

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244113 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **429855**

(22) Data zgłoszenia: **2019.05.07**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.11.16 BUP 24/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.12.04 WUP 49/2023**

(51) MKP:

B24C 1/10 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
JAROSŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL
WOJCIECH GRZEGORZEK, Łędziny, PL
DANIEL ADAMECKI, Gliwice, PL
STANISŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL
ANTONI SKOĆ, Zabrze, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Justyna Duda, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

Urządzenie do umacniania zgniotem powierzchniowym powierzchni roboczych zębów kół zębatych o łukowej linii zęba

PL 244113 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do umacniania zgniotem powierzchniowym powierzchni roboczych zębów kół zębatych o łukowej linii zęba. Koła takie znajdują zastosowanie w układach napędowych wielu maszyn, np. w reduktorach urządzeń transportowych, pojazdach mechanicznych, maszynach roboczych ciężkich, przemyśle surowcowym i innych.

Koła zębate stożkowe i walcowe o łukowej linii zęba wykazują w stosunku do kół zębatych o zębach prostych szereg zalet, takich jak zdolność do przenoszenia większych obciążeń, mniejszą hałaśliwość oraz korzystniejszy rozkład obciążenia po długości zębów.

Dla polepszenia trwałości eksploatacyjnej kół zębatych opcjonalnie wykonuje się zabieg końcowy w postaci śrutowania zębów. W szczególności chodzi o umocnienie powierzchni roboczych zębów, zwykle w kole o mniejszej liczbie zębów (w zębniku). Wynika to z tego, że dla tych kół liczba cykli zmian obciążenia jest większa niż dla kół współpracujących, więc ich zęby są bardziej narażone na zmęczeniowe złamanie i uszkodzenia warstwy wierzchniej (pitting). Warunkiem wymaganej skuteczności śrutowania kół zębatych jest uzyskanie możliwie wysokiej energii umacniającego strumienia śrutu, najczęściej w postaci stalowych kulek uderzających w obrabianą powierzchnię z dużą prędkością.

Znane urządzenia do obróbki śrutowaniem elementów maszyn, w tym i kół zębatych, bazują na nadaniu energii kinetycznej kulkom z wykorzystaniem sprężonego powietrza lub przy użyciu wirnikowych wyrzutników mechanicznych. Urządzenia te mają szereg ograniczeń fizykalnych uniemożliwiających uzyskanie dużych efektów umocnienia, zwłaszcza dla kół wykonanych ze stali stopowych i poddanych utwardzającej obróbce cieplnej lub cieplno-chemicznej. Urządzenia wykorzystujące sprężone powietrze mają fizykalne ograniczenia uzyskania dostatecznie dużych prędkości strumienia kulek, natomiast wraz ze wzrostem prędkości obrotowej wirnikowych wyrzutników mechanicznych silnie rośnie zużycie ściernych wirników, dysz i kulek umacniających. Ponadto sprzyja to tworzeniu się drobnodispersyjnego pyłu metalicznego grożącego jego wybuchem.

Znane urządzenia do wykonywania zabiegów umacniania zgniotem przez śrutowanie opisano w książkach: Kalman R.: Mechaniczne umacnianie powierzchni części maszyn. WNT Warszawa: 1965; Szulc St., Stefko A.: Obróbka powierzchniowa części maszyn. WNT Warszawa: 1976; Przybylski W.: Technologia obróbki nagniataniem. WNT Warszawa: 1987 i Łunarski J.: Wytrzymałość zmęczeniowa części maszyn po wybranych sposobach obróbki powierzchniowej. Zesz. Nauk. Pol. Rzesz. (Z. 17) Rzeszów: 1988. Sposoby i urządzenia opisane w tych pracach nie zapewniają uzyskania dostatecznej efektywności umacniania dla kół zębatych o zwiększonej twardości powierzchniowej zębów. Znane z opisów patentowych nr PL 139508 i PL 150864 rozwiązania dotyczą urządzeń, w których medium nośnym dla kulek jest sprężone powietrze, nie pozwalają więc na osiągnięcie dużych efektów umacniania. Wszystkie znane urządzenia, służące do obróbki zgniotem powierzchniowym, nie umożliwiają chłodzenia elementów w strefie obróbki, co powoduje znaczny wzrost temperatury warstwy wierzchniej umacnianych kół, prowadząc do niekorzystnych zjawisk relaksacji konstytuowanych w toku obróbki nagniataniem naprężeń własnych i do procesu rekryształizacji odkształconych struktur materiału. Są to czynniki dodatkowo zmniejszające efektywność znanych urządzeń do śrutowania elementów maszyn.

