

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **229495**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **412373**

(22) Data zgłoszenia: **18.05.2015**

(51) Int.Cl.

*F16H 55/00 (2006.01)*

*F16H 55/08 (2006.01)*

*F16H 55/16 (2006.01)*

*B23F 15/02 (2006.01)*

(54)

**Zazębienie wkłęsło-wypukłe przekładni zębatych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**21.11.2016 BUP 24/16**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**31.07.2018 WUP 07/18**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA, Rzeszów, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MICHAŁ BATSCH, Rzeszów, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Bronisław Trala**

**PL 229495 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zazębienie wklęsło-wypukłe, którego geometria pozwala na jego zastosowanie w przekładniach zębatych dużych mocy to jest przekładniach, o nośności których decyduje wytrzymałość stykowa.

Zazębienie o zarysie wklęsło-wypukłym można podzielić na dwa rodzaje.

Zazębienie Wildhabera, znane z patentu US1601750A charakteryzujące się tym, że zarysy zębów w przekroju normalnym do linii zęba są łukami okręgów o tym samym promieniu oraz zazębienie Nowikowa, znane z patentu ZSRR109113, w którym zarysy zębów w przekroju czołowym są łukami okręgów o promieniach, które nieznacznie się różnią.

Ponadto przekładnie z zarysami wklęsło-wypukłymi mogą być wykonane w różnych wariantach konstrukcyjnych, w których:

- a) koło małe posiada zęby wypukłe, a koło duże wklęsłe,
- b) koło małe posiada zęby wklęsłe, a koło duże wypukłe,
- c) zarówno koło małe jak i duże posiada zarys wklęsło-wypukły.

W każdym z powyższych przypadków ciągłość zazębienia realizowana jest przez poskokowy wskaźnik przypora, który musi być większy od jedności. Wynika to z faktu, że zarysy te są niesprężone w przekroju czołowym.

Zarówno rozwiązanie Wildhabera jak i Nowikowa cechuje się bardzo wysoką wrażliwością zazębienia na błąd rozstawienia osi kół przekładni przy czym pierwsze z nich, z tego względu jest praktycznie zdyskwalifikowane w zastosowaniu na szerszą skalę. Wrażliwość ta wynika z faktu, że wraz ze wzrostem błędu rozstawienia osi kół drastycznie spada rzeczywisty kąt przyporu. Powoduje to niekorzystne warunki pracy, w szczególności możliwość generowania większego hałasu oraz koncentrację naprężeń w wyniku przesunięcia śladu styku ku głowie zęba wklęsłego.

Istnieje kilka opatentowanych rozwiązań umożliwiających kompensację negatywnego wpływu błędu rozstawienia osi kół przekładni wklęsło-wypukłych. Pierwsze z nich, przedstawione w patencie US4140026A polega na zastosowaniu zębów wklęsłych o dużym stosunku wysokości stopy zęba do jego grubości oraz wykonanych z materiału o takim module sprężystości, że obydwa te warunki pozwalają na co najmniej trzykrotnie większe odkształcenie się zęba wklęsłego w porównaniu do wypukłego. Wadą tego rozwiązania jest znaczące zmniejszenie wytrzymałości zębów na złamanie w skutek zwiększenia momentu zginającego ząb poprzez zwiększenie ramienia działania siły międzyczębnej. Kolejnym rozwiązaniem mającym na celu wyeliminowanie wrażliwości przekładni wklęsło-wypukłych na błąd rozstawienia osi zostało przedstawione w patencie US4149431 A. Rozwiązanie to opiera się na idei przedstawionej w patencie US4140026A z tą różnicą, że wprowadza się elastyczny wieniec zębaty, który pod działaniem siły promieniowej odkształca się. Zaproponowane w nim rozwiązania konstrukcyjne są bardzo skomplikowane, a co za tym idzie trudne i drogie w wykonaniu. Kolejnym rozwiązaniem, które przedstawiono w opisie patentowym o numerze US3982445A jest wklęsło-wypukłe zazębienie, którego zarysy zębów są krzywymi o zmiennym promieniu krzywizny. Prezentowany zarys, według jego autora jest mniej wrażliwy na błąd rozstawienia osi kół.

Zazębienie wklęsło-wypukłe przekładni zębatych, w którym zarysy zębów w przekroju czołowym są łukami o promieniach nieznacznie się różniących, zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że stosunek grubości zęba wypukłego mierzonej po łuku okręgu podziałowego w przekroju czołowym do grubości zęba wklęsłego mierzonej również po łuku okręgu podziałowego w przekroju czołowym mieści się w zakresie od 1,2 do 1,4. Poza tym czołowy kąt przyporu na średnicy tocznej ustalony jest według następującej zależności:

$$\alpha_c = \text{asin} \left( \sin \alpha'_c + \frac{\Delta a}{\rho_2 - \rho_1} \right)$$

gdzie  $\alpha_c$  to czołowy kąt przyporu a  $\alpha'_c$ , jest rzeczywistym kątem przyporu w czasie obciążenia przekładni,  $\Delta a$  to przewidywany błąd rozstawienia „a” osi kół, natomiast  $\rho_1$  oznacza promień łuku zęba wypukłego, z kolei  $\rho_2$  oznacza promień łuku zęba wklęsłego.

