

Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji

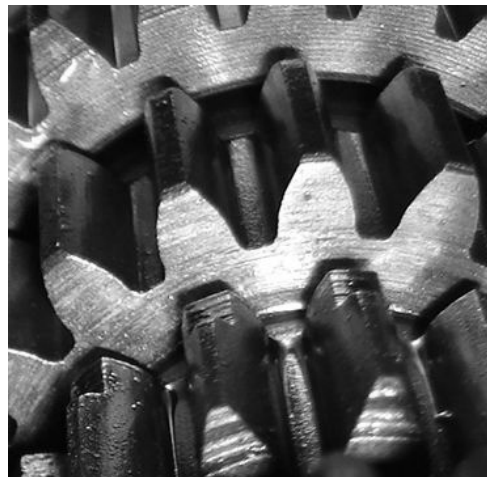
Pracownia Metrologii i Badań Jakości

Laboratorium Metrologii Wielkości Geometrycznych

**POMIARY KÓŁ ZĘBATYCH
WALCOWYCH**

Opracował:

**dr inż.
Bogusław BAŁAZIŃSKI**

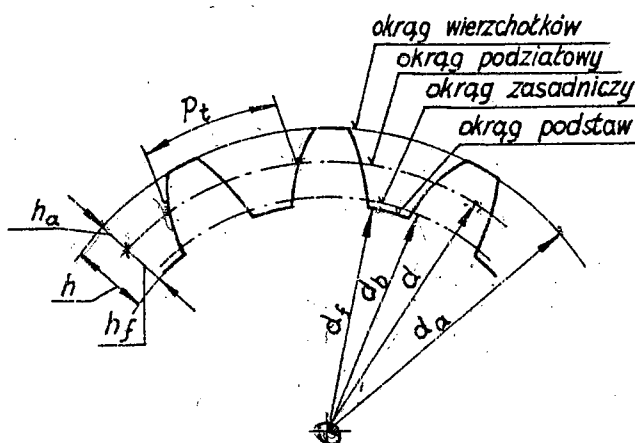


CWICZENIE NR 8

POMIARY KÓŁ ZĘBATYCH WALCOWYCH

8.1. Wstęp

Koła zębate stanowią obszerną dziedzinę, której zagadnienia nie mogą być wyczerpane w ramach jednego ćwiczenia. Dlatego podano tutaj tylko najprostsze pojęcia umożliwiające sprawdzanie kół zębatach walcowych o zębach prostych, niekorygowanych. Dodatkową trudność stanowi fakt, że wraz ze zmianą norm dotyczących kół zębatach zmieniono wszystkie oznaczenia i wiele nazw, co spowodowało, że cała bogata literatura z tej dziedziny wydana wcześniej jest nieaktualna. Niektóre pozycje podaje się jednak, ponieważ stanowią materiał porównawczy. Na rys.6.1 pokazano fragment koła zębatego i oznaczono poszczególne jego elementy.



Do identyfikacji i pomiarów niezbędna jest znajomość podstawowych związków między niektórymi elementami koła zębatego.

$$z p_t = \pi d \quad (6.1)$$

$$d = z \frac{p_t}{\pi} = z m \quad (6.2)$$

$$m = \frac{p_t}{\pi} \quad (6.3)$$

Rys.6.1. Elementy koła zębatego

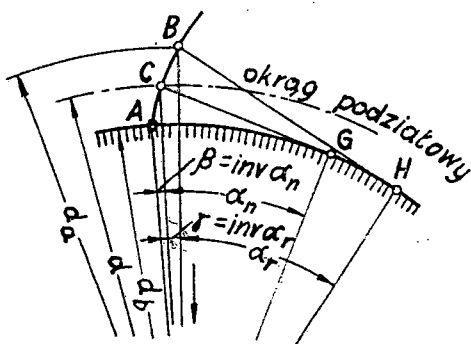
gdzie: d - średnica okręgu podziałowego koła zębatego,
 d_a - średnica okręgu wierzchołków zębów koła zębatego,
 d_b - średnica okręgu zasadniczego koła zębatego,
 d_f - średnica okręgu podstaw zębów koła zębatego,
 m - moduł bez określenia odnosi się do podziałki obwodowej, tj. odmierzonej na okręgu podziałowym,
 p_t - podziałka obwodowa koła zębatego (nominalna),
 z - liczba zębów koła zębatego.

W pomiarach grubości zęba suwmiarką lub mikrometrem modułowym wykorzystuje się znajomość proporcji budowy zęba. Dla zębów znormalizowanych zerowych, przyjmuje się następujące wartości

$$h_a = m, \quad h_f = 1,2 m, \quad h = h_a + h_f = 2,2 m$$

gdzie: h - wysokość zęba,
 h_a - wysokość głowy zęba,
 h_f - wysokość stopy zęba.

