą tokarki, dopuszczalne przekroje wiórów przy skrawaniu stali z oporem właściwym  $\sigma = 180 \text{ kg/mm}^2$  i żeliwa szarego  $\sigma = 90 \text{ kg/mm}^2$ , następnie wartości iloczynu  $sv$  dla tych materiałów przy pełnym wyzyskaniu mocy rzeczywistej tokarki i przy wolnych obrotach, nie dających możliwości jej wyzyskania z powodu niedostatecznej wielkości momentu obrotowego wrzeciona.

R o z w i ą z a n i e. Prędkość obwodowa koła pasowego wynosi  $v = \frac{\pi \cdot 0,3 \cdot 530}{60} = 8,3 \text{ m./sek.}$   
Siła pociągowa pasa dzięki użyciu naprężacza wynosi, dajmy na to,  $R = 95 \text{ kg}$ , skąd moc napędowa  $N_n = \frac{95 \cdot 8,3}{75} = 10,6 \text{ k. m.}$

Tryb pędzący wieniec zębaty na wrzecionie w głowicy jest wykonany ze specjalnej stali, wzmacnia go pełne obrzeże. Dopuszczalna siła na obwodzie tego tryba wynosi według Lewisa:

$$36 \cdot \frac{78}{40} \cdot 17,5 = \text{około } 1250 \text{ kg,}$$

zaś moment obrotowy wrzeciona

$$M = 1250 \cdot 140 = 175\,000 \text{ kgmm.}$$

Moc rzeczywista tokarki wyniesie  $10,6 \cdot 0,75 = 8 \text{ k. m.}$  Iloczyn  $sv$  dla stali osiowej  $sv = 4500 \text{ N}/\sigma = \frac{4500 \cdot 8}{180} = 200$ , zaś dla żeliwa szarego  $sv = 400$ .

Najmniejsze  $n$ , przy którym można osiągnąć całkowitą wydajność tokarki, wynosi

$$n = \frac{716\,200 \cdot 8}{175\,000} = 32.$$

Dla stali osiowej iloczyn  $sv$  będzie przy mniejszych liczbach obrotów wynosił odpowiednio:

$$\begin{array}{cccccc} n = & 18,5 & 13,5 & 9,5 & 8 & 5,8 \\ sv = & 110 & 84 & 58 & 50 & 36 \end{array}$$

P r z y k ł a d 2. Mamy do obtoczenia na omawianej tokarce wałek długości  $600 \text{ mm}$ . Średnica początkowa wynosi  $110 \text{ mm}$ , po obtoczeniu zgruba  $100 \text{ mm}$ . Opór skrawania wynosi  $180 \text{ kg/mm}^2$ . Dobrać posuw i prędkość skrawania tak, aby tokarka była wyzyskana na wydajność.

R o z w i ą z a n i e. Największy dopuszczalny przekrój wióra z danego materiału wynosi  $11 \text{ mm}^2$ . Największy posuw, jaki możemy zastosować, biorąc głębokość skrawania  $(110 - 100) : 2 = 5 \text{ mm}$ , jest  $11 : 5 = 2,2 \text{ mm}$ . Spróbujmy toczyć posuwem  $1,5 \text{ mm}$ , aby nie przeciążać zbyt mechanicznie. Moment oporu skrawania wyniesie wówczas

$$5 \cdot 1,5 \cdot 180 \cdot \frac{105}{2} = 71\,000 \text{ kgmm,}$$

czyli jest mniejszy znacznie od dopuszczalnego momentu skręcania wrzeciona.

Prędkość toczenia określi wzór  $sv = 200$ , skąd  $v = 26,6 \text{ m./min.}$  Tablica Taylora wskazuje przy toczeniu stali średniej twardości przy  $\Delta = 5 \text{ mm}$  i posuwie  $\delta = 1,6 \text{ mm}$  prędkość praktyczną  $26 \text{ m./min.}$  czyli przy nieco większym posuwie, mało co mniejszą.

Liczbę obrotów na minutę da wzór  $n = \frac{v}{\pi D} = \frac{26600}{\pi \cdot 105} = 80$ .

Prędkość przesuwowa suportu przy  $80 \text{ obr./min.}$  wrzeciona i posuwie  $1,5 \text{ mm}$  wyniesie  $80 \cdot 1,5 = 120 \text{ mm./min.}$  Ponieważ długość wałka wynosi  $600 \text{ mm}$ , przeto czas obróbki wyniesie  $5 \text{ minut.}$

U w a g a. Do szybkiego wyznaczania posuwów i liczb obrotów wrzeciona służą specjalne logarytmiczne suwaki rachunkowe. Rys. 81 przedstawia schemat takiego suwaka. W umówionej skali na nieruchomej części suwaka odłożona jest długość logarytmu stałej wartości iloczynu  $sv$  dla danego materiału. Przy skrawaniu stali odkładamy np.  $\log 200$ . Długość tego odcinka będzie się równała sumie długości  $\log \Delta + \log \delta + \log v$ . Podziałka odpowiadająca głębokości skrawania znajduje się na nieruchomej części suwaka, pozostałe na ruchomej. Działanie polega na tem, że do długości przedstawiającej  $\log \Delta$  dodajemy odcinek  $= \log \delta$  i szukamy naprzeciwko strzałki, odpowiadającej długości  $\log 200$ , wartości  $v$ :

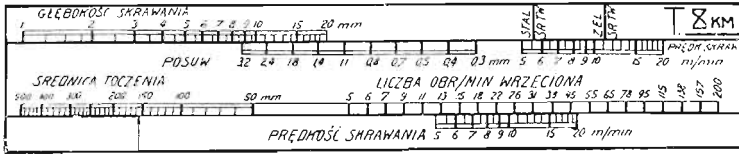
$$\log v = \log 200 - \log \Delta - \log \delta.$$

W podobny sposób znajduje się liczbę obrotów wrzeciona  $n$  w zależności od wyznaczonej poprzednio prędkości  $v$  i średnicy toczenia  $d$ , według wzoru

$$\log n = \log v - \log d - \log \pi,$$

przyczem od obu stron równania można odjąć lub dodać wielkość stałą  $a$ .

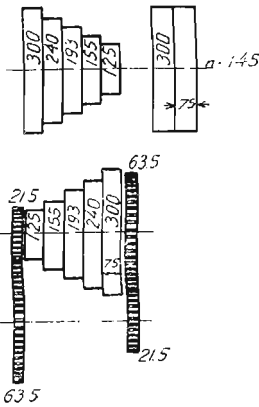
Rys. 82 przedstawia całość takiego suwaka. W połączeniu z tabliczką prędkości praktycznych Taylora pozwala rozwiązać on szybko zagadnienia dotyczące toczenia na danej maszynie.



Rys. 82.

Wprawdzie wszystkie działania możnaby uskutecznić i za pomocą zwykłego suwaka, jednak nie tak prędko i nie tak dogodnie, gdyż uwzględnienie w suwaku specjalnym głównych charakterystyk obrabiarki nadaje działaniom pożądaną przejrzystość.

Przykład 3. Wyznaczyć charakterystyki głowicy tokarki z pięciostopniowym kołem pasowym według schematu załączonego na rys. 83.



Rys. 83.

Przekładnia zębata składa się z kół mniejszych stalowych  $z=21$ ,  $m=5$  i większych żeliwnych  $z=63$  i  $m=5$ . Szerokość kół zębata wynosi  $10m=50$  mm. Przyjmujemy, że 1 mm szerokości jakiegokolwiek stopnia koła pasowego odpowiada 0,7 kg siły pociągowej pasa.

Rozwiązanie. Głowica posiada ogółem 10 prędkości, przyczem stosunek największej do najmniejszej liczby obrotów wynosi  $i = \frac{(300)^2 \cdot (63)^2}{(125)^2 \cdot (21)^2} = \frac{(12)^2 \cdot 9}{25} = 52$ . Przy stopniowaniu

geometrycznym stosunek postępu  $\psi = \sqrt[10]{52} = 1,55$ . Ponieważ przekładnia koła stopniowego  $i_1 = \left(\frac{300}{125}\right)^2 = 5,76 = \omega \psi^4$ , zaś przekładnia zębata w głowicy  $i_2 = 9 = \omega \psi^5$ , przeto wnosimy, że liczby obrotów na minutę wrzeciona są rozłożone prawidłowo według postępu geometrycznego.

Moc tokarki wynosi przy 145 obrotach na min. przystawki stropowej i założeniu pasa na najmniejszy stopień koła pasowego głowicy

$$N_n = \frac{75 \cdot 0,7 \cdot 0,125 \cdot \pi \cdot 348}{4500} = 1,58 \text{ k. m.}$$

Przy założeniu pasa na stopień największy moc napędowa głowicy wyniesie

$$N_n = 0,66 \text{ k. m.}$$

Największy moment skręcający wrzeciono po włączeniu przekładni zębataj obliczymy na podstawie wytrzymałości koła zębatego na wrzecionie. Przyjmując obciążenie zęba koła stalowego  $900 \text{ kg/cm}^2$ , otrzymamy według tablicy Lewisa

$$M = 89 \cdot 9 \cdot 15,75 = 126\,000 \text{ kgmm.}$$

Tokarka posiada wysokość ostrzy 250 mm. Nad suportem można obtaczać średnice do 380 mm, w wykroju łoża do 850 mm. Jest rzeczą ciekawą, jakie można przytem stosować prędkości skrawania, posilkując się liczbami obrotów na min. wrzeciona, jakie można obliczyć ze schematu:

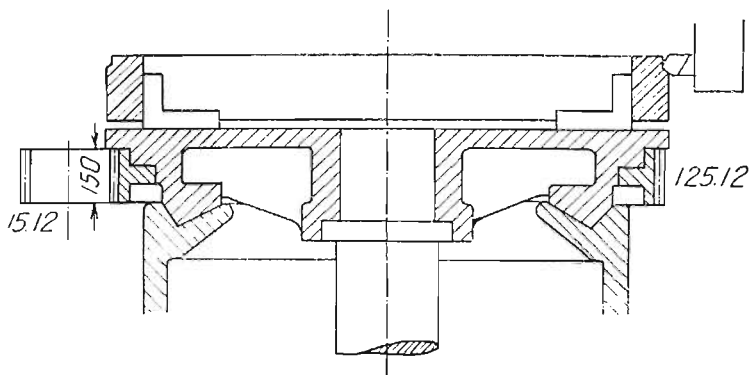
$$n = 6,7 \quad 10,4 \quad 16 \quad 25 \quad 39 \quad 60 \quad 94 \quad 146 \quad 225 \quad 348.$$

Najmniejsza prędkość toczenia na średnicy 380 mm wynosi

$$v = 0,38 \cdot \pi \cdot 6,7 = 8,1 \text{ m/min.}$$

Na średnicy 500 mm wyniesie ona 10,6 m/min., w wykroju łoża 17 m/min. Są to wielkości odpowiadające najzupełniej skrawaniu różnych materiałów stosunkowo ciekawym wiórem za pomocą noża ze stali szybko tnącej.

Przykład 4. Rys. 84 przedstawia tarczę tokarki karuzelowej z wieńcem zębatym o średnicy podziałowej 1500 mm. Na karuzelówce tej chcemy obrabiać obręcze z twardej stali bandażowej o średnicy wynoszącej około 1500 mm. Opór skrawania tej stali ze względu na jej małą ciągliwość nie jest zbyt duży i wynosi  $\sigma = 180 \text{ kg/mm}^2$ , zato prędkości skrawania muszą być małe. Projektujemy skrawać zgruba warstwę 10 mm za jednym przejściem noża zdzieraka, sto-



Rys. 84.

sując posuw 2 mm. W tych warunkach uważamy za stosowne prędkość skrawania ograniczyć do 6 m/min. Zaprojektować moc tokarki i wymiary wieńca zębatego.

Rozwiązanie. Przekrój wióra wyniesie  $10 \cdot 2 = 20 \text{ mm}$ . Moc rzeczywista karuzelówki wyniesie  $\frac{20 \cdot 180 \cdot 6}{60 \cdot 75} = 4,8 \text{ k. m}$ . Moc napędowa przy sprawności 0,7 wyniesie około 7 k. m.

Moment skręcający wrzeciona będzie  $M = 20 \cdot 180 \cdot 75 = 270\,000 \text{ kgmm}$ . Siła na obwodzie wieńca zębatego karuzelówki  $P = 3600 \text{ kg}$ . Zastosujemy podziałkę  $m = 12$ , liczba zębów będzie wówczas  $z = 125$ . Według tablicy Lewisa przy szerokości 150 mm wieńca, naprężenie  $\sigma_0$  zębów na gięcie określi wzór:

$$540 \cdot \frac{150}{120} \cdot \sigma_0 = 3600, \text{ skąd } \sigma_0 = 5,36 \text{ kg/mm}^2 = 536 \text{ kg/cm}^2.$$

Wieniec żeliwny nie może być wykonany z żeliwa, gdyż byłby za słaby. Należy go wykonać ze stali lanej albo kutej.

Przykład 5. Na tej samej karuzelówce chcielibyśmy obrabiać koła rozprędkowe z miękkiego żeliwa. Grubość warstwy zdzieranej i posuw chcielibyśmy otrzymać ten sam, co i przy obręczach stalowych. Opór skrawania żeliwa wynosi  $90 \text{ kg/mm}^2$ , prędkość skrawania może wynosić 24 m/min. Zachodzi pytanie, czy wieniec karuzelówki może być wykonany z twardego żeliwa i czy nie zachodzi potrzeba zmiany mocy napędowej obrabiarki.

Rozwiązanie. Moc rzeczywista karuzelówki musi wynosić co najmniej

$$N_{rz} = \frac{20 \cdot 90 \cdot 24}{60 \cdot 75} = 9,6 \text{ k. m.}, \text{ zaś napędowa } N_n \text{ około } 14 \text{ k. m.},$$

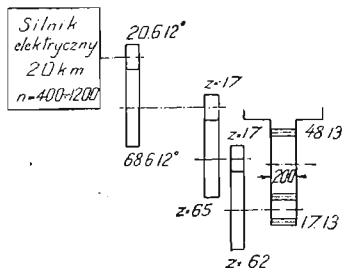
czyli dwa razy tyle co w wypadku poprzednim. Zato moment skręcający wrzeciona będzie mniejszy  $M = 20 \cdot 90 \cdot 75 = 135\,000 \text{ kgcm}$ .

Przyjmując tę samą podziałkę i liczbę zębów wieńca karuzelówki, sprawdzimy naprężenie zębów według tablicy Lewisa. Wyniesie ono  $\sigma_0 = 2,68 \text{ kg/mm}^2 = 268 \text{ kg/cm}^2$ . Wieniec można wykonać ze ścisłego żeliwa.

Przykład 6. Obliczyć czas obróbki w obu wypadkach, przytoczonych w przykładzie 4-y i 5-y, w przypuszczeniu, że szerokość obrabianych kół wynosi 300 mm.



Przykład 7. Rys. 85 przedstawia schemat napędu stołu strugarki podłużnej o mocy 20 k. m. i o sile skrawania 5000 kg na powierzchni stołu ważącego 6000 kg. Napęd jest elektryczny od silnika stopniowego z regulacją 1 : 3. Prędkość skrawania ma być zawarta pomiędzy 7 a 21 m/min. Stół jest przesuwany za pomocą zębatego. Sprawdzić schemat, określając materią, z jakiego wykonane są koła zębate.



Rys. 85.

Rozwiązanie. Średnicę śrubowego koła zębatego na wale silnika elektrycznego, robiącego  $n=400$  do 1200 obr./min., obliczamy na podstawie wzoru:

$$v_{\max} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\max}}{60} \leq 7,5 \text{ m/sek.},$$

skąd przy  $n_{\max} = 1200$ , średnica  $d = 120 \text{ mm}$ .

Przyjmując  $m = 6$  i  $z = 20$  i stosując  $12^\circ$  pochylenia linii śrubowej zębów otrzymamy średnicę

$$d = 122,5 \text{ mm.}$$

Siłę obwodową na kole określi wzór:  $P_{\max} \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\min}}{4500} = 20 \text{ k. m.}$ , skąd  $P = 588 \text{ kg}$ .

Według tablicy Lewisa przy nacisku statycznym naprężenie zębów koła wyniosłoby  $\sigma_0 = 900 \text{ kg/cm}^2$ , czyli że koło powinno być wykonane z dobrej stali lub brązu kutego. Koło zębate na pierwszym wałku napędowym posiada 68 zębów i robi 420 obr./min. przy największej prędkości obrotowej silnika. Jak na pierwszy wałek napędowy obrabiarki nie jest to za dużo, nawet przy zwykłych łożyskach.

Stosunek przekładni w łożu wynosi  $i = \frac{17 \cdot 17 \cdot 17}{65 \cdot 62 \cdot 48} = 39,4$ , skąd koło zębate pędzące

bezpośrednio zębatkę pod stołem roboczym czyni od  $\frac{420}{3 \cdot 39,4} = 3,57$  do  $\frac{420}{39,4} = 10,7$  obr./min.

Ponieważ koło powyższe posiada średnicę  $48 \cdot 13 = 624 \text{ mm}$ , przeto:

$$v_{\max} = 0,624 \cdot \pi \cdot 10,7 = 21 \text{ m/min.}$$

$$v_{\min} = 0,624 \cdot \pi \cdot 3,57 = 9 \text{ m/min.}$$

Koło stalowe  $z = 48$  i  $m = 13$  przy szerokości wieńca  $200 \text{ mm}$  wytrzyma przy  $\sigma_0 = 1000 \text{ kg/cm}^2$  do  $9000 \text{ kg}$  siły obwodowej. Odejmując od tej wartości tarcie stołu  $6000 \cdot 0,05 = 300 \text{ kg}$ , otrzymamy  $8700 \text{ kg}$  wobec  $5000 \text{ kg}$  żądanych. Zgadza się na to chętnie, gdyż mniejsze obciążenie mechanizmów wpływa dodatnio na trwałość maszyny. Sprawdzanie pozostałych kół zębatych odbywa się w podobny sposób. Odlicza się przytem na każdą przekładnię 5 do 10% na tarcie czopowe i międzyzębne.

Przykład 8. Obliczyć czas ostrugania na omawianej maszynie płyty żeliwnej długości  $7000 \text{ mm}$  i szerokości  $1250 \text{ mm}$  wagi  $6000 \text{ kg}$ . Grubość zdzieranej warstwy osiąga  $15 \text{ mm}$ . Strugarka posiada 20 posuwów od  $\delta = 0,45$  do  $9 \text{ mm}$ . Nieużyteczny ruch stołu przy przerzucaniu pasa wynosi po  $100 \text{ mm}$  z każdej strony stołu, strata czasu na zwolnienie biegu wynosi przytem 1 sekundę.

Rozwiązanie. Siła skrawania wynosi  $5000 - 6000 \cdot 0,05 = 4700 \text{ kg}$ . Opór żeliwa  $\sigma = 90 \text{ kg/mm}^2$ , skąd przekrój wióra  $s = \frac{4700}{90} = 52 \text{ mm}$ . Możemy więc zdzierać pełną warstwę przy posuwie  $52 : 15 = 3,5 \text{ mm}$ .

Moc rzeczywista strugarki wynosi w przybliżeniu:

$$N_{rz} = 15 = \frac{P \cdot v}{4500} = \frac{4700 \cdot v}{4500}, \text{ skąd } v = 14,4 \text{ m/min.}$$

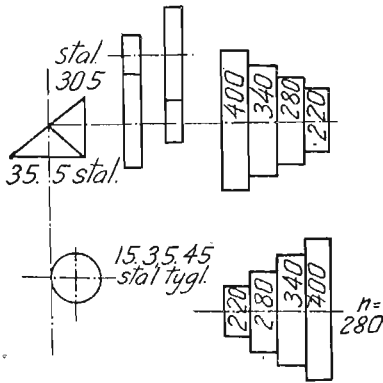
Zastosujmy  $v_{\text{rob.}} = 14 \text{ m/min.}$  i  $v_{\text{jal.}} = 21 \text{ m/min.}$  O ile płyta jest wykonana z miękkiego żeliwa, to prędkość dopuszczalna według tablicy Taylora może wynosić nawet  $16 \text{ m/min.}$  Potrafimy więc w tych warunkach wyzyskać całkowitą moc obrabiarki, nie obawiając się o spalenie noża.

1 roboczy skok stołu wymaga 7200 : 14 000 . . . . .	0,515 minut
1 jałowy " " " 7200 : 21 000 . . . . .	0,345 "
Strata na zwolnienie biegu przy przeczucaniu pasa . . . . .	0,017 "

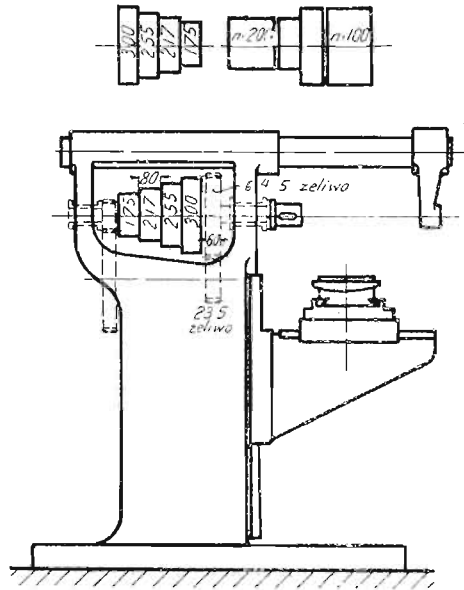
Ogółem jeden skok zajmuje czasu . . . . . 0,877 minut

Szerokość płyty wynosi 1250 mm. Przy posuwie 3,5 mm odpowiada to 357 pełnym skokom, czyli 313 minutom.

Przykład 9. Moc rzeczywista wiertarki, przedstawionej na rys. 80 i 86, wynosi bez włączenia przekładni zębatej 3,15; 4; 4,8; 5,7 k.m., zaś z włączeniem przekładni 2,28; 3,5; 5 k.m



Rys. 86.



Rys. 87.

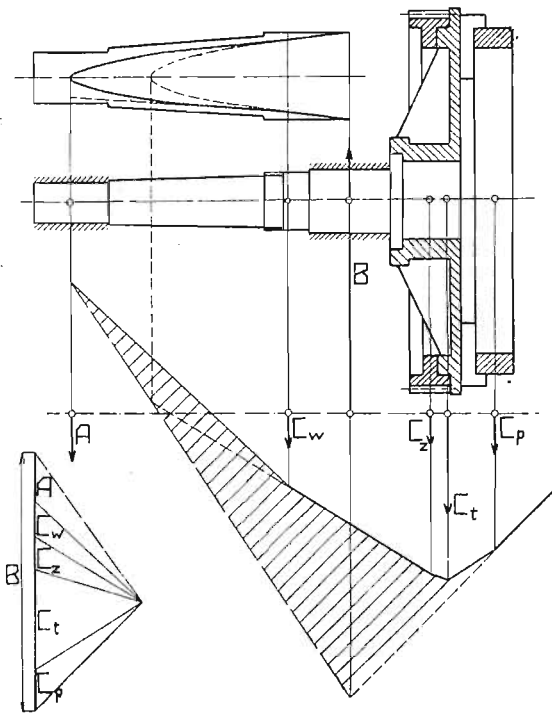
Moment skręcający wrzeciono  $M=5000 \text{ kgcm}$ , nacisk poosiowy  $P=1000 \text{ kg}$ . Znaleźć największe średnice wiertła przy wierceniu w stali przy posuwie 0,1; 0,17 i 0,3 mm oraz najmniejsze liczby obrotów na minutę wrzeciona ze względu na dopuszczalny moment  $M$  dla rozmaitych  $N$ .

Przykład 10. Obliczyć charakterystyki frezarki poziomej, przedstawionej na rys. 87. Przystawka stopowa i głowica frezarki są zaopatrzone w stopniowe koła pasowe tych samych wymiarów. Znaleźć wartości iloczynu  $su=const.$  dla kilku zasadniczych materiałów.

## ROZDZIAŁ VII.

### Elementy konstrukcyjne obrabiarek. Wrzeciona, wały i śruby pociągowe. Łożyska. Prowadnice.

29. Przy obliczaniu wrzecion obrabiarek najważniejszą rzeczą jest ustalić siły działające nań podczas spoczynku i biegu maszyny. Wymiary wrzeciona ustala się naprzód prowizorycznie, a następnie sprawdza się jego wytrzymałość, bądź też ustala się materiał, z jakiego ma być ono wykonane.



Rys. 88.

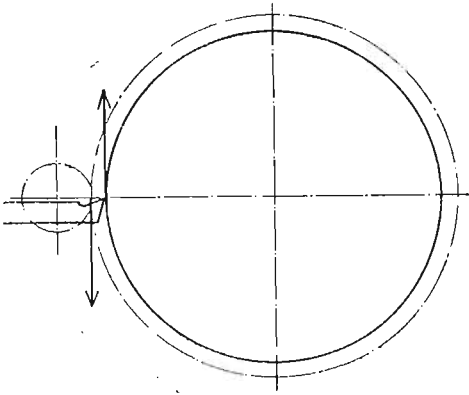
Siły działające na duże wrzeciono (rys. 88), znajdujące się w spoczynku, są zwykle następujące: ciężar tarczy uchwytowej  $C_t$ , ciężar wieńca zębatego  $C_z$ , ciężar wrzeciona  $C_w$ , ciężar przedmiotu obrabianego  $C_p$ , odpór łożyska przedniego  $A$  i tylnego  $B$ . Gdy obrabiarka jest w ruchu, do sił powyższych przybywa opór skrawania  $P$  na nożu i nacisk  $R$  na wieńiec zębaty tryba, pędzącego tarczę.

O ile przedmiot obrabiany jest zamocowany w tarczy zapomocą szczęk uchwytowych, a wieńiec tarczy jest pędzony bezpośrednio przez tryb zębaty, wrzeciono jest obciążone prawie wyłącznie na gięcie. Skręcanie wrzeciona, jakie wynika z tarcia łożyskowego, możemy najzupełniej po-

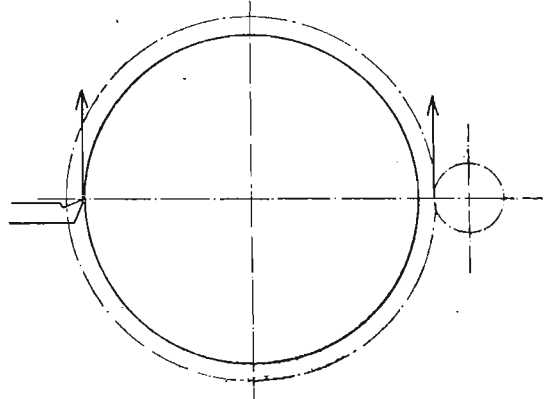
minąć w obliczeniach, gdyż jest ono bardzo małe. Inaczej rzecz się ma, gdy na wrzeciono są oddzielnie zaklinowane koło zębate i oddzielnie tarcza, czy uchwyt. Wrzeciono przenosi wówczas duży moment obrotowy i jest silnie obciążone na

skręcanie. Oblicza się go wówczas według wzoru Grashofa na moment wypadkowy:  $M_w = \sqrt[3]{\frac{1}{8} M_g + \frac{5}{8} \sqrt{M_g^2 + M_s^2}}$ .

Wrzeciona dużych tokarek z osią poziomą posiadają kształt stożkowaty, zbliżony do ciał o stałej wytrzymałości na gięcie. Określmy dla przykładu kształt wrzeciona tokarki tarczowej, zwanej powszechnie tarczówką. Na tarczówkach obrabia się zwykle przedmioty ciężkie o dużej średnicy, lecz stosunkowo niskie, jak obręcze, wieńce, pokrywy, płaskie bębny i t. p. przedmioty. O ile tryb pędzący wieńiec z tarczą jest umieszczony z tego samego боку wieńca co i suport (rys. 89), a śre-



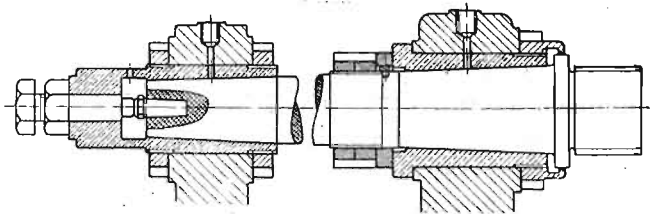
Rys. 89.



Rys. 90.

dnica toczenia różni się mało od średnicy podziałowej wieńca, to opórjskawania i nacisk na wieńiec zniosą się wzajemnie, a układ sił podczas biegu maszyny nie będzie się różnił zbyt od układu sił podczas spoczynku tokarki. O ile jednak tryb pędzący wieńiec znajdzie się u dołu wieńca lub, co gorzej, po stronie przeciwnej jak suporty (rys. 90), układ sił przy biegu maszyny staje się niekorzystny w porównaniu z obciążeniem wrzeciona podczas spoczynku.

Wyznaczanie odporów łożysk i momentów można uskutecznić graficznie zapomocą wieloboku sznurowego. Rys. 88 przedstawia zastosowanie tej metody względem wrzeciona tarczówki, będącej w spoczynku. Wrzeciono znajduje się wówczas wyłącznie pod działaniem sił pionowych.



Rys. 91.

Ponieważ sprawdzamy wytrzymałość części określonych poprzednio na drodze empirycznej, przeto znamy środki ciężkości, a więc i punkty przyłożenia sił działających na wrzeciono. Zakreskowana powierzchnia momentów uzmysławia rozkład obciążeń na całym wrzecionie. Wytrzymałość materiałów uczy nas, że belka o przekroju kołowym, o ile ma posiadać stałą wytrzymałość na gięcie, powinna posiadać kształt obrotowej paraboli sześcienniej. Jeżeli więc poczynając

od środka szyjki przedniego łożyska i odpowiednio do jej średnicy wyrysujemy parabolę sześcienną i przeprowadzimy do niej styczne u podstawy, to otrzymamy pierwszy przybliżony kształt wrzeciona. W punkcie odpowiadającym środkowi ciężkości wrzeciona znajduje się podstawa drugiej paraboli sześcienniej, której średnica podstawowa będzie średnicą pierwszej paraboli w danym punkcie. Wrzeciono rzeczywiste posiada pomiędzy dwoma szyjkami czopowemi zbieżność stożkową, dopasowaną do kształtu teoretycznego belki.

W podobny sposób rozwiązuje się zadanie obliczenia momentów przy uwzględnieniu sił działających podczas ruchu obrabiarki. Należy wtedy nakreślić wieloboki sznurowe w dwóch płaszczyznach przechodzących przez oś wrzeciona, w pionowej i poziomej, wyznaczyć wielkość oporów przedniego i tylnego łożyska, działających w tych płaszczyznach, a następnie znaleźć ich wypadkowe na mocy sumowania geometrycznego. Czytelnik da sobie łatwo radę w tym wypadku, który jest rozwinięciem zadania rozwiązanego poprzednio, a dotyczącego układu sił podczas spoczynku maszyny.

Przy wielkich tokarkach ostrzowych, jakich się używa do obtaczania długich luf armatnich, wałów okrętowych i t. p. przedmiotów, nacisk koła zębatego i oporu skrawania posiada drugorzędny wpływ na układ sił, odpowiadający spoczynkowi obrabiarki. Przyczyna tego tkwi z jednej strony w ciężarze samego przedmiotu obrabianego, z drugiej w tem, że opór skrawania i nacisk na wieniec równoważą się częściowo. Niekiedy opór skrawania, działając na przedmiot obrabiany z dołu do góry jest pożądany, gdyż przeciwdziała naprężeniom nadmiernym wrzeciona, jakie wynikają z ciężaru przedmiotu. Tak więc ze względu na obciążenie wrzeciona układ sił podczas ruchu maszyny może być dogodniejszy, niż podczas spoczynku.

Wrzeciona tokarek karuzelowych (rys. 84) mają zazwyczaj za zadanie centrować tarczę poziomą, opierającą się o prowadnice obwodowe. Siły działające na wrzeciono nie są zbyt duże, gdyż przejmują je bezpośrednio prowadnice. Gdy jednak zacniemy skrawać jakiś lekki przedmiot grubym wiórem, może się zdarzyć, że tarcza zostanie wysadzona do góry z prowadnic. Aby temu zapobiedz, wrzeciono powinno posiadać znaczne wymiary, gdyż inaczej przy podnoszeniu tarczy zwiększa się grubość wióra, i tarcza szarpie podczas pracy.

Wały i śruby pociągowe, stosowane w obrabiarkach, oblicza się na podstawie ogólnych wzorów wytrzymałości materiałów. Przy długich wałkach należy liczyć się bardzo z ich skręcaniem, które w związku ze zmiennością oporów skrawania, może być przyczyną silnych drgań mechanizmu. To też naogół przyjęto stosować dla wałków przenoszących ruch w obrabiarkach te same obciążenia dopuszczalne, jakie stosuje się w pędniach.

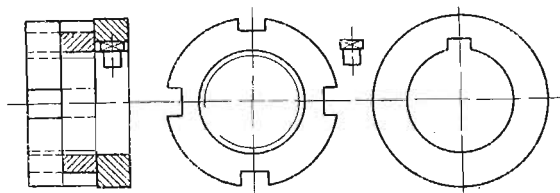
Długie wały i śruby uginają się pod własnym ciężarem tak dalece, że należy się z tem liczyć stale, stosując odpowiednie podtrzymki w tych odstępach, jakie wyznaczy obliczenie strzałki ugięcia. Im dany wałek większą robi liczbę obrotów na minutę, tem mniejszą należy przyjmować strzałkę ugięcia.

**30. Konstrukcja wrzecion oraz ich łożysk.** Wrzeciona i wały mają za zadanie przenosić momenty obrotowe i przejmować naciski poosiowe, powinny przytem jak najlżej obracać się w łożyskach i zarazem być osadzonymi w nich

z możliwie małym luzem w kierunku promienia i osi. Pogodzić te wymagania jest nieraz rzeczą trudną.

Rys. 91 przedstawia jedną z licznych odmian konstrukcji wrzeciona tokarek i innych obrabiarek dawniej używanego typu. Obie szyjki czopowe wrzeciona są stożkowe, regulowanie luzu pomiędzy szyjkami a pochwami panewkowymi odbywa się za pośrednictwem urządzenia opornikowego z tyłu wrzeciona i kompletu nakrętek okrągłych z podkładką na wrzecionie z tyłu przedniego łożyska. W tym celu pochwa tylnego łożyska wykonana jest w kształcie szklanki; przez nagwintowany w dnie otwór przechodzi śruba opornikowa. We wrzeciono wstawiony jest mały opornik stalowy z hartowaną gładką powierzchnią storcową. Mała komora w pochwie za wrzecionem jest wypełniona do połowy smarem, co ma na celu zapobiegać zacieraniu się oporników.

Komplet nakrętek okrągłych z podkładką jest przedstawiony oddzielnie na rys. 92. Zabezpieczenie od odkręcania stanowi przeciwnakrętka tej samej wielkości, co i nakrętka. Nakrętki posiadają po cztery do sześciu wykrojów na obwodzie do specjalnego klucza przedstawionego na rys. 93. Przy dużych oporach poosiowych brzegi tych wykrojów ułtwiają zatarcie się nakrętki o storcową część łożyska. Zatarła nakrętka zaczyna się odkręcać wzdłuż gwintu wrzeciona, a ponieważ gwint ten jest dość drobny, przeto wywołuje ona bardzo silne parcie poosiowe. Zdarzało się, że w ten sposób rozsądzone zostały główce

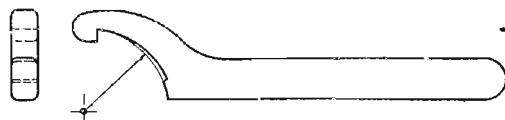


Rys. 92.

wielkich obrabiarek. Aby tego uniknąć, pomiędzy nakrętki a storcową oporową częścią łożyska umieszcza się okrągłą podkładkę, którą od obrotu zabezpiecza mały czopik ze łbem, wchodzący w odpowiedni rowek podkładki.

Wadą omawianej konstrukcji wrzeciona i łożysk jest trudność uregulowania rozkładu oporu poosiowego pomiędzy szyjki stożkowe wrzeciona a opornik. Ponieważ to samo urządzenie służy zarazem do usuwania luzu w łożyskach, przeto nastawianie łożysk przy większych oporach jest rzeczą trudną. Raz zaciera się szyjka przednia wrzeciona w pochwie, drugi raz oporniki, co pochodzi stąd, że powierzchnie oporowe są z konieczności rzeczy przy tej konstrukcji małe.

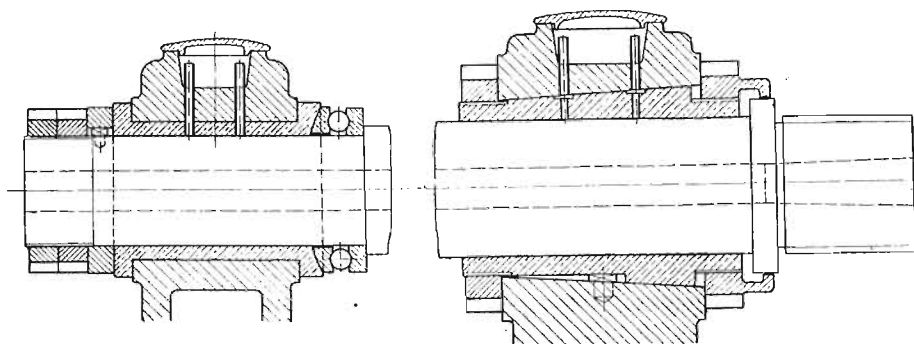
Przy mocnych obrabiarkach średniej wielkości stosuje się inne wrzeciono i łożyska. Jedną z typowych konstrukcji przedstawia rys. 94. Szyjki czopowe wrzeciona są walcowe. Nacisk poosiowy przejmuje łożysko kulkowe, opierające się o tylne łożysko.



Rys. 93.

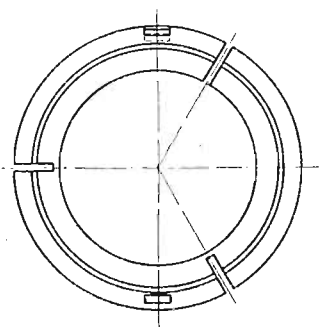
W razie przeciwnego kierunku nacisku poosiowego od przesunięcia chroni wrzeciono komplet nakrętek okrągłych z tyłu tegoż łożyska. Przez pochwę przedniego łożyska szyjka wrzeciona przechodzi swobodnie, co jest dogodnie ze względu na wydłużanie się wrzeciona pod wpływem ciepła.

Pochwa w przednim łożysku (rys. 95) jest z zewnątrz stożkowa. Jest ona w jednym miejscu rozcięta, a w kilku innych nacięta, na końcu pochwy są nakręcone okrągłe nakrętki. Luzując jedną z nich, a dokręcając drugą, wywołujemy przesuwania



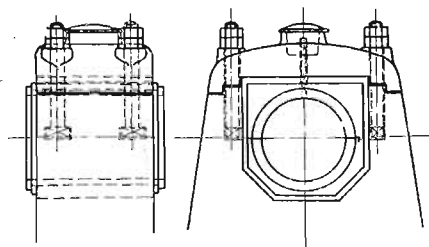
Rys. 94.

nie się pochwy wzdłuż stożkowego otworu w łożysku i tym sposobem zaciskamy mocniej lub słabiej pochwy na wrzecionie. Łożysko przednie może być przytem dzielone lub nie. Łożysko tylne może posiadać podobną pochwę, jednak ze względu na mniejsze odpory i na to, że dopuszczamy w nim większe luzy, może posiadać i inną konstrukcję. Na rys. 94 łożysko tylne jest wykonane jako dzielone z dwiema panewkami zwykłej konstrukcji. W tym wypadku dzielone będzie i łożysko przednie.



Rys. 95.

Z zalet omawianego łożyska należy postawić na pierwszym planie łatwość regulowania luzu i dogodnie przejmowanie nacisku poosiowego. Storcowe łożyska kulkowe, zwłaszcza przy wolnym obrocie wrzeciona, t. j. wówczas gdy obrabiarka ciężko pracuje i gdy nacisk poosiowy jest największy, zmniejszają w wysokim stopniu tarcie, dzięki czemu podnosi się współczynnik skutku użytecznego obrabiarki. Przy łożysku kulkowym można stosować wrzeciono przewiercone na wylot, co jest bardzo wygodne przy wielu robotach tokarskich.



Rys. 96.

