RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234643**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424694**

(51) Int.Cl.
B24B 39/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **27.02.2018**

(54) **Sposób wykonywania wielkogabarytowych otworów stożkowych w nieobrotowych częściach maszyn**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
09.09.2019 BUP 19/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.03.2020 WUP 03/20

(73) Uprawniony z patentu:
ZAKŁAD MECHANICZNY ELTECH SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Elbląg, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
KRZYSZTOF ZAWADZKI, Elbląg, PL
MAREK IWANIEC, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Adam Pawłowski

PL 234643 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wykonywania wielkogabarytowych otworów stożkowych w nieobrotowych częściach maszyn, celem uzyskania dużej dokładności wykonania i zwiększonej wytrzymałości zmęczeniowej i twardości powierzchniowej.

W maszynach przemysłu okrętowego, odlewniczego, energetycznego czy maszynowego istnieje często potrzeba wykonania wielkogabarytowych otworów stożkowych w celu zapewnienia stożkowych, rozłącznych połączeń ciernych. Przykładowo, mogą to być otwory stożkowe dla płetw sterów statków, śrub napędowych statków, czy też elementy połączeń stożkowych przekładni.

W znanych dotychczas technologiach otwory takie wykonywało się w wieloetapowych procesach obróbki ubytkowej. Otwór był początkowo obrabiany na centrum obróbczym w operacjach frezowania lub wytaczania, a następnie dogładzany według potrzeb do uzyskania końcowej pożądanej gładkości.

Z opisu europejskiego zgłoszenia patentowego EP1518632 znany jest sposób wytwarzania wału obrotowego, w którym trzy elementy wału są ze sobą łączone metodą zgrzewania tarciowego. Następnie wał podlega obróbce mechanicznej na tokarce, podczas której formowane są łopatka śrubowa, klin i inne elementy. Dodatkowo, wał podlega obróbce wykończającej poprzez nagniatanie w miejscu obwodowej krawędzi spawów. Nagniatanie może być wykonane wielokrotnie w określonych odstępach czasu. W procesie tym nie uwzględnia się regulacji parametrów roboczych narzędzia obróbczego na bieżąco względem pomiaru wad kształtu lub chropowatości powierzchni.

Z opisu europejskiego zgłoszenia patentowego EP1505306 znany jest sposób wytwarzania pierścieni łożyska, w którym bieżnia w pierścieniu jest formowana na tokarce i następnie utwardzana przez ogrzewanie. W kolejnym etapie powierzchnia bieżni jest szlifowana aż do uzyskania określonej wstępnej chropowatości. W końcowym etapie powierzchnia bieżni podlega obróbce wykończającej poprzez nagniatanie pod określonym ciśnieniem za pomocą ceramicznej kulki. W procesie tym nie uwzględnia się regulacji parametrów roboczych narzędzia obróbczego na bieżąco względem pomiaru wad kształtu lub chropowatości powierzchni.

Z opisu chińskiego zgłoszenia patentowego CN101357445 znane jest automatyczne urządzenie do polerowania oraz dogniatania, w którym przemieszczanie obrabianego elementu następuje automatycznie. W urządzeniu tym nie uwzględnia się regulacji parametrów roboczych narzędzia obróbczego na bieżąco względem pomiaru wad kształtu lub chropowatości powierzchni.

Celowym byłoby usprawnienie stosowanych dotychczas procesów w celu uzyskania dokładniejszych parametrów obróbki powierzchniowej, w szczególności mniejszej chropowatości powierzchni, jak również podwyższonej wytrzymałości zmęczeniowej i na naciski powierzchniowe.

