

zomierz i tłocząca je dalej. Pomiedzy dmuchawą i gazomierzem powietrze przechodzi przez oddzielnie stojącą ósmą wieżę, tej samej konstrukcji, co omawiane, tylko bez części górnej. Cieczą, zraszającą wypełnienie tej wieży, jest stężony kwas siarkowy, którego zadanie polega na pozabawianiu powietrza wilgoci.

Oprócz połączenia wszystkich siedmiu wież przewodami gazowymi, posiadają one na dole połączenia dla przepływu cieczy z jednej wieży do drugiej, następnej. Środkowe części tych przewodów stanowią rurki szklane w kształcie litery U, tworzące zamknięcie hydrauliczne, nie pozwalające na przechodzenie tą drogą gazów. Kierunek przepływu cieczy z wieży do wieży jest odwrotny, aniżeli kierunek wejścia gazów, co stanowi tak zwany przeciwpływ dla gazu i cieczy absorbacyjnej.

Na rys. 4 widzimy, że otwór *E* dla wypływu cieczy leży o kilka centymetrów niżej od otworu dopływu *F*, co ma na celu zapewnienie przepływu kwasu przez wieże tylko w jednym kierunku. Z tej więc racji podmurowania wież tworzą kaskadę w kierunku przepływu kwasu, otrzymując otwór wypływu każdej wieży na jednym poziomie z otworem dopływu wieży następnej.

Przepływ cieczy przez cały szereg wież skutecznia się w ten sposób, że do ostatniej wieży, z której gazy wychodzą na zewnątrz budynku, wlewa się woda do lejka połączonego z otworem dopływu, poczem dalsze przepływanie cieczy z wieży do wieży odbywa się automatycznie. W miarę dopływu wody do ostatniej wieży, wypływa z pierwszej kwas, jako ostateczny produkt procesu absorbacyjnego. Koncentrację kwasu warunkuje do pewnej granicy stosunek ilości dopływającej wody do ilości tlenków azotu, wychodzących z pieca elektrycznego. O ile do pieca doprowadza się powietrze suche, koncentracja uzyskanego w ten sposób kwasu może dochodzić do 60%. Kwas 50-procentowy nie jest już w stanie dalej podnosić swego stężenia pod wpływem przechodzenia przez wieżę rozcieńczonych tlenków azotu. To też dalszą koncentrację, aż do 60% można osiągnąć już tylko przez doprowadzenie suchych gazów, które nasycają się w tych warunkach parami cieczy w pierwszej wieży, więc zabierają z niej wody, niż kwasu. W razie nie suszenia powietrza, koncentracja kwasu zależna jest od stopnia nasycenia samego powietrza parą wodną. W takim razie otrzymuje się kwas mniej więcej 40-procentowy.

I w tem urządzeniu aparatami, podnoszącymi ciecz z dołu do góry, są pompki powietrzne, wykonane z rurek szklanych. Dla lepszego działania są one wpuszczone na metr głęboko pod poziom podłogi sali. Działania tych pomp

powietrznych nie opisuję, gdyż są one często stosowane do podnoszenia wody w bardzo dużych ilościach z głębokich studzien. W Europie mają one nazwę pomp „mamutowych“<sup>1)</sup>.

Powietrze sprężone, wyciskające peryodycznie ciecz na wypełnienie wież, przechodzi przez zawory, uruchamiane automatycznie w odpowiednich odstępach czasu działaniem elektromagnetycznym. Zawory te są uwidocznione na rys. 5. Stoją one na poziomach wież.

Po pierwszym puszczeniu w ruch tej fabryczki okazało się, że jej urządzenia absorbacyjne nie dają wyników oczekiwanych. Gazy, opuszczające ostatnią wieżę, zawierały jeszcze dosyć dużo tlenków azotu. Prędko jednak odkryto przyczynę tego niepowodzenia. Ciecz zraszająca była wylewana, tak jak zamierzano, co trzy minuty. Otóż stwierdzono, że pompki powietrzne, których wielkość trudno było z góry obliczyć z powodu małych ilości cieczy w grę wchodzących, nie były w stanie podnieść do góry przepisanej ilości cieczy w przeciągu owych 3-ch minut. Pomiar wykazały, że dopiero po upływie 9-ciu minut każda pompka podnosi 10 litrów cieczy, potrzebnych do każdorazowego zraszania wypełnienia absorbacyjnego. I kiedy częstość zraszania trzykrotnie zmniejszono, a pompki nadażyły w międzyczasie podnieść owe 10 l cieczy, działanie wież okazało się doskonałe. Wychodzące gazy zawierały już tylko 0,02-procentowe tlenki azotu. To doświadczenie jest doskonałym dowodem, jak doniosłe znaczenie ma ten nowy sposób zraszania wypełnienia, jedynie pozwalający na dokładne utrzymywanie w stanie czynnym całkowitej powierzchni wypełnienia wieży absorbacyjnej.

Cheąc dać całkowity obraz działania omawianej fabryczki modelowej, muszę jeszcze zauważyć, że na puszczenie jej w ruch potrzeba było kilku minut czasu, poczem cała produkcja 50-procentowego kwasu azotowego odbywała się zupełnie automatycznie. Dozorujący nie miał prawie nic do czynienia. Jedynie potrzebne materiały wyjściowe—powietrze i woda, znajdowały się stale na miejscu i były dostarczane do fabrykacji automatycznie.