Zarys boków zęba jest ewolwentowy lub cykloidalny. Ze względu na liczne zalety, najszersze zastosowanie w budowie maszyn znalazły koła zębate o zarysie ewolwentowym. Ewolwenta powstaje w wyniku obtaczania prostej po okręgu zasadniczym (rys.6.2). Na rysunku tym



oznaczono kąty $\text{inv } \alpha$, które są wyrażone zależnością

$$\text{inv } \alpha = \text{tg } \alpha - \widehat{\alpha} \quad (6.4)$$

Zależność ta jest potrzebna w dalszych rozważaniach do obliczania grubości zębów metodą przez z_w zębów.

Rys.6.2. Powstawanie ewolwenty i jej charakterystyczne wielkości

Wielkością charakterystyczną dla każdego koła zębatego jest tzw. kąt zarysu zęba α_n . Jest on zawarty między promieniami, gdy styczna do okręgu zasadniczego przecina zarys ewolwentowy na okręgu podziałowym [2].

W przypadku zębów korygowanych podane proporcje zębów ulegają zmianie. Korekcja zębów polega na przesunięciu zarysu zęba co powoduje zmianę wysokości głowy i stopy zęba oraz jego grubości.

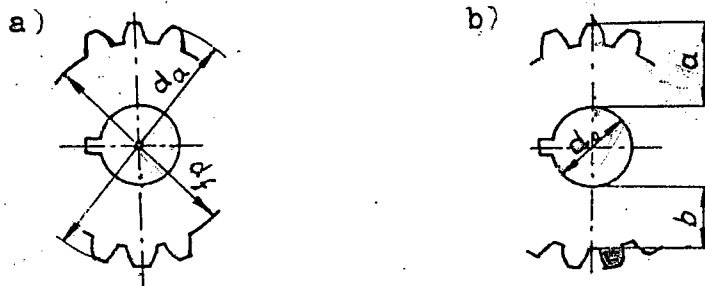
6.2. Sprawdzanie kół zębatych walcowych o uzębieniu prostym

6.2.1. Wstępne sprawdzanie koła zębatego

Na wstępie ogląda się boki zębów, dna wrębów, krawędzie i załamania. Oględziny te mają na celu wykrycie uszkodzeń na roboczych powierzchniach zębów oraz stwierdzenie poprawności ich wykończenia. Mierzy się również szerokość wieńca koła. Następnie określa się liczbę zębów koła i ustala średnice okręgów wierzchołków i stóp zębów. W przypadku kół o parzystej liczbie zębów średnice okręgów wierzchołków i stóp zębów mierzy się bezpośrednio, tak jak to przedstawiono na rys.6.3a. Przy nieparzystej liczbie zębów średnice okręgów wyznacza się pośrednio (rys.6.3b). Mierzy się średnicę otworu osadczego d_o oraz odległości a i b , a odpowiednie średnice wylicza się ze wzorów

$$d_a = d_o + 2a \quad (6.5)$$

$$d_f = d_o + 2b \quad (6.6)$$



Rys.6.3. Pomiar średnicy okręgu wierzchołków i średnicy okręgu stóp w kole zębatym: a - o parzystej, b - o nieparzystej liczbie zębów.

Moduł koła zębatego walcowego o zębach prostych niekorygowanych można obliczyć z zależności (6.7), a otrzymaną wartość zaokrąglić

$$m = \frac{d_a}{z + 2} \quad (6.7)$$

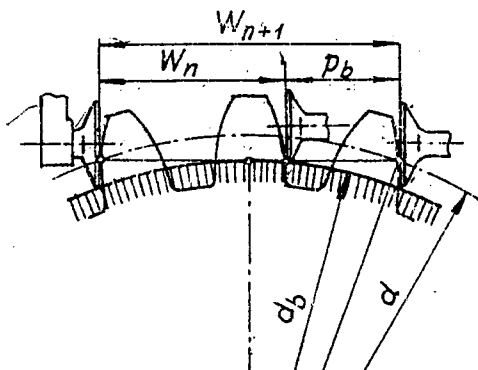
do najbliższej z niżej podanych liczb. Moduły normalne (uprzywi- lejowane) mają wartości: 1, 1,25, 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 i 50.

