

2. Zazębienie wewnętrzne. (Fig. 297). Podobnie jak poprzednio, kreślimy koło podziałowe, koło korzenia, i korony i linię prostą pod kątem 75° do promienia, następnie prostopadłą OC do tej prostej, i otrzymamy punkt C jako środek krzywizny szukanego łuku. Łuk mn prowadzimy do obwodu koła C , a w razie, gdy on wyżej wypadnie, uzupełniamy bok zęba promieniem koła podziałowego.

3. Pręt zębaty. (Zahnstange) fig. 298. Pręt zębaty w połączeniu z kołem zębatym może w dwojaki sposób ruch przenosić, a mianowicie: gdy koło jest stale osadzone na osi, wtedy pręt otrzymuje ruch prostoliniowy; gdy zaś pręt zębaty jest nieruchomy, wtedy koło obraca się i wykonywa zarazem ruch prostoliniowy. Pręt może być zazębiony za pomocą cykloidy lub za pomocą rozwijającej koła. Ta ostatnia linia daje dla pręta bardzo prosty kształt zęba, albowiem koło podstawowe ma promień nieskończenie wielki a zatem rozwijająca staje się linią prostą, która według konstrukcji poprzedniej tworzy z prostą podziałową kąt 75° jak na fig. 298.

p Construction der Winkelzähne für Triebwerkräd r PMC 1888 st. 72.

§. 55. Wybór zazębienia.

Opisawszy w krótkości najglówniejsze rodzaje zazębienia, musimy podać zasady, według których postępować należy przy wyborze zazębienia w każdym danym przypadku. Byłoby rzeczą pożądaną, gdyby dla konstrukcji kół zębatych można osiągnąć jednolitość tj. zaprowadzić taką normę, jaką dotychczas przyjęto dla śrub (system Whitwortha), a wtedy należałoby przyjąć następujące warunki dla kół zębatych: 1. Do zazębienia używać tylko jednej krzywej, najlepiej rozwijającej koła, innych zaś krzywych tylko wyjątkowo, gdy do tego konieczność zmusza. 2. Ilość

zębów ograniczyć do pewnych liczb n. p. 12, 16, 18, 20, 24, 30, 36, 40 i t. d. 3. Przyjąć taki podział, iżby $t : \pi$ było liczbą całkowitą, co ułatwiłoby znacznie wykreślenie.

Zazębienie za pomocą rozwijającej koła ma pewne zalety w porównaniu z zazębieniem za pomocą cykloidy; a mianowicie: 1. jest tańsze w wykonaniu; 2. koła zębate mogą być do siebie zbliżane lub od siebie oddalane, (w pewnych granicach) nie przestając chwytac się wzajemnie 3. Do przenoszenia ruchu nie potrzeba wielkiej dokładności w ułożeniu osi, a wytarcie się łożysk nie wywiera wpływu szkodliwego, podczas gdy przy kołach cykloidalnych osi muszą być dokładnie ułożone, a ich odległość wzajemna musi być starannie zachowana.

Atoli zazębienie cykloidalne posiada także swoje zalety, a mianowicie: 1. Tarcie zębów jest znacznie mniejsze niż przy zazębieniu według rozwijającej koła. 2. Zużycie się zębów jest jednostajne, nie następuje tak szybko, jak przy poprzednim zazębieniu. 3. Stosunek promieni kół może być dowolnie obrany, albowiem przy najmniejszej ilości siedmiu zębów, jaką spotyka się w użyciu, otrzymujemy odpowiednie kształty zębów, podczas gdy przy zazębieniu według rozwijającej koła należy użyć conajmniej 14 zębów, aby otrzymać korzystny kształt zęba.

Stosownie do tych zalet i wad należy w każdym przypadku dobierać odpowiedni rodzaj zazębienia.

§. 56. Konstrukcja kół zębatach czołowych.

1. Piasta ma kształt walca pustego, którego średnica wewnętrzna jest równa średnicy wału, na którym ona ma być osadzona. Piasta jest 10 do 20 mm dłuższa od szerokości koła czyli od długości zębów b ; a gdy koło posiada zęby drewniane, wtedy długość piasty jest przynajmniej równa szerokości wieńca. Przy bardzo wąskich zębach dłu-

gość piasty bywa równa 1,5 do 2 krotnej średnicy wału. Redtenbacher podaje na długość B piasty wzór następujący:

$$B = b + 0,06 R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (111)$$

Grubość g piasty dla wału o grubości d wynosi:

$$g = 5 + 0,33 d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (112)$$

Niech k będzie szerokością, w grubością klina, służącego do utwierdzenia piasty, natenczas

$$\left. \begin{array}{l} k = 0,9 g \text{ do } 0,8 g \\ w = 0,5 k \end{array} \right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (113)$$

Niekiedy zgrubia się piastę w tém miejscu, gdzie klin przechodzi, zwykle jednak omija się zgrubienie, umieszczając klin pod ramieniem koła.

