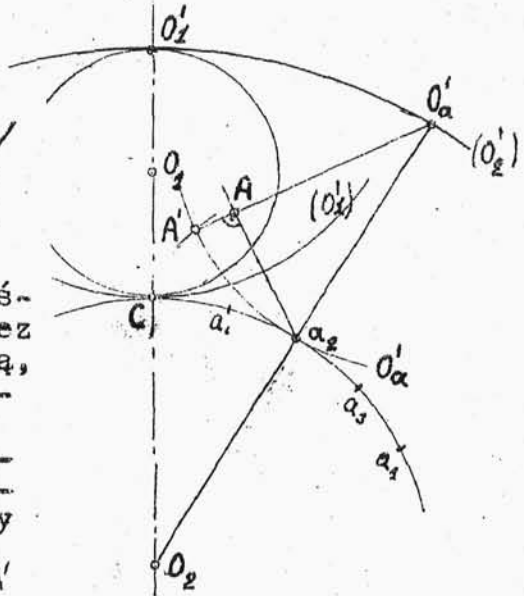


cego, w tym wypadku odpada więc konstrukcja hypocykloidy
/rys. 28 na str. 38/

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_1 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 $O'_a a_1$ i odkładamy na nim od-
cinki $a_2A' = a_2C$. Prowadzimy
prostą O'_aA' i opuszczamy na nią
prostopadłą z punktu a_1 $a_1A \perp O'_aA'$.
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:

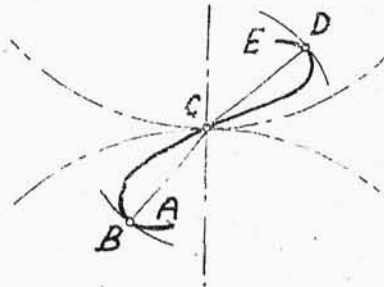
1/ Linia przyporu powinna przechodzić przez punkt
środkowy C .

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

wyzyskać można tylko jej część zawartą między punktami styczności A i D dowolnych kół zatoczonych z punktu C, lub kół zatoczonych ze środków O_1 i O_2 /rys.30 i 32/.

W praktyce spotykamy się z liniami przyporu, utworzonymi przez odcinki kół, lub prostej.

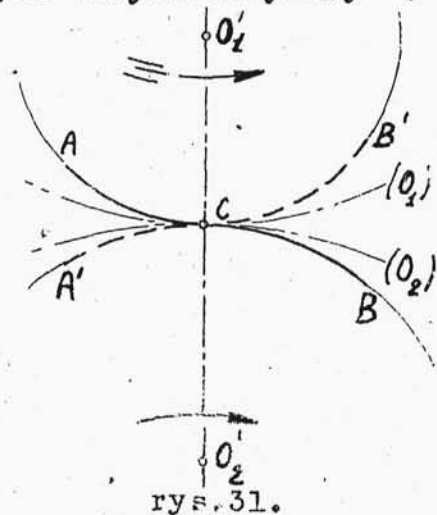


rys.30.

Niech koła O'_1 i O'_2 będą linia przyporu naszego zazębienia /rys.31/. Zarys tego zazębienia tworzą epicykloidy i hypocykloidy. Zazębienia

takie nazywamy c y k l o i d a l n y m i. Koła O'_1 i O'_2 których punkty opisują krzywe zarysu nazywamy o d t a c z a n y m i.

Ze względu na wielkość nacisku kąt przyporu α nie może być zbyt duży $\alpha < 30^\circ$. Kreśląc przez punkt C linią pod kątem α do poziomemu odetniemy na okręgach części okręgów, które będą naszą linią przyporu.



rys.31.

By wiedzieć, które półokręgi będą naszą linią przy-

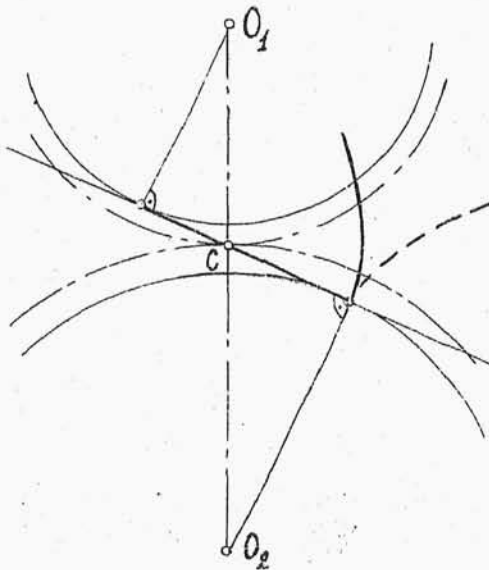
poru, trzeba przed tym ustalić, które koła przyjmujemy za czynne, a które za bierne i jaki będzie kierunek ich ruchu. Jeżeli kierunek ruchu kół i ich rola będą takie, jak na rysunku /oznaczenie strzałkami/, to linia przyporu zaczynałaby się w punkcie A a w punkcie B kończyła się. Zmieniając kierunek ruchu otrzymalibyśmy początek przyporu w B' , a koniec w A' , czyli kierunek linii przyporu odwróciłby się /rys.31/. Zmieniając następnie rolę kół, koło bierne staje się czynnym, a czynne biernym /rys.31/, pozostawiając jednak w dalszym ciągu kierunek ruchu jak ostatnio, przypór zacznie się w B a skończy w A. Linia przyporu jak widzimy odwróciła się.