Fabryczka ta spełniła w zupełności swe zadanie, niestety tylko trzeba ją było po krótkim stosunkowo przeciągu czasu rozebrać, tak jak cały szereg innych poprzednich urządzeń, aby uczynić miejsce w laboratorium fryburskiem dla prac nowych. (D. n.)

<sup>1)</sup> „Rationelle Konstruktion und Wirkungsweise des Druckluft-Wasserhebers für Tiefbrunnen“ von Alexander Perényi. Wiesbaden, C. W. Kreidel's Verlag. 1908.

## Postępy w dziedzinie obróbki kół zębatach.

Podał Henryk Mierzejewski, inż. mech.

(Ciąg dalszy do str. 26 w № 3 i 4 r. b.)

### Obróbka walcowych kół zębatach.

Na wykonanie kół zębatach składają się następujące czynności: kreślenie narzędzi, wykonanie narzędzi, wreszcie właściwa obróbka. Każda z tych czynności kryje źródła różnych błędów i niedokładności, odbijających się niekorzystnie na ostatecznym wyniku. Zbadanie wpływu poszczególnych błędów oraz sposobów ich zmniejszenia nastręcza wiele trudności. Zjawiają się zagadnienia sporne, posiadające materiał faktyczny w postaci licznych rozpraw i artykułów.

Bardzo wiele wątpliwości nasuwa wybór odpowiedniego profilu zęba. Zagadnienie powyższe jest związane pośrednio z obróbką kół zębatach, wobec czego uwzględnimy go o tyle tylko, o ile tego wymagać będzie konieczna potrzeba, odsyłając czytelników do bogatej literatury przedmiotu<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Willh. Hartmann. Maschinengetriebe. Pierwszy tom. 1913. Stuttgart i Berlin. Deutsche Verlagsanstalt.  
Mac. Cord. Kinematics 1908. Nowy Jork. Wydanie czwarte. Wyd. John Wiley.  
Grant. A treatise on gearing. 1907. Boston. Wydanie dziesiąte.  
Garnier. Notes sur la theorie des engrenages. Revue Mechanique. 1908 i 1909.

Jak powszechnie wiadomo, profil ewolwentowy wyrugował prawie zupełnie w zastosowaniach przemysłowych profile cykliczne dzięki swym kilku poważnym zaletom, a mianowicie że:

- 1) przy niewielkiej zmianie odległości pomiędzy środkami kół ząbienie nie przestaje być prawidłowe;
- 2) profil określa jedna krzywa, a nie dwie, przyczem profil zęba na jednym kole jest niezależny od wielkości drugiego koła;
- 3) kierunek parcia jest stały, tak samo jak i jego wielkość.
- 4) profile zęba zębataki są liniami prostymi. Własność powyższa ułatwia znakomicie sporządzanie narzędzi, stosowanych przy metodzie profilowania obwiedniowego, co, jak zobaczymy następnie, jest szeroko wyzyskane w praktyce.

Profil ewolwentowy posiada jednak i poważne wady, a mianowicie opiera się wycieraniu daleko gorzej od cykli-

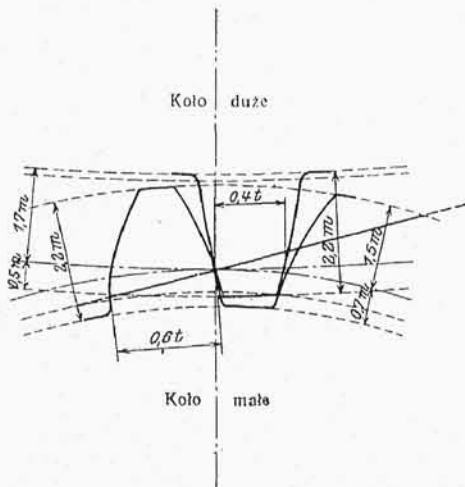
Schiebel. Zahnräder. Berlin. Wyd. Jul. Springer. Część pierwsza 1912, część druga 1913.  
Logue. American Machinist Gear book. 1911. Nowy Jork. Wyd. Mc Graw Hill Comp.  
Brown-Sharpe. A practical treatise on gearing. Providence.

cznych, oraz wymaga stosowania kół o większej liczbie zębów, a to wskutek większej, niż przy profilach cyklicznych, interferencji profilów we chwycie, czyli t. zw. podrywania zęba przez ząb, występującego zwłaszcza przy kojarzeniu koła o małej liczbie zębów z kołem dużym.

Interferencja profilów we chwycie jest zagadnieniem, posiadającym już swą własną historię. Od chwili wprowadzenia napędu elektrycznego, wynalezienie sposobów zmniejszenia lub usunięcia interferencji profilów stało się sprawą bardzo żywotną, i nie dziwnego, że wielkie towarzystwa elektryczne zorganizowały doświadczenia, mające na celu stworzenie cichodziałających i trwałych przekładni zębatych. Tak znane doświadczenia Laschego i Stribecka zapoczątkowało Powszechne Towarzystwo Elektryczne. Podobna inicjatywa wyszła w Ameryce od General Electric Comp., Westinghousea i innych.