2. Ramiona koła. Ilość A ramion zależy tylko od wielkości koła. Jeżeli średnica jest mniejsza niż 300 mm, natenczas używa się kół pełnych bez ramion; gdy zaś $R > 300$ mm, wtedy powinno się przyjąć co najmniej 3 ramiona. Większe koła otrzymują 4, 5, 6, 8, 10, nawet 12 ramion; ta ostatnia liczba znajduje zastosowanie tylko do kół o wielkich rozmiarach. Zwykle przyjmujemy według Reuleax; dla kół o obrocie powolnym . $A = 2+0,03 z$ }
 " " " " szybkim . . $A = 2,25+0,04 z$ } . (114)

dopełniając ułamek do liczby całkowitej. Nie używa się zwykle 7, 9 i 11-tu ramion, lecz częściej 5-ciu ramion, a to z tego powodu, że ilość zębów jest podzielną tylko przez 5, lub żeby zapobiedz ściąganiu się koła przy ostygnięciu odlewu, które zachodzi przy kołach 4ro ramiennych, ponieważ ramiona przeciwnie ściągają wieniec silniej.

Przekrój ramion może być krzyżowy, kształtu T , \sqcap lub U albo wreszcie eliptyczny. Zawsze atoli uwzględniamy przy obliczaniu ramion tylko to żebro, które leży na płaszczyźnie koła, i oddziałuje najsilniej przeciw złamaniu. Żebra zaś prostopadłego do pierwszego, nie bierze się w rachubę. Żebro główne należy obliczać z bezpieczeństwem przynajmniej dwa razy większem niż to, z jakim zęby koła obliczone zostały, inaczej bowiem otrzymalibyśmy bardzo cien-

kie ramiona, które ostygłyby przy odlewie prędkiej, niż wieniec i piasta, co mogłoby spowodować oderwanie się ramion.

Niech oznacza: h wysokość głównego żebra jednego ramienia; m grubość tego żebra w mm; P siłę w kgr. na obwodzie koła zębatego; k współczynnik wytrzymałości; σ współczynnik bezpieczeństwa; A ilość ramion; natenczas zachodzi równanie dla jednego ramienia: $\frac{PR}{A} = \frac{1}{6} m h^2 \frac{k}{\sigma}$

a skoro przyjmiemy: $m = 1,2 \frac{h}{A}$ to otrzymamy:

$$\frac{PR}{A} = \frac{1,2}{6} \frac{h^3}{A} \frac{k}{\sigma} = 0,2 \frac{h^3}{A} \frac{k}{\sigma} \quad \text{skąd}$$

$$h^3 = \frac{PR}{0,2} \frac{\sigma}{k}$$

Ponieważ ramiona bywają wyrabiane z żelaza lanego, przeto $k=28$, a według tego co wyżej podano, biorąc $\sigma=30$, i wstawiając $RR=716200 \frac{N}{n}$, otrzymamy

$$\left. \begin{aligned} h &= 1,75 \sqrt[3]{PR} = 156 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \\ m &= 1,2 \frac{h}{A} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (115)$$

Jeżeli rozmiary ramion, obliczone według wzorów, porównamy z wymiarami ramion kół wykonanych, okazały się znaczne różnice, które możemy wyrównać za pomocą następującej tabliczki;

Ilość ramion	$A =$	3	4	6	8	10	12
wykonana szerokość ramion		$1,2 h$	$1,1 h$	h	$0,9 h$	$0,85 h$	$0,8 h$
„ grubość	„	$0,7 m$	$0,8 m$	m	$1,2 m$	$1,4 m$	$1,6 m$

N. p. Dla 10 ramion otrzymalibyśmy z rachunku $h = 260$; $m = 20$ mm, podczas gdy z tabliczki $h = 0,85 \times 260 = 220$ mm; a grubość jest $1,4 \times 20 = 28$ mm. Przy 6ciu ramionach można pozostawić wartości wynikające ze wzorów (115).

Szerokość ramienia h mierzymy przy piasku a n średnicy wału, zwiężając ramię tak, aby szerokość, mierzona na kole podziałowym, wynosiła $0,75 h$.