Rozwiązanie przekładni zgodne z wynalazkiem zapewnia porównywalną nośność na zginanie jej zębów z przekładniami ewolwentowymi. Poza tym odpowiednie ustalenie kąta przyporu według podanej zależności zapewnia, że po wystąpieniu błędu rozstawienia osi kół przekładni punkt styku, a więc i ślad styku przesunie się z położenia nominalnego do położenia określonego przez konstruktora. Ma to pozytywne skutki zarówno w postaci braku występowania koncentracji naprężeń, jak też w postaci zmniejszenia naprężeń powierzchniowych według Hertza. Punkt styku przesuwają się bowiem

do punktu, w którym stosunek średniego promienia krzywizny powierzchni zęba wklęsłego do średniego promienia krzywizny powierzchni zęba wypukłego jest mniejszy. Ponadto przesunięcie punktu styku wynikające z błędu położenia osi jest kontrolowane, co pozwala na uniknięcie krawędziowania śladu styku i koncentracji naprężeń. Z powyższych względów zazębienie według wynalazku może znaleźć zastosowanie w przekładniach, z błędem rozstawienia osi kół o których nośności decyduje wytrzymałość stykowa.

Przedmiot wynalazku w przykładach jest przedstawiony na rysunku, w którym fig. 1 przedstawia fragment przekroju czołowego wklęsło-wypukłego zazębienia, z kolei fig. 2 przedstawia przesunięcie punktu styku zębów w skutek wystąpienia błędu rozstawienia osi kół, natomiast fig. 3 przedstawia fragment przekroju czołowego przekładni zębatej pod obciążeniem, w której zastosowano zazębienie według wynalazku.

Jak to uwidoczono na fig. 1 w przekładni z zazębieniem wklęsło-wypukłym koło 1 posiada zęby 2 wypukłe, których promień  $\rho_1$  określa wielkość tej wypukłości a ich grubość mierzona po łuku okręgu podziałowego  $Op^1$  w przekroju czołowym określa  $g_1$ . Z kolei koło 3 współpracujące z kołem 1 posiada zęby 4 wklęsłe o wklęsłości określonej promieniem  $\rho_2$ , natomiast ich grubość mierzona po łuku okręgu podziałowego  $Op^2$  w przekroju czołowym określa  $g_2$ . Poza tym czołowy kąt przyporu na średnicy toczonej oznaczono  $\alpha_c$ .

Na fig. 2 w ujęciu schematycznym pokazano fragment geometrii tego zazębienia z przesunięciem punktu styku zębów w skutek wystąpienia błędu  $\Delta\alpha$  rozstawienia osi kół 1 i 3. W wyniku wystąpienia błędu  $\Delta\alpha$  rozstawienia osi wymienionych kół nominalne położenie punktu styku 5 flanki zęba wypukłego 2 z flanką zęba wklęsłego 4 – dla przekładni idealnej uległo przesunięciu do położenia oznaczonego 6. W wyniku tych przesunięć uległ zmianie kąt przyporu  $\alpha_c$  na  $\alpha'_c$ . Zależność wielkości tych kątów w relacji z wielkością błędu  $\Delta\alpha$  rozstawienia osi kół 1 i 3, wielkością tego rozstawienia „a” oraz promieniem wypukłości  $\rho_1$  i wklęsłości  $\rho_2$  określono jako:

$$\alpha_c = \text{asin} \left( \sin \alpha'_c + \frac{\Delta\alpha}{\rho_2 - \rho_1} \right).$$

Z kolei na fig. 3 przedstawiającej fragment zazębienia wklęsło-wypukłego w przekroju czołowym, zgodnego z wynalazkiem pokazano go na przykładzie zębatej walcowej przekładni o module normalnym 3 mm, w której koło 1 o zębach wypukłych i liczbie zębów  $z_1 = 30$  współpracuje z kołem 3 o zębach wklęsłych i liczbie zębów  $z_2 = 47$ . Stosunek grubości  $g_1$  zęba wypukłego 2 mierzonej po łuku okręgu podziałowego  $Op^1$  w przekroju czołowym do grubości zęba wklęsłego 4 mierzonej po łuku okręgu podziałowego  $Op^2$  w przekroju czołowym wynosi 1,3. Ponadto czołowy kąt przyporu został dobrany zgodnie z wcześniej podaną zależnością, tak aby po wystąpieniu założonego błędu  $\Delta\alpha = 0,02$  mm rozstawienia „a” osi kół 1 i 3, rzeczywisty czołowy kąt przyporu  $\alpha'_c$  wyniósł  $16^\circ$ . Wartość czołowego kąta przyporu przybliżono do  $21,5^\circ$ .

