

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **237645**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **429558**

(51) Int.Cl.
B24B 39/04 (2006.01)
B23P 9/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **08.04.2019**

(54) **Narzędzie do obróbki powierzchni roboczych kół zębatych zgniotem powierzchniowym**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
19.10.2020 BUP 22/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
04.05.2021 WUP 09/21

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

(72) Twórca(y) wynalazku:
JAROSŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL
MARIUSZ KUCZAJ, Gliwice, PL
KRZYSZTOF FILIPOWICZ, Wojkowice, PL
STANISŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Justyna Duda

PL 237645 B1

Opis wynalazku

Narzędzie do obróbki powierzchni roboczych kół zębatych zgmiotem powierzchniowym przeznaczone jest do wykonywania umacniającej obróbki warstwy wierzchniej kół zębatych o zębach prostych, wykonanych zwłaszcza z materiałów, dla których nie można wykonać umacniającej obróbki cieplnej lub cieplno-chemicznej. Dotyczy to kół zębatych, zwłaszcza większych rozmiarów, wytwarzanych z żeliwa szarego, żeliwa sferoidalnego, żeliwa ADI, stopów miedzi, stopów aluminium lub kół ze stali w sytuacjach, gdy obróbka cieplna, np. przez hartowanie wskrośne lub powierzchniowe wiązałyby się z nadmiernymi deformacjami hartowniczymi pogarszającymi własności użytkowe kół ze stali lub staliwa.

Celem zabiegu wykonywanego z użyciem narzędzia według wynalazku jest uzyskanie wydajnej poprawy wytrzymałości zmęczeniowej zębów na złamanie oraz polepszenie odporności na zużycie ściernie i zmęczeniowe wykruszanie warstwy wierzchniej powierzchni roboczych (pitting). Cel ten osiąga się w wyniku uzyskania zgmiotu powierzchniowego warstwy wierzchniej zębów kół na większą głębokość i uformowanie korzystnych naprężeń własnych o większej wartości zalegających na większej głębokości, niż to ma miejsce przy znanych sposobach umacniania kół zębatych.

Znane sposoby i urządzenia służące do obróbki zgmiotem powierzchniowym opisane zostały w pracy Szulc S., Stefko A.: „Obróbka powierzchniowa części maszyn”, WNT, Warszawa 1976, a zwłaszcza w obszernej monografii: Przybylski W.: „Obróbka nagniataniem”, WNT, Warszawa 1979 i „Technologia obróbki nagniataniem”, WNT, Warszawa 1987. W przypadku kół zębatych z uwagi na złożoną geometrię powierzchni roboczych zębów i utrudniony dostęp do najbardziej zagrożonej pękaniem zmęczeniowym strefy stopy zębów oraz promienia przejściowego, zastosowanie znajduje śrutowanie. Polega ono na działaniu strumienia śrutu, najczęściej w postaci kulek stalowych na obrobioną powierzchnię elementu maszynowego. Uzyskanie wymaganej skuteczności śrutowania zmusza do stosowania dużych energii uderzeń kulek, a więc dużych prędkości ich wyrzucania. Wyrzucanie śrutu w strumieniu sprężonego powietrza napotyka jednak na fizyczne ograniczenia dotyczące maksymalnej prędkości strumienia. Wyrzutniki mechaniczne natomiast umożliwiają uzyskiwanie większych prędkości, ale wiąże się to z gwałtownie rosnącym zużyciem ściernym wirników wyrzutników mechanicznych i samego śrutu. Stwarza to dodatkowo niebezpieczeństwo powstawania metalicznego pyłu grożąc jego wybuchem. Ponadto wszystkie sposoby nagniatania oparte na śrutowaniu nie umożliwiają dostatecznego stopnia umocnienia stopy zęba, a zwłaszcza strefy promieni przejściowych w podstawy zębów, gdzie występuje największy stopień wyężenia materiału od zginania zębów pod działaniem sił międzyzębnych. Stąd też skuteczność śrutowania jest niewystarczająca, zwłaszcza dla kół o większych rozmiarach.