3. **Wieniec.** Grubość wienca z obieramy zwykle równą grubości zęba, lub przyjmujemy

$$z = 3 + 0,4 t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (116)$$

Wieniec nie bywa dokładnie walcowym, lecz zgrubionym wewnątrz lub ku środkowi lub z jednej strony o $0,2 z$ a to zależnie od przekroju ramienia, jak okazują fig. 301—302. Szerokość wienca przy zębach żelaznych jest równa szerokości zębów. Małe koła zębate wymagają wzmocnienia piasty lub zębów, gdy te ostatnie mają kształt wcięty, a wtedy otrzymują krążki z jednej strony lub z obu dwu stron, sięgające do korony zębów fig. 304; a jeżeli 2 takie koła zazębiają się, wtedy te krążki sięgają tylko do kół podziałowych. fig. 205. Przy zębach drewnianych rozmiary wienca bywają większe z tego powodu, że otwory na zęby osłabiają wieniec. W tym przypadku przyjmujemy (fig. 306) szerokość wienca $= b + 0,66 t$.
grubość „ $= t$ do $1,5 t$.

Wielu konstruktorów przyjmuje bardzo słusznie szerokość zęba drewnianego o 5 do 8 mm mniejszą od szerokości zęba żelaznego, aby ząb drewniany nie został przez ruch wyłobiony, co w żelazie nie tak rychło nastąpić może.

O s a d z a n i e zębów na wieniec odbywa się rozmaicie: Fig. 308 okazuje główne sposoby utwierdzenia zęba drewnianego. Ząb z_2 jest niekorzystnie wpuszczony, albowiem obwód cykloidalny nie powinien być podcięty żeby włókna drzewa nie wyprysły. Wpuszczenie stożkowe zęba z_4 jest bez korzyści. Ząb powinien zachodzić w wieniec prosto i w kierunku promienia a wewnątrz wienca powinien być przymocowany. Przytwierdzanie klinami drewnianymi, jak z_1 i z_2 jest z tego powodu mniej korzystne, że nie możemy być pewni, czy drzewo jest zupełnie suche. Kliny

zyschają się z czasem, a gdy tylko jeden ząb nie jest stale osadzony, natenczas wszystkie zęby sąsiednie obluzowują się. Znacznie pewniejszem, a jak niektórzy twierdzą, najtańszem jest przytwierdzenie za pomocą klinów żelaznych (z grubej blachy); według naszego doświadczenia użycie zawłóczki jest najtańsze i bardzo pewne, bo każdy ząb jest osobno przytrzymywany i nie ma żadnego wpływu na swego sąsiada. W ten sposób jest umocowany ząb z_4 na fig. 308 i ząb na fig. 386.

Zęby drewniane, których szerokość jest większa niż 200 mm wykonywa się z dwu części, według fig. 307; jeżeli zaś ząb drewniany natrafia na ramię, a nie chcemy zboczyć od ramienia, aby ono się zmieściło między zębami, natenczas musimy ząb rozdziwić, jak okazuje fig. 309.

§. 57. Koła stożkowe.

n. Kegelräder; f. roue d'angle; a. conical-wheel;

г. коническія колеса.

Kół stożkowych używamy wtenczas, gdy ich osi leżą na jednej płaszczyźnie, lecz nie są równoległe. Konstrukcyja tych kół nie zależy od kąta, który tworzą ich osi. Różnica między kołami czołowymi a stożkowymi polega przedewszystkiem na tém, że ich tworzące nie leżą jak poprzednio, na powierzchni walca, lecz na powierzchni stożka, który nazywamy **stożkiem głównym**; podstawa tego stożka przedstawia koło podziałowe, na którym mierzymy podział, tudzież grubość zębów. Fig. 299 okazuje wykreślenie stożków dwu kół stożkowych. Między promieniami R i R_1 kół podziałowych, ilościami zębów z i z_1 , tudzież ilościami obrotów n i n_1 zachodzą teżsame stosunki, co dla kół czołowych, mianowicie:

$$R : R_1 = z : z_1 = n_1 : n$$

Szerokość zębów b mierzymy na linii SB czyli na tworzącej stożka głównego, a wysokość zęba C mierzymy

na linii BM t. j. na prostopadłej do BS . Układ tych prostopadłych BM utwarza drugi stożek, który nazywamy **stożkiem pomocniczym** (Ergänzungskegel). Stożkiem pomocniczym dla drugiego koła jest stożek ANC , mający swój wierzchołek w punkcie N . Ten stożek znajdziemy najłatwiej przy pomocy rysunku, lecz możemy także obliczyć jego promień, przyjąwszy $Am = R$; $An = R_1$ $AM = r$; $AN = r_1$ otrzymamy z trójkątów AmM i AnN :

$$\left. \begin{aligned} r &= R_1 \frac{\sqrt{R^2 + R_1^2 + 2RR_1 \cos z}}{R + R_1 \cos z} \\ r_1 &= R \frac{\sqrt{R^2 + R_1^2 + 2RR_1 \cos z}}{R_1 + R \cos \alpha} \end{aligned} \right\} . \quad (117)$$

$$\text{Dla } z = 90^\circ \text{ będzie } r = \frac{R}{R_1} \sqrt{R^2 + R_1^2} \quad \frac{r}{r_1} = \left(\frac{n_1}{n} \right)^2 . \quad (118)$$

Podobnie jak przedtem, mamy równanie: $2R\pi = tz$ tudzież inne wzory do obliczania podziału podane pod (103)—(108).

