

ANTONI SKOĆ  
INSTYTUT MECHANIZACJI GÓRNICtwo  
POLITECHNIKA ŚLĄSKA  
GLIWICE

ZAGADNIENIA POPRAWY TRWAŁOŚCI STOPNIA STOŻ-  
KOWEGO PRZEKŁADNI ZĘBATYCH STOSOWANYCH W NA-  
PĘDACH MASZYN GÓRNICZYCH

W pracy określono na podstawie badań doświadczalnych kół stożkowych o zębach łukowych zależność obciążenia zębów od śladu ich współpracy oraz od wielkości luzu międzyzębego.

W przemyśle górniczym w ostatnich latach można zauważyć szybkie tempo wzrostu mechanizacji podstawowych procesów eksploatacyjnych takich jak: urabianie, ładowanie oraz transport urobku. Szybkie tempo wzrostu mechanizacji spowodowało znaczne zwiększenie liczby przekładni zębatych stosowanych w górnictwie. Dlatego też niesprawność albo inaczej awaria przekładni zębatej wchodzącej zazwyczaj w skład systemu eksploatacyjnego powoduje zakłócenia w procesie wydobywczym, co w konsekwencji prowadzi do dużych strat ekonomicznych. W związku z powyższym w odniesieniu do tych przekładni są wysuwane wysokie wymagania dotyczące niezawodności ich działania i długotrwałości. Każdy zabieg mający na celu dalsze doskonalenie konstrukcji, przekładni zębatych stosowanych w napędach maszyn górniczych, który prowadzi do zwiększenia jej trwałości i niezawodności, ma na pewno duże znaczenie ekonomiczne szczególnie w przemyśle górniczym.

Pracownicy Zespołu Podstaw Konstrukcji Maszyn Górniczych Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej prowadzą od szeregu lat szerokie badania mające na celu podniesienie trwałości i niezawodności produkowanych w kraju przekładni zębatych, które znajdują zastosowanie

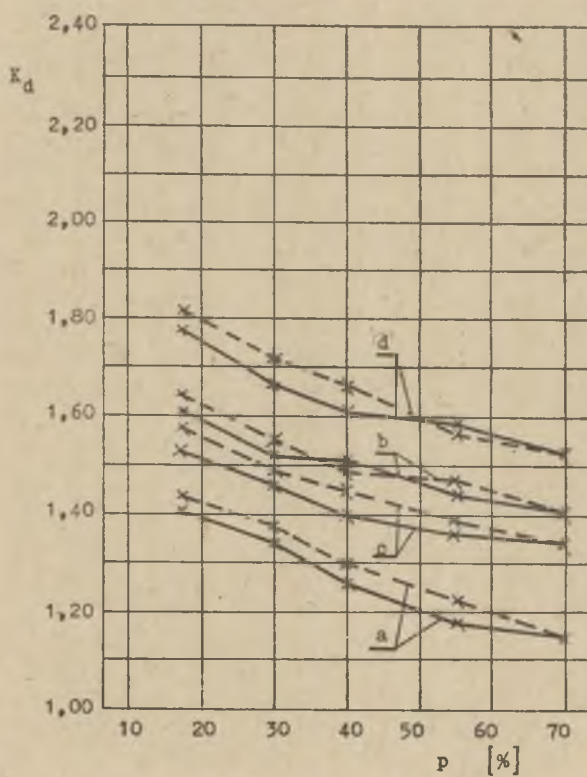
w przemyśle górniczym. Badania te prowadzone są w większości na drodze doświadczalnej, na specjalnie do tego celu skonstruowanych stanowiskach badawczych.

Celem prowadzonych badań jest poszukiwanie związków pomiędzy cechami konstrukcyjnymi oraz warunkami eksploatacyjnymi a własnościami przekładni zębatej jak i zjawiskami zachodzącymi podczas jej pracy.