Wielkie łożyska wrzecionowe w ciężkich obrabiarkach posiadają najrozmaitsze konstrukcje stosownie do potrzeby. Jedną z ich odmian przedstawia rys. 96. Panwie łożyskowe, ograniczone ze strony zewnętrznej płaszczyznami, są wykonane ze względu na oszczędność materiału z żeliwa, brązowe są jedynie właściwe panewki wewnętrzne z kołnierzami przymocowane do pierwszych zapomocą śrub i kołków. Łby śrub do zamocowania pokryw mieszczą się w wykrojach bocznych łożyska.

Regulowanie luzów łożyskowych odbywa się przez szabrowanie, czyli ręczne



docieranie wewnętrznej powierzchni panewki brązowej i uskutecznia się w pewnych odstępach czasu stosownie do potrzeby. Ponieważ zmienia się przytem wysokość ostrzy obrabiarki, przeto pod panwie żeliwne podkłada się cienkie blaszki metalowe. O ile szyjki czopowe wrzeciona są dobrze obliczone, a na smarowanie została zwrócona dostateczna uwaga, niema obawy o zbyt częsty kłopot z usuwaniem luzu. Niekiedy jednak do specjalnych robót, jak do obtaczania bębnow turbin parowych z zamocowanymi na nich łopatkami, co wymaga precyzyjnej obróbki przy dużych rozmiarach przedmiotu obrabianego, używa się łożysk z panewkami regulowanymi zapomocą klinów, śrub i t. p. Łożysko posiada trzy lub cztery panewki, umożliwiające usuwanie luzu w trzech lub czterech kierunkach.

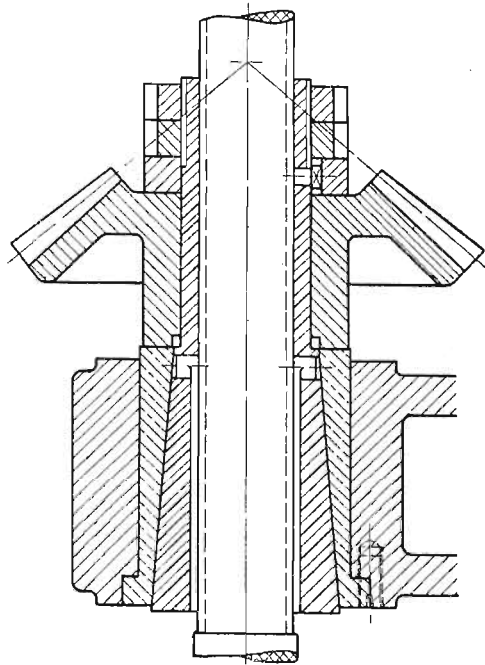
Wrzeciona wiertarek są przesuwane w kierunku poosiowym, gdyż wiertło oprócz obrotu posiada i posuw. Posuw nadaje się wrzecionu za pośrednictwem śruby i nakrętki pociągowej, zębátky i koła zębatego i t. p. mechanizmu. Istnieje kilka bardzo typowych konstrukcyi wrzecion wiertarskich. Podajemy jedną z nich, stosowaną dość często w wiertarkach średniej wielkości.

Rys. 97 przedstawia napęd obrotowy wrzeciona, które może się swobodnie przesuwać w pochwie zaopatrzonej w dwa kliny, wchodzące w podłużne rowki wrzeciona. Na pochwie zaklinowane jest na stałe stożkowe koło zębate, przenoszące ruch obrotowy. Regulowanie luzu w łożysku odbywa się zapomocą dociągania nakrętek na ruchomej pochwie stożkowej, obracającej się w innej nieruchomej.

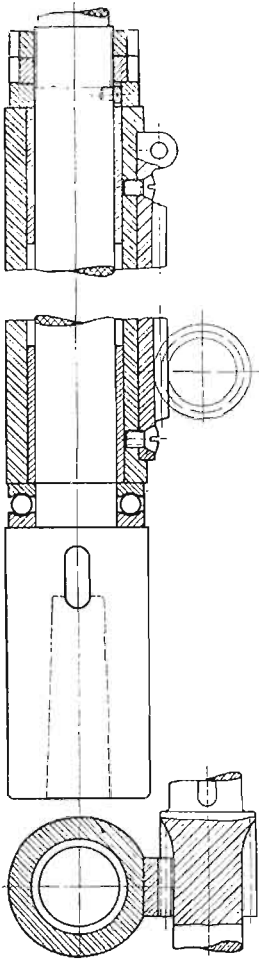
Zamiast koła stożkowego można użyć walcowego z zębami prostymi lub ukośnymi, bądź też osadzić na pochwie małe koło pasowe. W słabych wiertarkach szybkoobrotowych stosuje się dość często napęd pasowy wrzeciona, naodwrot w mocnych zaleca się użycie czołowej przekładni zębatej, jako przenoszącej ruch daleko równomierniej od stożkowej.

Mechanizm posuwowy jest przedstawiony na rys. 98. Wrzeciono obraca się w tulei stalowej, zaopatrzonej w dwie pochwy brązowe. Nacisk poosiowy odbiera storcowe łożysko kulkowe z jednej, a komplet nakrętek z podkładką z drugiej strony. Do tulei przyśrubowana jest zębátka, będąca w chwycie z małym kółkiem zębatym, nafrezowanym bezpośrednio na wałku napędowym. Zębátka zakończona jest u góry małym uszkiem do łańcuszka do przerzuconego przez rolkę ciężaru, zapomocą którego wyrównoważa się wrzeciono.

W tej bardzo prostej konstrukcyi wrzeciona wiertarskiego nie jest przewi-



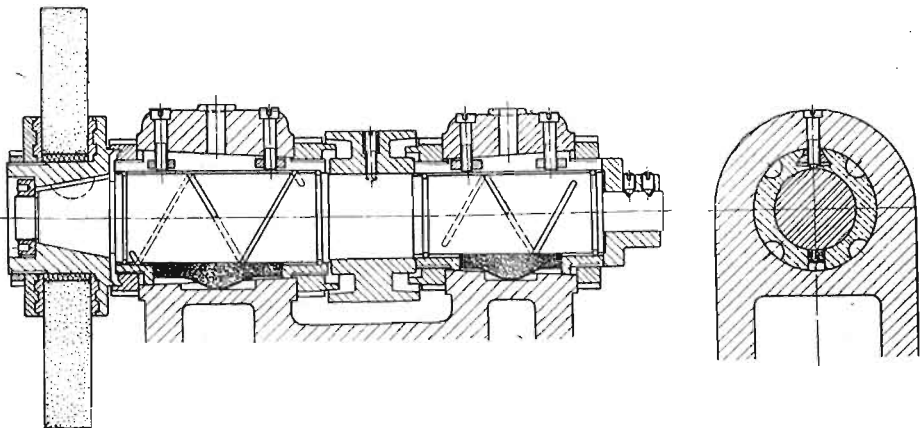
Rys. 97.



Rys. 98.

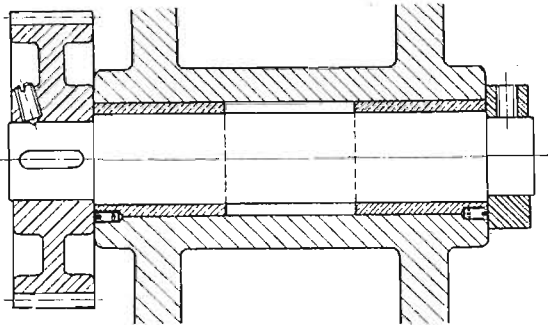
dziane wcale usuwanie luzu w pochwach brązowych w tulei. Pochodzi to stąd, że parcia boczne wrzeciona przy wierceniu nie są duże, gdyż narzędzie do pewnego stopnia samo się centruje w wierconym otworze. W mocnych wiertarkach do wiertel o znacznej średnicy i wydajności wrzeciona są zbliżone do typu wrzecion, stosowanych w tokarkach i frezarkach.

Nieco inny charakter posiadają wrzeciona i łożyska obrabiarek szybkoobrotowych, np. szlifierek. Rys. 99 przedstawia dość typowy ustrój głowicy szlifiarki niewielkich wymiarów. Mocne wrzeciono obraca się w długich łożyskach, oddalonych od siebie na tyle tylko, ile tego wymaga umieszczenie pośrodku koła pasowego. Szyjki czopowe są walcowe, pochwy z białego metalu są z zewnątrz stożkowe i rozcięte. Luz panewkowy reguluje się, dociągając nakrętki na pochwach, lub też rozpychając pochwy zapomocą śrub z wkładkami trapezowymi w odpowiednich wykrojach pochew. Smarowanie jest przytem bardzo starannie opracowane: wrzeciono i panewki posiadają na swych powierzchniach żłobki doprowadzające smar, a od spodu szyjki wrzecionowe zwilża smarem filc, dociskany przez sprężynę. Z innych szczegółów konstrukcyjnych na uwagę zasługuje staranne zabezpieczenie wrzeciona od pyłu szlifierskiego, wpływającego bardzo szkodliwie na stan łożysk. W celu uniknięcia naprężeń wskutek rozgrzewania się i wydłużania wrzeciono jest przytrzymywane w łożysku tylnym, gdy jego przednia szyjka przesuwają się swobodnie.

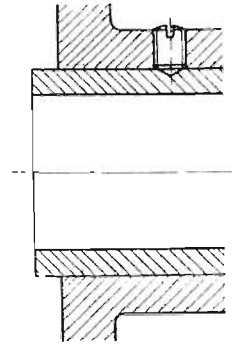


Rys. 99.

Przy wrzecionach i wałkach szybkoobrotowych stosuje się z powodzeniem łożyska samosmarowe, których konstrukcja jest powszechnie znana. Wałki mniej ważne i wolno obracające się osadza się w pochwach żeliwnych lub bronz-



Rys. 100.



Rys. 101.

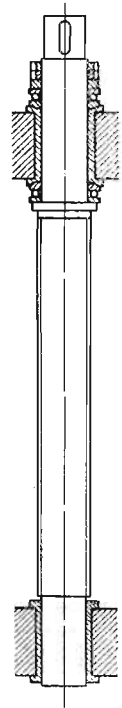
wych (rys. 100). Aby uniknąć kosztownego obrabiania storców piast, w których siedzą owe pochwy zamienne, bierze się je cokolwiek dłuższe, lub osadza się je tak, by wystawały poza otwór (rys. 101).

**31. Śruby pociągowe i nakrętki. Prowadnice.** Przy zamianie ruchu obrotowego na prostoliniowy za pośrednictwem śrub pociągowych i nakrętek spotyka się cały szereg zagadnień konstrukcyjnych, rozwiązywanych w najrozmaitszy sposób. Niepodobna byłoby omówić na tem miejscu najważniejszych zagadnień i najbardziej typowych rozwiązań, gdyż przekroczylibyśmy ramy niniejszej książki. Praktyk konstruktor dociera z łatwością do odpowiednich źródeł, jakie daje literatura specjalna. Zagadnienia powyższe są zresztą łatwe do rozwiązania indywidualnego. Niektóre typowe konstrukcje uwzględnimy w przyszłości, omawiając poszczególne obrabiarki.

W mechanizmach z obracającą się śrubą i nieruchomą nakrętką pociągową ważną jest rzeczą przejmowanie nacisku poosiowego śruby w łożyskach. W tym wypadku zaleca się stosować oporowe łożyska kulkowe (rys. 102). Tarcie śruby pociągowej w zwykłych łożyskach ustępuje bowiem zazwyczaj niewiele tarcia śruby w nakrętce, co pochodzi stąd, że ramię działania oporu tarcia kołnierza śruby o storc łożyska jest duże.

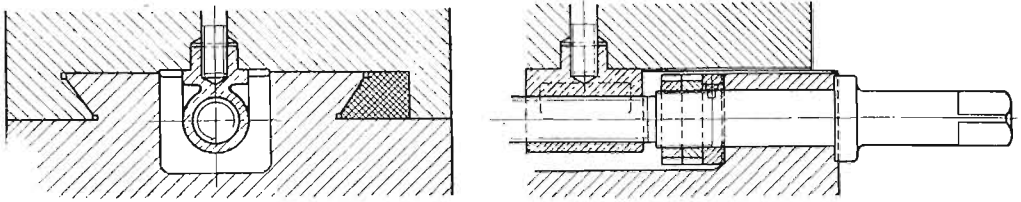
Rys. 103 przedstawia typową konstrukcję suwaka, przesuwanego ręcznie zapomocą śruby i nakrętki pociągowej. Śruba jest zakończona wystającym czterokrawędziowym sworzniem do ręcznej korbki. Nakrętka jest osadzona w suwaku zapomocą czopa.

Gdy śruba pociągowa jest bardzo długa i zachodzi konieczność podparcia jej ze względu na uginanie, stosuje się półnakrętkę pociągową (rys. 104). Konstrukcja ta umożliwia zastosowanie bardzo prostej podtrzymałki do podparcia śruby pociągowej. Ze względu na małą powierzchnię przylegania w tym



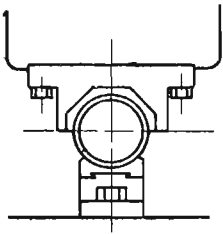
Rys. 102.

wypadku zwojów gwintu nakrętki i śruby, należy zwiększyć średnicę śruby pociągowej i pogłębić wręby gwintu. Nie jest to rzeczą zawsze pożądaną i możliwą.

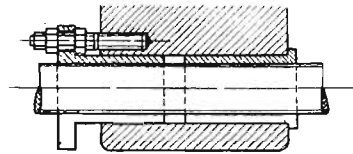


Rys. 103.

Należy wówczas użyć skomplikowanych podtrzymek, usuwających się automatycznie na bok z chwilą dochodzenia do nich nakrętki.



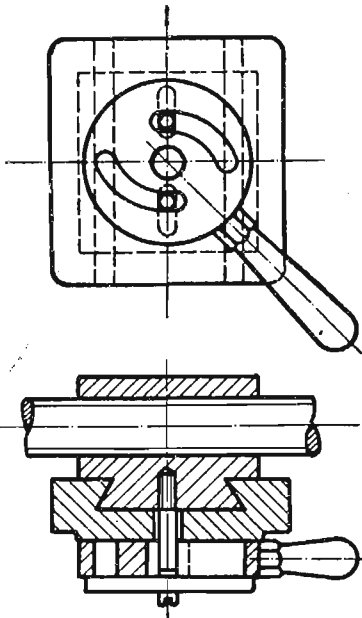
Rys. 104.



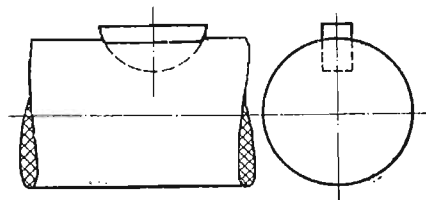
Rys. 105.

Usuwanie luzu pomiędzy gwintem śruby i nakrętki pociągowej urzeczywistnia się konstrukcyjnie w różny sposób. Jeden z nich przedstawia rys. 105. Nakrętka składa się z dwóch części: nieruchomej, osadzonej na stałe w suwaku, i ruchomej dociąganej za pomocą śruby z nakrętką i przeciwnakrętką.

W tokarkach pociągowych stosuje się rozdwojone nakrętki do śrub pociągowych. Konstruk-



Rys. 106.

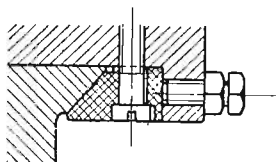


Rys. 107.

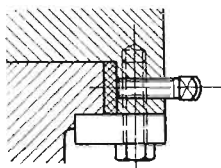
cyę powyższą przedstawia rys. 106; stanowi ona t. zw. zamek suportu. Przednia płyta suportowa posiada prowadnice do dwóch suwaków, stanowiących zarazem półnakrętki pociągowe. Do włączania i wyłączania służy mała tarczka z dwoma wykrojami, w które wchodzi czopiki wkręcone w półpanewki. Pokręcając tarczę za pomocą stosownej rękojeści, zbliżamy lub oddalamy od siebie półnakrętki.

Koła pasowe, zębate, tarcze sprzęgłowe, osadzone są na wrzecionach i wałach za pomocą klinów, rzadziej kołków. Kliny stosuje się zwykle wpustne o przekroju prostokątnym; amerykańskie z upodobaniem stosują kliny Woodruffa (rys. 107). Klin taki otrzymuje się przez rozcięcie okrągłej płytki, otwór na klin w wałku wyfrezowuje się za pomocą odpowiedniego narzędzia. Wadą klinów Woodruffa jest osłabianie wałka zwłaszcza ze względu na skręcenie.

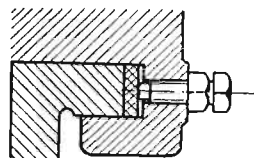
Z licznych elementów konstrukcyjnych, jakie spotykamy w obrabiarkach, specjalny charakter posiadają prowadnice, stosowane we wszystkich częściach przesuwających się jedno względem drugich. Najprostszym przykładem zastoso-



Rys. 108.



Rys. 109.

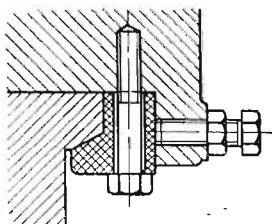


Rys. 110.

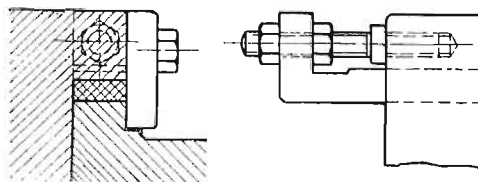
wania prowadnic prostoliniowych jest łożo tokarki, po której przesuwa się suport (rys. 75), lub łożo strugarki, po której przesuwa się stół roboczy (rys. 77).

Rys. 108 przedstawia prowadnicę ostrokątną. Listwa regulująca luz prowadnicowy znajduje się zwykle po jednej tylko stronie suwaka (rys. 103). Jest ona przysrubowana do części ruchomej, jednak otwory na śruby są większe niż tego wymaga bezpośrednia potrzeba, co umożliwia dopychanie listwy do prowadnicy za pośrednictwem śruby naciskającej.

Rys. 109 przedstawia prowadnicę prostokątną. Regulowanie luzu z boku odbywa się za pośrednictwem listwy regulującej i śrub dociskających. O ile prowadnica wyrobi się i od spodu, należy odśrubować listwę spodnią, zesabrować (ze-



Rys. 111.



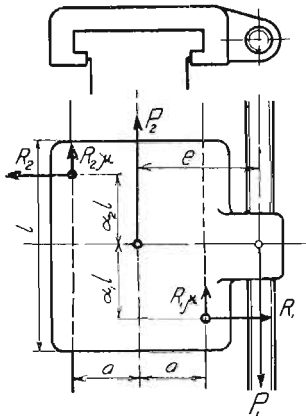
Rys. 112.

skrobać specjalnym skrobakiem) nieco wystające obrzeże suwaka i przysrubować z powrotem listwę spodnią. Jest to rzecz dość kłopotliwa i prowadnice prostokątne nie należy stosować w tych razach, gdy suwak jest odrywany ze znaczną siłą od swego łoża. Zato prowadnice prostokątne posiadają tę zaletę, że można je wykonać bardzo precyzyjnie bez zbytecznego nakładu pracy. O ile suwak jest odrywany ze znaczną siłą od swego łoża, należy stosować prowadnice specjalne w rodzaju przedstawionych na rys. 110 i 111.

Zdarza się, że listwa regulująca luz prowadnicowy jest tak umieszczona, że niema dostępu do śrub dociskających. Stosuje się wówczas listwę klinową (rys. 112).

Listwa posiada w tym celu zakończenie hakowe, przez które przechodzi śruba osadzona na stałe w suwaku. Zapomocą dwóch nakrętek przesuwamy listwę klinową wzdłuż kierunku prowadzenia i tym sposobem zwiększamy lub zmniejszamy luz prowadnicowy.

Jest rzeczą pierwszorzędną wagi uniknąć w obrabiarkach dążności do zacinań się części suwakowych w prowadnicach. Najlepiej w tym celu umieszczać śrubę pociągową, bądź zębatkę pośrodku prowadnic, jak jest to przedstawione na



Rys. 113.

rys. 103. W razie, gdy nakrętka pociągowa suwaka jest umieszczona z boku (rys. 113), powstają opory boczne w prowadnicach  $R_1$  i  $R_2$  oraz tarcia  $R_1\mu$  i  $R_2\mu$ . Równania równowagi układu sił przy ruchu jednostajnym są następujące:

$$P_1 - P_2 = (R_1 + R_2)\mu \quad \dots \quad (1)$$

$$R_1 - R_2 = 0 \quad \dots \quad (2)$$

$P_2 \cdot e + R_1\mu \cdot (e - a) + R_2\mu(e + a) = \alpha_1 l \cdot R_1 + \alpha_2 l \cdot R_2$  (3), skąd po wyrugowaniu  $R_1$  i  $R_2$  i zastąpieniu  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ , otrzymamy

$$P_1 = P_2 \left( 1 + \frac{2e\mu}{\alpha l - 2e\mu} \right) = P_2 \left( \frac{\alpha l}{\alpha l - 2e\mu} \right) \quad \dots \quad (4),$$

Przy  $\alpha l = 2e\mu$  siła pociągowa  $P_1$  staje się nieskończonością; suwak jest samohamowny w swych prowadnicach. Z wzorów podanych wynika, że im mniejsza jest odległość  $e$ , tem suwak mniejszej wymaga siły do przesuwania i mniej jest narażony na zacinań się.

Jest rzeczą charakterystyczną, że wzór (4) nie uwzględnia wcale wielkości  $a$ , a przecież stosunek  $\frac{2a}{l}$  — szerokości prowadnicy do jej długości — posiada niewątpliwą wpływ na samohamowność suwaka. Otóż od stosunku  $\frac{2a}{l}$  i od wielkości luzu międzyprowadnicowego zależy położenie punktów przyłożenia oporów  $R_1$  i  $R_2$ , a więc i współczynniki  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$ . Im stosunek  $\frac{2a}{l}$  jest większy i im więcej pozostawione jest luzu, tem na mniejszą powierzchnię rozkładają się opory  $R_1$  i  $R_2$  i tem większa zachodzi obawa zatarcia prowadnicy wskutek wyciśnięcia smaru z luzów międzyprowadnicowych.



## Ćwiczenia.

Przykład 1. Rys. 114 przedstawia w skali 1:50 wrzeciono wielkiej tokarki do obtaczania luf armatnich długości 8000 mm, ważących po przewierceniu ich około 4400 kg. Ciężar wrzeciona wynosi 880 kg, dwóch wieńców zębatych (do szybkiego i powolnego obrotu)—1050 kg, tarczy uchwytywnej 2900 kg. Układ sił ze względu na obciążenie wrzeciona przedstawia się najniekorzystniej podczas spoczynku maszyny. Sprawdzić obciążenie wrzeciona.

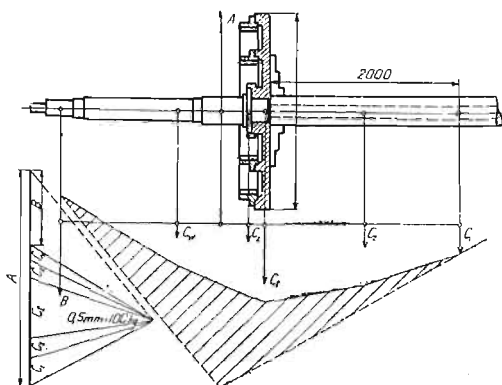
Rozwiązanie. Ciężar lufy rozkłada się częściowo na wrzeciono głowicy, częściowo zaś na ostrze konika. Gdyby lufa była wsparta swobodnie na obu ostrzach, to jej ciężar rozkładałby się równomiernie na obie podpory. Tak jednak nie jest, gdyż lufa jest zamocowana zapomocą szczęk w tarczy. Mamy więc do czynienia z przykładem belki osadzonej w jednym końcu, a wspartej swobodnie w drugim (rys. 115). Moment osadzenia będzie przytem wynosił  $M = \frac{CL}{8}$  (patrz „Technik“, Tom I, str. 375, № 9). Chcemy rozwiązać zadanie sposobem wykreślnym i dlatego też postaramy się zastąpić moment osadzenia lufy w tarczy zapomocą sił. Wiemy, że w odległości 2000 mm od tarczy linia odkształcenia lufy posiada punkt zwrotny, w którym  $M = 0$ . Daje nam to możliwość zastąpienia momentu osadzenia układem sił  $C/4$  w odległości  $L/8$  od tarczy i  $3/8 C$  w odległości  $L/4$

$$\frac{C \cdot L}{4 \cdot 8} + \frac{3 C \cdot L}{8 \cdot 4} = \frac{C \cdot L}{8}$$

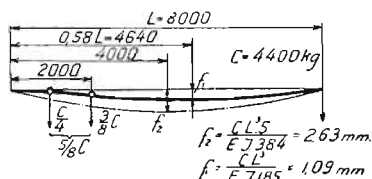
Wyznaczamy wielobok sznurowy, odkładając siły w skali 0,5 = 100 kg. Wartości odporów w łożyskach wypadają  $A = 4070$  kg i  $B = 11650$  kg. Moment  $M$  w przednim łożysku wynosi około 716 200 kgcm. Odpowiada to obciążeniu  $\sigma_0 = 350$  kg/cm<sup>2</sup>, czyli, że wrzeciono powinno być wykonane ze stali.

Przykład 2. Stojak ciężkiej poziomej wiertarko-frezarki ma być przesuwany po poziomem łożu z prowadnicami prostokątnymi za pośrednictwem śruby i nakrętki pociągowej (rys. 116). Śruba jest przytem nieruchoma, zaś obrót otrzymuje nakrętka za pośrednictwem przekładni kół stożkowych i wałka płonowego, pędzonego przez mechanizm umieszczony w stojaku. Z trzech prowadnic łoża dwie mają za zadanie przejmować ciężar łoża. Do właściwego prowadzenia służy wążka a długa prowadnica z odpowiednią listwą regulującą; nakrętka pociągowa jest umieszczona tuż obok tej prowadnicy tak dogodnie, że zacinania się stojaka w prowadnicach nie należy się obawiać. W obliczeniach pomijamy odpory boczne, wynikające z zacinania się stojaka w płaszczyźnie poziomej.

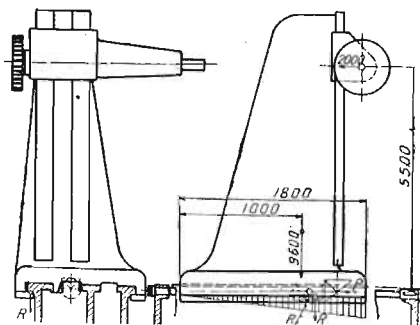
Układ sił przedstawia się najniekorzystniej podczas frezowania zapomocą dużych frezów tarczowych z wstawianymi nożykami, gdy suport obrabiarki, przesuwany wzdłuż pionowych prowadnic stojaka, znajduje się w swem skrajnym najwyższym po-



Rys. 114.



Rys. 115.



Rys. 116.



łożeniu. Opór skrawania wynosi 2000 kg, odległość pionowa osi wrzeczona od powierzchni łoża wynosi 5500 mm. Ciężar stojaka obliczony prowizorycznie wynosi 9600 kg. Długość prowadzenia podstawy suportu wynosi 1800 mm. Średnica zewnętrzna śruby pociągowej wynosi 75 mm, wewnętrzna 60 mm, skok 15 mm. Długość nakrętki wykonanej z dobrego brązu wynosi 200 mm. Sprawdzić wymiary nakrętki pociągowej.

Śrubę zabezpiecza od wyoboczenia, a poniekąd i gięcia naciągnięcie jej zapomożą nakrętki, wobec czego sprawdzać jej na wyoboczenie nie zachodzi potrzeba.

Rozwiązanie. Opór frezowania usiłuje przewrócić stojak, czemu przeciwdziałają moment siły ciężkości stojaka i odpory w prowadnicach. Pomijając niektóre mniejsze momenty i przyjmując, że wypadkowa odporu prowadnicowego znajduje się w odległości 1200 mm od krawędzi stojaka, na której usiłuje się on obrócić, otrzymamy następujące równania równowagi sił poziomych i momentów:

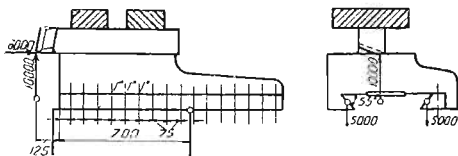
$$2000 \cdot 550 - 9600 \cdot 100 - R \cdot 120 = 0$$

$$P - 2000 - (9600 + R) \mu = 0,$$

skąd po wyrugowaniu  $R$  otrzymamy  $P = 3076$  kg przy  $\mu = 0,1$ .

Powierzchnia jednego zwoju śruby wynosi 15,9 cm. Ponieważ liczba zwojów śruby wynosi przeszło 13, przeto ogólna powierzchnia styku śruby z nakrętką pociągową wynosi przeszło 200 cm, co odpowiada obciążeniu mniej niż 16 kg/cm<sup>2</sup>. Jest to obciążenie najzupełniej dopuszczalne wobec warunków pracy wiertarko-frezarki, której przesuw po łożu jest zawsze powolny.

Przykład 3. W suportach tylnych wielkich tokarek nacisk wióra na nóż skierowany jest od spodu, wskutek czego układ sił jest wyjątkowo niekorzystny ze względu na odrywanie listwy prowadnicowej suwaka imakowego (rys. 117). Wysuwamy suwak imakowy na tyle, ile tego wymaga prawidłowe zwijanie się grubego bardzo wióra, t. j. na 125 mm. Niech nacisk na nóż wynosi przytem 10 000 kg od spodu i 6000 kg z przodu. Śruby łączne w listwie prowadnicowej posiadają średnicę 1" i są rozstawione w odstępach 75 mm. Sprawdzić, czy nie zostaną one zerwane przy 700 mm długości prowadzenia suwaka.



Rys. 117.

Śruby łączne w listwie prowadnicowej posiadają średnicę 1" i są rozstawione w odstępach 75 mm. Sprawdzić, czy nie zostaną one zerwane przy 700 mm długości prowadzenia suwaka.

Rozwiązanie. Siła 10 000 kg rozkłada się mniej więcej jednakowo na obie prowadnice. Ponieważ prowadnice są ukośne, przeto powstaje opór poziomy dociskający listwę prowadnicową do obrzeża suwaka. Przyjmijmy, że punkt zaczepienia wypadkowej odporu prowadnicy znajduje się w odległości  $0,66 \cdot 700 = 466$  mm od punktu  $M$ . Odpowiada to siłę

$$\frac{5000 \cdot 82,5 + 6000 \cdot 30}{46,6} = 12700 \text{ kg.}$$

Przyjmując współczynnik tarcia listwy prowadnicowej o obrzeże suwaka  $\mu = 0,25$  zredukujemy moment, jakiemu przeciwdziałać muszą śruby łączne prowadnicy, do

$$(12700 - 12700 \cdot 0,25 \cdot \cos 35^\circ) \cdot 46,6 = 490000 \text{ kgcm.}$$

Śruby łączne są obciążone proporcjonalnie do odległości ich od punktu  $M$ . Oznaczając przez  $P$  siłę rozciągającą najbardziej obciążonej śruby, otrzymamy równanie:

$$P \cdot 65 + \frac{57,5^2}{65} P + \frac{50^2}{65} P + \frac{42,5^2}{65} P + \frac{35^2}{65} P + \frac{27,5^2}{65} P + \frac{20^2}{65} P + \frac{12,5^2}{65} P + \frac{5^2}{65} P = 490000,$$

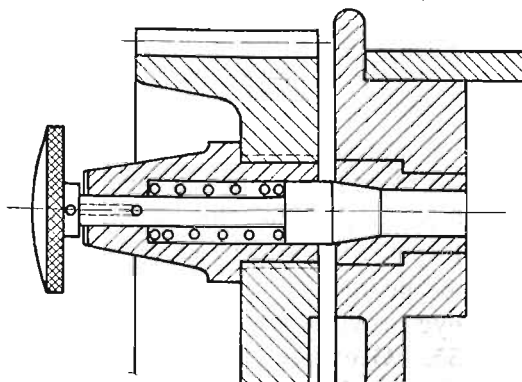
skąd  $P = 2145$  kg, co odpowiada obciążeniu  $\sigma_0 = 615$  kg/cm<sup>2</sup>.

## ROZDZIAŁ VIII.

### Mechanizmy do zmiany liczby obrotów. Głowice i skrzynki zmianowe.

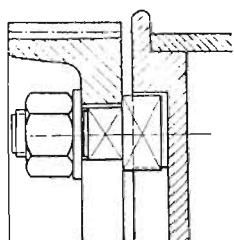
**32. Głowica z kołem stopniowym i pojedynczą przekładnią.** Tam, gdzie liczba obrotów wrzeciona, lub jakiegoś wałka napędowego czy przenoszącego ruch, ma być zmieniana w stosunkowo wązkich granicach, najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie stopniowego koła pasowego. W głowicach lekkich tokarek i frezarek koło stopniowe jest niekiedy zaklinowane wprost na wrzecionie i wraz z nim się obraca. O ile głowica posiada przekładnię zębatą, koło stopniowe obraca się luźno na wrzecionie (rys. 76). Pospolicie stosowana konstrukcja głowicy polega na tem, że na wrzecionie jest zaklinowane duże koło zębate, z którym sprzęga się koło stopniowe, o ile wrzeciono puszcza się na szybki bieg. Z kołem pasowym złączone jest na stałe małe koło zębate. Boczna przekładnia zębata składa się z dwóch kół zębatych, osadzonych i zaklinowanych na pochwie żeliwnej, obracającej się luźno na wałku.

Mechanizm do sprzęgania koła zębatego z kołem pasowym jest nader prosty. Składa się on ze sworznia przesuwanego w tulejce wkręconej w koło zębate i wypchanego z niej za pomocą sprężyny, oraz z pochewki wtłoczonej w pokrywę koła stopniowego, ześrubowaną z niem na stałe (rys. 118). Aby ułatwić natrafienie przez sworznień otworu w pochewce jest on zakończony stożkowo. Do utrzymania odciągniętego sworznia w pozycji służy przebitý przezeń i z obu stron wystający kołeczek. W tym celu tulejka posiada dwa wykroje poprzeczne, wycięte na krzyż, jeden głęboki, zaś drugi płytki. Po odciągnięciu sworznia za pośrednictwem gałki, przekręcamy go tak, by kołeczek oparł się w płytkim półkolistym wykroju.



Rys. 118.

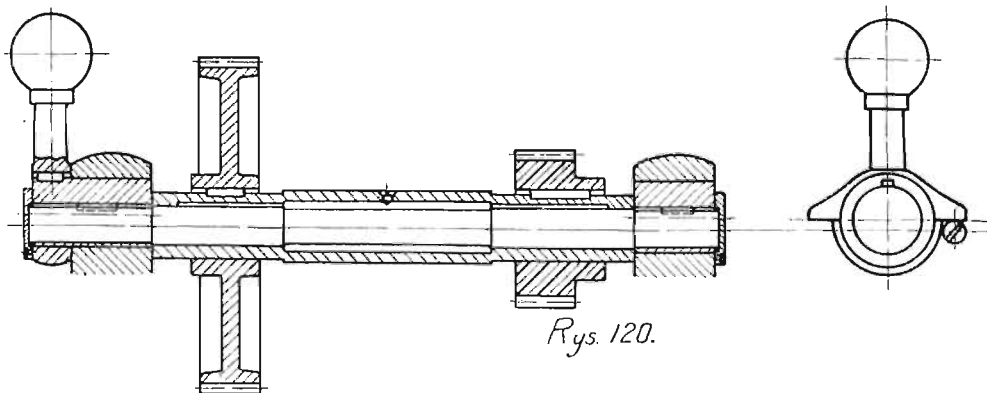
Niekiedy zamiast sworznia stosuje się w tym samym celu zwykłą śrubę, przesuwaną w podługowatym otworze, wyciętym w kole zębatam wzdłuż promienia (rys. 119). Śruba posiada łeb kwadratowy, mieszczący się pomiędzy odpowiednimi nadlewami na pokrywie koła pasowego, lub wprost w wykroju wewnętrznego obrzeża tego koła. Nadlewy te lub wykroj są tak umieszczone, że łeb śruby opiera się



Rys. 119.

o nie tylko wtedy, gdy śruba jest przesunięta ku obwodowi. Jeżeli naodwrot śrubę przesuniemy ku osi i dociągniemy nakrętkę, aby uniemożliwić wszelkie przesunięcia w otworze, wówczas łeb śruby będzie się mógł swobodnie obracać wraz z kołem, nie zaczepiając nigdzie koła pasowego. Konstrukcja powyższa jest mniej dogodna od pierwszej, gdyż wymaga przy sprzęganiu i wyprzęganiu koła pasowego znacznie więcej czynności.

Pozostaje jeszcze omówić stosowaną pospolicie konstrukcję wyłączania przekładni zębataj (rys. 120). Pochwa, na której zaklinowane są koła, obraca się na wałku osadzonym nie bezpośrednio w łożyskach głowicy, lecz w pochwach mimośrodowych. Mimośrodowość tych pochew jest tak dobrana, że przekręceniu ich o  $180^\circ$  odpowiada wyłączenie z chwytu skojarzonych kół zębataj. Inaczej mówiąc, mimośrodowość pochew powinna być większa od wysokości zęba, wynoszącej przy podziałce średnicowej  $2,16 \text{ mod}$ . Wystarczy przytem przekręcić w łożysku jedną pochwę mimośrodową, gdyż druga sama się nastawi pociągnięta przez wałek. Na pochwie

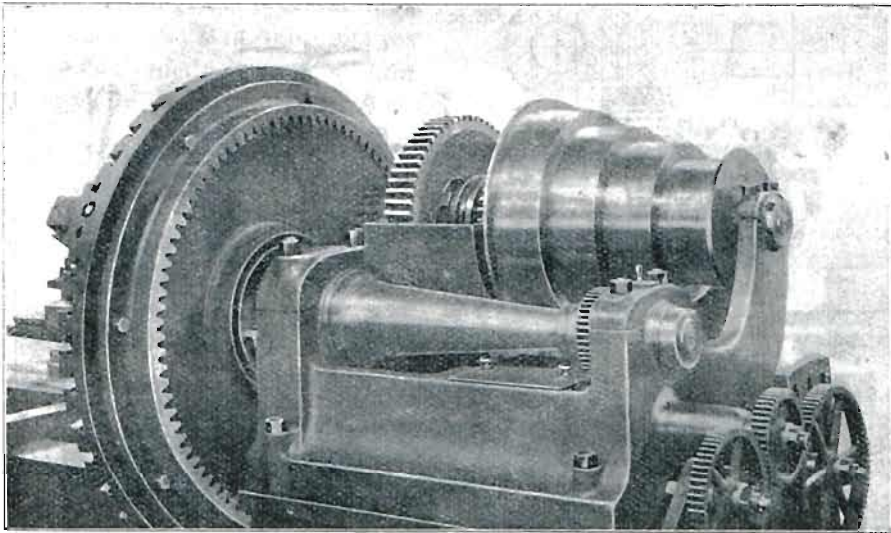


z tyłu głowicy zaklinowywa się małą korbkę z gałką lub rękojeścią: skrajne położenia korbki ogranicza się zapomocą odpowiedniego kołka czy śrubki zderzakowej.

Przy większych głowicach konstrukcja powyższa staje się niepraktyczna. Koło stopniowe posiada znaczne wymiary, a pas zgina za mocno wrzeczono. Sprzęganie bezpośrednie koła pasowego z wrzeczionem i wyłączanie przekładni zębataj musi być rozwiązane konstrukcyjnie inaczej.

**33. Głowice ze znaczną liczbą różnych prędkości obrotowych wrzeczona.** Dodając przekładnię kół zębataj, stosując przesuwanie ich na wałkach przekładniowych, oraz wprowadzając do mechanizmów głowicy sprzęgła kłowe i cierne, można zwiększyć znacznie liczbę różnych prędkości obrotowych wrzeczona.

Głowice ze stopniowym kołem pasowym i dwoma, trzema, rzadziej czterema wałkami przekładniowymi istnieje wiele odmian, których niema tu potrzeby wliczać i opisywać. Kryterium oceny ich wartości praktycznej polega na zdaniu sobie sprawy z układu działających sił. Należy unikać bezwzględnie długich i źle podpartych, a mocno obciążonych wrzecion i wałków. Umieszczenie koła stopniowego zajmującego wiele miejsca w związku z bocznym parciem, jakie daje siła ciągnąca pasa, wymaga we wszystkich tych konstrukcjach specjalnej uwagi. W większych tokarkach umieszcza się koło stopniowe z zasady nie bezpośrednio na wrzecionie, a na jednym z wałków napędowych, czego wymagają dodatkowe względy konstrukcyjne zwłaszcza przy umieszczeniu głównego wieńca zębatego na tarczy uchwytovej. Rys. 121 przedstawia głowicę większej tokarki wyrobu angielskiego, dając jasne pojęcie o układzie głowicy.