Zazębienie i wykreślanie zazębienia odbywa się tym sposobem, że odwijamy stożki pomocnicze, t. j. wykreślamy koła o promieniach r i r_1 jako podziałowe (fig. 314—315), tudzież dwa inne koła, ograniczające korony i korzenie i wyznaczamy takim samym sposobem obwód zęba, jak dla kół czołowych t. j. bądź według cykloidy bądź według rozwijającej koła. Dla kół stożkowych najodpowiedniejszym jest zazębienie według rozwijającej koła, osobliwie wtenczas, gdy mniejsze koło posiada znaczną ilość zębów, co najmniej 24, gdyż wady tego zazębienia nikną w miarę zwiększania się ilości zębów. Przy małej zaś ilości zębów, dla której koło główne wypada ponad kołem ograniczającym korzenia zęba, rozwijająca koła nie jest stosowną, zwłaszcza, że wcięcie tej krzywej leży na tej płaszczyźnie, w której formierz musi wyciągać model z piasku, wskutek czego wydobywanie zębów z piasku jest połączone z wieloma trudnościami.

§. 58. Konstrukcja kół stożkowych.

1. **Piasta** otrzymuje tę samą grubość g jaką przyjęliśmy dla kół czołowych, a długość piasty jest ze względu na pochyle ułożenie wieńca zwykle cokolwiek większa od szerokości koła.

2. **Ramiona**. Ilość ramion i obliczanie ich wymiarów jest takie same, jak dla kół czołowych, lecz przekrój ramion nie może być tak rozmaity, jak przy kołach poprzedzających. Najlepiej nadaje się tutaj przekrój T (fig. 312) a w szczególnych przypadkach przekrój eliptyczny. Przekroju krzyżowego nie używamy, ponieważ formowanie i wydobywanie modelu z piasku byłoby mozolnym, a wyrób byłby w skutek tego kosztownym. Ramie zwęża się, jak w fig. 300, od wysokości h mierzonej przy piasku do wysokości $0,75h$ mierzonej na mniejszem kole podziałowym, ponieważ żebro leży zawsze po stronie koła zwężonej, a nie tam, gdzie przyjmujemy właściwe koło podziałowe.

3. **Wieniec**. Różnica w wykreślaniu wieńca polega na tem, że zęby ostrosłupowe zwężają się podobnie jak wieniec ku wierzchołkowi O (fig. 312). Przejście ramion do wieńca może być rozmaicie przeprowadzone, jak to okazują fig. 310—312. Najwygodniejszym dla wykonania jest kształt na fig. 310. Grubość wieńca dla kół z zębami żelaznymi jest

$$z = a \text{ lub } z = 3 + 0,4 t$$

Tę grubość mierzymy po stronie koła podziałowego, a zwężamy ją w kierunku promienia ku wierzchołkowi O .

Dla kół z zębami drewnianymi przyjmujemy grubość wieńca znacznie większą t. j. $z = t$ do $1,5 t$ więc także taką, jakąśmy przyjęli dla kół czołowych tego samego rodzaju; a przytwierdzanie zębów drewnianych uskutecznia się podobnie jak dla kół czołowych (fig. 312).

§. 59. Ciężar kół zębatach.

Chcąc wyznaczyć przybliżony ciężar koła zębatego, którego bezpośrednio zważyć nie możemy, lub chcąc obliczyć ciężar koła, mającego się dopiero wykonać, postępujemy rozmaicie. I tak:

1. Obliczywszy jak najdokładniej objętość koła, mnożymy ją przez ciężar właściwy materiału koła, który dla żelaza łanego wynosi 7,2 do 7,6 kgr. na decymetr sześcienny. Taki rachunek jest mozolny, albowiem należy obliczać z osobna piastę, ramiona, wieniec i zęby; uwzględniając zarazem żebra i t. p. dla tego używa się go tylko w razach wyjątkowych.

2. Ważymy model drewniany koła i mnożymy ciężar otrzymany przez stosunek ciężaru właściwego żelaza do ciężaru właściwego drzewa, z którego model został wykonany. Ten stosunek wynosi średnio 12,5. Ten sposób jest najłatwiejszy i najkrótszy.

