

## Sposób modyfikowania linii zębów koła zębatego

Przedmiotem wynalazku jest sposób modyfikowania linii zębów kół zębatych podczas kształtowej obróbki narzędziem krążkowym szczególnie przydatny w przypadku modyfikowania uzębień o zarysie wklęsło-wypukłym.

5 Modyfikację zębów w przekładniach zębatych można podzielić na modyfikację zarysu zęba, modyfikację linii zęba oraz modyfikację topologiczną. Modyfikacja zarysu zęba pozwala na zmniejszenie nierównomierności rozkładu obciążenia wzdłuż odcinka przyporu. Modyfikacja linii zębów natomiast kompensuje błędy wynikające z montażu oraz odkształceń wałów i łożysk. Modyfikacja topologiczna łączy korzyści wynikające z obydwu wspomnianych.

10 Znane są sposoby wprowadzania modyfikacji linii zęba za pomocą kształtowych narzędzi krążkowych. Jeden ze sposobów będący przedmiotem patentu US 6205879 polega na złożeniu ruchu obrotowego otoczki koła zębatego z jej ruchem posuwowym wraz z ruchem posuwowym narzędzia. Ten ostatni ruch realizowany jest poprzez sterowanie odległością osi narzędzia i otoczki. Powoduje  
15 on zagłębienie się narzędzia w obrabiany wręb. Dzięki temu można uzyskać zmianę szerokości wrębu wzdłuż linii zęba, a tym samym jej modyfikację. Rodzaj tej modyfikacji (beczulowanie, fazowanie) określony jest przez zależność pomiędzy ruchem posuwowym otoczki a ruchem zagłębiającym narzędzia. Opisany sposób jest stosunkowo prosty w realizacji oraz przydatny w przypadku  
20 modyfikowania uzębień wypukłych, dla których powierzchnia działania narzędzia krążkowego jest wklęsła. W przypadku uzębienia wklęsłego, dla którego powierzchnia działania narzędzia jest wypukła zagłębienie narzędzia we wręb nie przyniosłoby jego oczekiwanego poszerzenia.

25 Kolejną metodą modyfikowania powierzchni bocznych zębów jest metoda znana z patentu US 5765974. Pozwala ona na wprowadzenie modyfikacji topologicznej poprzez wykonywanie oprócz podstawowych ruchów (posuw i obrót koła obrabiającego) co najmniej dwóch dodatkowych ruchów obrabiarki. Inną metodą wprowadzania modyfikacji topologicznej jest metoda zaczerpnięta na potrzeby obróbki walcowych kół zębatach z metodologii modyfikowania uzębień  
30 kół stożkowych znanej z patentu US 5116173. Została ona przedstawiona w publikacji: Yi-Pei Shih, Shi-Duang Chen: *A flank correction methodology for a five-axis CNC gear profile grinding machine*. Mechanism and Machine Theory 47 (2012) 31-45. Polega ona na sterowaniu ruchami obrabiarki za pomocą współczynników wielomianów interpolujących. Powyżej wspomniane metody są  
35 skuteczne lecz przeznaczone do specjalistycznych maszyn dedykowanych do kształtowej obróbki uzębień. Model matematyczny tego typu obróbki jest skomplikowany, a co za tym idzie trudny do zastosowania np. na maszynach nie dedykowanych do obróbki uzębień takich jak 5-cio osiowe frezarki sterowane numerycznie.

40 Sposób modyfikowania linii zębów koła zębatego, wykonywanych z zastosowaniem narzędzia krążkowego, przy czym obróbka uzębienia realizowana jest poprzez sprzężenie ruchu obrotowego koła obrabianego reprezentowanego przez jego kąt obrotu „ $\varphi$ ” i ruch posuwowy reprezentowany przez wektor przesunięcia „ $z$ ” a obydwie te ruchy związane są ze sobą następującą relacją  
45  $z = \varphi r \arctg \beta$ , gdzie  $r$  jest promieniem koła podziałowego kształtowanego uzębienia,  $\beta$  to kąt pochylenia linii zęba na walcu podziałowym. Sposób ten zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że kąt pomiędzy osią obrotu narzędzia a osią obrotu obrabianego koła jest zmienny w czasie kształtowania zębów w zależności od pozycji w trakcie przesuwu „ $z$ ” koła obrabianego względem  
50 narzędzia. Kąt ten wynosi  $90^\circ - \beta_1$  dla przesuwu „ $z$ ” na odcinku kształtowanego zęba od 0 do  $b_{m01}$  – podlegającego modyfikacji, z kolei na odcinku przesuwu „ $z$ ”  $b_{m01}$  do  $b - b_{m02}$ , na którym nie modyfikuje się obrabianego zęba wynosi on  $90^\circ - \beta$ , natomiast na odcinku od  $b - b_{m02}$  do  $b$  gdzie jest realizowana modyfikacja wynosi  $90^\circ - \beta_2$ , przy czym „ $b$ ” to szerokość wieńca kształtowanego uzębienia. Długość  
55 odcinków  $b_{m01}$  i  $b_{m02}$ , na których realizowana jest modyfikacja wynosi do  $\frac{1}{3} b$  – szerokości wieńca dla każdego z nich.

