

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



**BADANIE ŚLADÓW DOLEGANIA ZĘBÓW NA PRZYKŁADZIE PRZEKŁADNI
HIPOIDALNEJ**

**ĆWICZENIE LABORATORYJNE NR 4
Z PODSTAW KONSTRUKCJI MASZYN**

OPRACOWAŁ: mgr inż. Alojzy RIGALL
ZATWIERDZIŁ: doc. dr inż. Olgierd OLSZEWSKI

GDAŃSK 2000

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest :

- zapoznanie się studentów z budową wybranej przekładni hipoidalnej (przekładnia główna samochodu FIAT 125 p) ,
- ocena prawidłowej współpracy kół stożkowych na podstawie badania śladów dolegania zębów - poznanie sposobów prawidłowego ustawienia kół ,
- poznanie sposobów napinania wzdłużnego łożysk tocznych skośnych
- utrwalenie zasad obliczania trwałości i nośności w/w łożysk

2. ZAKRES ĆWICZENIA

- zapoznanie się z instrukcją do ćwiczenia ,
- badanie śladów dolegania zębów dla różnych ustawień koła dużego (założono prawidłowe ustawienie zębniaka)
- uzyskanie poprawnego (najkorzystniejszego) śladu dolegania ,
- obliczenie trwałości łożysk stożkowych podpierających wałek napędzający przy zadanej wartości obciążenia .

3. WPROWADZENIE DO ĆWICZENIA

3.1. WSTĘP

Wśród przekładni stożkowych dość często spotyka się przekładnie hipoidalne, które służą do przenoszenia ruchu obrotowego z jednego wału na drugi przy krzyżujących się względem siebie osiach. W porównaniu ze zwykłymi stożkowymi przekładnie te umożliwiają przenoszenie większych mocy, nadają się do pracy przy większych prędkościach obrotowych. Ważną zaletą tych przekładni jest przede wszystkim to, że koła współpracujące mogą być obustronnie ułożyskowane (przy osiach przecinających się niemożliwe jest to w przypadku zębniaka).

Przekładnie tego typu są szeroko stosowane w zespołach napędowych samochodów, w maszynach włókienniczych itp.

Ogólnie rzecz ujmując, w celu zapewnienia poprawnej współpracy kół zębatych a co za tym idzie uzyskania jak najwyższej trwałości przekładni należy pamiętać o :

1. poprawnym opracowaniu procesu technologicznego ,
2. poprawnie przeprowadzonej obróbce cieplno-chemicznej ,
3. poprawnej obróbce otworów w korpusie zarówno co do wielkości jak i położenia (właściwe tolerancje: wymiaru, kształtu, położenia)

4. właściwym napięciu wstępnym łożysk stożkowych
5. prawidłowo wykonanym montażu kół zębatych, zapewniającym prawidłową współpracę kół (właściwy ślad dolegania zębów zarówno co do jego położenia jak i kształtu).

Po wykonaniu kół przeprowadza się pomiary parametrów kół (uzębień) oraz przekładni (zazębień). Na ogół parametry, które powinny podlegać sprawdzeniu są inne dla różnych typów kół, istnieją jednak wielkości charakterystyczne dla wszystkich kół. Do nich należą :

- moduł (podziałka)
- grubość zęba
- linia zęba (kąąt pochylenia)
- zarys boku zęba
- szerokość uzębienia
- średnica wierzchołków

Parametrami podlegającymi pomiarom, decydującymi o zazębieniu czyli o współpracy kół są między innymi :

- odległość osi
- luz międzyzębny
- kąąt pochylenia linii zęba
- kąąt między osiami
- przesunięcie punktu przecięcia osi od wierzchołka stożków podziałowych
- wichrowatość osi
- ślady dolegania

Pomiary większości parametrów na ogół nie nastroczą większych trudności zwłaszcza dla przekładni walcowych. Natomiast w przypadku przekładni hipoidalnych napotyka się na znaczne kłopoty i w zasadzie o poprawności wykonania kół można mówić na podstawie położenia i wielkości śladów dolegania podczas współpracy z kołem współpracującym lub kołem wzorcowym .

