



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **191806**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **337637**

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

**B23P 17/04**

**B22F 5/08**

(22) Data zgłoszenia: **31.12.1999**

(54)

**Sposób otrzymywania elementów kształtowych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**02.07.2001 BUP 14/01**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**31.07.2006 WUP 07/06**

(73) Uprawniony z patentu:

**Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**Wolf Michajłowicz Leszczyński, Ługańsk, UA**

**Ewgenij Stepanowicz**

**Sewastianow, Mińsk, BY**

**Aleksandr Anatolewicz**

**Stojanow, Ługańsk, UA**

**Jurij Jakowlewicz Kuczma, Ługańsk, UA**

**Hanna Wiśniewska-Weinert, Poznań, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Łuczak Jerzy, Biuro Usług**

**Prawno-Technicznych Dr A.Au & Co. s.c.**

(57) Sposób otrzymania elementów kształtowych poprzez spiekanie i prasowanie mieszanek proszkowych stali z dodatkami stopowymi, **znamienny tym**, że wstępnie ukształtowany półfabrykat jest poddawany wstępnemu spiekaniu w atmosferze korzystnie zdysocjowanego amoniaku w temperaturze  $(700 \pm 750)^\circ\text{C}$ , korzystnie  $720 \div 730^\circ\text{C}$  w czasie  $20 \div 40$  min, korzystnie 30 min i pierwszemu dogęszczaniu pod ciśnieniem  $700 \div 800$  MPa, korzystnie 750 MPa, a następnie drugiemu dogęszczaniu z jednoczesnym kalibrowaniem pod ciśnieniem  $900 \div 1000$  MPa, korzystnie 950 MPa, po czym jest poddawany ostatecznemu spiekaniu w temperaturze  $1100 \div 1200^\circ\text{C}$ , korzystnie  $1120 \div 1150^\circ\text{C}$  w czasie  $40 \div 50$  min, korzystnie 45 min.

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania elementów kształtowych poprzez prasowanie, spiekanie i dogęszczanie na zimno mieszanek proszkowych, stali z dodatkami stopowymi, mający zastosowanie do produkcji części maszyn, np. kół zębatach, łożysk i innych, o wysokiej odporności na ścieranie i naciski powierzchniowe.

W znanych rozwiązaniach otrzymywanie części konstrukcyjnych z mieszanek proszkowych z dodatkami stopowymi odbywa się poprzez prasowanie i spiekanie w temperaturze 1100÷1150°C w atmosferze ochronnej. Wyroby uzyskane tą metodą charakteryzują się dużą porowatością do 12% objętości i mają niską wytrzymałości na ściskanie.

W innej metodzie wyrób z proszkowej stali stopowej dwukrotnie prasuje się oraz dwukrotnie spieka w temp. 800°C i 1150°C.

W tym rozwiązaniu również otrzymane wyroby nie uzyskują wymaganych, wysokich parametrów wytrzymałościowych.

Znany jest również sposób otrzymywania części z mieszanek proszkowych stali konstrukcyjnych z dodatkami stopowymi, polegający na prasowaniu, wstępnym spiekaniu w temp. 800÷850°C, odkształcaniu wstępnie spieczonego półfabrykatu oraz spiekaniu ostatecznym w temperaturze 1120÷1180°C w atmosferze ochronnej.

Otrzymane tym sposobem części mają niewystarczające parametry wytrzymałościowe, a w szczególności małą wytrzymałość na zginanie.

Poza tym znany jest sposób otrzymywania części z proszków metali z dodatkami stopowymi, w którym następuje prasowanie, wstępne spiekanie w temperaturze 650°C, powtórne prasowanie i powtórne spiekanie w temperaturze 1150°C.

Otrzymane tym sposobem części charakteryzują się niskimi parametrami wytrzymałościowymi, a w szczególności małą podatnością na ściskanie wyrobów pierścieniowych, przy promieniowym działaniu siły.