Reasumując powyższe możemy stwierdzić:

- 1/ zmieniając kierunek ruchu lub rolę kół, odwracamy linię przyporu;
- 2/ zmieniając kierunek i rolę kół nie zmieniamy linii przyporu, jedynie zmieni się kierunek ruchu punktu przyporu.

Rozpatrzmy teraz wypadek, gdy linią przyporu będzie prosta. Będzie to drugi klasyczny wypadek linii przyporu. Jak widać z rys.32 wykorzystać da się tylko część prostej, zawartą między punktami styczności kół zatoczonych z O_1 i O_2 , które noszą nazwę kół z a s a d n i -

c z y c h . Poza tymi punktami w myśl tego co powiedzia-



rys.32.

no linii przyporu wy-
zyskać nie możemy. Za-
rys odpowiadającej li-
nii przyporu prostej
jest e w o l w e n -
t ą powstałą z tocz-
nia się tej prostej
/linii przyporu/ po
kołach zasadniczych.

Jako normalne kąty po-

chylenia tej prostej stosujemy 15° i 20° .

§7. Z a z ę b i e n i a c y k l o i d a l n e .

Zarysy c y k l o i d a l n e otrzymujemy, gdy
jako linię przyporu założymy łuki kół odtaczanych, stycz-
nych do kół podziałowych /rys.33/. Środki kół odtaczanych
znajdują się na linii środków kół podziałowych.

Oznaczmy O_{p1} i O_{p2} - łuki koła podstaw.

O_{w1} i O_{w2} - łuki koła wierzchołków.

R_1 i R_2 - promienie kół podziałowych.

r_1 i r_2 - promienie kół odtaczanych.

Wielkości r przyjmujemy zależnie od przełożenia.

Gdy przełożenie bliskie 1 $r \approx \frac{1}{3} R$, gdy przełożenie $i \gg 1$ $r_1 \approx 0,4 R_1$ $r_2 \approx 0,2 R_2$ w założeniu, że $R_1 < R_2$

Podane przez nas stosunki $R:r$ mają charakter orientacyjny, a podane są jako najczęściej używane w praktyce.

Chcąc zbudować koła zmianowe, musimy tak dobrać linię przyporu, aby obrócona o 180° nakryła się z daną linią przyporu. W takim wypadku przyjmujemy $r_1 = r_2$.

Ustaliwszy koła podziałowe i odtaczane, części zarysu cykloidalnego otrzymamy /rys. 33/:

1/ Odtaczając koło górne po kole O_1 otrzymamy hypocykloidę, tworzącą podstawę zarysu koła 1.

2/ Odtaczając koło dolne po kole O_1 otrzymamy epi-cykloidę, tworzącą wierzchołek zarysu 1.

3/ Odtaczając koło górne po kole O_2 otrzymamy epi-cykloidę, tworzącą wierzchołek zarysu 2.