Środki zaradcze w celu zmniejszenia interferencji sprowadzają się do następujących sposobów:

1) Odpowiedniego ustosunkowania wysokości wierzchołka i pnia zęba, przyczem, jak w sposobie Laschego, kosztem cennego warunku kojarzenia doboru kół zębatych o różnej liczbie zębów. Rys. 12 przedstawia parę kół zębatych, których zęby są ukształtowane w myśl propozycji Laschego. Wysokość wierzchołka zęba dużego koła wynosi



Rys. 12. Ustosunkowanie zębów przy dużej przekładni według sposobu Laschego, przyjętego przez Powszechne Towarzystwo Elektryczne.

si 0,5 modułu, czyli połowę normalnej, małego zaś koła znacznie więcej bo 1,5 modułu. Odwrotnie pień zęba koła większego posiada wysokość 1,7 mod., małego koła 0,7 mod. Wobec tego, że pień większego koła wypada gruby przy podstawie, grubości zębów obu kół, mierzone na obwodach podziałowych, są niejednakowe i wynoszą odpowiednio 0,4 t i 0,6 t. Przy powyższem ustosunkowaniu wymiarów, można stosować przekładnię 1:4 przy dogodnych warunkach ze względu na sprawność i małe wycieranie się zębów.

2) Zmiany pochylenia linii prostej przyporu (przy profilu ewolwentowym).

3) Zmiany samego profilu na drodze t. zw. poprawki empirycznej.

Zwykle używane nachylenie prostej przyporu do osi środków wynosi  $75^\circ$ . Prosta przyporu tworzy wówczas ze styczną do obwodów podziałowych kąt dopełniający  $15^\circ$ , który w praktyce stanowi ogólnie przyjętą charakterystykę profilu ewolwentowego. Kąt  $15^\circ$  przyjęty jest przez fabryki europejskie, gdy w Ameryce rozpowszechnił się z jednej strony t. zw. *standard* Tow. Brown i Sharpea z ewolwentą  $14^\circ 29'$ -stopniową ( $\sin 14^\circ 29' = 0,25010$ ), oraz Sellersa i Fellowa z ewolwentą o kącie  $20^\circ$ . Współzawodnictwo wytwórców pobudziło Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników do stworzenia specjalnej komisji do ujednolinitania profilu ewolwentowego, której większość w osobie Wilfreda Lewisa, Gaetana Lanza i Hugona Bilgrama poszła jeszcze dalej, niż Sellers i Fellow i zaproponowała przyjęcie kąta pochylenia linii przyporu  $22\frac{1}{2}^\circ$ , jak również ograniczenie wierzchołka zęba do 0,75 modułu. Uchwała po-

wyższa spotkała się z energiczną opozycją Tow. Brown i Sharpe, które doprowadziło wyrób kół zębatych do doskonałości, dzięki wyjątkowo dobrze wyszkolonemu personelowi technicznemu i robotniczemu, a które stosuje poprawkę empiryczną profilu ewolwentowego o kącie  $14^\circ 29'$ . Profil tych kół zbliża się do ewolwentowego przy obwodzie podziałowym i do cyklicznego w pobliżu wierzchołków i pniów.

Zwolennicy zwiększenia kąta pochylenia linii przyporu do  $20^\circ$  i  $22\frac{1}{2}^\circ$  wysuwają na pierwszy plan konieczność usunięcia interferencji profilów we chwycie. Odwrotnie, przeciwnicy zmiany profilu zarzucają, że przy kącie  $20^\circ$  i  $22\frac{1}{2}^\circ$  zwiększa się nadmiernie odpychanie się wzajemne kół, wywołując dodatkowe tarcia w łożyskach, zmniejsza się łuk obwodniowy i pogarsza się warunki zużycia powierzchni profilowych. Te spory zwracają uwagę na znaczenie badań naukowych nad profilem kół zębatych. Rzeczywiście, o ile wybrany i ustalony profil nie spełnia warunku prawidłowego kojarzenia się doboru kół zębatych, w biegu ich dają się zauważyć chwilowe przyspieszenia w ciągu obrotu na jedną podziałkę. Jeżeli zwrócimy uwagę na fakt, że koło o 60-ciu zębach przy 400 obr./min. przejdzie przez  $60 \times 400 = 24000$  wahnięć prędkości obrotowej na minutę, czyli 400 na sekundę, to stanie się rzeczą zrozumiałą, jaki wpływ na hałaśliwość biegu posiada błąd profilu.

W praktyce zastępuje się dość często profile cykliczne i ewolwentowe kół zębatych łukami kół stycznych. Jest rzeczą ciekawą zbadanie, z jakimi niedokładnościami profilu jest to związane.

Prostą metodę obliczenia tych niedokładności dał W. Hartmann, przyrównując mechanizm złożony z dwóch skojarzonych kół zębatych z zębami profilowanymi zapomocą łuków kół do prostowodu Watta pierwszego rodzaju <sup>1)</sup>. Z obliczeń tych wynika, że nawet przy dużych zębach niedokładności powyższe można pominąć wobec błędów wynikających z obróbki. Znaczenie ich jest jednak duże ze względu na przyspieszenia. Rozpatrując typowy przykład koła  $z=20$ ,  $m=10$  o średnicy 200 mm, obracającego się z prędkością obwodową 2 m/sek., co odpowiada 101 obr./min. Hartmann znalazł, zastępując ewolwentę przez łuki kół według jednej z reguł praktycznych, że przyspieszenie dodatnie wynosi przytem 2,4 m/sek.<sup>2</sup>, zaś ujemne aż 8,8 m/sek.<sup>2</sup> Zastępowanie przez łuki kół profilu ewolwentowego połączone jest z mniejszymi błędami, niż profilów cyklicznych.

