

**POLITECHNIKA GDAŃSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA KONSTRUKCJI I EKSPLOATACJI MASZYN**



KOREKCJA ZAZĘBIENIA

**ĆWICZENIE LABORATORYJNE NR 5
Z PODSTAW KONSTRUKCJI MASZYN**

OPRACOWAŁ: dr inż. Jan KŁOPOCKI

Gdańsk 2000

1. CEL ĆWICZEŃ

Celem ćwiczeń jest poszerzenie i utrwalenie wiedzy na temat geometrii zazębienia kół zębatach, ze szczególnym uwzględnieniem korekcji zarysu.

2. WPROWADZENIE DO ĆWICZEŃ

2.1. Wstęp

Korekcją nazywamy operację przesunięcia zarysu zęba w stosunku do zębów **koła zerowego**, dokonywanej w trakcie nacinania zębów.

Koła niekorygowane są nazywane **kołami zerowymi**, ponieważ odległość linii podziałowej narzędzia zębataki od okręgu podziałowego nacinanych kół jest równa zero. Należy podkreślić, że przy korekcji nie ulega zmianie linia toczna narzędzia, która przez cały czas obróbki pozostaje styczna do koła podziałowego nacinanego koła. Zmienia się tylko geometria samego koła.

Korekcję zarysu dwóch współpracujących kół zębatach określa się łącznym współczynnikiem korekcji x .

$$x = x_1 + x_2 \text{ (bezwymiarowy)}$$

x_1 - współczynnik korekcji koła pierwszego

x_2 - współczynnik korekcji koła drugiego

Przesunięcie zarysu

$$X = x * m_n \text{ [mm]}$$

m_n - moduł normalny

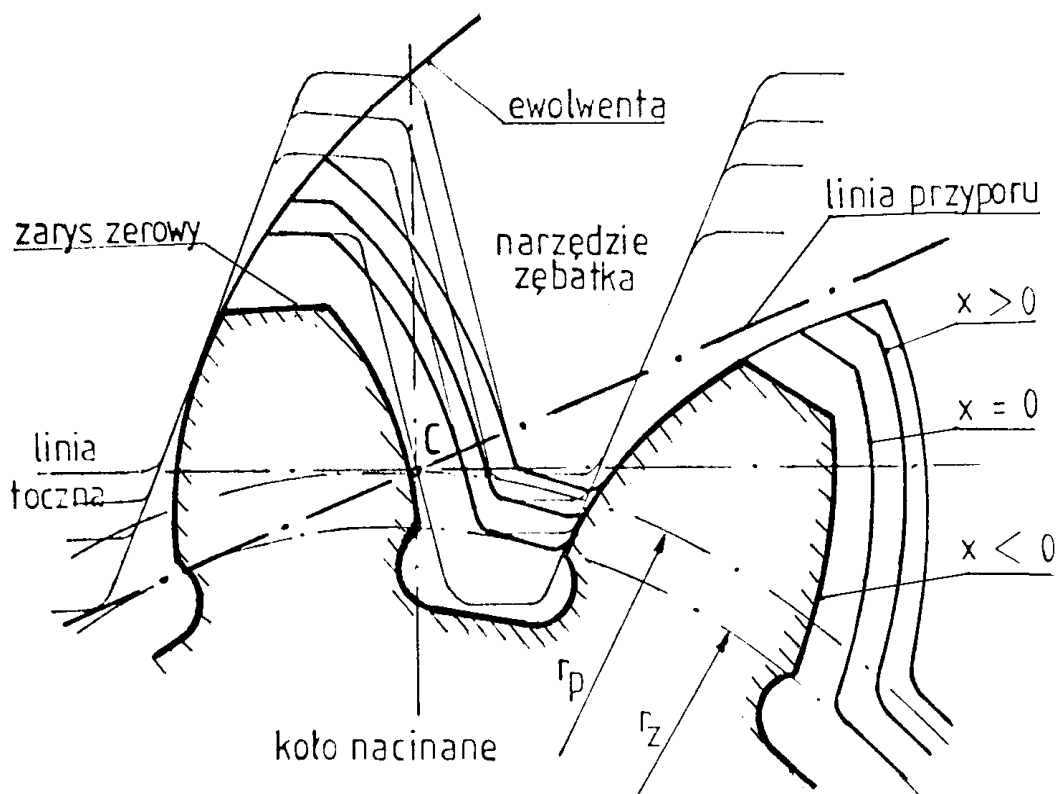
Głównymi celami stosowania korekcji jest:

- zlikwidowanie podcięcia zęba;
- zmiana odległości osi współpracujących kół;
- zwiększenie wytrzymałości stopy zęba na złamanie;
- zwiększenie wytrzymałości powierzchni zęba na wykruszenie zmęczeniowe;
- dobór korzystnych warunków poślizgu międzyzębego;

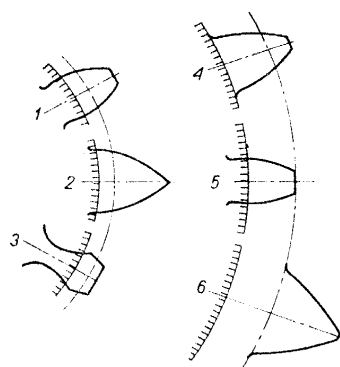
oraz inne jak np. dobór kąta przyporu odmiennego od normalnego czy też związaną z tym zmianę odległości międzyosiowej.

Współczynniki zarysu - korekcji (x_1, x_2) można tak przyjmować, że możliwe jest osiągnięcie mniej lub więcej w/w celów. Jednakże osiągnięcie ich wszystkich jednocześnie jest niemożliwe.

Korekcja może być dodatnia ($x > 0$) oraz ujemna ($x < 0$). W korekcji dodatniej zarys koła przesunięty jest na zewnątrz w stosunku do **koła zerowego**, natomiast w korekcji ujemnej do wnętrza koła. Korekcje te ilustruje rys.1. Jak istotnie wpływa korekcja na stosunki wymiarowe zęba przedstawiono na rys.2. razem z tabelą podającą wartości współczynnika korekcji dla poszczególnych zębów.

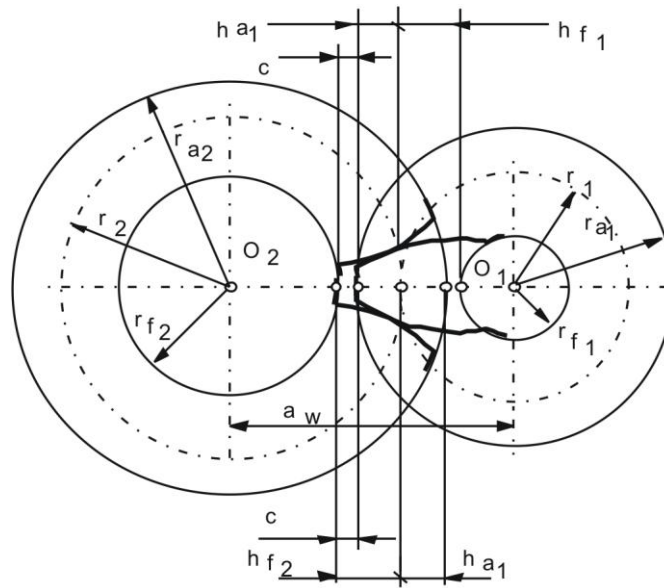


Rysunek1. Zmiana zarysu zębów przy korekcji "dodatniej " i "ujemnej"



Numer zęba	Liczba zębów	Współcz. korekcji x
1	12	0
2	12	0,82
3	12	-0,5
4	50	0
5	50	-1
6	50	+1,2

Rysunek 2. Zarys zębów o różnej liczbie przesunięcia zarysu



Rysunek 4. Promienie kół toczyń, wierzchołkowych i dna wrębów oraz wysokości głowy i stopy zęba w parze kół zębatych

Promienie kół toczyń (średnice), promienie okręgów wierzchołkowych i dna wrębów kół zębatych obliczane są z poniższych zależności .