3.1.1. OPIS SPOSOBÓW SPRAWDZANIA ŚLADÓW DOLEGANIA

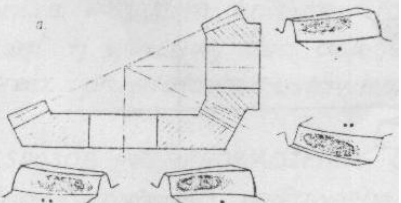
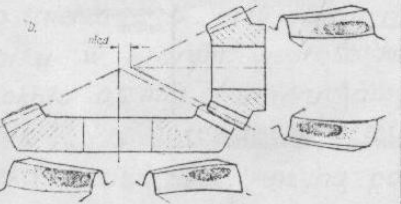
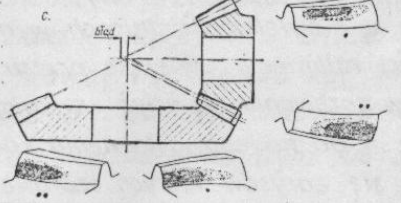
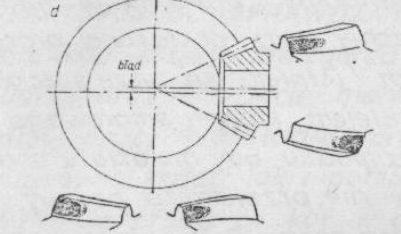
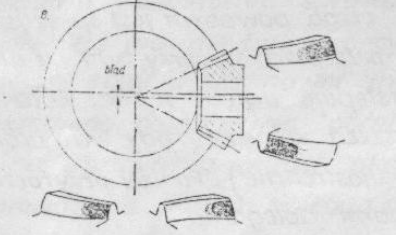
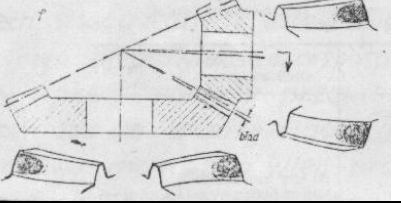
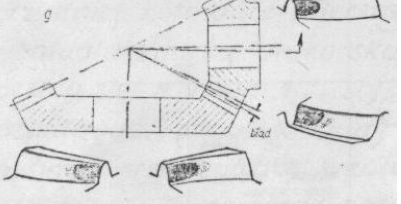
Sprawdzenie śladów dolegania zębów przeprowadza się w trakcie produkcji oraz w trakcie montażu. W każdym przypadku kontroli pracy przekładni sprawdzianem jej prawidłowej prac jest zarówno kształt jak i położenie śladów współpracy.

W trakcie produkcji kół w celu zapewnienia wysokiej jakości przekładni wielokrotnie sprawdza się ślad dolegania. Wpływ na ten ślad ma nie tylko specyfikacja typu obrabiarek używanych do obróbki, ale nawet indywidualna charakterystyka konkretnego egzemplarza obrabiarki. Operacja kontroli polega na wprowadzeniu w ruch obrotowy pod małym obciążeniem i sprawdzeniu śladów dolegania na zębach. Dzięki odpowiedniej kontroli maszyn kontrolnych umożliwiającym zmianę trzech współrzędnych ustawienia kół możliwe jest znalezienie przyczyn nieprawidłowej współpracy i ich usunięcie.

W trakcie montażu przekładni zębatej ponownie przeprowadza się analizę śladów dolegania, której celem jest właściwy montaż a więc prawidłowa współpraca kół zębatych. W tym celu pokrywa się zęby jednego z kół (korzystniej koło duże - talerzowe) specjalnym tuszem ewentualnie farbą drukarską. Po przetoczeniu kół uwidoczną się w miejscach styku zębów gołe miejsca.

