

Wzory te można byłoby ogólnie pisać:

$$D_w = m(z \pm 2) \quad /8/$$

$$D_p = m(z \mp 2,4) \quad /9/$$

przy czym przyjmujemy górne znaki w wypadku kół zębatach zewnętrznych, dolne zaś w wypadku kół zębatach wewnętrznych.

W podobny sposób możemy ująć ogólny wzór dla określenia odległości osi przekładni czołowej o zębach prostych:

$$a = 0,5 \cdot m \cdot (z_1 \pm z_2) \quad /10/$$

§3. Podstawowe pojęcia z teorii zazębienia.

Warunkiem prawidłowego zazębienia jest stałe przekształcenie: $i = \text{const.}$

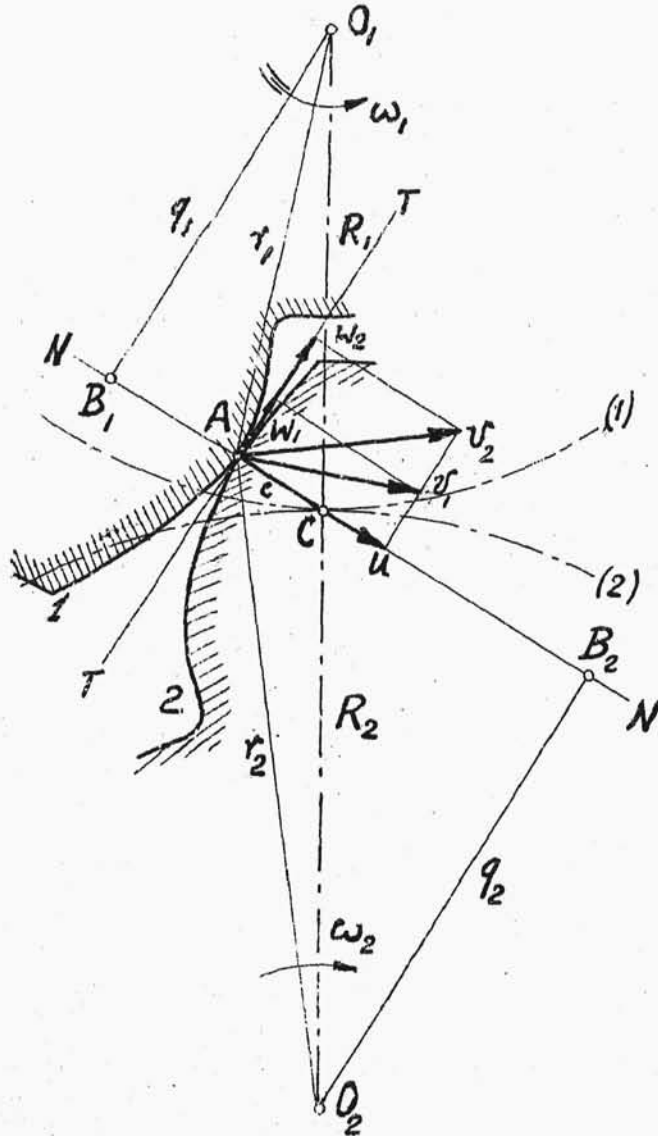
Jaki powinien być zarys zęba, aby warunek ten został spełniony?

Rozważmy dwa koła o środkach O_1 i O_2 , oraz dwa współpracujące zarysy zębów tych kół /rys.9/. Koło czynne obraca się z prędkością kątową ω_1 , bierne zaś z prędkością ω_2 . Wystawmy w punkcie A wspólnym dla obu zarysów normalną NN . Załóżmy, że normalna ta przechodzi przez punkt C . Punkt A zarysu 1 będzie poruszał się z prędkością

$$V_1 = r_1 \cdot \omega_1$$

ten sam punkt A zarysu 2 będzie się poruszał z szybkością

$$V_2 = r_2 \cdot \omega_2$$



rys.9.

Oznaczmy przez r_1 i r_2 chwilowe wartości promieni O_1A i O_2A ; Prędkości V_1 i V_2 są do nich prostopadłe. Ponieważ za-

rysy 1 i 2 pozostają we wzajemnym zetknięciu, składowe U prędkości V_1 i V_2 skierowane wzdłuż wspólnej ich normalnej NN , muszą być równe. Opuszczmy ze środków kół O_1 i O_2 prostopadłe O_1B_1 i O_2B_2 do NN , długości ich oznaczmy przez q_1 i q_2 . Z podobieństwa trójkątów Auv_1 i O_1B_1A znajdujemy:

$$U = V_1 \cdot \frac{q_1}{r_1}$$

Z podobieństwa trójkątów Auv_2 i O_2B_2A znajdujemy:

$$U = V_2 \cdot \frac{q_2}{r_2}$$

Wstawiając poprzednio podane wartości V_1 i V_2 możemy napisać:

$$U = \omega_1 \cdot q_1 = \omega_2 \cdot q_2 \quad /11/$$

stąd:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \text{const.}$$

Oznaczmy przez C punkt przecięcia normalnej NN i linii środków O_1O_2 . Z podobieństwa trójkątów O_1B_1C i O_2B_2C znajdujemy:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

a więc

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1}{i} = \text{const.}$$

Stąd wynika, że wspólna normalna do obydwóch zarysów zębów, dwóch współpracujących kół O_1 i O_2 , musi przechodzić w każdej chwili przez stały punkt C , leżący na linii

środków, dzielący jej długość $O_1 O_2$ w stosunku odwrotnym do prędkości kątowych ω_1 i ω_2 obydwuch kół.