Mając powyższe na uwadze przeprowadzono analizę niezawodnościową poszczególnych węzłów konstrukcyjnych przekładni zębatych stosowanych w przemyśle górniczym, która może stanowić podstawę do określenia najważniejszych kierunków badań wymagających realizacji w najbliższych latach. Analizę tę przeprowadzono w oparciu o dane uzyskane z bezpośrednich obserwacji przekładni zębatych, które uległy awarii oraz na podstawie danych zawartych w książkach raportowych oddziałów maszynowych kopalń węgla kamiennego jak również informacji z Zakładów Naprawczych Przemysłu Węglowego. Uzyskany materiał statystyczny podzielono na grupy według rodzajów awarii zasadniczych elementów składowych przekładni. Analiza awaryjności przekładni wykazała, że około 35 % ogólnego czasu postoju jest spowodowane zniszczeniem uzębienia kół zębatych. Przy czym zdecydowanie największy udział w tej grupie awarii stanowią uszkodzenia uzębienia kół stożkowych. Dlatego też w niniejszym temacie rozpatrywane będą niektóre przyczyny powodujące nieprawidłową pracę kół stożkowych przekładni zębatych stosowanych w napędach maszyn górniczych.

Dokładne oględziny śladu współpracy zębów kół stożkowych wykazały, że w większości przypadków w kołach, w których zęby uległy zniszczeniu, ślady współpracy zębów były nieprawidłowe. Dlatego między innymi podjęto badania mające na celu ustalenie wpływu śladu współpracy zębów kół stożkowych na wartość obciążeń dynamicznych. Badania przeprowadzono na specjalnie do tego celu skonstruowanym stanowisku badawczym [1] dla kół o zębach łukowych frezowanych według metod: Oerlikon, Klingelnberg i Gleason. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1 + 3, gdzie na osi odciętych oznaczono ślad współpracy mierzony wzdłuż linii zęba wyrażony w procentach w odniesieniu do całkowitej długości zęba, natomiast na osi rzędnych oznaczono współczynnik nadwyżek dynamicznych. Linia kreskowa przedstawia wyniki badań otrzymane dla różnych długości śladu, którą zmieniano od wewnętrznego końca zęba aż do uzyskania śladu prawidłowego, a linia ciągła przedstawia wyniki badań jak wyżej, lecz ślad dolegania zębów zmieniano od zewnętrznego końca zębów aż do uzyskania również śladu prawidłowego.

Na stanowisku badano również wpływ luzu międzyzębnego w kołach stożkowych na wartość obciążeń dynamicznych. Zmieniając luz międzyzębny, każdorazowo ustalano prawidłowy ślad współpracy zębów. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 4 i 5, gdzie na osi odciętych oznaczono wartości luzu międzyzębnego, natomiast na osi rzędnych współczynnik nadwyżek dynamicznych.



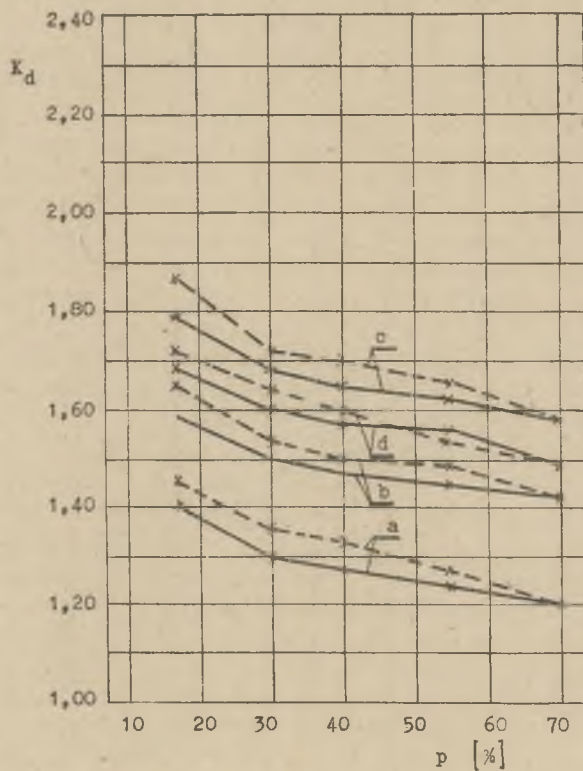
Rys. 1. Wpływ śladu współpracy zębów na wartość współczynnika nadwyżek dynamicznych. Koła o zębach łukowych frezowanych według metody Oerlikon

