

Może być oczywiście wypadek, gdy odwrotnie, dla jakichś względów, istnieje konieczność stosowania prądu zmiennego przy sieci dla prądu stałego. Wtedy również zapomocą przetwornic zmienia się dla danej instalacji, czy też danej części sieci prąd stały na zmienny. Takie jednak wypadki należą do rzadszych.

Aby dać dowód, jakie elektrownie budowane są zazwyczaj, powołam się na statystykę elektrowni niemieckich z r. 1913.

Otóż w r. 1913 było elektrowni:

	Liczba	Moc kW	Moc akumul. kW	Razem kW	Średnia moc kW	Stosunek mocy baterii do mocy maszyn
Prądu słabego:						
z siecią 2 przew. . .	1015					
„ 3 „ . . .	862					
„ 5 „ . . .	3					
Prądu zmiennego:						
jednofazowego . . .	37	29 441	162	29 603	800	0,5%
trójfazowego . . .	808	826 022	7 561	833 583	1030	0,9%
Prądu stałego i zmien.						
jednofazowego . . .	13					
trójfazowego . . .	265	832 002	113 649	945 651	3400	13,5%

Niema danych co do rodzaju prądu z 1037 elektrowni i co do mocy 2719 elektrowni.

Z powyższych cyfr wynika, że elektrownie prądu stałego są to elektrownie drobne, których budowy obecnie prawie zaniechano, że większe elektrownie są prądu zmiennego, oraz że elektrownie systemu mieszanego są przeważnie

kolejowe i tramwajowe, gdyż przy nich istnieją znacznej mocy baterie akumulatorów, przeznaczone do wyrównywania obciążenia przy ruchu pociągów, czy też wagonów tramwajowych.

W elektrowniach prądu zmiennego baterie przeznaczone są do wzbudzenia prądu zmiennego oraz do oświetlenia elektrowni, w razie przerwy w działaniu maszyn.

W elektrowniach prądu stałego baterie służą głównie do zasilania sieci podczas małego obciążenia, mianowicie w nocy, i moc równa się średnio $\frac{1}{3}$ mocy maszyn.

By zakończyć ze sprawą budowy sieci, nadmienię wypadki, iż sieci bywają napowietrzne i podziemne. Pierwsze są tanie, dość wygodne do obsługi, jednak mniej bezpieczne, nieestetyczne i niewygodne na ulicach miejskich.

Przewodniki podziemne muszą być dobrze izolowane i zabezpieczone, więc do bardzo wysokich napięć nie mogą być stosowane. Praktyczną granicą dla kabli podziemnych potrójnych przy przekrojach do $3 \times 95 \text{ mm}^2$, jest napięcie 42 000 V., dla kabli pojedynczych przy przekrojach do 450 mm^2 — 60 000 V. W rzeczywistości, ze względów na interesy ogólne, należy stosować się do zasady następującej: w miastach lepiej zabudowanych i będących w stadium rozwojowym, sieć zasilająca bezwzględnie powinna być podziemna, sieć rozprowadzająca wtórna możliwie podziemna, sieć poza miastami powinna być ze względów oszczędnościowych i wygod — napowietrzna. Stosunek kosztu sieci napowietrznej do podziemnej ma się średnio mniej więcej jak 1 : $3\frac{1}{2}$.

Nadmienię należy, że właściwe zaprojektowanie elektrowni i sieci wymaga bardzo dokładnych studyów w każdym poszczególnym wypadku.

(D. n.)

Postępy w dziedzinie obróbki kół zębatach.

Podał Henryk Mierzejewski, inż. mech.

(Ciąg dalszy do str. 81 w № 9 i 10 r. b.)

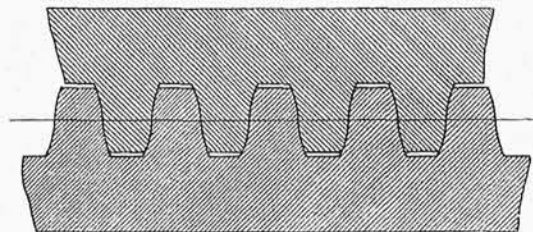
Do wykończania kół czolowych po zahartowaniu używa się niekiedy szlifierek. Jedną z nich, opartą na metodzie profilowania kształtowego, buduje fabryka szlifierek Mayer i Schmidt w Offenbachu¹⁾. Tarcza szlifierska jest wykonana ściśle na wzór zwykłego freza kształtowego i obrabia cały profil naraz, wypełniając całkowicie wręb zęba. Tarcza jest umieszczona na suwaku, który odbywa ruchy tam i z powrotem, podobnie jak suwak strugarki poprzecznej, szlifując zęby na całej długości. Koło wykończane jest założone na wrzeciono odpowiedniego przyrządu podziałowego.

Przy powyższej metodzie główną trudność przedstawia oczywiście utrzymanie dokładnego profilu kształtowej tarczy szlifierskiej, która po kilku skokach suwaka roboczego wymaga już wyregulowania zapomocą dyamentu. Jestto osiągnięte zapomocą odpowiedniego szablonu, prowadzącego dyament. Należy zauważyć, że wobec niewielkiej różnicy pomiędzy profilami, odpowiadającymi różnym liczbom zębów kół należących do doboru zmianowego, niema potrzeby posiadania przytem doboru tarcz szlifierskich, gdyż zapomocą dyamentu można z łatwością zamienić jeden profil na drugi. Dobór tarcz jest tym sposobem zamieniony przez dobór szablonów.

Prócz tej szlifierki istnieją i inne, oparte na metodzie profilowania obwiedniowego²⁾.

Metoda profilowania obwiedniowego. Profilowanie kształtowe kół zębatach, połączone z dużym zachodem w zakresie sporządzania narzędzi, nie daje pożądanej dokładności wymaganej od kół szybkoobrotowych. Wielką i zasadniczą wadą tej obróbki jest konieczność posiadania na składzie znacznej liczby kosztownych frezów. Można było więc z góry przewidywać, że metoda, umożliwiająca obróbkę ca-

łego szeregu kół zębatach o tej samej podziałce zapomocą jednego i tego samego narzędzia, dozna żywego przyjęcia przez praktykę przemysłową. Metodą powyższą jest profilowanie obwiedniowe. Jako narzędzia można użyć w danym wypadku koła zębatego o dowolnej liczbie zębów, byleby jego profil czynił zadość teoretycznej podstawie ząbienia, polegającej na ściślejszej symetryczności profilów wierzchołka i pnia zębatego, odpowiadającej danemu doborowi, względem prostopadłej do linii podziałowej zębatego



Rys. 22. Symetryczność profilów wierzchołka i pnia zębatego.