6.2.2. Wyznaczanie kąta zarysu zęba (przyporu)

Kąt zarysu zęba α można obliczyć z zależności

$$\alpha = \arccos \frac{p_b}{p_t} \quad (6.8)$$

Wartość podziałki zasadniczej p_b ustala się mikrometrem talerzyko- wym lub na mikroskopie warsztatowym. Mikrometrem talerzykowym mierzy się odległość W_n przez n zębów, a następnie W_{n+1} przez $n+1$ zębów (rys.6.4), wartość zaś podziałki oblicza się jako różnicę wartości obu wyników.



$$p_b = W_{n+1} - W_n \quad (6.9)$$

Uwzględniając, że $p_t = \pi m$, zależność (6.9) można przedstawić w postaci

$$\alpha = \arccos \frac{W_{n+1} - W_n}{\pi m} \quad (6.10)$$

Rys.6.4. Wyznaczanie podziałki zasadniczej

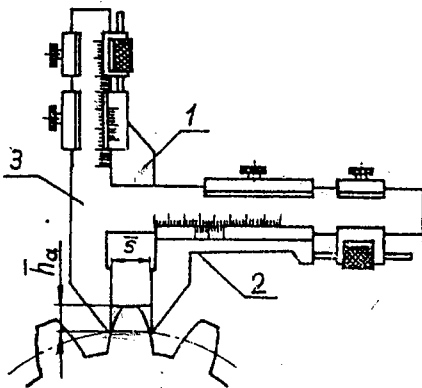
W przypadku pomiaru p_b na mikroskopie warsztatowym koło zębate układa się na stoliku mikroskopu tak, aby linia przerywana krzyża była styczna do zarysu zęba w pobliżu okręgu zasadniczego i odczytuje się wskazania na śrubie stolika. Następnie przesuwają się stolik wraz z kołem o jedną

podziałkę, aby linia krzyża była styczna do zarysu u wierzchołka zęba i ponownie odczytuje się wskazanie. Różnica odczytów jest wartością podziałki zasadniczej p_b .

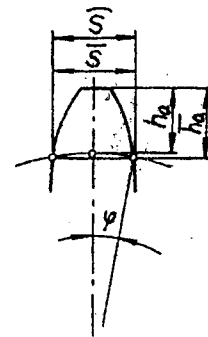
6.2.3. Pomiar grubości zęba

Grubość zęba oraz odchyłki jej równomierności można mierzyć suwmiarką modułową, mikrometrem talerzykowym lub wałkami włożonymi w przeciwległe wręby i mikrometrem zewnętrznym.

Pomiar grubości zęba suwmiarką modułową wykonuje się dla zębów o wszystkich zarysach, szczególnie jest on używany przy zębach o większych modułach. Przy pomiarze tym suwak pionowy 1 (rys.6.5) ustawia się na obliczoną wartość wysokości pomiarowej \bar{h}_a , po czym



Rys.6.5. Pomiar grubości zęba suwmiarką modułową



Rys.6.6. Wielkości pomiarowe dla suwmiarki modułowej

opiera się jego powierzchnię mierniczą o wierzchołek zęba i styka się szczęki 2 i 3 z powierzchniami boków mierzonego zęba a potem odczytuje się wskazanie. Wysokość pomiarową \bar{h}_a (rys.6.6) oblicza się ze wzoru

$$\bar{h}_a = h_a + \frac{z m}{2} (1 - \cos \varphi) \quad (6.11)$$

a pomiarową grubość zęba ze wzoru

$$\bar{s} = z m \sin \varphi \quad (6.12)$$

przy czym kąt środkowy φ odpowiada połowie grubości zęba na okręgu podziałowym i wyznacza się go z zależności

$$\varphi = \frac{180^\circ \bar{s}}{\pi z m} \quad (6.13)$$

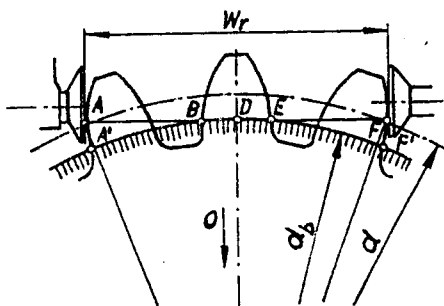
Zmierzoną grubość zęba należy porównać z wartością obliczoną i ocenić poprawność wykonania zębów. Dla celów praktycznych wysokość pomiarową \bar{h}_a oraz grubość zęba \bar{s} przyjmuje się z tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Nominalna wysokość i grubość pomiarowa zęba zerowego dla $m=1$ [1]

Dla $m \neq 1$ należy wartość \bar{h}'_a i \bar{s}' pomnożyć przez ten moduł

Liczba zębów z	\bar{h}'_a	\bar{s}'	Liczba zębów z	\bar{h}'_a	\bar{s}'
10	1.0615	1.5643	30	1.0206	1.5700
11	0559	5654	32	0192	5701
12	0513	5663	34	0182	5702
13	0473	5669	35	0176	5702
14	0440	5674	36	0171	5703
15	1.0411	1.5679	38	1.0162	1.5703
16	0385	5682	40	0154	5704
17	0363	5685	42	0146	5704
18	0342	5688	44	0141	5704
19	0324	5690	45	0137	5704
20	1.0308	1.5692	46	1.0134	1.5705
21	0293	5693	48	0128	5706
22	0281	5694	50	0123	5707
23	0268	5695	55	0112	5707
24	0257	5696	60	0103	5708
25	1.0246	1.5697	70	1.0088	1.5708
26	0237	5697	80	0077	5708
27	0228	5698	97	0064	5708
28	0221	5699	127	0048	5708
29	0212	5700	135	0045	5708
			zębatka	1.0000	1.5708

