

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **239572**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424696**

(51) Int.Cl.
B23K 9/095 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **27.02.2018**

(54) **Sposób spawania stali ulepszanych cieplnie, zwłaszcza stali trudnościeralnych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
09.09.2019 BUP 19/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
13.12.2021 WUP 37/21

(73) Uprawniony z patentu:

**CENTRALNY OŚRODEK BADAWCZO
ROZWOJOWY APARATURY BADAWCZEJ
I DYDAKTYCZNEJ COBRABID SPÓŁKA
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PIOTR PIOTROWICZ, Wola Murowana, PL
MACIEJ LESZCZYŃSKI, Warszawa, PL
JERZY KALWAS, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Zbigniew Liszkowski

PL 239572 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób spawania stali ulepszanych cieplnie, zwłaszcza stali trudnościeralnych, w szczególności z grupy HARDOX, REAX, MIILUX, DUROSTAT, XAR, BRINAR, FORA, HTK, HARDSTAL.

Aby osiągnąć kluczowe zadanie spawalnictwa jakim jest wyeliminowanie wszelkich odchyłeń właściwości spajanych materiałów od pożądanych w miejscach łączenia, nowo powstające materiały konstrukcyjne spawane są technologiami o wąsko dobieranych parametrach w celu zagwarantowania minimalnej ingerencji cieplnej.

Znane są rozmaite sposoby spawania stali.

Np., z opisu patentowego PL217176 znany jest sposób spawania blach cienkich na stanowisku ze stołem spawalniczym za pomocą zespołu mocowania i prowadzenia uchwytu spawalniczego, które wyposażone są w urządzenie sterujące. Znany sposób polega na tym, że proces spawania prowadzi się za pomocą aparatu spawalniczego zaopatrzonego w mikrostrumieniowe urządzenie do bezpośredniego chłodzenia uformowanej spoiny, przy czym w sposób ciągły monitoruje się rozkład temperatur na powierzchni spoiny, i, jednocześnie prowadzi się komputerową numeryczną analizę rozkładu temperatur wewnątrz otrzymanej spoiny. Natomiast, chłodzenie spoiny prowadzi się mikrostrugami chłodzącego płynu, które posiadają średnicę od 50 do 150 mikrometrów i prędkości od 50 do 100 m/s. Znany proces prowadzi się, ponadto, przy współczynnikach wymiany ciepła od 50 do 100 kW/m²K i szybkości schładzania wynoszącej ponad 1000°C/s. Podczas znanego procesu na bieżąco, komputerowo, oblicza się parametry z pomierzonych pól temperatury i, automatycznie, reguluje się mikrostrumieniowym chłodzeniem z uwzględnieniem, również, wydatku cieczy chłodzącej.

Budowa oraz własności strefy wpływu ciepła (SWC) złączy spawanych ze stali ulepszanych cieplnie w tym trudnościeralnych z grupy HARDOX, REAX, MIILUX, DUROSTAT, XAR, BRINAR, FORA, HTK, HARDSTAL znacząco odbiegają od charakterystyk SWC stali o podwyższonej wytrzymałości spawanych w stanie normalizowanym. Na skutek oddziaływania temperatury cyklu cieplnego spawania wyższej od temperatury odpuszczania stali w procesie jej wytwarzania, struktura martenzytyczna tych stali podczas procesu spawania ulega przekształceniu w zmiękczoną mikrostrukturę o gorszych właściwościach wytrzymałościowych względem stanu dostarczenia tych materiałów. W końcowych obszarach strefy wpływu ciepła powstaje strefa zmiękczona o niższej twardości niż materiał rodzimy. Dochodzi tam do lokalnej utraty odporności na zużycie ścierne, co w przewidywanych zastosowaniach (np. w elementach roboczych koparek, ładowarek kołowych, nadwoziach wywrotek, maszynach górniczych, przenośnikach, zsykach, kontenerach, kruszarkach, rozdrabniaczach czy w maszynach do prac rozbiórkowych) prowadzi do nierównomiernego i szybkiego zużycia konstrukcji.

Znane są, ponadto, rozmaite sposoby spawania stali ulepszanych cieplnie, w tym stali trudnościeralnych, jednak znane procesy niosą ze sobą ryzyko znacznego spadku właściwości mechanicznych i niszczenia struktur stanu dostarczenia materiału (martenzyt odpuszczony) bez podejmowania rozwiązania problemu odtworzenia zmiękczonych struktur stref wpływu ciepła.

Celem wynalazku było opracowanie sposobu spawania, który umożliwi korektę struktury stref wpływu ciepła poprzez zastosowanie obróbki cieplnej polegającej na hartowaniu i odpuszczaniu złącza spawanego bezpośrednio podczas procesu spawania.

Stwierdzono, że cel ten spełnia sposób według wynalazku.