Przedstawione powyżej sposoby otrzymywania wyrobów z mieszanek proszkowych stali z dodatkami stopowymi nie precyzują wartości nacisków, jakimi należy oddziaływać na kształtowaną część, również nie określają precyzyjnie czasu, w jakim powinno odbywać się spiekanie, podając przy tym bardzo szeroki przedział temperaturowy.

Zagęszczanie proszków w zamkniętej matrycy do prasowania pod wpływem nacisku odbywa się w rezultacie wzajemnego przemieszczenia cząstek materiału i ich plastycznego odkształcania. Na pewnym etapie zagęszczania, wzajemne przemieszczanie cząstek zostaje wstrzymane poprzez ich wzajemne zaklinowanie. Dalsze podwyższanie gęstości wyrobów pod działaniem siły nacisku prasy może odbywać się tylko dzięki odkształcaniu poszczególnych cząstek. Intensywny zgniot poddanych prasowaniu cząstek i dalsze zwiększanie siły prasowania zostają zużyte na pokonanie zewnętrznych sił tarcia na styku: materiał proszkowy a narzędzia do prasowania. Wynikiem jest otrzymanie wysokiej porowatości po jednokrotnym prasowaniu w granicach od 15% do 20%.

Dalsze podwyższanie gęstości wyrobu można otrzymać dzięki zwiększeniu plastyczności wypraski, które zachodzi podczas wstępnego spiekania w temperaturach równych temperaturze wyżarzania zwykłego metalu. Proces wstępnego spiekania przy temperaturze wyżarzania podwyższa plastyczność materiału proszkowego dając możliwość podwyższenia gęstości wyrobu poprzez jego plastyczne odkształcenie.

Plastyczne kształtowanie półfabrykatu wstępnie spieczonego, podobnie jak w materiale litym, odbywa się w wyniku tworzenia i przemieszczania się dyslokacji przez siatkę krystaliczną wzdłuż określonych powierzchni i sił dyslokacji. Plastyczność spieczonego wyrobu, a szczególnie gęstość gotowego wyrobu zwiększa się, jeśli w procesie pierwszego spiekania będzie wyeliminowane powstawanie takich czynników hamujących ruch przemieszczania się dyslokacji, jak powstawanie: twardego roztworu, drobnoziarnistych cząstek, wtórnych faz itd.

Z tego względu pierwsze spiekanie należy przeprowadzić w warunkach rekryystalizacyjnego wyżarzania w temperaturze  $A_{c1}$ . Struktura wyprasek z proszków metali stali konstrukcyjnych jest mieszaniną oddzielnych komponentów (jeśli osnową jest proszek żelaza z dodatkami grafitu) lub stopowym ferrytem (jeśli osnową jest proszek żelaza z dodatkami stopowymi). Optymalna temperatura wstępnego spiekania powinna wynosić od 720°C do 730°C. W tej temperaturze rozpuszczalność węgla w  $\alpha$ -żelazie wynosi około 0,03% i po spiekaniu w stanie rekryystalizacyjnego wyżarzania wyrobu charaktery-

zuje się niskimi współczynnikami twardości w wyniku braku takich czynników umocnienia jak fazy wtórne, dyspersyjność cząstek itp.

Wiadomo, że dyfuzyjny ruch atomów żelaza w stalach węglowych w stanie przed przemianą (w konstrukcyjnych stalach, z domieszką Cr, Mo, Ni, Cu) przy 720÷730°C ma w przybliżeniu taką samą wielkość, jak w związku  $\gamma$ -żelaza przy 1100÷1200°C.

Nieprawidłowa, dyfuzyjna ruchliwość atomów żelaza w zakresie temperatur 720÷730°C prowadzi do tworzenia przy spiekaniu materiałów proszkowych ognisk wzajemnego oddziaływania, koncentrację których określa czas spiekania. Ognisko wzajemnego oddziaływania można ogólnie określić położeniami atomów, należących do obu cząstek proszku, rozdzielonych między cząstkowymi granicami- miejscami styku. Określone powyższymi definicjami ognisko wzajemnego oddziaływania jest zbieżne z „przestrzenną siatką styku”, a jego wzrost odbywa się nie tylko w wyniku przemieszczania się „przestrzennej siatki styku” wzdłuż powierzchni granic, lecz również poprzez przybliżenie parametrów „przestrzennej siatki styku” do sieci krystalicznej matrycy. Jeśli rozpuszczenie węgla i dodatków stopowych w żelazie przy 720-730°C nie zachodzi, to zmieniając czas spiekania w powyższych temperaturach można w szerokim przedziale zmieniać parametry „przestrzennej siatki styku”.