Z podobieństwa trójkątów $A \omega_1 \nu_1$ i $A B_1 O_1$ oraz $A \omega_2 \nu_2$ i $A B_2 O_2$ przy uwzględnieniu równości /11/ wynika:

$$\text{oraz } W_1 = u \frac{AB_1}{q_1} = AB_1 \cdot \omega_1$$

$$W_2 = u \frac{AB_2}{q_2} = AB_2 \cdot \omega_2$$

, Oznaczmy przez C promień przyporu AC i przez $W = W_2 - W_1$ prędkości wzajemnego ślizgania się zarysów 1 i 2. $W = (C + CB_2)\omega_2 - (CB_1 - C)\omega_1 =$

$$= C(\omega_2 + \omega_1) + CB_2 \cdot \omega_2 - CB_1 \cdot \omega_1$$

Uwzględniając równości /11/ stwierdzamy, że dwa ostatnie wyrazy są równe i wzajemnie się znoszą, gdyż z podobieństwa trójkątów $O_2 B_2 C$ i $O_1 B_1 C$ wynika:

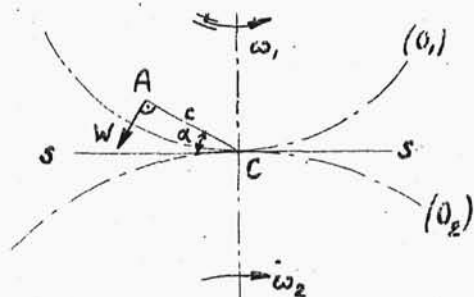
$$\frac{CB_1}{CB_2} = \frac{q_1}{q_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

ostatecznie więc prędkości wzajemnego ślizgania się zarysów 1 i 2 wyniesie:

$$W = C(\omega_1 + \omega_2) \quad /12/$$

Zależność tę moglibyśmy wyprowadzić bezpośrednio w drodze następującego rozumowania. Ruch kół zębatach O_1 i O_2 z prędkościami ω_1 i ω_2 dookoła środków O_1 i O_2 , możemy uzmysłowić sobie, jako toczenie się bez ślizgania kół o środkach O_1 i O_2 i o promieniach R_1 i R_2 ; jak wiemy, bę-

dą to koła podziałowe (O_1) i (O_2) /rys.10/. Jeżeli całemu ukła-

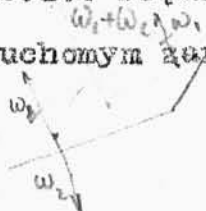


rys.10.

dowii nadalibyśmy dodatkową
szybkość kątową ω_2 dokoła
punktu O_2 , to koło O_2 uzyska-
łoby prędkość wypadkową rów-
ną zero, a koło O_1 prędkość
wypadkową $\omega_1 + \omega_2$ dokoła pun-
ktu środkowego C , będącego

chwilowym środkiem obrotu, jak to wynika z rys.10. Prędkość
ślizgania się punktu A zarysu koła 1 po nieruchomym zary-
sie koła 2 musi być więc równa :

$$W = C(\omega_1 + \omega_2)$$



Punkt em pr z y p o r u A jest punkt stycz-
ności zarysów dwóch współpracujących zębów /rys.9 i 10/.
P r o m i e n i e m pr z y p o r u jest odcinek, łączą-
cy punkt A przyporu z punktem środkowym C . Kąt jaki two-
rzy promień przyporu AC z linią prostopadłą SS do linii
środków O_1O_2 nazywamy k ą t e m pr z y p o r u /rys.10/
Miejsce geometryczne punktów przyporu A na płaszczyźnie
związanej ze środkami O_1 i O_2 kół, nazywamy l i n i ą pr z y-
p o r u, $A'CA''$ /rys.11/. Musi ona oczywiście przechodzić
przez punkt środkowy C .

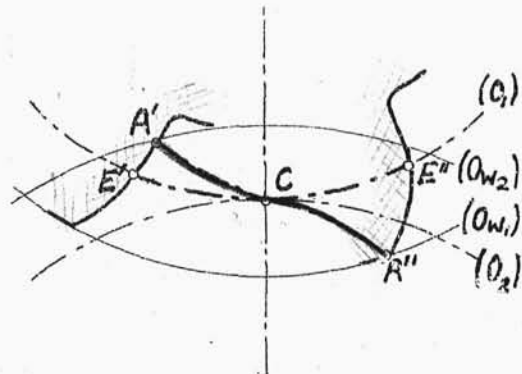
O d c i n k i e m pr z y p o r u jest długość ACA''

W.M. Części maszyn.



linii przyporu, którą możemy praktycznie wykorzystać, a więc zawartą między kołami wierzchołkowymi O_{w1} i O_{w2} współpracujących kół zębatach.

Łuki e m p r z y p o r u będziemy nazywać długość łuku $E'E''$ mierzonego na kole podziałowym, odpowiadającą odcinkowi przyporu, a więc zawartą między zarysami zębów l' i l'' , przechodzącymi przez końcowe punkty A' i A'' linii przyporu. Aby praca przekładni zębatej była ciągła, to łuk przyporu powinien być większy od podziałki t .



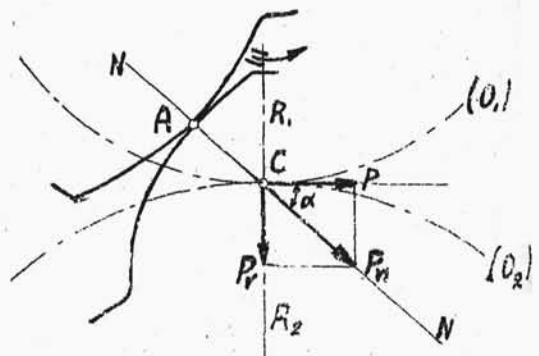
rys.11.