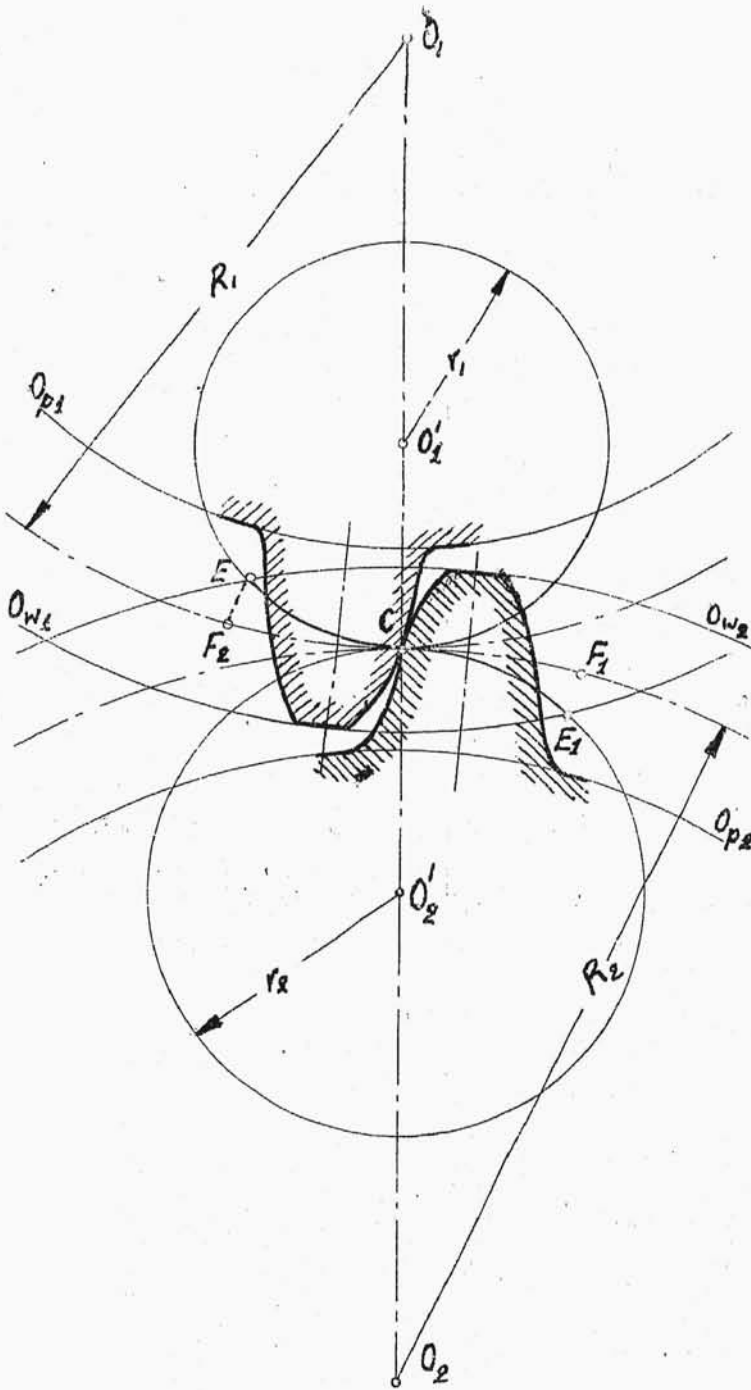
4/ Odtaczając koło dolne po kole O_2 otrzymamy hypocykloidę, tworzącą podstawę zarysu 2.

Obliczenia i normalne wymiary podane są w §2.

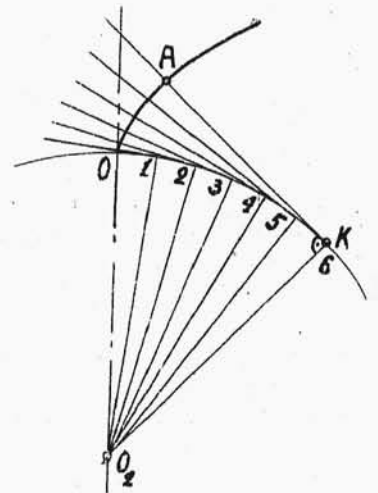
Dla ilustracji rozważmy konkretny przykład obliczenia przekładni cykloidalnej:

Zazębienie cykloidalne wewnętrzne.

D a n e .	Ilość zębów	$Z_1 = 25$	$Z_2 = 50$
	Moduł	$m = 50$	mm



rys.33



rys.28

Obliczone. Podziałka $t = \pi \cdot m = 15,7 \text{ mm}$.

Przyjmuję, że koła są surowe lane, a więc:

Grubość zęba $g = \frac{19}{40} \cdot t = 7,45 \text{ mm}$.

Szerokość wrębu: $s = \frac{21}{40} \cdot t = 8,25 \text{ mm}$.

Wysokość wierzchołka: $h_w = 0,3t = 4,7 \text{ mm}$.

Wysokość podstawy: $h_p = 0,4t = 6,3 \text{ mm}$.

Srednice podziałowe: $D_1 = m \cdot z_1 = 125 \text{ mm}$.

$D_2 = m \cdot z_2 = 250 \text{ mm}$.

Srednice wierzchołków: $D_{w1} = D_1 + 2 \cdot h_w = 134,4 \text{ mm}$.

$D_{w2} = D_2 - 2 \cdot h_w = 240,6 \text{ mm}$.

Srednice podstaw: $D_{p1} = D_1 - 2 \cdot h_p = 102,4 \text{ mm}$.

$D_{p2} = D_2 + 2 \cdot h_p = 262,6 \text{ mm}$.

Odległość osi kół: $a = R_2 - R_1 = 0,5 \cdot (D_2 - D_1) = 187,5 \text{ mm}$.

Z a k ł o ż o n e . Promienie kół odtaczanych:

$\rho_1 = 0,4 \cdot R_1 = 25 \text{ mm}$. $\rho_2 = 0,2 \cdot R_2 = 25 \text{ mm}$.

Z n a l e z i o n e w y k r e ś l n i e .