Znane z polskich opisów patentowych nr 139508 oraz 150864 sposoby obróbki elementów maszyn są nieprzydatne z opisanych wcześniej przyczyn, gdyż oparte są na działaniu stalowymi kulkami wyrzucanymi strumieniem sprężonego powietrza. Wynika stąd konieczność poszukiwania sposobów obróbki nagniatającej, które zapewniają uzyskiwanie większego stopnia zgmiotu zalegającego na większą głębokość.

Narzędzie służące do obróbki nagniataniem według wynalazku umożliwia osiągnięcie wspomnianego celu, zwłaszcza w przypadku obróbki kół zębatych o większych modułach zębów i większych rozmiarach.

Istotą wynalazku jest narzędzie do obróbki powierzchni roboczych kół zębatych zgmiotem powierzchniowym charakteryzujące się tym, że ma postać koła zębatego z zębami wyposażonymi w rolki nagniatające osadzone w prowadnicach, podtrzymywane sprężynami poprzez belki. Narzędzie posiada rolki nagniatające z garbami obwodowymi.

Narzędzie posiada rolki nagniatające z garbami uformowanymi po linii śrubowej.

Narzędzie obróbcze według wynalazku cechuje się dużą efektywnością, zapewnia równomierność stopnia umocnienia dla wszystkich zębów obrabianych kół i pozwala na znaczną minimalizację odkształceń zębów w toku obróbki, co w połączeniu z polepszeniem gładkości powierzchni obrabianych zębów, służy znacznej poprawie własności użytkowych kół zębatych. Narzędzie według wynalazku wykazuje szczególnie dużą przydatność w przypadku obróbki kół o większych rozmiarach i wykonanych z materiałów, które nie mogą być umacniane inaczej, np. poprzez obróbkę cieplną lub cieplno-chemiczną.

Narzędzie według wynalazku stosowane może być w produkcji nowych kół zębatych oraz w zabiegach regeneracji kół wykonywanych w celu przywrócenia im własności użytkowych utraconych w toku eksploatacji.

Dzięki zastosowaniu narzędzia obróbczego według wynalazku uzyskuje się duży wzrost trwałości i niezawodności układów mechanicznych z kołami zębatymi przy niewielkim zużyciu energii w trakcie obróbki i przy dużej wydajności obróbki umacniającej.

Przykład wykonania narzędzia według wynalazku ilustruje rysunek, na którym fig. 1 to przekrój A-A w płaszczyźnie narzędzia przez jeden z zębów narzędzia, fig. 2 to półwidok oraz półprzekrój w płaszczyźnie B-B przez ząb narzędzia, fig. 3 to przekrój poprzeczny przez ząb narzędzia w płaszczyźnie C-C. Fig. 4 ilustruje alternatywne, przykładowe ukształtowanie rolek nagniatających zwiększające efektywność działania narzędzia.

Na powierzchniach roboczych zębów 1 koła – narzędzia rozmieszczony jest szereg rolek nagniatających 2 w taki sposób, że zewnętrzna obwódka rolek nagniatających 2 tworzy profil ewolwenty odpowiadający zarysowi obrabianego koła zębatego. Rolki nagniatające 2 osadzone są w prowadnicach 3 umożliwiających swobodne toczenie się rolek nagniatających 2 po powierzchni zębów 1. Prowadnice 3 rolek 2 są mocowane do koła – narzędzia w przykładzie połączeniem śrubowym 4. Rolki nagniatające 2 podtrzymywane są w pozycji wyjściowej sprężynami 6 poprzez przesuwne belki 5. Sprężyny 6 i belki 5 umieszczone są w wycięciach wykonanych u podstawy zębów koła – narzędzia.