Pomiar grubości zęba przez z_W zębów może być stosowany tylko do zębów o zarysie ewolwentowym, ponieważ do pomiaru jest wykorzystywany sposób powstawania ewolwenty. Pomiar przez z_W zębów polega na pomiarze mikrometrem talerzykowym długości W_r odcinka stycznej do okręgu zasadniczego (rys.6.7).



Rys.6.7. Zasada wyznaczania grubości zęba za pomocą mikrometru talerzykowego

Liczbę zębów przyjmowanych do mierzenia, dla zębów niekorygowanych, oblicza się ze wzoru

$$z_W = z \frac{\alpha}{180^\circ} + 0,5 \quad (6.14)$$

w którym α podano w stopniach kątowych. Otrzymaną wartość z_W należy zaokrąglić do najbliższej liczby całkowitej. Zmierzyć długość odcinka W_r i porównać otrzymaną wartość z wartością teoretyczną obliczoną ze wzoru.

$$W = \cos \alpha [(z_W - 0,5)\pi + z \operatorname{inv} \alpha] \quad (6.15)$$

Dla zębów korygowanych wzory mają inną postać [1i2]. Wartość $\operatorname{inv} \alpha$ dla najczęściej spotykanych kątów zarysu wynosi:

$$\operatorname{inv} 15^\circ = 0,0061498,$$

$$\operatorname{inv} 20^\circ = 0,014904$$

Dla celów praktycznych ilość zębów z_W przez które dokonuje się pomiaru oraz długość teoretyczną odcinka W przyjmuje się z tabeli 6.2.

Tabela 6.2. Teoretyczne wartości długości odcinka W przy pomiarze grubości zęba przez z_W zębów, $\alpha=20^\circ$ [1]

Dla $m \neq 1$ należy wartość W' pomnożyć przez ten moduł

z	z_W	W'	z	z_W	W'	z	z_W	W'	z	z_W	W'
10		4.5682	26		10.6966	46		16.8810	66	8	23.0653
11		5823	27		7106	47		8950	67	8	0793
12	2	5963	28	4	7246	48	6	9090	68		0933
13		6103	29		7386	49		9230	69		26.0595
14		6243	30		7526	50		9370	70	9	0735
15		6383	31		7666	51		9510	71	9	0875
16		7.6044	32		7806	52		9171	72		1015
17	3	6184	33		7946	53	7	9311	73		1155
18		6324	34		13.7608	54		9451	74		1295
19		6464	35	5	7748	55		9592	75		1435
20		6604	36		7888	56		9732	76		1575
21		6744	37		8028	57		9872	77		1715
22		6884	38		8168	58		20.0012	78		29.1377
23		7025	39		8308	59		0152	79	10	1517
24		7165	40		8448	60		22.9813	80	10	1657
			41		8588	61		9953	81		1797
25	4	10.6826	42		8728	62		23.0093	82		1937
			43		16.8390	63	8	0233	83		2077
			44	6	8530	64		0375	84		2217
			45		8670	65		0513	85		2357

Odchyłkę grubości zęba oblicza się z zależności

$$A_s = \frac{A_{Wr}}{\cos \alpha} \quad (6.16)$$

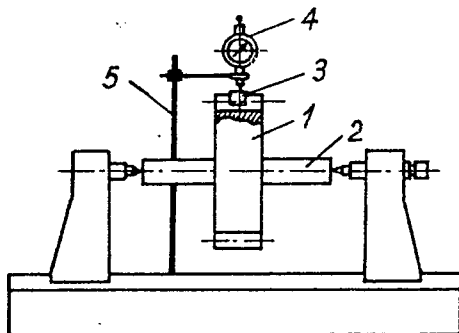
Po podstawieniu za A_{Wr} różnicy największej ze zmierzonych wartości W_{rmax} i wartości teoretycznej W , otrzymuje się największą odchyłkę grubości zęba A_{smax} , a po podstawieniu różnicy wartości W_{rmin} i W - odchyłkę najmniejszą A_{smin} . Odchyłkę równomierności V_{Wr} wielkości pomiarowej W_r oblicza się z zależności

$$V_{Wr} = W_{rmax} - W_{rmin} \quad (6.17)$$

Na zmierzoną wartość W_r ma wpływ błąd kąta przyporu, błąd podziałki czołowej i odchyłki zarysu zęba.