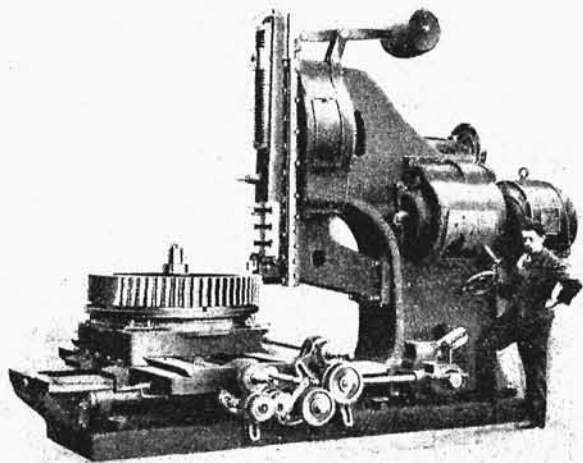
w punkcie przecięcia jej z profilem (prawo Sanga); inaczej wyrażając się, zęby zębatego winny wypełniać wręby drugiej takiej samej zębatego, będącej we chwycie z pierwszą (rys. 22). O ile więc koło zębatego-narzędzie kojarzy się z zębatego, odpowiadającą powyższemu warunkowi, można zapomocą niego wykonać cały dobór kół zmianowych o jakiegokolwiek liczbie zębów, oczywiście warunkowo, ze względu na interferencję profili przy kołach o małej liczbie zębów. Ostatnie ograniczenie jest zawsze koniecznością.

Najprostszym rozwiązaniem zagadnienia jest zastosowanie jako narzędzia zębatego, zwłaszcza ewolwentowej, której profile tnące są łatwymi do wykonania liniami prostymi. Zębom zębatego można nadać ruch postępowy tam

¹⁾ Zeit. V. D. I. 1911., Nr. 47, str. 1989.

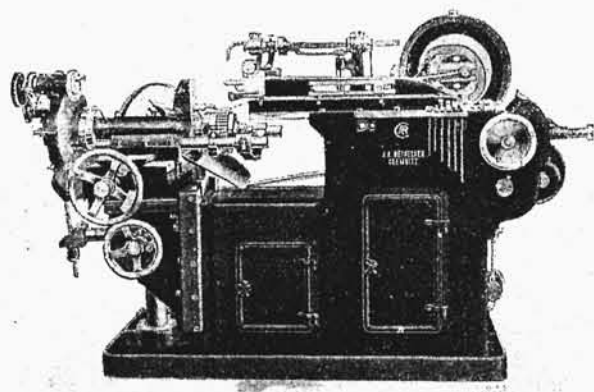
²⁾ Werkstatt-Technik 1907, str. 625.

i z powrotem wzdłuż prostej podziałowej, a kołu obrabianemu ruch obrotowy z prędkością obwodową, równą prędkości zębataki. Oprócz tego ruchu obwiedniowego narzędzia i koła, narzędzie np. nóż heblarski otrzymuje poprzeczny ruch roboczy, zagłębia się stopniowo w obwód koła, wyrzyna wręb i skrawa wióry. Można również pozostać narzędziu wyłącznie ruch postępowy, zaś pozostałe nadać przedmiotowi obrabianemu. Tę zasadę przyjęto np. w dłutownicy Schlomanna, zaopatrzonej w stół, otrzy-



Rys. 23. Dłutownica do kół zębatach Schlomanna.

mujący równocześnie posuw obwodowy i poprzeczny (rys. 23), strugarka Parkinsona działa natomiast według pierwszej zasady. W ostatnich czasach ten typ obrabiarzek zaczyna się rozpowszechniać. Pomiędzy innymi działa według omawianej metody strugarka Reineckera (rys. 24). Metodę powyższą zaleca prostota narzędzia. Przy obróbce kół o wielkim modułu zębów, jaki stosuje się w różnorodnych maszynach roboczych, gdy momenty obrotowe mechanizmu napędowego dosięgają potężnych wielkości ($m = 25$ do 40 i więcej), metoda dłutowania posiada wielkie zalety: narzędzie jest proste, łatwe do wykonania, a skrawanie jest wyjątkowo pośpieszne, dzięki możliwości brania



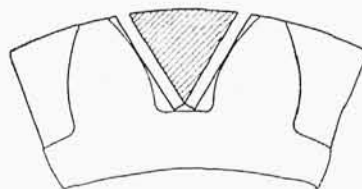
Rys. 24. Strugarka Reineckera do kół czołowych.

grubego wióra. Dłutownica nadaje się przytem zarówno do ciężkiej pracy zgruba i do lżejszej wykończania profilu. Odpowiedni schemat obróbki przedstawia rys. 25.

Innego rodzaju odmianę metody profilowania chwyto-owego przedstawia sposób Warnera Swaseya. Narzędzie stanowi frez złożony z płytek półokrągłych, osadzonych na dwóch sworzniach (rys. 26), profile tych płytek odpowiada-ją ściśle zębatace ewolwentowej. Frez ów otrzymuje ruch obrotowy, prócz tego dolna połówka freza, będąca w pracy posuwa się w tym kierunku co i obwód obracającego się obrabianego koła. Gdy tylko połówka dolna freza znajdzie się w górze poza wrębami koła, sworznię otrzymuje za pośrednictwem kła szablonowego przesuw powrotny na podziałkę. Zasada działania nie różni się więc zasadniczo od omawianych poprzednio sposobów. Zalet wybitnych metoda Warnera Swaseya nie posiada, mechanizm jest zbyt

złożony i delikatny, co zmniejsza dokładność i prędkość wykonania.