L i c z b a p r z y p o r u

ε jest stosunek łuku przyporu do podziałki t

$$\varepsilon = \frac{\text{długość łuku przyporu}}{t \text{ (podziałka)}} > 1$$

Na rys.12 przesunęliśmy siłę P_n działającą w punkcie przyporu A do punktu środkowego C . Siłę normalną P_n , z jaką ząb koła czynnego O_1 działa na ząb koła biernego O_2 , możemy rozłożyć na si-



rys.12.

siłę obwodową P i siłę promieniową P_r . Pomijając tarcie międzyzębowe, napisać możemy:

$$P = P_n \cdot \cos \alpha \quad \text{- siła obwodowa} \quad /13/$$

lub $P_n = \frac{P}{\cos \alpha}$ - siła normalna /nacisk normalny lub międzyzębowy/.

$$P_r = P_n \cdot \sin \alpha = P \cdot \tan \alpha \quad \text{- siła promieniowa /nacisk promienio-} \\ \text{wy/} \quad /14/$$

Reakcja na czopach wału koła O_2 , na którym jest ono osadzone, jest równa siłę P_n , lecz skierowana przeciwnie. Znając siły, możemy określić ich momenty względem środków kół.

$$M_1 = P \cdot R_1 \quad \text{- moment obrotowy, działający na koło} \\ \text{czynne} \quad /15/$$

$$M_2 = P \cdot R_2 \quad \text{- moment obrotowy działający na koło bierne} \\ \text{ne} \quad /15a/$$

$$\begin{matrix} P_n & P_o & P_r \\ M_1 & \text{ i } & M_2 \end{matrix} \text{ w kgm.} \quad \text{wyrażamy w kg. } R_1 \text{ i } R_2 \text{ wyrażamy w cm,}$$

Gdy kąt przyporu jest duży, powstają ogromne naciski, co powodować może zniszczenie zęba. Najczęściej spotykamy się z kątem 15° rzadziej 20° do 22° , nigdy nie przekraczamy 30° .

Najczęściej warunki pracy przekładni określone są przez moc N przez nią przenoszoną, przez ilość obrotów

n_1 i n_2 obydwoch wałów w 1 min. Momenty M_1 i M_2 możemy obliczyć na podstawie ogólnej zależności:

$$M = \frac{75 \cdot N \cdot 100 \cdot 60}{2 \pi \cdot n} = 71620 \frac{N}{n} \text{ kg cm.} \quad (16)$$

Przykład. Przekładnia przenosi moc $N=60 \text{ KM}$; $\frac{n_1}{n_2} = \frac{720}{80}$

Odległość osi kół $a=35 \text{ cm}$, kąt przyporu $\alpha=20^\circ$

Obliczyć promienie kół podziałowych, oraz siły P ; P_n

Na podstawie wzoru: (2)

$$D_2 = \frac{720}{720+80} \cdot 2 \cdot 35 = 56 \text{ cm.}$$

Wynika stąd, że:

$$R_2 = 28 \text{ cm.}; R_1 = a - R_2 = 35 - 28 = 7 \text{ cm.}$$

$$M_1 = 71620 \frac{60}{720} \approx 5970 \text{ kg cm.}$$

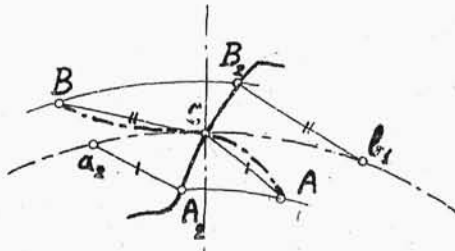
$$P = \frac{M_1}{R_1} = \frac{5970}{7} \approx 855 \text{ kg}$$

$$P_n = \frac{P}{\cos \alpha} = \frac{850}{\cos 20^\circ} = \frac{850}{0,9397} = 908 \approx 910 \text{ kg.}$$

§4. Budowa zarysu zębów.

Na rys.13 przedstawiony jest dowolny zarys zęba, przesunięty przez punkt C, jest to jego położenie środkowe. Zarysowi temu odpowie ściśle określona linia przyporu, którą możemy wyznaczyć. Oznaczmy przez A_2

dowolny punkt zarysu; będzie on w przyporze wówczas, gdy normalna $A_2 \alpha_2$ do zarysu będzie przechodziła przez punkt



rys.13.

środkowy C . Chcąc więc wyznaczyć punkt przyporu A , odpowiadający punktowi A_2 , zataczamy ze środka C łuk promieniem $C A_2$, po czym z punktu C zakreślamy łuk promieniem $A_2 \alpha_2$. Szukany

punkt A linii przyporu leżeć będzie na przecięciu tych dwóch łuków. Podobnie postępujemy z szeregiem innych punktów zarysu / np. B_2 / i wyznaczamy całą linię przyporu AB .

Zadanie można byłoby odwrócić, znajdując z danej linii przyporu zarys zęba. Jest rzeczą oczywistą, iż dwa koła zębate współpracujące ze sobą muszą mieć dokładnie nakrywające się linie przyporu.

Jeżeli mamy trzy lub więcej kół zębatach, które dowolnie skojarzone, powinny móc współpracować ze sobą /wypadek kół zmianowych/, ich linie przyporu nie tylko powinny być jednakowe, lecz nadto muszą być symetryczne względem punktu środkowego C ; tylko w tym bowiem wypadku linie przyporu kół A i B zazębiających prawidłowo z

trzecim kołem D , mogłyby się nakrywać, umożliwiając kojarzenie kół A i B .

Łatwiejsze szeregi sposobów budowy zarysu zęba wg. założonego zarysu zęba koła współpracującego.