Poza profilem ewolwentowym i cyklicznym, uznanych od dawna za najpraktyczniejsze ze względu na prostotę linii przyporu (prosta i obwód koła) oraz kształt profilu zęba zębatki (prosta i cykloida), cynematyka narzuca nam szeregi innych. Odrzucamy je głównie ze względu na trudności obróbki.

**Metoda profilowania kształtowego.** Przy obróbce zwykłych kół czołowych najodpowiedniejszą metodą wydaje się być struganie lub dłutowanie wrębów zapomocą noża kształtowego: za powyższą metodą przemawia łatwość wykonania narzędzi i prostota obróbki. Prędkie i niejednostajne zużycie krawędzi tnącej stanowi wielką, nieprzewidywalną przeszkodę w zastosowaniach praktycznych tak, że sposób ten nie posiada znaczenia przemysłowego.

Wielkie rozpowszechnienie znalazła natomiast metoda profilowania kół czołowych zapomocą frezów. Frez posiada nie jedną, lecz wiele krawędzi tnących, wskutek czego zużycie zjawia się o wiele powolniej, niż przy nożu strugarskim. Prócz tego istnieje, jak to wyjaśnimy poniżej, dogodny sposób przywrócenia dokładności profilu przez operację szlifowania.

Gdy zjawia się potrzeba bardzo starannego wykonania koła zębatego, frez wykonywa się ściśle według profilu nakreślonego z możliwą dokładnością. Wobec tego, że profil zmienia się w zależności nie tylko od modułu, lecz i od liczby zębów, zastosowanie powszechne tej zasady wymagałoby posiadania wyjątkowo licznych, a więc i kosztownego doboru frezów. W praktyce warsztatowej stosuje się komplety 8-mio lub 15-frezowe dla każdego modułu, przyjęte przez większość fabryk europejskich i amerykańskich.

<sup>1)</sup> W. Hartmann, Maschinengetriebe, str. 385.

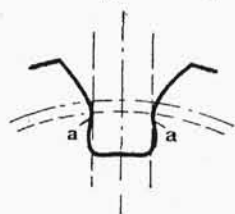


skich. Są one podane w załączonych tablicach, przyczem pierwsza liczba każdej pozycji oznacza liczbę zębów koła, którego profil posłużył do dokładnego wykonania profilu, a druga, ujęta w nawiasy, liczbę zębów koła, które można jeszcze narzynać zapomocą danego freza z dopuszczalnym błędem.

*Profil ewolwentowy.*

Dobór 8-frezowy	Dobór 15-frezowy
12 — (13)	12
14 — (16)	13
17 — (20)	14
21 — (25)	15 — (16)
26 — (34)	17 — (18)
35 — (54)	19 — (20)
55 — (134)	21 — (22)
135 — (∞)	23 — (25)
	26 — (29)
	30 — (34)
	35 — (41)
	42 — (54)
	55 — (79)
	80 — (134)
	135 — (∞)

Dobory powyższe są tak wykonane, że największe odchylenia dla każdej grupy kół zębatych od profilu teoretycznego są mniej lub więcej jednakowe, co łatwo sprawdzić na drodze wykreślnej lub rachunkowej.



Rys. 13. Wrzół rozszerzony u dołu wskutek podcięcia, wymagający przy frezowaniu zapomocą freza kształtowego stosowania prostoliniowego profilu pnia.

Zauważymy mimochodem, że frezy wykonywa się dla kół z małą liczbą zębów według profilu poprawionego z usunięciem podcięcia, co jest rzeczą konieczną ze względu na obróbkę.

Wykonanie freza wymaga kilku operacji przygotowawczych: sporządzenia rysunku, szablonu i noża tokarskiego. Samo wykonanie zaś rozkłada się na następujące czynności: obtoczenie krążka, narznięcie rowków poprzecznych, właściwe profilowanie wraz z zataczaniem grzbietów, hartowanie i szlifowanie.

Wszystkie wymienione operacje są trudne. Największe znaczenie posiada wykonanie prawidłowego szablonu, według którego sporządzane są noże tokarskie i frezy w miarę ich zużycia.

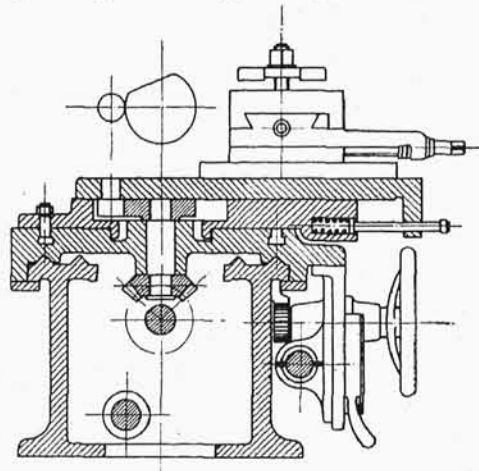
Kreślenie ewolwenty punkt za punktem nie przedstawia żadnych trudności: należy uważać jedynie by kreślenie odbywało się z jak największą dokładnością. Wiele zakładów poprzestaje na zastępowaniu ewolwenty przez łuki kół; tam jednak, gdzie zjawia się konieczność wykonywania kół zębatych w wielkich ilościach, stosowane są precyzyjne metody kreślenia, uzupełniane niekiedy przez sprawdzanie na drodze obliczenia. Przy kreśleniu trudno uniknąć błędów, wynoszących około 0,1 mm. Aby zmniejszyć ten błąd, wielkie zakłady przemysłowe wprowadziły zwyczaj kreślenia profilów w powiększeniu 5-cio lub 10-ciofoldnym i zmniejszania ich następnie zapomocą fotografii lub pantografu. Profil, przeniesiony w wielkości naturalnej na płytę stalową, wycina się ręcznie zapomocą pilnika lub mechanicznie zapomocą małego freza o średnicy 5-ciomilimetrowej, w jaki zaopatrzony jest pantograf.