Rozpatrując powstałe ślady zwraca się oddzielną uwagę na ślady przebiegające wzdłuż linii zęba (wzdłuż szerokości wieńca) i na ślady przebiegające wzdłuż wysokości zęba. Przez odpowiednie przesuwanie kół ku wierzchołkowi stożka lub przeciwnie można doprowadzić do mniej lub bardziej poprawnego dolegania zębów (przekładnia powinna być tak skonstruowana, aby istniała możliwość w miarę prostego przesuwania kół). Pamiętać należy, że przesunięcie te mogą odbywać się w niewielkich granicach wynoszących setne lub dziesiątne części milimetra (od prawidłowego położenia). Większe przesunięcia wywołują zakłócenia w zazębianiu się, gdyż zmieniają się podziałki obwodowe. Dąży się do takiego ustawienia kół, aby doprowadzić do zetknięcia się zarysów, których czołowe kąty przypory będą sobie odpowiadały. Badania przeprowadza się dla przekładni nieobciążonej oraz obciążonej pracującej w warunkach rzeczywistych (istnieją już tusze specjalne, które nie ulegają wypłukaniu olejem, którym smarowana jest przekładnia zębata). W przypadku gdy nie działa obciążenie poprawny ślad dolegania nie przekracza połowy i skupia się bliżej cieńszego końca zęba. Pod obciążeniem ślad dolegania powiększa się czego powodem jest sprężyste odkształcanie zębów. Ślad ten przesuwa się przy tym ku grubszy końcowi zęba gdyż następuje ugięcie wałka koła napędzającego (małego) zwłaszcza wówczas gdy wał ułożyskowany jest wysięgnikowo (jednostronnie). Poniżej przytoczono tablicę z przykładami śladów dolegania:

3.1.2. TABLICA 1 Instrukcja sprawdzania i montażu stożkowej przekładni zębatej o łukowej linii zęba .

Ślady współpracy	Charakterystyka śladu dolegania	Sposób usunięcia błędu
	<p>po obu stronach zębów w środku wysokości , bliżej końca wewnętrznego</p>	<p>śląd prawidłowy</p>
	<p>w k.m. u dołu zęba, z jednej strony u końca zewn., z drugiej strony u końca wewn. W k.d. u wierzchołka zęba odpowiednio u końca zewn. oraz u końca wewn.</p>	<p>Małe koło zbliżyć ku wierzchołkowi stożka</p>
	<p>w k.m. u góry zęba , z jednej strony u końca wewn., z drugiej strony u końca zewn. w k.d. u podstawy zęba odpowiednio u końca wewn. Oraz u końca zewn.</p>	<p>małe koło oddalić od wierzchołka stożka</p>
	<p>krzyżowy ślad (naprzemianległy)</p>	<p>małe koło należy przesunąć ku dołowi</p>
	<p>krzyżowy ślad (naprzemianległy)</p>	<p>małe koło należy przesunąć ku górze</p>
	<p>w obu kołach u zewnętrznego końca zęba</p>	<p>należy zwiększyć kąt między osiami</p>
	<p>w obu kołach u wewnętrznego końca zęba</p>	<p>należy zmniejszyć kąt między osiami</p>

Uwagi : k.m. – koło małe , k.d. – koło duże

Przed usunięciem błędów podanych w rubrykach d÷g należy ustawić właściwy ślad na wysokościach zębów oraz zapewnić odpowiedni luz międzyzębny .

3.2. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO

3.2.1. ROZWIĄZANIE KONSTRUKCYJNE BADANEJ PRZEKŁADNI

Na rys.1. pokazano hipoidalną przekładnię główną samochodu FIAT 125p od której to przekładni badana różni się brakiem mechanizmu różnicowego „M”. Oba wałki łożyskowane są przy użyciu łożysk stożkowych ustawionych w układzie „X”. Napięcie wzdłużne łożysk podpierających wałek napędzający 3 uzyskuje się z zastosowania tulei odległościowej 4 poprzez dokręcenie nakrętki 2 ściśle określonym momentem.

Wzdłużne napięcie łożysk podpierających wał 7 koła talerzowego 8 realizuje się przy użyciu gwintowanych pierścieni mocujących 6 i klucza dynamometrycznego.

W/w pierścienie służą również do regulacji położenia wzdłużnego koła talerzowego 8. Wymagane położenie wzdłużne zębniaka 3 uzyskuje się za pomocą jednej z kilkunastu podkładek 5, które są wykonane o grubościach różniących się między sobą o 0,05 mm.