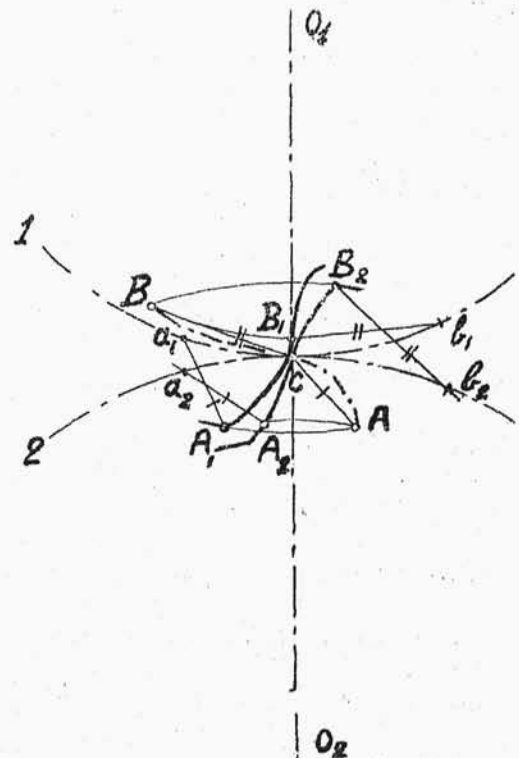
S p o s ó b R e l e a u x /sposób punktowy/polega na wyznaczaniu położenia kolejnych punktów linii przyporu i wg. niej punktów szukanego zarysu, współpracującego z danym zarysem. Oznaczamy przez O_1 i O_2 środki założonych kół podziałowych i zakładamy zarys zęba 2, należący do koła O_2 /rys.14/.

Wychodząc z dowolnego punktu A_2 wyznaczamy odpowiadający mu punkt A na linii przyporu, znanym już sposobem punktowym, pokazanym na rys.13.

W czasie, gdy punkt ten przesunie się do położenia

A_2 odpowiadający mu punkt koła O_1 przesunie się do punktu A_1 , przy czym łuki

Ca_2 i Ca_1 o jakie obróca się oba koła podziałowe



rys.14.

1 i 2, muszą być równe. W tym celu z punktu O_1 zataczamy łuk promieniem O_1A i z punktu a_1 zataczamy łuk promieniem $(A$; szukany punkt A będzie leżał na przecięciu się tych łuków. Postępując podobnie z szeregiem innych punktów zarysu 2, np. B_2 , wyznaczamy linię przyporu AB i zarys 1 zęba koła O_1 .

Punkty A_1 i A_2 są punktami wzajemnie sobie odpowiadającymi; odcinki zarysów zawarte między pobliskimi punktami odpowiadającymi nazywamy odcinkami wzajemnie sobie odpowiadającymi.

Zaznaczmy, iż przy budowie zarysu korzystniej jest zawczasu wyznaczyć na kole podziałowym O_2 szereg punktów $\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2 \dots$ odcinających łuki równe $\alpha_2 \alpha'_2 = \alpha'_2 \alpha''_2 = \dots$ i z punktów tych opuścić normalne do zarysu założonego. Duże usługi może oddać przy tym posługiwanie się przezroczystą kalką, z nakreślonym nań krzyżem, utworzonym przez dwie bardzo cienkie linie prostopadłe. Krzyż ten ustawiamy tak, by jedno jego ramię tworzyło styczną do zarysu, drugie zaś przechodziło przez punkty $\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2 \dots$; wówczas środek krzyża wyznaczy nam punkty $A_2 A'_2 A''_2 \dots$ zarysu.

Sposób Releaux pozwala więc na wyznaczenie odcinków odpowiadających, oraz na określenie ich chwilowego

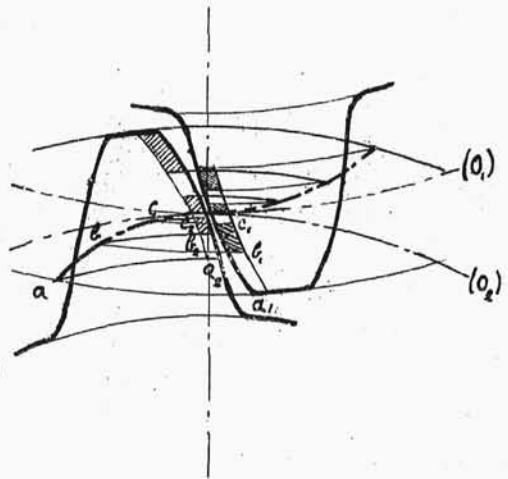
poślizgu względnego.

Na rys.15 odcinki odpowiadające dla lepszego ich uwidocznienia zostały zaczer-
nione.

Poślizg względny ψ jest
stosunkiem bezwzględnej war-
tości różnicy długości odcin-
ków odpowiadających λ_1 i λ_2 do
długości tych odcinków

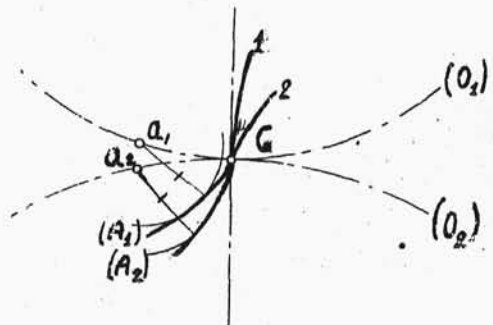
$$\psi_1 = \frac{|\lambda_1 - \lambda_2|}{\lambda_1} ; \psi_2 = \frac{|\lambda_1 - \lambda_2|}{\lambda_2}$$

Im poślizg względny jest więk-
szy, tym szybsze jest zużycie
się współpracującego rozpatry-
wanego odcinka powierzchni ro-
boczej zęba.



rys.15.