Po określonym czasie spiekania międzycząsteczkowe punkty styku tworzą system płaszczyzn poślizgu, który w temperaturze otoczenia (pokojowej) wykorzystywany jest tak jak systemem płaszczyzn poślizgu wewnątrz ziaren i cząstek. Pod działaniem zewnętrznego nacisku zachodzi poślizg wzdłuż połączeń między cząsteczkowych, które mają istotne znaczenie dla procesu odkształcania plastycznego. Podobny model można nazwać modelem do „super dyslokacji”, dlatego że oparty jest on na efektywnym przeslizgiwaniu po granicach cząstek w wyniku szczególnego rodzaju przesunięcia „przestrzennej siatki styku”. To prowadzi do dodatkowego, znaczącego podwyższenia plastyczności spieczonych półfabrykatów, ponieważ wiadomym jest, że plastyczność materiałów metalowych znacznie wzrasta, jeżeli do procesu plastycznego płynięcia metalu, prócz poślizgu przy przemieszczaniu dyslokacji, wprowadzi się jakiś dodatkowy mechanizm plastycznego odkształcania.

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania opracowano sposób będący przedmiotem wynalazku.

Istota wynalazku, którym jest sposób otrzymywania elementów kształtowych przez prasowanie, spiekanie i dogęszczanie mieszanek proszkowych stali z dodatkami stopowymi, polega na tym, że wstępnie ukształtowany element poddawany jest wstępnemu spiekaniu, korzystnie w atmosferze zdysocjowanego amoniaku w temperaturze (700÷750)°C, korzystnie (720÷730)°C, w czasie 20÷40 min, korzystnie 30 min i pierwszemu dogęszczaniu pod ciśnieniem (700÷800) MPa, korzystnie 750 MPa, a następnie drugiemu dogęszczaniu z jednoczesnym kalibrowaniem pod ciśnieniem (900÷1000) MPa, korzystnie 950 MPa, a następnie ostatecznemu spiekaniu w temperaturze (1100÷1200)°C, korzystnie (1120÷1150)°C, w czasie (40-50) min, korzystnie 45 min.

Dzięki zastosowaniu sposobu według wynalazku uzyskano następujące efekty techniczno-użytkowe:

- wysoką wytrzymałość na ścieranie, zgniatanie, ścinanie i ściskanie otrzymanego wyrobu,
- wysoki współczynnik wytrzymałości na odkształcenie,
- gęstość otrzymanego produktu powyżej 7,6 g/cm<sup>3</sup>,
- niski współczynnik płynięcia materiału, rzędu 10<sup>-2</sup>÷10<sup>-3</sup> mm,
- zmniejszenie energochłonności produkcji,
- możliwość zastosowania do wyrobów o dowolnych kształtach, dowolnego przeznaczenia, zwłaszcza do wyrobów o żądanej wysokiej wytrzymałości, jak koła zębate, łożyska, itp.

Przedmiot wynalazku w przykładowym wykonaniu, uwidoczniono w poniższych przykładach wykonania:

#### P r z y k ł a d I

Wstępnie ukształtowany półfabrykat z mieszanki proszkowej stali z dodatkami stopowymi manganu, niklu, miedzi i innych, jest poddawany wstępnemu spiekaniu w atmosferze zdysocjowanego amoniaku w temp. 725±5°C w czasie 30 min i poddaje dogęszczaniu pod ciśnieniem 750 MPa. Następnie jest poddawany drugiemu dogęszczaniu pod ciśnieniem 950 MPa i kalibrowaniu, po czym ostatecznemu spiekaniu w temp. 1130°C w czasie 45 min.