Przedmiotem wynalazku jest sposób wykonywania wielkogabarytowych otworów stożkowych w nieobrotowych częściach maszyn, w którym otwór wykonuje się przez kolejne operacje obróbki zgrubnej, obróbki kształtującej i obróbki wykończeniowej obejmującej operacje wytaczania i dogniatania, charakteryzujący się tym, że: w trakcie wykonywania operacji wytaczania i dogniatania podczas obróbki wykończeniowej prowadzi się pomiar wad kształtu i/lub chropowatości powierzchni i na podstawie sygnału reprezentującego mierzoną wadę kształtu lub chropowatość powierzchni na bieżąco reguluje się parametry robocze narzędzia obróbczego; przy czym pomiar wad kształtu i/lub chropowatości powierzchni prowadzi się w ten sposób, że w głowicy pomiarowej za pomocą źródła światła generuje się wiązkę światła, którą kieruje się za pomocą obrotowego zwierciadła pod kątem ostrym α do normalnej do powierzchni obrabianego otworu i odbiera się wiązkę odbitą od powierzchni obrabianego otworu za pomocą liniowego detektora położenia wiązki światła i na podstawie zmian położenia wiązki odbitej na detektorze generuje się sygnał reprezentujący mierzoną wadę kształtu lub chropowatość powierzchni.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia schematycznie kolejne etapy wykonywania otworu;

Fig. 2 przedstawia schematycznie elementy głowicy pomiarowej w kolejnych położeniach podczas obróbki otworu;

Fig. 3 przedstawia schematycznie zmiany odchylenia wiązki odbitej światła przy wystąpieniu błędów kształtu lub chropowatości w obrabianym otworze.

Sposób wykonywania otworów według wynalazku prowadzi się za pomocą centrum obróbczego, na którym prowadzi się kolejne operacje obróbcze za pomocą różnego rodzaju narzędzi.

Kolejne etapy wykonywania otworu to:
- obróbka zgrubna w etapie 11, w wyniku której pozostawia się duże naddatki w obrębie otworu, przykładowo 4 mm, która to obróbka może być przeprowadzana w zakresie pomiaru błędów kształtu pod kontrolą głowicy pomiarowej opisanej poniżej;
- obróbka kształtująca w etapie 21, w wyniku której w otworze pozostawia się mniejsze naddatki, przykładowo 1,5 mm, która może być przeprowadzana w zakresie pomiaru błędów kształtu pod kontrolą głowicy pomiarowej opisanej poniżej;
- obróbka wykończeniowa, realizowana w trzech etapach wytaczania oraz jednym etapie dogniatania, pod kontrolą głowicy pomiarowej opisanej poniżej:
  - w etapie 31, pierwsze wytaczanie powierzchni otworu ze skorygowanymi parametrami obróbki (korekta wynika z analizy obróbki kształtującej), po którym wykonuje się pierwsze pomiary kształtu stożka;
  - w etapie 32, drugie wytaczanie powierzchni nośnej ze skorygowanymi lub z zoptymalizowanymi parametrami obróbki (z etapu pierwszego wytaczania), po którym wykonuje się drugie pomiary kształtu stożka;
  - w etapie 33, trzecie wytaczanie powierzchni nośnej ze skorygowanymi lub z zoptymalizowanymi parametrami obróbki (z etapu drugiego wytaczania), po którym wykonuje się trzecie pomiary kształtu stożka;
  - w etapie 34, dogniatanie nośnych powierzchni stożkowych za pomocą narzędzia składającego się z oprawki z kompensacją położenia, oraz końcówki roboczej wykonanej z kompozytu diamentowego.

Ogólnie, etap obróbki wykończeniowej powinien obejmować co najmniej dwa etapy toczenia i etap dogniatania.

Parametry dogniatania są zależne od gatunku materiału i wielkości geometrycznych otworu do wykonania.

Pomiar chropowatości prowadzi się za pomocą głowicy pomiarowej montowanej na przesuwnym suporcie, który może, ale nie musi zapewniać jej przesuw.

Przesuw głowicy lub tylko źródła światła z kolimatorem (1) może być realizowany także za pomocą własnego napędu głowicy.

W przykładzie wykonania pokazanym na Fig. 2, głowica pomiarowa przesuwa się, podążając za narzędziem obróbczym (nie pokazanym na rysunku), w kolejne położenia, z których przykładowo pokazano położenia P1, P2 – dokonując pomiarów.