Odcinek przyporu:

Łuk przyporu:

Liczba przyporu:

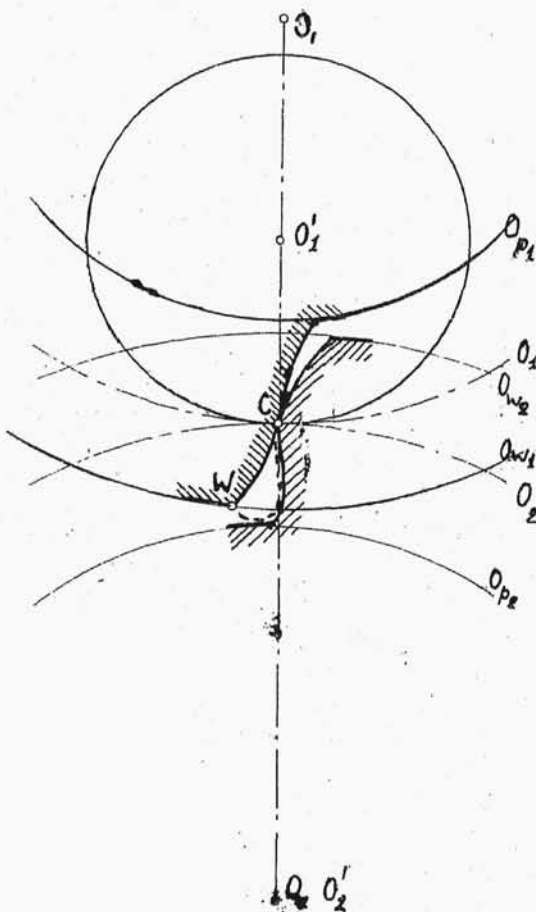
Obliczenie poślizgów względnych

Zazębienie punktowe.

Zazębienia punktowe są szczególnym wypadkiem zazębień cykloidalnych, gdy jedno z kół odtaczanych jest równe kołu podziałowemu /rys.34/. Hypocykloida podstawy zęba tego koła zmienia się w punkt, stąd pochodzi nazwa samego zazębienia.

Zazębienia te są stosowane w wypadku, gdy mamy do

czynienia z przekładnią, w której jedno z kół zębatych ma małą ilość zębów, oraz co zatem idzie małe liczby przyporu. Zastosowanie koła odtaczanego równego kołu podziałowemu, a więc stosowanie zazębienia punktowego, ma na celu zwiększenie długości linii przyporu, a więc i liczby przyporu.



rys.34.

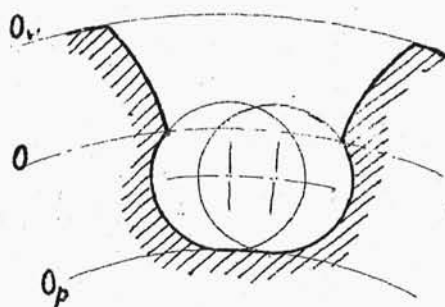
Po tych wstępnych uwagach powróćmy jeszcze do rys.34. Koło O , tocząc

się po obwodzie koła O_2 kreśli epicykloidę wierzchołka zarysu zęba koła O_1 , zaś przy toczeniu się po kole O_1 powstaje hypocykloida zarysu zęba koła O_2 . Koło O_2 podczas toczenia się /kierunek oznaczony strzałkami/ na zewnątrz koła O_1 , kreśli epicykloidę, jako wierzchołek koła O_1 . Zaś tocząc się wewnątrz koła O_2 , daje zamiast hypocykloidy punkt, jako podstawę zarysu zęba koła O_2 .

W kole O_2 pracuje zatem jedynie wierzchołek, dlatego też podstawa może mieć kształt dowolny, jednak taki, aby we wrębie pomieścił się wierzchołek koła współpracującego O .

Podstawa zęba daje się wykonać w nader prosty sposób, a mianowicie wiercimy dwa otwory, których części obwodów określą nam dokładnie kształt podstawy zęba /rys.35/.

W związku z konstrukcją podstawy zęba zazębienia punktowego ważnym jest zagadnienie wyznaczenia drogi względnej wierzchołka zęba, gdyż może zdarzyć się wypadek, że wierzchołek zęba współpracującego w swoim



rys.35

ruchu względnym podcinałby podstawę zębakoła O_1

Drogę względną otrzymujemy, tocząc jedno koło po drugim bez ślizgania. Koło po którym toczymy pozostaje w spoczynku. Konstrukcyjnie wykonuje to się przez wykreślenie epicykloidy wydłużonej, zakreślonej przez wierzchołek zęba podczas toczenia się koła podziałowego po nieruchomym kole O_2