#### P r z y k ł a d II

Wstępnie ukształtowany półfabrykat z mieszanki proszkowej stali z dodatkami stopowymi manganu, niklu, miedzi i innych, jest poddawany wstępnemu spiekaniu w atmosferze zdysocjowanego amoniaku w temp. 740±5°C w czasie 25 min i pierwszemu dogęszczaniu pod ciśnieniem 780 MPa.

Tak przygotowany element jest poddawany drugiemu dogęszczaniu pod ciśnieniem 980 MPa i kalibrowaniu, a następnie ostatecznemu spiekaniu w temp. 1180°C w czasie 40 min.

#### Przykład III

Wstępnie ukształtowany półfabrykat z mieszanki proszkowej stali z dodatkami stopowymi miedzi, niklu, miedzi i innych jest poddawany wstępnemu spiekaniu w atmosferze zdysocjowanego amoniaku w temp. 710±5°C w czasie 35 min i pierwszemu dogęszczaniu pod ciśnieniem 710 MPa, po czym jest poddawany drugiemu dogęszczaniu pod ciśnieniem 910 MPa i kalibrowaniu, a następnie poddaje ostatecznemu spiekaniu w temp. 1100°C w czasie 50 min.

W załączonej tabeli przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych części wykonanych z mieszanki proszkowej stali z dodatkami stopowymi, wykonanych sposobem według wynalazku w różnych temperaturach pierwszego spiekania w porównaniu z wzorcową próbką wykonaną dotychczasowym sposobem.

Nr p/p	Skład chemiczny proszku	Sposób wykonania	Temperatura wstępnego spiekania °C	Wytrzymałość zębów kół zębatych na zginanie $\xi_i$ kG/mm <sup>2</sup>	Współczynnik $\xi_i$ przy 720°C $\frac{\text{nowa}}{\text{wzorzec}}$
1	0,55-0,62% C	Wzorzec	650	200,0	1,85
2	3,80-4,20% Ni 1,80-2,20% Cu 0,30-0,50% Mo	Nowa	715	360,0	
3			720	370,0	
4			725	370,0	
5			700	280,0	
6			750	300,0	
7			800	280,0	
8	0,35-0,42% C	Wzorzec	650	198,0	1,8
9	1,80-2,20% Ni 1,80-2,20% Cu 0,30-0,50% Mo	Nowa	715	350,0	
10			720	356,0	
11			725	356,0	
12			700	270,0	
13			750	300,0	
14			800	275,0	
15	0,55-0,62% C	Wzorzec	650	178,0	1,6
16	0,80-1,00% Cr 1,80-2,20% Ni 0,30-0,80% Mn	Nowa	715	268,0	
17			720	286,0	
18			725	286,0	
19			700	220,0	
20			750	238,0	
21			800	214,0	
22	0,25-0,32% C	Wzorzec	650	167,0	1,55
23	1,50-2,10% Ni 0,30-0,50% Mo	Nowa	715	238,0	
24			720	259,0	
25			725	259,0	
26			700	222,0	
27			750	235,0	
28			800	230,0	

### Zastrzeżenie patentowe

Sposób otrzymania elementów kształtowych poprzez spiekanie i prasowanie mieszanek proszkowych stali z dodatkami stopowymi, **znamienny tym**, że wstępnie ukształtowany półfabrykat jest poddawany wstępnemu spiekaniu w atmosferze korzystnie zdysocjowanego amoniaku w temperaturze  $(700\pm 750)^{\circ}\text{C}$ , korzystnie  $720\div 730^{\circ}\text{C}$  w czasie  $20\div 40$  min, korzystnie 30 min i pierwszemu dogęszczaniu pod ciśnieniem  $700\div 800$  MPa, korzystnie 750 MPa, a następnie drugiemu dogęszczaniu z jednoczesnym kalibrowaniem pod ciśnieniem  $900\div 1000$  MPa, korzystnie 950 MPa, po czym jest poddawany ostatecznemu spiekaniu w temperaturze  $1100\div 1200^{\circ}\text{C}$ , korzystnie  $1120\div 1150^{\circ}\text{C}$  w czasie  $40\div 50$  min, korzystnie 45 min.