Głowica pomiarowa zawiera źródło światła z kolimatorem 1, które kieruje światło na obrotowe zwierciadło 2. Źródłem światła może być laser lub dioda laserowa, a zadaniem kolimatora jest ukształtowanie zbieżności wiązki wyjściowej światła. Obrotowe zwierciadło 2 kieruje wiązkę światła pod kątem ostrym α do normalnej do powierzchni obrabianego otworu. Obrotowe zwierciadło jest sterowane zautomatyzowanym sterownikiem tak, aby zachować stały kąt α lub aby kąt α był w ustalonych granicach tolerancji. Odbita od powierzchni otworu wiązka światła trafia na światłoczułą powierzchnię liniowego detektora położenia 3 wiązki światła. Zmiany położenia powierzchni odbitej, wynikające z jej wad kształtu, powodują zmianę miejsca padania wiązki odbitej na powierzchnię liniowego detektora położenia 3 wiązki światła. Na wyjściu detektora 3 otrzymuje się sygnał elektryczny S proporcjonalny do położenia wiązki na detektorze światła odbitego. Zmiany sygnału elektrycznego odwzorowują więc położenie powierzchni badanego otworu. Na podstawie tego sygnału można określić chropowatość, falistość powierzchni czy bicie promieniowe.

W alternatywnym przykładzie wykonania, również detektor 3 może być obrotowy. Przykładowo, kąt obrotu detektora może być automatycznie nastawiany w trakcie pracy głowicy tak, aby średnie położenie wiązki odbitej znajdowało się na środku detektora.

Zamiast ruchu głowicy możliwa jest zmiana kąta odchylenia zwierciadła w celu stopniowej zmiany miejsca padania wiązki światła na powierzchnię badanego przedmiotu.

Podczas obróbki skrawaniem otworu na ogół znana jest krzywizna wykonywanego otworu, a wiec można obliczać analitycznie położenie głowicy (źródła światła 1) oraz ustawienie ruchomego zwierciadła 2 i ewentualnie ustawienie kąta odchylenia liniowego detektora 3 (wiązki odbitej) tak, aby maksymalizować czułość układu pomiarowego.

Możliwa jest regulacja (przez odpowiedni algorytm optymalizacji) nastaw urządzenia (kąta odchylenia zwierciadła 2, kąta odchylenia światłoczułego detektora 3, położenia głowicy – bez znajomo-

ści kształtu przedmiotu badanego, poprzez obliczenia analityczne i znajomość składowej stałej (wolnozmiennej) sygnału S z detektora 3.

Na podstawie zmian położenia wiązki odbitej na detektorze 3 generuje się sygnał S reprezentujący mierzoną chropowatość lub wady kształtu np. bicie promieniowe, falistość.

Na Fig. 3 przedstawiono schematycznie i przykładowo, jak zmieniłoby się położenie wiązki światła odbitego na detektorze 3, gdyby w powierzchni otworu (oznaczonej linią ciągłą) pojawiła się chropowatość (oznaczona linią przerywaną) – wówczas położenie wiązki odbitej przy chropowatości przesunęłoby się, jak oznaczono linią przerywaną.

Sygnał S przesyła się do układu przetwarzania. Na podstawie wartości sygnału S, reprezentującego odchylenie powierzchni od kształtu referencyjnego, na bieżąco można regulować parametry robocze narzędzia obróbczego w danym etapie obróbki, przykładowo takie jak prędkość posuwu, prędkość obrotowa czy siła docisku narzędzia dogniatającego.

Wyniki pomiarów mogą być wprowadzone do pamięci centrum obróbczego, w celu obliczenia optymalnych parametrów dotyczących obróbki cylindrycznych powierzchni nośnych dla danego typu otworu, gatunku materiału, wielkości charakterystycznych (geometrycznych).

Sposób wykonywania otworów według wynalazku umożliwia wytwarzania wielkogabarytowych otworów stożkowych o wysokiej precyzji wykonania – pozwala na uzyskanie dużej gładkości powierzchni Ra od 0.08 μm oraz dokładności wymiarowo-kształtowej na poziomie klasy IT7-IT8.

Sposób według wynalazku można stosować nie tylko do produkcji nowych elementów maszyn, ale również do regeneracji połączeń stożkowych w istniejących maszynach i nadanie im mikronowej dokładności.