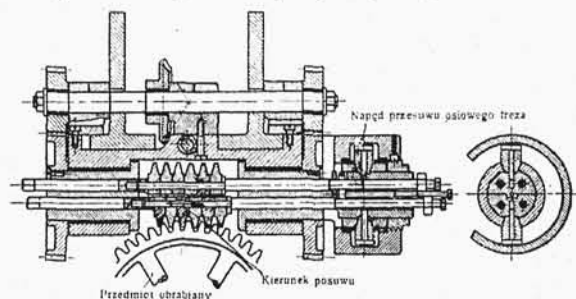
W dłutownicy Fellowa narzędzie stanowi koło zębata o 24 zębatach z profilem ewolwentowym o nachyleniu 20° , co ma na celu usunięcie interferencji profilów. Metodę obróbki wyjaśnia najzupełniej rys. 27, przedstawiający schemat dłutowania i stopniowy chwyt narzędzia i koła obrabianego. Zaznaczyć należy, że i wykonanie samego narzędzia odbywa się według metody chwytowej, a mianowicie narzędzie po obrobie zgruba i zahartowaniu jest poddawane dodatkowemu profilowaniu zapomocą tarczy szlifierskiej, przyczem otrzymuje ono równocześnie dwa ruchy: obrotowy około osi i postępowy wzdłuż zębataki idealnej, której tworząca zbiega się z krawędzią kształtującą tarczy



Rys. 25. Schemat obróbki zgruba i na czysto wrębu koła zębatego.

szlifierskiej (rys. 28). W tym celu wrzeczono szlifierki, na którym osadzone jest narzędzie, obrabiane C , jest zaopatrzone w bębenek A , do którego przymocowane są dwie wstęgi stalowe, których końce są przyśrubowane do płaszczyzny pochylonej B . Bębenek A posiada tę samą średnicę co i obwód podziałowy koła narzędzia C , zaś płaszczyzna B posiada te same nachylenia co i zębataki idealna A . Tym sposobem wrzeczono robocze, a więc i koło obrabiane może odbywać te same ruchy co i bębenek A , a więc obrotowy około osi i postępowy wzdłuż prostej podziałowej zębataki E . Tarcza szlifierska D jest pochylona nieco w stosunku do płaszczyzny czołowej koła-narzędzia, w celu nadania ukosu bocznym powierzchniom zębów. Ukos powyższy odpowiada zatoczeniom grzbietów zwykłego frezu, dodać należy, że narzędzie omawiane posiada cenną własność odnawiania zużytego profilu zapomocą szlifowania.

Szlifierka jest zaopatrzona w przyrząd mierniczy do sprawdzania dokładności wykonania narzędzi, przedstawiony na rys. 29. Składa się on z ramienia odchylanego, w które zakłada się badane narzędzie. Do płyty podstawowej przymocowuje się tarczę okrągłą odpowiedniej wielkości, ograniczającą przesuw drażka do góry. Grubość zęba na obwodzie podziałowym odczytuje się bezpośrednio zapomocą



Rys. 26. Frez złożony Warnera Swaseya.

ca czujnika. Prosty ten przyrząd umożliwia sprawdzenie wykonania każdego poszczególnego zęba.

Obrabiarke Fellowa przedstawia rys. 30. Cechuje ją mocna budowa, prostota konstrukcji i szeroki zakres zastosowań. Na rys. 30 widzimy obróbkę koła z uzębieniem wewnętrznym, którego nie można wykonać na jakiegokolwiek obrabiarce innego typu, o ile wieniec jest połączony z piastą zapomocą tarczy pełnej ze względu na niemożliwość wprowadzenia do środka freza, który winien przejść przez całą długość wrębu. Zasada działania dłutownicy Fellowa, zrozumi-iała bezpośrednio z rysunku, wskazuje, że do obróbki za-zebienia wewnętrznego nie potrzeba stosować przytem żadnych dodatkowych przyrządów i narzędzi. Jestto cenna własność tej obrabiarke, dzięki której zdobyła ona rozpowszechnienie. Rys. 31 wskazuje, jaki kształt należy nadać kołu zębataemu z uzębieniem wewnętrznym, wykonanemu

z jednej sztuki, o ile do narzyniania zębów użyć freza kształtowego, lub narzędzia Fellowa.

Przy dłutowaniu wylot na narzędzie może wynosić po kilka milimetrów, co stanowi wyższość tej metody w specjalnych wypadkach.

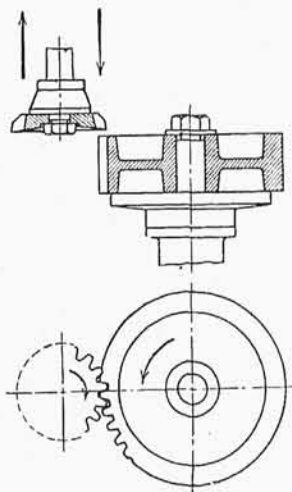
Fellow stosuje profil ewolwentowy o pochyleniu 20° linii przyporu. Odpowiednie skrócenie prostej przyporu przedstawia rys. 32. Nie jest ono zbyt znaczne.

Dłutowanie zębów według metody Fellowa rozpowszechniło się w przemyśle o wiele więcej, niż według metod Warnera, Swaseya, Parkinsona i Schlo-manna. Obrabiarka daje możliwość narzyniania kół z zazębieniem wewnętrznym, zewnętrznym oraz zębatek. Pomimo niewątpliwych zalet metody Fellowa w zastosowaniach specjalnych, powodzenie jej jest znikome wobec rozpowszechnienia metody profilowania obwiedniowego zapomocą freza ślimakowego.