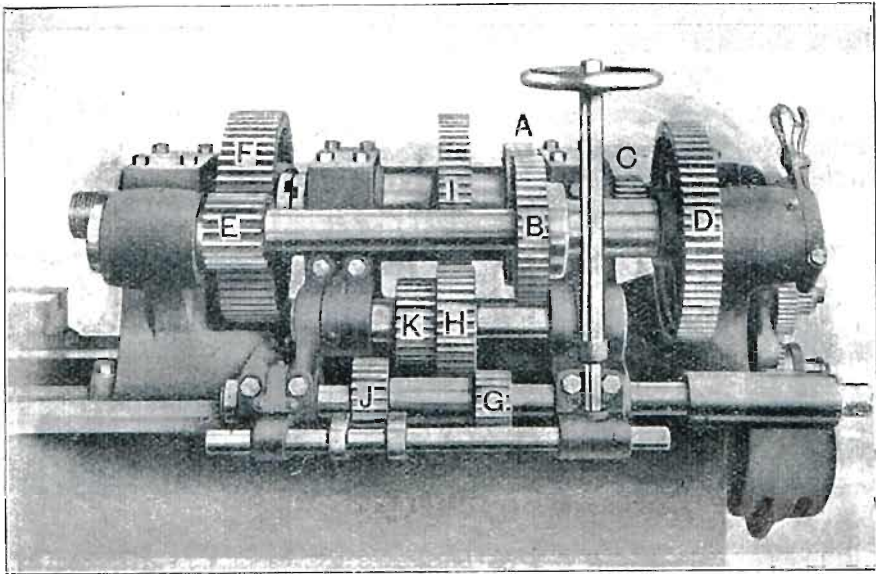
Rys. 121.

Ewolucja konstrukcji głowic tokarek, frezarek i innych obrabiarek doprowadziła w ostatnich czasach do typu głowicy z jednostopniowym kołem pasowym. Zaletą tej konstrukcji jest szybkie i poręczne przełączanie przekładni zębatych za pośrednictwem dźwigni lub kółek ręcznych. Przerzucanie pasa z jednego stopnia na drugi zajmuje bez porównania więcej czasu, niż przestawianie dźwigni lub pokręcanie kółka ręcznego. Głowice z jednostopniowym kołem pasowym mogą być wykonane z łatwością jako zamknięte skrzynki żeliwne, wypełnione częściowo smarem, w którym nurzają się stale koła zębate, sprzęgła i wałki, zabezpieczone dobrze od pyłu i kurzu. Usunięcie z konstrukcji dużego stosunkowo koła pasowego daje możliwość zmniejszenia długości głowicy, a więc i poszczególnych wałków, które są przez to lepiej podparte. Przy pojedynczym kole pasowym wymiary pasa mogą być większe, przez co mniej się on niszczy.

W związku z tendencją do budowania głowic zamkniętych skrzynkowych, koła zębate i wałki wykonywa się obecnie prawie wyłącznie ze stali kutej i lanej.

Bardziej obciążone lub podlegające zużyciu części wykonywa się często ze specjalnych gatunków stali i niekiedy hartuje się je i szlifuje.

Rys. 122 przedstawia głowicę tokarki amerykańskiej fabryki Lodge i Shipley, przodującej od szeregu lat w kierunku udoskonalania konstrukcji tokarek pociągowych ogólnego typu. Zdjęta pokrywa umożliwi zapoznanie się z układem kół zębatach i wałków. Głowica jest przystosowana do napędu elektrycznego, przy czym silnik ma być ustawiony z tyłu głowicy, a jego wałek ma być sprzężony bezpośrednio z wałkiem głowicy, na którym siedzą koła zębata *J* i *G*, osadzone na wspólnej pochwie. Wałek jest zaopatrzony w dwa kliny pod kątem  $180^\circ$  tak, że pochwa, na której są osadzone koła *J* i *G*, obraca się stale wraz z wałkiem, jednak daje się na nim przesuwac. Mały wałeczek z widełkami przesuwac koła *J* i *G*, koja-



Rys 122.

ząc to jedno to drugie z kołami *K* i *H* na innym wałku napędowym. Rys. 123 wyjaśnia, w jaki sposób za pomocą wałka pionowego z kółkiem ręcznym lub dźwignią można wprawić w ruch wałek przesuwakowy. W tym celu wałek przesuwakowy ma zakończenie w kształcie zębátky, zaś pionowy w kształcie trybika zębatego, wyfrezowanego w samym wałku. Najprostsze zabezpieczenie wałka trybowego od przesuwu osiowego stanowi śrubka, której zakończenie wchodzi bez luzu w pierścieniowy żłobek wałka (rys. 123). Sam przesuwak zamocowany jest zwykle na wałku przesuwakowym za pomocą kołka lub śrubki.

Wrzeciono głowicy Lodge'a otrzymuje 6 różnych prędkości obrotowych za pośrednictwem następujących przekładni: pierwsza — *GHI*, druga — *JKHI*, trzecia — *GHIABEF*, czwarta — *JKHIABEF*, piąta — *GHICDEF*, szósta — *JKHICDEF*.

Koło zębata *I*, podobnie jak i koła *A* i *C*, jest osadzone na tulei, przez której wydrążenie przechodzi swobodnie z luzem wynoszącym około 3 mm wrzeciono tokarki. Łożyska tulei są umieszczone wewnątrz głowicy, — wrzeciono zewnątrz.

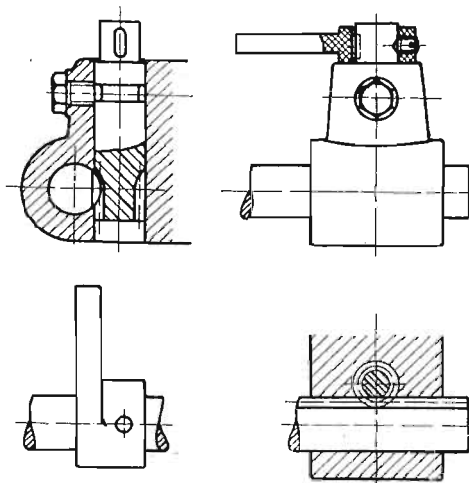
Tym sposobem unika się w zupełności bocznych parć na środkową część wrzeciona. Na wrzecionie osadzone jest jedynie koło zębate *F*, jednak tak blisko przedniego łożyska, że przeginanania wrzeciona nie należy się przytem wcale obawiać.

Przy napędzie pasowym głowica różni się tem, że na tulei wrzecionowej umieszczone jest zamiast koła zębatego *l* pojedyncze koło pasowe i że odpadają koła zębate *J*, *G*, *K* i *H*. Wrzeciono może być wówczas pędzone bezpośrednio przez koło pasowe i tuleję, sprzęgniętą z kołem *F*, lub pośrednio przez przekładnię *ABEF* i *CDEF*. Osadzenie koła pasowego na tulei współśrodkowej z wrzecionem posiada dużą zaletę, polegającą na tem, że przy toczeniu na czysto wrzeciono jest obracane przez sprężysty pas z pominięciem przekładni zębatach. Zaleta powyższa okupiona jest jednak pewną niedogodnością konstrukcyjną, wynikającą z umieszczenia koła pasowego wewnątrz głowicy, której nie można wykonać jako hermetycznie zamkniętej skrzynki zmianowej tak, jak to przedstawia schemat wskazany na rys. 75.

Głowic z jednostopniowym kołem pasowym istnieje wiele odmian, i podanej przez nas konstrukcji Lodge'a nie można uważać za ostatni wyraz dokonanego postępu, zapoznaje ona jedynie z całością rozwiązania konstrukcyjnego. Obok przesuwanych na wałkach kół zębatach, stanowiących dogodny sposób wyłączenia poszczególnych przekładni, w skład mechanizmów głowic wchodzi sprzęgła kłowe i cierne.

Sprzęgła kłowe stosuje się przy względnie wolno obracających się wałkach, lub gdzie w grę wchodzi duże momenty obrotowe. Przy szybkim obrocie przełączanie ich byłoby połączone ze zbyt mocnym szarpaniem. To samo tyczy się i przesuwanych kół zębatach, które można przełączać po całkowitem lub częściowym wyłączeniu napędu. Coprawda zaostrenie zębów koła z jednego albo z obu boków tak, że wchodzi one swobodnie pomiędzy zęby drugiego koła, ułatwia znakomicie ich przyłączanie, jak tego dowiodło oddawna praktykowane stosowanie tego rodzaju konstrukcji w skrzynkach zmianowych samojazdów.

Gdy zachodzi potrzeba przełączania w biegu różnych mechanizmów, wskazaniem jest użycie sprzęgieł ciernych. Jednym z najpoważniejszych wymagań, stawianych konstrukcji sprzęgła cierne w obrabiarce, niestety trudnym do spełnienia, jest zajmowanie przezeń jak najmniej miejsca. Duże sprzęgła cierne zwiększają nadmiernie głowice i skrzynki zmianowe tak, że należy ograniczać w miarę możliwości liczbę sprzęgieł ciernych. Niekiedy stosuje się jedno sprzęgło cierne, umieszczając je w pojedynczym kole pasowym głowicy tak, że wyłącza ono od razu cały napęd. Wyłączając częściowo powyższe sprzęgło tak, że obrabiarka zwalnia znacz-



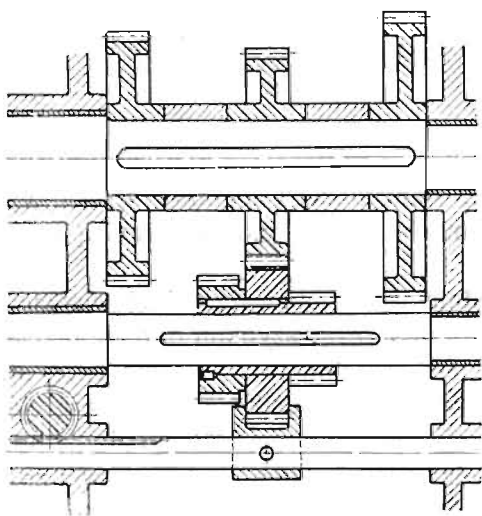
Rys. 123.



nie swój bieg, można korzystać bezpiecznie z innych mechanizmów przełączających w rodzaju sprzęgieł kłowych i kół przesuwanych. Takie jedyne sprzęgło cierne może posiadać duże wymiary, przez co nie jest narażone na szybkie wycieranie się i psucie.

Przy obliczaniu i konstruowaniu sprzęgieł kłowych należy zwracać baczną uwagę na to, by przełączanie za pomocą dźwigni nie wymagało zbyt dużego wysiłku robotnika obsługującego obrabiarkę. Wpływa na to w znacznym stopniu stosowne umieszczenie widełek do przesuwania łącznika sprzęgłowego. Przy sprzęgłach ciernych należy się niekiedy poważnie liczyć z wyrównoważeniem mas ze względu na działanie siły odśrodkowej.

**34. Konstrukcja skrzynek zmianowych.** Skrzynką zmianową nazywa się zespół mechanizmów do zmiany prędkości obrotowej wrzeciona, wałka lub śruby pociągowej. Nazwę swą skrzynki zmianowe zawdzięczają umieszczeniu zespołów tego rodzaju w skrzynkach żeliwnych wypełnionych częściowo smarem, w którym nurzają się ruchome części maszynowe. Głowice z jednostopniowym kołem pasowym lub przystosowane do napędu elektrycznego stanowią specjalną odmianę skrzynek zmianowych. Niekiedy skrzynkę stanowi właściwy kadłub obrabiarki, najczęściej zaś skrzynki zmianowe przykręca się do niego śrubami. Skrzynki zmianowe do posuwów nazywa się powszechnie skrzynkami posuwowymi. Poniżej podajemy zasady konstrukcji skrzynek zmianowych wogóle i posuwowych w szczególności.



Rys. 124.

Mamy zbudować skrzynkę zmianową do trzech prędkości obrotowych z przesuwaniem kołami zębatymi. Na dolnym wałku pędzącym umieszczamy zespół trzech kół zębatych, osadzonych na wspólnej pochwie, na górnym wałku pędzonym umieszczamy również trzy koła, rozstawiając je odpowiednio (rys. 124). Aby umożliwić przesuwanie zespołu kół na pierwszym wałku, koło największe umieszczone jest pośrodku. Odległość pomiędzy kołami na wałku pędzonym musi być taka, że w chwili gdy koło środkowe zespołu przesuwanego wyjdzie z chwytu, skrajne koło zespołu nie znajduje się jeszcze w chwycie z kołem na wałku pędzonym.

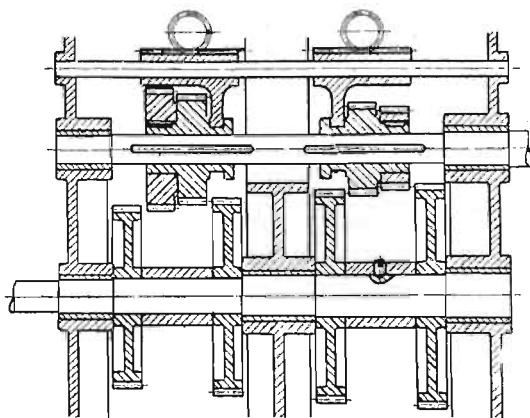
Do przesuwania zespołu służą widełki obejmujące część obwodu koła środkowego. Widełki te są osadzone na wałku przesuwakowym, na którym nacięta jest zębatka. Za pomocą wałka trybowego, którego konstrukcję przedstawiliśmy wyczerpująco na rys. 123, wprawia się w ruch wałek przesuwakowy z widełkami.

Bieg obliczenia i zbudowania takiej przekładni jest bardzo prosty. Naprzód sporządza się schemat przekładni, dbając o uszeregowanie liczby obrotów wałka pędzonego według postępu geometrycznego. O ile odległość pomiędzy wałkami



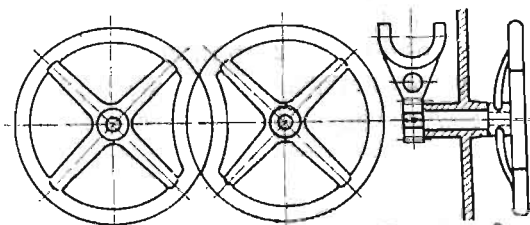
jest z góry wyznaczona należy sprawdzić, czy wymiary kół nie wypadają zbyt małe. Momenty przenoszone dają możność wyznaczenia średnic wałków pędzącego i pędzonego i określenia materiału, z jakiego mają być sporządzone koła zębate. Odległość pomiędzy łożyskami przy omawianej konstrukcyi wynosić będzie  $7s + 40$  do  $50\text{ mm}$ , gdzie  $s$  oznacza szerokość któregokolwiek z kół zębatach.

O ile skrzynka zmianowa ma dawać cztery zmiany prędkości, na wałku pędzącym umieszczamy zamiast jednego dwa zespoły po dwa koła przesuwane (rys. 125), odpowiednio rozstawiając koła na wałku pędzonym. Wobec większej długości wałków dajemy środkowe łożysko dla wałka pędzonego. Wałek pędzony, pomimo że jest cieńszy, nie posiada zwykle środkowego łożyska, gdyż przesuwanie kół wymaga sporo miejsca. Pochwy kół przesuwanych są mianowicie przedłużone i tworzą zakończenie kołnierzone do widełek przesuwakowych. Ponieważ mamy w tym wypadku dwoje widełek osadzonych na wspólnym wałku, przeto muszą one posiadać odrębne mechanizmy do przesuwania. W tym celu na pochwach widełkowych są narżnięte zębátky, przesuwane przez odpowiednie kółka zębate poruszane przez dźwignie lub kółka ręczne, umieszczone na zewnątrz skrzynki zmianowej.

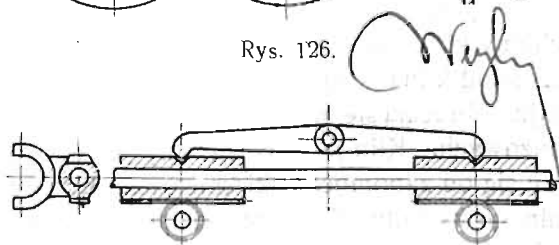


Rys. 125.

Niezależność przesuwów widełek jest rzeczą niedogodną, gdyż pociąga za sobą możliwość jednoczesnego włączania dwóch przekładni. Zapobiega temu t. zw. ryglowanie lub blokowanie przesuwów, rozwiązywane konstrukcyjnie w nader różny sposób. Na rys. 126 i 127 podajemy dwa typowe przykłady ryglowania. Wyobraźmy sobie mianowicie, że kółka zębate do przesuwania widełek w omawianej poprzednio skrzynce zmianowej są poruszane przez dwa blisko siebie umieszczone kółka ręczne. Na obwodach obu kółek ręcznych znajdują się wykroje tego



Rys. 126.



Rys. 127.

kształtu, że gdy jedno z kółek pokręcimy na pewien kąt, to unieruchomiemy tem samym drugie. Położeniu kółek ręcznych, przedstawionemu na rys. 126, odpowiada wyłączenie z chwytu obu zespołów przesuwanych. Z chwilą pokręcenia jednego z kółek ręcznych, a tem samym włączenia jednego z zespołów, drugie kółko ręczne

zostaje unieruchomione, a tem samym zespół będący dotychczas w spoczynku zostaje zaryglowany.

Przy większej odległości pomiędzy kółkami ręcznymi ryglowanie można skutecznie za pośrednictwem dźwigni z dwoma noskami (rys. 127), wchodzącymi w wykroje pochew widełek przesuwakowych. Jeżeli jedno z widełek przesuniemy, nosek dźwigni zostanie wypchnięty z wykroju, dźwignia przechyli się nieco i nosek na drugim końcu wejdzie głębiej w wykroj drugich widełek, ryglując je skutecznie. Ryglowanie powyższe będzie skryte: z położenia kółek ręcznych lub dźwigni na zewnątrz skrzynki nie możemy rozpoznać, który z zespołów został przesunięty. Dowiemy się o tem dopiero próbując, które z kółek ręcznych daje się przesuwac, a które jest zaryglowane. W tym wypadku jest rzeczą pożyteczną, a niekiedy wprost konieczną, przymocować do skrzynki zmianowej w widocznem jej miejscu tabliczkę z krótką instrukcją, wyjaśniającą rozrząd mechanizmu. Uzupełnieniem tej instrukcji są odpowiednie wskaźniki na kółkach ręcznych lub dźwigniach.

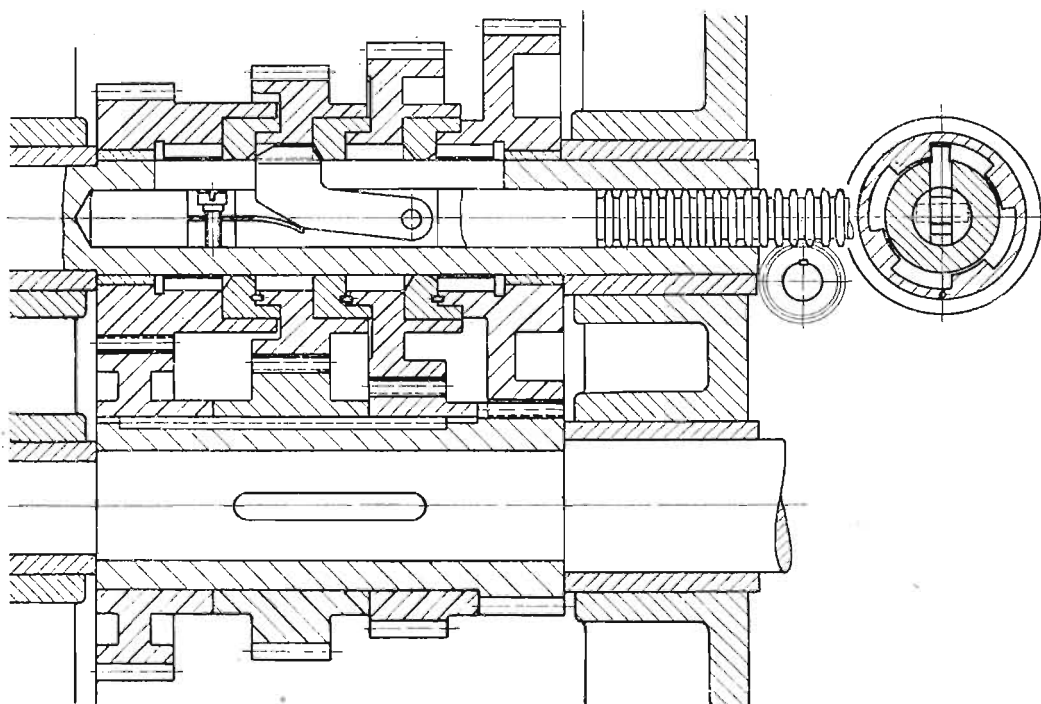
W ogólności na skrzynkach zmianowych umieszcza się tabliczki z podaniem liczby obrotów, lub wielkości posuwów, do których zmiany służy dany mechanizm. Tabliczki takie ułatwiają obsługę obrabiarki oraz obliczenia warsztatowe przy wyznaczaniu roboty na danej obrabiarence. Obyć się bez tabliczek instrukcyjnych można było w obrabiarkach starego typu ze zmianą prędkości zapomocą stopniowego koła pasowego, gdy robotnik, zdając sobie sprawę ze zwiększania lub zmniejszania prędkości przy przierzucaniu pasa, dobierał ją intuicyjnie na mocy doświadczenia zawodowego.

Przekładnie z kołami przesuwowemi spotyka się w wielu obrabiarkach bądź jako samodzielne skrzynki zmianowe, bądź jako część składową skrzynek bardziej złożonych. Dodając np. do poprzednio opisanych skrzynek trzeci wałek i dwie pary kół zębatach przełączanych zapomocą sprzęgła kłowego, zwiększymy liczbę zmian prędkości do  $3 \times 2 = 6$  lub do  $4 \times 2 = 8$ . Oprócz przekładni z kołami przesuwanemi, w obrabiarkach spotyka się często mechanizmy ze stopniowemi kołami zębatemi z wysuwaniem klinem, z przekładnią odchylną i t. d. Ważniejsze z tych przekładni podajemy poniżej.

Rys. 128 przedstawia układ schodkowy kół zębatach z klinem przesuwany. Wałek pędzący jest wydrążony i posiada szparę podłużną, przez którą przechodzi ruchomy klin. W piastach kół zębatach wycięte są od wewnątrz wykroje znacznie szersze od klina, który wpada w nie, będąc popychany przez płaską sprężynę. Koła skrajne obracają się na pochewkach bronzowych, środkowe na pierścieniach, również bronzowych. Klin jest przesuwany wzdłuż otworu zapomocą wałeczka, z którym łączy się on zapomocą oski-kołeczka. Koniec wałka tworzy zębatkę obrotową specjalnego kształtu. Są na nim nacięte mianowicie zęby w kształcie pierścieni, z którymi kojarzy się trybik bronzowy do przesuwania. Wałek wewnętrzny do przesuwania klina obraca się, jak to łatwo zrozumieć z konstrukcyi, razem z wydrążonym wałkiem pędzącym, jednak zębatka pierścieniowa nacięta na końcu wałka pozostaje stale we chwycie z trybikiem tak, że możemy przełączać klin w biegu przekładni. Od równoczesnego włączenia naraz dwóch par kół zębatach chronią pierścienie pomiędzy kołami na wałku pędzącym, zmuszające klin do chowania się wewnątrz wałka przy przełączaniu.

Koło zębate, w którego piaście znajduje się w danej chwili klin, obraca się wraz z wałkiem, natomiast koła sąsiednie bieżą luźno, gdyż zmusza je do tego chwyt z kołami zaklinowanymi na wałku pędzonym. Pierścienie brązowe, przejmujące parcie doosiowe kół zębatach, są nasadzone szczelnie na wystające części piast i prócz tego złączone z nimi zapomocą czwiczek. Aby umożliwić raptowne wpadanie i wyciąganie klina z wykrojów piast kół zębatach, pierścienie posiadają boki odpowiednio ścięte. Kliny są zwykle stalowe, hartowane i szlifowane. Kół zębata wykonywa się ze stali a nawet hartuje od środka ze względu na wykroje, o których ścianki uderzają mocno kliny przy przełączaniu ich w obieg.

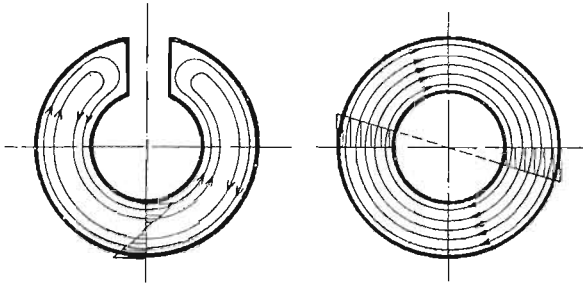
Przekładnia z wysuwającym klinem zajmuje bardzo mało miejsca, co stanowi bez wątpienia jej dużą zaletę. Stosują ją też często w obrabiarkach, zwłaszcza



Rys. 128.

w skrzynkach posuwowych, gdzie w grę wchodzi małe siły. Posiada ona jednak wiele wad tak, że użycie tych przekładni należałoby ograniczyć do specjalnych wypadków. Przedewszystkiem przekrój wałka jest bardzo osłabiony na skręcanie przez wykroj na klin. Jeżeli porównamy (por. A. Föppl. Vorlesungen über technische Mechanik. III. Festigkeitslehre, str. 406) linie sił, powstające przy skręcaniu w przekroju wałka wydrążonego, lecz nieprzeciętego, z liniami sił w wałku z przecięciem (rys. 129), to zauważymy, że są one zgoła różne. W przekroju pierścieniowym zamkniętym linie sił bieżą wokoło i posiadają jeden kierunek, w przekroju z wykrojem na klin zawracają w pobliżu wykroju, zaś kierunek sił od strony zewnętrznej pierścienia jest przeciwny w porównaniu z kierunkiem sił od strony wewnętrznej. Przy skręcaniu więc wałka wydrążonego z wykrojem na klin powstają

duże naprężenia, zmniejszające kilkakrotnie jego wytrzymałość w porównaniu z wałkiem o zamkniętym przekroju pierścieniowym. Z tym osłabieniem wałka należy się poważnie liczyć nie tylko ze względu na możliwość ukręcenia go, lecz i odkształcenia, wywołującego zatarcie się pierścieni brązowych. O niewielkiej wytrzymałości tych wałków mieliśmy sposobność przekonać się parokrotnie w praktyce. Zwracamy również uwagę na szybkie zbijanie się klinów i wykrojów w piastach kół, wynikające z uderzeń przy włączaniu przekładni. W porównaniu z przekładnią



Rys. 129.

z kołami przesuwanymi, przekładnia z wysuwanym klinem posiada ponadto tę wadę, że wszystkie koła zębate pozostają stale we chwycie wzajemnym.

Jeżeli przekładnia z przesuwanym klinem składa się z trzech lub czterech par kół zębatach, z niektórymi wadami konstrukcyjnymi można się jeszcze pogodzić. Wykroj w wałku jest krótszy, przez co jest on mniej narażony na od-

kształcenie przy skręcaniu, zaś koła środkowe tworzą wraz ze skrajnymi dość sztywny zespół tak, że parcie wzajemne kół zębatach rozkłada się lepiej na całość. Nadmienimy, że koła skrajne przy łożyskach posiadają pochewki znacznie szersze od pierścieni i obracające się na gładkiej części wałka pędzącego, przez co się daleko mniej wycierają.

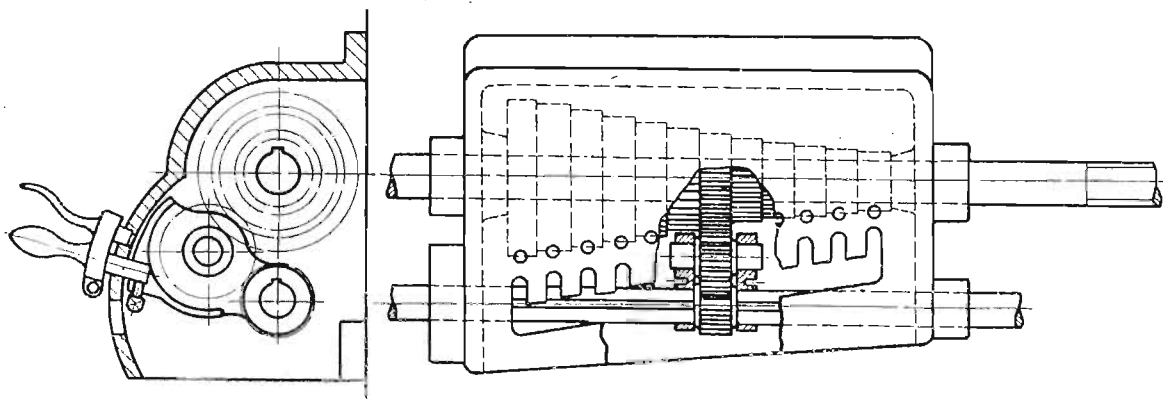
Trybik brązowy, przesuwający wałek z klinem ruchomym jest pokręcany zapomocą dźwigni lub kółka ręcznego. O ile dźwignia posiada rękojeść z zatraskiem, na zewnętrznej powierzchni skrzynki jest rozłożone symetrycznie względem osi wałka trybikowego tyle otworów do umiejscowienia sworzni zatraskowego, ile jest pozycji klina ruchomego, albo co na jedno wypadnie, ile jest kół zębatach na wałku pędzącym. Przy przekładni z kołami przesuwanymi dźwignie lub kółka ręczne są umieszczone zwykle pośrodku skrzynki, przy przekładni z klinem ruchomym z boku na zewnątrz łożyska.

Niekiedy stosuje się w skrzynkach zmianowych odchylną przekładnię zębatą (rys. 130). Polega ona na tem, że na wałku pędzonym zaklinowuje się zespół schodkowy kół zębatach, zaś na wałku pędzącym umieszcza się osadzone w odpowiedniej oprawie małe koło przesuwane, będące stale we chwycie z pośrednim kółkiem zębatach, obracającym się luźno na wałeczku, osadzonym w oprawie. Przesuwając oprawę wraz z obu kołami wzdłuż wałka pędzącego i zarazem zbliżając lub oddalając koło pośrednie od zespołu kół na wałku pędzonym, możemy włączyć dowolną przekładnię. Oprawa z kołami zaopatrzona jest w rękojeść z zatraskiem, wchodzącą kolejno w szereg wykrojów w pokrywie skrzynki. Wykroje powyższe zmuszają do włączania i wyłączania w sposób prawidłowy odchylnego koła zębatego, gdyż może się ono odbywać jedynie z przodu i oprawę można przesunąć wzdłuż wałka pędzącego dopiero wówczas, gdy koło pośrednie wyjdzie

z chwytu. Przy rękojeści znajduje się zatrask, którego sworzeń wchodzi w otwórki na pokrywie i ustala ściśle położenie oprawy.

Zaletą tej konstrukcji jest mała liczba kół w skrzynce, dająca jednak dużą liczbę zmian przekładni. Przy kołach przesuwanych lub z klinem ruchomym, aby otrzymać  $n$  zmian prędkości, należy użyć  $2n$  kół zębatach. Przy przekładni z odchylnym kołem wystarcza w tym celu  $n+2$  kół zębatach. Wadą konstrukcji jest ograniczony obszar zmienności wałka pędzonego przy stałej liczbie obrotów wałka pędzącego. Ponadto oprawa zacina się łatwo przy przesuwaniu jej wzdłuż wałka, zaś łożyska oprawy szybko się wycierają.

Aby zwiększyć obszar zmienności tej przekładni próbowano w oprawie zamiast jednego koła pośredniego umieszczać dwa różnej średnicy, z których jedno pozostawałoby w chwycie z kołem pędzącym, zaś drugie z jednym z kół zespołu pędzonego. Rzecz prosta, że prowadzi to do jeszcze większego skomplikowania konstrukcji oprawy.



Rys. 130.

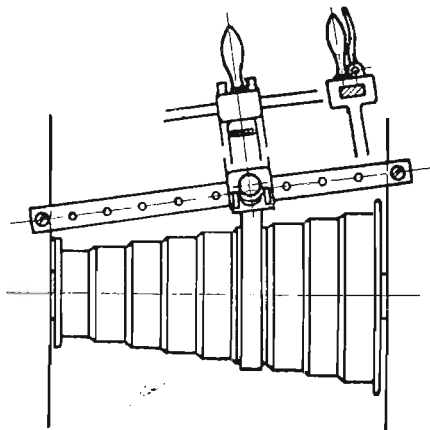
Prócz tych zasadniczych i najczęściej spotykanych elementarnych przekładni w skrzynkach zmianowych stosuje się cały szereg innych, niekiedy pomysłowych i przystosowanych dobrze do danego celu. Wszystkie one, podobnie jak i przekładnie pasowe z kołem stopniowym, dają nieciągłą zmianę prędkości. Do zmiany ciągłej, niestopniowanej, prędkości obrotowej, służą specjalne przekładnie pasowe i cierne, rzadko naogół stosowane w obrabiarkach.

Mówiąc o mechanizmach posuwowych należy zaznaczyć, że stosowanie w nich przekładni pasowych musi być ograniczone do tych wypadków, gdy stały stosunek przekładni nie stanowi koniecznej potrzeby, a więc gdy z możliwym ślizganiem się pasa można się pogodzić. Gdy stopniowania przekładni mają być przytem gęste, jak tego zachodzi potrzeba np. w niektórych szlifierkach, można dla ułatwienia szybkiego przełączania pasa zastosować specjalne koło stopniowe z łagodnym przejściem pomiędzy poszczególnymi stopniami (rys. 131). Widelki do przesuwania pasa mogą być przytem przesuwane ręcznie, zaś specjalny zatrask unieruchamia pas na danym stopniu.

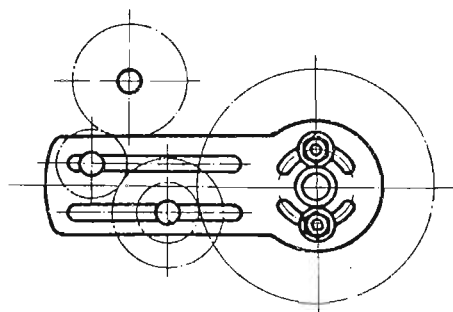
Do zmiany prędkości obrotowej według ściśle określonego stosunku przekładni używa się dość często t. zw. gitary z kołami zmianowymi. Jest to rama (rys. 132) osadzona na czopie współśrodkowym z osią wałka pędzonego lub pędzącego. W ramie tej znajdują się wykroje podłużne do osadzenia sworzni czopowych z po-



chewkami, na których obracają się koła zębate. Zakończenia śrubowe sworzni przechodzą przez wykroje gitary tak, że sworznie można mocno przykręcić do gitary za pomocą nakrętek. Dzięki specjalnym podkładkom, przytrzymującym pochewki wraz z kołami zębatymi na sworzniach, wystarczy nieco zluźnić śrubę,

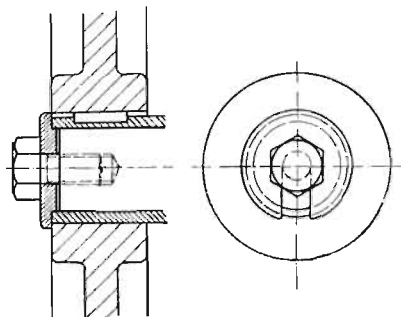


Rys. 131.



Rys. 132.

przytrzymującą podkładkę (rys. 133), aby zdjąć koło z gitary. Podnosząc lub opuszczając gitarę i przesuwając sworznie w wykrojach, można osiągnąć prawidłowy chwyt kół pośrednich z pędzaniem i pędzonym. Po ustawieniu kół, gitarę przykręca się mocno do kadłuba obrabiarki.



Rys. 133.

Niekiedy zapewnienie obrabiarczyce posuwu ciągłego połączone jest z trudnościami konstrukcyjnymi. W obrabiarkach do ruchu prostoliniowego tam i z powrotem, a więc w strugarkach różnych typów, stosuje się z zasady posuw nieciągły przerywany.

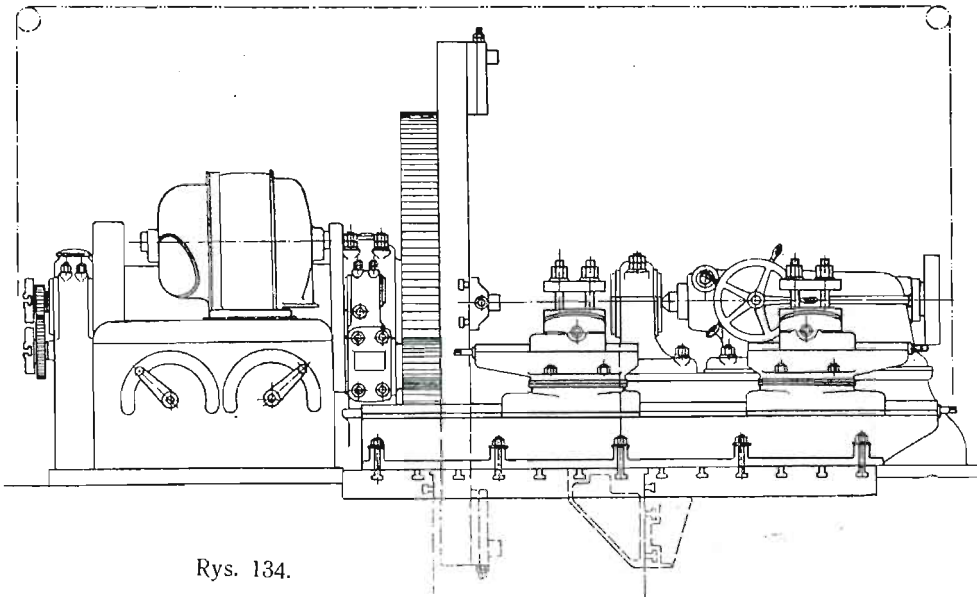
Rys. 134 przedstawia schemat tokarki tarczowej, w której stosuje się nieciągły przesuw sanek suportowych. Tarczówka służy do obrabiania przedmiotów płaskich o dużej średnicy, jak kół rozpedowych, pokryw, bębnow.

Charakterystyczną jej cechą jest wielka tarcza uchwytowa, mieszcząca się częściowo w dole przed głowicą. Po obu bokach i z przodu u dołu umieszcza się na stosownej płycie fundamentowej dostawne łoża z suportami krzyżowymi i skrzętnymi, umożliwiającymi obróbkę powierzchni cylindrycznych, stożkowych i płaszczyzn. O ile bębny lub koła obrabiane są osadzone na wałach, podpira się je z drugiej strony niekiedy za pośrednictwem konika i okularu łożyskowego, umieszczonego na odpowiedniej podstawie.

Wobec tego, że na tarczówkach są obtaczane przedmioty różnej średnicy, głowica powinna posiadać znaczną liczbę zmian obrotów. Niemniej ważną rzeczą jest poręczne przestawianie suportów przednich i bocznych. Zapomocą żórawia lub suwnicy łatwo podnieść i przestawić łoża dostawne i konik. Przy obróbce mniejszych przedmiotów pewną niedogodność przedstawia dół przed głowicą, uniemożliwiający dostawienie łoża przy obtaczaniu przedmiotu z przodu. Zaradzić temu można przykręcając wsporniki kątowe do płyty fundamentowej (rys. 134).

Z opisu powyższego czytelnik łatwo zda sobie sprawę z trudności konstrukcyjnych, jakie nastęrczałyby się przy obmyślaniu posuwów ciągłych za pośrednictwem układu wałków i przekładni zębatych. Pozatem obsługa tarczówki, w razie istnienia jakichkolwiek mechanizmów przenoszących ruch z głowicy do suportów, byłaby bardzo utrudniona, gdyż wymagałaby rozbierania go i składania przy każdorazowym przestawianiu suportów zapomocą żórawia. Tymczasem łatwo dać suportom posuw nieciągły za pośrednictwem tarcz korbowych z tyłu głowicy (por. rys. 147), łańcuchów przerzuconych na rolki umieszczone na pułapie i grzechotek, zakładanych na zakończenia krawędziowe śrub pociągowych (rys. 103).