a/ dla  $f_z = 1190$  Hz

b/ dla  $f_z = 1900$  Hz

c/ dla  $f_z = 2130$  Hz

d/ dla  $f_z = 2390$  Hz



Rys. 2. Wpływ śladu współpracy zębów na wartość współczynnika nadwyżek dynamicznych. Koła o zębach łukowych frezowanych według metody Klingelnberg

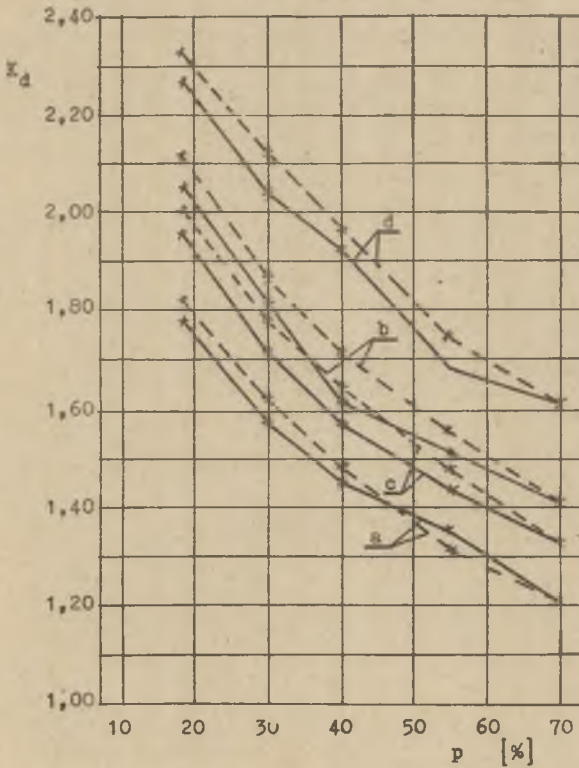
a/ dla  $f_z = 1170$  Hz

b/ dla  $f_z = 1820$  Hz

c/ dla  $f_z = 2400$  Hz

d/ dla  $f_z = 2450$  Hz





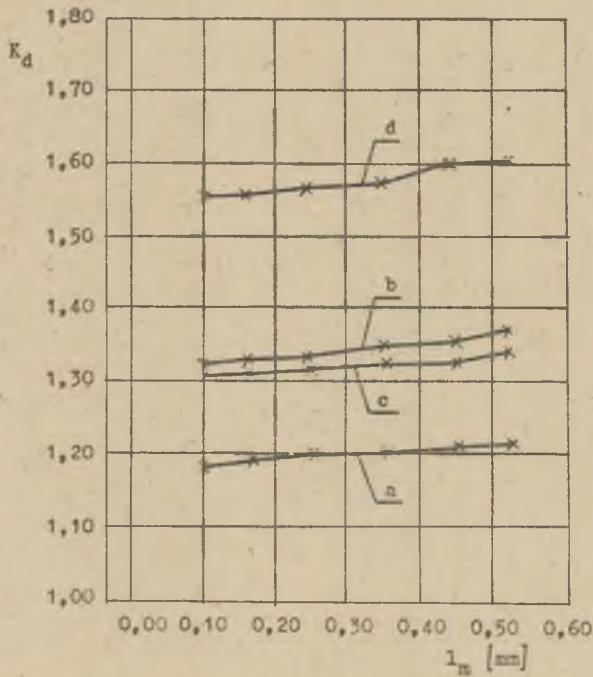
Rys. 3. Wpływ ładu współpracy zębów na wartość współczynnika nadwyżek dynamicznych. Koła o zębach łukowych frezowanych według metody Gleason