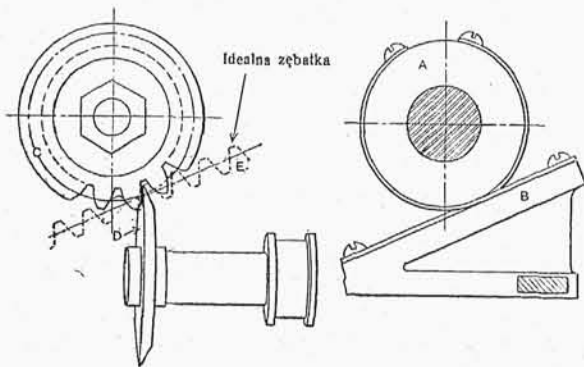
Metoda profilowania zapomocą freza ślimakowego oparta jest na tej zasadzie, że przekrój ślimaka w płaszczyźnie prostopadłej do średniej linii śrubowej, leżącej na powierzchni podziałowej ślimaka, można ze znacznym przybliżeniem przyjąć za zębatkę (rys. 33). Ruch obrotowy ślimaka odpowiada przytem prostoliniowemu przesuwowi zębatki, która może się zazębiać prawidłowo z czołowym kołem zębata. Profilowi ślimaka nadaje się kształt zęba zębatki, a więc trapezoidalny przy ewolwencji. Narzynając odpowiednie rowki na wióry przy skrawaniu oraz zataczając grzbiety zębów podobnie jak i przy frezach krążkowych, zamienia się ślimak na frez ślimakowy (rys. 34).

Jak to zobaczymy poniżej, wykonanie freza ślimakowego wymaga licznych i trudnych operacji. Za to upraszczają się znakomicie ruchy konieczne w samej obrabiarence, które sprowadzają się do obrotu zarówno narzędzia, jak i koła obrabianego.

Przy większych średnicach wręby są najpierw frezowane z gruba, co ma na celu oszczędność w zakresie koszto-



Rys. 27. Schemat profilowania obwiedniowego Fellowa.



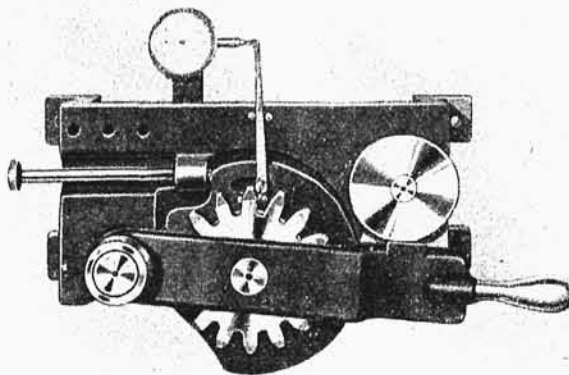
Rys. 28. Szlifowanie koła zębatego—narzędzia przy metodzie Fellowa.

wnych narzędzi i samych obrabiarek, a dopiero wykończenie odbywa się zapomocą frezów ślimakowych. Rys. 35 odpowiada temu właśnie sposobowi obróbki. Jeżeli ustawimy oś freza ślimakowego pod kątem pochylenia podziałowej linii śrubowej β względem płaszczyzny czołowej koła obrabianego, potem nasuniemy frez na jego obwód na wielkość, odpowiadającą głębokości wrębów, a następnie nadamy ruchy obrotowe frezowi i kołu, wreszcie odpowiedni posuw roboczy wzdłuż osi koła obrabianego, to frez zacznie narzynać proste zęby. Profil tych kół będzie rzutem powierzchni profilowej ślimaka na czołową płaszczyznę koła.

Pomysł użycia freza ślimakowego do obróbki kół zębatych przedstawia tyle dogodności pod względem teoretycznym i praktycznym, że nie mówi się często o wadach

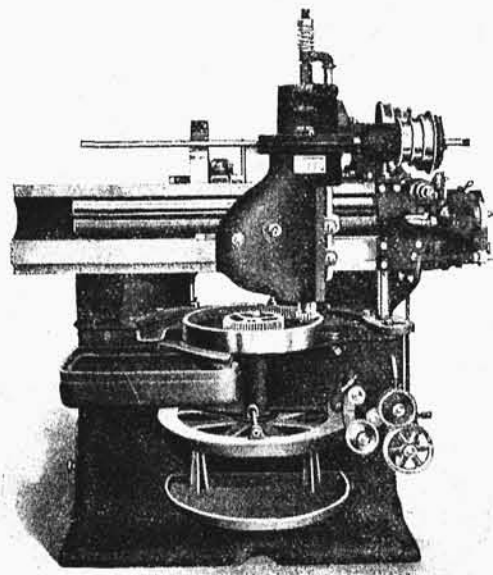
tej metody. Wykonanie freza ślimakowego jest rzeczą trudną i połączoną z nieuniknionymi błędami.

Frez ślimakowy wykonywa się według następującego szeregu operacji. Najpierw zapomocą noża tokarskiego



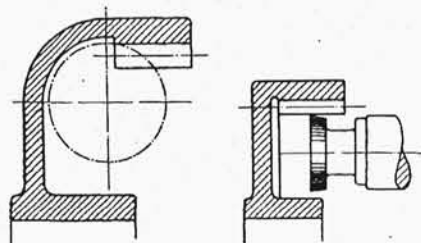
Rys. 29. Przyrząd mierniczy do narzędzi Fellowa.

kształtu trapezoidalnego, z ewentualną poprawką, w celu uniknięcia interferencji, narzynia się wręby ślimaka. Można również wręby powyższe wyfrezować na specjalnej obrabiarence. Przy toczeniu, czy frezowaniu wrębów należy odpo-



Rys. 30. Dłutownica Fellowa przy obróbce koła z uzębieniem wewnętrznym i zewnętrznym na piaście, wykonanem z jednej sztuki.

wiednio ustawić narzędzie, zachowując wielką dokładność. Gotowy ślimak przenosi się na frezarkę uniwersalną, w celu narzynienia rowków śrubowych, dzięki którym powstają krawędzie tnące. Rowki te są prostopadłe do podziałowej linii

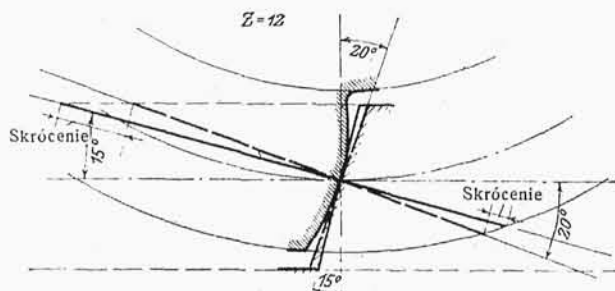


Rys. 31. Obróbka zazębienia wewnętrznego zapomocą frezowania i dłutowania.