Grzechotka (rys. 135) składa się z oprawki, wewnątrz której umieszczone jest koło zapadkowe, posiadające otwór kwadratowy do końca śruby. Oprawce nadaje mu ruch wahadłowy względem koła w jakikolwiek sposób, bądź ręcznie, bądź me-



Rys. 134.

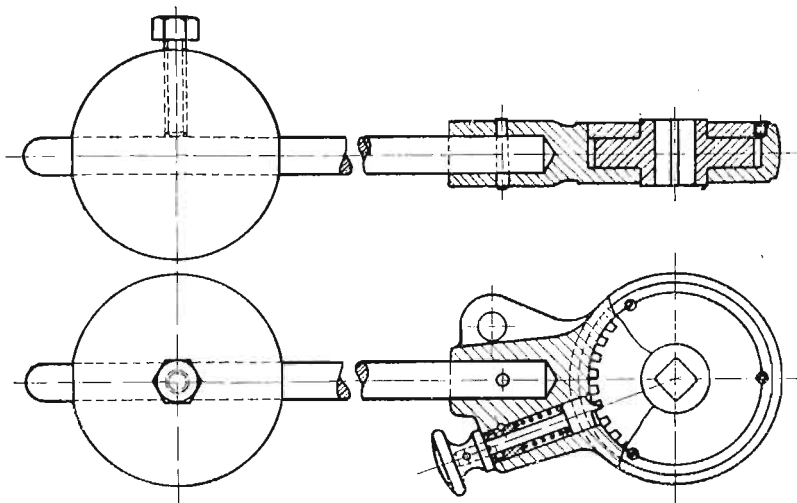
chanicznie za pośrednictwem drążków lub łańcucha. Rzecz polega na tem, by zamienić ruch wahadłowy oprawki na jednokierunkowy, jakkolwiek nieciągły obrót koła zapadkowego. W tym celu wewnątrz oprawki umieszczony jest sworzeń z zębem specjalnego kształtu, dociskany do koła zapadkowego zapomocą sprężyny. Ząb ten zaczepia o zęby koła przy podnoszeniu oprawki i ześlizguje się z nich przy opuszczaniu. Przekręcając sworzeń na drugą stronę można osiągnąć obrót koła zapadkowego w kierunku odwrotnym. Można również wyciągnąć nieco sworzeń z otworu, przekręcić go o kąt  $90^{\circ}$  i dzięki kołeczkowi umiejscowić w płytkim wykroju piasty (por. rys. 118).

Uzupełnieniem konstrukcyi grzechotki jest ucho do trzpienia łączącego oprawkę z dźwignią oraz wałek z przeciwcieżarem w razie zastosowania łańcuszka; ucho umieszcza się z tej czy innej strony oprawki stosownie do potrzeby. Istnieją inne jeszcze odmiany grzechotek i mechanizmów zapadkowych, używane np. do posuwu strugarek.

Regulowanie posuwu zapomocą tarczy korbowej jest bardzo poręczne, wystarczy nastawić przesuwak tarczy korbowej na dany skok, a ząb w grzechotce będzie zaczepiał daną liczbę zębów.



W strugarkach różnych typów przesuw noża odbywa się wtedy, gdy jest on wyłączony całkowicie z pracy w okresie zmiany ruchu jałowego na roboczy; zmiana posuwu zapomocą mechanizmu zapadkowego jest wówczas bardzo na miejscu. Inaczej rzecz się ma w tokarkach, wiertarkach, frezarkach i szlifierkach. Na po-

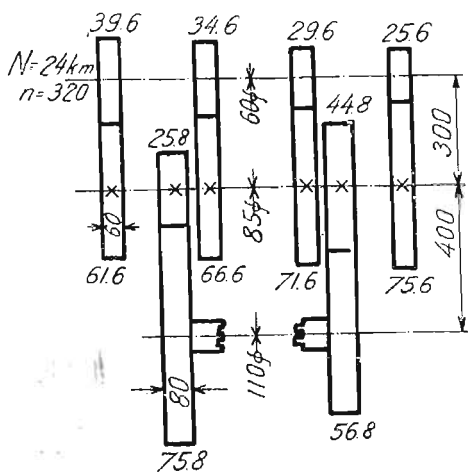


Rys. 135.

wierzchni obrabianej znać wyraźnie ślady raptownego przesunięcia narzędzia, organy obrabiarki zużywają się wskutek silnych nagłych obciążeń. W wiertarkach zarzucono zupełnie posuw nieciągły, gdyż wywołuje on połamanie narzędzia. Nie praktykuje się on we frezarkach i szlifierkach, w tokarkach zaś wyjątkowo.

### Ć w i c z e n i a.

Przykład. Rys. 136 przedstawia układ kół zębatych w skrzynce zmianowej obrabiarki. Wałek pędzący pierwszy posiada średnicę 60 mm, przenosi 24 k. m, robiąc 320 obrotów na minutę. Ruch z pierwszego wałka na drugi przenosi cztery pary kół zębatych czołowych o modułu  $m = 6$ . Liczby zębów i moduły są podane przy każdym kole. Wyłączanie przekładni odbywa się zapomocą przesuwania kół na pierwszym wałku. Ruch z drugiego wałka na trzeci przenosi dwie pary kół zębatych szerokości 80 mm, przyczem wyłączanie odbywa się za pośrednictwem sprzęgła kłowego. Wałek trzeci robi 35 do 160 obrotów na minutę.



Rys. 136.

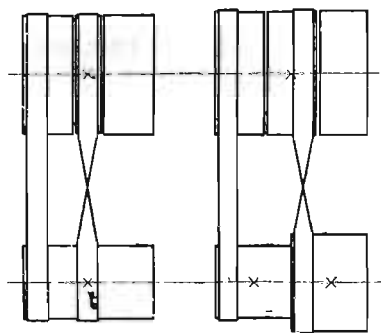
Sprawdzić, czy prędkości obrotowe skrzynki są rozstawione w szeregu geometrycznym, i wyznaczyć materiał, z jakiego mają być wykonane koła zębata. Czytelnikowi, zapoznanemu naogół z konstrukcją maszyn, proponujemy zbudować skrzynkę zmianową według niniejszego układu. Skrzynka ma być prostokątna, ma posiadać pokrywę u góry, przyczem wałki należy tak rozmieścić, by zajmowały one stosunkowo mało miejsca i skrzynka była możliwie mała. Ruchy powinny być ryglowane. Specjalną uwagę należy zwrócić na lekkie wyłączanie sprzęgła kłowego zapomocą dźwigni.

## ROZDZIAŁ IX.

### Mechanizmy nawrotne i do zamiany ruchu obrotowego na prostoliniowy. Napęd strugarek i dłutownic.

**35.** Do zmiany kierunku ruchu obrotowego służą najrozmaitsze mechanizmy z przekładniami pasowymi, zębatymi i sprzęgłami, czyli t. zw. mechanizmy nawrotne.

Zwykła przystawka stropowa, będąca ogniwem łączącym napęd obrabiarki z główną pędną, posiada bardzo często przekładnię do ruchu nawrotnego. Na głównej pędni zaklinowany jest gładki bęben pasowy (rys. 137), zaś na przystawce stropowej oprócz koła stopniowego, nie przedstawionego na rysunku, znajdują się trzy koła pasowe, z których środkowe jest zaklinowane, a oba skrajne są osadzone luźno na pochwach samosmarowych. Środkowe koło pasowe posiada szerokość odpowiadającą szerokości pasa, boczne posiadają szerokość podwójną. Przystawkę łączą z pędną dwa pasy: prosty i skrzyżowany, przy czym jeden z nich musi znajdować się stale na jednym z luźnych kół przystawki. Dzięki podwójnej szerokości kół luźnych przy przesuwaniu równoczesnym obu pasów unikamy jednoczesnego włączenia zaklinowanego koła pasowego przystawki, gdyż dopóki pas skrzyżowany nie zejdzie z koła środkowego, pas prosty pozostaje na kole luźnym.

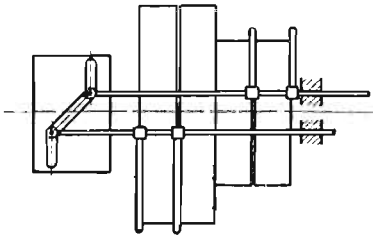


Rys. 137.

Niekiedy jest rzeczą pożądaną, a nawet niezbędną, zwiększyć prędkość ruchu nawrotnego. W tym celu na pędni osadza się bęben stopniowy (rys. 137), przy czym na jednym stopniu przesuwu się pas zwykły, na drugim skrzyżowany. Konstrukcja pozostaje prawie ta sama, co i w wypadku poprzednim: cała różnica polega na tem, że koło środkowe, zaklinowane na wałku przystawki, musi posiadać podwójną szerokość.

Przy dużych kołach pasowych i częstem, zwłaszcza samoczynnem, przerzucaniu pasa podwójna szerokość kół luźnych i zaklinowanych nastęrcza poważne trudności konstrukcyjne. W strugarkach podłużnych z napędem pasowym, gdzie jest

rzeczą ważną, aby nawrót stołu odbywał się szybko, stosuje się specjalny układ kół pasowych z przełączaniem pasów zapomocą oddzielnych widełek (rys. 138). Koło środkowe stopniowe jest zaklinowane na wałku, skrajne zaś są osadzone luźno na pochwach samosmarowych. Przesuwaniem widełek kieruje bęben z rowkiem szablonowym. W położeniu przedstawionem na rysunku oba pasy znajdują się na luźnych kołach pasowych. Pokręcając bęben w jedną, bądź drugą stronę, włączamy pas to prosty to skrzyżowany. Bęben otrzymuje ruch wahadłowy tam

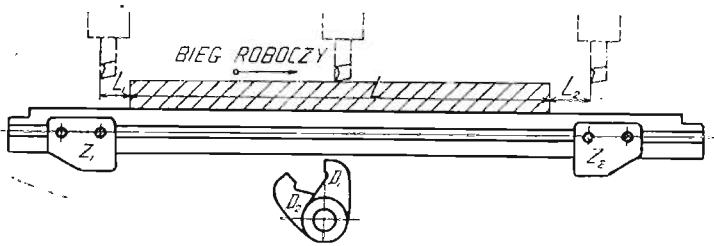


Rys. 138.

i z powrotem od samego stołu roboczego za pośrednictwem zderzaków i dźwigni, których układ jest przedstawiony na rys. 139. Pokręceniu na pewien kąt wałka ze zderzakami odpowiada częściowy obrót wałka, na którym osadzony jest bęben przełącznikowy. Odpowiedni mechanizm łączący cyneumatycznie oba wałki, może być rozwiązany konstrukcyjnie w różny sposób i dlatego pomijamy go w opisie.

Przejdźmy do rys. 139. Do bocznej powierzchni stołu przymocowane są zapomocą śrub z łbami kwadratowymi, wchodzącymi w rowki trapezowe stołu, dwa zderzaki  $Z_1$  i  $Z_2$ , ograniczające skok stołu strugarki. Na wałku 2 zaklinowane są dwie dźwignie zderzakowe  $D_1$  i  $D_2$ . Zderzak  $Z_1$  wystaje znacznie naprzód względem bocznej powierzchni stołu tak, że mija dźwignię  $D_2$ . Innymi słowy, zderzakowi  $Z_1$  odpowiada wyłącznie dźwignia  $D_1$ , zaś zderzakowi  $Z_2$  dźwignia  $D_2$ .

Podczas biegu roboczego dźwignie  $D_1$  i  $D_2$  zajmują pozycje wskazane na rys. 139. Gdy stół przesunie się wlewo do końca, zderzak odchyli dźwignię  $D_1$ .



Rys. 139.

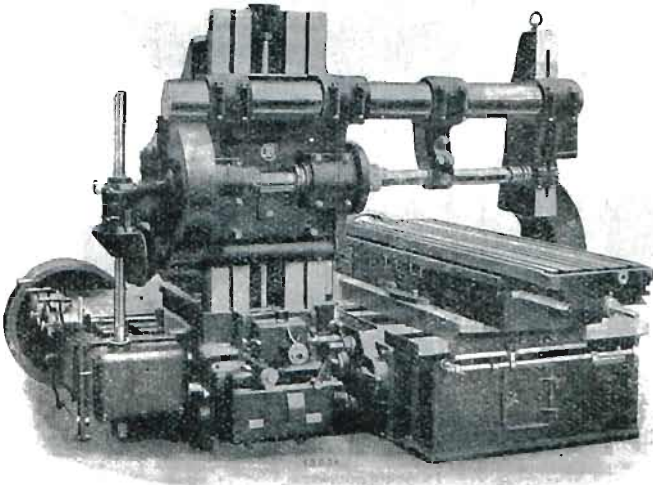
Bęben przełącznikowy zaczyna działać, przerzucając pas na kołach napędowych strugarki, wskutek czego stół zaczyna poruszać się wlewo. Powrotny ruch stołu trwa aż do chwili, gdy zderzak  $Z_2$  spotka dźwignię  $D_2$ , co wywołuje pokręcenie wałków, a więc nowe przerzucenie pasa na kołach napędowych.

Skok stołu roboczego strugarki podłużnej musi być większy od długości strugania przedmiotu  $L$ , gdyż nawrót stołu musi się odbywać wówczas, gdy nóż jest wyłączony z pracy. Odcinek  $L_1$  skoku może być przytem mały, nieco więcej czasu wymaga posuw narzędzia dokonywany podczas nawrotu z biegu jałowego stołu na roboczy tak, że odcinek  $L_2$  jest większy.

Zaznamy, że w strugarkach podłużnych prędkość biegu powrotnego czyli jałowego jest dwa do trzech razy większa od prędkości roboczej. Dawniej usiłowano

zwiększać cztero i pięciokrotnie prędkość powrotną stołu roboczego strugarki podłużnej. Nastęrczało to jednak duże trudności konstrukcyjne ze względu na bezwładność kół pasowych, które w większych strugarkach muszą posiadać dużą średnicę i obracać się prędko. Nawet lekko zbudowane koła pasowe posiadały taką bezwładność, że przełączanie ich wymagało w pewnym momencie więcej energii, niż ruch roboczy. To też gdy w użycie weszła stal szybkoobrotowa i zwiększono prędkości skrawania obrabiarek wogóle, a strugarek podłużnych w szczególności, zrezygnowano ze znacznego powiększenia prędkości powrotnej stołu roboczego w porównaniu z roboczą.

**36. Zamiana ruchu obrotowego na prostoliniowy nawrotny.** Ruch obrotowy można zamienić na prostoliniowy za pomocą mechanizmu złożonego bądź z zębatego i koła zębatego, bądź śruby i nakrętki pociągowej, bądź wreszcie ze śli-



Rys. 140.

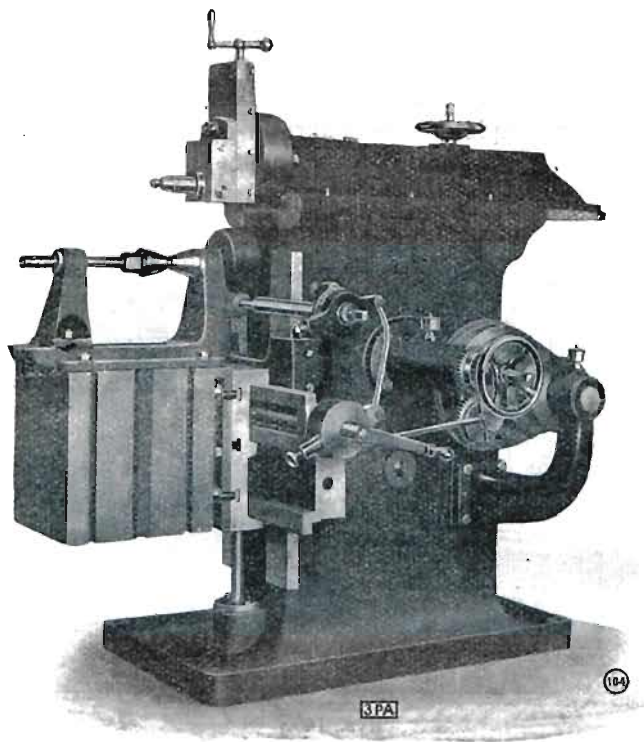
maka i zębatego ukośnej. Zaopatrując napęd w mechanizm nawrotny przełączany samoczynnie, możemy osiągnąć ruch prostoliniowy tam i z powrotem. Przykład takiego ruchu opisaliśmy poprzednio w zastosowaniu do strugarki podłużnej z napędem pasowym, podając główne zasady konstrukcji.

W obrabiarkach do skrawania zgruba stosuje się najczęściej przekładnię składającą się z zębatego i koła zębatego, ponieważ mechanizm powyższy nadaje się do pokonywania wielkich oporów, a zarazem jest tańszy co do wykonania od pozostałych. Koło zębate stosuje się w nim duże o liczbie zębów powyżej 30-tu, przez co unika się interferencji profilów koła i zębatego, wywołującej szarpanie w biegu i karby na powierzchni obrabianej.

We frezarkach podłużnych typu strugarkowego pierwszeństwo dają napędowi ze śrubą pociągową, ze względu na powolny przesuw stołu roboczego. Frezarki podłużne (rys. 140) są stosowane przy obrabianiu powierzchni profilowych za pomocą zespołów frezowych, zamocowanych na trzpieniu osadzonym we wrzecionie poziomym (p. rys. 61). Powyższa metoda obróbki przedstawia się niekiedy znacznie ko-

rzystniej od strugania, które wymagałoby użycia bądź noży kształtowych, bądź też dosuwania ręcznego suportów według profilu wytrasowanego na czołowej powierzchni obrabianego przedmiotu. Przy użyciu zespołu frezowego trasowanie przedmiotu staje się rzeczą zbyteczną, a sama obróbka zajmuje znacznie mniej czasu i wymaga mniej wytężonej uwagi ze strony robotnika.

Frezarki podłużne posiadają często oprócz suportu lub suportów bocznych, przesuwanych wzdłuż pionowych stojaków jeszcze i suport na specjalnej belce poprzecznej. Tym sposobem przedmiot można obrabiać równocześnie z góry i boków.

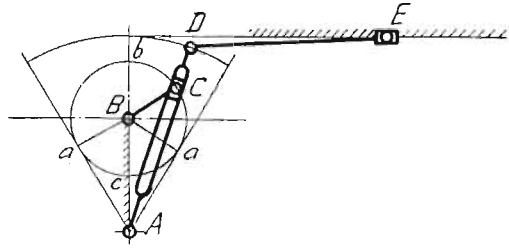


Rys. 141.

W szlifierniach do płaszczyzn, których ogólna budowa przypomina strugarki lub frezarki podłużne, stosuje się często napęd zapomocą ślimaka i specjalnej zębatki, wykonanej w podobny sposób jak koło ślimakowe. Zębatka powyższa posiada zęby wklęsłe, przylegające znacznie lepiej do zwojów ślimaka od zębów prostoliniowych zębatki ukośnej. Napęd powyższy stosuje się i w mniejszych frezarkach podłużnych.

Gdy skok obrabiarki o ruchu prostoliniowym jest niewielki, zamiast przesuwu zębatkowego lub śrubowego z nawrotem pasowym lub trybowym stosuje się mechanizm korbowy lub jarzmowy. Mechanizm korbowy daje ruch niejednostajny, zaś bieg kukorbowy jest taki sam jak odkorbowy, czyli nie nadaje on się do napędu obrabiarek, w których jest rzeczą pożądaną ze względu na wydajność, aby jałowy bieg powrotny odbywał się z większą prędkością, niż roboczy. Najczęściej w tym celu stosuje się mechanizm z jarzmem wahadłowym i obrotowym.

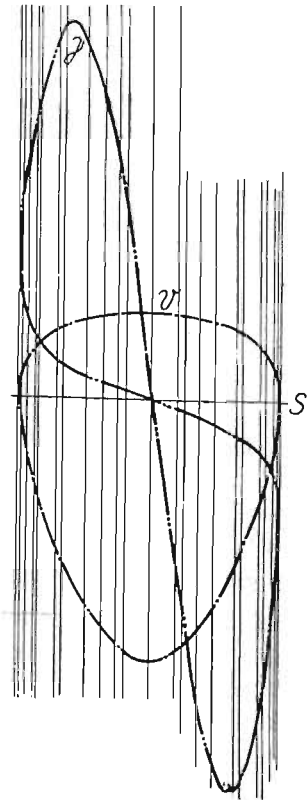
Rys. 141 przedstawia strugarkę poprzeczną, w której napęd stanowi jarzmo wahadłowe. Rozpatrzmy ogólną budowę tej obrabiarki i wyjaśnijmy sobie jej działanie i cel, któremu odpowiada. Górna część kadłuba zaopatrzona jest w prowadnice prostokątne, po których przesuwają się tam i z powrotem suwak suportowy. Z przodu suwak ten zaopatrzony jest w skręt i imak nożowy, który można przesuwają w kierunku pionowym, lub — dzięki istnieniu skrętu — w ukośnym. Przedmiot obrabiany ustawia się na stole roboczym, przesuwanym ręcznie w kierunku pionowym i ręcznie oraz automatycznie w kierunku poziomym. Układ odpowiednich prowadnic łatwo zrozumieć z rysunku. Stół roboczy zaopatrzone jest w rowki trapezowe do zamocowywania śrub uchwytnych z łbami kwadratowymi. Na stole tym stoi przyrząd do strugania na okrągło, o czym będzie mowa w drugiej części książki.



Rys. 142.

Na strugarce poprzecznej można wykonywać dużo robót różnorodnych, a więc obrabiać płaszczyzny poziome, pionowe, ukośne a nawet profilowe. Najcharakterystyczniejszą wszakże dla tej maszyny jest obróbka płaszczyzn poziomych: nóż osadzony w imaku suportowym odbywa wówczas ruch tam i z powrotem, zaś stół roboczy przesuwają się w poprzek względem ruchu roboczego. Stąd też pochodzi nazwa strugarki poprzecznej.

Rys. 142 przedstawia schemat napędu, mającego urzeczywistniać powolny bieg roboczy suwaka *E* i jego szybki powrót jałowy. Napęd składa się właściwie z dwóch oddzielnych mechanizmów: z jarzma wahadłowego *AD* i korbowodu *DE*. Na wałku *B* jest zaklinowana mianowicie korba *BC*, obracająca się z jednostajną prędkością względem osi *B*. Jarzmo wahadłowe, osadzone na czopie *A*, zaopatrzone jest w prowadnice prostopadłowe, w których mieści się przesuwak *C*. Wahnięcia jarzma są ograniczone przez kąt *aAa*, przyczem punkty *aa* dzielą obwód koła na dwie nierówne części *aba* i *aca*. Odcinkowi *aba* odpowiada powolniejszy bieg roboczy, zaś odcinkowi *aca* szybki ruch powrotny. Stosunek długości łuków  $\frac{aba}{aca}$  jest zarazem stosunkiem średniej prędkości roboczej do powrotnej suwaka suportowego.



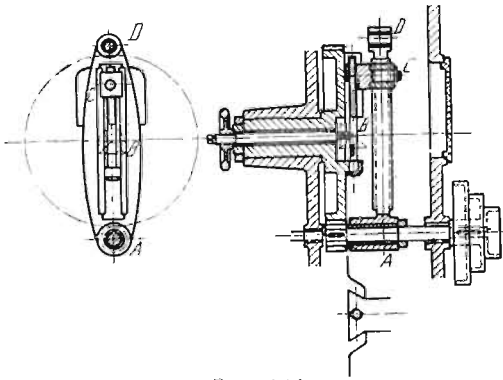
Rys. 143.

Wykres prędkości i przyspieszeń odpowiadających temu napędowi\*) przedstawiony jest na rys. 143. Wynika z niego, że na początku skoku roboczego prę-

\*) Według W. Hartmanna. Die Maschinenge triebe. Część I. 1913. Stuttgart i Berlin. Deutsche Verlags-Anstalt, str. 366.

kości szybko wzrastają, a potem suwak porusza się względnie jednostajnie, o czym świadczy również krzywa przyspieszeń. Znacznie większe przyspieszenia zjawiają się natomiast przy ruchu powrotnym swaka. O ile prędkość obrotowa korby  $BC$  jest znaczna, siły bezwładności mogą przekroczyć z łatwością normy dopuszczalne. Przy budowie strugarki poprzecznej należy się z niemi poważnie liczyć i dlatego należy wykonać nietylko wykres prędkości lecz i przyspieszeń.

Na rys. 142 tor prostoliniowy, po którym porusza się punkt  $E$ , jest prostopadły do prostej  $AB$ , będącej osią symetrii wahnięd jarzma. W tych warunkach goleń korbowa  $DE$  wpływa nieznacznie na warunki ruchu punktu  $E$  w porównaniu z punktem  $D$ . Jeżeli jednak, jak to się zdarza niekiedy w praktyce, znacznie pochylić prostą  $AB$  względem toru punktu  $E$ , to warunki ruchu mogą się zmienić do niepoznania. Wskutek tego, że goleń korbowa zajmować będzie położenia bardziej ukośne względem toru, skok swaka będzie bardziej ograniczony. W cytowanym przez nas dziele prof. Wilhelma Hartmanna podane są takie nieprawidłowe wykresy przyspieszeń, otrzymujących nadspodziewanie duże wartości w pewnych punktach toru swaka suportowego.



Rys. 144.

Konstrukcję napędu strugarki poprzecznej przedstawia rys. 144. Na wałku  $A$ , obracającym za pośrednictwem koła stopniowego, zaklinowane jest małe koło zębate, będące we chwycie z dużym kołem zębata, posiadającym długą pochwę osadzoną w łożysku w kadłubie strugarki. Jarzmo wahadłowe obraca się luźno na wałku  $A$ . W wykroju jarzma przesuwa się kamień obejmujący czop przesuwaka  $C$ , siedzącego w prowadnicach dużego koła zębatego.

Ciekawym szczegółem konstrukcyjnym tego mechanizmu jest urządzenie do regulowania skoku swaka zapomocą zmiany długości korby  $BC$ . W tym celu, jak to dopiero co zaznaczyliśmy, przesuwak  $C$  nie jest przymocowany na stałe do dużego koła zębatego, lecz przesuwa się w jego prowadnicach. Przesuwanie to odbywać się może nawet podczas biegu strugarki zapomocą małej śruby pociągowej, osadzonej w łożysku stanowiącym całość z kołem zębata. Mała przekładnia stożkowa, zaznaczona schematycznie na rysunku w postaci trójkącików, oraz wałek, przechodzący przez środek pochwy dużego koła, z zakończeniem krawędziowym do korbki daje możność obracania śruby. Zapomocą kółka ręcznego z gwintowaną wewnątrz piastą, stanowiącą nakrętkę zaciskową, można unieruchomić wałek i przekładnię stożkową, a więc i przesuwak  $C$  względem koła zębatego. Drzwiczki w kadłubie strugarki dają możność zaglądania do środka i sprawdzania biegu jarzma.

Opisany mechanizm mieści się z łatwością w kadłubie strugarki, co stanowi jego cenną zaletę. Jarzmo wahadłowe zastosować można w strugarce poprzecznej tylko w tym wypadku, gdy narzędzie posiada wyłącznie ruch roboczy, zaś stół

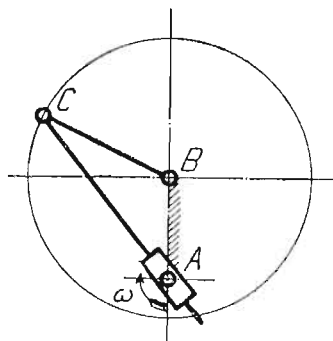


z przedmiotem obrabianym przesuw poprzeczny. W strugarkach poprzecznych do obrabiania ciężkich i dużych przedmiotów wygodniej jest nadać narzędziu równocześnie oba ruchy: roboczy i posuwowy. W tym razie suwak suportowy spoczywa nie bezpośrednio w prowadnicach kadłuba, lecz w prowadnicach sań przesuwanych po łożu strugarki, stół zaś wraz z przedmiotem jest nieruchomy. Oczywiście niepodobna wtedy użyć jarzma wahadłowego. Zastępuje się je jarzmem obrotowym, zajmującym znacznie mniej miejsca, na sianach ruchomych.

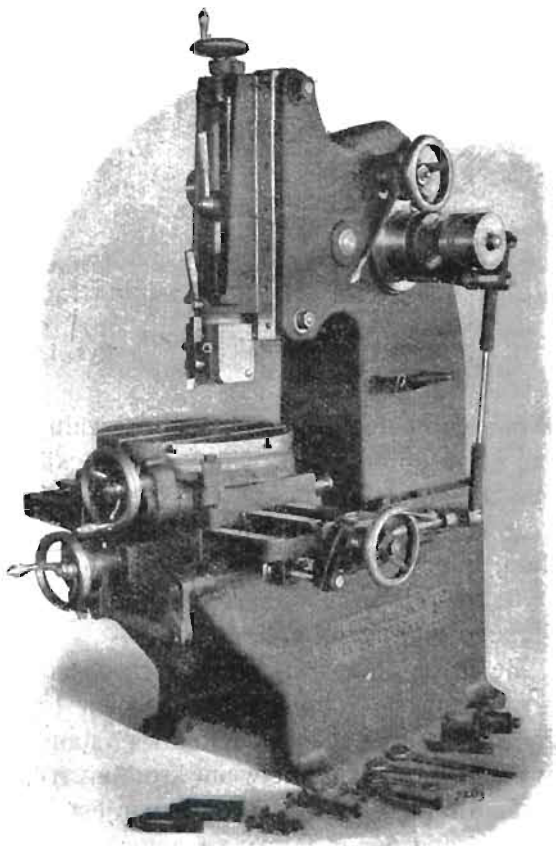
W ciężkich strugarkach poprzecznych o dużym skoku napęd jarzmowy nie daje się zastosować i zastępuje się go napędem zębatkowym z odpowiednim nawrotem pasowym. Istnieje kilka różnych konstrukcji tego napędu.

Prócz jarzma wahadłowego w strugarkach poprzecznych i dłutownicach czyli strugarkach pionowych, stosuje się jarzmo obrotowe, którego schemat jest przedstawiony na rys. 145. Na wałku *A*, obracającym się z jednostajną prędkością, zaklinowany jest prowadnik, przez który przechodzi drążek *AC*. Obracając prowadnik wraz z drążkiem *AC*, zmuszamy korbę *BC* do ruchu obrotowego, który odbywa się jednak z prędkością niejednostajną. Mechanizm powyższy stosuje się najczęściej w dłutownicach.

Dłutownica składa się (rys. 146) z kadłuba zaopatrzonego w prowadnice poziome i pionowe. Wzdłuż prowadnic poziomych przesuw się stół poziomy do zamocowywania obrabianych przedmiotów. W kierunku pionowym przesuw posiada znowu suport nożowy. Napęd składa się z koła stopniowego, bądź pojedynczego ze skrzynką zmianową, z przekładni zębatej z jarzmem obrotowym, rzadziej wahadłowym, następnie z tarczy i goleni korbowej. Uzupełnieniem napędu jest koło rozpędowe oddzielne lub w połączeniu z kołem pasowym, mające na celu gromadzenie energii podczas powrotnego jałowego



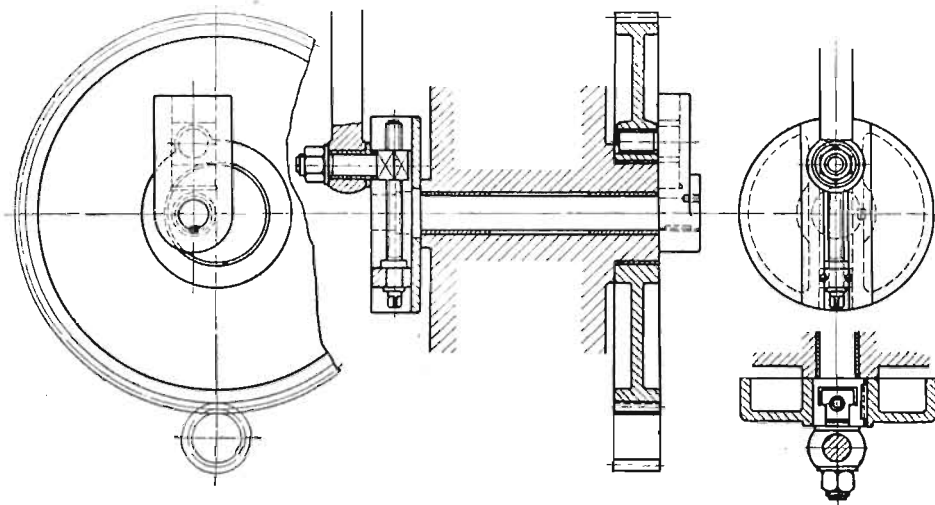
Rys. 145.



Rys. 146.

biegu suwaka suportowego. Stół dłutownicy posiada zwykle przesuw od i do kadłuba, czyli t. zw. wzdłużny, następnie poprzeczny, wreszcie obrotowy, dający możliwość dłutowania przedmiotu wzdłuż obwodu koła. Przesuwy te są ręczne i samoczynne.

Po omówieniu głównych zasad budowy i działania dłutownicy przejdźmy do interesującej nas konstrukcji napędu z zastosowaniem jarzma i tarczy korbowej, przedstawionej na rys. 147 i 150. W kadłubie dłutownicy znajduje się wał poziomy, na którego lewym końcu zamocowana jest tarcza korbowa, zaś na prawym specjalna korba z prowadnicą promieniową, w której przesuwają się kamień czopowy. Na wystającej obrabianej gładko piaście kadłuba dłutownicy obraca się duże koło zębate z wkręconym wewnątrz czopem, wchodzącym w kamień przesuwawki korby. Oś tej piasty, a więc zarazem oś obrotu dużego koła zębatego jest prze-



Rys. 147.

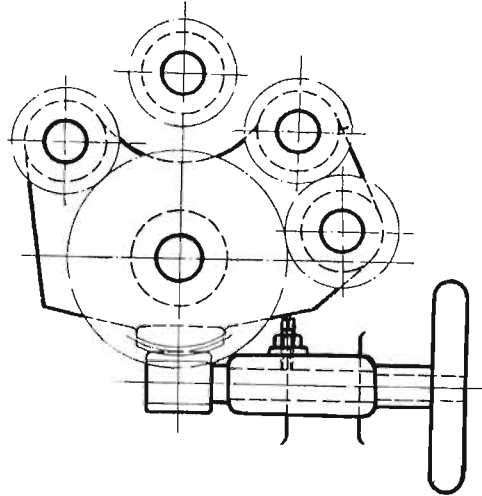
stawiona mimośrodowo względem osi wału poziomego, jak się można o tym przekonać z lewego boczego widoku. Obracając duże koło zębate z prędkością jednostajną, zmuszamy do obrotu również i dźwignię mimośrodową z wałem poziomym i tarczą korbową. Stosunek średniej prędkości roboczej suwaka suportowego do średniej prędkości biegu powrotnego jałowego wynosi  $2\alpha : (360 - 2\alpha)$ , gdzie  $\operatorname{tg} \alpha = e : R$ , przyczem  $e$  oznacza mimośrodowość osi wału, zaś  $R$  promień koła ząbkowanego przez czop koła zębatego.

Ze szczegółów konstrukcyjnych drugorzędnych podkreślić należy konstrukcję tarczy korbowej. W rowku trapezowym tej tarczy przesuwają się łeb prostokątny śruby zaciskającej pochewkę stalową, stanowiącą czop korbki. Przesuwanie łba odbywa się za pośrednictwem krótkiej śruby pociągowej z zakończeniem krawędziowym do korbki. Śruba osadzona jest z jednej strony w łożysku zamocowanym w rowku trapezowym tarczy zapomocą kołków, z drugiej strony prowadzi ją otwór gwintowany we łbie śruby zaciskowej, stanowiącym nakrętkę. Po zaciśnięciu nakrętki na śrubie pochewka czopowa stanowi sztywną całość z tarczą korbową. Śre-

dnicę zakończenia wału poziomego zwiększa się umyślnie, aby można było wykonać w niem rowek trapezowy.

**37. Mechanizmy nawrotne do posuwów.** Zbudowanie mechanizmu nawrotnego do posuwów nastęrcza niewiele trudności konstrukcyjnych. Mechanizmy takie obracają się zwykle wolno i nie przenoszą dużych sił.

Rys. 148 przedstawia mechanizm nawrotny do posuwów, spotykany prawie w każdej tokarce. Koło pędzone w tym mechanizmie otrzymuje napęd przez koła pośrednie osadzone w specjalnej oprawie, którą można pokręcać zapomocą wałka ślimakowego z kółkiem ręcznym, lub w inny jakikolwiek sposób. Włączając jedno bądź dwa koła pośrednie, otrzymamy dwa różne kierunki obrotu koła pędzonego. Konstrukcję powyższą można jeszcze bardziej niekiedy uprościć, stosując zamiast trzech dwa koła pośrednie. Koło pędzące umieszczone jest przytem tak, że można je dowolnie kojarzyć, bądź z jednym bądź z drugim kołem pośrednim. Koła pośrednie pozostają we chwycie wzajemnym tak, że ruch na koło pędzące przenosi raz jedno, raz oba koła pośrednie, przez co osiąga się zmianę kierunku.



Rys. 148.

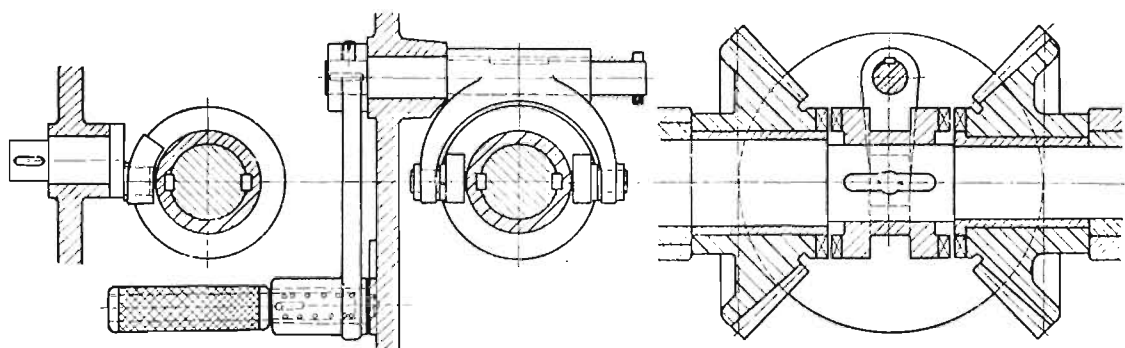
Konstrukcja z trzema kołami pośrednimi posiada tę zaletę, że zęby kół pośrednich wchodzą łatwo we wręby koła pędzonego i że do włączenia wystarcza obrócić oprawkę na stosunkowo niewielki kąt. Poprzestając na dwóch kółkach pośrednich narażamy się na to, że włączanie zębów odbywać się będzie nieprawidłowo „po stycznej”. Łatwo się o tem przekonać, sporządzając odpowiedni rysunek.

Rys. 149 przedstawia mechanizm nawrotny z kołami stożkowymi, stosowany przy przenoszeniu obrotu na wałek osadzony pod prostym kątem względem wałka pędzonego. Użyte zostały w tym wypadku trzy koła stożkowe oraz sprzęgło kłowe, przesuwane zapomocą widełek. Zależnie od tego, czy sprzęgamy z łącznikiem sprzęgła prawe czy lewe koło stożkowe, oznaczone schematycznie na rysunku zapomocą obwodu koła, trzecie koło stożkowe zacznie się obracać wprawo lub wlewo.

Koła stożkowe osadza się w danym wypadku na pochwach brązowych. Przesunięć wzdłuż wałka nie należy się przytem obawiać, gdyż trzecie koło stożkowe utrzymuje je w należytem oddaleniu. Łącznik sprzęgłowy przesuwają się na dwóch klinach, rozstawionych pod kątem  $180^\circ$ . Do przesuwania łącznika można użyć bądź widełek, bądź wałka mimośrodowego. Przy montażu wkłada się naprzód do skrzynki widełki, następnie wałek, a potem dopiero koła stożkowe i łącznik. Wobec tego, że łącznik stale się obraca, kamienie przesuwkowe w widełkach wykonywać należy z brązu.