$$r_1 = \frac{a}{i+1} \quad ; \quad d_1 = \frac{2a}{i+1}$$

$$r_2 = i * r_1 \quad ; \quad d_2 = \frac{2a * i}{i+1} = d_1 * i$$

$$r_{f1} = r_1 - [h_a^* + c^* + x_1] m_n$$

$$r_{f2} = r_2 - [h_a^* + c^* + x_2] m_n$$

$$r_{a1} = a_w - r_{f2} - c^* m_n$$

$$r_{a2} = a_w - r_{f1} - c^* m_n$$

$$h_a = (y + x) * m_n$$

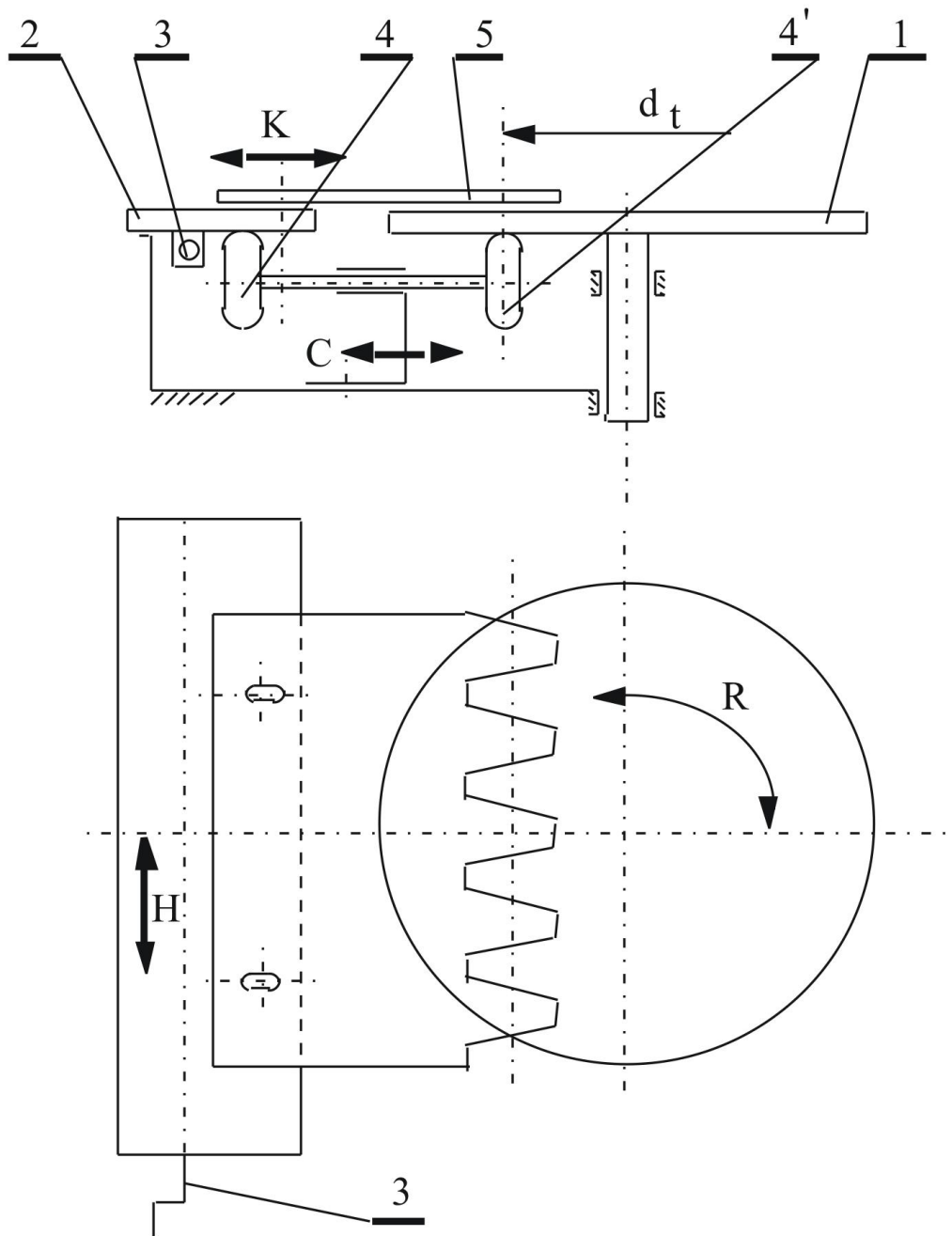
$$h_f = (y + c^* - x) * m_n$$

- $r_{1(2)}$ - promienie okręgów podziałowych koła 1 lub (2)
- $r_{f1(2)}$ - promienie okręgów stóp koła 1 lub (2)
- $r_{a1(2)}$ - promienie okręgów wierzchołkowych koła 1 lub (2)
(promienie koła głów)
- m_n - moduł normalny
- y - współczynnik wysokości zęba (najczęściej $y=1$)
- $x_{1(2)}$ - współczynniki korekcji koła 1 lub (2)
- $c = c^* * m_n$ - luz promieniowy wg [PN-71/M-88522/01]

- c^* - współczynnik luzu promieniowego przyjmowany dla zębów dłutowanych i wiórkowanych (0,2 - 0,3) oraz szlifowanych 0,4. **Wartość zalecana $c^* = 0,25$**
- h_a - wysokość głowy zęba korygowanego
- h_f - wysokość stopy zęba korygowanego

