

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **240533**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **422596**

(51) Int.Cl.  
**C23C 8/22 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **21.08.2017**

---

(54) **Sposób iniekcyjnego nawęglania podciśnieniowego (LPC) elementów wykonanych ze stopów żelaza i innych metali**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**25.02.2019 BUP 05/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**25.04.2022 WUP 17/22**

(73) Uprawniony z patentu:  
**SECO/WARWICK SPÓŁKA AKCYJNA,  
Świebodzin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**MACIEJ KORECKI, Świebodzin, PL  
AGNIESZKA BREWKA, Poznań, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**recz. pat. Marek Passowicz**

---

**PL 240533 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób infekcyjnego nawęglania podciśnieniowego (LPC) elementów wykonanych ze stopów żelaza i innych metali w urządzeniu do ciągłej cieplno-chemicznej obróbki powierzchniowej z potokowym przepływem obrabianych elementów.

Z publikacji patentowej **US 5,205,873** znany jest proces nawęglania w niskim ciśnieniu, w komorze pieca podgrzanej do temperatury z zakresu 820°C do 1100°C. Proces ten rozpoczyna się w komorze, w której wytworzono wstępną próżnię na poziomie 10<sup>-1</sup> hPa w celu usunięcia powietrza. Następnie, po napełnieniu komory czystym azotem, wkłada się do niej elementy, które mają być nawęglone. W załadowanej komorze wytwarza się próżnię na poziomie 10<sup>-2</sup> hPa i podgrzewa się wsad do temperatury austenizacji, utrzymując tą temperaturę do czasu wyrównania temperatury w przekroju nawęglanych elementów, po czym napełnia się komorę pieca wodorem do ciśnienia 500 hPa. Następnie jako nośnik węgla wprowadza się etylen pod ciśnieniem od 10 do 100 hPa i wytwarza się mieszkankę gazową, w skład której wchodzi wodór i etylen, gdzie etylen stanowi od 2% do około 60% udziału objętościowego mieszanki.

Z publikacji patentowej **US 6,187,111 B1** znana jest metoda nawęglania przedmiotów wykonanych ze stali w komorze pieca, w której wytworzona zostaje próżnia od 1 do 10 hPa a temperatura, w której przebiega proces nawęglania, utrzymywana jest w zakresie od 900°C do 1100°C. Nośnikiem węgla jest w niej gazowy etylen.

Z publikacji patentowych **US 5,702,540** i **EP 0 882 811 B1** znane są sposoby nawęglania próżniowego elementów ze stopów żelaza, prowadzone w piecach próżniowych przy ciśnieniu od 1 do 50 hPa, gdzie atmosferę węglową uzyskuje się w gorącej komorze pieca z metanu, propanu lub też acetylenu albo etylenu, przy czym składniki te są stosowane samodzielnie lub w mieszaninach. Najczęściej stosuje się dwie metody organizacji faz nasycania węglem oraz faz dyfuzji w tych procesach. Pierwsza z nich, zwana metodą impulsową, polega na okresowym dozowaniu atmosfery nawęglającej do komory pieca próżniowego a następnie odpompowaniu produktów reakcji do chwili osiągnięcia w komorze próżni technicznej, którą utrzymuje się przez kolejnych kilka minut. Liczba impulsów zależy od grubości wytwarzanej warstwy nawęglonej i wynosi od kilku do kilkudziesięciu. Drugą z nich jest metoda iniekcji, polegająca na ciągłym dozowaniu atmosfery nawęglającej poprzez system dysz, bezpośrednio na wsad w komorze pieca próżniowego w fazie nawęglania. W czasie trwania tej fazy utrzymywane jest stałe ciśnienie robocze atmosfery węglonośnej, przy czym po każdej fazie nawęglania następuje faza dyfuzji. Liczba cykli w tej metodzie organizacji wynosi od jednego do kilku.

Z publikacji patentowej **PL 202 271 B1** znany jest sposób nawęglania wyrobów stalowych, prowadzony w piecach próżniowych w atmosferze beztlenowej pod obniżonym ciśnieniem, polegający na tym, że faza nawęglania odbywa się w atmosferze mieszaniny etylenu lub propanu lub acetylenu z wodorem w proporcji objętościowej 1,5 do 10, w czasie od 5 do 40 minut, przy modulacji ciśnienia od 0,1 kPa do 3 kPa, przy czym czas narastania ciśnienia jest od 3 do 20 razy dłuższy od czasu obniżania ciśnienia.