S p o s ó b P o n c e l e t a /sposób obwiedniowy/
polega na bezpośrednim wyzna-
czeniu szukanego zarysu zęba
wg. założonego zarysu bez po-
średnictwa linii przyporu
/rys.16/.

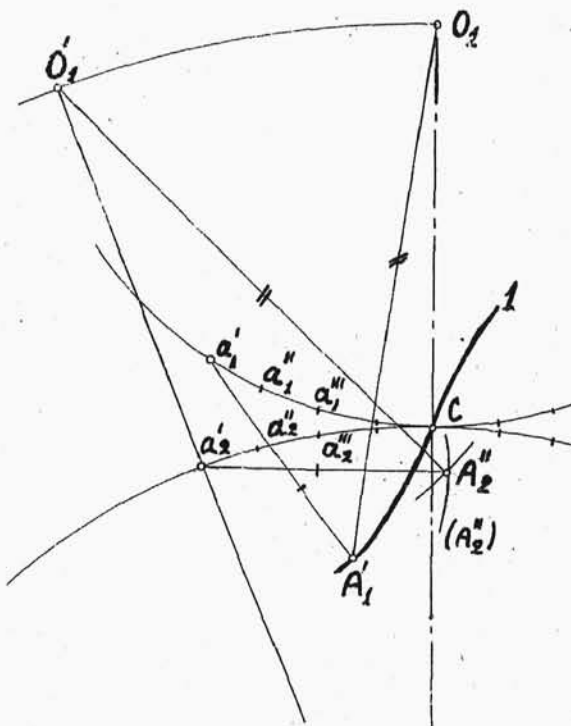


rys.16.

Na łukach kół podziako-

wych O_1 i O_2 wyznaczamy jak poprzednio punkty $a, a', a'' \dots$ i $a_2, a_2', a_2'' \dots \dots$ odcinające na nich równe krótkie łuki $a, a' = a_1, a_1' = a_1'', a_1''' = \dots \dots = a_2, a_2' = a_2', a_2'' = \dots \dots$. Z punktu a_1 zakreślamy łuk A_1 styczny do założonego zarysu i tym promieniem opisujemy łuk A_2 z punktu a_2 , odpowiadającego punktowi a_1 . Łuk A_2 jest styczny do szukanego zarysu 2, który będzie obwiednią łuku $A_2, A_2', A_2'' \dots \dots$, wyprowadzonych z punktów $a_2, a_2', a_2'' \dots \dots$, jak wyżej.

Sposób punktowo - kierunkowy /rys.17/. Na łukach kół podziałowych wyznaczamy jak wyżej

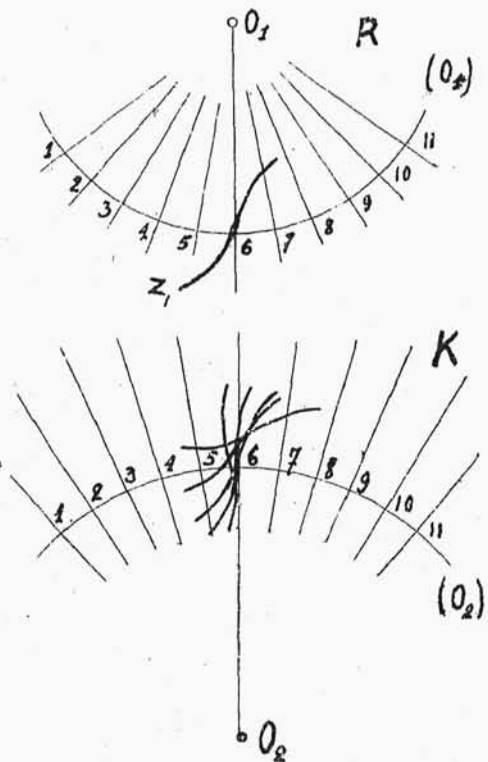


rys.17.

szereg punktów a_1, a_1', a_1'' i $a_2, a_2', a_2'' \dots \dots$ odcinających równe łuki. Z punktu a_1' opuszczamy normalną $a_1' A_1'$ na założony zarys 1 i promieniem $a_2' A_2' = a_1' A_1'$ opisujemy łuk (A_2') z punktu a_2' jak w sposobie obwiedniowym. Aby określić dokładne położenie punktu A_2' , odpowiadającego punktowi A_1' , leżą-

cego, na szukanym zarysie 2, znajdujemy względne położenie środka O_1' w toczeniu się koła O_1 bez ślizgania po kole O_2 w chwili, gdy punkt a_1' znajdzie się w a_2' , punkt O_1' wypadnie na przecięciu się łuku $O_1 O_1'$ opisanego ze środka O_2 i promienia $O_2 a_2'$. Obecnie z punktu O_1' jako środka opisujemy łuk promieniem równym $O_1 A_1$; przetnie on poprzednio wyznaczony łuk (A_2') w punkcie A_2' , leżącym na zarysie 2 i odpowiadającym punktowi A_1' zarysu 1; kierunek łuku (A_2') ze środka a_2' wyznacza kierunek zarysu 2 w punkcie A_2' t. zn. że łuk (A_2') jest styczny do zarysu. Sposób ten jest dogodny, gdyż wyznacza odrazu położenie punktu i kierunek stycznej do zarysu.