2.2 Opis przyrządu PK

Przyrząd PK (rys.5) służy do wykreślania zarysów kół zębatych w zakresie średnic podziałowych od 80 do 380 mm, metodą obwiedniową. Tarcza (1) obracająca się wokół osi pionowej jest napędzana przez płytę (2), przemieszczaną prostoliniowo w płaszczyźnie poziomej, za pomocą mechanizmu śrubowego (3). Ruch płyty (2) jest zamieniany na ruch obrotowy tarczy (1) za pośrednictwem przekładni cierniej o przełożeniu 1:1, przy czym koła 4 i 4' tej przekładni a także "koła toczne" tarczy (1) obracają się z prędkością obwodową równą prędkości przesuwu płyty (2). Koło toczne tarczy (tj.wykreślanego koła zębatego) jest zdeterminowane położeniem punktu styku koła (4') z tarczą (1). Do płyty (2) utwierdzona jest listwa zębata (5) o liczbie zębów $z=\infty$. Możliwa jest zmiana odległości listwy od środka tarczy (1) co wykorzystywane jest w przypadku wykreślenia zarysu korygowanego (przy zachowaniu tej samej średnicy tocznej tarczy 1). Zmieniać można również średnicę koła tocznego (podziałowego) przez przemieszczenie zespołu kół ciernych (4 i 4') i zmianę ich odległości od środka tarczy (1).



K – zmiana współczynnika korekcji
C – zmiana średnicy koła toczonego (podziałowego)
H, R – sprężynowy ruch elementu 1, 2 oraz 5

Rysunek 5. Przyrząd PK do wykreślenia zarysu metodą obwiedniową

Tablica 1. Wartości funkcji ewolwentowej $\operatorname{inv}\alpha$

Sto- pnie	0'	10'	20'	30'	40'	50'
2°	0,00001418	0,00001804	0,00002253	0,00002771	0,00003364	0,00004035
3°	0,00004790	0,00005634	0,00006573	0,00007610	0,00008751	0,00010000
4°	0,00011364	0,00012857	0,00014453	0,00016189	0,00018059	0,00020067
5°	0,00022220	0,00024522	0,00026978	0,00029594	0,00032374	0,00035324
6°	0,0003845	0,0004175	0,0004524	0,0004892	0,0005280	0,0005687
7°	0,0006115	0,0006564	0,0007035	0,0007528	0,0008044	0,0008582
8°	0,0009145	0,0009732	0,0010343	0,0010980	0,0011634	0,0012332
9°	0,0013048	0,0013792	0,0014563	0,0015363	0,0016193	0,0017051
10°	0,0017941	0,0018860	0,0019812	0,0020795	0,0021810	0,0022859
11°	0,0023941	0,0025057	0,0026208	0,0027394	0,0028616	0,0029875
12°	0,0031171	0,0032504	0,0033875	0,0035285	0,0036735	0,0038224
13°	0,0039754	0,0041325	0,0042938	0,0044593	0,0046291	0,0048033
14°	0,0049819	0,0051650	0,0053526	0,0055448	0,0057417	0,0059434
15°	0,0061498	0,0063611	0,0065773	0,0067985	0,0070248	0,0072561
16°	0,007493	0,007735	0,007982	0,008234	0,008492	0,008756
17°	0,009025	0,009299	0,009580	0,009866	0,010158	0,010456
18°	0,010760	0,011071	0,011387	0,011709	0,012038	0,012376
19°	0,012715	0,013063	0,013418	0,013779	0,014148	0,014523
20°	0,014904	0,015293	0,015689	0,016092	0,016502	0,016920
21°	0,017345	0,017777	0,018217	0,018665	0,019120	0,019583
22°	0,020054	0,020533	0,021019	0,021514	0,022018	0,022529
23°	0,023049	0,023577	0,024114	0,024660	0,025214	0,025777
24°	0,026350	0,026931	0,027521	0,028121	0,028729	0,029348
25°	0,029975	0,030613	0,031260	0,031917	0,032583	0,033260
26°	0,033947	0,034644	0,035352	0,036069	0,036798	0,037537
27°	0,038287	0,039047	0,039819	0,040602	0,041395	0,042201
28°	0,043017	0,043845	0,044685	0,045537	0,046400	0,047276
29°	0,048164	0,049064	0,049976	0,050901	0,051838	0,052788
30°	0,053751	0,054728	0,055717	0,056720	0,057736	0,058765
31°	0,059809	0,060866	0,061937	0,063022	0,064122	0,065236
32°	0,066364	0,067507	0,068565	0,069838	0,071026	0,072230
33°	0,073449	0,074684	0,075934	0,077200	0,078483	0,079781
34°	0,081097	0,082428	0,083777	0,085142	0,086525	0,087925
35°	0,089342	0,090777	0,092230	0,093701	0,095190	0,096698
36°	0,09822	0,09977	0,10133	0,10292	0,10452	0,10614
37°	0,10778	0,10944	0,11113	0,11283	0,11455	0,11630
38°	0,11806	0,11985	0,12165	0,12348	0,12534	0,12721
39°	0,12911	0,13102	0,13297	0,13493	0,13692	0,13893
40°	0,14097	0,14303	0,14511	0,14722	0,14936	0,15152