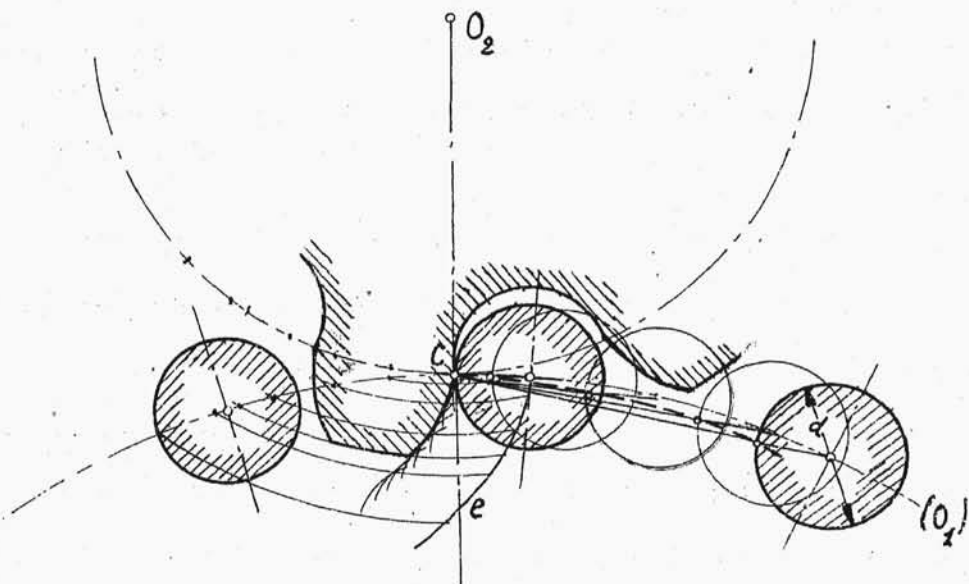
Konstrukcja epicykloidy wydłużonej. Rysunek 25 pokazuje sposobu b w i e d n i o w y. Na łukach kół podziałowych odkładamy szereg bardzo drobnych łuków równych i z każdego punktu ich podziału Q zataczamy łuk o promieniu np. $MQ_1 = MQ_2$, gdzie M jest rozważanym wierzchołkiem zęba koła O_2 . Szukany tor jest obwiednią tych łuków.

Jeżeli wierzchołek zęba posiada większe lub mniejsze zaokrąglenie, znajdujemy najpierw tor środka tego zaokrąglenia, po czym zakreślamy z tych punktów tego toru łuki kół o promieniu r zaokrąglenia wierzchołka. Obwiednia tych kół będzie szukaną obwiednią wierzchołka zęba w jego ruchu względnym w stosunku do koła O

Z a z ę b i e i a p a l c o w e /palczaste/

Zazębienie palczaste przedstawia sobą szereg kół, rodzaj walców, zamocowanych na obwodzie koła. Środki pałców znajdują się na kole podziałowym O_1 /rys36/

Zazębienie tego rodzaju spotykamy tam, gdzie potrzebne jest przenoszenie ~~dużych~~ sił przy małych szybkościach obwodowych, jak np. przy stawidłach śluz, lub napędach kieratów. Używane jest ono również w mechanizmach zegarowych. Elementem pędzonym tego rodzaju zazębienia jest zazwyczaj koło z kołkami.



rys.36.

Chcąc zbudować zarys koła O_2 wyznaczamy najpierw drogę względną e środka palca koła O_1 w ten sposób, że odtaczamy koło podziałowe koła palczastego 1 po kole podziałowym 2, a następnie z punktów otrzymanej w ten

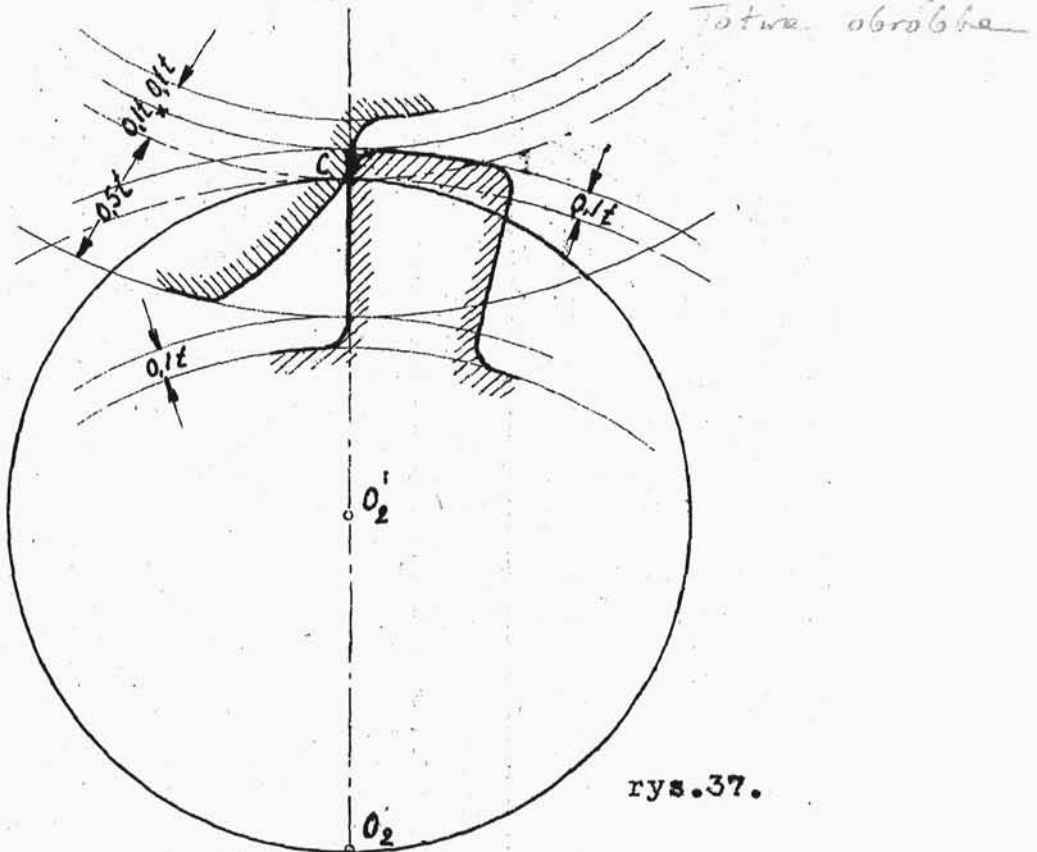
sposób epicykloidy zataczamy koła o średnicy $d = \frac{19}{40}t$ t.j. średnicy palca. Obwiednia tych łuków da nam profil zęba. Podstawa profilu nie pracuje. Kształtujemy ją więc dowolnie. Najlepiej łukiem koła omijającym palec.