6.2.4. Pomiar bicia uzębienia

Bicie uzębienia określa się jako różnicę między największą i najmniejszą odległością elementu pomiarowego, tj. kulki lub wałka włożonego we wręb koła, od osi koła (rys.6.7). Średnicę wałeczka dobiera się tak, aby stykał się on w przybliżeniu na okręgu podziałowym. Sprawdzane koło 1 osadza się na trzpieniu 2 i mocuje się w kłach przyrządu kłowego. We wręb koła wkłada się wałek 3, a następnie zbliża się końcówkę czujnika 4 zamocowanego w podstawie 5, do wałka tak, aby duża wskazówka czujnika obróciła się co najmniej o jeden obrót, przy czym oś trzpienia czujnika powinna być prostopadła do osi koła. Obracając powoli koło zaobserwować największe wskazanie czujnika i zapisać je, po czym ostrożnie podnieść trzpień czujnika (nie zmieniając położenia samego czujnika), przełożyć wałek do kolejnego wrębu i ponownie odczytać wskazanie. Postępując podobnie, odczytuje się wskazania dla wszystkich wrębów.



Rys.6.7. Pomiar bicia uzębienia

Miarą bicia F_r jest różnica największego i najmniejszego odczytu. Dopuszczalne wartości bicia promieniowego uzębienia F_r odczytuje się z tablicy 2 podanej w PN-79/M-88522/01.

6.2.5. Pomiar równomierności podziałki

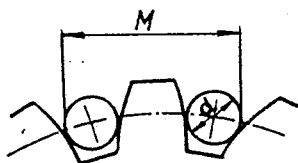
W zależności od sposobu odniesienia rozróżnia się kilka podziałek. Odchyłki poszczególnych podziałek są zdefiniowane następująco:

- odchyłka podziałki obwodowej (podziałkowej, czołowej) f_{ptr} jest różnicą między zmierzoną i teoretyczną wartością podziałki odmierzonej na okręgu podziałowym,
- odchyłka k podziałek obwodowych F_{pkr} jest różnicą między zmierzoną długością łuku zawartego między jednoimiennymi zarysami skrajnymi k podziałek i długością teoretyczną tego łuku,
- odchyłka podziałki zasadniczej f_{pbr} jest różnicą między zmierzoną i teoretyczną wartością podziałki zasadniczej w przekroju prostopadłym do linii zęba i w płaszczyźnie stycznej do walca zasadniczego.

Wartości liczbowe dopuszczalnych odchyłek f_{pt} , F_{pk} i f_{pb} przyjmuje się z tablic podanych w PN-79/M-88522/01.

Ponieważ podziałka obwodowa jest odmierzana na okręgu podziałowym koła zębatego, można ją mierzyć metodą pośrednią, np. przez

miar kąta odpowiadającego tej podziałce. Do tego celu stosuje się podzielnice optyczne lub stoły podziałowe. Na ogół jednak mierzy się odchyłki równomierności pojedynczych podziałek lub k podziałek. Równomierność podziałki obwodowej (czołowej) wyznacza

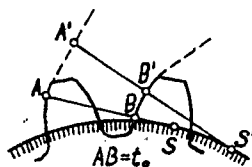


Rys.6.9. Pomiar równomierności podziałki wałeczkami

~~się dwoma wałkami i mikrometrem czujnikowym.~~ wałki o jednakowej średnicy należy włożyć w sąsiednie wręby i zmierzyć mikrometrem odległość M (rys.6.9). Następnie przekładać za każdym razem jeden z wałeczków do następnego wrębu i mierzyć kolejne wartości M . Różnica między największą M_{max} i najmniejszą M_{min} z otrzymanych wartości jest miarą równomierności podziałki.

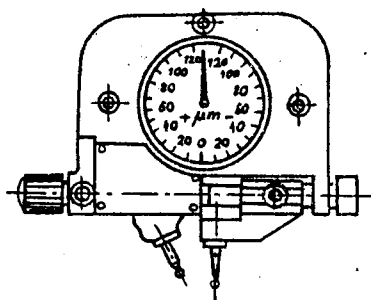
6.2.6. Pomiar podziałki przyporu

Pomiar ten może być stosowany tylko do zębów o zarysie ewolwentowym. Do sprawdzania podziałki przyporu wykorzystuje się właściwość zęba polegającą na tym, że odległość dwu ewolwent odwijanych z tego samego okręgu zasadniczego jest jednako-
wa wzdłuż wszystkich promieni tworzących te ewolwenty (rys.10).