Wykorzystanie narzędzia według wynalazku przebiega w następujący sposób. Obrabiane koło zębate zazębia się pod obciążeniem z kołem – narzędziem i wówczas wraz z obrotami układu kół następuje przetaczanie się rolek nagniatających 2 po powierzchniach czynnych obrabianego koła, wywołując efekt zgniotu powierzchniowego wskutek dużych chwilowych nacisków powierzchniowych rolek 2 wywołujących odkształcenia plastyczne warstwy wierzchniej obrabianych zębów. W danej chwili pełne obciążenie przenoszone jest przez pojedynczą rolkę 2, zaś kolejne rolki nagniatające 2 wchodzi do współpracy sukcesywnie w wyniku charakterystycznego dla współpracy zębów kół zębatych zjawiska zmiennych poślizgów, jakie występuje przy pracy kół. Przetaczające się rolki 2 przemieszczają się po profilu zębów 1 koła – narzędzia, chowając się następnie w wycięciach 7 wykonanych u podstawy zębów 1 naciskając na sprężyny 6 poprzez belki 5. Po wyjściu z kontaktu współpracującej pary zębów rolki nagniatające 2 wracają do pozycji wyjściowej wskutek działania napiętych sprężyn 6 i siły odśrodkowej działającej na rolki nagniatające 2 podczas wirowania kół. Do chwili ponownego wejścia w zazębienie danego zęba narzędzia następuje proces chłodzenia rolek nagniatających 2 w wyniku wymiany ciepła z otoczenia przez konwekcję i promieniowanie.

W opisany sposób obrabiana jest jedna strona kolejno wszystkich zębów koła. Po zmianie kierunku obrotów i obciążenia obrabiana jest druga strona boków zębów. Obróbka zgniotem powierzchniowym ma miejsce na całej wysokości zęba oraz w strefie promienia przejściowego u podstawy zębów obrabianego koła. Gdy szerokość obrabianego koła jest większa od długości czynnej rolek nagniatających, należy dodatkowo zapewnić posuw wzdłużny.

W czasie obróbki nagniataniem korzystnym jest stosowanie natrysku cieczy chłodząco-smarującej w strefie obróbki. Pozwala to na ograniczenie niekorzystnego wzrostu temperatury obrabianej warstwy wierzchniej prowadzącego do zjawisk relaksacji naprężeń własnych i rekryształizacji struktury materiału poddanego zgniotowi. Wzrost temperatury układu wynika z zamiany pracy odkształcenia plastycznego i pracy tarcia na ciepło. Użycie cieczy smarującej pozwala dodatkowo na polepszenie gładkości obrabianej powierzchni, co korzystnie wpływa na własności użytkowe obrabianych kół zębatych. Główną korzyścią uzyskiwaną w wyniku obróbki narzędziem według wynalazku jest osiągnięcie większych głębokości zgniotu i większych wartości naprężeń własnych ściskających, stanowiących podstawowy ceł obróbki zgniotem powierzchniowym. Uzyskuje się dzięki temu większą efektywność obróbki. Szczególne znaczenie na efekt obróbki kół zębatych w strefie podstawy zębów i promienia przejściowego, co wydatnie wpływa na wzrost trwałości zmęczeniowej zębów kół zębatych.

Zastosowanie rolek nagniatających 2 z uformowanymi na powierzchni roboczej garbami jak przykładowo pokazano na rysunku (fig. 4), umożliwia zwiększenie lokalnych nacisków stykowych, co zwiększa skuteczność zabiegu lub pozwala realizować zabieg nagniatania przy mniejszym obciążeniu siłami międzyzębnymi. Uformowanie rolek nagniatających jak 2b na rysunku fig. 4 z garbami usytuowanymi po linii śrubowej służy uzyskaniu równomiernego zgniotu na pełnej długości czynnej rolek, zaś przy zastosowaniu dwukierunkowej linii śrubowej po długości rolki, eliminowane jest występowanie siły wzdłużnej obciążającej rolki.