śrubowej ślimaka, wykonywa się zapomocą specjalnego freza o zastrzonym profilu zębów (rys. 36). Tworzące tego freza leżą na powierzchni stożkowej, wobec czego nie podcinają one czołowej powierzchni zębów freza ślimakowego, jaka się tworzy przy wyrzynaniu rowków.

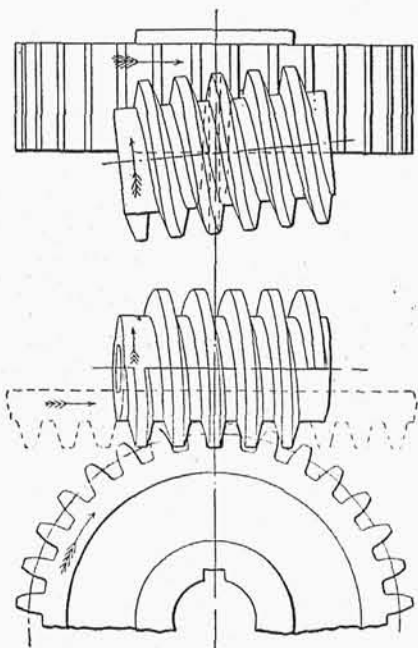
Obrabiany frez przechodzi na opisaną już poprzednio tokarkę do zataczania grzbietów. Zapomocą noża trapezoi-

dalnego zatacza się dna wrębów i boczne ich ścianki. Wobec tego, że zęby leżą na linii śrubowej, obróbka jest nieco zmieniona w porównaniu z zataczaniem grzbietów zwykłych



Rys. 32. Skrócenie prostej przyporu przy ewolwencie 20-stopniowej.

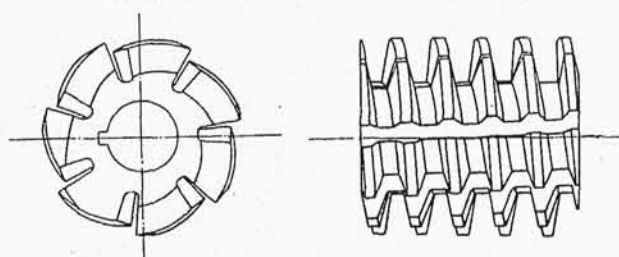
frezów krawkowych, a mianowicie suportowi tokarki daje się przesuw wzdłuż po łożu, odpowiadający ściśle ruchowi przy narzynaniu gwintu ślimaka. Przy sposobności zauważymy, że skręt w górnej części suportu umożliwia nastawianie noża pod danym kątem względem płaszczyzny prostopadłej do głównej osi tokarki.



Rys. 33. Schemat chwytu czołowego i ślimaka koła zębatego.

W taki sam sposób zatacza się i grzbiety zębów freza ślimakowego.

Bardzo ważną czynnością jest hartowanie ślimaka. W praktyce warsztatowej jest to jedna z najtrudniejszych operacji, otoczonych pewnego rodzaju tajemniczością. Należy przy niej zwracać baczną uwagę na równo-

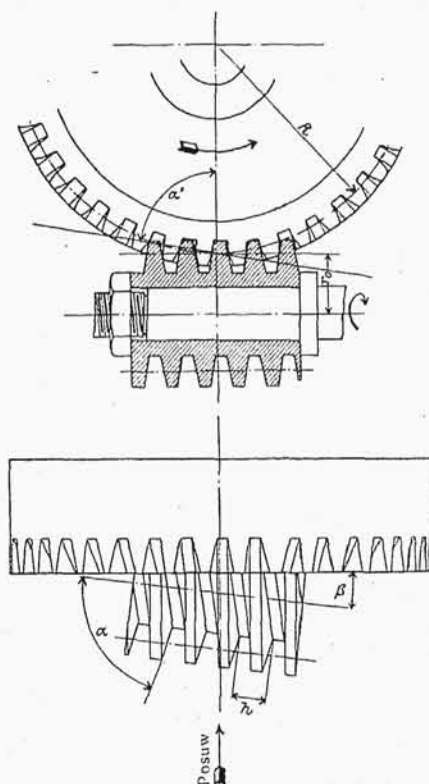


Rys. 34. Frez ślimakowy.

mierność rozgrzania freza, posilując się w tym celu kąpielą z roztopionej soli, której temperatura odpowiada ściśle danemu gatunkowi stali narzędziowej. Przy opuszczaniu rozpalonego freza do łożu, lub oleju, stosownie do gatunku stali, należy wykonywać ruch śrubowy, aby oziębianie było równomierne. Po nagłym utrwaleniu struktury stali frez należy poddać powolnemu stygnięciu.

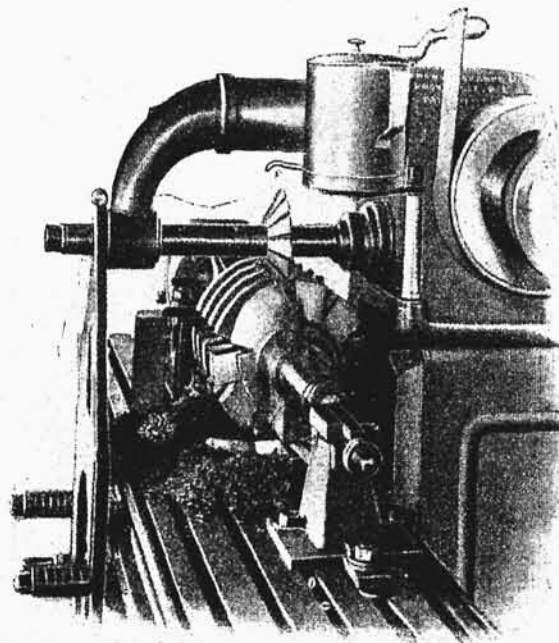
Po zahartowaniu frez przechodzi na szlifierkę, w celu poprawienia krawędzi tnących. Wszystkie drobiazgowość, dotyczące frezowania rowków, powtarzają się przy

szlifowaniu. Tarcza szlifierska winna posiadać powierzchnię stożkową, której tworzące należy ustawić prostopadle do podziałowej linii śrubowej ślimaka w punkcie przecięcia z czołową powierzchnią zębów. Należy stosować przytem odpowiednie przyrządy podziałowe, jak przy frezowaniu.



