

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246192 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **443852**

(22) Data zgłoszenia: **2023.02.20**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.08.26 BUP 35/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.12.16 WUP 51/2024**

(51) MKP:

C21D 9/08 (2006.01)

C21D 1/00 (2006.01)

B23K 11/087 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

ZAŁAWA DARIUSZ DAR STAL, Myszków, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ANDRZEJ ADAMIEC, Sosnowiec, PL

DARIUSZ ZAŁAWA, Myszków, PL

(54) Tytuł:

Sposób wytwarzania rur spawanych ze szwem wzdłużnym obrobionych cieplnie ze stali wielofazowych

PL 246192 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania rur spawanych ze szwem wzdłużnym obrobnym cieplnie ze stali wielofazowych.

Istnieje kilka metod wytwarzania rur ze szwem wzdłużnym różniących się rozwiązaniami konstrukcyjnymi a także stosowanymi źródłami ciepła spawania. Wyróżnia się między innymi spawanie laserowe, spawanie łukowe czy spawanie prądami wysokiej częstotliwości. Aktualnie najbardziej rozpowszechnioną jest technologia wytwarzania rur zgrzewanych wzdłużnie prądami wysokiej częstotliwości, głównie z uwagi na możliwe do stosowania duże szybkości procesu oraz dobrą jakość zgrzewu. Proces uzyskania rury obejmuje formowanie taśmy w postać rury szczelinowej, zamknięcie szczeliny poprzez docisk krawędzi taśmy do siebie, ich zgrzanie i uzyskanie profilu rurowego. W następnych operacjach usuwane są wypływka zewnętrzna oraz niekiedy wypływka wewnętrzna powstałe w wyniku wypłynięcia nadmiaru materiału w procesie zgrzewania, rurze nadawany jest końcowy, zgodny z oczekiwanymi tolerancjami kształt okrągły lub profilowy, rura cięta jest na odcinki, które są układane i pakowane w wiązki.

Proces wytwarzania rur stalowych ze szwem wzdłużnym polega na zastosowaniu szeregu kolejnych zabiegów technologicznych, zaczynających się od założenia kręgu blachy wsadowej o odpowiedniej szerokości, wynikającej z żądanej do uzyskania średnicy zewnętrznej rury, na trzpieniu rozwijarki, z którego pasmo podawane jest do urządzenia łączenia końców kolejnych kręgów. Urządzenie łączy, zwykle drogą spawania, koniec poprzedniego kręgu z początkiem kolejnego kręgu materiału, dzięki czemu uzyskuje się pasmo taśmy w zasadzie „bez końca”, co poprzez zastosowanie akumulatora pozwalającego na tworzenie zapasu taśmy, możliwe jest zapewnienie ciągłości i nieprzerwalności procesu wytwarzania rur. Taśma z akumulatora przekazywana jest następnie do zestawu klatek formowania, który wyposażony jest w walce kształtowe umożliwiających uformowanie taśmy w postać rury szczelinowej. Tak uformowana rura szczelinowa podana jest do układu walców dociskowych i poddana procesowi zgrzewania indukcyjnego. Podczas zgrzewania, w miejscu styku krawędzi taśmy i tworzenia się trwałego połączenia, nadmiar materiału wyciskany jest na zewnątrz tworząc wypływkę zewnętrzną, która usuwana jest zazwyczaj za pomocą płytek skrawających. Zgrzana rura jest następnie chłodzona do temperatury otoczenia, zazwyczaj poprzez przejście rury przez wannę z emulsją chłodząco-smarującą. Po ochłodzeniu rura zostaje podana do części kalibrującej i prostującej z kłatkami walcowymi, w których nadawany jest ostateczny kształt i wymiar rury. Po układzie walców kalibrujących i prostujących, rura cięta jest piłą latającą na odcinki o wymaganej długości.