Dźwignię lub kółko ręczne do przesuwania widełek zaopatruje się zwykle w rękojeść z zatrzaskiem. W tym celu dźwignia posiada długą piastę, przez którą przechodzi sworzeń zatrzaskowy z karbowaną na zewnątrz rękojeścią. Sworzeń powyższy jest wydrążony prawie na całej długości i posiada zakończenie stożkowe lub zaokrąglone, wchodzące w odpowiednie wgłębienia w ścianie skrzynki lub kadłuba obrabiarki. W wydrążenie sworznia wkłada się sprężynę krętą, mającą na celu dociskanie sworznia. W tym celu przez piastę dźwigni przełącznikowej przebity jest na wylot kołeczek, przechodzący przez podługowaty wykrój w sworzniu. Sworzeń można z łatwością odciągnąć, a sprężyna wciąga go z powrotem w piastę. Wgłębienia w ścianie skrzynki wykonywa się często umyślnie płytkie, aby przy mocnym pociągnięciu w bok rękojeści, sworzeń sam z niego wyskoczył. Wgłębień na skrzynce potrzeba przy mechanizmie trzy: odpowiadają one biegowi wprawo



Rys. 149.

i wlewo, oraz spoczynkowi wałka pędzonego. Przy wgłębieniach należy umieścić odpowiednie tabliczki instrukcyjne.

O ile siły przenoszone przez mechanizm nawrotny są duże, dźwignia przełącznikowa powinna posiadać dostateczną długość, aby przełączanie odbywało się bez zbyteńnego wysiłku ze strony robotnika obsługującego maszynę. Zbyt długa dźwignia jest niekiedy nieporęczna. Stosuje się wówczas zamiast widełek krótki wałek mimośrodowy, na którego czopik nasadza się kamyk przesuwkowy (p. rys. 149). Ramię działania mimośrodów jest znacznie krótsze od ramienia widełek, i dźwignia przełącznikowa może być znacznie krótsza, zato jej wychylenia wprawo i wlewo są znacznie większe, z czym łatwo się pogodzić. Jednak mimośród jest naogół mniej praktyczny od widełek, gdyż łącznik sprzęgłowy jest przesuwany jednostronnie i łatwiej się zacina.

Zamiast dźwigni zmianowej poręczniejsze są kółka ręczne. Zaopatruje się je w zatrzaski z rękojeścią w tym celu, by robotnik, chwytając szybko raz za rękojeść, drugi raz za obwód kółka, w każdej pozycji mógł dokonać zmiany kierunku ruchu. Piasty zatrzaskowe są odlane razem z obwodem kółka ręcznego.

### Ć w i c z e n i a.

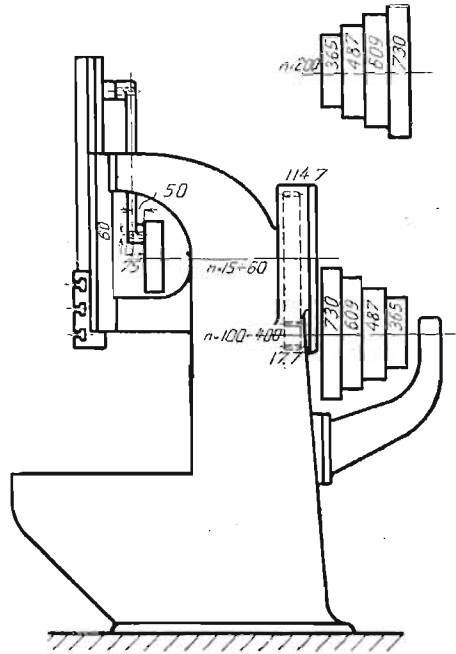
Przykład. Rys. 150 przedstawia schemat dłutownicy, której największy skok użyteczny wynosi 300 mm. Skok rzeczywisty dłutownicy jest o 25 mm większy od skoku użytecznego, wymaga tego posuw narzędzia, dokonywany podczas wyłączenia go z pracy. Mimośrodowość dużego koła zębatego względem głównego wału dłutownicy jest tak dobrana, że na czas skrawania przypada  $\frac{2}{3}$  czasu zużytego na skok dłutownicy tam i z powrotem. Koło rozpędowe oddaje całkowicie energię nagromadzoną podczas biegu jałowego suwaka suportowego. Obliczyć moc dłutownicy oraz największy dopuszczalny przekrój wióra stalowego przy oporze właściwym 180 kg/mm<sup>2</sup>. Szerokość stopnia koła pasowego wynosi 130 mm. (Jan Piotrowski. Metoda obliczania czasu roboczego na obrabiarkach. Str. 13 i 19).

Rozwiązanie. Przyjmując, że 1 mm szerokości pasa przenosi około 0,6 kg, moc dłutownicy wyniesie średnio podczas skrawania dzięki kołu rozpędowemu: 6, 8, 10 i 12 k. m.

Dopuszczalna siła na czopie korby ze względu na gięcie wyniesie

$$P = \frac{0,1 \cdot 6 \cdot 600}{5} = 2600 \text{ kg,}$$

zaś ze względu na powierzchnię czopa  $P = 6 \cdot 7,5 \cdot 60 = 2700 \text{ kg}$ , skąd dopuszczalny przekrój wióra stalowego  $s = 2600 : 180 = 14,5 \text{ mm}^2$ .



Rys. 150.



## ROZDZIAŁ X.

### Ogólne zasady konstrukcyi i schematy obrabiarek.

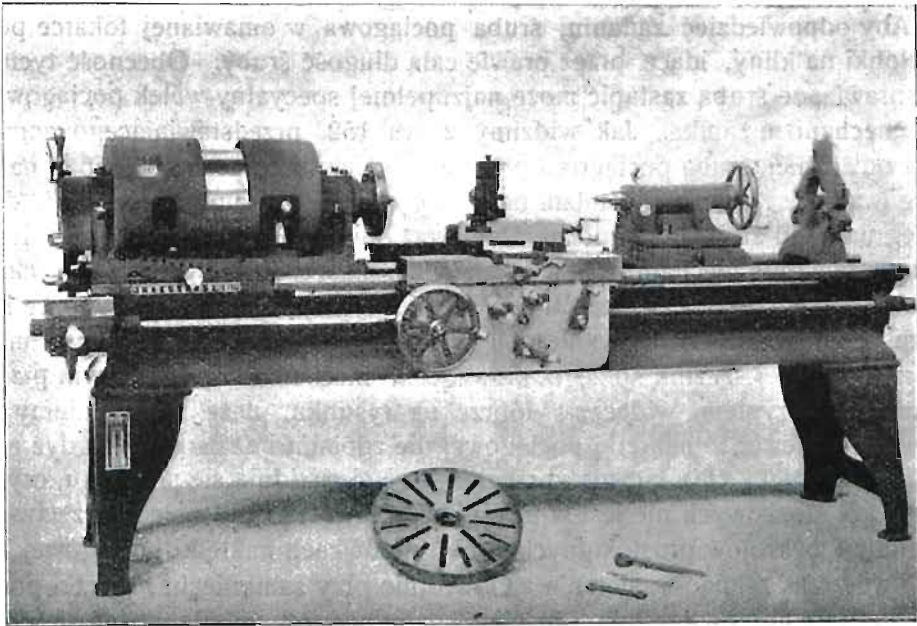
**38.** W opisywanych dotychczas obrabiarkach mechanizmy napędowe i posuwowe nie były naogół złożone i, znając zasadę ich działania, można było wyrobić sobie dość dobre pojęcie o całości maszyny, traktując jej pozostałe elementy jako szczegóły konstrukcyjne, co prawda niekiedy bardzo ważne.

Gdybyśmy chcieli podać szczegółowe opisy konstrukcyi nawet najbardziej typowych obrabiarek, zakres naszej pracy rozszerzyłby się bardzo. Pochodzi to stąd, że w napędzie głównym obrabiarek, w mechanizmach posuwowych, w przyrządach uchwytowych do przedmiotu obrabianego, w suportach do narzędzi, w mechanizmach do samoczynnego wyłączania i włączania narzędzi, wreszcie w przyrządach do robót specjalnych, znajdują zastosowanie prawie wszystkie znane z cinematyki praktycznej mechanizmy. Spotykamy więc w obrabiarkach najrozmaitsze przekładnie korbowe, śrubowe, zębate, łańcuchowe, tarcze i bębny szablonowe, specjalne mechanizmy zaciskowe. Mechanizmy te tworzą niekiedy bardzo charakterystyczne zespoły. Pominąć jedne z tych mechanizmów dla innych, pozornie bardziej ważnych, byłoby rzeczą niestosowną, gdyż zdarza się stale, że mechanizmy zarzucone w użyciu praktycznym, znajdują nowe zastosowania w nieco odmiennych warunkach. Z drugiej strony, zapoznając się powierzchownie z zastosowaniem tych mechanizmów, czytelnik byłby narażony na nieumiejętne korzystanie z materiału opisowego. Tymczasem przy użyciu tego czy innego mechanizmu należy się liczyć ze wszystkimi jego teoretycznymi właściwościami, zwłaszcza podczas biegu maszyny. Przyspieszenia ruchu i wynikające stąd siły uderzeń wymagają dość często przy budowaniu maszyny porzucenia mechanizmu, skądinąd bardzo pomysłowego i odpowiadającego pozornie jak najlepiej danej potrzebie. W innym wypadku przeciwko danemu mechanizmowi przemawiają czysto praktyczne względy obsługi. Każda prawie konstrukcja posiada swoje zalety i wady, utrudniające racjonalny wybór.

Przy zapoznawaniu się z jakąkolwiek obrabiarką jest rzeczą najważniejszą wyrobić sobie naprzód pojęcie o niej jako o całości i dobrze uświadomić sobie jej celowość. W opisywanych potychczas przykładach nie było to rzeczą trudną. Mniejsze typowe tokarki, strugarki, frezarki i szlifierki są maszynami niezbyt skomplikowanymi i, znając konstrukcyę głowic, skrzynek zmianowych, oraz niektórych mechanizmów specjalnych, można było uchwycić z łatwością przewodnią myśl

konstruktora. W dużych obrabiarkach, a zwłaszcza do specjalnego użytku, nie wystarczy krótki opis maszyny. W tym wypadku dobrze jest posiłkować się schematem obrabiarki, zwłaszcza zaś schematem napędu przedmiotu obrabianego i narzędzia, oraz mechanizmu posuwowego. Ale nawet i w wypadku mniejszych obrabiarek sporządzenie schematu jest rzeczą pożyteczną, a nieraz i konieczną, gdyż ułatwia zapoznanie się z zakresem zastosowań danej obrabiarki.

**39. Ogólna konstrukcja i schematy tokarki.** Napęd tokarek zwykłych typów średniej wielkości nie jest naogół skomplikowany. Weźmy dla przykładu tokarkę pierwszorzędnej amerykańskiej fabryki Lodge Shipley (rys. 151). Schemat głowicy tej tokarki poznaliśmy już uprzednio (por. rys. 122), posiadała ona wiele zalet praktycznych. Obecnie omówimy mniej szczęśliwie obmyślony mechanizm posuwowy, posiadający odrębny charakter dzięki temu, że konstruktor chciał zapewnić



Rys. 151.

tokarce wielką liczbę zmian prędkości śruby pociągowej. Jako zasadniczą skrzynkę posuwową spotykamy skrzynkę z odchylnym kołem zębatym, dającą 11 zmian prędkości obrotowej. Skrzynka powyższa otrzymuje ruch od wrzeciona za pośrednictwem specjalnej przekładni kół zębatych, umieszczonej z tyłu głowicy i mającej charakter gitary. Również i pomiędzy skrzynką z kołem odchylnym a śrubą pociągową włączona jest mała skrzynka zmianowa, widoczna na rys. 151 z lewego końca śruby. Gitara umożliwia na tokarce powyższej nacinać śruby o specjalnym skoku, ponadto, podobnie jak i mała skrzynka, daje możliwość zmieniania prędkości obrotowej w daleko szerszych granicach, niż skrzynka z kołem odchylnym. Tak więc zespół dwóch skrzynek i gitary daje szereg prędkości obrotowych śruby, nietylko gęsto stopniowany, lecz i z dużym obszarem zmienności. Sama konstrukcja tych skrzynek, wzajemny ich układ, różne udogodnienia praktyczne, są szczegółami bar-



dziej drugorzędnymi. Na pierwszy plan wysuwa się możliwość doboru najrozmaitszych posuwów lub nacinania gwintów o najrozmaitszych skokach bez konieczności kłopotliwego przestawiania kół zmianowych na gitarze. Zato ruch obrotowy śruba otrzymuje za pośrednictwem całego szeregu przekładni w gitarze i w dwóch skrzynkach, wskutek czego ruch martwy przekładni, wynikający z istnienia luzów międzyzębnymi i łożyskowych jest znaczny.

Jak to widać bezpośrednio z rys. 151, tokarka Lodge Stipley'a posiada śrubę pociągową, a nie wałka pociągowego (por. rys. 75). Tak więc śruba pociągowa w tej tokarce służy zarówno do zwykłego toczenia jak i do nacinania śrub. W pierwszym wypadku wprawia ona w ruch mechanizm zamka, który daje bądź posuw wzdłużny suportu po łożu za pośrednictwem zębátky, lub też poprzeczny za pośrednictwem śruby pociągowej w saniach. Posuw poprzeczny stosuje się, jak wiadomo, przy obcinaniu lub zataczaniu.

Aby odpowiedzieć zadaniu, śruba pociągowa w omawianej tokarce posiada dwa żłobki na kliny, idące przez prawie całą długość śruby. Obecność tych żłobków sprawia, że śruba zastąpić może najzupełniej specjalny wałek pociągowy, pędzący mechanizm zamka. Jak widzimy z rys. 152, przedstawiającego zamek ze strony odwrotnej, śruba pociągowa przechodzi nie tylko przez rozdwojoną nakrętkę pociągową, lecz i przez mechanizm nawrotny z trzema kołami stożkowymi, dającymi bieg naprzód albo wtył suportu. Ponieważ śruba pociągowa obsługuje dwa niezależne wzajemnie mechanizmy, a mianowicie nakrętkę pociągową i mechanizm nawrotny, przeto musi istnieć zabezpieczenie ryglujące, uniemożliwiające ich jednoczesne włączenie. Ryglowanie polega na tem, że równocześnie z ruchem dźwigni przesuwej łącznik sprzęgła kłowego w mechanizmie nawrotnym przesuwa się wałeczek z rygłem, widoczny dobrze na rysunku. Jeżeli przesuniemy rygiel wprawo lub wlewo, to nakrętki pociągowej nie zdołamy już zamknąć, gdyż nie pozwoli na to rygiel. Gdy łącznik sprzęgła kłowego znajduje się pośrodku, czyli gdy żadne z kół stożkowych nie jest wprzęgnięte, rygiel znajduje się naprzeciwko odpowiednich wykrojów prostokątnych w obu połówkach nakrętki pociągowej, które można wówczas zsunąć wzajemnie. Odwrotnie przy zamknięciu nakrętki pociągowej rygiel jest unieruchomiony i mechanizmem nawrotnym nie można się posługiwać, gdyż nie pozwala na to unieruchomienie dźwigni przesuwej łącznik sprzęgła.

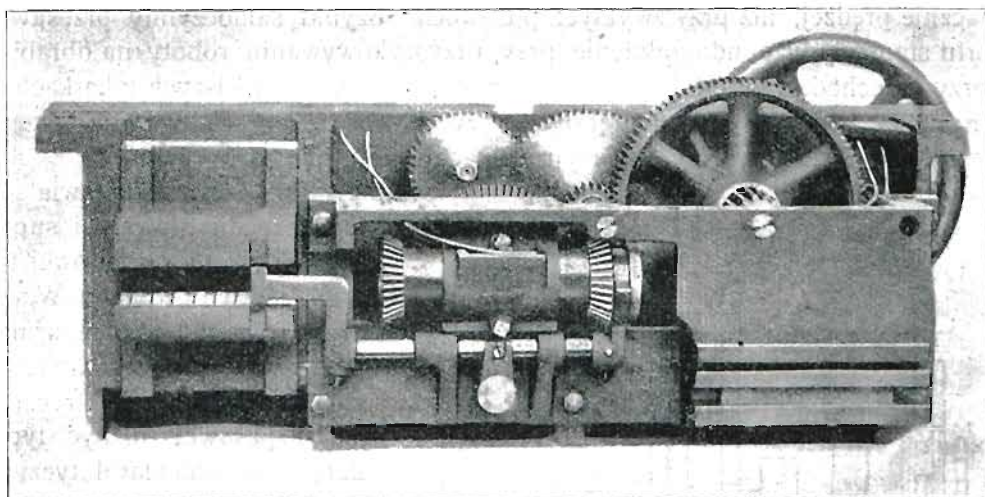
Zwykła przekładnia zębata przenosi ruch z mechanizmu nawrotnego na kółko zębate skojarzone z zębátką, lub na koło w saniach na łożu, osadzone na śrubie poprzecznej. Do przełączania z jednego przesuwu na drugi służą małe sprzęgiełka cierne uproszczonej budowy, obsługiwane za pośrednictwem małych rękojeści na zewnątrz zamka; to samo tyczy się i przełączania z samoczynnego przesuwu wzdłużnego na przesuw ręczny. Kółko ręczne do przesuwania suportu widać zarówno na rysunku, przedstawiającym całość tokarki jak i zamek ze strony odwrotnej.

Z opisu powyższego wynika, że przekładnia wewnątrz zamka jest prosta i że w danym razie można się obyć bez schematu przy zapoznawaniu się z całością mechanizmu.

W konstrukcyi napędu posuwowego wadę stanowi użycie śruby pociągowej ze żłobkami do klinów, umożliwiającymi obycie się bez specjalnego wałka pocią-

gowego. Gwint śruby nie jest ciągły, wskutek czego śruba pociągowa wyciera się prędkiej i powstają w niej luzy. Gdy oprócz śruby wzdłuż łoża tokarskiego umieszczony jest wałek, rzecz ma się lepiej. Śruba pociągowa przenosi ruch tylko przy nacinaniu gwintów, jej zwoje nie są zbyt obciążone, przez co nie wyciera się ona i umożliwia zawsze dokładną robotę. Napęd śruby pociągowej jest wyodrębniony od napędu wałka, przyczem zmianę obrotów śruby otrzymuje się za pośrednictwem gitary, zaś wałka za pośrednictwem skrzynki posuwowej. Przyszykowanie tokarki do nacinania gwintu jest w tym wypadku kłopotliwsze, natomiast ruch przenosi mała liczba kół pośrednich na gitarze.

Na uwagę zasługują jeszcze stosowane przeważnie w tokarkach amerykańskich specjalne prowadnice suportowe. Idzie o to, by pogodzić możliwość dosuwania suportu do samej głowicy, co jest bardzo pożądane przy prawie wszystkich robotach tokarskich, z dostateczną długością prowadzenia sań suportowych po łożu.



Rys. 152.

W tym celu podstawa głowicy jest nieco węższa od odpowiedniego wykroju w saniach, a prowadnice łoża przedłużone są poza przednią część głowicy. W większych tokarkach jest to rzecz trudna do rozwiązania konstrukcyjnego, gdyż albo podstawa głowicy wypada przytem zbyt wązka, bądź też sanie suportowe zbyt szerokie.

W tokarce opisywanej użyte zostały prowadnice grzbietowe, posiadające przekrój trójkątny. Wykonanie takich prowadnic dzięki temu, że do obróbki wierzchu łoża można użyć w danym razie zespołu frezowego, jest tanie i tem się głównie tłumaczy rozpowszechnienie tych prowadnic. Posiadają one jednak małą powierzchnię oporową w porównaniu z innymi prowadnicami, wskutek czego nie można ich stosować w tokarkach mocnych, przeznaczonych do skrawania grubego wióra.

Przy sposobności zaznaczmy, że w ostatnich czasach rozpowszechniają się bardzo tokarki, przeznaczone wyłącznie do skrawania zgruba, czyli t. zw. zdzierarki.

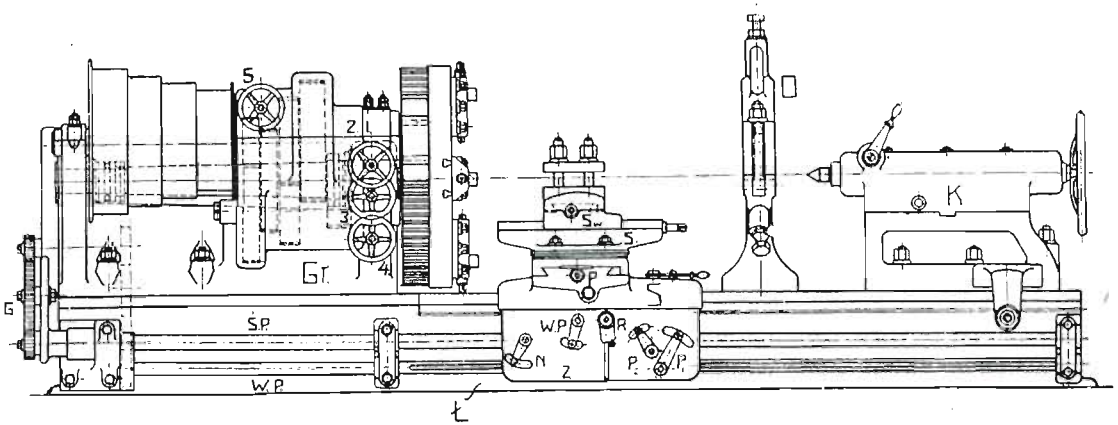


wałek ten przenosi ruch koła 5, zaś jedno z kół 3 lub 4 przenosi go z powrotem na główny wałek boczny.

Tym sposobem otrzymujemy cztery różne przekładnie, dające dzięki kołu stopniowemu  $4 \times 4 = 16$  prędkości obrotowych wrzeciona:

- A. Szybki obrót za pośrednictwem koła 1.
- B. Średni przy sprzęgnięciu koła stopniowego z wałkiem bocznym.
- C. Powolny obrót przez krótki wałek pośredni i koło 3.
- D. Bardzo powolny obrót przez krótki wałek pośredni i koło 4.

Wszystkie wymienione koła zębate, wyłączane zapomocą przesuwania, są obsługiwane przez kółka ręczne, oznaczone na rys. 154 temi samemi cyframi, co i koła zębate, przyczem koła 1 i 2 są obsługiwane przez jedno kółko ręczne, dzięki użyciu odpowiedniego mechanizmu wyłączającego, którego opis wydaje nam się zbędny na tem miejscu. Wszystkie inne sprzeczne przesunięcia i włączania są również zabezpieczone zapomocą odpowiednich ryglowań.



Rys. 154.

A więc koło 5 stanowi zarazem łącznik sprzęgła kłowego, sprzęgający koło stopniowe z wałkiem. Przesuw łącznika jest tak znaczny, że włączanie kłów odbywa się dopiero wówczas, gdy zęby koła 5 są całkowicie wyłączone z chwytu z kołem pośrednim na krótkim wałku. Tym sposobem nie można włączyć jednocześnie przekładni B i C lub B i D. Gdy jedno z kół 1 lub 2 jest włączone, to drugie jest wyłączone, niema więc obawy o połamanie któregośkolwiek z nich. Koła 3 i 4 mogłyby być przesuwane również zapomocą jednego kółka ręcznego, stoi temu na przeszkodzie długość krótkiego wałka bocznego ze względu na znaczny przesuw kół. Przy użyciu dwóch oddzielnych widełek przesuwakowych do kół 3 i 4, obsługiwanych przez ryglowane kółka ręczne 3 i 4 (rys. 154), skrzynka zmianowa przy głowicy zajmuje mało miejsca i daje możność umieścić wygodnie koło pasowe.

Przejdźmy obecnie do napędu śruby i wałka pociągowego. Oba te napędy są niezależne: śruba pociągowa otrzymuje ruch za pośrednictwem gitary G, umieszczonej na zewnątrz, zaś wałek przy łożu za pośrednictwem szeregu kół schowanych w głowicy i łożu. Gitara ma za zadanie przenieść ruch z koła M na koło N, osadzone bezpośrednio na śrubie pociągowej. Koło M jest osadzone na krótkim wałku

mimośrodowym wraz z kołem  $Q$ . Przekręcając odpowiednio ów wałek, możemy skojarzyć koło  $Q$  bądź z kołem zębatem, biorącym ruch od wrzeciona, bądź też od koła stopniowego. Tym sposobem koło  $M$  otrzymuje raz obrót szybki od koła pasowego, raz powolny od wrzeciona.

Powyższe urządzenie ma znaczenie praktyczne przy nacinaniu gwintów za pomocą śruby pociągowej. Gdyby śruba pociągowa obracała się z tą samą prędkością obrotową co i wrzeciono, to na tokarce nacinalibyśmy gwinty o tym samym skoku, jaki posiada śruba pociągowa. Dobierając odpowiednią przekładnię na gitarze, możemy wyznaczyć skok nacinanej śruby, przyczem przy gwintach o dużym skoku należy użyć przekładni zwiększającej liczbę obrotów śruby pociągowej w porównaniu z wrzecionem. Wymaga to niekiedy kilku par przekładni na gitarze, przyczem koła pędzące są duże, zaś pędzone małe, wskutek czego przenoszenie ruchu odbywa się z trudnością. Jeżeli zapożyczymy ruch nie od wrzeciona, a od innego jakiegokolwiek wałka w głowicy, obracającego się  $n$  razy prędzej od wrzeciona, to zwiększymy  $n$  razy skoki wszystkich śrub nacinanych. Tak więc opisane urządzenie, zwiększające w pewnym stałym stosunku liczbę obrotów śruby pociągowej, umożliwia usunięcie niedogodności przy nacinaniu śrub o dużym skoku.

Przejdźmy obecnie do napędu zamka suportowego. Wałek pociągowy przenosi ruch do skrzynki posuwowej w zamku, składającej się z trójstopniowego zespołu  $P_1$  i dwustopniowego  $P_2$ , dających ogółem  $3 \times 2 = 6$  różnych prędkości posuwowych. Skrzynka powyższa jest obsługiwana przez dwie dźwignie zmianowe z zatraskami  $P_1$  i  $P_2$ . Ruch przenosi się następnie z prawej do lewej strony zamka suportowego. Widzimy tam dwa rozgałęzienia napędu, obroty szybkie dają przekładnie złożone z kół stożkowych i czołowych, obroty powolne przekładnia ślimakowa. Oba te rozgałęzienia są obsługiwane przez wspólny mechanizm nawrotny. Przesuwając mianowicie wprawo lub wlewo łącznik sprzęgła kłowego w mechanizmie nawrotnym, zmieniamy kierunek obrotu zarówno przekładni zwykłej jak i ślimakowej. Rozpatrując w dalszym ciągu schemat, widzimy, że przekładnia ślimakowa udziela ruchu przekładniom do posuwu wzdłużnego i poprzecznego, tworzącym dwa nowe rozgałęzienia ruchu. Wałek  $R$  może przytem otrzymywać obrót szybki za pośrednictwem przekładni czołowej i powolny za pośrednictwem ślimakowej. Przełączając odpowiednie sprzęgło na tym wałku, możemy nadać suportowi przesuw bądź zwykły, bądź szybki, jaki stosuje się przy przygotowywaniu obróbki na maszynie. Wyłączając powyższe sprzęgło, otrzymujemy możliwość pokręcania wałka  $R$  ręcznie, co uskutecznia się za pomocą grzechotki przedstawionej na rys. 154. Suport posiada więc wszystkie konieczne przesuw, o jakich mówiliśmy na wstępie do niniejszego paragrafu. Przy dwóch suportach wielkość i kierunek przesuwów są wzajemnie niezależne. Można np. przedmiot równocześnie obtaczać zgruba i na czysto, lub też, dając suportom różnokierunkowe przesuw, usunąć parcie posoiowe.

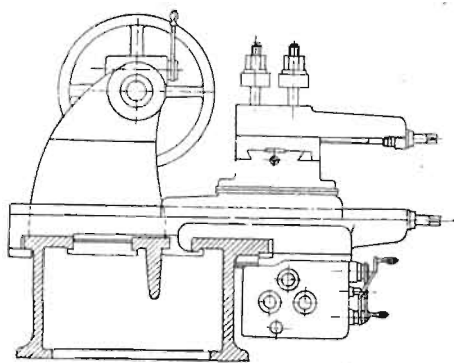
W dużych tokarkach szerokość łoża jest bardzo znaczna (rys. 155) ze względu na poprzeczny przesuw suportu. Zębátka i śruba pociągowa znajduje się w znacznej odległości od geometrycznej osi prowadnic tak, że chcąc uniknąć zacinań się suportu, należałoby dać niepomiernie długie prowadnice sań suportowych. W tokarce omawianej trudność powyższą pokonano przez użycie trzech prowadnic. Suport jest prowadzony przez jedną przednią prowadnicę, względnie wążką, której



długość przewyższa kilkakrotnie szerokość. Śruba pociągowa, a zwłaszcza zębata, znajduje się tuż pod ową prowadnicą, wobec czego zacinania się suportu niema się co obawiać. Zato wążka prowadnicznia przednia nie zabezpiecza suportu od przechylenia go i od odrywania od łoża pod działaniem nacisku na nóż, skierowanego częściowo na dół, częściowo zaś na wierzchnią część suportu. Aby temu zapobiedz, sianie suportowe są przedłużone poza tylną część łoża, przyczem przytrzymuje je od spodu listwa prowadnicowa. Aby uniknąć zacinania się suportu w płaszczyźnie poziomej, pozostawiony jest luz pomiędzy boczną powierzchnią tylnej prowadnicy a saniami.

Środkowa i tylna prowadnica mają za zadanie podtrzymywać i prowadzić konik i okulary. Nie podlegają one prawie wcale wycieraniu, gdyż suport nie ciśnie na nie z wierzchu. Tym sposobem wznios ostrza konika ponad poziom prowadnic nie ulega zmianie w porównaniu z wzniosem ostrza głowicy, co jest rzeczą ważną ze względu na dokładność toczenia, gdyż w przeciwnym razie wały wypadłyby nieco stożkowe.

Podstawa konika, podobnie jak i okularów, jest wpuszczona pomiędzy prowadnice łoża, które w tym celu są precyzyjnie dotarte po obu bokach wewnętrznych i sprawdzone ściśle na równoległość względem geometrycznej osi toczenia. Po przesunięciu konika lub okulara zamocowuje się go zapomocą dociągnięcia beleczek opornikowych do spodu prowadnic. Na rys. 154 widzimy na koniku trzy śruby zaciskowe do tych beleczek, z których dwie są schowane w odpowiednim wydrążeniu podstawy konika. Wierzchnia część konika daje się przedstawiać zapomocą śruby pociągowej, przyczem wierzch posiada wpuszczenie prowadnikowe w podstawę, co uniemożliwia skręcenie osi trzpienia konikowego. Omawiane przesuwanie w bok wierzchu konika stosuje się przy toczeniu długich stożków o małej pochyłości. Po przestawieniu wierzchu konika przykręca się go do podstawy zapomocą trzech śrub zaciskowych. Trzpień konika wysuwa się zapomocą dużego kółka ręcznego, unieruchamia się go zapomocą dźwigni zaciskowej. Do przesuwania konika po łożu służy małe kółko zębate będące we chwycie z zębataką. Jest ono zaklinowane na wałku, spoczywającym w specjalnem łożysku, przykręconem do podstawy konika i posiadającym zakończenie krawędziowe do korbki lub grzechotki ręcznej.

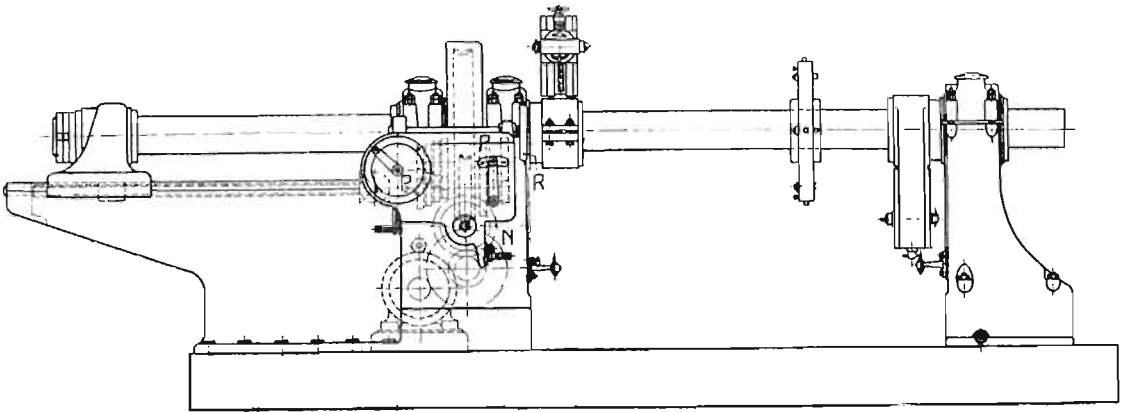


Rys. 155.

Okular *O* jest przedstawiony w widoku bocznym na rys. 154. Podobny do niego okular mniejszych rozmiarów widzieliśmy już poprzednio na rys. 151. Ma on za zadanie podtrzymywać długie i ciężkie wały, uginające się pod działaniem własnego ciężaru i obciążyc o ile można ostrza głowicy i konika. Do obtoczonej na gładko części wału dopycha się zapomocą śrub z przeciwnakrętkami małe poduszeczki brązowe, zwane podtrzymkami. Okulary przedstawione na rys. 151 i 154 są trójpodtrzymkowe, śruby łączne są rozstawione co 120°. Aby ułatwić zakładanie przedmiotu, pierścien okulara jest odmykany. Wierzchnia część pierścienia

jest mianowicie z jednej strony połączona przegubowo z dolną, zaś z drugiej strony łączy się ją zapomocą odchylną śruby zaciskowej; wystarczy zluzować nieco nakrętkę na tej śrubie, by otworzyć okular. Zamiast poduszczek stosuje się niekiedy rolki ze stali hartowanej. Zaopatruje się również tokarki w t. zw. okulary ruchome, przymocowane do sań suportowych i podtrzymujące toczony wał tuż obok noża tokarskiego, który wygładza powierzchnię wału i daje możliwość zastosowania poduszczek podtrzymkowych. Przy wałach znacznej długości, zakładanych w stanie surowym na obrabiarkę i wymagających ze względu na swój ciężar podtrzymywania ich w środku od pierwszej chwili obróbki, okulary z poduszczkami bronzowymi są nie do użycia. Zastępuje się je okularami łożyskowymi z obracającą się wewnątrz pierścienia okularowego tuleją, w której centruje się surowy wał zapomocą trzech i więcej śrub tłocznych.

Przy obróbce wirników turbin okrętowych, luf armatnich wielkiego kalibru i t. p. przedmiotów stosuje się wielkie tokarki, posiadające niespotykane gdzieindziej szczegóły konstrukcyjne. Budowa tych tokarek posunęła się znacznie w osta-



Rys. 156.

tnich czasach, i obecnie istnieją tokarki zaopatrzone w silniki o mocy przewyższającej 100 k. m., o wzniosie ostrzy powyżej 2500 mm i kilkunastu metrach długości. Łoża tych tokarek są cztero i pięcioprowadnicowe ze względu na swą szerokość i na obecność suportów przednich i tylnych. Łoża takie składają się z kilku części skręconych zapomocą śrub i łączonych zapomocą kołków centrujących.

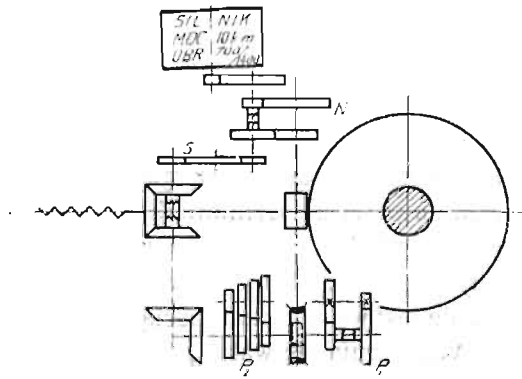
**41. Schemat wytaczarki.** Rys. 156 przedstawia ogólny widok wytaczarki do cylindrów, ustawionej na dużej płycie fundamentowej. Wał wiertniczy, spoczywający w łożyskach głowicy i okulara, otrzymuje ruch obrotowy od silnika elektrycznego za pośrednictwem przekładni z kół czołowych i dużej przekładni ślimakowej. Użycie dużego koła ślimakowego zapewnia równy, spokojny napęd wału wiertniczego, bardzo pożądanym przy precyzyjnym wygładzaniu wewnętrznych powierzchni cylindrów maszyn parowych, silników spalinowych, pomp i t. p.

Prócz ruchu obrotowego wał wiertniczy otrzymuje przesuw wzdłużny za pośrednictwem saneczek, przesuwanych po łożu i ciągnionych przez śrubę pociągową. Skrzynka posuwowa daje 8 różnych prędkości obrotowych śruby pociągowej.



Wał wiertniczy ciągniony przez sanki można od nich odprzeżyć. Przy ustawianiu cylindrów obrabianych, sanki przesuwają się szybko za pomocą odpowiedniej przekładni w głowicy. Wraz z wałem wiertniczym obracają się dwa suporty skrzydłowe do obtaczania kołnierzy cylindrów.

Rys. 157 przedstawia schemat opisywanej wytaczarki. Widzimy z niego, że do napędu użyty został silnik elektryczny ze zmienną liczbą obrotów. Silnik ten przenosi ruch na ślimak i wielkie koło ślimakowe za pośrednictwem przekładni czołowej i dwustopniowego zespołu zębatego  $N$ , przełączanego za pośrednictwem sprzęgła kłowego. Mechanizm posuwowy składa się z małej przekładni ślimakowej i dwóch zespołów: dwustopniowego  $P_1$ , przełączanego za pomocą sprzęgła kłowego, i czterostopniowego  $P_2$  z wysuwającym klinem. Za pomocą dwóch przekładni stożkowych ruch przenosi się następnie na śrubę pociągową. Do szybkiego przesuwu, stosowanego przy przygotowywaniu obróbki, służy przekładnia  $S$ , tworząca odgałęzienie głównego napędu. Za pomocą sprzęgła kłowego przełącza się przesuw zwykły wału wiertniczego na szybki. Wyłączając oba napędy przesuwowe, można obracać śrubę ręcznie, co uskutecznią się za pomocą małego kółka ręcznego z przodu głowicy tuż przy samym suportie skrzydłowym. Daje to możliwość doglądania narzędzia przy nastawianiu go.



Rys. 157.

Na rys. 157 dźwignie zmianowe są oznaczone temi samymi literami, co i odpowiednie przekładnie na schemacie.

Na wał wiertniczym zamocowywa się głowy z wstawianymi nożykami. Po nastawieniu nożyków na daną średnicę wytaczanie cylindra odbywa się w sposób ciągły. Jest to warunek często konieczny, gdyż przestawianie nożyków w czasie roboty pozostawia zawsze ślady na powierzchni obrabianej. Suporty skrzydłowe zaklinowują się na pochwach głowicy i okulara łożyskowego, podtrzymując drugostronnie wał wiertniczy. Wyjmując kliny, można rozłączyć suporty skrzydłowe z pochwami tak, że obrót wału nie wywołuje obrotu suportów. Można również zdejmować suporty z pochw, rozkrębowując dzielone piasty.

Suporty skrzydłowe są zaopatrzone w prowadnice, po których przesuwają się małe saneczki ze skrzepem, w którym osadzony jest suwaczek z nożykiem. Saneczki i suwaczek są przesuwane za pośrednictwem śrub pociągowych, obracanych za pomocą gwiazdek zaczepiających o sworznie, czyli t. zw. palce zderzakowe, przymocowane do głowicy i okulara. Wysuwając więcej lub mniej owe palce, można osiągnąć zaczepianie się większej lub mniejszej liczby ramion gwiazdki. Tym sposobem otrzymuje się przesuw nożyka wzdłuż promienia lub równoległe do osi cylindra, co prawda nieciągły. Nastawiając skręt ukośnie otrzymuje się przesuw ukośny.

Przesuwanie okulara wzdłuż płyty fundamentowej, na której zamocowywa się cylindry, odbywa się zapomocą kółka zębatego i zębátky w płycie. Wałek, na którym zaklinowane jest koło zębate, posiada zakończenie krawędziowe do grzechotki ręcznej.

Istnieje inna odmiana wytaczarki, w której zamiast przesuwu wału wiertniczego stosuje się przesuwanie wzdłuż wału głowy wiertniczej. W tym celu w wydrążeniu wału wiertniczego mieści się śruba pociągowa, ciągnąca głowę nożową za pośrednictwem nakrętki. Wały takie są słabsze znacznie od pełnych i wskutek większych odkształceń przy skręcaniu łatwiej podlegają drganiom. Tak te jak i inne wytaczarki, zaopatrzone są często w stoły bądź krzyżowe t. j. z przesuwem wzdłużnym i poprzecznym, bądź w obrotowe z przyrządem podziałowym. W mniejszych wytaczarkach stosuje się stoły posiadające obok przesuwów poziomych jeszcze i pionowy, co ułatwia ustawianie i przestawianie przedmiotów obrabianych.