Sposób fotograficznego przenoszenia profilu stosowało do niedawna Powszechne Towarzystwo Elektryczne. Metoda powyższa nie okazała się jednak ani dokładną, ani praktyczną: nastawienie aparatu fotograficznego, kureczenie się żelatyny, a co najważniejsza ręczne wypilowanie szablonu, są źródłem licznych niedokładności. Od błędów nie jest wolny jednak i sposób zmniejszania profilu zapomocą pantografu.

Jak wiadomo, promieniem krzywizny ewolwenty (rozwijającej koła) w danym punkcie jest długość odwiniętego z obwodu łuku. W początkowym punkcie ewolwenty promień krzywizny jest oczywiście zerem, wskutek czego frez pantografu nawet o średnicy wynoszącej zaledwie 5 mm podcina profil. Błąd ten jest wszakże tak mały, że można

go pominąć przy większych profilach. W podobny sposób jak i szablon, można wykonać i nóż tokarski ręcznie lub mechanicznie zapomocą pantografu. Po sporządzeniu noża przystępuje się do ważnej operacji zataczania grzbietów na wykonanym poprzednio krążku z rowkami poprzecznymi.

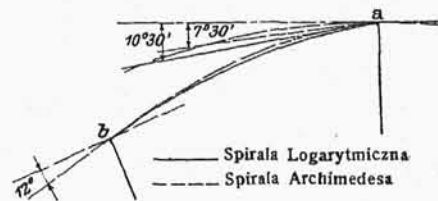
Tokarka do zataczania grzbietów, której wynalezienie jest ściśle związane z historią obróbki kół zębatych, dała możliwość wykonywania frezów, które wskutek szlifowania, czyli ostrzenia krawędzi tnących, nie tracą prawidłowości profilu. Suport tej tokarki (rys. 14) jest zaopatrzony w tarcz-



Rys. 14. Przekrój poprzeczny przez łóżo i suport tokarki do zataczania.

kę szablonową, która nadaje ruch poprzeczny suwakowi wraz z nożem. Tarczka jest obracana zapomocą przekładni kół stożkowych, napędzanych przez walek, umieszczony w środku łóża pomiędzy prowadnicami. W czasie pełnego obrotu freza obrabianego, nóż otrzymuje tyle skoków tam i z powrotem, ile jest zębów, a więc i rowków na frezie.

Krawędzie tnące frezów leżą w płaszczyznach, przechodzących przez oś freza. W tej samej płaszczyźnie znajduje się i nóż tokarski podczas zataczania grzbietów, dając jednakowe profile w przekrojach, przechodzących przez oś. Przy zataczaniu zjawia się dodatkowy warunek utrzymania jednakowego kąta skrawania zęba freza. W tym celu należałoby zataczać grzbiety według spirali logarytmicznej, która posiada tę własność geometryczną, że styczna do niej tworzy stały kąt z promieniem wodzącym (np. 10°30' jak na rys. 15). Ponieważ wykonanie tarcz szablonowych przy zastosowaniu spirali logarytmicznej nastęrcza pewne trudności praktyczne, przeto zamiennie się ją przez spiralę Archimedesową. Kąt odsadzenia grzbietu zęba freza od stycznej do koła nie jest wówczas stały i zmienia się w granicach od 7,5 do 12°, które to wartości są wzięte z praktyki, przyjmując, że obie spirale przechodzą przez punkty (a i b). Z punktu widzenia

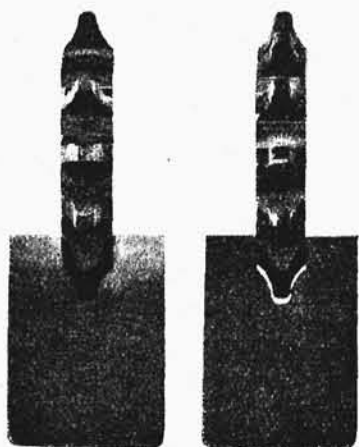


Rys. 15. Zataczenie grzbietów frezowych.

praw skrawania metali zmiana kąta odsadzenia w powyższych granicach jest rzeczą najzupełniej dopuszczalną. Kąt odsadzenia bocznych krawędzi tnących otrzymuje się ubożnie przez zataczanie grzbietów wskutek zbliżania do osi freza zwążającego się profilu noża, a ponieważ powyższe zwążanie się profilu ewolwentowego nie jest jednakowe, więc i kąty odsadzenia bocznych ścianek freza względem obrabianych następnie zębów koła nie są jednakowe. Na obwodzie zasadniczym kąty odsadzenia są nawet równe zeru, z czego wynika tarcie w tem miejscu freza przy obróbce kół zębatych. Z powyższą niedogodnością należy się jednak pogodzić, gdyż zataczanie boków zębów uniemożliwiliby utrzymanie cennej właściwości frezów, pole-

gającej na niezmienności profilów po wielokrotnem nawet zeszlifowaniu czoła zębów frezowych.