3. Obliczamy ciężar koła według następującego równania empirycznego, podanego przez Reuleaux:

$$G = bt^2 (6,25 z + 0,04 z^2)$$

gdzie G oznacza ciężar koła w kgr; z ilość zębów; b szerokość koła; t podział. Obadwa ostatnie rozmiary w decymetrach.

Redtenbacher podał obszerną tablicę (w Resultaten f. den Maschinenbau) do obliczania ciężaru kół. Dla stosunku $b : a = 6$ jest $G = b^3 \left(\frac{R}{b}\right)$ gdzie R oznacza promień koła; b szerokość zębów w centymetr, a wówczas G jest ciężarem koła zębatego w kilogramach.

§. 60. Koła ślimakowe czyli śrubowe.

n. Schneckenräder; f. roues a dents helicoïdes; a worm-wheels.

Celem przeprowadzania ruchu osi krzyżujących się, używamy najczęściej kół ślimakowych czyli śrubowych ze śrubą czyli ze ślimakiem. Ślimak osadza się na tej osi, która ruch przenosi; koło zaś na osi pędzonej. Takie koło,

kóre bywa poruszane za pomocą śruby czyli ślimaka, możemy uważać za część mutry, obracanej śrubą, i przy obliczaniu przyjmując to za podstawę. Dokładne obliczenie tarcia śruby jest bardzo trudne, ponieważ oprócz zmiany prędkości w rozmaitych punktach gwintu, należy uwzględnić także sprężystość materiału, dobroć wykonania, a przede wszystkim zmianę ciśnienia w rozmaitych punktach gwintu. Dla celów praktycznych wystarczają wartości przybliżone polegające na uważaniu powierzchni śrubowej za płaszczyznę pochyłą. Niech oznacza: M moment siły na obwodzie koła ślimakowego, m moment siły na śrubie, N ciśnienie prostopadłe do gwintu, α kąt nachylenia płaszczyzny śrubowej. Niech na fig. 316 AA oznacza oś śruby; BB oś koła ślimakowego; R promień koła, wreszcie r promień śruby; wtedy $M = N \sin \alpha R$ $m = N \sin \alpha r$, a stąd $\frac{M}{m} = \frac{R}{r} \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$

Jeżeli jest wiadoma siła na ramieniu korby, która prawnia obrót śruby, natenczas znamy moment m ; a jeżeli zważymy, że śruba jest płaszczyzną pochyłą, nawiniętą na walec, to $t = 2 r \pi \operatorname{tg} \alpha \dots$, oznacza krok śruby.

Wielkość t przedstawia podział, albowiem odległość dwu zębów koła ślimakowego t. j. podział tego koła, jest właśnie równy krokowi t śruby. Z tego wynika dalej \dots

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{2r\pi}$ więc

$$\frac{M}{m} = \frac{2R\pi}{t} = z \dots \dots \dots (119)$$

t. z. stosunek momentów równa się ilości zębów koła ślimakowego przy gwincie pojedynczym ślimaka. Ten stosunek zachodziłby dokładnie, gdyby nie istniało tarcie; gdy tarcie uwzględniamy, otrzymamy inny wynik. Niech bowiem oznacza P siłę, działającą na obwodzie śruby, Q opór koła ślimakowego na jego obwodzie; f współczynnik tarcia; to wiadomo, że przy uwzględnieniu tarcia na płaszczyźnie nachylonej pod kątem α zachodzi równowaga, gdy

$Q = P \frac{1 - f \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha}$, więc stosunek momentów będzie :

$$\frac{M_1}{m_1} = \frac{QR}{Pr} = \frac{R}{r} \frac{1 - f \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha} = \frac{1 - f \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha} z \operatorname{tg} \alpha$$

Obliczmy wartość stosunku $M_1 : m_1$, przyjmując $f = 0,15$; następnie przyjmijmy $\operatorname{tg} \alpha = 0,1$, wtedy otrzymamy:

$$\frac{M_1}{m_1} = 0,394 z \dots \dots \dots (120)$$

A zatem, zamiast stosunku z , jaki otrzymaliśmy z równania (119) nie uwzględniając tarcia, mamy obecnie zaledwie 40% skutku użytecznego, a pozostające 60% tracimy na tarcie samej śruby, nie wliczając nawet tarcia osi śruby i osi koła ślimakowego. Ten wynik rachunku okazuje, że przenoszenie ruchu za pomocą śruby jest bardzo niekorzystne. Ilość zębów nie jest zatem równa stosunkowi momentów sił przenoszonych, lecz daje tylko ilość obrotów, które śruba wykonać musi, aby koło ślimakowe wykonało jeden obrót; skoro pojedynczy gwint przy śrubie przyjmujemy. Przy gwincie podwójnym uważamy tylko połowę ilości zębów, za ilość obrotów śruby na jeden obrót koła; przy gwincie potrójnym tylko trzecią część ilości zębów i t. d.