Taki proces technologiczny umożliwia uzyskiwanie rur o właściwościach mechanicznych zbliżonych do własności materiału blachy wsadowej. W przypadku wytwarzania rur z typowych niskowęglowych stali konstrukcyjnych, w procesie produkcyjnym następuje niewielkie zwiększenie własności mechanicznych i pogorszenie plastyczności materiału wynikające z procesu formowania rur i przekroczenia granicy plastyczności materiału, co jednak nie stanowi zazwyczaj problemu w procesach dalszego przetwarzania czy użytkowania rur. Dla niektórych zastosowań rur, jak na przykład do przesyłania gazu lub ropy, stosuje się obróbkę cieplną zgrzewu – wyżarzanie normalizujące bezpośrednio po procesie zgrzewania. Przy produkcji rur ze stali średnio węglowych, niskostopowych stali narzędziowych czy stali wielofazowych, a także rur przeznaczonych do dalszej przeróbki plastycznej, na przykład drogą ciągnięcia na zimno, stosowana jest niezależna, dodatkowa obróbka cieplna rur po procesie ich wytwarzania w linii zgrzewania wzdłużnego.

Sposób wytwarzania rur stalowych ze szwem ze stali wielofazowych jest procesem podobnym do sposobu produkcji rur ze stali niskowęglowych z tym, że z uwagi na skład chemiczny materiału wielofazowego, podczas nagrzania materiału stali wielofazowej i jego zgrzewaniu w temperaturach powyżej temperatury przemiany austenitycznej, a następnym szybkim chłodzeniu, w zgrzeinie rury tworzy się struktura martenzytyczna. W konsekwencji uzyskuje się rurę o różnych właściwościach wytrzymałościowych na obwodzie; generalnie właściwości materiału rury są zbliżone do właściwości materiału wsadowego z wyjątkiem zgrzeiny, której struktura jest twardą i kruchą strukturą martenzytyczną. Duża różnica właściwości mechanicznych na obwodzie rury powoduje trudności w dalszym przetwórstwie rur gotowych, szczególnie w zakresie jej podatności na zginanie czy formowanie. Dlatego tak uzyskane zgrzewane rury ze stali wielofazowej, użytkuje się zwykle w odcinkach prostych lub poddaje się je dodatkowej obróbce cieplnej. Obróbkę taką przeprowadza się zazwyczaj w rolkowych piecach samotokowych lub w urządzeniach łączących operacje na przykład tłoczenia z operacjami grzania i chłodzenia. Przykładami takich zabiegów technologicznych jest znany z europejskiego opisu patentowego EP 3408416 sposób obróbki cieplnej elementów konstrukcyjnych wykonanych ze stali wielofazowej dla przemysłu

samochodowego, zgodnie z którym proces obróbki prowadzi się w niezależnym urządzeniu do wyżarzania. Rozwiązanie pozwala na uzyskiwanie właściwej struktury materiału, na przykład ferrytyczno-martensytycznej czy ferrytyczno-perlitycznej przy wykorzystaniu dwóch pieców wyposażonych w układy nagrzewania i regulowanego chłodzenia. Innym przykładem jest sposób obróbki cieplnej elementów blaszanych dla przemysłu samochodowego – patent DE102014201259, według którego obróbka cieplna elementów odbywa się w niezależnym piecu współpracującym z urządzeniami do formowania.