Zastrzeżenia patentowe

1. Narzędzie do obróbki powierzchni roboczych kół zębatach zgniotem powierzchniowym, **znamiennie tym**, że ma postać koła zębata z zębami (1) wyposażonymi w rolki nagniatające (2) osadzone w prowadnicach (3), podtrzymywane sprężynami (6) poprzez belki (5).
2. Narzędzie do obróbki nagniataniem powierzchni roboczych kół zębatach według zastrzeżenia 1, **znamiennie tym**, że posiada rolki nagniatające (2) z garbami obwodowymi.
3. Narzędzie do obróbki nagniataniem powierzchni roboczych kół zębatach według zastrzeżenia 1, **znamiennie tym**, że posiada rolki nagniatające (2) z garbami (2b) uformowanymi po linii śrubowej.

Rysunki

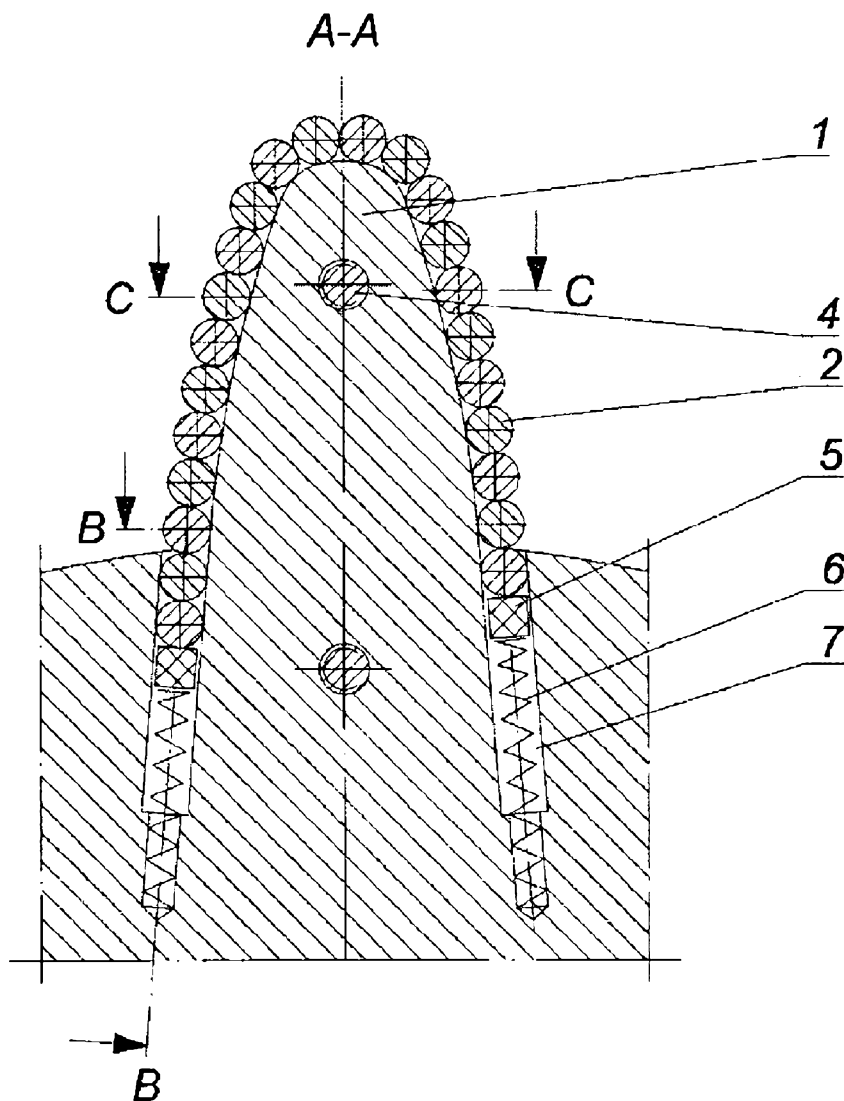


Fig. 1

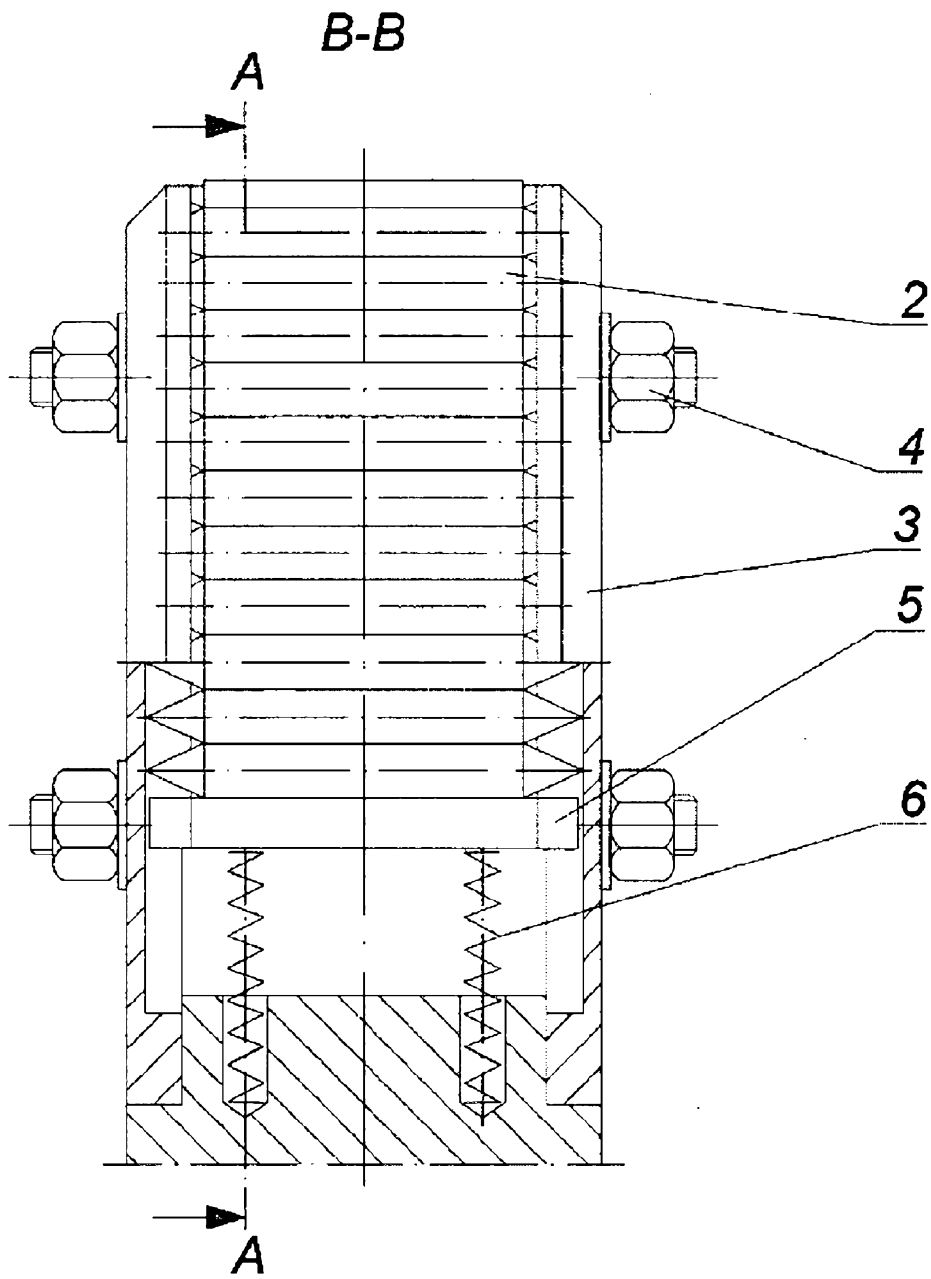


Fig. 2

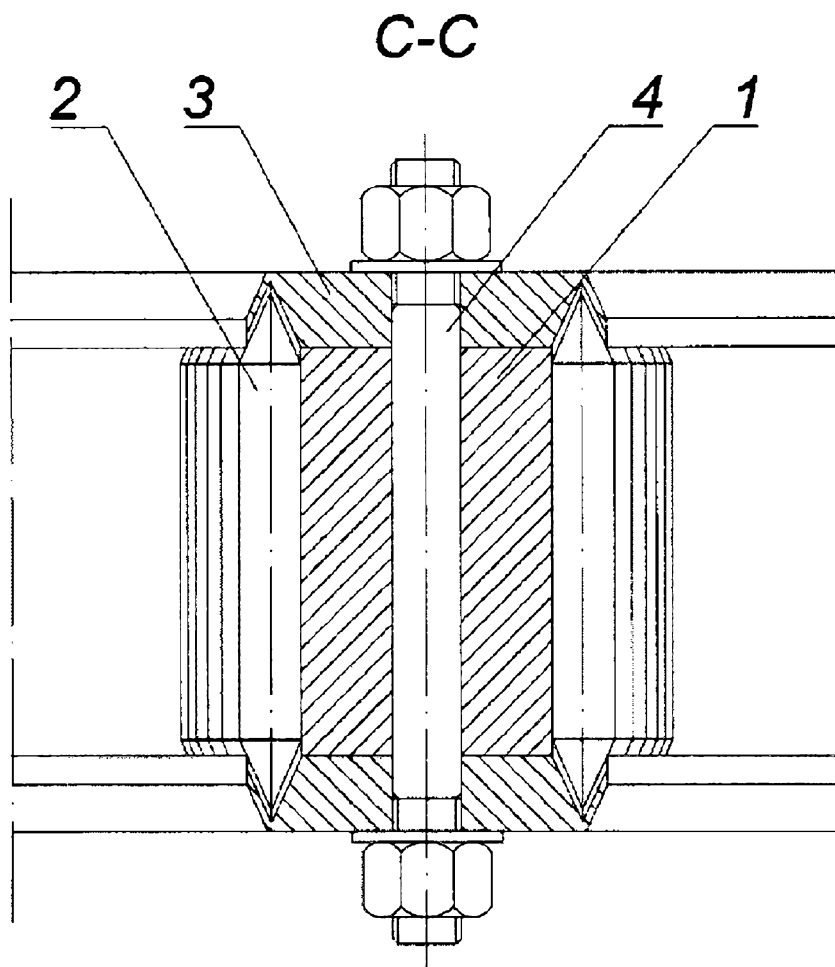


Fig. 3

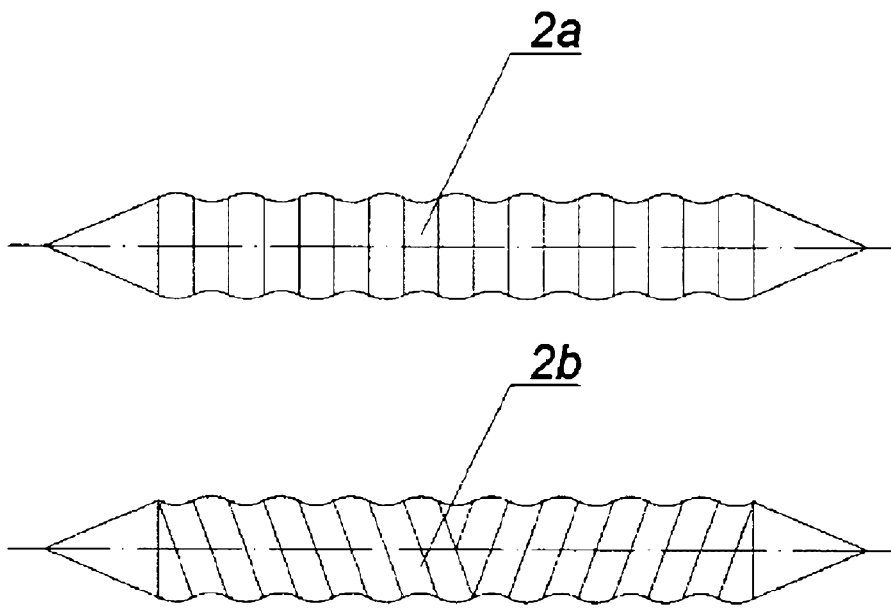


Fig. 4