Zastosowanie mechanizmu ślimakowego nie jest więc korzystne i tylko w następujących przypadkach możemy go używać: 1. Przy przenoszeniu małych sił, gdzie nie rozchodzi się o wielką skuteczność mechanizmu, lecz o przeniesienie ruchu z jednej osi na drugą n. p. w przyrządach do liczenia obrotów i t. p. 2. Przy maszynach roboczych, gdzie ruch obrotowy mamy zamienić na ruch postępowy jednostajny n. p. w tokarkach, wiertarkach i t. p. 3. Przy zastawach i innych podobnych przyrządach, które tylko krótki czas działają, przewyżczając znaczny opór małą siłą. 4. W przyrządach do wyciągania, zwłaszcza w windach i żurawiach, gdzie koło śrubowe zastępuje hamulec.

Mając podział, wykreślamy promieniem $r = 1,6 t$ średnie koło ślimaka, następnie otrzymamy różnicę odległości osi równą promieniowi R , a z równania $2 R\pi = tz$ otrzymamy ilość zębów, którą zaokrąglamy do liczby całej, zmieniając stosownie podział.

Te same zasady stosują się do ślimaków z gwintem podwójnym lub z potrójnym, z tą tylko różnicą, że jeden obrót śruby posuwa jednocześnie 2 lub 3 zęby; stosunek momentów sił wyraża się w tedy równaniem $M:m=z:z_1$ bez uwzględnienia tarcia. Jeżeli zaś tarcie uwzględnimy, będzie:

$$\frac{M_1}{m_1} = \frac{z}{z_1} \operatorname{tg} \alpha \frac{1-f \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha}$$

Dla gwintu pojedynczego wstawimy więc $z_1 = 1$; dla gwintu podwójnego wstawimy za $z_1 = 2$; a dla gwintu potrójnego $z_1 = 3$ i t. d; podobnie otrzymamy promień ślimaka:

$$\begin{aligned} r &= 1,6 t \dots \text{dla } z_1 = 1 \\ r &= 2 \cdot 1,6 t \dots \text{„ } z_1 = 2 \\ r &= 3 \cdot 1,6 t \dots \text{„ } z_1 = 3 \text{ i t. d.} \end{aligned}$$

Wykreślenie zazębienia koła ślimakowego jest podobne do zazębienia koła czołowego z prętem zębatym, jak okazują fig. 318—320. Dla łatwiejszego formowania koła ślimakowego i łatwiejszego wykonywania modelu nadaje się często wieńcowi koła i zębom kształt walcowy, jak w fig. 318, zamiast kształtu wklęsłego fig. 320. W pierwszym razie są zęby graniastosłupowe na wieńcu ułożone ukośnie, stosownie do nachylenia śruby pod kątem α . W tym razie nie otrzymamy jednak tak dokładnego zazębienia, jak w fig. 320, bo zęby dotykają się gwintu tylko w jednym punkcie (fig. 318), zamiast w linii kołowej.

Koła ślimakowe znajdują zastosowanie przy żurawach, przy śluzach do kół wodnych i turbin i t. p.

§. 62. Wyrabianie kół zębanych.

Materyałem kół zębanych jest przeważnie żelazo lane. Dokładność wyrobu jest tém większą, im dokładniej model został z drzewa wykonany. Wykonanie modelu drewnianego odbywa się rozmaicie. W nowszych czasach używają zamiast całego modelu tylko część tegoż, którą nazywają szablonem, a formowanie takie szablonowem. Piasta koła powinna być w modelu osobno nałożona, aby ją można zastąpić większą lub mniejszą piastą, według potrzeby. Z tego powodu łączy się ramiona w środku w jedną płytę, na którą według średnicy osi nakłada się piastę z odpowiednim jądrem na otwór. Wieniec czyli dzwono koła musi być w modelu zawsze toczony, zęby zaś mogą być rozmaicie do wieńca przytwierdzone. Najsilniejsze i najtrwalsze przytwierdzanie zębów jest wtedy, gdy wpuszczamy je na ogon jaskółczy i przyklejamy. Znacznie taniej wypada samo naklejanie, lecz takie przytwierdzenie ma tą wadę, że zęby łatwo się odklejają przy wilgoci, a nadto osadzenie zębów bywa niedokładne; dlatego powinno się tego sposobu używać tylko przy takich kołach, które tylko raz odlewane być mają. W każdym razie oznacza się na wieńcu obtoczonym z obudwu stron dokładnie podział, a na każdym zębie środek jego, przez co kierunek i położenie zęba jest stale oznaczone. Koła, które bardzo często odlewane być mają, formuje się najlepiej z modeli żelaznych, a przy małych rozmiarach z mosiężnych. Takie modele są dokładnie obrobione, i bądź w całości wykonane, bądź ze względu na oszczędność robi się w modelu tylko wieniec metalowy z zazębieniem, piasta zaś i ramiona są z drzewa. Koła o wielkiej średnicy formuje się korzystnie na przyrządach osobno do tego zbudowanych, gdzie tylko jeden ząb z dwoma odstępami jest wymagany, a wieniec formuje się następnie tym szablonem.