Sposób wytwarzania rur spawanych ze szwem wzdłużnym obrobionych cieplnie ze stali wielofazowych według wynalazku, polega na założeniu kręgu blachy wsadowej na trzpień rozwijaka, odwijaniu jej i poprzez układ łączenia końców kręgów blach oraz akumulator, podanie jej do rolkowego układu formowania taśmy w postaci rury szczelinowej. Tak uformowana rura szczelinowa zgrzewana jest elektrycznie metodą prądów wysokiej częstotliwości, a po zgrzaniu usuwana jest mechanicznie wyływka zewnętrzna. Po usunięciu wyływki rurę poddaje się obróbce cieplnej przez dwa indukcyjne zespoły generatorów i układy chłodzenia, co umożliwiłoby uzyskiwanie różnych właściwości mechanicznych rur w zależności od gatunku stali. Pierwszy generator indukcyjny ma za zadanie podgrzanie rury do temperatury przemiany eutektoidalnej i wytrzymanie w tej temperaturze w czasie 2–3 sekund. Następnie układ dysz chłodzących ochładza rurę do temperatury 500°–550°C, a drugi układ kilku generatorów indukcyjnych wygrzewa rurę w zakresie temperatur 500°–650°C w czasie od 10 do 120 sekund, po czym rura jest chłodzona do temperatury otoczenia przez dysze natryskowe i w wannie. Tak otrzymana obrobiona cieplnie rura kalibrowana jest w rolkowych kłatkach kalibrujących i prostujących, a na końcu cięta na odcinki, które formowane są w paczki i pakiety na stołach odbiorczych.

Sposób według wynalazku umożliwia wytwarzanie rur ze szwem z różnych gatunków stali wielofazowych obrobionych cieplnie w jednym cyklu technologicznym. Po uformowaniu taśmy w postaci rury szczelinowej i zgrzaniu jej w rurę ze szwem, rura poddana jest obróbce przez dwa niezależne układy grzewcze i realizowanie różnych cykli obróbki cieplnej, poprzez stosowanie różnych wielkości temperatur, różnych czasów i uzyskiwanie dzięki temu różnych właściwości wytrzymałościowych w zależności od gatunku stali. Pierwszy układ nagrzewający ma na celu podgrzanie rury do temperatury przemiany eutektoidalnej, która w zależności od gatunku stali powinna wynosić od 830°–950°C, a drugi układ wytrzymuje rurę w zakresie temperatur wyżarzania izotermicznego materiałów ze stali wielofazowych to jest w zakresie 500°–650°C. Dzięki możliwości zmiany położenia induktorów obu układów grzewczych względem siebie oraz dzięki możliwości wydłużania lub skracania czasu wygrzewania w drugim układzie nagrzewająco-wygrzewającym, poprzez zmianę położenia induktorów układu wygrzewającego rurę względem siebie, możliwa jest obróbka cieplna rury według różnych charakterystyk przebiegów cyklu obróbki. Umożliwia to uzyskiwanie po procesie obróbki cieplnej różnych struktur materiału, takich jak struktura martensytu z niewielkimi udziałami struktur ferrytu (stale wielofazowe martensytyczne), struktura ferrytyczno-martensytyczna (stale dwufazowe DP), mieszanina struktur ferrytycznej, bainitycznej i martensytycznej (stale wielofazowe typu CP) i innych kombinacji składników strukturalnych stali w różnych proporcjach. Poprzez zastosowanie grzewczych induktorów spiralnych-kołowych, możliwa jest obróbka cieplna rury na całym jej przekroju a dzięki stosowaniu induktorów płaskich możliwa jest obróbka cieplna jedynie zgrzewu rury. Umożliwia to uzyskiwanie po procesie obróbki cieplnej różnych struktur materiału rury na całym jej przekroju (induktory spiralne) lub różnej struktury jedynie zgrzewu rury (induktory płaskie).