Sposób odtaczania /rys.18/ daje dobre wyniki, gdy chodzi o zarysy geometrycznie proste. Jest on szczególnie dogodny przy wyznaczeniu zarysu narzędzia obwiedniowego. Założony zarys Z , związany jest z kołem podziałowym O_1 . Na jego obwodzie jak również na obwodzie drugiego koła podziałowego narysowanego

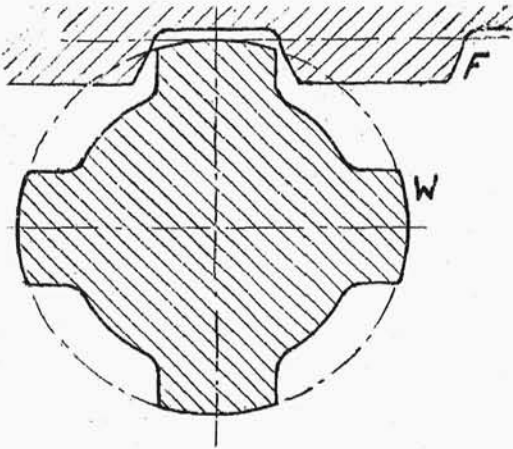


rys.18.

na kawałku kalki K wyznaczamy punkty $1, 2, 3, \dots$ odcinające niewielkie łuki, równe tak samo jak przed tym punkty $\alpha'_1, \alpha''_1, \alpha'''_1, \dots, \alpha'_2, \alpha''_2, \alpha'''_2, \dots$. Prowadzimy nadto promienie $0_1, 0_2, \dots, 0'_1, 0'_2, \dots$ po czym nakładamy kalkę K na rysunek R , tak by punkty jednakowe oznaczone $/1$ i $1, 2$ i 2 , itd./ podobnie jak i przesunięte przez nie promienie zlewały się, po czym w każdym położeniu przekalkowujemy na kalce założony zarys Z_1 . Szukany zarys Z_2 jest obwiednią wszystkich odkalkowanych zarysów. Sposób ten pozwala łatwo stwierdzić, czy założony zarys może w ogóle utworzyć prawidłową obwiednię, t.j. czy możliwe jest zbudowanie dlań narzędzia obwiedniowego.

Jak widzimy z powyższego, zarys zęba można otrzymać przetaczając jedno koło podziałowe po okręgu drugiego, które jest w danej chwili nieruchome. Z punktu widzenia kinematyki jest to oczywiste. Zasada ta okazała się niezwykle cenną przy obróbce kół zębatych sposobem obwiedniowym. Polega on na tym, że właściwie ukształtowane narzędzie robocze i koło obrabiane wykonywują ruchy takie, jakie miałyby miejsce przy prawidłowej współpracy kół zębatych. Obrabia się w ten sposób nie tylko koła zębate, lecz również wałki wieloklinowe, między innymi sze-

roko stosowane w budowie samochodowych skrzynek biegów.

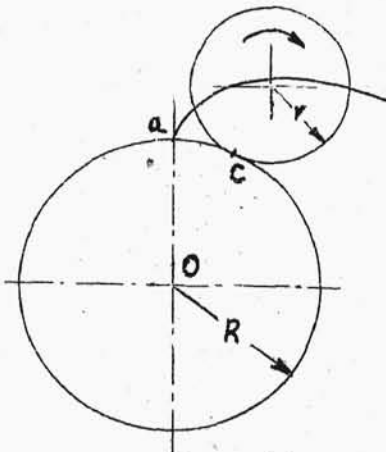


rys. 19.

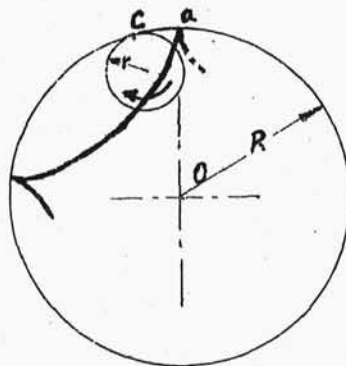
Zarys narzędzia obrabiającego /freza ślimakowego F /uksztaltowany jest wówczas w ten sposób, aby na wzór zębatki tworzył prawidłowe zazębienie z zarysem wałka W , przy zachowaniu stałego przełożenia /rys.19/.

§5. Krzywe cykliczne.

Krzywe cykliczne są to krzywe, jakie opisują punkty koła toczącego się bez ślizgania po drugim kole stałym po jego stronie zewnętrznej lub wewnętrznej.

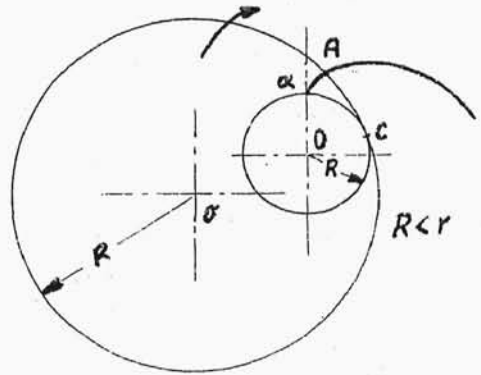


rys. 20.



rys. 21.

Promienie kół odtaczanego i stałego mogą przyjmować dowolne wartości od zera do nieskończoności. Koło toczące się nazywamy o d t a - c z a n y m ; jego promień oznaczamy przez r . Promień koła stałego oznaczamy przez R .

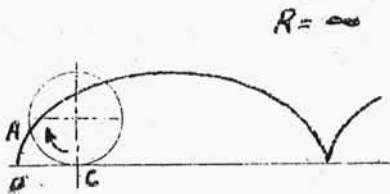


Rozróżniamy następujące rodzaje krzywych cyklicznych:

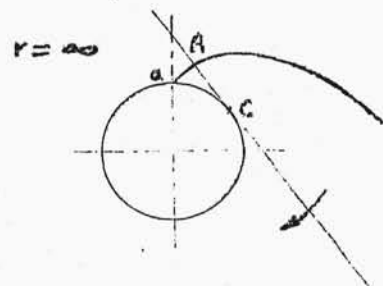
1/ epicykloidę /rys.20/, 2/hypocykloidę /rys.21/, 3/ pericykloidę /rys.22/.

rys.22.