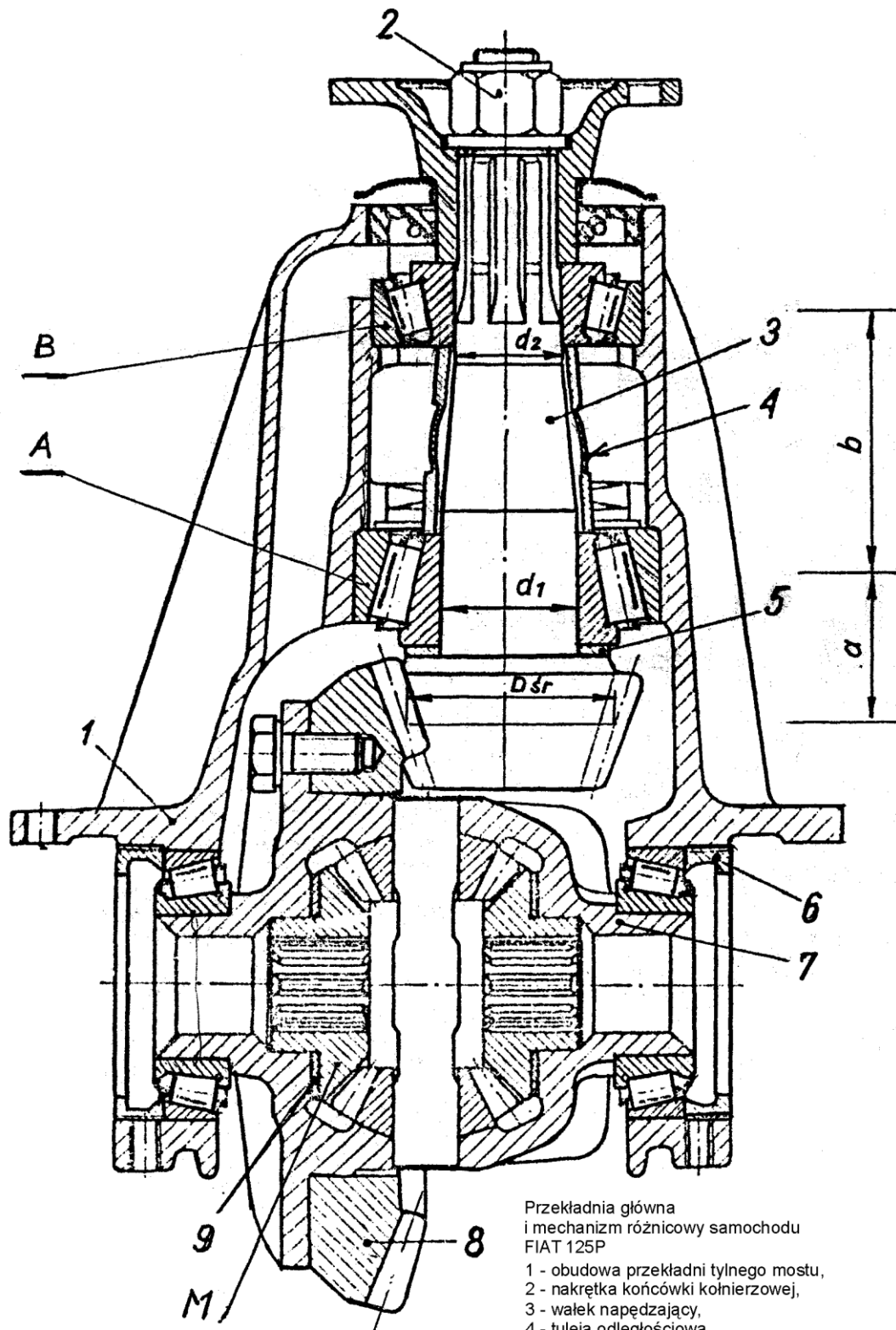
3.2.2. PODMIOT BADAŃ

Podmiotem badania jest ślad dolegania zębów. Zakłada się, że korpus przekładni został wykonany prawidłowo, również uzębienia kół oraz wałki zostały wykonane właściwie. Ponadto przyjmujemy za prawidłowe ustawienie zębniaka względem korpusu.

Tak więc właściwa praca przekładni tj. właściwy ślad dolegania przekładni zostanie osiągnięty poprzez prawidłowe ustawienie koła talerzowego 8 .