Sposób według wynalazku jest bliżej wyjaśniony na rysunku – fig. 1, przedstawiającym widok linii do wytwarzania rur ze szwem ze stali wielofazowych obrobionych cieplnie. W pierwszej kolejności krąg taśmy wsadowej zakładany jest na rozwijak trzpieniowy 1, na którym taśma jest odwijana i wprowadzana do układu spawania końców 2 kolejnych kręgów blach, a następnie do akumulatora 3. Z akumulatora 3, taśma wprowadzana jest do rolkowego układu formującego 4, w którym w kłatkach walcowych taśma kształtowana jest w rurę szczelinową. Po docięnięciu krawędzi taśmy do siebie walcami dociskowymi, następuje ich nagrzanie i zgrzanie dzięki induktorowi, będącego elementem generatora prądów wysokiej częstotliwości 5. Po zgrzaniu uformowanej taśmy w rurę, usuwana jest wyływka zewnętrzna rury w nożowych suportach skrawających 6. Po wyjściu rury z układu skrawania wyływki zewnętrznej 6, rura nagrzewana jest indukcyjnie do temperatury przemiany eutektoidalnej (powstawanie struktury austenitycznej) przez induktor generatora prądów wysokiej częstotliwości 7. Następnie rura jest ochładzana przez układ dysz chłodniczych 9 do temperatury 500°–600°C, po czym kolejny raz nagrzewana i wygrzewana izotermicznie w zakresie temperatur 500°–650°C w układzie kilku induktorów będących elementami generatorów 8. Położenie induktorów generatorów 8 wygrzewających rurę w zakresie temperatur 500°–650°C, może być zmieniane względem położenia induktora grzewczego generatora 7.

Induktory generatorów 8 mogą także zmieniać wzajemne położenie względem siebie, co umożliwia wydłużanie lub skracanie czasu wygrzewania w zakresie temperatur chłodzenia izotermicznego, to jest w temperaturach 500°–650°C. Wytrzymanie rury w zakresie tych temperatur umożliwia przemianę struktury austenitycznej w struktury ferrytyczną, bainityczną czy martenzytyczną i uzyskiwanie dzięki temu oczekiwanej końcowej struktury i oczekiwanych właściwości mechanicznych. Ostatnim zabiegiem technologicznym obróbki cieplnej rury jest jej chłodzenie dyszami chłodzącymi 9 oraz w wannie chłodniczej 10 do temperatury otoczenia. Po obróbce cieplnej rura walcowana jest w układzie walców kalibrujących 11, w których nadawany jest ostateczny kształt rury: okrągły lub profilowy, a także przeprowadza się prostowanie rury. Następnie rura cięta jest piłą latającą 12 na odcinki, które na stołach odbiorczych 13 są pakowane w wiązki i paczki.

Zaletą wynalazku jest połączenie technologii wytwarzania rur stalowych ze szwem metodą zgrzewania indukcyjnego z ich równoczesną ich obróbką cieplną. Pozwala to na wyeliminowanie konieczności przeprowadzania operacji wyżarzania rur ze stali wielofazowych jako odrębnego zabiegu technologicznego. Połączenie procesu zgrzewania rur i obróbki cieplnej pozwala także na eliminację niedogodności i wad obróbki cieplnej realizowanej jako oddzielnej operacji technologicznej w piecach przelotowych lub komorowych. Obróbka cieplna rur w piecach powoduje ich krzywienie, co wymusza dodatkowe zabiegi technologiczne, takie jak prostowanie czy obcinanie końców rur.