Z publikacji patentowej **PL 204 747 B1** znany jest sposób nawęglania wyrobów stalowych, głównie elementów maszyn, pojazdów i wszelkich urządzeń mechanicznych, w piecach próżniowych pod obniżonym ciśnieniem w podwyższonej temperaturze. Sposób nawęglania wyrobów stalowych w podciśnieniu polega na wprowadzeniu nośnika azotu aktywnego podczas nagrzewania wsadu. Proces wprowadzania nośnika azotu aktywnego kończy chwila, gdy wsad uzyskuje temperaturę niezbędną do rozpoczęcia procesu nawęglania, od której podawany zostaje nośnik węgla. Ciśnienie w komorze pieca w trakcie wprowadzania nośnika azotu aktywnego powinno być utrzymywane w przedziale od 0,1 do 50 kPa.

Ponadto, z polskiego zgłoszenia patentowego nr **P.411158**, znany jest piec wielokomorowy do nawęglania próżniowego i hartowania z potokowym przepływem obrabianych elementów przez połączone ze sobą komory technologiczne.

Istota infekcyjnego sposobu nawęglania niskociśnieniowego (LPC) według wynalazku polega na tym, że do komory próżniowej urządzenia do ciągłej cieplno-chemicznej obróbki powierzchniowej, pracującego w trybie pokrocznym, z nasyceniem w temperaturze nawęglania od 820°C–1200°C, wprowadza się pulsacyjnie gazowy nośnik węgla w stałej sekwencji przepływowo-czasowej, zsynchronizowanej z taktowaniem pracy urządzenia.

Korzystnym jest gdy gazowy nośnik węgla wprowadza się w każdym taktie pracy urządzenia lub z pominięciem od 1 do 5 taktów.

Korzystnym jest także gdy gazowy nośnik węgla wprowadza się w sekwencji składającej się z od 1 do 5 impulsów na takt.

Również korzystnym jest gdy gazowy nośnik węgla wprowadza się pulsacyjnie z przepływem od 0,1 do 100 dm<sup>3</sup>/min, przy czym czas trwania impulsów utrzymuje się w przedziale od 1 do 300 s.

Dalej korzystnym jest gdy gazowy nośnik węgla wprowadza się pod ciśnieniem absolutnym od 0,2 do 10 hPa.

Ponadto korzystnym jest gdy gazowym nośnikiem węgla jest węglowodór, przykładowo acetylen, lub mieszanina węglowodorowa.

Sposób nawęglania według wynalazku umożliwia konstituowanie warstw nawęglanych z dowolnym rozkładem gradientu stężenia węgla poprzez modyfikację następujących parametrów procesowych: temperatury, ciśnienia, czasu trwania taktu i impulsu oraz wielkości przepływu gazowego nośnika węgla. Jest to szczególnie istotne przy zastosowaniu wyższych temperatur, co skutkuje skróceniem czasu procesu i obniżeniem kosztów.

Pomijanie taktów przy impulsowaniu: jeżeli nie ma pominięcia, to impuls(y) gazowy jest taki sam w każdym takcie; jeżeli pominięty jest 1 takt – to impuls jest w co drugim takcie; jeżeli pominięte są 2 takty – to impuls jest w co trzecim takcie, itd.

#### Przykład I

Do pieca próżniowego, składającego się z 3-ch przelotowych komór procesowych, przeznaczonych odpowiednio do: nagrzewania, nawęglania i dyfuzji, wprowadzono z taktom 180 sekund serię identycznych kół zębatach, wykonanych ze stali 16MnCr5, o masie 2,49 kg i powierzchni 0,054 m<sup>2</sup>. Trzony tych komór były wyposażone w mechanizmy ruchomej belki do pokracznego przesuwu obrabianych detali wzdłuż komór procesowych. Koła przechodziły kolejno przez wszystkie 15 pozycji na każdym z trzonów, począwszy od komory nagrzewającej, następnie nawęglającej i dyfuzyjnej. W komorze nagrzewającej koła zostały nagrzane do temperatury 950°C. Następnie w komorze nawęglającej, znajdującej się w temperaturze 950°C, koła zostały poddane nawęglaniu podciśnieniowemu poprzez pulsacyjne wprowadzenie acetyleny przez czas 8 sekund z przepływem 16 dm<sup>3</sup>/min w każdym 180 sekundowym takcie, na każdej z 15 pozycji. Dalej koła przeszły do komory dyfuzyjnej gdzie przebywały na 10 pozycjach w temperaturze 950°C, a na pozostałych 5 pozycjach obniżono temperaturę do 860°C. Następnie koła zostały indywidualnie zahartowane w azocie pod ciśnieniem 0,3 MPa oraz odpuszczone w temperaturze 180°C w urządzeniu towarzyszącym.