Otwory wykonane sposobem według wynalazku charakteryzują się dużą odpornością na działanie czynników eksploatacyjnych, takich jak ścieranie, zmęczenie postaciowe i powierzchniowe, czy korozja powierzchniowa.

Ciągły pomiar chropowatości oraz drgań powstających w procesie technologicznym przyczynia się do zwiększenia dokładności procesu obróbki. Układ pomiarowy wykorzystuje pomiar przyspieszenia drgań mierzonych bezpośrednio na narzędziu skrawającym, które jako parametr resztkowy procesu skrawania dobrze oddaje jakość i bezpieczeństwo całego procesu skrawania. Wszelkie niekorzystne parametry procesu skrawania, takie jak przykładowo zbyt duży posuw, głębokość skrawania, niekorzystne ustawienie ostrza i jego dobór, rezonanse samowzbudne w układzie przedmiot obrabiany – obrabiarka skutkują zwiększeniem drgań. Jest to więc wielkość, która dobrze naddaje się do monitorowania procesu skrawania zabezpieczając przed zniszczeniem przedmiotu obrabianego i narzędzia, zmniejszeniem jakości powierzchni obrabianej oraz przeciążaniem bardzo drogiej obrabiarki.

Dzięki temu, że zastosowano układ ciągłego, bezpośredniego pomiaru drgań powstających podczas procesu wytaczania, obniżona została energochłonność procesu. Przedstawione rozwiązanie umożliwia dobór optymalnych parametrów obróbki, które w dotychczasowych rozwiązaniach były często ograniczane, w celu profilaktycznej ochrony przed niekorzystnym zjawiskiem występowania drgań wywołanych siłami skrawania oraz dużą prędkością obrotową przedmiotu obrabianego.

Poprzez zastosowanie układu monitoringu drgań narzędzia skrawającego zostanie ograniczona praca w stanie rezonansu oraz przeciążenia narzędzia, przez co wzrośnie jego trwałość.

Zastąpienie ubytkowej obróbki wykańczającej powierzchni obrabianych przedmiotów metodą dogniatania prowadzonego „na zimno", bez dodatkowego podgrzewania przedmiotu i narzędzia, pozwala na zachowanie kształtu obrabianego przedmiotu. Zmiana miejscowego odkształcenia plastycznego wywołana jest przez układ sił powodujących naciski powierzchniowe przekraczające wartość naprężenia uplastyczniającego materiału obrabianego. Uplastycznienie to powoduje zgniot w warstwie wierzchniej, co wpływa na zmniejszenie chropowatości powierzchni, wpływa również na korzystną zmianę własności fizycznych materiału w warstwie wewnętrznej otworu, zwiększając mikrotwardości powierzchni, powodując również zwiększenie odporności na działanie czynników eksploatacyjnych, takich jak zmęczenie, zużycie ścierne, korozja. Kolejnym pożądanym efektem zwiększającym jakość powierzchni otworów wygniatanych jest brak twardych, korundowych wtrąceń w powierzchnię materiału przetwarzanego w wyniku szlifowania stosowanego w dotychczasowych technologiach, pogarszających jej parametr chropowatości oraz przyczyniających się do występowania mikrokarbów.

Zastosowanie procesu dogniatania jako wykańczającej obróbki redukuje znacznie zużycie narzędzi ściernych.

Ponadto, zastosowanie procesu dogniatania powierzchni otworu zamiast obróbki ubytkowej przyczynia się do znacznego obniżenia energochłonności tej operacji technologicznej ze względu na krótszy czas potrzebny na wykonanie operacji dogniatania oraz mniejszą moc zainstalowaną, potrzebną do jej wykonania, zmniejszenie zużycia narzędzi w procesie wytaczania.

Sposób według wynalazku przyczynia się ponadto do zwiększenia bezpieczeństwa pracy oraz ochrony środowiska pracy. Permanentny pomiar drgań wzbudzanych podczas obróbki, pozwala na optymalny dobór jej parametrów, a to z kolei eliminuje ryzyko złamania ostrza lub też całego narzędzia skrawającego, co jako proces dynamiczny i nieprzewidywalny, może w konsekwencji zranić operatora lub doprowadzić do uszkodzenia maszyny lub przedmiotu obrabianego. Zastąpienie zaś procesu docierania procesem dogniatania wyeliminuje powstawanie mgły olejowej wdychanej przez operatora.