Sposób według wynalazku może być szczególnie przydatny w przypadku

modyfikowania linii zębów wklęsłych występujących na przykład w kołach zębatych typu Nowikowa. W tym przypadku bowiem metoda polegająca na  
 60 zagłębianiu narzędzia we wręb nie przyniesie jego oczekiwanego poszerzenia. Ponadto metoda według wynalazku jest stosunkowo prosta w realizacji i zastosowaniu zarówno na uniwersalnych maszynach takich jak 5-cio osiowe frezarki sterowane numerycznie jak też na specjalistycznych maszynach do kształtowej obróbki uzębień. W związku z powyższym może być ona przydatna  
 65 zarówno w przypadku produkcji jednostkowej jak i wielkoseryjnej. Ponadto metoda ta z uwagi na konieczność obróbki każdej flanki zęba z osoba pozwala na uzyskanie takiej samej linii zęba z jednej i z drugiej jego strony.

Sposób wykonywania uzębienia koła zębatego z zastosowaniem narzędzia krążkowego, oraz jego modyfikacje zgodnie z wynalazkiem w przykładowym  
 70 wykonaniu został przedstawiony na rysunku na którym fig. 1 przedstawia w rzucie izometrycznym obróbkę koła zębatego narzędziem krążkowym, z kolei fig. 2 przedstawia przekrój poprzeczny narzędzia oraz koła obrabianego płaszczyzną przechodzącą przez środek szerokości wieńca zębatego, natomiast fig. 3 przedstawia widok z góry narzędzia i koła obrabianego, fig. 4 przedstawia nacinaną  
 75 linię zębów zdefiniowaną na poboczniczy walca podziałowego koła obrabianego a fig. 5, 6 i 7 przedstawiają kolejne etapy obróbki z wykorzystaniem modyfikacji uzębienia według wynalazku.

Jak to przedstawiono na fig. 1 zęby 1 na kole 2 są nacinane z zastosowaniem narzędzia krążkowego 3. Obróbka uzębienia realizowana jest poprzez sprzężenie  
 80 ruchu obrotowego koła obrabiającego 2 reprezentowanego przez jego kąt obrotu „ $\varphi$ ” i ruch posuwowy reprezentowany przez przesuw „ $z$ ”. Rozstaw a osi 4 narzędzia krążkowego 3 i osi 5 koła obrabianego 2 stanowi suma promienia  $r_N$  narzędzia 3 i promienia  $r_f$  stóp kształtowanego uzębienia 1, co pokazano na fig. 2. Z kolei na fig. 3 przedstawiono usytuowanie osi 4 narzędzia krążkowego 3  
 85 względem osi 5 koła obrabianego 2, które określa kąt  $\Sigma$  wynoszący  $90^\circ - \beta$ , przy czym  $\beta$  jest to kąt pochylenia linii zębów 1. Zakres modyfikacji uzębienia 1, która ma być zrealizowana sposobem według wynalazku, w ujęciu schematycznym, przedstawiono na fig. 4 gdzie na walcu podziałowym 6 o promieniu  $r$  i szerokości  $b$  w rozwinięciu poboczniczy 7. Na wymienionej poboczniczy uwidoczniła jest linia zęba 8 gdzie określono odcinek modyfikowany  $b_{mol}=0,97$  mm na wejściu narzędzia 3 przy kącie  $\beta_1$  – pochylenia zęba 1 na tym odcinku wynoszącym  $21,33^\circ$ , natomiast  
 90

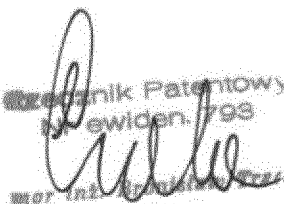
odcinek modyfikowany na wyjściu  $b_{mo2}=1,09$  mm przy kącie pochylenia zęba  $\underline{1}$  na tym odcinku wynoszącym  $23,62^\circ$ , przy czym kąt pochylenia  $\beta$  linii zębów  $\underline{1}$  określono na  $22,48^\circ$ .

95 Modyfikowaną linię zębów  $\underline{1}$  uzyskano w wyniku obróbki przebiegającej następująco:

1. Obróbka powierzchni zęba z kątem pochylenia narzędzia wynoszącym  $\Sigma=68,67^\circ$  na odcinku o długości fazy  $b_{mo1}=0,97$  mm co przedstawiono na fig. 5;
- 100 2. Obróbka powierzchni zęba z kątem pochylenia narzędzia wynoszącym  $\Sigma=68,52^\circ$  na odcinku o długości fazy  $b-b_{mo1}-b_{mo2}=27,94$  mm jak to uwidoczono na fig. 6;
3. Obróbka powierzchni zęba z kątem pochylenia narzędzia wynoszącym  $\Sigma=66,38^\circ$  na odcinku o długości fazy  $b_{mo2}=1,09$  mm zgodnie z fig. 7.

105

000001749  
POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
imi. Ignacego Łukasiewicza  
35-059 Kieszawa, Al. Powstańców Warszawy 12  
tel. 17 865-11-00  
NIP 8130266999

  
Biuro Patentowe  
Ewidencja 798  
MAR 1998