Istotą wynalazku jest urządzenie do umacniania zgniotem powierzchniowym powierzchni roboczych zębów kół zębatych o łukowej linii zęba charakteryzujące się tym, że posiada wychylną konsolę, na której mocowany jest silnik napędowy napędzający uchwyt z kołem zębatym, na które skierowana jest dysza pistoletowa zasilana cieczą wprowadzaną do dystrybutora przez pompę oraz kulkami zasysanymi eżektorowo z zasobnika. Dysza pistoletowa zawieszona jest na przegubie kulowym i jest przesuwana wzdłużnie.

Urządzenie wyposażone jest w ruszt oddzielający ciecz od kulek.

W rozwiązaniu według wynalazku dużą energię uderzeń kulek osiągnięto przez wyrzucanie ich w strumieniu cieczy nośnej pod wysokim ciśnieniem przy jednoczesnym wirowaniu obrabianym kołem względem jego osi oraz wahadłowym przechylaniu koła względem środka tuku linii zębów. Uzyskuje się dzięki temu oprócz zwiększonej energii uderzeń kulek umacniających skuteczne chłodzenie i smarowanie strefy obróbki oraz równomierność obróbki na pełnej szerokości kół. Wykorzystanie urządzenia według wynalazku pozwala znacznie zwiększyć efektywność obróbki śrutowaniem zapewniając wydatny wzrost trwałości eksploatacyjnej przekładni zębatych z kołami o łukowej linii zębów.

Urządzenie do umacniania powierzchni roboczej zębów w kołach o łukowej linii zębów według wynalazku ilustruje rysunek, na którym Fig. 1 to przekrój pionowy przez komorę roboczą urządzenia,

Fig. 2 przedstawia szczegół usytuowania dyszy umacniającej w stosunku do obrabianego koła, natomiast Fig. 3 to przekrój w płaszczyźnie B-B przez mimośrodowy układ regulacji położenia centralnego przegubu urządzenia.

Obrabiane koło zębate **1** (w tym przypadku jest to zębniak przekładni stożkowej) mocowany jest w samocentrującym uchwycie **2** napędzanym silnikiem elektrycznym **3** mocowanym na wychylnej konsoli **4**. Konsola **4** ma możliwość ruchu wahadłowego wokół przegubu centralnego złożonego z mimośrodami **5** mocowanymi w obudowie komory roboczej **6**. Wirujące koło zębate **1** obrabiane jest strumieniem kulek z cieczą nośną wyrzucaną dyszą pistoletową **7** zawieszoną na przegubie kulowym **24**. Strumień cieczy z kulkami umacniającymi po uderzeniu w obrabianą powierzchnię zębów opada na perforowany ruszt **8**, na którym kulki oddzielane są od cieczy. Ciecz nośna rynną **9** ukształtowaną w formie lejki spływa grawitacyjnie do zbiornika **10**, gdzie następuje jej oczyszczenie oraz schłodzenie strumieniem powietrza z wentylatora **11**. Na wejściu do zbiornika cieczy nośnej zamontowany jest filtr **19** z magnezem **20** wychwytyjącym metaliczne produkty zużycia. Ciecz po oczyszczeniu i schłodzeniu jest zasysana do pompy **12**, skąd pod wysokim ciśnieniem jest wprowadzana do dystrybutora **13**. Ciecz wypływająca pod ciśnieniem z dystrybutora **13** zasila dyszę pistoletową **7** oraz wynosi kulki **25** rurą **14** do zasobnika **15**. Zwilżone cieczą kulki z zasobnika **15** są zasysane przez eżektorowo ukształtowany układ przepływowy do dyszy pistoletowej **7**, w której kulkom nadawana jest energia kinetyczna przez wysokociśnieniowy strumień cieczy nośnej. Jako ciecz nośna może być stosowana emulsja wodno-olejowa z dodatkiem inhibitorów korozji. Strumień kulek z cieczą nośną kierowany jest na powierzchnie boczne obrabianego koła **1** (Fig. 2), tak aby zwrot wektora prędkości v_1 strumienia kulek był przeciwny do zwrotu wektora prędkości obwodowej v_2 w strefie obróbki zębów. W trakcie obróbki następuje ruch nawrotny (wahadłowy) konsoli **4** łącznie z silnikiem napędowym i obrabianym kołem zębatym **1**. Ruch ten jest realizowany tak, aby uzyskać równomierność obróbki na całej długości łukowej linii zębów koła **1**. Wahadłowy ruch obrabianego koła **1** odbywa się wokół osi przegubu centralnego, którego środek odpowiada środkowi krzywizny linii zęba, czyli po promieniu R (Fig. 1). Zmiana wartości promienia R jest realizowana przez mimośród **5** (Fig. 3). Ruch wahadłowo-nawrotny konsoli **4** w przykładzie jest realizowany silnikiem krokowym sterowanym komputerowo według przyjętego programu.