Gdy koło służy do ruchu podrzędnego, wystarcza zazwyczaj surowy odlew t. j. że po wytoczeniu piasty osadza

§. 61. Konstrukcja kół ślimakowych.

Podział u kół ślimakowych nie obliczamy według wzorów, podanych dla kół zębatach, a to z tej przyczyny, że stosunek wysokości zęba do jego grubości, tudzież stosunki innych rozmiarów są odmienne. Niech oznacza: P siłę na obwodzie koła, a grubość b szerokość c wysokość zęba, t podział, R promień koła, r promień śruby; to dla stosunku $b : a$ przyjmujemy zwykle

$$\frac{b}{a} = 4 \dots \dots \dots (121)$$

Wysokość zęba wynosi zwykle $c = 1,25 a$ do $1,3 a$ średnio zatem:

$$c = 1,3 a \dots \dots \dots (122)$$

a według §. poprzedzającego $t = 2 r \pi \operatorname{tg} \alpha$, przyczem $\operatorname{tg} \alpha = f = 0,1$ skąd wynika:

$$r = 1,6 t \dots \dots \dots (123)$$

Z tych danych obliczamy wytrzymałość zęba koła ślimakowego na złamanie, według wzoru: $Pc = \frac{1}{6} ba^2 k =$

$$\frac{1}{6} ba^2 \frac{28}{\sigma} = 1,3 aP. \text{ Podobnie, jak dla kół zębatach, obieramy}$$

$$t = 2,15 a \dots \dots \dots (124)$$

$$\text{skąd } \sigma P = \frac{28}{7,8} \frac{b}{a} \left(\frac{t}{2,15} \right)^2; \text{ jeżeli wstawimy za } PR \text{ war-}$$

tość wzoru I. str. 3, następnie $2 R \pi = tz$, natenczas dla stosunku $b : a = 4$ będziemy mieli:

$$\left. \begin{aligned} \text{podział } t &= 0,566 \sqrt[3]{\frac{P\sigma}{z}} \\ &= 1,212 \sqrt[3]{\frac{tR}{z}\sigma} \\ &= 108 \sqrt[3]{\frac{N}{nz}\sigma} \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} \text{grub. zęba } a &= 0,263 \sqrt[3]{\frac{P\sigma}{z}} \\ &= 0,564 \sqrt[3]{\frac{PR}{z}\sigma} \\ &= 50 \sqrt[3]{\frac{N}{nz}\sigma} \end{aligned} \right\} (125)$$

się koło bezpośrednio na wale, a zęby oczyszcza się z grubszego dłutem i pilnikiem. Dla dokładnego przenoszenia ruchu, zwłaszcza tam, gdzie zamierzamy uniknąć uderzeń i hałasu, musimy po wytoczeniu piasty zęby dokładnie obrobić. Ta praca skutecznia się bądź ręcznie za pomocą tokarki, bądź na osobnych maszynach, frezach i strugarkach, które zęby wyrzynają.

Ręczny sposób obrabiania kół jest następujący: W modelu wyrabia się zęby, stosownie do wielkości koła, od 2 do 3 mm grubsze, przez co także odlew wyda grubsze zęby. Takie koło surowe przechodzi na tokarkę dla wytoczenia piasty, zarazem obtacza się na gładko zęby t. j. koronę i obadwa boki wieńca z zębami. Nie zdejmując koła z tokarki, kreślimy z obudwu stron zębów koło podziałowe za pomocą ostrego noża czyli igły. Koło musi być oczywiście tak daleko przymocowane od tarczy tokarkiej (Planscheibe), żeby nóż mógł z obudwu stron tę pracę wykonywać. Następnie zdejmujemy koło z tokarki, aby koło podziałowe podzielić według ilości zębów. To dzielenie musi być jak najdokładniej wykonane, i tak często powtarzane, aż się zupełną dokładność osiągnie. Należy uwzględnić, żeby środki zębów wypadły o ile możności tak, aby ząb mógł być wycięty z danego materiału; dlatego powinno się dzielenie od tego zęba zaczynać, który najwięcej zbacza z dobrego podziału. Środki zębów uwidocznią się znacznikiem (Körner) i odcina się połowę grubości zęba z każdej strony punktu podziału. Następnie rysuje się bok zęba cyrklem lub wzorcem, odcinając grubszą warstwę dłutem, a następnie gładząc pilnikiem. Wzorec (szablon), mający służyć do wykresłania zębów, powinien obejmować przynajmniej 3 zęby (fig. 317) jak najdokładniej zrobione, a sam powinien być wykonany z blachy o 3 mm grubości. Rysik stalowy służy do odrysowania kształtu zębów na kole.