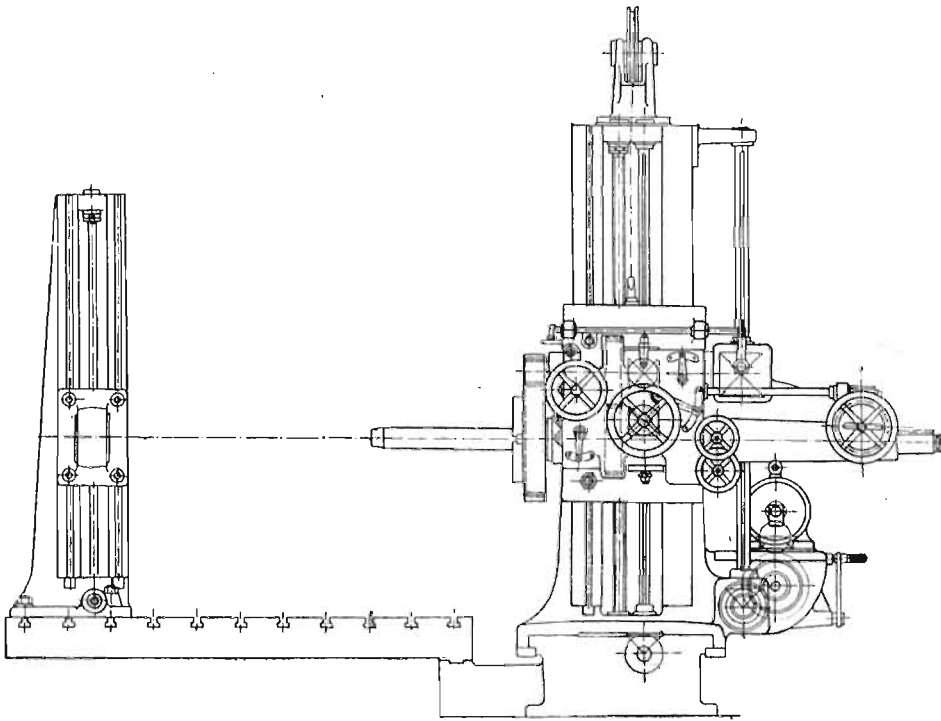
Wytaczanie stanowi jedną z najtrudniejszych czynności warsztatowych. Zwłaszcza cylindry długie, jak kadłuby okrętowych turbin parowych, nastroczają wielkie trudności ze względu na znaczną strzałkę ugięcia wału wiertniczego pod działaniem oporów skrawania i przede wszystkim ciężaru samego wału. Strzałka ugięcia wału zmienia się zależnie od odległości od łożysk, wskutek czego powierzchnie wytaczane są stożkowo. Wyrugować wpływ oporów skrawania na przeginięcie się wału nie jest rzeczą trudną wobec tego, że głowa wiertnicza jest zaopatrzona w kilka noży rozstawionych symetrycznie na obwodzie i że wykańczanie powierzchni polega na przejściu cylindra drobnym wiórem. Gorzej rzecz się ma z własnym ciężarem wału wiertniczego. Aby wyrugować wpływ uginania się wału z tego powodu, stosuje się specjalne podtrzymki wewnątrz cylindra, których zakładanie i wycentrowywanie jest jednak czynnością bardzo kłopotliwą, a niezawsze dającą dobre wyniki. Wpływ uginania się wału pod działaniem własnego ciężaru można usunąć w zupełności, stosując wytaczarki z pionowym wałem wiertniczym. Są to jednak obrabiarki kosztowne ze względu na wielkie ich kadłuby, zaś zakres ich zastosowań jest dość ograniczony. Zakładanie przedmiotów na wytaczarkę pionową jest często kłopotliwe.

**42. Schemat poziomej wiertarko-frezarki.** Rys. 158 przedstawia ogólny widok poziomej wiertarko-frezarki, stosowanej do wytaczania mniejszych powierzchni cylindrycznych, do frezowania płaszczyzn i powierzchni profilowych, wreszcie do wiercenia i gwintowania otworów. Jest to obrabiarka bardzo ceniona w nowoczesnych fabrykach maszyn, gdyż daje możliwość szybkiego obrabiania kadłubów cylindrów, skrzynek rozrządczych, zwierciadeł suwakowych, bagnetów, ram silników, łoż i kadłubów obrabiarek, nie wymagając częstego przestawiania tych ciężkich przedmiotów na płycie fundamentowej i uskuteczniając większość, a nie raz i wszystkie żądane operacje bez odwoływania się do pomocy ze strony innych obrabiarek.

Wiertarko-frezarka składa się z suportu z poziomem wrzecionem i wałem wiertniczym, przesuwanego do góry i na dół wzdłuż pionowego stojaka, który znowu przesuwa się po poziomym łożu, przymocowanym do płyty fundamentowej. Na płycie ustawia się stojak ruchomy z podnoszonym okularom, mającym za zadanie podtrzymywać drugostronnie długie wały wiertnicze. Niekiedy stosuje się

wiertarko-frezarki z nieruchomym stojakiem, natomiast przedmiot obrabiany ustawia się na stole roboczym, posiadającym przesuwę krzyżowe i obwodowy. Zwykle taki stół posiada przyrząd podziałowy, za pomocą którego przedmiot obrabiany przestawia się pod dowolnym żądanym kątem względem osi wrzeciona poziomego.

O ile suport wiertarko-frezarki jest skrętny i umożliwia nachylenie osi wrzeciona pod kątem względem poziomu, wiertarkę-frezarkę nazywamy półuniwersalną. Miano uniwersalnej zyskuje ona przez takie urządzenie, że i sam stojak spoczywa na skrętnej podstawie na saniach stojakowych, przesuwanym po łożu. Półuniwersalne i uniwersalne wiertarko-frezarki należą do skomplikowanych obrabiarek



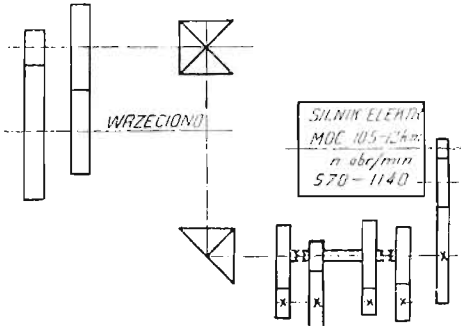
Rys. 158.

i stosują się o wiele rzadziej w praktyce, niż zwykle. Uniwersalna wiertarko-frezarka daje możliwość wiercenia dziur w kierunku równoległym do jakiegokolwiek prostej w przestrzeni.

Rys. 159 przedstawia napęd zwykłej wiertarko-frezarki od stopniowego silnika elektrycznego z regulowaniem liczby obrotów w stosunku 1 : 2. Napęd stanowi skrzynka zmianowa, dająca 4 różne prędkości obrotowe, dalej dwie przekładnie stożkowe, w tym jedna nawrotna, wreszcie podwójna przekładnia zębata na wrzecionie. Tym sposobem wrzeciono otrzymuje  $2 \times 4 = 8$  różnych prędkości obrotowych, nie licząc stopni prędkości silnika elektrycznego. Zakres zmienności obrotowej wrzeciona i gęstość stopniowania jest pierwszorzędną charakterystyką wiertarko-frezarki wobec tego, że jest ona przeznaczona do stosowania różnych narzędzi,

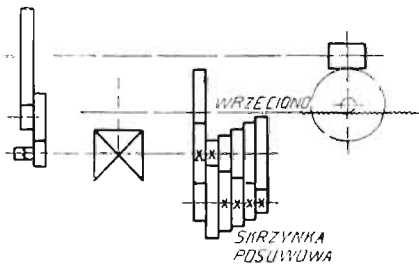
poczynając od wiertel średniej wielkości, rozwiertaków i gwintowników maszynowych, a kończąc na frezach tarczowych wielkiej średnicy.

Wszystkie podane przekładnie łatwo odnaleźć na rys. 158. Skrzynka zmianowa znajduje się z boku stojaka tuż przy samym łożu. Przelączenie przekładni odbywa się za pośrednictwem dźwigni zmianowych z boku skrzynki. Zwykle jednak dźwignie te umieszcza się na samym suporcie, stosując do przesuwania widełek



Rys. 159.

wielkie głowy frezowe i suporty skrzydłowe. Nadając suportowi ruch wzdłuż stojaka lub też stojakowi po łożu, możemy zapomocą głów frezowych przymocowanych do tarczy ofrezowywać płaszczyzny w kierunku pionowym lub poziomym. Regulowanie na głębokość frezowania odbywa się zapomocą zbliżania przedmiotu obrabianego do tarczy. Mniejsze frezy zakładają się na wrzeciono wiertnicze, którego koniec dla łatwiejszego centrowania narzędzi jest stożkowy z zewnątrz i posiada gniazdo wewnętrzne również stożkowe, jak we wrzecionach zwykłych wiertarek. Wrzeciono wiertnicze daje się wysuwać daleko poza tarczę. Niekiedy we wrzecionie wiertniczym obsadza się wałki wiertnicze.



Rys. 160.

dające razem  $4 \times 2 = 8$  różnych posuwów. Krzyżyki na kołach oznaczają przytem koła zaklinowane na wałkach, pozostałe koła posiadają wykroje do ruchomego klina. Koła, oznaczone krzyżykami na górnym pierwszym wałku, zaklinowane są nie na samym wałku, lecz na obracającej się na nim luźno pochwie. Dwa kółka ręczne, przedstawione na ogólnym widoku maszyny, obsługują włączanie tych klinów ruchomych. Ruch z górnego wałka przechodzi na dolny, skąd wraca z powrotem na górny, idzie dalej do mechanizmu nawrotnego pośrodku suportu, a stąd przez przekładnię czołową, wałek poziomy, znajdujący się na zewnątrz suportu do przekładni ślimakowej i kółka zębatego, będącego we chwycie z zębatką wrzeciona wiertniczego.

zmianowych przenoszenie ruchu za pośrednictwem wałków pionowych i poziomych oraz przekładni stożkowych. Bieg nawrotny wrzeciona, niezbędny przy narzynaniu gwintów, jest obsługiwany przez dźwignię przy suporcie, działającą na mechanizm sprzęgłowy z kołami stożkowymi. Właściwe wrzeciono wiertnicze, którego koniec zaopatrzony w zębatkę widzimy na rys. 158, obraca się za pośrednictwem wrzeciona wydrążonego, na którym prócz kół zębatych osadzona jest duża tarcza, do której przymocowuje się

wielkie głowy frezowe i suporty skrzydłowe. Nadając suportowi ruch wzdłuż stojaka lub też stojakowi po łożu, możemy zapomocą głów frezowych przymocowanych do tarczy ofrezowywać płaszczyzny w kierunku pionowym lub poziomym. Regulowanie na głębokość frezowania odbywa się zapomocą zbliżania przedmiotu obrabianego do tarczy. Mniejsze frezy zakładają się na wrzeciono wiertnicze, którego koniec dla łatwiejszego centrowania narzędzi jest stożkowy z zewnątrz i posiada gniazdo wewnętrzne również stożkowe, jak we wrzecionach zwykłych wiertarek. Wrzeciono wiertnicze daje się wysuwać daleko poza tarczę. Niekiedy we wrzecionie wiertniczym obsadza się wałki wiertnicze.

Rys. 160 przedstawia mechanizm posuwowy wrzeciona. W tym celu na wrzecionie wydrążonym znajduje się zaklinowane duże koło zębate, przenoszące ruch do skrzynki posuwowej. W skrzynce umieszczone są dwa zespoły kół zębatych z wysuwanyim klinem: cztero i dwustopniowy,

Przy mechanizmie nawrotnym mamy odgałęzienie ruchu, a mianowicie pośrednie koło stożkowe zaklinowane na wałku, który za pośrednictwem przekładni stożkowych, wałka pionowego w stojaku maszyny i nakrętki pociągowej, przesuwają stojak po łożu wzdłuż nieruchomej śruby pociągowej. Podobne odgałęzienie daje przesuw suportu wzdłuż stojaka pionowego. Również i w tym wypadku śruba pociągowa w stojaku, widoczna na rys. 158, jest nieruchoma, a obraca się nakrętka osadzona w podporcie. Skrzynka posuwowa obsługuje zarówno przesuw wrzeciona wiertniczego jak i suportu oraz stojaka. Przełączanie przesuwów odbywa się za pomocą dźwigni zmianowych na podporcie, wszystkie przesuw są wzajemnie ryglowane.

Wrzeciono wiertnicze posiada oprócz przesuwu samoczynnego jeszcze i przesuw ręczne: powolny i szybki. Możliwość ręcznego przesuwania wrzeciona otrzymujemy wyłączając przekładnię czołową za pomocą małego sprzęgiełka kłowego (rys. 160), lub ślimakową za pomocą tarczki czarnej, łączącej wałek, na którym zaklinowany jest trybik zębarkowy z kołem ślimakowym. Powolny przesuw ręczny wrzeciona daje przytem małe kółko zębate tuż przy samej tarczy, szybki zaś—koło ręczne na wałku z trybikiem zębarkowym. Mechaniczne przesuw suportu i stojaka są dwukierunkowe, gdyż oba odgałęzienia napędu posuwowego są umieszczone poza głównym mechanizmem nawrotnym pośrednika suportu. Prócz zwykłego przesuwu samoczynnego, suport i stojak posiadają przesuw ręczny powolny i szybki mechaniczny, stosowany przy przygotowywaniu obróbki.

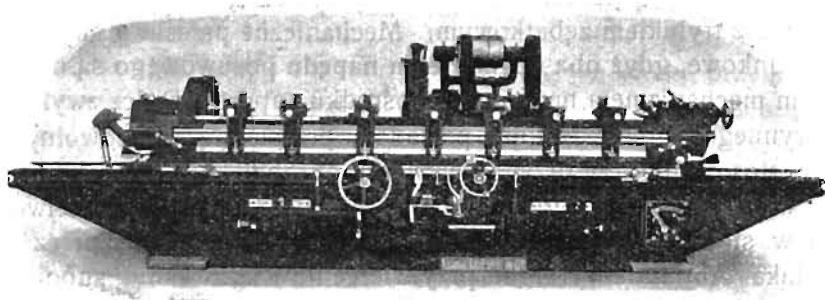
Suport wiertniczy jest wyrównoważony za pośrednictwem przeciwcieżarów, schowanych w stojaku. Odpowiednie łańcuchy są przerzucone przez rolki na wierzchu stojaka. Aby uniknąć drgań przy wierceniu i wytaczaniu, suport łączy się ze stojakiem za pomocą śrub zaciskowych. Gdzie to jest możliwe ze względów konstrukcyjnych, stosuje się samowylączanie przesuwów w skrajnych położeniach suportu, co zabezpiecza w niektórych razach maszynę od skutków niewagi robotnika.

W większych wiertarko-frezarkach silnik elektryczny wraz ze skrzynką posuwową umieszcza się bezpośrednio na podporcie. Rzemieślnik obsługuje wówczas maszynę z platformy przymocowanej do suportu. Takie rozwiązanie konstrukcyjne jest możliwe przy zastosowaniu silników bocznikowych na prąd stały, dających duży obszar zmienności obrotowej i wiele stopniowań obrotów przy niewielkiej zmianie mocy silnika. Jest rzeczą oczywistą, że gdy silnik elektryczny daje regulację liczby obrotów w stosunku 1 : 3 lub 1 : 4, skrzynka posuwowa może być mała, lekka i prosta. Z innych charakterystyk większych wiertarko-frezarek jest zastąpienie szybkiego ręcznego przesuw wału wiertniczego przez szybki mechaniczny. Zamiast przesuwu zębarkowego stosuje się przytem przesuw śrubowy, podobny do tego, jaki zastosowany został w opisanej przez nas poprzednio wytaczarce.

Wspomnieć należy, że do obróbki wielkich części maszynowych służą niekiedy zespoły kilku obrabiarek ze wspólną płytą fundamentową, lub stołem roboczym i t. p. Zespala się mianowicie wiertarko-frezarki z wytaczarkami, strugarkami podłużnymi, tokarkami do wałów korbowych i t. p. Przy obróbce bardzo ciężkich przedmiotów specjalnego kształtu, jak np. części wież pancernych na okrętach wojennych, stosuje się przenośne wiertarko-frezarki, zamocowywane na płytach funda-

mentowych. W kadłuby tych przenośnych obrabiarek wkręca się wielkie haki do lin lub łańcuchów suwnic dźwigarkowych. Przesławianie maszyny odbywa się przytem stosunkowo prędko.

**43. Schemat szlifierki do wałków.** Rys. 161 przedstawia ogólny widok szlifierki do wałków, na której obrabia się precyzyjnie zgruba obtoczone wałki. Pomimo, że tokarka powyższa powstała drogą ewolucji tokarki zaopatrzonej w specjalny suport szlifierski, budowa jej różni się znacznie od swego pierwowzoru. Aby nadać możliwą sztywność całej maszynie i uniknąć wszelkich drgań, zastosowano tu przesuw nie narzędzia, lecz przedmiotu obrabianego, upraszczając tym sposobem konstrukcję suportu szlifierskiego. W szlifierkach do wałków przesuw roboczy otrzymuje stół roboczy wraz z głowicą i konikiem. Konstrukcja powyższa posiada tę jeszcze zaletę, że szlifierz nie opuszcza nigdy swego stanowiska przy wsparciu nawet przy obróbce najdłuższych wałków i że ma zawsze pod ręką wszystkie dźwignie zmianowe.



Rys. 161.

Suport szlifierski nastawia się jedynie w kierunku poprzecznym na żądaną głębokość skrawania. Przyjęto za zasadę, że powinien on być tak ciężki, by luzu międzyprowadnicowego nie potrzeba było usuwać zapomocą specjalnych listew regulujących. Przesuwa się go zapomocą śruby pociągowej o dużej średnicy i drobnym gwincie oraz nakrętki wyjątkowej długości. Niekiedy do przesuwania suportu stosuje się gwint różnicowy, umożliwiający regulowanie głębokości skrawania z dokładnością do  $0,001\text{ mm}$ . Aby uniknąć wszelkich luzów lub odkształceń przy łączeniu części suportu zapomocą śrub zaciskowych, suport wykonany jest z jednej sztuki i nie posiada skrętu i suwaków krzyżowych. Wrzeczono szlifierskie osadzone jest mocno w specjalnych łożyskach (rys. 99). Wszystkie mechanizmy, łożyska i prowadnice są zabezpieczone starannie od kurzu i pyłu szlifierskiego.

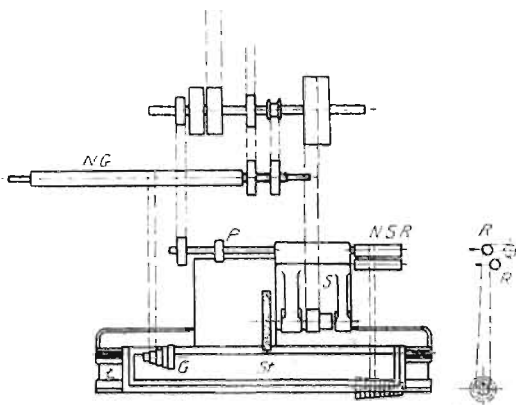
Przekrój łoża jest tak dobrany i obliczony, by odkształcenia sprężyste były możliwie małe. Aby uniknąć zwichrowania łoża przy przykręcaniu go do fundamentów, w mniejszych szlifierkach obowiązuje zasada, że przykręca się go zapomocą trzech śrub. Tylko przy zachowaniu tego warunku można być pewnym, że szlifierka zachowa tę samą dokładność, z jaką była ona wykonana. Ustawienie szlifierki sprawdza się tak dokładnie, jak czułego przyrządu fizycznego.



Stół roboczy posiada taki przekrój, że przejmuje dobrze nacisk tarczy szlifierskiej na przedmiot obrabiany (por. rys. 163). Wierzch stołu roboczego jest zwykle skrętny, co daje możliwość szlifowania różnych przedmiotów stożkowych. W większych szlifierkach stosuje się w tym celu przestawianie wierzchu konika, na wzór odpowiedniej konstrukcji w tokarkach. Trzpień wysuwany konika, w którym osadzone jest ostrze, jest dociskany zapomocą sprężyny do przedmiotu obrabianego. Ma to na celu zapobiedz wichrowaniu się wałka wskutek wydłużenia go pod wpływem nagrzania się przy obróbce.

Rys. 162 przedstawia napęd pasowy szlifierki. Wrzeczono, na którym zaklinowana jest tarcza szlifierska, jest obracane zapomocą dwustopniowego koła pasowego. Jest to konieczne ze względu na zużywanie się tarczy i konieczność utrzymania stałej prędkości skrawania. W większych szlifierkach stosuje się niekiedy koło trzystopniowe. Dzięki użyciu odpowiedniego mechanizmu wyprężającego pas, na przystawce stropowej znajduje się jedno-, a nie dwustopniowe koło pasowe: przerzucanie pasa jest przytem łatwiejsze.

Charakterystyczny jest napęd bębnowy *NG* głowicy ruchomej *G* na stole roboczym *St*. Na specjalnej przystawce umieszczony jest mianowicie długi bęben pasowy o długości nieco większej od przesuwu stołu roboczego. Pas przenosi ruch z bębna na koło stopniowe przesuwaną się powoli głowicy. I w tym wypadku zastosowanie naprężania pasa zapomocą odchylniej przekładni z przeciwwagą przy głowicy umożliwia szybkie i dogodne przełączanie pasa. Przystawka *NG* otrzymuje obrót szybki lub powolny dzięki



Rys. 162.

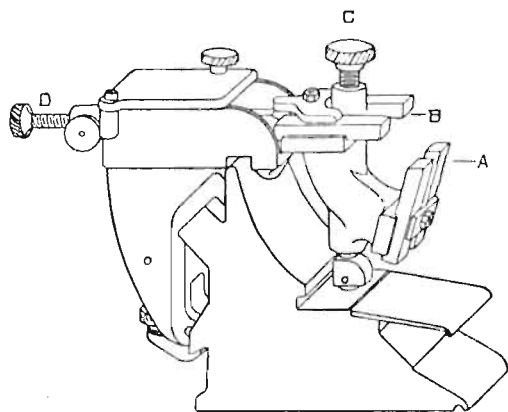
użyciu dwóch kółek pasowych, przenoszących ruch z głównej przystawki. Tym sposobem głowica posiada znaczną liczbę zmian prędkości obrotowej.

Napęd stołu roboczego *NSR* jest udzielany za pośrednictwem długiego bębna pasowego, osadzonego na wałku poziomym z tyłu szlifierki za suportem. Ruch przenosi się następnie na koło stopniowe z przodu maszyny za pośrednictwem pasa przy użyciu odpowiednich rolek naprężających *R* z przeciwwagami. Koło stopniowe posiada łagodne przejścia pomiędzy stopniami i przełączanie pasa odbywa się w sposób przedstawiony na rys. 131. Mechanizm nawrotny, obsługiwany przez zderzaki przymocowywane do stołu roboczego, daje nawrót stołu roboczego w sposób podobny, jak i przy strugarkach podłużnych, z tą jednak różnicą, że nastawianie zderzaków odbywa się w sposób precyzyjny i że wyłączenie odbywa się nadzwyczaj szybko i skutecznie. Precyzyjne wyłączenie stołu roboczego jest rzeczą ważną przy szlifowaniu wałków ze stopniowanymi średnicami, czyli z t. zw. odsadzeniami, gdy zapomocą tarczy szlifierskiej z zaokrąglonym brzegiem wykańcza się zaokrąglenia w przejściach od średnicy mniejszej do większej. Uzupełnie-

niem mechanizmu wyłączającego jest bezpiecznikowe sprzęgło cierne, wyłączające przesuw stołu z chwilą przekroczenia dozwolonego nacisku.

Na specjalną uwagę zasługuje zastosowane w opisywanych szlifiereczkach podpieranie szlifowanego wałka przez odpowiednie podtrzymki. Okulary pierścieniowe, omawiane przez nas poprzednio, nie nadają się do tego celu, gdyż trzeba je zdejmować i przestawiać, o ile chcemy obrabiać wałek na całej długości. Sposób przymocowywania podtrzymek do stołu roboczego przedstawiony jest na rys. 163. Właściwe podtrzymki *A* i *B* są to klocki wykonane z drzewa i regulowane za pomocą śrubek *C* i *D*. Podtrzymka *A* podtrzymuje wałek od dołu, zaś podtrzymka *B* przeciwdziała naciskowi tarczy usiłującej zgiąć wałek. Podpieranie rozciąga się blisko na połowę obwodu wałka.

Stosowanie podtrzymek przy szlifowaniu jest rzeczą ważną. Przy krótkich i sztywnych wałkach użycie ich wydaje się rzeczą zbyteczną. Nie należy jednak zapominać o tem, że o ile przy toczeniu głębokość skrawania wynosi nieraz kilka milimetrów,



Rys. 163.

o tyle przy szlifowaniu ma ona być bardzo mała i wynosić kilka setnych części milimetra. Występujące silnie przy szlifowaniu drgania w znaczący sposób zwiększają głębokość skrawania, wpływając na szybkie zdzieranie się tarczy i na tworzenie się drobnych korbów na powierzchni. Z tych względów na szlifiereczce podpira się i te wałki, które przy toczeniu były osadzone tylko w ostrzach głowicy i konika. W daleko jaskrawszy sposób zaznaczają się drgania przy długich giętkich wałkach, które wymagają przy szlifowaniu podpierania przez gęsto rozstawione podtrzymki.

Najlepszym materiałem do wyrobu klocków podtrzymkowych jest bez wątpienia drzewo, gdyż daje się łatwo obrabiać i dopasowuje się doskonale do powierzchni obrabianego wałka. Nastawianie podtrzymek jest czynnością ważną, gdyż od niej zależy cylindryczność obrabianego wałka; dociskając zbyt silnie podtrzymkę, zginamy go. Wydaje się, że jest to czynność trudna, jednak szlifierz w krótkim czasie zdobywa odpowiednią wprawę dzięki temu, że wszystkie regulowania szlifiereczki są nader czułe i że ze snopa isker, jaki wydobywa się ze styku tarczy z przedmiotem, można wnioskować o każdym zwichrowaniu wałka, zwłaszcza przy drugim lub trzecim szlifowaniu. Regulowanie podtrzymek szlifierz rozpoczyna naprzód od podtrzymek dolnych, a potem przechodzi do poziomych, przyczem naprzód reguluje środkowe, a potem skrajne.

Niezbędnym uzupełnieniem szlifiereczki, podobnie jak i innych obrabiarek nowoczesnych, jest urządzenie do chłodzenia narzędzia i przedmiotu za pomocą płynu chłodzącego. Małe kółko pasowe *P*, zaklinowane na wałku, przenoszącym ruch do mechanizmu posuwowego, pędzi pompkę, umieszczoną na zbiorniku, stanowiącym

całość z kadłubem szlifierki. Ciecz chłodząca spływa z łoża i suportu do zbiornika, w którym części stałe osiadają na dnie. Kłarowną ciecz pompa kieruje za pośrednictwem odpowiednich przewodów do miejsca styku przedmiotu obrabianego z tarczą szlifierską.

Szlifierki do wałków odznaczają się wielką wydajnością, wykańczają one przedmioty z dokładnością nieznana przy toczeniu. Można na nich obrabiać nie tylko wałki i wały cylindryczne i stożkowe, lecz i wały wykorbione mniejszych wymiarów, tłoczki, suwaki okrągłe i t. p. przedmioty. Stosuje się przytem specjalne uchwyty i przyrządy robocze, ułatwiające zakładanie tych przedmiotów na szlifierkę, ich centrowanie i obróbkę.

## ROZDZIAŁ XI.

### Schematy obróbki. Obrabiarki rewolwerowe.

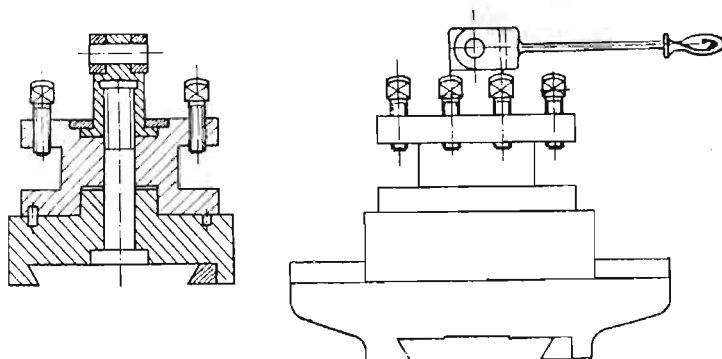
44. Obróbkę jakiegokolwiek części maszynowej lub przedmiotu można rozbić na szereg oddzielnych operacji, z których każda wymaga użycia innego narzędzia i często innego zamocowania przedmiotu w uchwycie roboczym. Przy opracowywaniu takiego schematu uwzględniamy zwykle obrabiarki, jakimi rozporządzamy w warsztacie, przystosowując je niekiedy do danej roboty na drodze obmyślenia dodatkowych przyrządów roboczych i podziałowych, zwłaszcza gdy dana część maszynowa ma być wyrabiana masowo. W wyjątkowych razach przy sporządzaniu schematu obróbki narzucamy nawet plan działania specjalnych obrabiarek o wielkiej wydajności, lub na których dana część może być wykonana o wiele dokładniej, niż na istniejących.

Na obróbkę stosunkowo prostych części maszynowych składa się często kilkanaście operacji elementarnych. Zdarza się przytem, że właściwa obróbka podczas każdej operacji trwa krótko, natomiast wiele czasu zajmuje zakładanie przedmiotu na obrabiarkę i ustawianie narzędzi. W tych razach jest rzeczą pożyteczną zmniejszyć liczbę zamocowań przedmiotu obrabianego w porównaniu z liczbą operacji, co jest rzeczą możliwą do skutecznego, o ile zastosujemy obrabiarki, nadające się do użycia różnych narzędzi. Przykłady takich obrabiarek podaliśmy w rozdziale dziesiątym. Na tokarce można więc obrabiać najrozmaitsze powierzchnie, narzynać gwinty i t. p., stosując najróżnorodniejsze noże tokarskie, wiertła, narzędzia ślusarskie i t. p., na wiertarko-frezarce można wytaczać, wiercić, frezować i gwintować, przyczem przedmiot nie powinien być koniecznie przestawiany na obrabiarce.

Po dokonaniu poszczególnych operacji należy zastępować jedno narzędzie przez drugie. Tak przy przechodzeniu od toczenia do narzynania gwintu było rzeczą konieczną założyć w imaku tokarki na miejsce noża zwykłego profilowy. Aby przejść od operacji wiercenia na wiertarko-frezarce do frezowania płaszczyzn, należało wyjąć z wału wiertniczego zamocowane w niem wiertło, a natomiast przyśrubować do tarczy przedniej głowę frezową. Gdy operacje obróbki są krótkotrwałe, wyjmowanie i zakładanie coraz to nowych narzędzi może zajmować znacznie więcej czasu, niż właściwa obróbka. Gdy mamy więc do wykonania wiele jednakowych przedmiotów, jest rzeczą pożądaną, aby czynności przygotowywania i ustawiania narzędzia, niekiedy bardzo zrudne i kłopotliwe, nie powtarzały się raz po raz. Osiągnąć to można, stosując t. zw. rewolwerowe suporty narzędziowe, w któ-

rych zamocowywa się na stałe kilka narzędzi, przyczem kolejną ich zmianę dokonywa się nie przez wyjmowanie narzędzi z suportu, lecz przez odpowiedni obrót lub przesunięcie imaka rewolwerowego. Narzędzie wyłączone chwilowo z pracy może być włączone z powrotem przez ruch suportu, działającego na odpowiedni mechanizm. Nazwę swą suport rewolwerowy zapożyczył od bębna rewolweru, podstawiającego kolejno naboje pod iglicę kurka. Analogicznie do tego bębna działa suport narzędziowy, nastawiając narzędzia względem przedmiotu obrabianego w ściśle określony sposób.

Rys. 164 przedstawia imak rewolwerowy w zastosowaniu do jakiejkolwiek zwykłej tokarki. Pomimo bardzo prostej budowy imak ten daje możliwość zapoznania się z zasadą działania najbardziej skomplikowanych suportów rewolwerowych. Omawiany przez nas imak jest przeznaczony do zamocowania czterech noży tokarskich. Posiada on wtoczenie centrujące dopasowane dokładnie do czopa na suwaku. Ponadto mały kołeczek, wbity w spód imaka i wchodzący w jedno



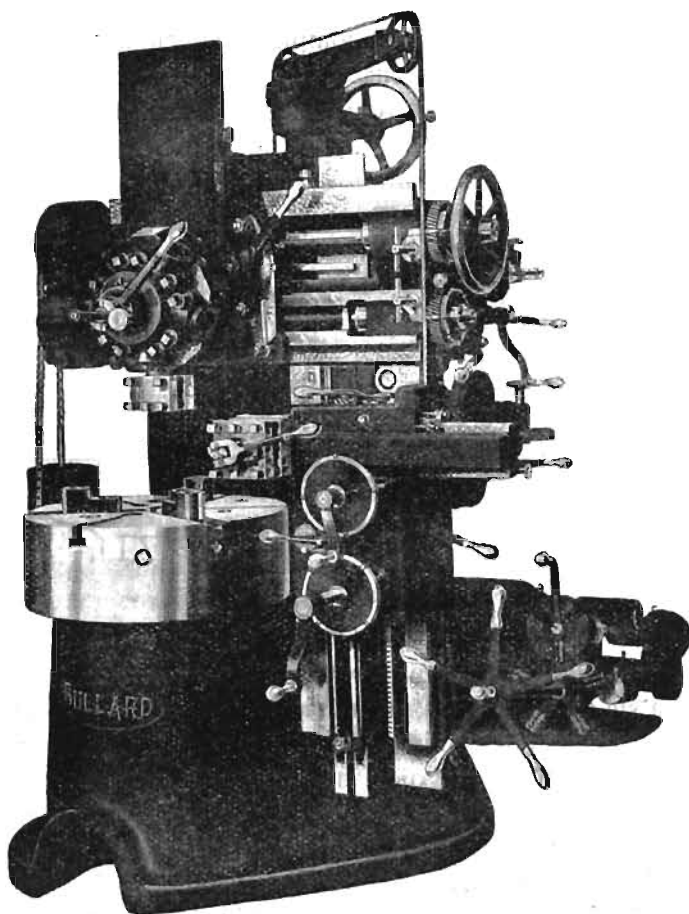
Rys. 164.

z czterech symetrycznie rozstawionych wgłębień, umiejscawia imak co ćwierć obrotu. Imak zaciska się na suwaku za pośrednictwem śruby i nakrętki z dźwignią ręczną. Nakrętka posiada u dołu kołnierz wpuszczony w imak i przytrzymywany za pomocą pierścienka przyśrubowanego do imaka tak, że podnosząc nakrętkę, podnosimy i imak. Gdy zaczniemy odkręcać nakrętkę, imak zaczyna się podnosić do góry. Z chwilą gdy kołeczek centrujący wyjdzie z otworu, tarcie nakrętki o pierścienek wywołuje obrót imaka na czopie. Tokarz przytrzymuje wówczas imak ręką tak, aby zajął on położenie przestawione o ćwierć obrotu, i zaczyna obracać dźwignię w odwrotnym kierunku, starając się o to, by przy opuszczaniu się imaka, kołeczek centrujący, zakończony nieco stożkowo, natrafił na otwór w suwaku. Zaciska on mocno nakrętkę za pomocą dźwigni, łącząc jako sztywną całość imak z suwakiem. Dźwignia jest osadzona na nakrętce przegubowo, aby można ją było swobodnie obracać przy dosunięciu suportu blisko do uchwytu tokarki lub do przedmiotu obrabianego.

Z opisu tego prostego suportu rewolwerowego widzimy, że prawie wszystkie czynności połączone ze zmianą narzędzia, jako to: odryglowanie imaka, pokręcenie go na ćwierć obrotu, zaryglowanie go w nowym położeniu, zaciśnięcie nakrętki,

wykonywane są ręcznie. Wobec tego jednak, że noże tokarskie pozostają przytem stale zamocowane w imaku, nadaje się on o wiele lepiej do niektórych robót tokarskich, niż imak zwykły. Imaki omawianego typu stosuje się przy masowej obróbce osi wagonowych, szrapneli, wrzecion określonego kształtu i t. p. Przesuwu suportu wzdłuż łoża tokarki ogranicza się przytem zapomocą zderzaków, wyłączających np. odpowiednie sprzęgło w zamku suportowym.

W miarę dokonywania coraz to nowych postępów w budowie obrabiarek, ograniczano stopniowo obsługiwanie ręczne suportów rewolwerowych. W nowo-



Rys. 165.

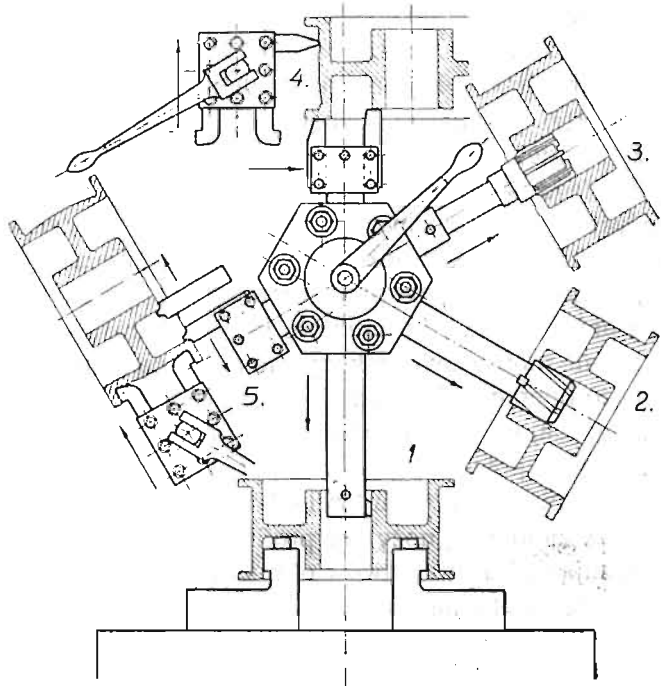
czesnych tokarkach rewolwerowych, czyli t. zw. rewolwerówkach, pokręcanie bębna narzędziowego, ryglowanie go w kolejnych położeniach, przysuwanie i odsuwanie suportu, odbywa się automatycznie z mniejszym lub większym udziałem rzemieślnika. Jeszcze bardziej ograniczona jest ręczna obsługa obrabiarek w t. zw. automatach, w których polega ona tylko na podawaniu materiału surowego na maszynę. Przyszykowanie roboty na rewolwerówkach i automatach jest zato niekiedy rzeczą trudną. Zakres wiedzy rzemieślnika okazuje się w tym wypadku niewystar-



czającym, i przyszykowanie roboty na tych maszynach jest powierzane technikom warsztatowym.

**45. Karuzelówka rewolwerowa.** Do obróbki okrągłych płaskich przedmiotów, jak kół pasowych, krążków do kół zębatach, niewielkich cylindrów, pochw, pokryw, wirników, nadają się doskonale tokarki karuzelowe (rys. 165) z wrzecionem pionowym. Dzięki poziomej tarczy karuzelówki nie wymagają wyrównoważenia przedmiotów kształtu niesymetrycznego. Swe powodzenie i rozpowszechnienie małe karuzelówki zawdzięczają głównie zastosowaniu w nich suportu rewolwerowego.

Na rys. 165 przedstawiona jest karuzelówka rewolwerowa w wykonaniu amerykańskiej fabryki Bullarda. Na wrzecionie zaklinowany jest samocentrujący uchwyt, którego szczęki schodzą się lub rozchodzą równocześnie, pozostając na tej samej średnicy, co ułatwia znacznie zamocowywanie przedmiotów na obrabiarce. Uchwyt powyższy odgrywa rolę stołu roboczego. Na poprzecznej belce przesuwają się sanie z bębnum rewolwerowym do pięciu narzędzi. Są one zaopatrzone w suwak z pionowymi prowadnicami i skręt ze skalą, dzięki czemu bęben rewolwerowy może posiadać



Rys. 166.

oprócz przesuwu poziomego, pionowy i ukośny. W gniazdach bębna rewolwerowego można zamocowywać najróżnorodniejsze narzędzia i oprawki narzędziowe.