W razie potrzeby możliwe jest rozszerzenie zakresu zmiany wartości promienia R poprzez wymianę konsoli **4** i zmianę położenia silnika **3** względem konsoli **4**. Po zakończeniu operacji śrutowania zębów odchylana jest elastyczna osłona gumowa **16** i następuje pełne wychylenie konsoli do pozycji **17**, ustalonej śrubą regulacyjną **18**. Pozwala to na wymontowanie obrobionego koła zębatego i zamontowanie kolejnego koła.

W przypadku obróbki kół walcowych o łukowej linii zębów należy zastosować dodatkowy trzpień ustalający koło w uchwycie **2**. Dysza pistoletowa **7** jest zawieszona na przegubie kulistym **24** oraz ma możliwość przemieszczania się wzdłużnego dzięki elastycznej osłonie **23**. Zawory **21** i **22** pozwalają na ustalenie optymalnych parametrów obu strumieni cieczy nośnej. Wektory prędkości umacniających kulek **25** w strumieniu cieczy nośnej v_1 i prędkości obwodowej obrabianych powierzchni zębów v_2 w strefie obróbki są przeciwstawne. Dzięki przeciwstawnemu zwrotowi wektorów prędkości strumienia umacniającego w stosunku do prędkości obwodowej zębów obrabianego koła **1** uzyskuje się znaczne zwiększenie energii kinetycznej zderzeń kulek z obrabianą powierzchnią. W przybliżeniu energia kinetyczna w opisanym przypadku jest proporcjonalna do kwadratu sumy wspomnianych prędkości. Uzyskuje się dzięki temu duży wzrost efektywności śrutowania, większą głębokość zgniotu powierzchniowego i większy stopień przyrostu twardości powierzchniowej obrabianych zębów. Łącznie przyczynia się do wzrostu wytrzymałości zmęczeniowej i zwiększenia odporności na zużycie ścierne zębów oraz do zwiększenia wytrzymałości stykowej zębów (odporności na pitting). Następuje to w wyniku formowania się w warstwie wierzchniej większej wartości naprężeń własnych ściskających dzięki wykorzystaniu urządzenia według wynalazku.

Do śrutowania umacniającego powierzchnie robocze zębów kół zębatych mogą być użyte utwardzone kulki stalowe (np. łożyskowe) lub kulki w węglików spiekanych, które dodatkowo mając większą gęstość zwiększają energię kinetyczną strumienia umacniającego.