Punkty linii przyporu c wyznaczamy, rysując szereg położzeń palca w kierunku ruchu. Cięciwy łączące środki palca z punktem c dają w przecięciu z kołami palców punkty przyporu, a połączone linie przyporu,

Z a z ę b i e n i e p r o s t e /liniowe/.

Rys.37. Wypadek zazębien prostych spotykamy, gdy promień koła odtaczanego jest równy połowie promienia koła, po którym się toczy $r = 0.5.R$. Podstawy zębów są wtedy proste. Wierzchołek zęba koła 1 jest cykloidą, zaś podstawa częściowo linią prostą, skierowaną ku środkowi, a po tym dowolnie zaokrąglona. Kształt podstawy zęba jest obojętny, gdyż nie pracuje. Ząb koła 2 ma podstawę utworzoną przez prostą, a wierzchołke, ponieważ nie pracuje, kształt dowolny. Linia przyporu jest z jednej strony punktu C. Zęby po przejściu tego punktu nie pracują. Wymiary kół przyjmujemy zazwy-

czaj takie, jak podaje rys.37.



§8. Zazębienia ewolwentowe.

Zazębienia ewolwentowe otrzymujemy, gdy linia przyporu będzie prosta. Zarys zęba takiego koła jest ewolwentą powstałą z toczenie się prostej MM po kole OM /rys.38/. Koło to nazywa się zasadniczym. Z $\triangle OMC$ otrzymamy wielkość promienia tego koła

$$OM = r \cdot \cos \alpha$$

α - kąt pochylenia linii przyporu.

Konstrukcja ewolwenty /rys.38/. Na kole O , odmierzaamy szereg punktów poczynawszy od punktu C równych odcinków prostej stycznej $1' 2' 3' \dots$. Przez odmierzone punkty kreślimy koła współśrodkowe z kołem rozwijanym, na których odpowiednimi odległościami od $C / C1 C2 C3 \dots /$ z punktu $1, 2, 3, \dots$ znajdujemy szereg punktów, które wyznaczają ewolwentę.

Dla wielkości średnic wierzchołków i podstaw normalne wartości luzów wierzchołkowych podane są wzory i wielkości w §2.

Jeżeli rozpatrzmy przypadek zazębienia ewolwentowego z zębatką, to zarys zębów zębatki będzie oczywiście prostą prostopadłą do linii przyporu /normalna do zarysu musi zawsze przechodzić przez punkt środkowy $C /$. Fakt, że kształt zęba zębatki jest prosty sprawia łatwość wykonania narzędzia do obróbki obwiedniowej.

§9.0 b r ó b k a k ó ł e w o l w e n t o w y c h.

Obróbkę kół ewolwentowych można dokonać dwoma zasadniczymi sposobami:

1/ m e t o d ą o b w i e d n i o w ą

2/ m e t o d ą o d w z o r o w a n i a .

Metoda obwiedniowa polega na tym, że narzędzie obrabiające poza ruchem roboczym posiada ruchy, jakby współpracowała z kołem obrabianym, nacinając zęby od-