Do obróbki na obwodzie nadaje się oprócz suportu głównego na belce poprzecznej, dodatkowy suport boczny, posiadający pionowy przesuw wzdłuż stojaka zaopatrzonego w pionowe prowadnice. Suport boczny jest zaopatrzone w imak rewolwerowy typu, przedstawionego na rys. 164. Suport ten pracuje niezależnie od głównego tak, że może on np. obrabiać obwód koła pasowego, gdy główny obrabia piastę. Aby umożliwić ręczny przesuw suportów i odciążać przekładnie przenoszące ruchy posuwowe, oba suporty są wyrównowane zapomocą przeciwcieżarów, działających na linki przerzucone przez belki. Przesuwu można ograniczać za pośrednictwem zderzaków.

Rys. 166 przedstawia schemat obróbki koła pasowego z obrzeżami na karuzelówce tego typu. Operacja pierwsza polega na wytoczeniu zgruba wewnętrznej powierzchni piasty zapomocą wałka wiertniczego z wstawionym nożykiem, Głównie

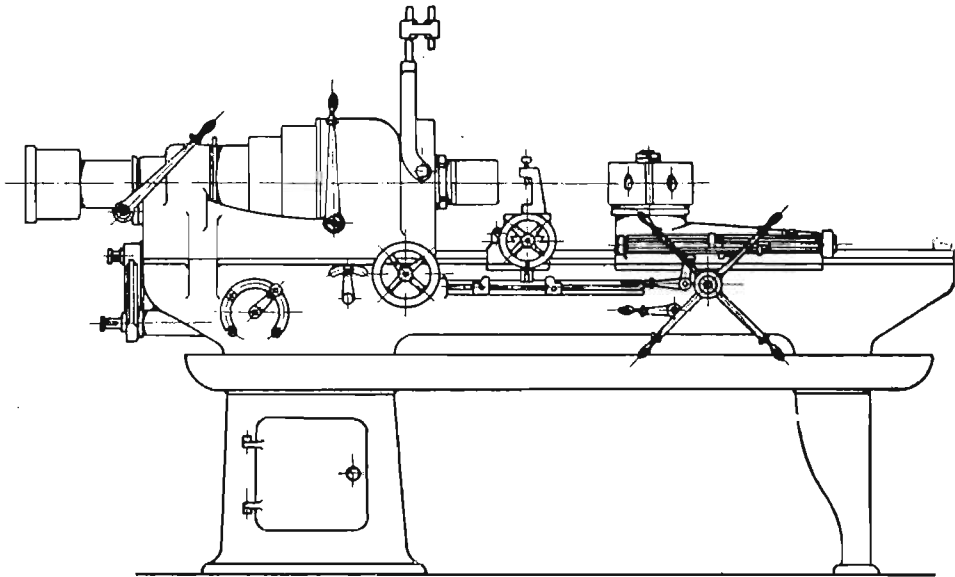
rzecz się zasada na zdarcie twardej skorupy odlewniczej. Suport na belce poprzecznej posiada przytem przesuw pionowy z góry na dół. Druga operacja polega na rozwiercaniu otworu zapomocą specjalnego narzędzia zwanego wiertakiem, którego kształt przypomina frez walcowy, zaś działanie wiertła. Posiada on mianowicie na obwodzie kilka lub kilkanaście zębów śrubowych, skrawających jednocześnie cienkie wióry. Wiertak pozostawia na ostateczną obróbkę cienką warstwę materiału grubości mniej więcej 0,2 mm, użycie tego narzędzia daje możność obrabiania wewnętrznej powierzchni piasty bez konieczności ciągłego mierzenia średnicy otworu, co zajmowałoby zbyt wiele czasu. Zupełnie ściśle na miarę wykańcza otwór narzędzie stosowane przy trzeciej operacji, t. zw. rozwiertak. Działanie jego jest zbliżone bardzo do działania wiertaka. Różnica polega na konstrukcji tego narzędzia bez porównania delikatniejszego i oszlifowanego ściśle na miarę. Rozwiertak wykańcza wewnątrz piastę z dokładnością do setnych części milimetra. Przy drugiej i trzeciej operacji suport posiada przesuw pionowy. Czwarta operacja polega na obrobień storcowych powierzchni piasty i wieńca zapomocą dwóch nożyków, zamocowanych we wspólnej oprawce, suport na belce poprzecznej posiada przytem przesuw poziomy. Równocześnie z suportem głównym pracuje i boczny, obrabiając wypukłą powierzchnię koła pasowego: suport jest prowadzony przytem przez odpowiedni szablon, którego konstrukcyi obecnie nie opisujemy. Obróbki tej nie można było dokonywać równocześnie z operacją drugą lub trzecią, gdyż były to operacje delikatne, polegające bardziej na wykańczaniu, a nie na skrawaniu zgruba, przyczem należało unikać drgań przedmiotu wskutek skrawania. Operacja piąta polega na ścinaniu krawędzi piasty zapomocą noża profilowego osadzonego w głównym suporcie i na wykańczaniu wewnętrznych powierzchni obu obrzeży zapomocą nożyków profilowych w bocznym suporcie. Strzałki na rysunku wskazują rodzaj przesuwów obu suportów.

Wszystkie omawiane operacje były dokonane podczas jednego zamocowania obrabianego przedmiotu w uchwycie roboczym. Podczas drugiego zamocowania obrabia się storcowe powierzchnie piast i obrzeży z drugiej strony. Są to powierzchnie drugorzędne, nie wymagające dokładnej obróbki. Z niedokładnościami, wynikającymi z powtórnego zamocowywania koła pasowego, niema się co w danym razie liczyć.

Karuzelówki rewolwerowe zajmują mało miejsca. Wobec tego, że zamocowywanie i centrowanie przedmiotu na nich jest łatwe, do obsługi tych obrabiarek wystarczy mniej wyrobiony rzemieślnik. Istnieją karuzelówki bliźniacze z dwoma uchwytami samocentrującymi, obsługiwane przez jednego robotnika.

Budowa wielkich karuzelówek różni się zasadniczo od małych. Nie posiadają one zazwyczaj suportów rewolwerowych, gdyż właściwa obróbka trwa na nich bez porównania dłużej od zmiany i ustawienia narzędzia, ponadto do obróbki piast nie można stosować wiertaków, rozwiertaków i t. p. narzędzi. Zato wielkie karuzelówki posiadają po dwa suporty na belce poprzecznej oraz specjalne suporty boczne. Znalazły one szerokie zastosowanie przy obróbce części wielkich maszyn elektrycznych i turbin parowych. Budowano karuzelówki, których tarcze posiadały po kilkanaście metrów średnicy.

**46. Obróbka na rewolwerówkach.** Zwykle rewolwerówki powstały drogą ewolucji tokarki pociągowej przez dodanie suportu rewolwerowego i pewnych urządzeń dodatkowych. Na rewolwerówkach obrabia się przeważnie śruby maszynowe i różne drobne toczone części, wyrabiane z materiału prętowego okrągłego, kwadratowego, sześć- i ośmiokątnego. Pręty te przesuwają się przez wydrążone wrzeciono, w którego przedniej części znajdują się odpowiednie zaciski. W wielu rewolwerówkach istnieją specjalne mechanizmy samoczynne do wysuwania pręta w miarę wyrabiania z niego danych przedmiotów. Można również zaopatrywać rewolwerówki w samocentrujące uchwyty, w których obrabia się różne półgotowe przedmioty, jak surowe odlane korpusy wentyli, części armatury, korbki. Istnieją również duże rewolwerówki, na których obrabia się stosunkowo duże przedmioty, jak wrzeciona, różne pochwy, tuleje, tłoczki, małe cylindry do silników, pociski armatnie.



Rys. 167.

Rys. 167 przedstawia jeden z licznych typów rewolwerówek z poziomym bębniem rewolwerowym w wykonaniu Tow. Akc. Gerlach i Pulst w Warszawie. Aby uniknąć drgań przy obróbce, głowice tokarek rewolwerowych odlewa się zazwyczaj wspólnie z łożem. Po łożu przesuwają się suport rewolwerowy i dwa boczne suporciki do noży do obcinania z przesuwem poprzecznym.

Wrzeciono jest przewiercone na wylot i posiada nasadzony nań od przodu uchwyt z tulejkami zaciskowymi, przytrzymującymi materiał prętowy. Zaciskanie tych tulejek odbywa się za pośrednictwem dźwigni z rękojeścią, umieszczonej przy tylnym łożysku wrzecionowym. Przy przednim łożysku znajduje się odchylny zderzak z opornikiem nastawianym naprzeciwko otworu we wrzecionie; za pomocą tego opornika reguluje się wysuwanie materiału prętowego z wrzeciona. Przy obrabianiu półgotowych kształtowych przedmiotów na wrzecionie zamocowuje się specjalny uchwyt samocentrujący.

Suport rewolwerowy posiada bęben sześciokątny przystosowany do zamocowywania w nim narzędzi bądź w okrągłych gniazdach, bądź przyśrubowywanych do ścianek bębna. Do spodu sań suportowych przyśrubowana jest zębata, z którą jest we chwycie koło zębate, obracane przez ręczny krzyżak przy łożu. Oś tego krzyżaka jest osadzona w łożu, kierunek obrotu odpowiada kierunkowi przesuwu suportu.

Przy każdorazowym odciągnięciu wtył suportu bęben rewolwerowy obraca się samoczynnie na jedną podziałkę. Jednocześnie obraca się i poziomy bębenek ze zderzakami, ograniczającymi przesuw suportu: bębenek ten jest umieszczony z przodu suportu, jak o tem świadczy rys. 167. Zderzaki znajdujące się na bębnie działają na dźwignię zderzakową przy łożu obok krzyżaka ręcznego. Zapomocą rękojeści na tej dźwigni można obracać ręcznie bęben rewolwerowy; zderzaki na bębnie dokonywują tego samoczynnie. Urządzenie również samoczynne służy do zaciskania bębna narzędziowego na saniach po jego obróceniu się i zaryglowaniu. Rzemieślnikowi pozostaje tylko obracać tam i z powrotem krzyżak ręczny, a wszystkie inne czynności odbywają się najzupełniej samoczynnie.

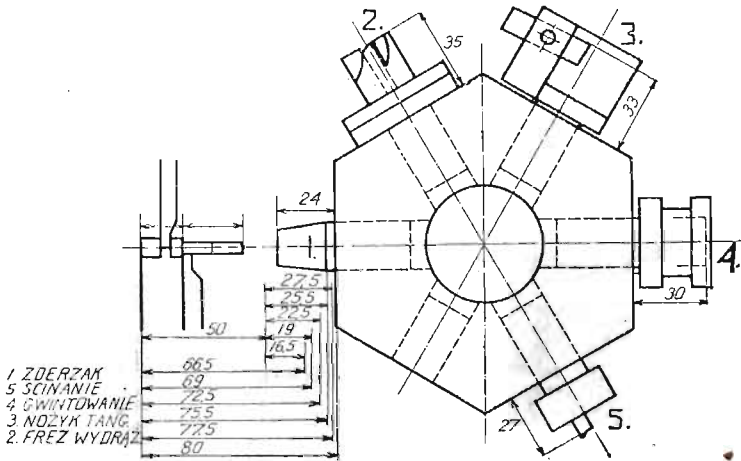
Boczne suporty do obrzynania ustawione są jeden naprzeciwko drugiego na wspólnych saneczkach. Suporty te otrzymują przesuw poprzeczny za pośrednictwem śruby pociągowej i kółka ręcznego, prócz tego sanki mogą się przesuwać wzdłuż łoża za pośrednictwem śruby pociągowej umieszczonej wewnątrz łoża. Podłużny przesuw sanek, jak również poprzeczny suportów, ograniczane są zapomocą zderzaków. Dość często śruby pociągowej w łożu i suportów bocznych używa się przy narzynaniu śrub o głębokim gwincie: skok tych śrub można wyznaczać zapomocą kół zmianowych na gitarze.

Rys. 168 przedstawia schemat obróbki śrubki na małej rewolwerówce zwykłej lub automatycznej; sama śrubka jest przedstawiona na rys. 169. W gniazdo 1 wstawiony jest zderzak ograniczający wysunięcie materiału prętowego z wrzeciona po otwarciu uchwytu zaciskowego. Storcową powierzchnia zderzaka musi się znajdować przytem w odległości  $17+25+0,5=42,5\text{ mm}$  od uchwytu zaciskowego, zaś bok bębna w odległości  $x=42,5+24=66,5\text{ mm}$  od tegoż uchwytu.

W gniazdo 2 wstawiony jest frez wydrążony, obrabiający sworzeń śruby. Oznaczając jak poprzednio przez  $x$  odległość boku bębna do uchwytu w chwili rozpoczynania pracy przez narzędzie, otrzymamy:  $x=42,5+35=77,5$ ; przesuw czynny suportu rewolwerowego wynosi przytem  $25\text{ mm}$ . Wygładzanie powierzchni sworznia śruby odbywa się zapomocą małego nożyka tangencyjnego osadzonego w oprawce 3. Odległość  $x$  równa się przytem  $42,5+33=75,5\text{ mm}$  zaś przesuw czynny  $25\text{ mm}$ . Do gwintowania służy głowa narzynkowa wstawiona w gniazdo 4, przyczem odległość  $x=42,5+30=72,5\text{ mm}$ , zaś przesuw suportu  $13\text{ mm}$ . Ostatnia operacja, dokonywana zapomocą suportu rewolwerowego, polega na profilowaniu i wygładzaniu storcowej powierzchni śruby zapomocą małego nożyka w gnieździe 5. Odległość  $x$  wynosi przytem  $42+27=69\text{ mm}$ . Wobec małej liczby operacji, gniazdo 6 pozostaje nieużytkowane.

Przedni boczny suport jest wyzyskany do podtoczenia na gładko powierzchni łba śruby, zaś tylny do oberznięcia gotowej śruby z pręta.

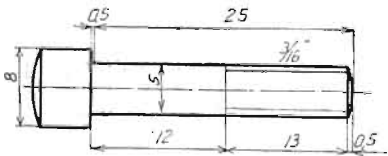
Jak już wspominaliśmy o tem poprzednio, istnieje wiele typów rewolwerówek nadających się do tych czy innych robót. Główne różnice polegają na konstrukcji suportu i bębna rewolwerowego, który bywa poziomy, pionowy, ukośny, jedno lub



Rys. 168.

dwupiętrowy. Jedne z rewolwerówek nadają się bardziej do obróbki zewnętrznej, a więc obtaczania śrub, wrzecion, rękojeści, zaś inne do obróbki wewnętrznej różnych pochw, tulejek, wentyli. Do obróbki nieco dłuższych wrzecion stosuje się suporty boczne z bębnem rewolwerowym, nie przeszkadzające podparciu obrabianego wrzeciona przez ostrze konika.

Narzędzia i przyrządy dodatkowe stosowane na rewolwerówkach są nader różnorodne i wiele z nich jest bardzo pomysłowych. Najważniejsze z nich omówimy w drugiej części naszej pracy, traktującej o obróbce części maszynowych.



Rys. 169.

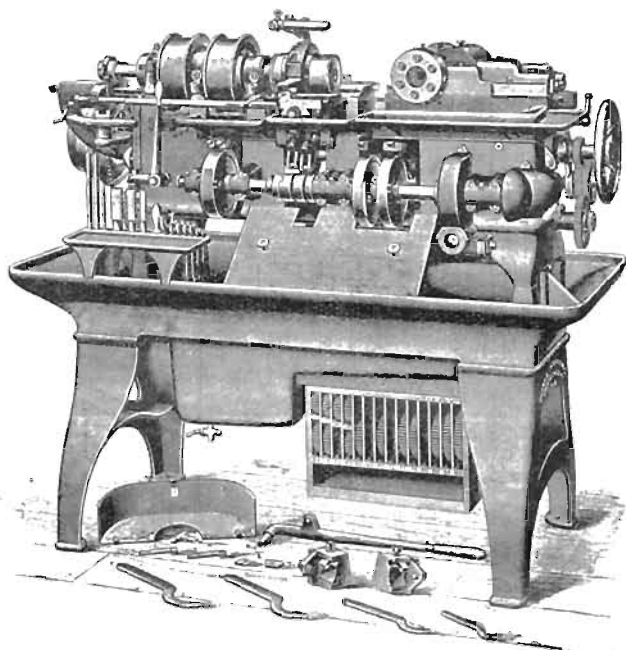
#### 47. Schemat automatu i zasady sporządzania tarcz szablonowych.

Tokarki automatyczne stanowią ostatni etap ewolucji tokarek rewolwerowych. W obrabiarkach tych wszystkie czynności zostały zmechanizowane, obsługa maszyny polega na zakładaniu w pewnych odstępach czasu długich prętów w wydrążone wrzeciono. Tokarki automatyczne, czyli automaty, cechuje wysoka wydajność, wynikająca ze zredukowania jałowych przesuwów przy zmianie narzędzi. Automaty nadają się do wytwarzania masowego drobnych części maszyn do pisania, rachowania, przyrządów mechanicznych i elektrotechnicznych. Zakres stosowania automatów stale się rozszerza.

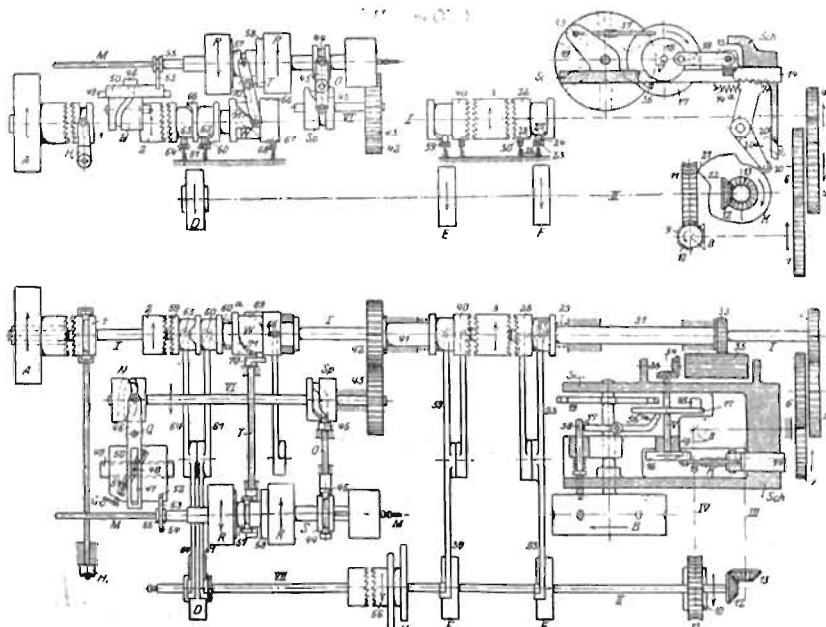
Rys. 171 przedstawia ogólny układ mechanizmów automatu amerykańskiej fabryki Brown i Sharpe w Providence, którego ogólny widok podany jest na rys. 170. Wrzeciono głowicy, wraz z materiałem surowym *M*, otrzymuje napęd za pośrednictwem jednego z kół pasowych *R*, obracających się w przeciwnych kierunkach. Mechanizm, kierujący dosuwaniem i odsuwaniem suportu rewolwerowego i sane-



czek poprzecznych, obracaniem bębna narzędziowego, posuwaniem materiału surowego, a nawet sprzęganiem wrzeciona z kołami pasowymi *R*, otrzymuje napęd



Rys. 170.



Rys. 171.

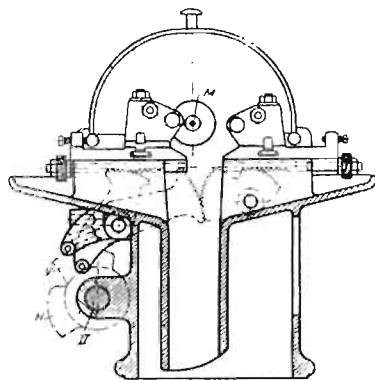
od koła *A*. Zmianę prędkości obrotowej wrzeciona daje stopniowe koło pasowe przystawki stropowej, której rysunek pomijamy w opisie (por. *Przegląd Techniczny*, 1911 r. str. 593).



Zapomocą dźwigni *H*, wałka z widełkami i sprzęgła kłowego jeden rzemieślnik włącza lub wyłącza maszynę w biegu. Koło pasowe *A* pędzi wówczas długi wałek *I*, idący wzdłuż łoża tokarki. Koła zmianowe *4, 5, 6, 7*, koła stożkowe *8, 9*, wałek *IV*, ślimak *10*, ślimacznica *11*, przenoszą ruch wałka *I* na wałek rozrządczy *II*, obracający się powoli zależnie od doboru kół na gitarze *4, 5, 6* i *7*.

Dosuwaniem sanek poprzecznych kierują (rys. 172) dwie tarcze szablonowe *V* i *H*, zaklinowane na wałku *II*. Mechanizm przesuwowy składa się z dźwigni zaopatrzonej w rolki, oraz z sektorów zębatych, będących w chwycie z zębatkami na sankach.

W podobny sposób przesuwany jest suport rewolwerowy *S* wraz ze znajdującym się na nim bębniem narzędziowym *B*. Tarcza szablonowa *K*, przedstawiona oddzielnie na rys. 173, otrzymuje ruch obrotowy od wałka *III* za pośrednictwem kół *12* i *13*, oraz wałka *III*. Podnosi ona dźwignię dwuramienną z rolką *20*, obracając sektor zębaty, działający na zębatkę *14*. Sprężyna *14a* stara się przytem odciągnąć suport do położenia skrajnego jak najdalej od wrzeciona.



Rys. 172.

W razie zacinania się narzędzia działanie sprężyny może być niewystarczające, nie można na niej wyłącznie polegać. Wobec tego, że obrót bębna narzędziowego musi następować po cofnięciu się suportu, cofanie to zabezpiecza specjalny mechanizm, służący zarazem do obracania bębna.

Wałek *II* posiada tarczę z kułakiem, podnoszącym w odpowiedniej chwili jeden z końców dwuramiennej dźwigni *23*. Drugie ramie dźwigni *23*, zaopatrzone w czopek *24*, wyswabadza równocześnie łącznik *27* sprzęgła kłowego, przesuwający się pod działaniem sprężyny *29*. Równocześnie wysuwa się z rowka rygiel *30*.

Pochwa *3*, zaklinowana na wałku *I*, wprawia w ruch obrotowy łącznik *26*, pochwę *31*, koła zębate *32, 33, 34, 35* oraz tarcze *16* i *17*. Tarcza *17* posiada z jednej strony czop *18*, wchodzący w wykroje tarczy *19*, zaklinowanej na wale bębna narzędziowego *B*, z drugiej zaś strony kiel *36*, działający na mechanizm ryglujący bęben w danym położeniu.

Aby zrozumieć ten dość skomplikowany mechanizm, należy zauważyć przede wszystkim, że łącznik *26* wyłącza się samoczynnie po dokonaniu jednego całkowitego obrotu. Tarcza *F* obraca się mianowicie o tyle, że dźwignia *23* może powrócić do położenia pierwotnego, będąc przytem naciskana przez sprężynę *25*. Kiel *27* na łączniku *26* opiera się o czop *24*, wywołując przesuwanie się łącznika, równocześnie rygiel *30* wpada w rowek *28*.

Przekładnie kół zębatych są tak dobrane, że obrotowi łącznika *26* odpowiada jeden obrót wałka *V*, oraz tarcz *16* i *17*. W tym czasie dokonywują się trzy ruchy. Pierwszy z nich polega na cofaniu się suportu. Czop tarczy *16* łączy się z zębatką *14* nie bezpośrednio, lecz zapomocą drążka *15*. Przy rozmaitych położeniach

tarczy 16 odległość wałka *V* do zębátky 14 zmienia się, wywołując cofanie się suportu. Drugi ruch polega na odryglowaniu bębna narzędziowego *B* zapomocą kła 36 i drążka 37, działającego na sworzeń 38. Sprężyna działająca na sworzeń rygluje bęben w nowem położeniu. Trzeci ruch polega na pokręceniu tarczy 19 na  $\frac{1}{6}$  część obrotu przez czop 18, wchodzący w wykrój tarczy 19.

Do podawania i chwytania materiału prętowego służy mechanizm, kierowany przez tarczę *E*, działającą analogicznie do tarczy *F*. Dźwignia 39 włącza na jeden obrót łącznik 40, a wraz z nim pochwę 41, koła 42 i 43, wałek *VI*, bębny *N* i *Sp*. W rowek bębna *N* wchodzi czop drążka 46, posiadającego punkt obrotu *Q*: obrót bębna *N* wywołuje ruch wahadłowy drążka 46 i kamienia, osadzonego w saneczkach 50 na prowadnicach 49. Saneczki 50 przesuwają za pośrednictwem kółka 53 przesuwak 55 wraz z materiałem *M*.

Regulowanie posuwu materiału odbywa się zapomocą korbki *G* i śruby 51 przez przesuwanie kamienia 48 i zmianę wychylenia jego wahnięć.

Bęben *Sp* działa za pośrednictwem czopa 45 i wałka *O* na mechanizm uchwytowo-zaciskowy, którego ustrój jest taki sam jak w zwykłych rewolwerówkach.

Podczas gwintowania wrzeciono musi się obracać w kierunku przeciwnym. Odpowiedni mechanizm powinien więc wyłączyć koło pasowe *R* i sprzęgnąć wrzeciono z drugim kołem *R*. Po dokonanej operacyi, czynności powtarzają się ale vice versa. Sprzęgło 56 łączy wałek *II* z wałkiem *VII* z tarczą *D*, zaopatrzoną w kły po obu stronach: prawej i lewej. Tarcza *D* ma za zadanie kierować przesuwaniem łącznika 57 sprzęgła ciernego, łączącego kolejno wrzeciono z jednym, bądź drugim kołem pasowem *R*.

W tym celu na wałku *I* znajduje się łącznik 59, dopychany stale do pochwy 2, zaklinowanej na wałku *I* przez sprężynę 60a. W położeniu, wskazanem na rysunku, przesuw łącznika uniemożliwia wszakże czopek 60, na końcu dźwigni 61, opierający się o kiel 62 łącznika.

W chwili gdy kiel tarczy *D* podniesie przeciwległy koniec dźwigni 61, przeszkoda, jaką tworzy czopek 60, zostanie usunięta, i łącznik 59 przesunie się ku pochwie 2, odryglowując równocześnie zapadkę 68, wchodzącą w rowek 67. Obrót bębna *W*, posiadającego kierownice 69 i 71, wywołuje obrót korbki 70, wałka *T* i widełek, obejmujących łącznik 57 sprzęgła ciernego: obrót ten daje w danym razie opieranie się czopka o kierownicę 69.

Bęben *W* wraz z łącznikiem 59 dokonywuje zaledwie pół obrotu, gdy wyłączy go czopek 63, natrafiający na kiel 65. Równocześnie zapadka 68 wpada w rowek 66 i rygluje całość. Stan ten trwa bez zmiany, dopóki kiel tarczy *D* nie wywobodzi łącznika 59, podnosząc tym razem dźwignię nie 61 lecz 61.

W okresie półobrotu bębna *W*, korbka 70, prowadzona przez kierownicę 71, przerzuca łącznik 57 w kierunku przeciwnym, wywołując zmianę obrotu wrzeciona. Zaraz potem czopek 60 wyłącza łącznik 59, a zapadka 68 rygluje całość: kierunek obrotu wrzeciona jest zawsze normalny.

Rys. 173 przedstawia tarczę szablonową do przesuwania suportu rewolwerowego przy obrabianiu śrubki przedstawionej na rys. 169. Z opisu maszyny wiemy, że po szablonie tym, oznaczonym literą *K* na rys. 171, toczy się mała rolka dźwigni zaklinowanej na wałku wspólnie z sektorem, będącym w chwycie z zębátką 14

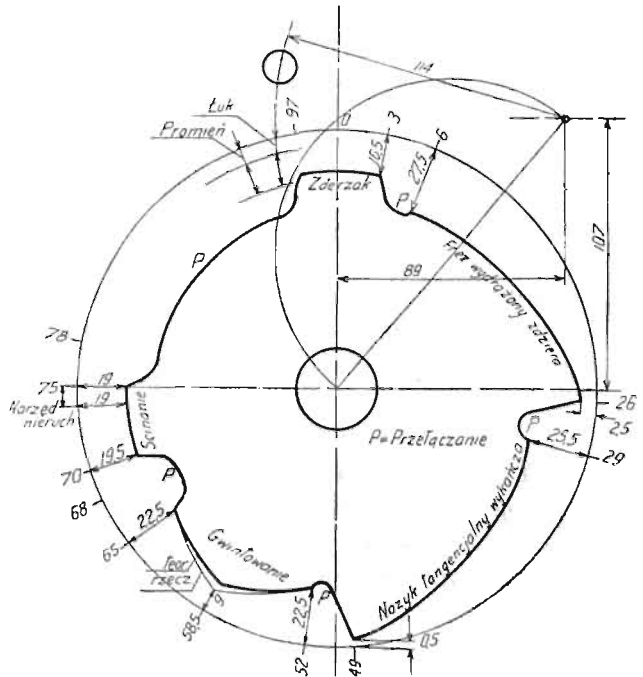
suportu rewolwerowego. Odpychaniu rolki przez tarczę odpowiada przesuwanie suportu ku uchwytowi na wrzecionie. O ile ramię dźwigni z rolką jest to samo, co i promień podziałowy sektora, przesuw rolki jest w przybliżeniu ten sam co i suportu. Różnica polega na tem, że rolka jest odpychana nie wzdłuż promienia tarczy, lecz po łuku koła.

Schemat obróbki bywa najczęściej ten sam, co i dla rewolwerówki (rys. 168). Obwód podziałowy, zaznaczony na rysunku tarczy cienkim kołem, odpowiada odległości 50 mm pomiędzy bokiem bębna rewolwerowego a uchwytem. Położenie zderzaka określa więc odcinek tarczy w odległości 16,5 mm od obwodu podziałowego. Przełączaniu bębna narzędziowego odpowiada wgłębienie  $P$ , podczas którego suport cofa się daleko wtył.

Gdy rolka dźwigni znajdzie się w odległości 27,5 mm od obwodu, rozpoczyna się zdzieranie sworznia śruby zapomocą wydrążonego freza, które trwa aż do chwili, gdy ta odległość wynosi 2,5 mm, poczem następuje nowe przełączanie bębna. Wykańczeniu sworznia zapomocą nożyka tangencyjnego odpowiada nowy odcinek tarczy szablonowej, przy czem skok czynny rolki, a więc i suportu, wynosi  $25,5 - 0,5 = 25$  mm. Po nowem przełączeniu, tarcza udziela przesuwu suportowi, przy czem głowa narzynkowa przesuw się powoli naprzód i wtył. Odcinek tarczy, odpowiadający wygładzaniu storca śruby, stanowi kawałek łuku koła tak, że rolka w tym okresie jest nieruchoma, podobnie jak i suport.

Następnie suport pozostaje przez dłuższy czas cofnięty daleko wtył, działają natomiast suporciki boczne, otrzymujące przesuwu za pośrednictwem tarcz szablonowych  $V$  i  $H$ . Obie operacje: podtaczania łba śrubki i obrzynania gotowej śrubki z pręta rozpoczynają się równocześnie. Podtoczenie kończy się wtedy, gdy śrubka jest jeszcze mocno złączona z prętem. Tarcze szablonowe do suporcików bocznych wykonywa się podobnie jak i do suportu głównego. Są one, rzecz oczywista, bez porównania prostsze.

Przed rozpoczęciem kreślenia tarczy oblicza się przedewszystkiem czas obrotu tarczy  $T$  w sekundach. Czas trwania różnych operacji, polegających na właściwej obróbce, można obliczyć bezpośrednio na podstawie liczby obrotów wrzeciona i wielkości posuwów. Czynności przełączania biegu wrzeciona, podsuwania pręta, pokręcania bębna rewolwerowego, zależą od obrotu wałka  $II$  i tarczy, wobec czego



Rys. 173.

wygodniej jest uzależniać je od kąta, na jaki obróci się tarcza szablonowa. Obwód podziałowy tej tarczy podzielony jest na 100 równych części. Każdemu poszczególnemu przełączaniu odpowiada obrót tarczy na jedną lub kilka podziałek. Sumując czas obróbki właściwej i czas użyty na przełączanie, otrzymamy równanie:

$$A + \frac{B \cdot T}{100} = T,$$

gdzie  $A$  oznacza czas obróbki w sekundach, zaś  $B$  sumę podziałek tarczy odpowiadającą przełączaniom. Równanie powyższe wyznacza wartość  $T$ . Układamy wówczas tabliczkę, w której każda operacja obróbki i przełączania są wyrażone w podziałkach tarczy. Sumując kolejno te podziałki, wyznaczymy punkty na obwodzie podziałowym, odpowiadające początkowi i końcowi każdego odcinka. Należy się przytem liczyć z pewnymi przesuwami martwymi, jak również z przyśpieszeniami mechanizmów automatu, dającymi powód do uderzeń i wstrząśnień. Przy wykreślaniu krzywych korzysta się zwykle z danych empirycznych, zawartych w dodatkowych szablonach. Zwłaszcza tyczy się to przełączania. Przy kreśleniu uwzględnia się również i to, że rolka odchyła się po łuku, a nie wzdłuż promienia.

Prócz opisanego istnieje wiele innych automatów, w których zamiast tarczy szablonowej stosuje się bęben z przyśrubowanymi doń kierownicami, przesuwającymi suport rewolwerowy i boczny. Istnieją również automaty wielowrzecionowe, w których narzędzia osadzone na bębnie rewolwerowym obrabiają kolejno pręty wysuwane z wrzecion. Narzędzia w tych warunkach nie odpoczywają tak, jak w automatach jednowrzecionowych, lecz pozostają stale w pracy, o ile nie brać w rachubę czasu używanego na przełączania, które, dodamy nawiasem, są w tych warunkach daleko bardziej skomplikowane.

#### **48. Niektóre ogólne zasady budowy obrabiarek; napęd elektryczny.**

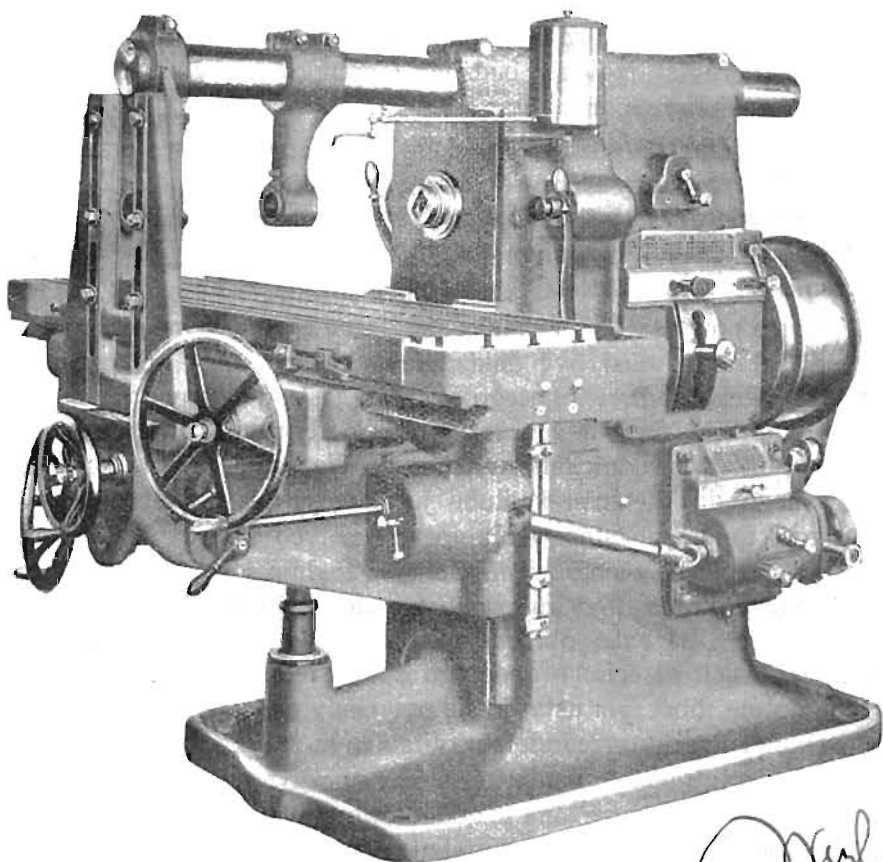
Wiele ogólnych zasad, jakimi kierować się należy przy budowie obrabiarek o dużej wydajności, zostało wyłożone poprzednio na podstawie odpowiednich przykładów, z których wynikało, że poza odpowiednim doбором prędkości i posuwów obrabiarki należy dbać o ześrodkowanie obsługi w miejscach najdogodniejszych dla robotnika, ułatwić przygotowanie robót zapomocą przesuwów szybkich mechanicznych i powolnych ręcznych. Zaznaczaliśmy, że nieraz jest rzeczą ważną unikać łączenia zapomocą śrub zespołów obrabiarki w rodzaju głowicy i łoża rewolwerówki, które powinny być odlewane w całości. Śruby łączące przy silnem wahanu się oporów skrawania sprężynują, wskutek czego zjawiają się pomiędzy zespołami luzy, zwiększające w wysokim stopniu drgania maszyny.

Ważnym czynnikiem dużej wydajności obrabiarki jest prawidłowe rozłożenie mas w obrabiarce, zapewniające jej należyta sztywność. Tyczy się to przede wszystkim obrabiarek szybkoobrotowych, skrawających grube wióry, przy których odłamaniu powstają silne drgania. Rzeczą ważną jest wybór odpowiednich materiałów do wykonania poszczególnych części obrabiarki. O ile koła zębate wykonać nie z żeliwa a ze stali kutej lub lanej, wszystkie skrzynki zmianowe wypadną znacznie mniejsze i można je łatwiej umieścić przy maszynie. Ważną rzeczą jest oliwienie maszyny. W skrzynkach zmianowych szczelnie zamkniętych smar wypełnia częściowo skrzynkę i dopływa wszędzie, gdzie tego zachodzi potrzeba. W maszynach bardziej skomplikowanych stosuje się centralne oliwienie, polegające na rozprowa-



dzaniu smaru do łożysk i prowadnic za pośrednictwem rurek knotowych, zbiegających się w jednym zbiorniku ze smarem. Przewidzieć należyte smarowanie wszystkich części obrabiarki, jest to zwiększyć jej trwałość i usunąć potrzebę częstego remontu.

Jak o tem mówiliśmy poprzednio, prędkość toczenia, wiercenia, frezowania i szlifowania jest większa przy skrawaniu na mokro, niż na sucho. To też w konstrukcji maszyny dobrze jest przewidywać odrazu umieszczenie odpowiednich ko-



Rys. 174.

ryt do zbierania płynu chłodzącego, oraz przewodów do skierowywania płynu na narzędzie (por. rys. 167).

Omawiane zasady konstrukcyjne są uwzględnione w budowie nowoczesnej frezarki poziomej, której kadłub stanowi naturalną skrzynkę zmianową do napędu głównego i posuwowego (rys. 174). Wewnątrz tego kadłuba umieszczona jest pompka, doprowadzająca smar do łożysk wrzeciona i wałków, do koła zębatego, sprzęgieł i innych mechanizmów, z których smar spada na dno i skąd pompka podnosi go znowu do góry. Umieszczenie wszystkich mechanizmów we wspólnym kadłubie, zbudowanym dostatecznie sztywnie, zmniejsza możliwość drgań maszyny przy ciężkiej pracy. Do mechanizmów niema dostępu kurz i pył, zaś obsługujący

frezarkę rzemieślnik nie jest narażony na wypadek wskutek nieosłonięcia przekładni zębatych i innych.

Pozioma frezarka, podobnie jak pozioma wiertarko-frezarka, lub karuzelówka rewolwerowa, oraz niektóre szlifierki, należy do obrabiarek o wysokim poziomie konstrukcyjnym. Nazwę swą zawdzięcza ona poziomemu wrzecionu, w którego gniazdo zakładać można trzpienie frezowe, podtrzymywane drugostronnie przez okular zakładany na wał wspornikowy, umieszczony nad wrzecionem i do niego równoległy. Trzpienie frezowe łączy się z wrzecionem bądź za pośrednictwem nakrętki z gwintem podwójnym różnicowym, odpowiadającym z jednej strony nacięciu wrzeciona, z drugiej trzpienia, bądź też zapomocą śruby przechodzącej na wylot przez wydrążenie wrzeciona.