Rys. 35. Schemat wykańczania wrębów zapomocą freza ślimakowego.

Bocznych powierzchni zębów freza ślimakowego nie szlifuje się zwykle, i dopiero w ostatnich czasach wprowadzana jest do praktyki powyższa operacja. Należy zaznaczyć, że zwichrowanie profili zębów przy frezie ślimakowym nie jest tak szkodliwe, jak przy frezie kształtowym, gdyż przy narzynaniu poszczególny ząb freza dotyka się profilu



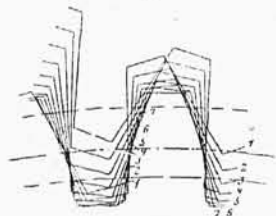
Rys. 36. Narzynanie rowków poprzecznych na frezie ślimakowym.

obrabianego koła w jednym punkcie, a nie wzdłuż całej krzywej (rys. 37).

Pomimo zachowania wszelkich ostrożności i przepisów, nie można uniknąć pewnych błędów, wynikających z braku tożsamości profilu zębów freza i idealnej zębaki przy profilowaniu chwytowem.

Jak już mówiliśmy o tem poprzednio, posuw roboczy przy narzynaniu kół czołowych zapomocą freza ślimakowe-

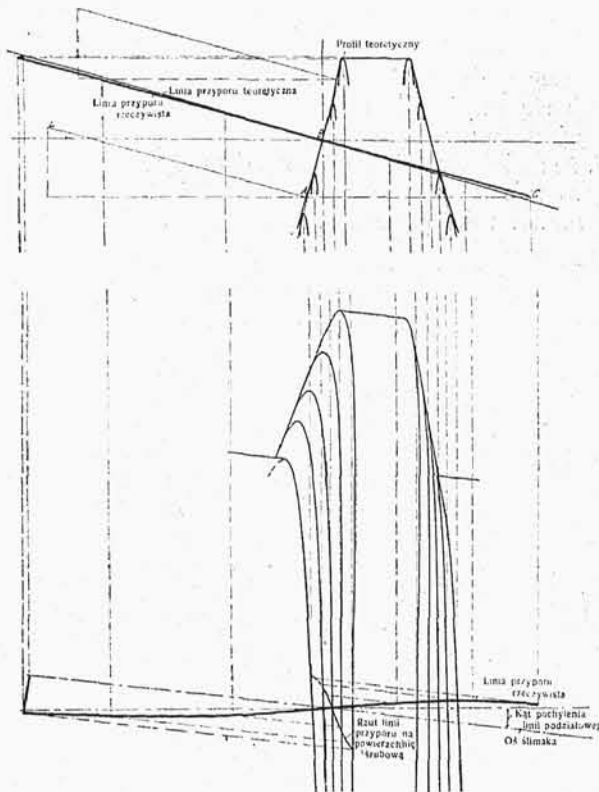
go odbywa się w kierunku stycznej do podziałowej linii śrubowej. Krawędź tnąca winna być więc identyczna z rzutem płaszczyzny śrubowej ślimaka na płaszczyznę, prostopadłą do stycznej do średniej, czyli podziałowej, linii śrubowej. W rzeczywistości rzut taki ślimaka ewolwentowego nie jest prostą lecz krzywą wklęsłą, która oddala się od profilu teoretycznego zębataki ewolwentowej przy wierzchołku i podstawie zęba. Linie śrubowe tworzące powierzchnię ślimaka dają trzy rodzaje rzutów: w postaci krzywych z punktem



Rys. 37. Schemat stopniowego zagłębiania się zębów freza ślimakowego.

zwrotnym (podziałowa średnia linia śrubowa), falistych (na mniejszych średnicach) i pętlicowych (na większych średnicach). Punkty na powierzchni śrubowej ślimaka, jakie odpowiadają rzutom rozpatrywanej krzywej profilowej, nie leżą w płaszczyźnie przekroju normalnego przez gwint ślimaka, lecz tworzą krzywą przestrzenną, będącą zarazem rzutem linii przyporu na powierzchnię śrubową ślimaka wzdłuż jego osi głównej. Sama linia przyporu nie jest prosta, jak w zębatce ewolwentowej, lecz różni się nieco od niej (rys. 38).

Docent politechniki akwizgrańskiej, Karol Barth, dał metodę obliczania popełnianego błędu przy zastąpieniu zębataki ewolwentowej przez rzut powierzchni śrubowej ślimaka, opierając się na znanych pracach prof. Ernsta i Kirnera



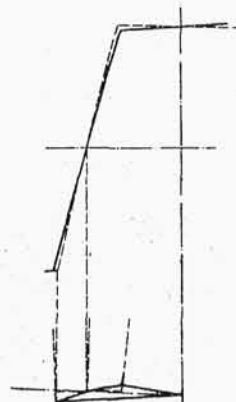
Rys. 38. Widok z przodu i z góry ślimaka ewolwentowego.

w zakresie zazębienia ślimakowego. Według obliczeń Bartha błąd pochodzący z tego powodu wynosi przy frezie ślimakowym o średnicy podziałowej 85 mm i modułu $M=10$, aż 0,73 mm (na obwodzie zewnętrznym).

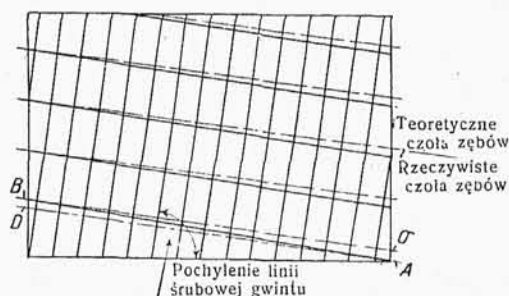
Poważną wadą obróbki chwytowej zapomocą freza ślimakowego jest otrzymywanie profili niesymetrycznych względem środka zęba. Skrzywienie jest przytem skierowane w stronę osiowego przesuwu krawędzi tnących freza ślimakowego. Uwydatnia się to zwłaszcza przy kołach o mniejszej liczbie zębów; koła wykonane zazębiają się prawidłowo przy obrocie w jednym kierunku i gorzej w drugim. Aby usunąć ten brak, postępują zwykle w ten sposób, że koło

poddają dodatkowemu przefrezowaniu po odwróceniu go na drugą stronę i umiejętnym wprowadzeniu zębów ślimaka we wręby koła.