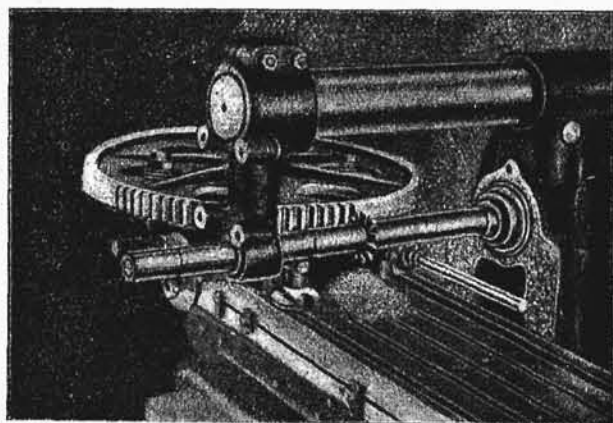
Operacja zataczania jest trudna i wymaga wielkiej dokładności. Jeżeli krawędź noża nie leży ściśle w płaszczyźnie, przechodzącej przez oś freza, następuje zwichrowanie profilu. Tak wykonany frez wyrzyna wręby niesymetryczne, o czym można się przekonać, wkładając (rys. 16) obrócony frez w wyrzynięty przezeń poprzednio wręb. Podobne zwichrowanie zjawia się również często, jako wynik



Rys. 16. Frez we wrębie przez siebie wyrzyniętym. Tenże frez po odwróceniu nie przylega szczelnie do ścianek wrębu.

procesu hartowania, zależnego od biegłości hartownika i od gatunku stali narzędziowej, użytej do wyrobu freza. Szlifowanie krawędzi tnących po hartowaniu może być źródłem nowych błędów. Należy zwłaszcza uważać, by płaszczyzna szlifowania przechodziła ściśle przez oś freza. Warunek ten nie jest spełniany dość często w praktyce z dostateczną dokładnością; zaradzić temu może stosowanie obok specjalnych szlifierek, jeszcze i odpowiednich przyrządów, o których dane można znaleźć w katalogach przemysłowych.

Według metody profilowania kształtowego pracuje cały szereg obrabiarek. Bardzo dużo mniejszych i średnich kół czołowych jest wykonywane wprost na zwykłych frezarkach uniwersalnych z przyrządem podziałkowym. Nie jest to rzecz godna zalecenia ze względu na małe rozmiary



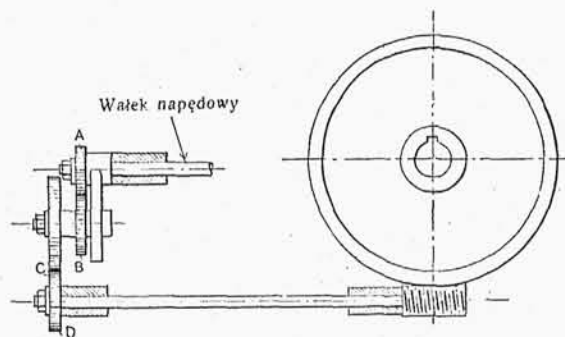
Rys. 17. Przyrząd podziałowy do frezowania kół czołowych na frezarce uniwersalnej.

wrzeciona i koła ślimakowe w tym przyrządzie, wskutek czego obróbka, zwłaszcza większych kół, nie może być dokładna. Wytwórcy frezarek uniwersalnych obmyśliли specjalne przyrządy do narzyniania większych kół, z których jeden jest przedstawiony na rys. 17. Przyrządy te pod względem dokładności wykonania, oraz wydajności ustępują znacznie specjalnym frezarkom do kół zębatach, których istnieje wiele odmian. Należy zauważyć przytem, że istnieją frezarki, dające możliwość obrabiania nie tylko według metody profilowania kształtowego, lecz i obwiedniowego, zarówno kół czołowych, jak i śrubowych i ślimakowych. Obrabiarki te typu mieszanego omówimy poniżej.

Frezarki do obróbki kół zębatach za pomocą freza

kształtowego buduje kilkadziesiąt fabryk, co daje pojęcie o ich znaczeniu przemysłowym. Przy wyborze należy zwracać uwagę na dokładność mechanizmu podziałowego, na wytrzymałość i trwałość mechanizmu napędzającego wrzeciono frezowe, jak również posuwowego, na sztywność ogólnej budowy obrabiarki, na dogodną obsługę i wreszcie na zakres zastosowań. Na dokładność mechanizmu podziałowego należy zwracać specjalną uwagę przy wyrobie kół szybkobieżnych.

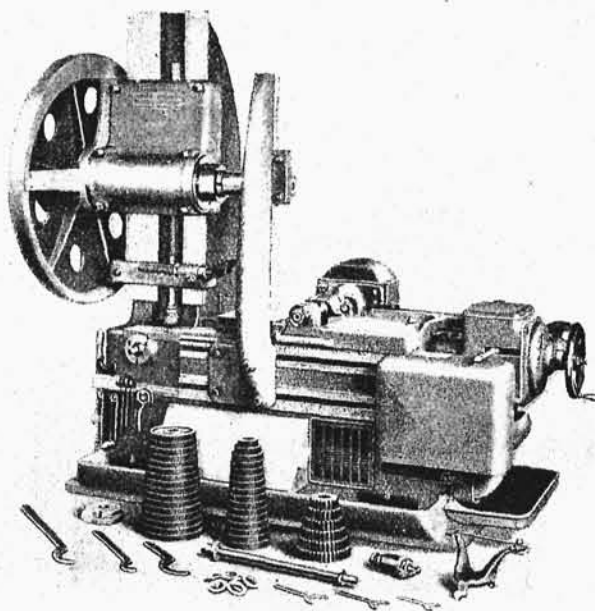
Zasada budowy mechanizmu podziałowego jest prawie ta sama we wszystkich obrabiarkach omawianego typu. Na wrzeciono robocze, na które zakłada się obrabiany krążek, jest zaklinowane podziałowe koło ślimakowe. Przekładnia ślimakowa jest połączona zapomocą kół zmianowych A, B, C, D (rys. 18) z wałkiem napędowym, który