Hypocyklida w wypadku szczególnym, gdy $r = 0,5 R$ lub $r = R$ będzie odcinkiem prostej/średnicą stałego koła/ lub punktem. Gdy $R = \infty$ otrzymamy cykloidę /rys.23/, gdy zaś $r = \infty$ otrzymamy ewolwentę /rys.24/.

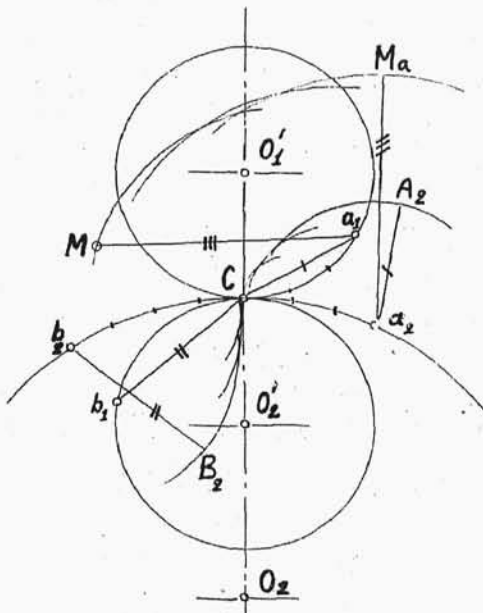


rys.23.



rys.24.

Konstrukcja krzywych cyklicznych /rys. 25/. 1/ Sposób obwiedniowy. Wyznaczamy szereg niewielkich odcinków łuków równych, wychodzących z punktu C i z kolejnych punktów a_1 i b_1 . Opisujemy łuki promieniami $a_1 A_1$, $b_1 B_1$ równymi odcinkom $a_1 C$, $b_1 C$.

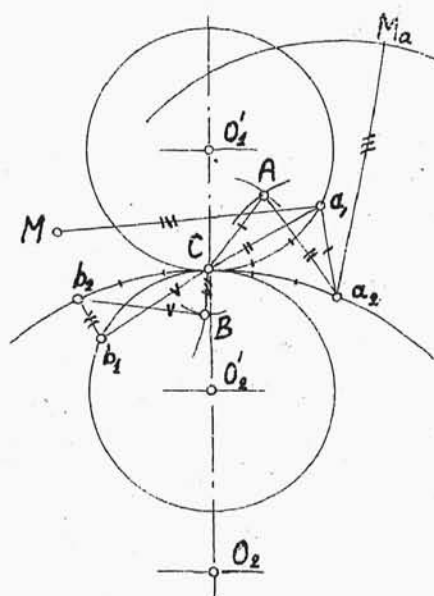


Szukane krzywe będą obwiedniami tych łuków. Sposób ten nadaje się również do budowy epicykloidy lub hypocykloidy wydłużonej, np. opisanej przez punkt M ; epicykloida wydłużona jest obwiednią łuków $M a_1$, opisanych z a_1 promieniem $a_1 M a_1 = a_1 C$. Sposobem tym można budować wszystkie krzywe cykliczne, a więc ewolwenty.

2/ Sposób punktowy. Podzieliwszy łuki kół jak wyżej na niewielkie odcinki równe, prowadzimy łuki: z C promieniem $CA = a_1$, a_2 i z a_2 promieniem $a_2 A = a_1 C$; punkt ich przecięcia leży na szukanej epicykloidzie. Podobnie rzecz się ma z hypocykloidą, której punkt

rys. 25.

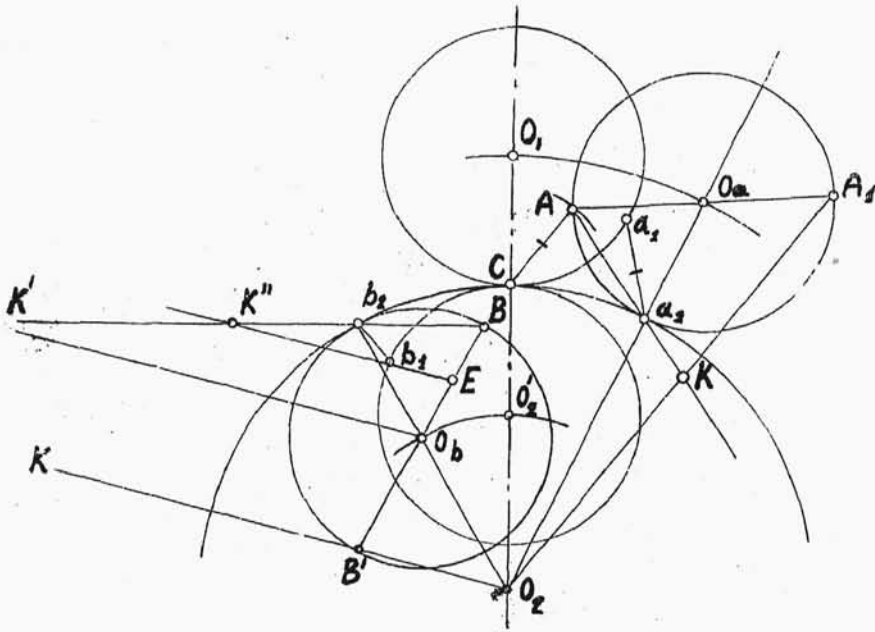
B leży na przecięciu łuków z C promieniem $CB = b_1$, b_2 i z b_2 promieniem $b_2 B = b_1 C$ /rys. 26/. pokazuje też budowę epicykloidy wydłużonej, przy czym konieczne jest wyznaczenie jeszcze jednego punktu koła O_1' odtaczanego w jego różnych położeniach; mógłby to być środek O_1 lub jak pokazano na rysunku kół C . O ile nie budujemy jednocześnie epicykloidy zwykłej, opisanej przez punkt C , oparcie się o punkt O_1 może być korzystniejsze. Kolejne położenie środka koła odtaczanego wyznaczamy tak, jak w sposobie Röttschera. Budowa epicykloid wydłużonych znajduje zastosowanie przy wyznaczaniu toru względnego wierzchołka zęba względem podstawy zęba współpracującego.



rys.26.