Stół roboczy frezarki poziomej posiada zwykle następujące przesuw: pionowy za pośrednictwem śruby pionowej, przechodzącej przez nakrętkę w podstawie maszyny, następnie przesuw wzdłużny w płaszczyźnie poziomej wpoprzek do osi wrzeciona i poprzeczny w tej samej płaszczyźnie, lecz w kierunku równoległym do osi wrzeciona.

Na frezarce powyższej są wykonywane liczne i różnorodne roboty precyzyjne, wobec czego frezarka musi być dokładnie wykonana. Aby uniknąć zginania się wału wspornikowego podtrzymującego okulary, jest on sam podtrzymywany przez specjalne podpórki noszące miano nożyc. Niekiedy zamiast wału stosuje się lany żeliwny wspornik z prowadnicami do okularu. Wspornik taki w kształcie daszka przyśrubowanego do wierzchu kadłuba jest znacznie sztywniejszy od wału; przy tej konstrukcji unika się stosowania nożyc, których zaciskanie zapomocą śrub wywołuje zawsze pewne zwichrowanie wału. Przednia ściana kadłuba frezarki jest precyzyjnie oszabrowana: przyśrubowuje się do niej różne przyrządy dodatkowe, do podtrzymywania narzędzi obracających się wokół osi pionowej lub ukośnej i otrzymujących ruch wrzeciona roboczego za pośrednictwem różnych przekładni zębatych. Na stole roboczym ustawia się przyrządy podziałowe, nadające niekiedy złożone przesuw i ruchy przedmiotom obrabianym. Przyrządy podziałowe są obsługiwane ręcznie lub też otrzymują przesuw samoczynny za pośrednictwem jednego z wałków frezarki. Zaopatrzona w dodatkowe przyrządy frezarka pozioma nazywa się uniwersalną i zasługuje na to miano, dając możliwość wykonywania na niej wielu drobnych narzędzi, frezów, rozwiertaków, oraz złożonych części maszynowych jak kół zębatych czołowych, śrubowych i ślimakowych. Każdy nowoczesny warsztat mechaniczny posiada frezarkę uniwersalną, umożliwiającą wykonanie samodzielne na miejscu różnych robót specjalnych.

Bardzo poważny przewrót w konstrukcyi obrabiarek dał napęd elektryczny, głównie zastosowanie silników bocznikowych na prąd stały ze stopniowaniem w szerokich granicach liczby obrotów, co daje możliwość uproszczenia napędu obrabiarki. Do obrabiarek z ruchem nawrotnym nadają się znakomicie silniki nawrotne również prądu stałego, zmieniające kierunek obrotu. Wobec tego, że wszystkie większe fabryki rozporządzają obecnie z zasady prądem elektrycznym, napęd ten bardzo się rozpowszechnił. Przy większych obrabiarkach stosuje się napęd jednostkowy, t. j. każda maszyna posiada oddzielny silnik.

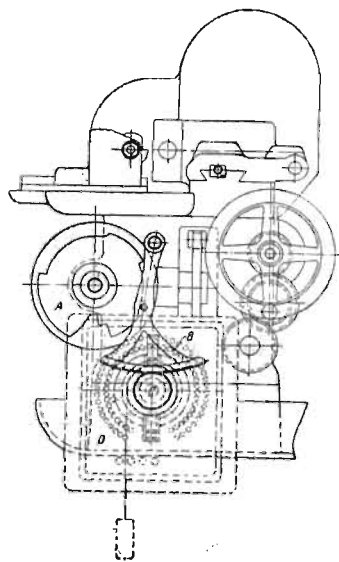


W tokarkach silniki elektryczne umieszcza się zwykle z tyłu łoża, lub na głowicy, o ile nie utrudnia to dostępu do łożysk wrzeciona i ważniejszych przekładni. Zamiast koła pasowego używa się przytem przekładni zębatej; wobec znacznych prędkości obwodowych najodpowiedniejsze są koła śrubowe, dające bieg równomierniejszy od czołowych. Przy silnikach jednostopniowych, ustawionych na podłodze z tyłu łoża, stosuje się napęd pasowy z naprężaczem, regulującym obciążenie mechanizmu głowicy, z czego korzysta się przy lżejszych robotach na tokarce, nie wymagających całkowitej mocy napędowej.

W wielkich, a zwłaszcza długich tokarkach silnik elektryczny jest bardzo dogodny, gdyż można nim kierować z odległości. Przy suporcie umieszcza się kółko ręczne ze skalą, wprawiające w ruch za pośrednictwem przekładni stożkowej i długiego wałka przy łożu, umieszczonego równoległe do śruby pociągowej, nastawnicę elektryczną silnika stopniowego ustawioną w pobliżu głowicy. Pokręcając kółko ręczne wprawo lub wlewo, rzemieślnik zmienia liczbę obrotów silnika, regulując w szerokich granicach prędkość skrawania. Przy silnikach nawrotnych można tym sposobem zmienić kierunek obrotu silnika. Do natychmiastowego włączania lub wyłączania silnika można zastosować przyciski pedałowe na podłodze.

Nawrotny i stopniowy silnik elektryczny znalazł zastosowanie w rewolwerówkach i automatach głównie dzięki zaletom regulowania prędkości. Zmianę prędkości obrotowej otrzymuje się tutaj zapomocą przełączania uzwojenia i wprowadzania oporów elektrycznych. Przełączanie jest łagodne bez najmniejszych szarpań, a zarazem bardzo szybkie, gdyż moment obrotowy silników prądu stałego nie zmienia się przy przełączaniu. Nie można tego powiedzieć o najlepiej nawet działających sprzęgłach ciernych i mechanizmach nawrotnych przełączających przekładnie zębate. W automatach nastawnicę elektryczną można uzależnić od szablonowej tarczy rozrządczej (rys. 175). Tarcza *A* działa mianowicie za pośrednictwem segmentu zębatego *B* na kółko zębate *C*, zaklinowane na wale nastawnicy *D*. Tego rodzaju przełączanie jest nader szybkie, a zarazem subtelne, umożliwia zwiększenie prędkości obrotowych i zmniejsza martwe ruchy automatu. Zwiększenie wydajności automatu sięga przytem kilkanaście i więcej procentów.

W wiertarkach jest rzeczą ważną unikać w napędzie zbytnich przekładni zębatych, zwłaszcza stożkowych, o małej liczbie zębów kół. Wierćło płaskie czy kręte skręca się podczas pracy na pewien stosunkowo znaczny kąt, przez co podlega z łatwością drganiom, którym sprzyja nierównomierność biegu przekładni, wynikająca z niedokładności obróbki, które są większe przy kołach stożkowych, niż przy czołowych, zaś mniejsze przy kołach o dużej liczbie zębów, niż o małej. Przy czułych lekkich wiertarkach, jakie stosuje się do wiercenia otworów o średnicy nie przewyższającej 20 mm, silnik elektryczny

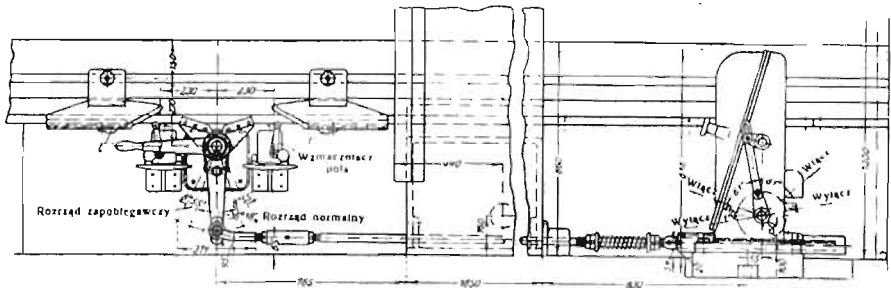


Rys. 175.

obraca się mniej więcej z tą samą prędkością, co i wrzeciono. Do zmiany liczby obrotów można użyć w tym razie stopniowych kółek pasowych z naprężeniem pasa, umożliwiającem jego szybkie przełączanie. W większych wiertarkach zastosowanie silnika stopniowego daje możliwość zmniejszenia liczby przekładni zębatych. W poziomych wiertarko-frezarkach, w wiertarkach ramiennych ściennych i kolumnowych, umieszcza się stopniowy silnik elektryczny dość często na suporcie, przez co unika się wielu złożonych przekładni. W wiertarkach ramiennych kolumnowych, podobnie jak i w ściennych używa się często z powodzeniem silnika elektrycznego z wałem pionowym. Unika się przez to przekładni stożkowych, a i przekładni czołowych jest przytem bardzo niewiele.

We frezarkach narzędzie podlega łatwo drganiom z innych powodów, jednak i w tym wypadku zmniejszenie liczby przekładni zębatych wpływa dodatnio na pracę narzędzia. Do szlifierek, jako obrabiarek szybkoobrotowych, napęd elektryczny nadaje się doskonale.

Wielkie zalety praktyczne posiada zastosowanie silników stopniowych i nawrotnych do napędu dużych strugarek i dłutownic. Można przytem uniknąć w konstrukcyi napędu stołu roboczego strugarki lub suportu dłutownicy z przesuwem



Rys. 176.

śrubowym, skrzynek zmianowych i nawrotu mechanicznego, niesprawnie działających ze względu na moc tych maszyn i siły bezwładności występujące przy przełączaniu biegów. Za napędem od nawrotnego silnika stopniowego przemawia możliwość dostosowania się do żądanej prędkości skrawania, którą można regulować w stosunku 1 : 2, 1 : 3 a nawet 1 : 4, oraz możliwość natychmiastowej zmiany prędkości podczas biegu roboczego, gdy tylko rzemieślnik zauważy np., że skrawanie odbywa się za prędko, lub gdy naodwrot puste miejsca i wynikające stąd przerwy w skrawaniu umożliwiają chwilowe zwiększenie prędkości przesuwania się stołu. Zaletę przedstawia również wyzyskanie rozpędu stołu przy przełączaniu silnika na bieg powrotny. Jak wiadomo silnik stopniowy, przełączony na swój bieg najwolniejszy pracuje czas jakiś jako prądnicą, wysyłając prąd do sieci. Oszczędność zużycia prądu jest przytem dość poważna, zwłaszcza o ile przyjąć na uwagę, że przy napędzie pasowym energia rozpędu stołu wywołuje skutek szkodliwy, niszcząc pasy przez ślizganie się o koła. Przy zwalnianiu biegu stołu moment obrotowy silnika nie zmienia się, pomimo że przełączanie odbywa się szybko. Zwalnianie biegu w czasie przełączania na bieg powrotny stołu przy zachowaniu całkowitej siły skrawania wpływa dodatnio na stan noży strugarskich, które są dość często uszkodza-

ne przez raptowne odłamywanie się wiórów przy końcu biegu roboczego. To samo można powiedzieć i o wrzynaniu się noża w materiał przy rozpoczynaniu skrawania. Rozrząd elektryczny daje możliwość zwalniania biegu przy rozpoczynaniu skrawania, czego nie można powiedzieć o napędzie pasowym, zwłaszcza wobec tego, że nastawianie nożów na posuw wymaga nieraz dość znacznego przesuwu martwego przed rozpoczęciem biegu roboczego tak, że stół ma czas nabyć odpowiedni rozpęd.

Rys. 176 przedstawia rozrząd silnika nawrotnego przy strugarce za pośrednictwem nastawnicy, odznaczający się wyjątkową prostotą i precyzyą działania, którą możnaby porównać z rozrządem maszyn parowych. Dźwignia zderzakowa z rękojeścią do przełączania ręcznego jest połączona za pośrednictwem drążka z nastawnicą elektryczną, której wałek kontaktowy porusza ona zapomocą zębatego i kółka zębatego. Rozrząd jest najzupełniej symetryczny na obie strony. Na prawo i na lewo od dźwigni zderzakowej umieszczone są wzmacniacze pola magnetycznego, mające za zadanie hamować silnik i wprowadzane w tym celu w ruch przez zderzaki ruchome, przymocowane do stołu strugarki. Odchylenie dźwigni zderzakowej odbywa się najpierw powoli, następnie prędko, dzięki odpowiedniemu kształtowi ruchomych zderzaków. Gdyby w razie jakiegokolwiek powodu dźwignia zderzakowa odchyliła się o kąt większy od normalnego, zapasowy kontakt w nastawnicy elektrycznej wywołałby samoczynne zatrzymanie się silnika.

Cały ten mechanizm zajmuje bardzo mało miejsca, ześrodkowując doskonale całą obsługę.

Podobne urządzenie można zastosować w dłutownicach większych rozmiarów, posiadających przesuw zapomocą śruby pociągowej. Różnica polega na tem, że zderzaki ruchome nie są przymocowane do suportu dłutownicy, odbywającego ruch pionowy, lecz do specjalnej tarczy, otrzymującej obrót od odgałęzienia głównego napędu. Zasada rozrządu pozostaje jednak ta sama, co i poprzednio: zderzaki ruchome odbywają jedynie ruch wahadłowy, a nie prostoliniowy tam i z powrotem, jak przy strugarkach poziomych.

## Ć w i c z e n i a.

**Przykład 1.** Obliczyć czas wykonania śrubki, przedstawionej na rys. 169, w przypuszczeniu, że przełączenie bębna narzędziowego wymaga obrotu całkowitego wałka I, robiącego 120 obr./min., i że prócz tego konieczny jest pewien naddatek na przełączanie, odpowiadający jednej podziałce tarczy rozrządowej. Liczba obrotów wrzeciona zmienia się w szerokich granicach aż do 2000 obr./min. Stosunek przekładni ślimakowej 10-11 (rys 170) wynosi 1 : 60. Wyznaczyć koła zmianowe na gitarze 4, 5, 6 i 7.

**Rozwiązanie.** Przesuw materiału wymaga jednego obrotu wałka I, czyli  $60 : 120 = 0,5$  sek. Przyjmijmy jednakową prędkość skrawania zgruba i na czysto, a mianowicie 20 m/min. Nie jest to wiele wobec małego posuwu, wynoszącego 0,3 mm. Wrzeciono robi  $20000 : 8\pi = 810$  obr./min. = 13 obr./sek. Przy posuwie 0,3 mm liczba obrotów wrzeciona podczas zdzierania wyniesie  $25 : 0,3 = 84$ , tyleż podczas wykańczania. Na długości 13 mm posiadamy przy 50 zwojach na 1", około 26,5 zwojów. Wrzeciono podczas nacinania gwintu i przy ruchu powrotnym musi wykonać  $26,5 \cdot 2 = 53$  obr. Przy obrzynaniu użyjemy ze względu na uginanie się wałka bardzo małego posuwu, wynoszącego nieco mniej niż 0,04 mm. Droga, jaką musi przytem przebyć nóż, powinna wynosić  $4 + 0,5 \text{ mm} = 4,5 \text{ mm}$ . Liczba obrotów wrzeciona wyniesie więc  $4,5 : 0,04 =$  około 120. Operacja podtaczania łba śruby jest włączona w obrzynanie. Na mocy tych roz-

ważną można ułożyć następującą przybliżoną tabliczkę czasu wykonania śrubki (w nawiasach podany jest czas wykonania operacji odbywających się równocześnie z innymi):

	Sekund
1. Przesuw materiału . . . . .	0,5
Przełączanie . . . . .	0,5+0,01 T
2. Frez wydrążony zdziera . . . . .	84 : 13
Przełączanie . . . . .	0,5+0,01 T
3. Nożyk tang. wykańcza . . . . .	84 : 13
Przełączanie . . . . .	0,5+0,01 T
4. Gwintowanie . . . . .	53 : 13
Przełączanie . . . . .	(0,5+0,01 T)
5. Obrzynywanie . . . . .	120 : 13
Podtaczanie łba . . . . .	(40 : 13)
Ścinanie storca . . . . .	(20 : 13)
Przełączanie . . . . .	(0,5+0,01 T)
Odsunięcie wtył suportu . . . . .	0,5+0,01 T

Jak widzimy z tabliczki, wiele operacji pokrywa się wzajemnie tak, że po zsumowaniu otrzymamy:

$$(168+53+120) : 13+2,5+0,05 T=T,$$

skąd

$$T=30,2 \text{ sek.}$$

Wałek I robi 120 obr./min., zaś przekładnia ślimakowa posiada stosunek 1 : 60. Koła zmianowe na gitarze dobiera się według wzoru:  $\frac{Z_4}{Z_5} \cdot \frac{Z_6}{Z_7} = \frac{30}{T}$ . Przyjmując  $T=32$ , otrzymamy:

$$Z_4 = 30; Z_5 = 32; Z_6 = Z_7 = 40.$$

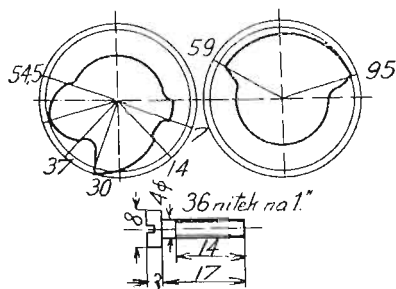
Po ostatecznym wyznaczeniu czasu obrotu tarczy  $T$ , możemy wyznaczyć punkty początkowe odcinków poszczególnych. Tabliczka poniższa zestawia otrzymane wyniki:

	Obrotów wrzecziona	Podziałek tarczy 1 : 100	Podziałka odpowiadająca początkowi odcinka
1. Przesuw materiału prętowego . . . . .	7	3	3
Przełączanie . . . . .	—	3	6
2. Zdzieranie . . . . .	84	20	26
Przełączanie . . . . .	—	3	29
3. Wykańczanie . . . . .	84	20	49
Przełączanie . . . . .	—	3	52
4. Gwintowanie . . . . .	53	13	65
Martwy ruch (spec. przełączanie konieczne wobec rozpoczynania pracy przez suporty boczne)	—	3	68
5. Obrzynywanie . . . . .	120	29	97
(Podtaczanie łba) . . . . .	(40)	(10)	(78)
(Przełączanie) . . . . .	—	(3)	—
(Obróbka storca) . . . . .	(20)	(5)	—
Przełączanie . . . . .	—	(3)	—
Odsunięcie wtył suportu . . . . .	—	3	100

Tabliczka powyższa w związku z podanym poprzednio schematem obróbki (rys. 169) pozwoli czytelnikowi zapoznać się z każdym szczegółem wykonania tarczy rozrządzej, przedstawionej na rys. 173.

Przykład 2. Na tym samym automacie ma być obrobiona mała śrubka mosiężna według załączonego szkicu (rys. 177). Obliczyć czas wykonania  $T$  śrubki.

Rozwiązanie. Zastosujmy przy obróbce tej śrubki liczbę obrotów wrzeciona wynoszącą 1748 obr./min., co odpowiada prędkości toczenia  $v = \pi d n = 0,008 \cdot 3,14 \cdot 1748 = 44 \text{ m/min}$ . Posuw przyjmiemy: przy toczeniu 0,45 mm (mosiądz nie wymaga zdzierania), zaś przy obcinaniu 0,05 mm. Daje nam to możliwość obliczyć czas trwania operacji poszczególnych:



Rys. 177.

	Obrotów wrzeciona	Czas wykonania
Przesuw materiału . . . . .	—	0,5+0,01 $T$
Przełączanie . . . . .	—	0,5+0,01 $T$
Zdzieranie . . . . .	17 : 0,45 = 38	38 · 60 : 17,48 = 1,3
Przełączanie . . . . .	—	0,5+0,01 $T$
Gwintowanie . . . . .	36 · 14,5 : 25,4 = 20,5	41 · 60 : 17,48 = 1,4
Martwy czas na przełączanie . . . . .	20,5 · 2 = 41	—
Obrzynywanie . . . . .	4,2 : 0,05 = 84	84 · 60 : 17,48 = 2,9
Suport boczny wtył . . . . .	—	—
Zderzak naprzód . . . . .	—	0,5+0,01 $T$
	Ogółem	$T$

skąd  $T = 5,6 + 2 + 0,04 T$ , czyli  $T = 7,9$  sek.

Zaokrąglamy tę wartość do 8 sek. i opracowujemy poprawioną tabliczkę, wyznaczając punkty początkowe i końcowe odcinków tarczy rozrządczej:

	Podziałek		Obr.	Sek.
1. Materiał . . . . .	7	7	16,3	0,56
Przełączanie . . . . .	7	14	16,3	0,56
2. Toczenie . . . . .	16	30	37,0	1,27
Przełączanie . . . . .	7	37	16,3	0,56
3. Gwintowanie . . . . .	17,5	54,5	40,8	1,40
Martwy ruch . . . . .	4,5	59	10,3	0,35
4. Obrzynywanie . . . . .	36	95	84,5	2,90
Boczny suporcik . . . . .	5	100	11,7	0,40
	100	—	233,0	8,00

Rys. 177 przedstawia obie tarcze rozrządcze do suportu rewolwerowego i bocznego, narysowane na podstawie tych obliczeń.





## Wskazówki bibliograficzne.

Do rozdziału I. Czytelnika, pragnącego zapoznać się bliżej z przecinaniem i przebijaniem metali, odsyłamy do pracy:

C. Codron. *Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux*. Zeszyt 1. Paryż. 1902. Wyd. Dunod. 267 str. z 585 rys.

W źródłowej tej pracy podany jest opis licznych i wszechstronnych doświadczeń nad przecinaniem ołowiu, miedzi, żelaza i stali zapomocą dłut, krążków rzeźowych i nożyc, oraz nad przebijaniem tych metali. Zjawiska zachodzące podczas obróbki są rozpatrywane szczegółowo, wpływ kształtu narzędzia na przebieg zjawiska stanowi jeden z głównych punktów badania. Uzupełnieniem tej pracy są wydane poprzednio przez tegoż autora „Procédés de forage dans l'industrie”.

Prace o zachowaniu się metali i ciał, o budowie krystalicznej poza granicą sprężystości są względnie nieliczne i rozproszone po czasopiśmie technicznych. Nieco danych można znaleźć w pracy: Robert Böker. *Die Mechanik der bleibenden Formänderungen in kristallinisch aufgebauten Körpern*. Zeszyt 175 i 176 wyd. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Berlin 1915. str. 51.

Autor w pierwszej części podaje opis doświadczeń mających na celu wykrycie przyczyn powstawania pęknięć przy odkształceniach trwałych. Ciałami, poddawanymi odkształceniom złożonym, były marmur i cynk. Doświadczenia powyższe są dalszym ciągiem znanych prac prof. Kármána, wykonanych podobnie jak i doświadczenia Bökera w Instytucie Mechaniki Praktycznej w Getyndze. W drugiej części przeprowadzony jest rozbiór fizyczny zjawisk pęknięcia ciał o budowie krystalicznej. Na końcu broszury podane są odnośne wskazówki bibliograficzne.

Do rozdziału II. Na przeczytanie zasługuje przedewszystkiem praca:

Frederic Winslow Taylor. *On the art of cutting metals*. Second Edition. Nowy Jork 1906. Wyd. Amer. Stow. Inż. Mech. 6"×9". Str. 248. Istnieje przekład niemiecki tej pracy prof. A. Wallichsa: *Ueber Dreharbeit und Werkzeugstähle*. Berlin 1913. Drugie wydanie. Wyd. J. Springer.

Praca Taylora zapoznaje szczegółowo z metodami badań nad oporem i prędkością skrawania. Autor wyprowadza wnioski z doświadczeń i daje bardzo dużo wskazówek praktycznych. O bogactwie materiału zawartego w tej książce daje pojęcie spis poszczególnych rozdziałów: Wstęp. Charakterystyka doświadczeń. Prawa skomplikowane i ich praktyczne stosowanie. Praca noży tokarskich i ich zużycie. Metody doświadczalne. Noże tokarskie z zaokrąglonym profilem krawędzi. Kąty szlifowania noży tokarskich. Kucie i szlifowanie noży. Opór skrawania. Chłodzenie noży tokarskich. Drganie noży. Trwałość noża. Wpływ posuwu i głębokości skrawania na praktyczne prędkości toczenia. Stal narzędziowa i jej traktowanie. Skład chemiczny stali narzędziowej. Teoria hartowania stali narzędziowej. Własności fizyczne materiału obrabianego. Kształt krawędzi tnącej. Suwaki rachunkowe.

O wytaczaniu traktuje praca:

C. Codron. *L'alésage. Expériences sur...* Zeszyt 3. Paryż 1910. Jest w niej zawarty opis doświadczeń nad rozwiercaniem zapomocą rozwiertaków i innych narzędzi specjalnych.

O narzędziach tokarskich i innych informuje praca:

Augustyn Kozłowski. *Podręcznik dla tokarzy*. Biblioteka Techniczno-Przemysłowa. Tom IV. Str. 329-III. Warszawa. 1916. Wyd. *Przeglądu Technicznego*.



Do rozdziału III. Wobec podania przez nas charakterystyki doświadczeń Codrona i Smitha wyszczególniamy tu jedynie tytuły prac tych autorów:

*C. Codron. Forage. Expériences sur...* Zeszyt 2. Dunod i Pinat. Paryż 1906 Str. 551 z 1027 rys.

*Dempster Smith i R. Poliakov. Experiments upon the Forces acting on Twist-Drills when operating on Cast-Iron and Steel.* Proceedings of the Institution of Mech. Engineers. Marzec 1909 albo streszczenie niemieckie w czas. *Werkstatts-Technik* 1911. Luty, marzec 1911.

O szlifowaniu wiertel krętych patrz:

*A. Wallichs i C. Barth. Ueber Spiralbohrerschleifmaschinen.* Werk. Techn. 1911.  
*Sommerfeld. Ueber den Hinterschliff von Spiralbohrern.* Forschungsarbeiten auf... Zeszyt 161. Berlin. Wyd. J. Springer.

Do rozdziału IV. Doświadczenia de Leeuw'a są ogłoszone w pracy:

*Milling Cutters and their Efficiency.* Wyd. Amer. Stow. Inż. Mech. № 1313.

Do rozdziału V. Doświadczenia prof. Jerzego Schlesingera są opisane w jego pracy:

*Versuche über die Leistung von Schmirgel und Karborundumscheiben bei Wasser-zuführung.* Forschungsarbeiten... Zeszyt 43.

Uzupełnieniem tej pracy są badania Pockrandta: *Versuche zur Ermittlung der günstigsten Arbeitsweise der Rundschleifmaschine.* Forschungsarb. Zeszyt 105.

Do rozdziału VI. Radzimy przestudyować przedewszystkiem pracę inż. *Jana Piotrowskiego: Metody obliczania czasu roboczego na obrabiarkach.* Warszawa 1914. Wyd. Koła Mechaników przy Stow. Techn. w Warszawie. W broszurze tej przeprowadzony został krytyczny pogląd na charakterystyki techniczne obrabiarek i rozwinięte zostały metody obliczania czasu obróbki na maszynach.

Dane doświadczałne o napędzie zwykłej tokarki daje praca:

*G. Schlesinger. Untersuchung einer Drehbank mit Riemenantrieb.* Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin (Charlottenburg). Zeszyt 1. J. Springer 1912.

Do rozdziału VII i nast. O konstrukcyi obrabiarek posiadamy sporo książek, traktujących ten przedmiot jednak wyłącznie opisowo. Uwzględnione w nich konstrukcye są częstokroć przestarzałe, prawie wszystkie opisy grzeszą brakiem krytycyzmu. Daleko więcej rzeczowego materiału znaleźć można w czasopismach, poświęconych specjalnie technice warsztatowej, głównie w czasopiśmie niemieckiem *Werkstatts Technik*, jak również w amerykańskim *Machinery*, a poniekąd i w *American Machinist*. W ogólnie technicznych czasopismach można znaleźć również cenne materiały o konstrukcyi obrabiarek, a więc w czasopiśmie angielskiem *Engineering*, w niemieckiem *Zeitschrift des Vereines der Deutschen Ingenieure* i we francuzkiem *Revue Mécanique*. W ostatnich czasach sporo miejsca sprawom techniki warsztatowej poświęca warszawski *Przegląd Techniczny*. Dużo materiału można znaleźć w katalogach i broszurach informacyjnych wytwórców obrabiarek. Przy sposobności zaznaczymy, że wskazując ważniejsze znane nam źródła o konstrukcyi obrabiarek, zastrzegamy się przeciwko stwarzaniu złudzeń, że w literaturze książkowej czy peryodycznej można znaleźć materiały wystarczające do podjęcia zadania budowy obrabiarek. Projektowanie nowych obrabiarek wymaga gruntownego przygotowania praktycznego oraz specjalnych zamiłowań i zdolności zawodowych. Wyrobić sobie zdolności konstrukcyjne można tylko na drodze ćwiczeń praktycznych, a nie wyłącznie za pośrednictwem książek. Jako przygotowanie do pracy konstruktorskiej w dziedzinie obrabiarek należy uważać przedewszystkiem zdobycie wszechstronnej, praktycznej znajomości robót warsztatowych.

Z książek i podręczników specjalnie traktujących o obrabiarkach wymienimy:

*G. Richard. Traité des machines-outils.* Paryż 1895. 2 wielkie tomy in 4<sup>o</sup>. Rzecz dziś już przestarzała, zawiera jednak opis niektórych mechanizmów stosowanych w obrabiarkach, których nie można znaleźć w dziełach traktujących ogólnie o mechanizmach, do których radzimy czytelnikowi zwracać się przedewszystkiem.

*Herrmann Fischer. Die Werkzeugmaschinen.* Berlin 1905. Wyd. J. Springer Str. 822 z 1545 rys. Pierwszy tom zawiera opisy konstrukcyi maszyn, drugi 50 wielkich tablic obrabiarek. Rzecz równie przestarzała, jak i omawiana poprzednio.

*Jules Merlot. Les machines-outils.* Paryż-Leodyum. Wyd. Beranger. Autor dość krytycznie rozpatruje konstrukcje różnych obrabiarek i omawia z dużą znajomością rzeczy ważniejsze roboty warsztatowe. Wykład opisowy bez uwzględnienia obliczeń opartych na doświadczeniach.

*Fr. Hülle. Die Werkzeugmaschinen.* Wydanie drugie. Berlin 1908. J. Springer. Str. 410 z 590 rys. Rzecz nowsza i mniej rozwlekła od Fischera i Richarda, zawierająca dobrze wykonane rysunki obrabiarek.

*Fr. Ruppert. Aufgaben und Fortschritte des deutschen Werkzeugmaschinenbaues.* Berlin 1907. Wyd. J. Springer. Str. 344 z 398 rys. Książka napisana przez wytrawnego konstruktora, nie uwzględnia jednak ostatnich postępów w budowie po r. 1907.

*Ernst Pregel. Werkzeuge und Werkzeugmaschinen.* Drugie wydanie. Lipsk 1913. Wyd. Max Jaenecke. Str. 309 z 487 rys. Książka uwzględnia szerzej od innych narzędzia i samą obróbkę na maszynach. Traktowana jest czysto opisowo.

*C. H. Benjamin. Modern American Machine Tools.* Londyn 1906. Wyd. Archibald Constable Comp. Str. 319 ze 134 rys.

Powierzchnowy katalogowy opis różnych obrabiarek.

Z dzieł traktujących specjalnie o obrabiarkach jednego typu wymienimy:

*John Nicolson i Dempster Smith. Lathe Design.* Londyn 1911. Str. 402 z 255 rys.

Konstrukcja tokarek ogólnego typu jest traktowana w tej pracy bardzo sumiennie. Dużo miejsca poświęcono teorii części maszyn stosowanych w obrabiarkach, podane jest wiele schematów i obliczeń wzorowych. Autorzy polegają w znacznym stopniu na empirii konstrukcyjnej. Z dziełem tem radzimy zapoznać się czytelnikowi.

*H. Kienzle. Arbeitsweise der selbstständigen Drehbänke.* Kritik und Versuche. 1913. Berlin. J. Springer. Poleca się przeczytać każdemu, kto interesuje się automatami rewolwerowemi.

*Goodrich and Stanley. Automatic Screw Machines and their Tools.* Nowy Jork 1910. Wyd. Mc. Graw-Hill Comp. Opis powierzchnowy katalogowy automatów amerykańskich.

*E. Jurthe i O. Mietschke. Handbuch der Fräseerei.* Wydanie trzecie. Berlin 1912. J. Springer. Książka dość powierzchnowa i rozwlekła, zato jedyna większa praca w tym zakresie.

*Darbyshire-Kronfeld. Die Schleifmaschine in der Metallbearbeitung.* Przekład niemiecki pracy H. Darbyshire'a *Precision Grinding.* Berlin 1908, str. 124 z 77 rys. Wyd. J. Springer. Treściwa popularna broszura o szlifowaniu i szlifierkach.

*Fred. Colvin i Frank Stanley. American Machinist Grinding Book. Modern Machines and Appliances. Methods and Results.* Nowy Jork. 1912. Wyd. Mc. Graw-Hill Comp. Str. 383 z 286 rys.

Książka utrzymana w stylu praktycznych wydawnictw amerykańskich daje wiele materiału opisowego, zawiera jednak podobnie jak i inne wydawnictwa tej znanej firmy wydawniczej dużo niedokładności, materiału niepewnego i mało wartościowego obok pewnych cennych wskazówek.

*Ralph Flanders. Gear Cutting Machinery.* Nowy Jork 1909. Wyd. John Wiley. Str. 319 z 219 rys.

Dość powierzchnowy opis różnych narzędzi i obrabiarek do kół zębatych.



## Skorowidz alfabetyczny.

**Automat** Brown Sharpea 145.

**Belka** suportowa 73.

**Bęben** rewolwerowy 144.

**Bocian** (nóż) 17.

**Boczny kąt** szlifowania 14.

**Centrowanie** tarczy szlifierskiej 58.

**Chłodzenie** frezów 52.

„ noży 25.

**Dłuto**, przecinanie zapomocą... 2.

**Dłutownica** 115, 119.

**Doświadczenia** Codrona 2, 34.

„ De Leeuw'a 51.

„ Grueblera 61.

„ Herminghausena 67.

„ Nicolsona 8.

„ Rippera 21.

„ Schlesingera 60.

„ Smitha 34.

„ Taylora 20, 23.

**Drganie** przy skrawaniu 9.

**Dźwignia** zatraskowa 118.

**Frezarka** pozioma 81, 151.

„ podłużna 111.

„ uniwersalna 152.

**Frezowanie** obwodowe 50.

**Frez** z zębami śrubowymi 47.

„ trzpienlowy 48.

„ ślimakowy 50.

„ kształtowy 45.

„ krążkowy 53.

„ stożkowy 54.

**Gitara** 105, 121.

**Głębokość** skrawania 16.

**Głowy** wiertnicze 33.

„ frezowe 48.

**Głowica** tokarki 70, 95, 98, 124.

**Grzechotka** 107.

**Gwintowania** prędkość 24.

**Imak** nożowy 70.

**Jarzmo** obrotowe 115.

„ wahadłowe 113.

**Karuzelówka** 79, 140.

„ Bullarda 140.

**Kąty** noża tokarskiego 14.

**Koła** zębate przesuwane 100.

„ „ z klinem ruchomym 103.

„ „ odchyłne 105.

**Konik** 70, 106, 127.

**Krawędź** tnąca 14.

**Lewotnący** frez 48.

**Lewy** nóż tokarski 17.

**Łoże** dostawne 106.

**Łożyska** obrabiarek 86.

**Łyżeczkowaty** zdzierak 17.

**Mechanizm** posuwowy wiertarki 87.

**Mimośrodowość** zataczania zębów  
freza 55.

**Moc** rzeczywista obrabiarki 69.

„ napędowa „ 69.

**Nakrętki** okrągłe 85.

**Nakrętka** pociągowa 71, 90, 122.

- Napęd elektryczny 153.  
„ dłutownicy 116.  
„ strugarki 110.  
Nawrotny mechanizm 109, 117.  
Nastawnica elektryczna (rozzząd) 154.  
Nortona skrzynka 105, 121.  
Norma zużycia noża 21.  
Nożyce 4.  
„ (podtrzymka frezarki) 152.  
**Obszar prędkości i posuwów** 69.  
Odsadzenie pięty noża 14.  
Okular 106, 127.  
Opór przecinania 5.  
„ skrawania 10.  
„ toczenia 20.  
„ wiercenia 37.  
„ frezowania 51.  
„ szlifowania 63.  
Oprawki do noży 20.  
Ostrze ruchome i nieruchome 70.  
  
**Pazury (nakładki)** 19.  
Perkusyjne skrawanie 66.  
Płytki wiórowe 8.  
Podziałka freza 44.  
Podtrzymki wytaczarkowe 130.  
Posuw wzdłużny 13.  
„ poprzeczny 13.  
Praca skrawania 12.  
„ frezowania 51.  
Prawy nóż tokarski 17.  
Prawotnący frez 48.  
Praktyczna prędkość toczenia 23.  
Prędkość skrawania 11.  
„ toczenia 21.  
„ wiercenia 40.  
„ frezowania 51.  
„ szlifowania 61.  
Profilowanie obwiedniowe 48.  
Profile tarczy szlifierskiej 58.  
Prowadnice 73, 91.  
„ amerykańskie 123.  
„ potrójne 127.  
Przecinak (nóż) 18.  
Przesuwy suportu 71.  
Przesuwanie widełek 99.  
Przekładnia 100.  
Przystawka stropowa 73, 81.  
  
**Rewolwerówka Gerlacha i Pulsta** 143.  
Ryglowanie 101, 122, 125.  
Rzewowy kąt 14.  
  
**Sanie suportowe** 70.  
Ścin zęba freza 44.  
  
Schemat tokarki pociągowej 124.  
„ wytaczarki 129.  
„ wiertarko-frezarki 130.  
„ szlifierki 135.  
„ automatu 146.  
Segmentowe tarcze szlifierskie 58.  
Skrawanie 6.  
Skrzynka zmianowa 70, 121.  
„ posuwowa 121.  
Skręt suportu 71.  
Spoiwa tarczy szlifierskiej 57, 66.  
Sprawność (skutek użyteczny) 69.  
Sprzęgła 99.  
Stopniowe koło pasowe 72.  
Strugarka podłużna 73, 110.  
Stojaki strugarki 73.  
Stół roboczy strugarki 74.  
**Strugarka poprzeczna (shaping)** 112.  
Struganie na okrągło 113.  
Suport tokarki 70.  
„ skrzydłowy 129.  
„ rewolwerowy 139.  
Suwak imakowy 71, 90, 94.  
„ rachunkowy 77.  
Śruba pociągowa 71, 122.  
Szlifowanie noży tokarskich 19.  
„ wiertel 32.  
Szlifierka przenośna 60.  
„ Nortona 134.  
„ podłużna 111.  
Szybko tnąca (stał) 9.  
  
**Tablice Taylora** 23.  
„ Smitha 40.  
Tabliczki instrukcyjne 102.  
Tarcza rozrządcza automatu 147.  
„ szlifierska ceramiczna 57.  
„ „ krzemionkowa 57,  
„ „ żywiczna 57.  
„ „ sprężysta 58.  
„ szmerglowa 67.  
„ elektrorubinowa 67.  
„ karbositowa 67.  
Tarczówka 83, 107.  
Tangencyalny nóż 19.  
Tokarka ostrzowa 84, 93.  
„ Lodge Shipleya 121.  
„ Gerlacha i Pulsta 124.  
Tylny kąt szlifowania 15.  
Typowa prędkość toczenia 23.  
Tuleja wrzecionowa 88.  
Uchwytowa tarcza 70, 106.  
  
**Wał wiertniczy** 33, 128.  
**Wałek pociągowy** 71.

Wiertarka 75.  
Wiertarko-frezarka 93.  
Wiercenie różnych metali 37.  
Wiertarko-frezarka półuniwersalna 131.  
„ „ uniwersalna 131.  
Wiertło: piórkowe symetryczne 29.  
„ „ niesymetryczne 29.  
„ kręte 30.  
„ płaskie 33.  
Widelki przesuwakowe 99, 118.  
Wiór, tworzenie się... 8.  
Wrąb freza 44.  
Wrzeciono 71, 86, 88.  
„ wydrążone 143.  
Wyrównywanie suportu 133.  
Wydajność skrawania 12.  
Wykańczak (nóż) 16.

Wykańczak czołowy 18.  
„ boczny 18.  
Wytaczak 18.  
Wydajność frezowania 51.  
„ szlifowania 64.

Zacinak (nóż) 18.  
Zamek tokarski 71, 125.  
Zataczanie zębów freza 45.  
Zderzak 140, 142, 154.  
Zdzierarka 123.  
Zdzierak (nóż) 16.  
„ romboidalny 17.  
Zespoły frezowe 50.  
Zespół prędkości 70.  
Zębátka przy łożu tokarki 71.  
Zużycie noża tokarskiego 8.