a/ dla  $f_z = 1180$  Hz

b/ dla  $f_z = 1830$  Hz

c/ dla  $f_z = 2100$  Hz

d/ dla  $f_z = 2410$  Hz



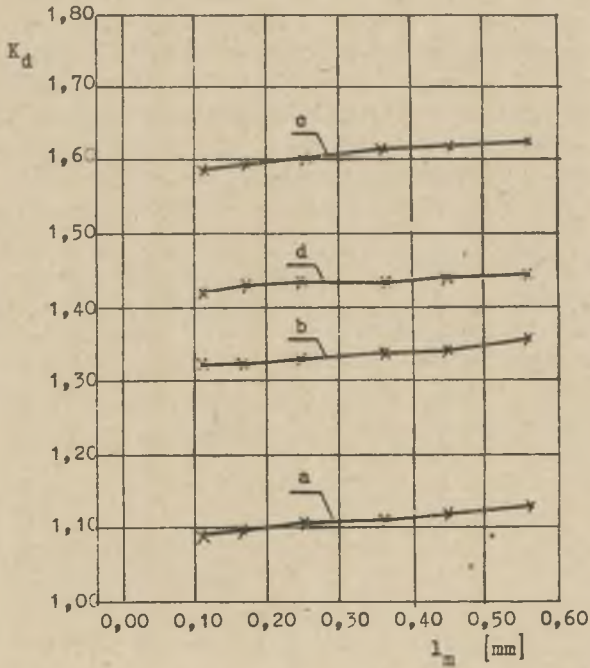
Rys. 4. Wpływ luzu międzyzębego na wartość współczynnika nadwyżek dynamicznych koła o zębach łukowych frezowane według metody Klingelberg

a/ dla  $f_z = 1170$  Hz

b/ dla  $f_z = 1630$  Hz

c/ dla  $f_z = 2000$  Hz

d/ dla  $f_z = 2400$  Hz



Rys. 5. Wpływ luzu międzyzębego na wartość współczynnika nadwyżek dynamicznych. Koła o zębach łukowych frezowanych według metody Oerlikon

a/ dla  $f_z = 1000$  Hz

b/ dla  $f_z = 1660$  Hz

c/ dla  $f_z = 2410$  Hz

d/ dla  $f_z = 2600$  Hz

Jak widać /rys. 1 + 3/ przy nieprawidłowym śladzie współpracy zazębienia kół stożkowych obciążenie zębów znacznie wzrasta. Z powyższego wynika, że należy dążyć w każdym przypadku do tego, aby ślad współpracy zazębienia był prawidłowy. Nie zawsze poprawny ślad współpracy można uzyskać przez ustawianie kół względem siebie w skrzynce przekładni. Jak wiadomo poprawny ślad współpracy a tym samym trwałość przekładni zębatej w dużym stopniu są uzależnione od klasy dokładności wykonania kół zębatych. Jednym z często stosowanych kryteriów jest uzależnienie klasy dokładności od prędkości obwodowej kół. Zależność klasy dokładności wykonania uzębienia w kołach walcowych od prędkości obwodowej kół podano w tablicy 1.