Przy obrabianiu kół zębatach na frezarce lub na strugarce, umyślnie do tej roboty zbudowanej, należy wyrysować profil odpowiedniego noża lub kółka frezowego, które ma wyciąć między zębami zbytek materiału.

Bardzo wielkie koła zębate, które składamy z części, muszą być najprzód złożone i tak silnie utwierdzone, aby stanowiły całość, a następnie dopiero mogą być obrobione ręcznie lub maszynowo. Takie składanie kółka z części, odbywa się rozmaicie i zwyczajnie zależy od wielkości średnicy koła. Gdy chodzi tylko o łatwe osadzenie koła na wale, wtedy wystarcza odlać koło z dwu części i bądź połączyć piastę i wieniec za pomocą łap, bądź skutecznie połączenie śrubami w 2 ramionach. Gdy zaś ciężar lub trudność odlewu koła wymaga podzielenia koła, natenczas odlewa się bądź piastę i ramiona z jednej sztuki, a wieniec osobno, bądź piastę, wieniec i ramiona, każde z osobna; albo wreszcie może być także i wieniec z części czyli odcinków złożony. Oprócz łączenia śrubami i klinami używa się często ściągania obręczami, nałożonymi na gorąco lub na zimno. (Fig. 300—301).

Zęby drewniane mają tę zaletę, że koło obraca się cicho i dokładnie, a przynajmniej łagodniej ruch przenosi, aniżeli koła o zębach żelaznych, zwłaszcza, gdy one nie są obrobione; zęby drewniane mogą być dokładniej wykonane a są tańsze od żelaznych zębów obrobionych. Atoli zużycie się zębów drewnianych jest znacznie większe, lecz zato odnowienie ich jest łatwiejsze. Z tych powodów otrzymuje koło większe palce, czyli zęby z drzewa, a przy parze kół o małej różnicy średnic koło oddające ruch dostaje zęby z drzewa. W każdym razie zęby żelazne, chwytające się z drewnianymi muszą być bardzo gładko obrobione, a drzewo użyte na zęby musi być suche. Najlepiej jest drzewo grabowe, gdy w kawałki pocięte suszyło się przez dwa lub 3 lata.

Jeżeli koła mają bardzo spokojnie się obracać i ruch jak najdokładniej przenosić, wtedy powinny być przed obro-bieniem zębów i po tém obrabieniu zrównoważone czyli wybalansowane.

Ostatnią pracą przy wyrobie kół zębatach, jest wyro-bienie rowka na klin, który ma koło utrzymywać na osi. Wykonanie tego rowka odbywa się ręcznie lub na maszy-nach. Ręcznie możemy rowek wyciąć za pomocą dłuta wą-skiego i dłuta szerokiego, bijąc młotkiem w dłuto trzymane lewą ręką. Wąskim dłutem weina się żłobki, ograniczające rozmiar szerokości na całą długość; dłutem zaś szerokim wy-cina się głębokość całego rowka. Do tej pracy mamy wiele narzędzi, z których jedno przytaczam, jako bardzo pra-ktyczne ob. fig. 321—322. Otwór piasty *A* zabija się drze-wem, między które włożone są kliny *a*, *b*, *c* prowadzące nóż *n*, który wycina rowek; klin *a* ma z jednej strony nos dla stałego utrzymania go w miejscu ułożonem i ma wszę-dzie jednostajną grubość. Następny klin *b* jest zbieżny i prowadzi klin *c*, który posiada otwory, służące do wkła-dania drutu, aby przy wbijaniu noża *n* dolne kliny nie po-suwały się w kierunku uderzenia. Wybijanie rowka po-wtarza się dopóty, dopóki nie osiągniemy pożądanej głębo-kości.

Wyrobienie maszynowe rowka odbywa się na stru-garkach pionowych. (Nuthenstossmaschinen) lub na przy-rządach umyślnie do tego zbudowanych.

VIII. KOŁA TARCIOWE czyli FRYKCYJNE

- n. Reibungsräder, Frictionsräder; f. roues de friction;
a. friction - wheels.

§. 63. Obliczanie kół tarciovych.

Ruch kół tarciovych polega na tarcii między dwiema powierzchniami z których jedna jest przyciskana do dru-