Ponadto, sposób według wynalazku przyczynia się do obniżenia ryzyka produkcji brakowej. Układ permanentnego pomiaru drgań eliminuje ryzyko przekroczenia dopuszczalnego bicia osiowego oraz poprzecznego, precyzji kształtu jak również tolerancji wymiarowej. Eliminacja ryzyka uszkodzenia narzędzia w wyniku niekontrolowanych drgań w procesie skrawania również redukuje ryzyko produkcji brakowej.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób wykonywania wielkogabarytowych otworów stożkowych w nieobrotowych częściach maszyn, w którym otwór wykonuje się przez kolejne operacje obróbki zgrubnej, obróbki kształtującej i obróbki wykończeniowej obejmującej operacje wytaczania i dogniatania, **znamienny tym**, że:
   - w trakcie wykonywania operacji wytaczania i dogniatania podczas obróbki wykończeniowej prowadzi się pomiar wad kształtu i/lub chropowatości powierzchni i na podstawie sygnału (S) reprezentującego mierzoną wadę kształtu lub chropowatość powierzchni na bieżąco reguluje się parametry robocze narzędzia obróbczego;
   - przy czym pomiar wad kształtu i/lub chropowatości powierzchni prowadzi się w ten sposób, że w głowicy pomiarowej za pomocą źródła światła (1) generuje się wiązkę światła, którą kieruje się za pomocą obrotowego zwierciadła (2) pod kątem ostrym α do normalnej do powierzchni obrabianego otworu i odbiera się wiązkę odbitą od powierzchni obrabianego otworu za pomocą liniowego detektora położenia (3) wiązki światła i na podstawie zmian położenia wiązki odbitej na detektorze (3) generuje się sygnał (S) reprezentujący mierzoną wadę kształtu lub chropowatość powierzchni.