3.2.3. SPOSÓB PRZEPROWADZENIA ĆWICZENIA

W celu uzyskania poprawnego śladu dolegania przesuwamy koło talerzowe 8 przy użyciu nakrętki 6 w kierunku zębniaka w którym wartość luzu obwodowego oceniamy na około 0,5 mm (unieruchamiamy koło talerzowe i obracamy zębniak). Przygotowanym wcześniej tuszem ew. farbą drukarską rozcieńczoną benzyną pokrywamy pędzelkiem obie powierzchnie kilku zębów koła talerzowego i obracamy parę razy wałek zębniaka na którym sprawdzamy następnie ślady dolegania porównując z zamieszczonymi w tab.1. Dokonujemy korekty (jeżeli zajdzie potrzeba) ustawienia koła.



Rys. 1

Przekładnia główna i mechanizm różnicowy samochodu FIAT 125P

- 1 - obudowa przekładni tylnego mostu,
- 2 - nakrętka końcówki kołnierzowej,
- 3 - wałek napędzający,
- 4 - tuleja odległościowa,
- 5 - podkładka do regulacji położenia wałka napędzającego,
- 6 - pierścień mocujący do regulacji łożysk i położenia koła talerzowego,
- 7 - obudowa (kosz) i mechanizmu różnicowego,
- 8 - koło talerzowe,
- 9 - podkładka oporowa koła koronkowego

3.4. UWAGI DOTYCZĄCE ĆWICZENIA ORAZ SPRAWOZDANIA

Przed ćwiczeniem należy zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia oraz z zagadnieniem badania śladów dolegania zębów .

Ponadto należy przypomnieć i utrwalić wiadomości dotyczące zasad łożyskowania wałów oraz sposobów prawidłowego ustawienia kół stożkowych a także sposobów realizacji napięcia wzdłużnego skośnych łożysk tocznych.

W sprawozdaniu należy umieścić jedynie obliczenia trwałości łożysk tocznych i oddać je w ciągu tygodnia od daty odbycia ćwiczenia. Obliczenia należy przeprowadzić w odniesieniu do łożysk A i B podpierających wał zębniaka (wałek napędzający) - patrz rys.1.- mając dane (konkretne wartości wg tabl.2 wskaże prowadzący ćwiczenie) : parametry geometryczne zębniaka i wału, prędkość obrotową zębniaka, siły (składowe P, Pr, Pw) działające na ząb zębniaka oraz numery katalogowe łożysk.

3.5. ZAKOŃCZENIE

Opisana wyżej metoda nie jest jedynym sposobem oceny poprawnej współpracy kół zębatych. Znaną i stosowaną metodą jest ocena pracy przekładni za pomocą pomiaru hałasu podczas jej pracy. Jest oczywiste, że najniższy poziom hałasu świadczy o najlepszym ustawieniu kół.

Uwaga! Po zakończeniu ćwiczenia należy usunąć z kół farbę za pomocą odpowiedniego rozpuszczalnika i pędzelka a następnie wytrzeć koła „do czysta” za pomocą przygotowanych do tego celu szmatek.

4. LITERATURA :

1. Ochęduszek K. – Przekładnie zębate – konstrukcje t.I
2. Ochęduszek K. – Przekładnie zębate t.III– sprawdzanie
3. Praca zbiorowa – Podstawy Konstrukcji Maszyn t.I
4. Jaśkiewicz Z – Mosty Napędowe

TABELA 2

L.p.	PARAMETRY DANE											PARAMETRY OBLICZONE	
	Średnia średnica zębika	Wymiary zębika				Numer katalogowy łożyska		Prędk. obrot. zębika	Siły działające na ząb zębika			TRWAŁOŚĆ ŁOŻYSKA	
		Dśr mm	a mm	b mm	d ₁ mm	d ₂ mm	A -		B -	n obr/min	P N	P _r N	P _w N
1	65	45	90	45	35	32309	32307						
2	70	50	95			31309	31307						
3	50	35	70	40	30	32308	32306						
4	60	40	80			30308	30306						
5	50	45	90	50	40	32310	32308						
6	60	50	100			32210	32208						