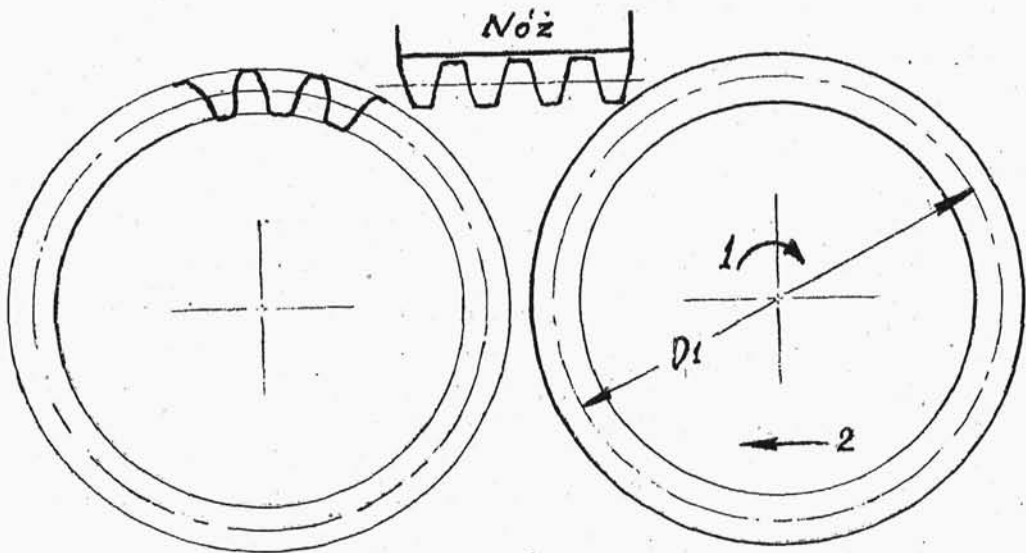
razu na całym obwodzie koła.

Obwiedniowe metody obróbki kół są następujące:

M e t o d a M a a g ' a .

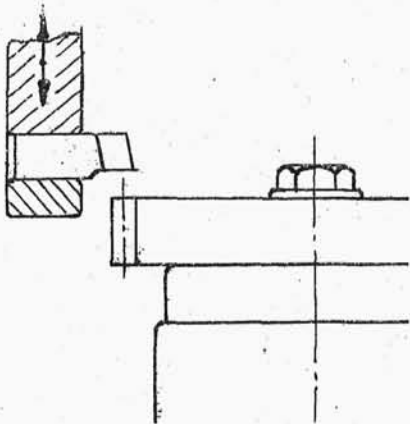
W metodzie Maag'a narzędzie ma kształt zębatki, Jak wiemy, zarys zęba zębatki przy zazębieniu ewolwentowym jest linią prostą, dzięki czemu narzędzie łatwo jest wykonać.

Narzędzie /rys.39/ wykonuje ruch prostolinijny, zwrotny, zaś koło obrabiane zamocowane na stałe, otrzymuje ruch obrotowy/strzałka 1/1 posuwisty/strzałka 2/.

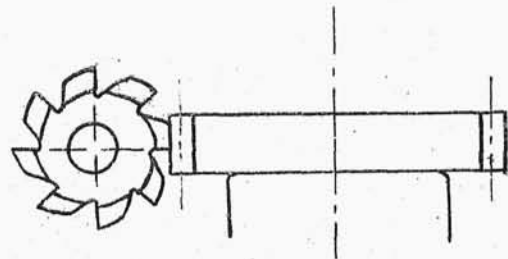


rys.39.

Na początku strugania koło obrabiane znajduje się z boku narzędzia. Dzięki posuwistemu ruchowi toczy się ono, jakby po zębatce strugającej zęby /rys.40/, na końcu strugania koło obrabiane znajduje się po drugiej stronie narzędzia.



rys.40



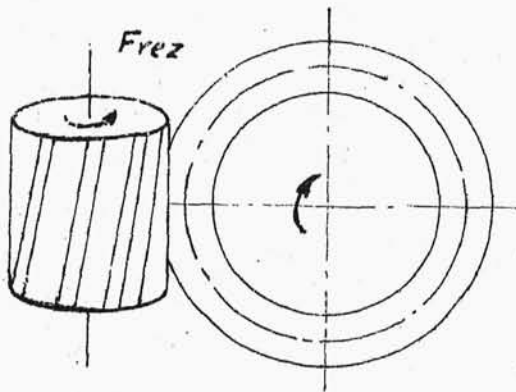
rys.41-a

Ruch obrotowy koła i ruch posuwisty są odpowiednio dobrane i uregulowane.

Zaletą metody Maag'a jest wspomniana prostota narzędzia i duża wydajność dzięki jednoczesnemu struganiu kilku zębów.

M e t o d a P l a u t e r a .

Jest ona zbliżona do metody Maag'a. Narzędziem obrabiającym jest frez ślimakowy, którego zęby w przekroju poprzecznym tworzą jakby zębatkę /rys.41/. I tutaj obróbka polega na współpracy freza /zębatki/ z kołem obrabianym. Ruch obrotowy freza i koła obrabianego jest tak dobrany, aby jeden obrót



freza odpowiada obrotowi koła o jeden ząb. Metoda ta jest bardziej wydajna niż metoda Maag'a

M e t o d a F e l l o w ' a .