Sposób spawania według wynalazku polega na tym, że proces obróbki cieplnej odbywa się bezpośrednio podczas spawania, przy zastosowaniu klasycznych procesów spawania takich jak MAG, MIG, TIG, spawanie laserowe, spawanie plazmowe, gdzie w określonym zakresie temperatury, poprzez szybkie i precyzyjne chłodzenie za pomocą urządzenia mikrostrumieniowego (mikro-jetowego) doprowadza się do hartowania obszaru złącza spawanego. Ponieważ istotny jest tu również proces odpuszczania, chłodzenie mikro-jetowe kończy się po osiągnięciu określonej temperatury na powierzchni złącza, tak aby ciepło skumulowane w materiale mogło wywołać procesy samoodpuszczania. Numeryczna analiza rozkładu temperatury prowadzona na bieżąco w trakcie procesu według wynalazku pozwala na ciągłe monitorowanie i regulację intensywności chłodzenia. Chłodzenie złącza spawanego przeprowadza się mikrostrugami płynu chłodzącego o średnicach od 50 do 150 mikrometrów i prędkości od 50 do 100 m/s, otrzymując przy tym współczynniki wymiany ciepła od 50 do 100 kW/m²K oraz szybkości schładzania złącza spawanego ponad 1000°C/s.

W wyniku procesu według wynalazku ograniczona zostaje wielkość strefy wpływu ciepła poprzez szybkie jego odprowadzenie za pomocą mikrostrumieni, dzięki czemu szerokość obszaru wpły-

wu ciepła w strefie spawania jest zmniejszona do minimum, natomiast w samej strefie wpływu ciepła uzyskuje się ograniczenie zmniejszenia odporności na ścieranie, co nie jest możliwe do uzyskania przy zastosowaniu znanych metod.

W sposobie według wynalazku nie otrzymuje się poprawy własności plastycznych spoin poprzez uzyskanie struktur o zwiększonej zawartości drobnoziarnistego ferrytu jak w znanym sposobie przedstawionym w opisie patentowym PL217176, natomiast ogranicza się wpływ operacji spawania na obniżenie odporności na zużycie ścierne spawanych materiałów, poprzez wzrost twardości w wyniku hartowania i odpuszczania złącza spawanego bezpośrednio podczas procesu spawania.

Zastosowanie sposobu według wynalazku w przypadku spawania stali ulepszanych cieplnie, w tym stali trudnościeralnych, pozwala tym samym, ograniczyć obszary o zmiękczonej mikrostrukturze. Zminimalizowanie obecności warstwy o obniżonej twardości (tzw. warstwy miękkiej) istotnie podnosi własności tribologiczne konstrukcji spawanych przez co znacząco poszerza się obszar zastosowania stali ulepszanych cieplnie, zwłaszcza stali trudnościeralnych z grupy HARDOX, REAX, MIILUX, DUROSTAT, XAR, BRINAR, FORA, HTK, HARDSTAL stosowanych w elementach maszyn szczególnie narażonych na zużycie ścierne tj. w narzędziach do urabiania i rozdrabniania minerałów, do obróbki gleby czy do prac ziemnych.

Przykład

Proces według wynalazku prowadzi się za pomocą urządzenia spawalniczego wyposażonego w urządzenie mikrostrumieniowe do bezpośredniego chłodzenia stref wpływu ciepła, przykładowo wg następujących etapów:

1. Na bieżąco monitoruje się rozkład temperatur w strefach wpływu ciepła złącza spawanego.
2. Na bieżąco prowadzi się numeryczną analizę rozkładu temperatury w trakcie procesu spawania, co pozwala na ciągłe monitorowanie i regulację intensywności chłodzenia w strefach wpływu ciepła.
3. Chłodzenie złącza spawanego przeprowadza się mikrostrugami płynu chłodzącego o średnicach od 50 do 150 mikrometrów i prędkości od 50 do 100 m/s, uzyskując przy tym współczynniki wymiany ciepła od 50 do 100 kW/m²K oraz szybkości schładzania złącza spawanego ponad 1000°C/s.
4. Proces sposobem według wynalazku prowadzi się do momentu uzyskania zaprogramowanego stopnia schłodzenia złącza spawanego – tak, aby ciepło skumulowane w materiale wywołało procesy samoodpuszczania.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób spawania stali ulepszanych cieplnie, zwłaszcza stali trudnościeralnych na stanowisku ze stołem spawalniczym, z zastosowaniem układu mocowania, prowadzenia uchwytu spawalniczego i urządzenia mikrostrumieniowego ze sterowaniem, przy czym chłodzenie złącza przeprowadza się mikrostrugami płynu chłodzącego o średnicach od 50 do 150 mikrometrów przy współczynnikach wymiany ciepła od 50 do 100 kW/m² oraz szybkości schładzania spawanego złącza ponad 1000°C/s, **znamienny tym**, że podczas spawania prowadzi się bezpośredni proces obróbki cieplnej spawanego złącza prowadzący do hartowania i wywołania procesów samoodpuszczania wskutek działania ciepła skumulowanego w materiale i zbilansowanego chłodzeniem mikrostrumieniami, przy czym w trakcie procesu na bieżąco prowadzi się numeryczną analizę rozkładu temperatury, monitorowanie i regulację intensywności chłodzenia w strefach wpływu ciepła i, przy czym, proces prowadzi się do momentu uzyskania zaprogramowanego stopnia schłodzenia spawanego złącza – tak, aby ciepło skumulowane w materiale wywołało procesy samoodpuszczania.