Rys. 18. Schemat mechanizmu podziałowego.

obraca się zwykle o jeden pełny obrót, gdy nadechodzi chwila zmiany podziałki. W niektórych maszynach istnieje urządzenie do podwojenia liczby obrotów wałka napędowego przy narzynianiu małej liczby zębów. Tak czy owak jest rzeczą ważną, by omawiany wałek napędowy zatrzymywał się zawsze w ściśle określonym miejscu.

Bardzo ważnym czynnikiem dokładności mechanizmu podziałowego jest precyzyjne wykonanie koła ślimakowego. Tylko fabryki, rozporządzające bogatym doświadczeniem i odpowiednio wyrobionym personelem technicznym i ro-



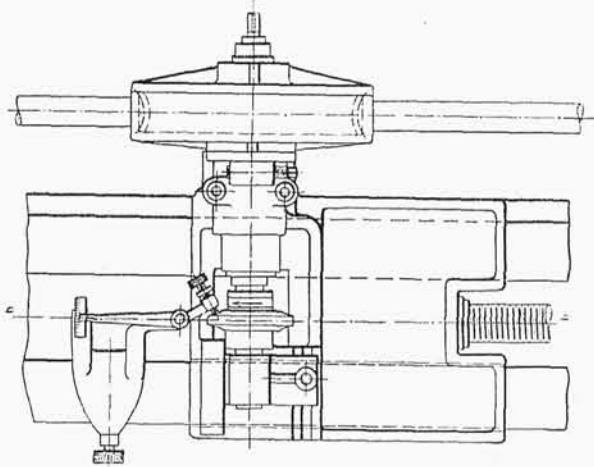
Rys. 19. Frezarka do czołowych kół zębatach.

botniczym, mogą sprostać temu zadaniu. Niekiedy w celu usuwania zużycia wieniec koła ślimakowego jest wykonywany z dwóch części pierścieniowych, które można zbliżać do siebie, usuwając luz pomiędzy zwojami ślimaka a zębami koła ślimakowego. Niemniej ważną rzeczą jest umiejętne osadzanie wrzeciona w łożyskach, które nie powinny posiadać luzu nadmiernego, przy zachowaniu równego, bez szarpań, ruchu obrotowego.

Jedną z tych frezarek w wykonaniu Towarz. Brown i Sharpe w Providence przedstawia rys. 19. Całość budowy różni się wybitnie od zwykłych typów frezarek. Wzdłuż mocno zbudowanego łoża obrabiarki przesuwają się sianie z wrzecionem frezowym, otrzymującym napęd za pośred-



dnictwem przekładni ślimakowej, dającej wyjątkowo równy bieg. Na stojaku, umieszczonym po lewej stronie łoża, znajduje się suport roboczy z wrzecionem do zamocowywania obrabianego krążka. Suport powyższy można nastawiać na odpowiednią wysokość zapomocą śruby, posilkując się odpowiednią skalą. Trzpień z krążkiem obrabianym jest podtrzymywany z drugiej strony przez okular, przymocowany do łoża. Na tylnym końcu wrzeciona roboczego osad-



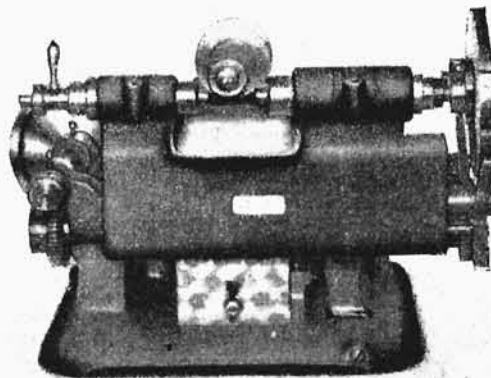
Rys. 21. Indykator czułości (czujnik) do sprawdzania ustawienia freza.

dziane jest ślimakowe koło podziałowe, wykonane na obrabiarce z wzorowym mechanizmem podziałowym o nieposzlakowanej dokładności, będącej wynikiem zastosowania precyzyjnych metod mierniczych.

Działanie obrabiarki jest w znacznym stopniu samoczynne. Tak po dokonaniu narżnięcia wrębu następuje samoczynny powrót sań, odryglowanie, obrót i ponowne zaryglowanie mechanizmu podziałowego, przy czym czynności powyższe odbywają się bardzo prędko. Liczby posuwów i obrotów wrzeciona frezowego oraz zakres zmienności obrotowej jest znaczny i odpowiada dużej wydajności. Ważną rzeczą przy obróbce kół zębatych są ułatwienia przy precyzyjnym nastawianiu freza względem obrabianego krążka. W obrabiarce Ludwika Loewego istnieje np. urządzenie do sprawdzania, czy środek freza kształtowego leży ściśle w płaszczyźnie osi wrzeciona roboczego. Urządzenie powyższe polega na zastosowaniu indykatora czułości (czujnika) ze skalą, wskazującą, czy boczne powierzchnie freza kształtowego są symetryczne względem osi geometrycznej wrzeciona (rys. 20).

