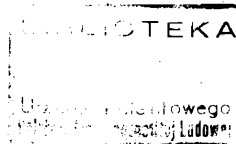


Opublikowano dnia 30 marca 1957 r.

**B23k 35/24**

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 39811

~~49h, 35/24~~
~~Kl. 49h, 34/01~~**Manfred Waldemar Berg**

Lerum, Szwecja

Arved Mägi

Sztokholm, Szwecja

Sposób spawania rurowych odlewów żeliwnych

Patent trwa od dnia 23 lipca 1955 r.

Sposób wyrobu rur żeliwnych, zaopatrzonych z każdej strony w kołnierze lub kielichy, polegał dotychczas wyłącznie na odlewach w formach piaskowych, wykonanych według modeli przy użyciu rdzeni itd., lub wykonanych na maszynach potrzęsających przy użyciu modeli metalowych, przy czym dalsza procedura była taka, jak przy formach piaskowych.

Rur kołnierzowych czy dwukielichowych nie umiano dotychczas wytwarzać w całości sposobem odlewania odśrodkowego, natomiast wytwarzano je tym sposobem z nasadzonymi na skurcz lub nakręcanymi na gwint kołnierzami. Te sposoby są jednak zbyt pracochłonne, a wytworzone rury nie wykazują tej dobroci w stosunku do szczelności i odporności przeciwko korozji w gwinicie, przylegającym do kołnierza. Na skutek gwin-tu grubość ścianek jest w nich mniejsza, przez co zwykle powiększa się ją na całej długości rury.

Sposób według wynalazku wykonywania rur odlewem odśrodkowym z jednym kołnierzem lub jednym kielichem na jednym końcu i składania dwóch takich części razem stronami bezkołnierzowymi czy bezkielichowymi przy pomocy spawania oporowego w maszynie do spawania na styk daje oczywiste korzyści, gdyż umożliwia produkcję masową, zmniejsza koszty produkcji i daje rury, posiadające strukturę bardziej ścisłą i drobnziarnistą, odporniejszą na korozję, posiadające wszędzie tę samą grubość i mogące być wykonanymi w długościach o wiele większych, niż te, które są odlewane w formach piaskowych, względnie te, które są formowane w znanych maszynach odlewniczych.

Aby móc dobrze spawać żeliwo w maszynach do spawania stykowego, należy jednak uwzględnić właściwości żeliwa, jego główne składniki

i ich wpływ na jego wytrzymałość. W tym celu podane są poniżej warunki mające wpływ na spawanie żeliwa.

Do użytku technicznego stosowane jest prawie wyłącznie żeliwo podeutektyczne, a więc żeliwo, zawierające 1,7 — 4,2% C, czyli tak zwane żeliwo szare, natomiast rzadko jest stosowane żeliwo nadeutektyczne, zawierające ponad 4,2% węgla, gdyż zawiera ono duże ilości gruboziarnistego grafitu i jest grubokrystaliczne, przez co ma ono złą wytrzymałość.

Również za małą zawartość węgla jest w technice niekorzystna. Im mniejsza jest zawartość węgla, tym mocniejsze jest zwykle żeliwo, ale tylko w pewnych granicach, gdyż przy niskiej zawartości węgla zwiększają się w żelwie naprężenia wewnętrzne, z punktu widzenia obróbki staje się ono twardsze, staje się szybko gęstopłynne, wymaga wyższej temperatury topienia i tworzy się w nim więcej pęcherzy.

Najłatwiejsze do operowania jest żeliwo, posiadające zawartość węgla od 2,9 do 3,5%.

Żeliwo z zawartością węgla, zbliżoną do żeliwa eutektycznego jest lekko topliwe, lekko obrabialne i posiada mało pęcherzy. Ma ono jednak przy złamaniu strukturę gruboziarnistą i małą wytrzymałość.

Wytrzymałość żeliwa opada w pewnych granicach z wzrostem zawartości grafitu. Z wzrostem zawartości grafitu w stosunku do węgla związanego spada również jego wytrzymałość na zgięcie i na ciągnięcie. Ponieważ krzem posiada mały wpływ na wytrzymałość, zmianę wytrzymałości należy odnieść do zawartości grafitu, która jednak jest tym wyższa, im wyższa jest zawartość krzemu. Ponad to duży wpływ na wydzielanie grafitu ma szybkość studzenia przetopu. Im wolniej zastygła stop żelaza z węglem, zawierający krzem, tym więcej wydzieli się grafitu. Postać grafitu wpływa na wytrzymałość i przy tych samych warunkach, żeliwo, zawierające drobnoziarnisty grafit posiada wyższą wytrzymałość, niż żeliwo z grafitem gruboziarnistym. Przy tej samej ilości grafitu i tym samym jego rozdrobnieniu, żeliwo, posiadające strukturę perlitową posiada lepszą wytrzymałość, niż żeliwo z strukturą ferrytową czy perlitowo-ferrytową. Z reguły można przyjąć, że wytrzymałość na ciągnięcie wzrasta z powiększeniem ilości struktury perlitowej. Przy strukturze wyłącznie perlitowej można otrzymać dal-