Rysunki

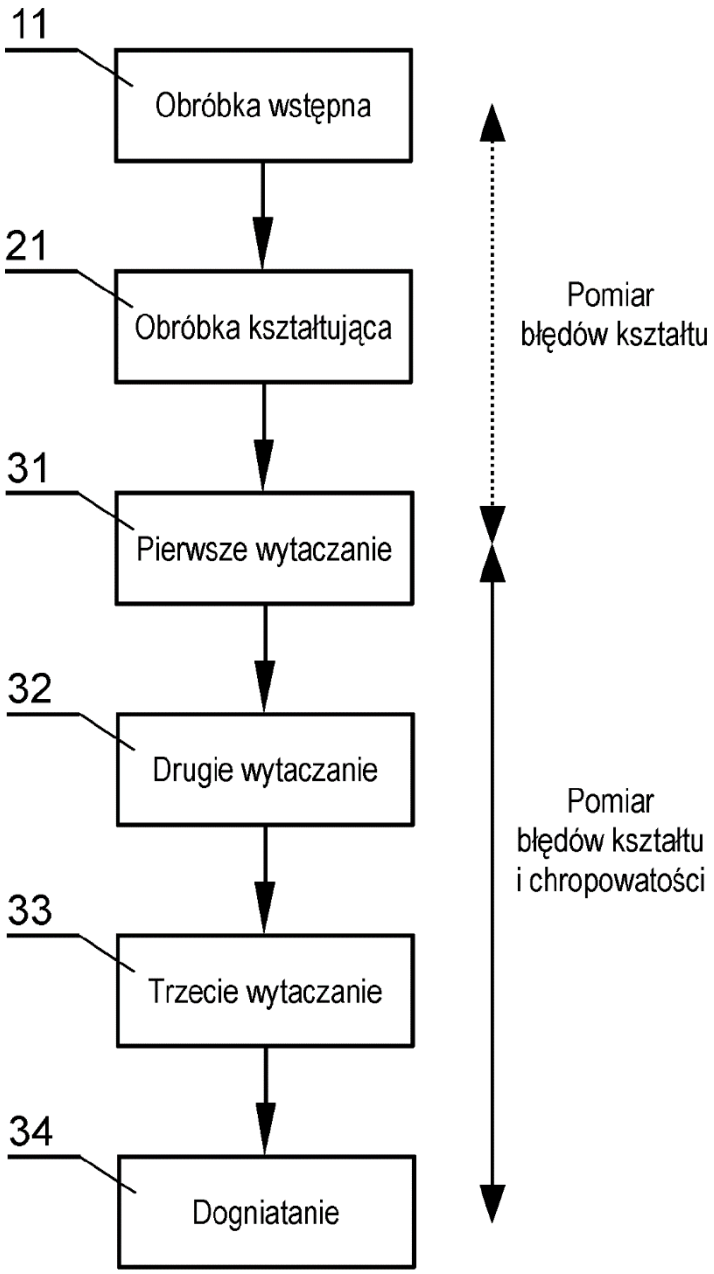

Fig. 1

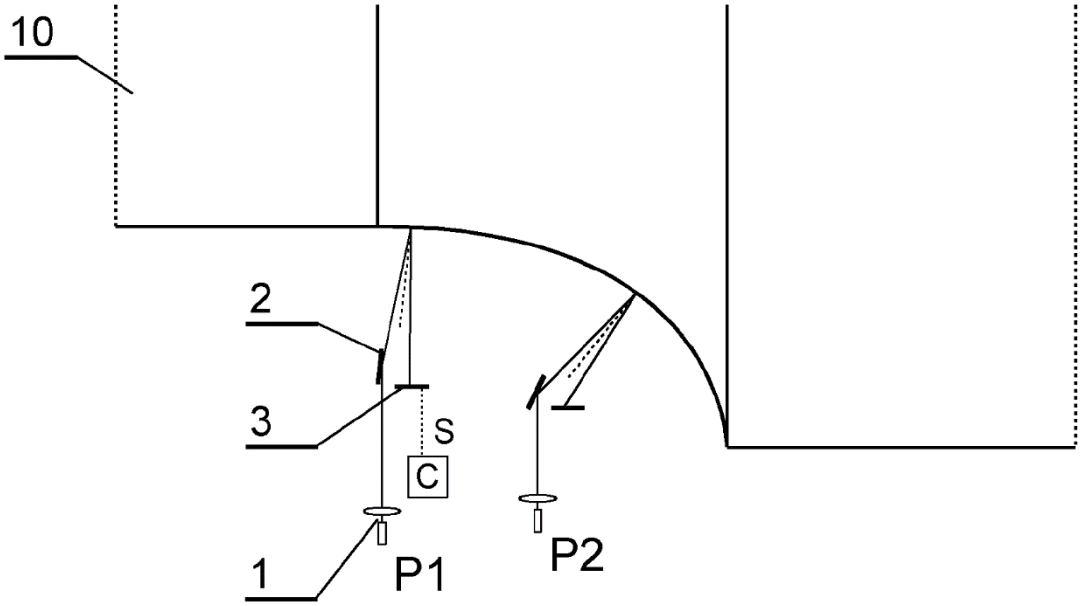

Fig. 2

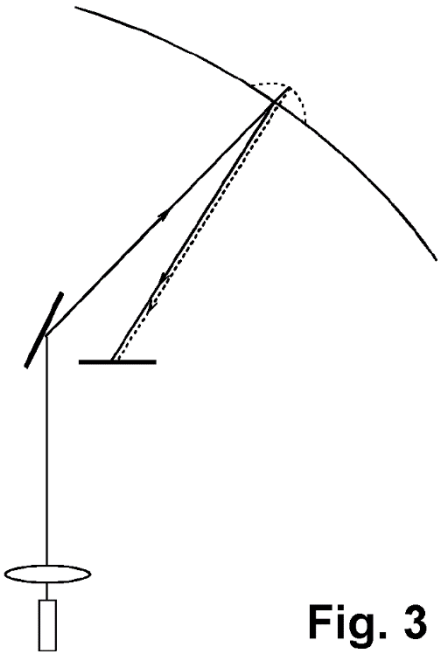

Fig. 3