Dzięki zastosowaniu cieczy nośnej uzyskuje się bardzo efektywne chłodzenie strefy obróbki, co zabezpiecza przed niepożądanymi zjawiskami wzrostu temperatury prowadzącym do rekryształizacji odkształconych plastycznie struktur materiału kół i relaksacji naprężeń własnych formowanych w toku obróbki śrutowaniem. Dodatkowy efekt smarujący cieczy zmniejsza zużycie ścierne elementów układu, zwłaszcza kulek, a zwilżanie pyłu powstającego podczas obróbki zabezpiecza przed jego wybuchem oraz ułatwia usuwanie produktów zużycia ze strefy roboczej urządzenia.

Przy stosowaniu urządzenia według wynalazku istnieje możliwość szerokiego zakresu regulacji parametrów obróbki takich jak: prędkość wirowania obrabianych kół, ciśnienie cieczy nośnej, materiał i wielkość kulek umacniających, odległość wylotu dyszy pistoletowej od obrabianych powierzchni, czas obróbki, liczba przejść obróbczych. Dobór najkorzystniejszych parametrów obróbki zależy od materiału i wielkości kół, rodzaju obróbek poprzedzających, od przeznaczenia przekładni zębatej i planowanych efektów końcowych.

Urządzenie według wynalazku może być stosowane na końcowym etapie wytwarzania kół zębatych oraz w trakcie zabiegów regeneracyjnych w toku remontu przekładni zębatych. Urządzenie może być łatwo przystosowane do obróbki zgniotem powierzchniowym przez śrutowanie uzębień kół zębatych o innej linii wzdłużnej zębów.

Zastosowanie urządzenia według wynalazku pozwala na osiągnięcie dużych efektów technicznych i ekonomicznych w technice napędowej maszyn i pojazdów przy niewielkim zużyciu energii.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do umacniania zgniotem powierzchniowym powierzchni roboczych zębów kół zębatych o łukowej linii zęba **znamiennie tym**, że posiada wychylną konsolę (4), na której zamontowany jest silnik napędowy (3) napędzający uchwyt (2) z kołem zębatym (1), na które skierowana jest dysza pistoletowa (7) zasilana cieczą wprowadzaną do dystrybutora (13) przez pompę (12) oraz kulkami (25) zasysanymi eżektorowo z zasobnika (15).
2. Urządzenie do umacniania według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że dysza pistoletowa (7) zawieszona jest na przegubie kulowym (24) i jest przesuwana wzdłużnie.
3. Urządzenie do umacniania według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że wyposażone jest w ruszt (8) oddzielający ciecz od kulek (25).