3. OPIS ĆWICZENIA

Ćwiczenie jest wykonywane samodzielnie przez (3-4 osoby) pod nadzorem prowadzącego. Studenci przystępujący do wykonywania ćwiczenia są zobowiązani do wcześniejszego zapoznania się z niniejszą instrukcją oraz przypomnienia sobie podstawowych zagadnień geometrii ząbienia dla kół o zębach prostych. Prowadzący sprawdza stopień przygotowania studentów do wykonywania ćwiczenia.

3.1 Czynności wstępne - przygotowanie przyrządu PK do pracy

Studenci otrzymują od Prowadzącego założenia do ćwiczenia takie jak:

- * liczba zębów i moduł (lub podziałka) koła którego zarys zębów należy wykreślić w oparciu o trapezowy zarys odniesienia;
- * współczynnik korekcji x .

Ćwiczenie obejmuje wykreślenie kształtu boków zęba dla danego zarysu odniesienia. W/w dane umożliwiają obliczenie średnicy koła tocznego (podziałowego). Przygotowanie przyrządu PK do pracy obejmuje następujące czynności;

- ◇ ustawienie przekładni ciernej (4 i 4') w odpowiedniej pozycji, stosownie do wyznaczonej średnicy koła tocznego (wszelka regulacja położenia kół 4 i 4' przekładni ciernej musi odbywać się przy jej rozprzęgnięciu);
- ◇ utwierdzenie właściwej listwy zębatej (5) do płyty (2) przy czym listwa musi być ustawiona względem osi kół(1) odpowiednio do przyjętego współczynnika korekcji x ;
- ◇ zamocowanie arkusza papieru na tarczy (1);
- ◇ napięcie elementów przekładni ciernej.

3.2 Wykreślenie zarysu

Wykreślenie zarysu boków zębów metodą obwiedniową odbywa się poprzez odrysowanie zarysu zębatego na przytwierdzonym do tarczy (1) arkuszu papieru, dla dowolnego położenia płyty (2) i powtórzeniu tej czynności wielokrotnie po każdym przemieszczeniu płyty (2) o kilka mm.

4. INSTRUKCJA OPRACOWANIA SPRAWOZDANIA

Sprawozdanie z ćwiczenia składa się z opisu ćwiczenia oraz opracowania wyników. Do sprawozdania należy dołączyć arkusze z wykreślonymi zarysami. Opracowanie wyników powinno zawierać:

- a - wyznaczenie wynikowej średnicy koła podziałowego (dla zarysu uzyskanego na przyrządzie PK);
- b - wykreślenie linii przyporu i wyznaczenie kąta przyporu w biegunie ząbienia;

- c - wyznaczenie liczby przyporu, po uwzględnieniu stosowanych wartości wysokości głów i stóp;
- d - wykreślenie koła zasadniczego;
- e - obliczenia korekcji zazębienia dla danych podanych przez prowadzącego;
- f - wykonanie rysunku warsztatowego koła zębatego o parametrach z pkt.e lub innych podanych przez prowadzącego.

UWAGA !

Dla każdej z grup ćwiczących prowadzący może inaczej sformułować założenia i zadanie. Wymagania dotyczące sprawozdania podano jedynie przykładowo.

5. LITERATURA

1. Dziama A., Michniewicz M., Niedźwiedzki M.: „Przekładnie zębate” PWN 1982.
2. Maciakowski R., Sikora J.: „Wykład PKM z ćwiczeniami rachunkowymi – Przekładnie zębate” Politechnika Gdańska 1993.
3. PN – 76/M – 88509/01 – Przekładnie zębate walcowe – nazwy, określenia, symbole.
4. PN – 76/M – 88522/01 – Przekładnie zębate walcowe – dokładność, wykonania, nazwy, określenia i wartości odchyłek..