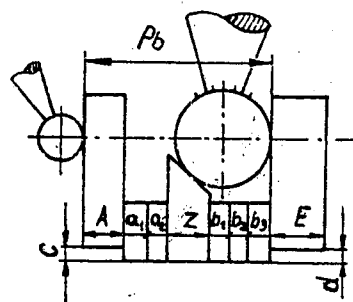


Rys.6.10 Podziałka przyporu

Jednym z przyrządów przeznaczonych do pomiaru podziałki przyporu kół walcowych metodą różnicową jest przyrząd ręczny firmy C.Zeissa (rys.6.11).



Rys.6.11. Przyrząd do pomiaru podziałki przyporu



Rys.6.12. Schemat nastawiania przyrządu

Przed pomiarem należy wkręcić do przyrządu odpowiednie końcówki kuliste, dobierane w zależności od modułu. Następnie należy ustawić przyrząd na nominalną wartość podziałki zasadniczej według płytek wzorcowych, dobranych na podstawie danych z tabeli 6.3 i umocowanych w specjalnym uchwycie w kolejności podanej na rys.6.12.

Parę stałych końcówek tak ustawionego przyrządu wprowadzić we wręb mierzonego koła zębatego i pochylając przyrząd na zewnątrz

Tabela 6.3. Zestawy płytek wzorcowych do nastawiania przyrządu zgodnie z rys.6.11.

Moduł	Średnica kulki D	Podziałka nominalna P_b	A	$a = a_1 + a_2 + \dots$	z	$b = b_1 + b_2 + \dots$	c	d
2	2,76	5,904	-	-	4,9	1,004	-	-
2,25	3,105	6,642	-	-	4,9	1,742 = 1,24+0,502	-	-
2,5	3,45	7,38	1,41	-	4,9	1,08	6	-
2,75	3,795	8,118	1,21	-	4,9	2,018 = 1,01+1,008	6	-
3	4,14	8,856	1,91	-	4,9	2,056 = 1,05+1,006	6	-
3,25	4,485	9,594	1,61	-	4,9	3,094 = 1,09+1,004+1	6	-
3,5	4,83	10,332	2	1,03	4,9	2,402 = 1,4+1,002	1	1
3,75	5,175	11,07	2	1,5	4,9	2,67 = 1,6+1,07	1	1
4	5,52	11,808	2	2	4,9	2,908 = 1,9+1,008	1	1
4,5	6,21	13,284	2	3	4,9	3,384 = 1,3+1,08+1,004	2	2
5	6,90	14,760	2	3,5 = 1,8+1,7	4,9	4,36 = 2+1,3+1,06	2	2

od koła zaobserwować graniczne wskazanie czujnika, które jest wartością odchyłki f_{pb} podziałki zasadniczej.

Znając wartość tej odchyłki (w μm), można wyznaczyć odchyłkę kąta przyporu $\Delta\alpha$ ze wzoru

$$\Delta\alpha_{tw} = - \frac{1,09 f_{pb}}{m \sin\alpha} \quad ['] \quad (6.18)$$

Ponieważ na wartość odchyłki f_{pb} wywiera również wpływ odchyłka prawidłowości zarysu zęba, a także chropowatość powierzchni jego boku, dlatego gdy wymagane są pomiary dokładne, przed obliczeniem $\Delta\alpha$ należy wyznaczyć ich wartości.

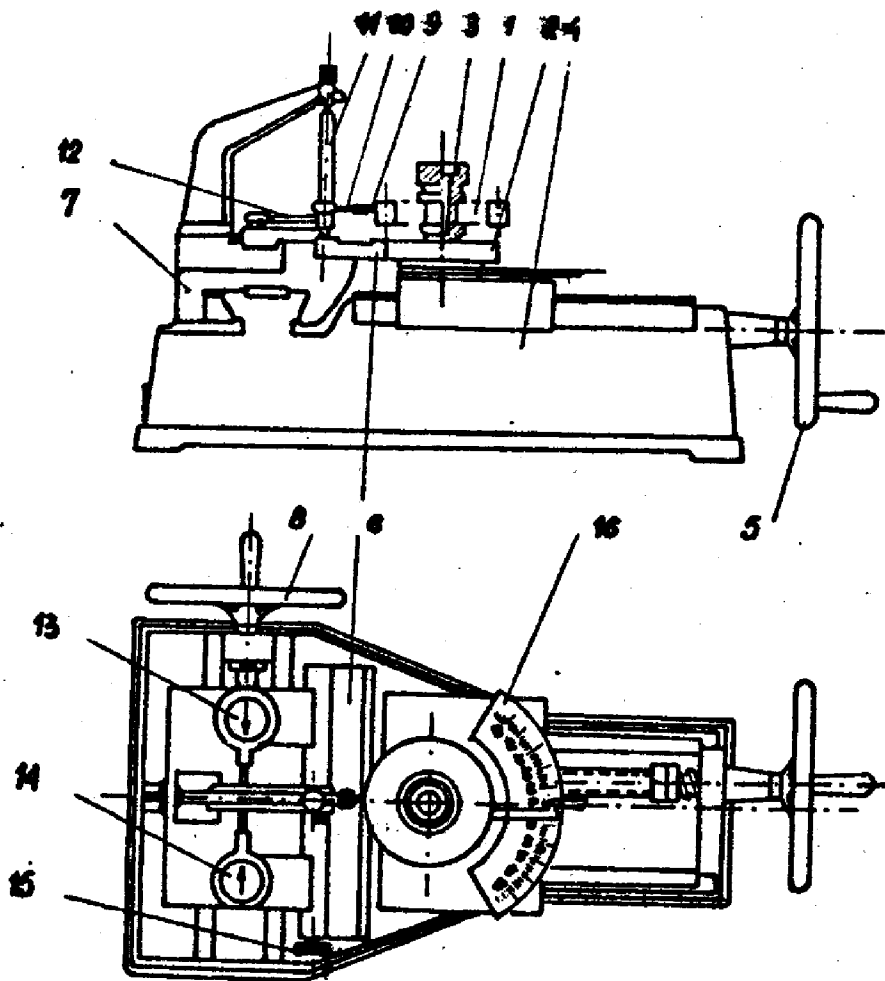
7. Sprawdzanie prawidłowości zarysu boku zęba