## Zastrzeżenie patentowe

1. Zazębienie wklęsło-wypukłe przekładni zębatych, w którym zarysy zębów w przekroju czołowym są łukami o promieniach nieznacznie się różniących, **znamiennie tym**, że stosunek grubości ( $g_1$ ) zęba wypukłego (2) mierzonej po łuku okręgu podziałowego ( $Op^1$ ) w przekroju czołowym do grubości ( $g_2$ ) zęba wklęsłego (4) mierzonej również po łuku okręgu podziałowego ( $Op^2$ ) w przekroju czołowym mieści się w zakresie od 1,2 do 1,4 natomiast czołowy kąt przyporu ( $\alpha_c$ ) na średnicy toczonej ustalony jest według następującej zależności:

$$\alpha_c = \text{asin} \left( \sin \alpha'_c + \frac{\Delta\alpha}{\rho_2 - \rho_1} \right).$$

gdzie  $\alpha_c$  to czołowy kąt przyporu a  $\alpha'_c$  jest rzeczywistym kątem przyporu w czasie obciążenia przekładni,  $\Delta\alpha$  to przewidywany błąd rozstawienia „a” osi kół, natomiast  $\rho_1$  oznacza promień łuku zęba wypukłego, z kolei  $\rho_2$  oznacza promień łuku zęba wklęsłego.

## Rysunki

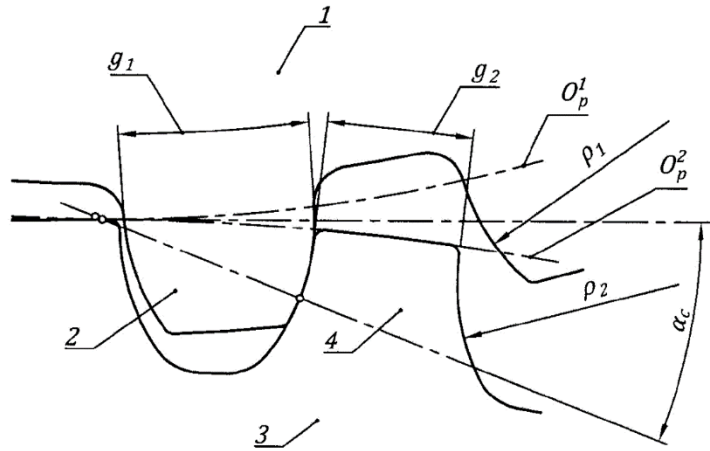


Fig. 1

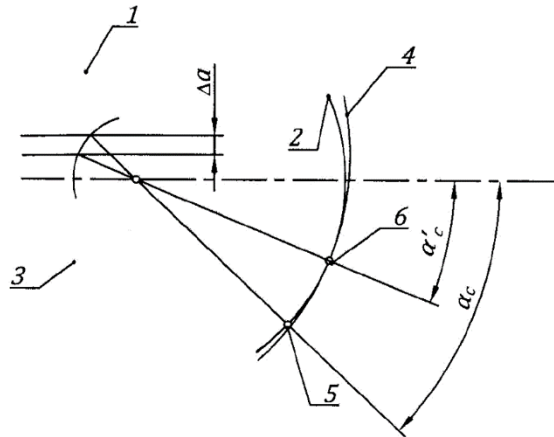


Fig. 2

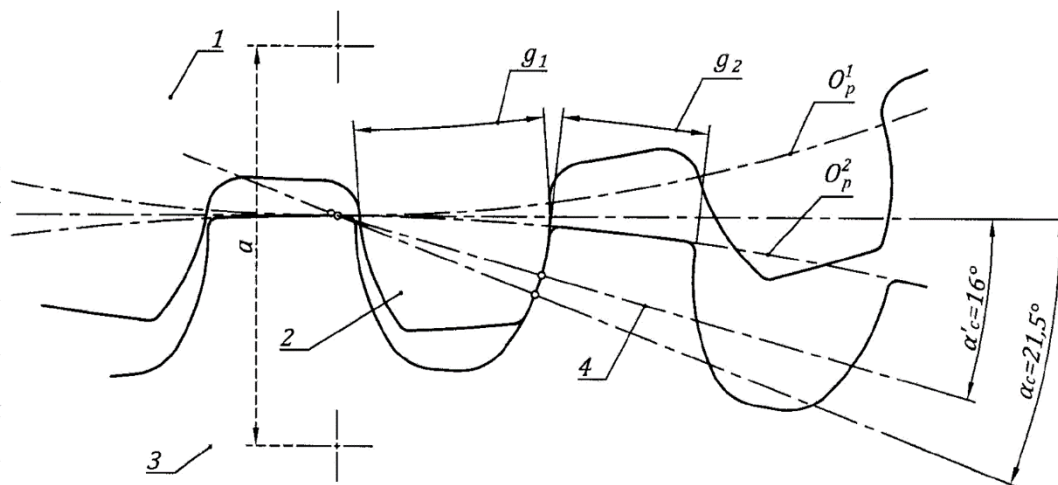


Fig. 3