3/ Sposób obwiedniowo-krzywiznowy /najdokładniejszy/. Rys.27 polega na wyznaczaniu położenia punktu A i promienia krzywizny w tym punkcie. Punkt wyznaczamy tu w oparciu o środek koła odtaczanego O_a w jego chwilowym położeniu. Punkt A leży na przecięciu koła odtaczanego ze środka O_a i łuku o promieniu $CA = a_2 a_1$ ze środka C . Środek krzywizny K leży na przecięciu Aa_2 i $O_2 A_1$, gdzie A_1 jest punktem przeciwległym punktowi A względem O_a . Krzywą można przeprowadzić bez krzywika samymi łukami kół ściśle stycznych ze środków krzywizn. Przy hypocykloidach promienie krzywizn wypadają nieraz bardzo duże i należy wyznaczyć je w skali zmniejszonej jak widzimy na rysunku 27. Zamiast szukać przecięcia linii Bb_2 i $O_2 B'$ szukamy przecięcia w punkcie K' linii Bb_2 i $O_2 K' \parallel O_2 B'$, przy czym promień krzywizny byłby

$R_K = 2 \cdot BK'$. Można jeszcze bardziej zmniejszyć skalę prowadząc prostą $EK'' \parallel O_1B''$ przez środek E promienia O_1B , przy czym $R_K = 4 \cdot BK''$. Sposób ten upraszcza się ogromnie w wypadku ewolwenty, gdy praktycznie niema różnicy między nim a sposobami poprzednimi.

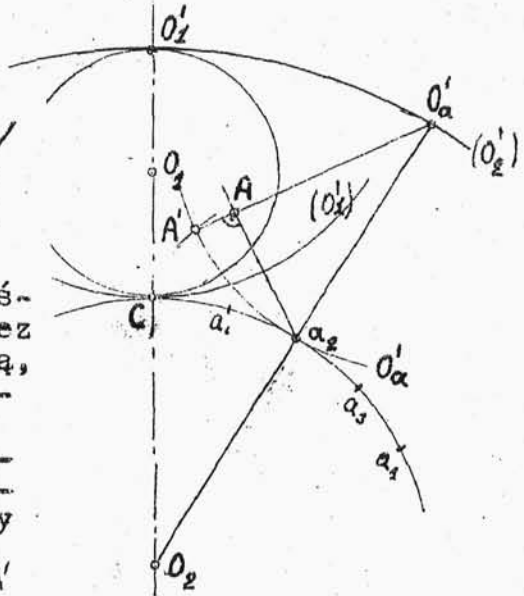


rys.27.

/Rys.28/. Przez szereg punktów 1, 2, 3 na kole zasadniczym prowadzimy styczne AK dla większej dokładności, prowadząc je jako proste prostopadłe do promieni O_2K , przy czym na stycznych odkładamy odcinki $AK=CK$ punkt A jest punktem ewolwenty, a K jest środkiem jej krzywizny w punkcie A ; łuk zatoczony z K promieniem AK jest więc ściśle styczny do ewolwenty. Jak wiemy hypocykloida w wypadku, gdy średnica koła odtaczanego równa się połowie koła kierującego /podziałowego/ jest linią prostą, przechodzącą przez środek koła kierują-

cego, w tym wypadku odpada więc konstrukcja hypocykloidy
/rys. 28 na str. 38/

1/ Sposób stycznej jest właściwie sposobem punkto-
wo-kierunkowym. Jeżeli oprócz koła O_1 odtaczać będziemy
po kole podziałowym O_2 drugie
koło O'_1 o promieniu dwa razy
większym niż O_1 , to średnica
 CO'_1 tego koła będzie w każdym
położeniu styczna do krzywej
/epicykloidy lub hypocykloidy/
opisanej przez punkt C . Stąd
wypływa następująca konstruk-
cja: na łuku koła O_2 odkładamy
szereg równych odcinków
 $Ca_1 = a_1, a_1 = a_2, a_2 = a_3$. Ze środka O_2 zakreś-
lamy łuk o promieniu $O_2O'_1$. Przez
punkty a_2 i O_2 prowadzimy prostą,
która przetnie łuk / O'_1 / w pun-
kcie O'_a . Następnie prowadzimy
ze środka O'_a łuk koła o promie-
niu $O'_a a_2$ i odkładamy na nim od-
cinki $a_2A' = a_2C$. Prowadzimy
prostą O'_aA' i opuszczamy na nią
prostopadłą z punktu C $a_2A' \perp O'_aA'$.
Punkt A leży na szukanej krzy-
wej i prosta O'_aA jest do niej
styczną.



rys. 29.

§6. Linia przyporu i jej

własności.

Linia przyporu może być ogólnie dowolna linia,
spełniająca następujące warunki:

1/ Linia przyporu powinna przechodzić przez punkt
środkowy C .

2/ Promień przyporu powinien tworzyć z poziomem
kąt $\alpha \ll 30^\circ$ ze względu na wielkości nacisków.

Jeżeli dana linia spełnia powyższe dwa warunki, to