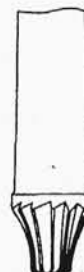
Błąd powyższy można w znacznej mierze objaśnić nieprawidłowym ustawieniem tarczy szlifierskiej przy oszlifowywaniu czołowych powierzchni zębów od strony rowków poprzecznych. Już samo użycie powierzchni śrubowych, a nie płaszczyzn przy frezowaniu tych rowków jest źródłem błędów, polegającego na tem, że frez ścina ukośnie wierzchołkową krawędź czołową zęba (rys. 39). Pochodzi to stąd, że grzbiety zębów są zataczane, wskutek czego krawędź wierzchołkowa nie leży na powierzchni walcowej. Jeszcze większe błędy wynikają z tego, że trudno urzeczywistnić na szlifierce narzędziowej nastawienie tarczy na dowolny kąt względem podziałowej linii śrubowej obrabianego freza i że należy się zadowolić jedynie większym lub mniejszym przybliżeniem. W praktyce zdarza się np., że zamiast pochylenia $6^{\circ}40'22,7''$ stosuje się $6^{\circ}4'17,6''$, gdyż tego rodzaju przybliżenie dają koła zmianowe. Jeżeli prowadzić tarczę szlifierską po linii AD (rys. 40 przedstawia rozwinięcie walcowej powierzchni freza na płaszczyźnie), to dotknie się ona zaledwie czołowej powierzchni zęba w punkcie A . Aby rzeczywiście zeszlifować czołowe stępione, czy nierówne po hartowaniu krawędzie, należy prowadzić tarczę szlifierską wzdłuż CB , t. j. dopóty aż tarcza nie zedrże wszystkich zębów. Wskutek zmiany pochylenia czołowej linii krawędzi tnących zębów lewe i prawe profile różnią się wzajemnie: z jednej strony otrzymuje się profil „przeszlifowany” a z drugiej, niedoszlifowany”. Owa nietożsamość profili lewych i prawych wywołuje nieprawidłowe kojarzenie się kół obrobionych



Rys. 39. Skażenie profilu tnącego zęba wskutek szlifowania czołowej powierzchni.



Rys. 40. Przybliżone szlifowanie czołowych krawędzi freza ślimakowego.

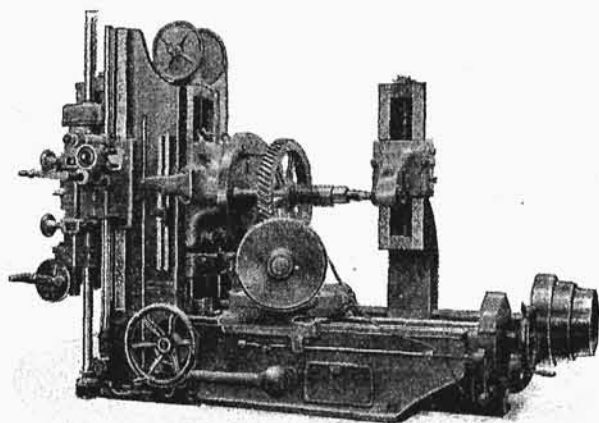


Rys. 41. Frez palcowy.

przy ruchu nawrotnym. Gdyby nawet ujednolicić kąt pochylenia linii śrubowych rozmaitych frezów ślimakowych o różnych modułach zapomocą odpowiedniego ustalenia średnic podziałowych, to i tak nie udałoby się usunąć w zupełności omawianego błędu, gdyż wraz ze stopniowym zeszlifowywaniem zębów zmienia się średnica podziałowa freza, a tem samem i kąt nastawienia tarczy szlifierskiej.

Widzimy z tego, że wykonanie freza ślimakowego jest połączone z wielu trudnościami i niedokładnościami. Zwłaszcza przy większych modułach frezy ślimakowe osiągają wielkich rozmiarów, co utrudnia bardzo hartowanie, oraz potęguje błędy. W tych razach pierwszeństwo oddać należy dłutowaniu, lub nawet frezowaniu zapomocą t. zw. freza palcowego (czopowego), przedstawionego na rys. 41, jakkolwiek narzędzie powyższe posiada liczne braki. Tak np. nie można zapomocą szlifowania odzyskać pierwotnego profilu, krawędzie tnące tępią się prędko i t. p. Zato wielkość freza palcowego jest o wiele mniejsza niż freza ślimakowego o tym samym modułu, a samą pracę narzędzia można ograniczyć do wykończania uprzednio wyfrezowanych lub wydłutowanych zgruba wrębów. Ten sam frez palcowy jest używany do obróbki i małych kół z uzębieniem skrotnym i daszkowym.

Współzawodnictwo metod profilowania kształtowego i obwiedniowego wywołało liczne spory. Zagadnienie przedstawia się o tyle ciekawie, że poruszono przy tem w sposób zasadniczy a praktyczny sprawę prawidłowego kojarzenia się kół zębatach oraz niedogodności wynikających z interferencji. Przy obróbce zapomocą freza ślimakowego otrzymuje się bowiem odrazu koła z podciętymi zębami, przez co interferencya profili stała się zjawiskiem „namacalnym” dla ogółu.



Rys. 42. Frezarka Ducommun do frezów ślimakowych.

Najważniejsze zalety freza ślimakowego polegają na oszczędności przy kupnie narzędzi i na wydajności samego freza. Frez ślimakowy zastępuje w zupełności dobór frezów kształtowych do narzyniania kół o najrozmaitszej liczbie zębów, będąc od niego kilkakrotnie tańszy. Odpada przy nim większość operacji przygotowawczych ze względu na prostoliniowość krawędzi tnących. Wydajność freza ślimakowego, zwłaszcza przy narzynianiu mniejszych i średnich kół, jest bez porównania większa od wydajności frezów krawędziowych z powodu znacznej liczby krawędzi tnących i równoczesnego chwytu kilku zwojów ślimaka. Nagrzewanie obrabianego koła jest równomierniejsze.