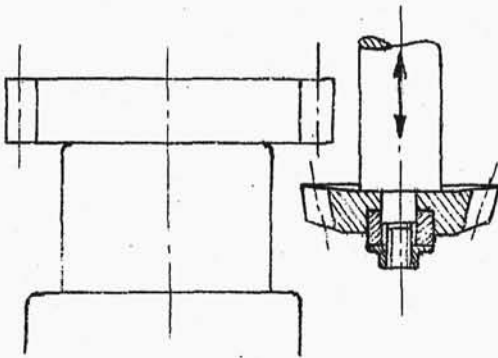
Tutaj narzędzie stanowi koło zębate, o

rys.41.

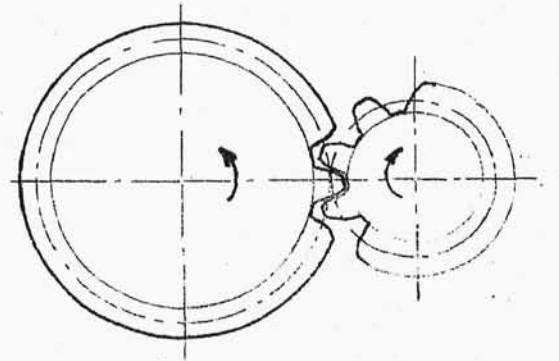
module zgodnym z modulem koła obrabianego/rys.42a,b/.

Obróbka polega także na współpracy narzędzia z kołem obrabianym. Narzędzie posiada wtedy ruch roboczy do góry i nadół, ruch obrotowy około swej osi. Koło obrabiane otrzymuje ruch podziałowy około swej osi i na początku obróbki posuwamy w kierunku środka narzędzia.

dzia oraz niewielki ruch przysuwania się do narzędzia przed jego ruchem roboczym i odsuwania się przy ruchu jałowym.



Rys.42-a.



Rys.42-b.

Metoda odwzorowania /podziałowa/. Wręby koła obrabianego wycinamy frezem krążkowym, którego krawędzie tnące mają kształt zgodny z zarysem wrębu. Po nacięciu wrębu pomiędzy dwoma zębami obraca się obrabiane koło za pomocą podzielnicy o kąt $\frac{360^\circ}{z}$ /z = ilość zębów koła obrabianego/ i nacina się wręb sąsiedni.

Metoda Fellow a pozwala na wykonywanie zazębnień wewnętrznych, czego metodami omawianymi dokonać nie było można.

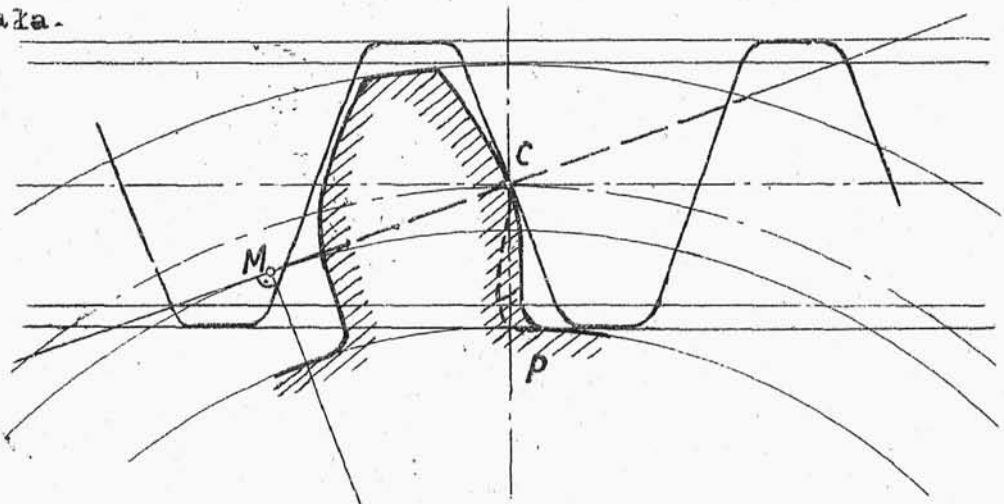
Obróbka kół zębatych tą metodą odbywa się na zwyk-

kiej frezarce poziomej zaopatrzonej w podzielnicę.

Koła ewolwentowe wyparły zupełnie inne rodzaje kół zębatach. Nastąpiło to dzięki prostocie obróbki zarówno przy wyrobie pojedynczych sztuk /metoda odwzorowania/ jak i dużych serii / metoda Maag'a i Fellow'a/.

§10. Poprawianie zarysu.

Rozpatrzmy obróbkę koła zębatego zębatką, przedstawioną na rys.43, gdzie zarys odniesienia/zarys koła zębatego odniesiony na linię prostą, lub zarys zębatki który będzie obrabiać dane koło/ sięga poniżej rzutu punktu M na linię środków. Przy obróbce obwiedniowej zębatką nastąpiło by podcięcie zarysu czynnego zęba w według linii p . Z wypadkiem takim mamy do czynienia w praktyce, gdy ilość zębów koła obrabianego jest zbyt mała.



rys.43.