7.1. Ewolwentomierz tarczowy

Sprawdzane koło zębate 1 (rys.7.1) oraz tarcza 2, o średnicy równej średnicy koła zasadniczego, są osadzone na trzpieniu 3, umieszczonym na suporcie 4, który jest przesuwany kołem 5. Tarcza 2 jest dosunięta do liniału 6 umieszczonego na drugim suporcie 7, który jest przesuwany za pomocą koła 8 w kierunku prostopadłym do kierunku przesuwu suportu 4. Na suporcie 7 jest także umieszczony układ pomiarowy, składający się z końcówki pomiarowej 9 mieszczącej się w oprawie 10. Oprawkę tę można przesuwac wzdłuż trzpienia 11 zamocowanego w kłach. Na tym samym trzpieniu jest zamocowana dźwignia pośrednicząca 12, z którą stykają się końcówki pomiarowe czujników 13 i 14. Jeden z czujników służy do sprawdzania zarysu po jednej stronie, a drugi po drugiej stronie zęba. Liniał 6 może być dodatkowo przesuwany pokrętkiem 15. Kąt obrotu sprawdzanego koła odczytuje się na podziałce 16.

7.2. Pomiar odchyłki zarysu

Pomiar odchyłki zarysu boku zęba odbywa się następująco: Zamocować sprawdzane koło zębate i sprawdzić, czy sanie suportu są ustawione w położeniu środkowym. Nastawić koło zębate w ten sposób, aby końcówka pomiarowa weszła we wrób przy zębie, którego zarys ma być sprawdzany. Obracając kołem 5 (rys.7.1), dosunąć suport 4 z tarczą 2 do liniału 6, aż do wystąpienia oporu, a następnie cofnąć koło 5 o 1/2 obrotu. Pokrętką 15 doprowadzić do zetknięcia końcówki pomiarowej 9



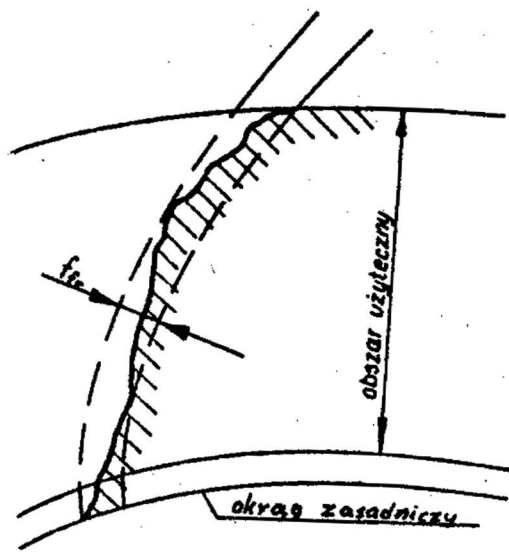
Rys.7.1. Ewolwentomierz tarczowy

z boku zęba. Po odkręceniu wkrętu dociskowego znajdującego się pod tarczą nastawić wskazówkę kąta odwinęcia ewolwenty na zero podziałki. Po nastawieniu wskazówki wkręt ten należy dokręcić.