Dobór kół zmianowych przy obrabiarkach następuje mniej trudności. Narzynianie zębów ze zmniejszoną wysokością wierzchołka lub pnia (sposób Laschego) wymaga jedynie odsunięcia freza ślimakowego od koła, a nie zmiany samego narzędzia jak przy metodzie profilowania kształtowego.

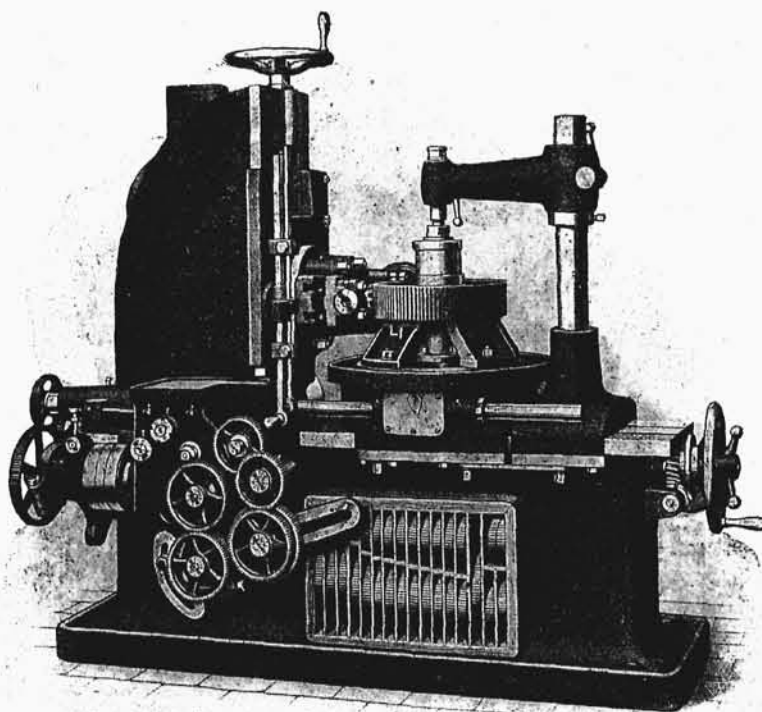
Frez ślimakowy posiada jednak i liczne wady: mechaniczna i termiczna obróbka jest trudna, staranne wykonanie freza wymaga wiele zachodu i kosztów. Ustawianie koła i freza na obrabiarkę jest uciążliwe. Koła zębata obrabiarki są bardzo obciążone, gdyż mają za zadanie nie tylko przesunąć stosownie do podziałki koło obrabiane, lecz i przewyciężyć nacisk roboczy, wskutek czego zużywają się prędko. Przy narzynianiu kół różnej średnicy należy stosować ze względów oszczędności dwa frezy ślimakowe: długi do kół o wielkiej liczbie zębów i krótki do mniejszych trybów. Nakoniec do obróbki bardzo wielkich modułów frezy ślimakowe nie nadają się zupełnie: momenty skręcające wrzeciono frezowe obrabiarki osiągają zbyt znacznych wielkości, a pogrubienie wrzecion wywołuje konieczność stosowania frezów niepraktykowanej wielkości.

Od frezarek do freza ślimakowego wymaga się trzech rzeczy: bardzo sztywnego kadłubu, sań i suportu, trwałego i mocnego mechanizmu napędowego, wreszcie dokładnego

mechanizmu podziałowego. Sztywność budowy posiada przytem wpływ decydujący nie tylko na wydajność obrabiarki, umożliwiając stosowanie grubych wiórów, lecz i na dokładność wykonania, usuwając szkodliwe drgania i odkształcenia. Jeżeli mechanizmom frezarek do frezów kształtowych stawia się cały szereg warunków dokładności i wytrzymałości, to tem bardziej obowiązują one frezarki do frezów ślimakowych. Dobór odpowiedniego i ściśle jednorodnego materiału na koła ślimakowe, ślimaki, wrzeciona i t. p. jest rzeczą pierwszorzędnej wagi.

Typy obrabiarek stosujących frez ślimakowy różnią się naogół niewiele od frezarek do frezów kształtowych, głównie zaś zastosowaniem skrętnego suportu z wrzecionem frezowym, które należy nastawiać na kąt pochylenia linii śrubowej względem tworzących zębów obrabianego koła, a także obecnością specjalnej przekładni zębatej, uzależniającej obrót koła obrabianego od obrotu wrzeciona frezowego, w celu urzeczywistnienia wzajemnego chwytu narzędzia i koła. Prototypem tych frezarek jest zwykła frezarka uniwersalna, na której można profilować chwytowo zęby, posilując się odpowiednim przyrządem podziałkowym.

Wrzeciono frezowe w obrabiarkach omawianego typu może być umieszczone bądź na saniach, przesuwających się wzdłuż łoża (rys. 42) bądź na suportie stojakowym (rys. 43). Typ pierwszy różni się bardzo niewiele od frezarek do frezów krawędziowych, tak pod względem budowy jak i działania; posuw roboczy odbywa się z góry na dół, a ponieważ obróbka wszystkich wrębów koła odbywa się równocześnie, więc nie zachodzi potrzeba cofania suportu frezowego do góry, aż dopiero po skończeniu całej roboty. O wiele częściej wszakże są stosowane frezarki z wrzecionem frezowym na suportie stojakowym. Jedną z nich w wykonaniu Tow. Gildemeister



Rys. 43. Frezarka Gildemeistra do profilowania chwytowego i kształtowego.

w Bielefeldzie nadaje się zarówno do profilowania chwytowego, jak i kształtowego, co przedstawia poważną zaletę praktyczną. Jeszcze inny typ stanowią frezarki z przesuwaniem po łożu stojakiem, przy których częścią, zbyt ciężką stają się sanie ruchome; przesuwanie stojaka daje możliwość obrabiania kół o różnej średnicy. (C. d. n.)