Tablica 1

Źródło	Prędkość obwodowa m/s Klasa dokładności		
	DIN [2]	3 + 6	6 + 20
Klasa dokładności	9 ; 8	7 ; 6 ; 5	
TGL koła niekart. [3]	3 + 6	6 + 20	20
Klasa dokładności	9 ; 8	7 ; 6	5
TGL koła hartow. [3]	3	3 + 6	6 + 20
Klasa dokładności	9 ; 8	7 ; 6	6 ; 5
Niemann [4]	1 + 4	4 + 12	12
Klasa dokładności	9 ; 8	7 ; 6	5

Jak widać zalecane wartości zawarte w tablicy nie są całkowicie zgodne, najostrzejsze są warunki Niemanna. Wielkości zawarte w tablicy można adoptować w odniesieniu do kół stożkowych, obliczając ich prędkość obwodową na średnicy podziałowej mierzonej w przekroju środkowym. W przekładniach górniczych wartości prędkości obwodowej kół stożkowych obliczone na średnicy podziałowej przekroju środkowego wynoszą od 5 do 8 m/s. Należy zaznaczyć, że koła te są również utwardzane. Według Niemanna i TGL koła te powinny być wykonane w 6 lub 7 klasie dokładności. Biorąc pod uwagę, że koła utwardzane zużywają się bardzo powoli i nie można liczyć na ich dopracowanie się w krótkim czasie, dlatego też w celu uzyskania poprawnej pracy zazębienia zdaje się być całkowicie uzasadnione wykonywanie tych kół w zalecanych przez Niemanna i TGL klasach dokładności.

#### Wnioski końcowe

Siły dynamiczne a tym samym i obciążenie przekładni stożkowej rosną, gdy ślad dolegania zębów przemieszcza się ku wewnętrznemu lub zewnętrznemu końcowi zęba w odniesieniu do śladu prawidłowego i jednocześnie jego długość ulega skróceniu /rys. 1 + 3/. Należy dodać, że nieprawidłowy ślad współpracy zębów /skrócony/ jest powodem nierównomiernego obciążenia zęba jak również zmniejszenia wartości poskokowego wskaźnika przyporu. W kon-



sekwencji prowadzić to może do znacznego zmniejszenia trwałości przekładni stożkowej jak również do jej awaryjności. Wskazane jest, aby w czasie montażu przekładni zębatej dla każdego egzemplarza indywidualnie ustawiać prawidłową współpracę zazębienia.

Przy zmianie luzu międzyzębnego w kołach stożkowych, zachowując prawidłowy ślad współpracy zębów, nie zauważono znacznego wzrostu obciążeń dynamicznych /rys. 4 i 5/.

Uzębienie kół stożkowych stosowanych w przekładniach górniczych powinno być wykonywane co najmniej w 8 klasie dokładności według DIN i TGL. Zważywszy, że po obróbce skrawającej koła stożkowe są poddawane obróbce cieplno-chemicznej, po której występują zmiany wymiarowe kół, osiągnięcie w ostateczności zalecanej klasy dokładności nie wydaje się być zadaniem prostym. W związku z powyższym proponuje się opracowanie odpowiedniej technologii obróbki skrawającej oraz cieplno-chemicznej kół stożkowych, jak również zastosowanie na koła zębate takiego gatunku stali, w której odkształcenie występujące po obróbce cieplno-chemicznej są nieznaczne.

#### LITERATURA

- [1] A.Skoć - Dynamika stożkowych kół zębatych. Praca doktorska. Gliwice 1976.
- [2] K.Ochęduszek - Koła zębate - wykonanie. Warszawa, PWN, 1976.
- [3] TGL 10546 - Richtlinien für Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern mit Aussenverzahnung.
- [4] Niemann - Maschinenelemente /Springer Vev. 1961/.

### ПРОБЛЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СТУПЕНИ КОНУСА ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРИВОДАХ ГОРНЫХ МАШИН

#### Резюме

В статье представлены результаты исследований конической передачи, которые стремятся определить соотношения между конструктивными свойствами, эксплуатационными условиями и показателями зубчатой передачи, а также явлениями происходящими во время её работы.

### PROBLEMS ON IMPROVEMENTS IN LIFE OF BEVEL GEARS USED IN DRIVES OF MINING MACHINES

#### Summary

The paper presents results of tests of bevel gears carried out to determine relations between construction features, operating conditions and gear properties as well as phenomena occurring during a gear run.