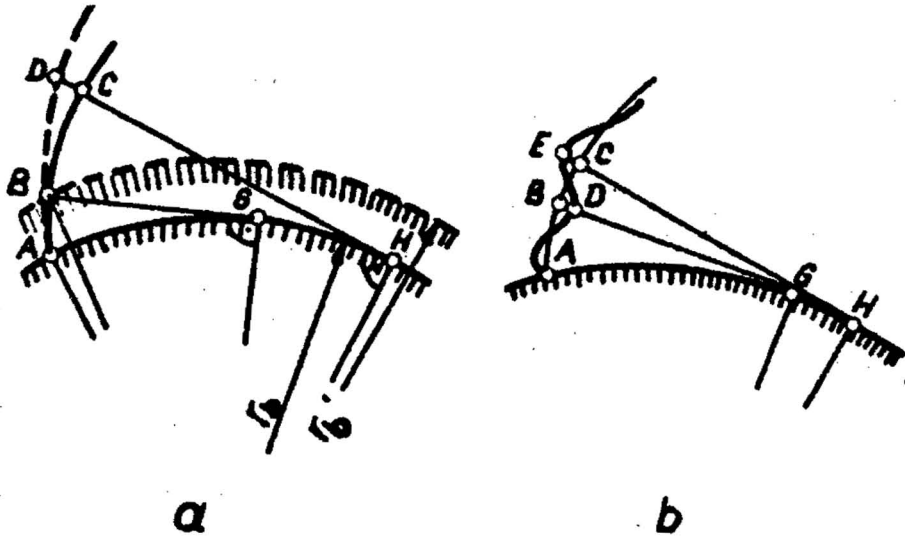
Przesunąć suport 7 w kierunku zgodnym z kierunkiem wskazanym przez końcówkę czujnika, na którym odczytuje się odchyłki. Wskazania czujnika odczytuje się co 1° obrotu koła zębatego i odnotowuje na wykresie.

Gdy końcówka czujnika zbliży się do wierzchołka zęba, należy wycofać suport 4 i powtórzyć ten pomiar dla dalszych zębów oraz dla drugiej ich strony. Zmierzone odchyłki porównać z dopuszczalnymi wartościami f_f , które odczytuje się z tablicy 3 podanej w PN-75/M-88521.

Odchyłka zarysu zęba jest definiowana (rys.7.2) jako odległość między zarysami teoretycznymi, ograniczającymi zarys rzeczywisty na jego czynnej wysokości.



Rys.8.15. Odchyłka zarysu zęba



Rys.8.16. Błąd zarysu boku zęba: a - koło zasadnicze o promieniu $r'_b > r_b$, b - falistość zarysu

Zarys boku zęba może wykazywać błędy dwójakiego rodzaju:



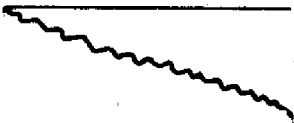



- ewolwenta naciętego koła została odwinięta z koła zasadniczego o promieniu r'_b , zamiast z koła o promieniu r_b (rys.8.16a),
- zarys boku zęba jest falisty (rys.8.16b), czyli powierzchnia boku jest zbyt chropowata.

Gdy występują odchylenia dodatnie i ujemne, można wnioskować, że jest to spowodowane falistością powierzchni boku zęba. Występowanie odchyłek tylko dodatnich lub tylko ujemnych świadczy o tym, że odwinięcie ewolwenty nastąpiło z koła zasadniczego o promieniu $r'_b \neq r_b$.

Odchyłkę promienia koła zasadniczego oblicza się z zależności:

$$\Delta r_b = \frac{f_f}{\text{tg } \alpha_n} \quad (8.35)$$

Przykłady wykresów zarysu boku zęba

Wykres podstawa zęba	wierzchołek zęba	Objaśnienie	Ocena charakteru błędu
		prawidłowa ewolwenta	dopuszczalny
		za duży kąt zarysu	dopuszczalny w granicach tolerancji
		za mały kąt zarysu	dopuszczalny w granicach tolerancji
		ząg wybrzuszony	dopuszczalny w granicach tolerancji
		ząg siodełkowaty	niedopuszczalny
		ząg nie obrobiony u wierzchołka	niedopuszczalny

Literatura

1. Ochęduszek K: Koła zębate. Tom III, WNT, Warszawa 1970.
2. Dziama A., Michniewicz M., Niedźwiedzki A.: Przekładnie zębate. PWN, Warszawa 1989.
3. Bałaziński B.: Metrologia warsztatowa. Skrypt P.Wr., Wrocław 1986.
4. PN-74/M-88503 Przekładnie zębate walcowe i stożkowe. Zarys odniesienia.
5. PN-76/M-88509 Przekładnie zębate. Podstawowe nazwy, określenia i symbole.
6. PN-76/M-88509.01 Przekładnie zębate. Przekładnie walcowe. Nazwy, określenia, symbole.
7. PN-79/M-88522.00 Przekładnie zębate. Dokładność wykonania. Ogólne nazwy. Określenia i symbole.