Sposobem według wynalazku wykonano partię rur o średnicy zewnętrznej 32 mm i grubości 1,6 mm. Materiałem wsadowym była taśma o szerokości 99 mm ze stali wielofazowej CP (complex phase) z gatunku HCT780C według normy EN 10338. Struktura taśmy wsadowej była strukturą ferrytu o udziale ok. 25%, bainitu w ilości ok. 40% i osnowy martenzytu w ilości ok. 35%. Krąg taśmy wsadowej, po założeniu na trzpień rozwijaka 1 był odwijany i poprzez spawarkę końców blach 2 i akumulator poziomy 3, wprowadzony do układu klatek formujących 4. W ośmiu kłatkach formujących 4 o osiach poziomych, taśma wsadowa została uformowana w rurę szczelinową i zgrzana przy pomocy generatora indukcyjnego wysokiej częstotliwości 5 w układzie walców ściskających, po czym usunięto mechanicznie wypływkę zewnętrzną powstałą z „wyciśniętego” materiału zgrzeiny. Następnie rurę nagrzano przy pomocy generatora indukcyjnego z kołowym induktorem spiralnym 7 do temperatury 950°C w czasie 2 sek. Po nagraniu rurę chłodzono dwiema dyszami 9 do temperatury 500°C. Do chłodzenia zastosowano emulsję wodno-olejową. Kolejną operacją było nagrzanie rury do temperatury 650°C i wytrzymanie jej w tej temperaturze w czasie 15 sek. Zastosowano 3 generatory indukcyjne 8, zasilające 3 grzewcze kołowe induktory spiralne. Pierwszy induktor zespołu generatorów 8 umieszczony był w odległości 950 mm od induktora generatora 7, natomiast kolejne induktory generatorów 8 zostały rozmieszczone w równych odległościach od siebie wynoszących po 800 mm. Po wygrzaniu izotermicznym induktorami zespołu generatorów 8, rura została chłodzona dyszami chłodzącymi 9 i kąpielą w wannie 10 z emulsją wodno-olejową do temperatury otoczenia. Tak obrobiona rura była następnie walcowana w kłatkach kalibrujących 11, w których uzyskano średnicę zewnętrzną 32 mm w tolerancjach $\pm 0,5$ mm. Po pocięciu rury na odcinki o długości 6 m, zostały one uformowane w wiązki i zapakowane. Prędkość linii wynosiła 7 m/min.

Z rur gotowych pobrano próbki do badań mikroskopowych. Badania wykazały, że struktura materiału rury jest zbliżona do struktury materiału wsadowego, to jest strukturą ferrytu (udział ok. 24% całej objętości), bainitu (ok. 25%) i martenzytu (reszta). Struktura zgrzewu jest także strukturą ferrytu o udziale ok. 20%, bainitu (ok. 36%), martenzytu (ok. 44%). Oznacza to, że po procesie zgrzewania i obróbki cieplnej, powstały niewielkie różnice pomiędzy strukturą zgrzewu a strukturą materiału na jego obwodzie, ale różnice te nie mają znaczącego wpływu na właściwości użytkowe rur.

Sposobem według wynalazku wykonano także partię rur o średnicy zewnętrznej 42,4 mm i grubości 1,25 mm. Materiałem wsadowym była taśma o szerokości 133,5 mm ze stali wielofazowej CP (complex phase) z gatunku HCT980C według normy EN 10338. Struktura taśmy wsadowej była strukturą ferrytu o udziałach ok. 20%, bainitu ok. 40% i martenzytu ok. 40%. Krąg taśmy wsadowej, po założeniu na trzpień rozwijaka 1 został odwinięty i poprzez spawarkę końców blach 2 i akumulator poziomy 3, doprowadzony do układu klatek formujących 4. Prędkość linii wynosiła 10 m/min. W kłatkach formujących 4 taśma wsadowa została uformowana w rurę szczelinową i zgrzana generatorem wysokiej częstotliwości 5, po czym usunięto mechanicznie wypływkę zewnętrzną. Następnie zgrzew rury podgrzano w generatorze indukcyjnym 7 z płaskim induktorem do temperatury 940°C w czasie 2 sek. Nagrzaną do temperatury przemiany eutektoidalnej rurę ochłodzono dyszami 9 do temperatury 550°C. Do chłodzenia zastosowano emulsję wodno-olejową. Kolejną operacją było nagrzanie rury do temperatury 600°C i wytrzymanie jej w tej temperaturze w czasie 12 sek. Zastosowano 3 generatory indukcyjne 8,

zasilające 3 płaskie induktory grzewcze. Pierwszy induktor zespołu generatorów 8 umieszczony był w odległości 900 mm od induktora generatora 7, natomiast kolejne induktory zespołu generatorów 8 zostały rozmieszczone w równych od siebie odległościach wynoszących 770 mm. Po wygrzaniu izotermicznym, rura została chłodzona dyszami chłodzącymi 9 i kąpielą w wannie 10 z emulsją wodno-olejową do temperatury otoczenia. Rura była następnie walcowana w kłatkach kalibrujących 11, w których uzyskano średnicę zewnętrzną 42,4 mm w tolerancji $\pm 0,5$ mm, a po pocięciu jej na odcinki o długości 5,5 m, zostały one uformowane w wiązki i zapakowane.