Na wszystkich kołach wytworzono równomierną warstwę nawęgloną o grubości umownej 0,60±0,02 mm mierzonej na powierzchni bocznej zęba, osiągnięto poprawną mikrostrukturę martenzytyczną warstwy, bez wydzielen węglików w strefie przypowierzchniowej. Powierzchnia nawęglanych elementów wykazała metaliczny połysk, zaś w instalacji pieca nie stwierdzono śladów zanieczyszczeń węglowodnorodnych.

#### Przykład II

Do pieca próżniowego jak w przykładzie I wprowadzono z taktom 90 sekund serię identycznych kół zębatach, wykonanych ze stali 16MnCr5, o masie 1,66 kg i powierzchni 0,07 m<sup>2</sup>. Koła przechodziły kolejno przez wszystkie 15 pozycji na każdym z trzonów, począwszy od komory nagrzewającej, następnie nawęglającej i dyfuzyjnej. W komorze nagrzewającej koła zostały nagrzane do temperatury 1040°C. Następnie w komorze nawęglającej znajdującej się w temperaturze 1040°C, koła zostały poddane nawęglaniu podciśnieniowemu poprzez pulsacyjne wprowadzenie acetyleny przez czas 10 sekund z przepływem 22 dm<sup>3</sup>/min w każdym 90 sekundowym takcie, na każdej z 15 pozycji. Dalej koła przeszły do komory dyfuzyjnej gdzie przebywały na 10 pozycjach w temperaturze 1040°C, a na pozostałych 5 pozycjach obniżono temperaturę do 860°C. Następnie koła zostały indywidualnie zahartowane w azocie pod ciśnieniem 0,3 MPa oraz odpuszczone w temperaturze 180°C w urządzeniu towarzyszącym.

Na wszystkich kołach wytworzono równomierną warstwę nawęgloną o grubości umownej 0,65±0,02 mm mierzonej na powierzchni bocznej zęba, osiągnięto poprawną mikrostrukturę martenzytyczną warstwy, bez wydzielen węglików w strefie przypowierzchniowej. Powierzchnia nawęglanych elementów wykazała metaliczny połysk, zaś w instalacji pieca nie stwierdzono śladów zanieczyszczeń węglowodnorodnych.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób iniekcyjnego nawęglania podciśnieniowego (LPC) elementów wykonanych ze stopów żelaza i innych metali w urządzeniu do ciągłej cieplno-chemicznej obróbki powierzchniowej z pokrocznym przepływem obrabianych elementów, z nasycaniem w temperaturze 820°C–1200°C w atmosferze gazowej, **znamienny tym**, że do komory próżniowej urządzenia wprowadza się pulsacyjnie gazowy nośnik węgla w stałej sekwencji przepływowo-czasowej, zsynchronizowanej z taktowaniem pracy urządzenia.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że gazowy nośnik węgla wprowadza się w każdym takcie pracy urządzenia lub z pominięciem od 1 do 5 taktów.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że gazowy nośnik węgla wprowadza się w sekwencji składającej się z od 1 do 5 impulsów na takt.
4. Sposób według zastrz. 2 albo 3, **znamienny tym**, że gazowy nośnik węgla wprowadza się pulsacyjnie z przepływem od 0,1 do 100 dm<sup>3</sup>/min, przy czym czas trwania impulsów utrzymuje się w przedziale od 1 do 300 s.
5. Sposób według zastrz. 2 albo 3, **znamienny tym**, że gazowy nośnik węgla wprowadza się pod ciśnieniem absolutnym od 0,2 do 10 hPa.
6. Sposób według jednego z zastrzeżeń od 1 do 5, **znamienny tym**, że gazowym nośnikiem węgla jest węglowodór, korzystnie acetylen, lub mieszanina węglowodorowa.