Rysunki

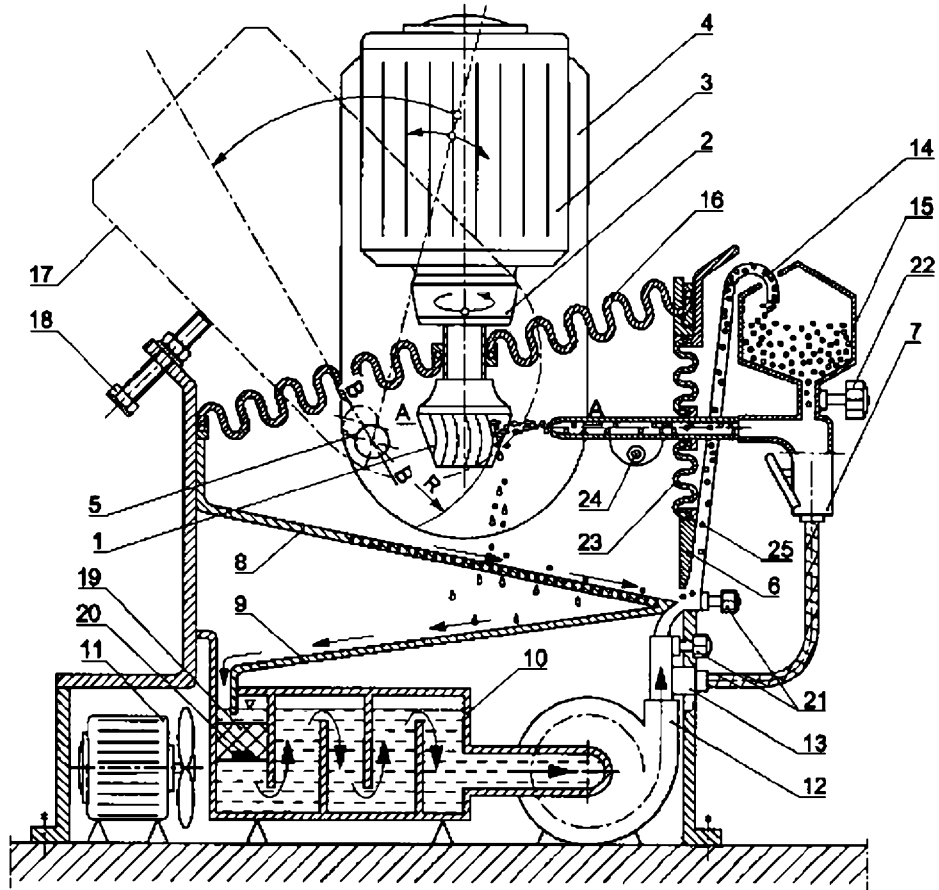


Fig. 1

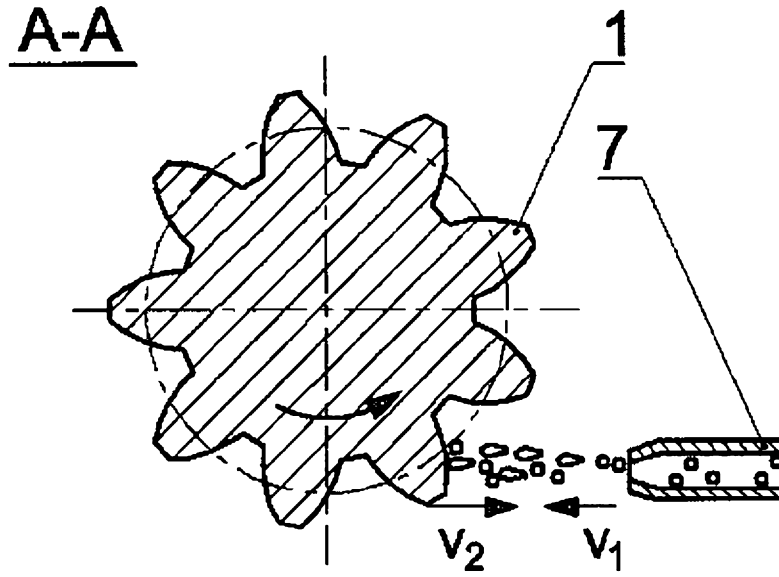


Fig. 2

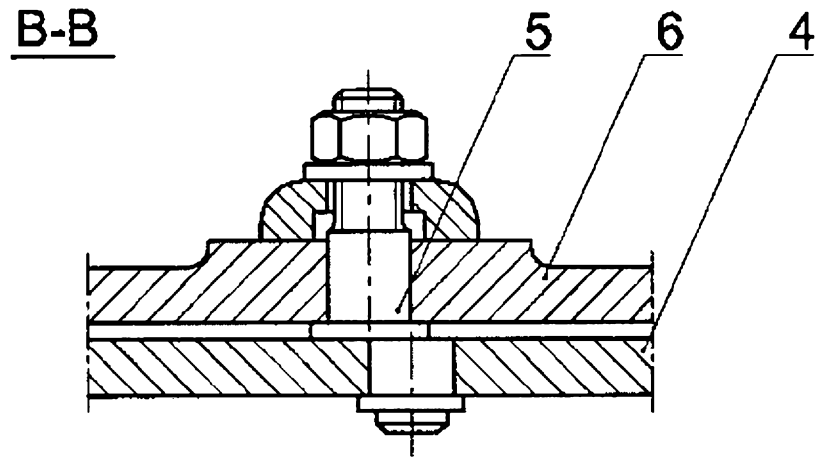


Fig. 3