Z rur gotowych pobrano próbki do badań mikroskopowych. Badania wykazały, że struktura materiału rury jest strukturą materiału wsadowego, to jest strukturą ferrytu w ilości ok. 20% całej objętości, bainitu ok. 40% i martenzytu ok. 40%. Struktura zgrzewu jest także strukturą ferrytu o udziale ok. 18%, bainitu ok. 40%, martenzytu ok. 42%. Oznacza to wystąpienie, po procesie zgrzewania i obróbki cieplnej, niewielkich różnic pomiędzy strukturą zgrzewu a pozostałą strukturą materiału na jego obwodzie. Występujące różnice w zawartości faz strukturalnych nie mają jednak znaczącego wpływu na właściwości użytkowe rur.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania rur spawanych ze szwem wzdłużnym obrobionych cieplnie ze stali wielofazowych otrzymanych poprzez formowanie taśmy wsadowej w postaci rury szczelinowej, zgrzewaniu indukcyjnym tak uformowanej rury, usunięciu jej wypłytki zewnętrznej, ochłodzeniu rury oraz jej ostateczne skalibrowanie i pocięcie na odcinki, **znamienny tym**, że po zgrzaniu rury i usunięciu wypłytki zewnętrznej, a przed chłodzeniem, kalibrowaniem i cięciem jej na odcinki, rurę nagrzewa się indukcyjnie do temperatury przemiany eutektoidalnej, po czym ochładza się ją, a następnie powtórnie indukcyjnie nagrzewa i wygrzewa izotermicznie w zakresie temperatur 500° – 650° C w czasie 10–120 sekund.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że indukcyjnie nagrzewa się i wygrzewa rurę na całym jej przekroju przy zastosowaniu spiralnych induktorów kołowych.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że indukcyjnie nagrzewa się i wygrzewa jedynie zgrzew rury przy zastosowaniu induktorów płaskich.

Rysunek

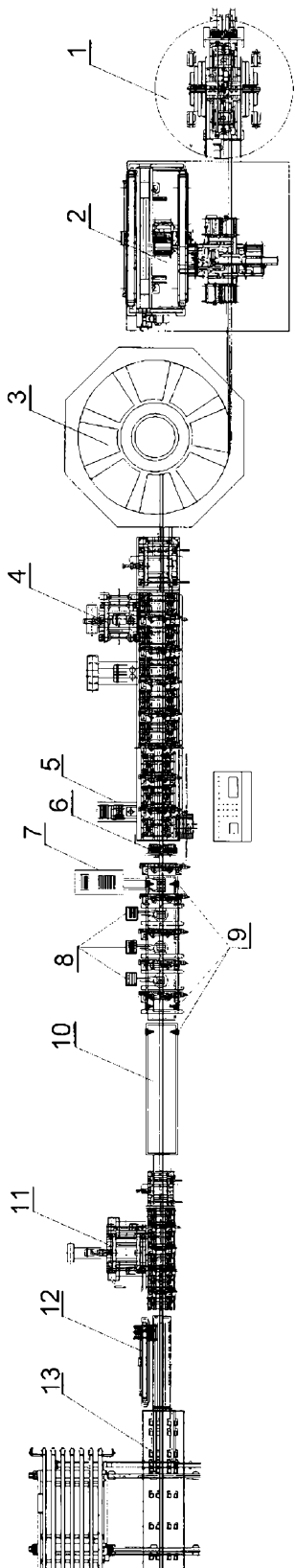


FIG. 1