Podawanie różnic, istniejących pomiędzy obrabiarkami tego samego typu, wychodzi poza ramy niniejszej pra-

cy i jest zgola zbyt cenne wobec istnienia wyczerpujących katalogów przemysłowych, podkreślających te różnice. Znaczący jedynie, że do obróbki małych kół zębatych, obmyślono cały szereg obrabiarek specjalnych, odbiegających znacznie od typu normalnego. Kółka zębate stosowane w t. zw. wytwórczości precyzyjnej, obejmującej wyrób mechanizmów zegarowych, maszyn do pisania, liczenia i t. p. mogą być obrabiane ze względu na swą wielkość w inny sposób, niż koła stosowane w maszynach większych. Wobec masowej wytwórczości tych kół istnieje dążność do tworzenia obrabiarek automatów. Jedną z takich obrabiarek przedstawia rys. 21<sup>1)</sup>.



Rys. 21. Automat Slean and Chace do obróbki małych kół zębatych.

W obrabiarce powyższej, wobec niewielkich sił działających, znalazły zastosowania tarcze podziałowe zamiast przekładni ślimakowych w mechanizmie podziałowym, oraz tarcze szablonowe zamiast śrub pociągowych w mechanizmie posuwowym. Charakterystyczną cechą tej obrabiarki jest osadzenie trzech frezów kształtowych na wrzecionie frezowym, z których pierwszy służy do zdzierania, drugi do właściwego frezowania, a trzeci do wykończania, przy czym każda operacja odbywa się jedna po drugiej, co umożliwia wysuwanie się wrzeciona frezowego, umiejscowienie go zapomocą odpowiednich zderzaków w trzech kolejnych położeniach. Mała ta obrabiarka posiada bardzo pomysłowe urządzenia do nastawiania na głębokość skrawania przy każdej z trzech operacji. Niektóre obrabiarki tego typu posiadają magazyny na krążki i samoczynne mechanizmy uchwytowe, stanowiąc tym sposobem automaty o wysokiej doskonałości (automat Walthama). (C. d. n.)

<sup>1)</sup> Ralph E. Flanders. Gear-Cutting Machinery. 1909. New-York. John Wiley Sons.

## Z TOWARZYSTW TECHNICZNYCH.

**Stowarzyszenie Techników w Warszawie.** Sprawozdanie z posiedzenia technicznego w dniu 18 lutego r. b.

Przewodniczył inż. Ignacy Radziszewski. Protokołu z powodu niewyjścia w świat *Przeglądu Technicznego* nie rozważano. W skrzynce zapytań nie znalaziono. Ze spraw bieżących przewodniczący zakomunikował, iż w przyszły piątek 25 b. m. na zebraniu technicznym zostanie dane przez Komisję robót publicznych sprawozdanie z prac Sekcji Pracy od początku wojny do ostatnich chwil. Z kolei zabrał głos inż. Alfons Kühn, wygłaszając V-ty odczyt z serii „Technika w gospodarce miejskiej” na temat:

„Uwagi w sprawie budowy i eksploatacji elektrowni miejskich i oświetlenia miast”.

Odczyt ten zostanie podany in extenso w *Przeglądzie Technicznym*. Ponieważ prelegent w zakończeniu proponował,

aby przy Stowarzyszeniu Techników mogła znaleźć początek organizacja, mająca na celu zbieranie danych statystycznych i zorientowanie się w potrzebach miast naszych, przewodniczący po dyskusji, w której zabierali głos pp.: Samborski, Wójcicki, Radziszewski, Gnoiński, Kossuth, poddał pod głosowanie wniosek, aby prezydium posiedzeń technicznych zwróciło się do kół fachowych Stow. Techników, w celu wybrania delegacji do odpowiedniej Komisji, oraz do obudzenia w tychże kołach dyskusji nad „odbudową” miast polskich, co też zebrani przez aklamację przyjęli. W sprawie odczytu zabrał głos jeszcze p. Dembiński w związku z elektryfikacją wodociągów, poczem z braku wniosków członków przewodniczący zamknął posiedzenie.

Wł. Wr.

## KRONIKA BIEŻĄCA.

**Przyrząd do otwierania i zamykania spustu kupolaka.** Otwieranie spustu kupolaka przy pomocy zwykłego drążka ręcznego nie nastręcza żadnych trudności, lecz zamykanie go w ten sposób nie zawsze jest bezpieczne. W razie bowiem zeskokcenia korka glinianego, osadzonego na drążku, nastąpić może strata znacznej ilości żelaza, o ile piec nie był jeszcze opróżniony. Następnie niedokładne wpro-

wadzenie korka pociąga za sobą wytrysk roztopionego metalu, w pewnych zaś wypadkach nastąpić może nawet przebiecie piersi pieca przez zbyt śpieszne wtłaczanie drążka. Przy zamykaniu spustu obsługujący przezycięż musi ciśnienie odporne strumienia metalu wytryskującego, zależne od średnicy spustu, oraz ilości zawartego w kupolaku metalu. Zamykanie spustu jest więc bardziej utrudnione przy