sze zwiększenie wytrzymałości tylko przez drobniejszy podział grafitu. Fosfor podwyższa wytrzymałość przy zawartości do 0,5%, ale przy większej jego zawartości wytrzymałość spada. Podwyższenie zawartości fosforu do 1,15% może np. zmniejszyć wytrzymałość udarową o 50 do 60%. W stanie płynnym, fosfor czyni żeliwo łatwiej topliwym, ale na zimno takie żeliwo jest bardziej kruche. Kruchość ta powiększa się przy zwiększaniu się zawartości węgla związanego, wobec czego żeliwo, zawierające więcej grafitu, znosi większą zawartość fosforu.

Z punktu widzenia odlewu odśrodkowego i następnego spawania oporowego oraz wyżarzania, stosownie do wynalazku, obiera się surowiec o składzie chemicznym podeutektycznym o stopniu nasycenia

$$S_c = \frac{\% C}{4,23 - 0,312 Si - 0,33P + 0,066 Mn} < 1,$$

przy czym w surowcu tym suma zawartości węgla i krzemu nie powinna być większa niż 6,2% a zawartość fosforu nie większa niż 0,7%.

Tego rodzaju materiał może być przed wyżarzaniem spawany oporowo, to znaczy, że zawiera on więcej związanego węgla, niż wolnego grafitu (t. zw. żeliwo białe), a po spawaniu — wyżarzony dla znormalizowania, poczym otrzymuje strukturę z przewagą ferrytyczną z drobno rozdrobnionym grafitem, wytrąconym tak, jak węgiel odżarzania, przy czym zostają zneutralizowane naprężenia, powstające przy spawaniu. Względnie mogą być rury odlewane odśrodkowo z surowca o składzie powyższym, poddane wyżarzaniu normalizacyjnemu przed spawaniem, a spawanie dokonane przy przewodzie żeliwa ferrytycznego, posiadającego drobno rozdrobniony grafit wytrącony, podobny do węgla odżarzania.

Rury o większej wytrzymałości otrzymuje się, gdy zawartość fosforu jest w nich poniżej 0,5% i gdy ten fosfor na skutek dyfuzji w wysokich temperaturach przechodzi do części ferrytycznych struktury pod postacią fosforków twardych i kruchych. Im drobniejsza struktura mają te fosforki i im mniejsza jest ogólna zawartość i drobniejszy podział wydzielonego grafitu, tym większa może być zawartość fosforu ponad 0,5% a więc aż do 0,7%, bez widocznego pogorszenia wytrzymałości żeliwa.

Aby wyeliminować niebezpieczeństwo tworzenia się w materiale rys i pęknięć przy spawaniu, zaleca się w przypadkach, gdy zawartość fosforu przekracza 0,5%, w szczególności dla rur, podlegających większym naprężeniom dynamicznym, aby ich materiał zawierał znane składniki dodatkowe, powiększające wytrzymałość i wydłużenie, jak np. Cr, Ni, Ti, V, Mo, Co, Mg, itd. w odpowiednich ilościach, osobno lub w zestawieniu z innymi składnikami. Materiał otrzymuje wtedy większą wytrzymałość przeciw powstającym w czasie oporowego spawania lokalnym przegrzaniom materiału i międzykrystalicznym naprężeniom na ostrych granicznych przejściach przy tych miejscach.

Na rysunku uwidoczniono schematycznie przykładowe urządzenie do wykonywania sposobu według wynalazku. Jako źródło ciepła służy tu prąd elektryczny zmienny, płynący z dużym natężeniem i pod małym napięciem, np. 7 do 15 woltów z transformatora *T* przez spawane części i dzięki ich oporom wewnętrznym i oporom z styku rozgrzewający ten styk do zmięknięcia względnie stopienia. *E* oznacza miedziane elektrody, *A* — spawane części, zaś *a* — odległość zamocowania.

Ze żeliwo wbrew dotychczasowym poglądom, w pewnych warunkach może być spawane oporowo, potwierdzają spawy próbne, przy których otrzymano dobre wartości wytrzymałości. W spawie np. przy spawaniu rur żeliwnych, wytworzonych odlewem odśrodkowym wytrzymałość na ciągnięcie 20 i 26,7 kg/mm² i całkowitą szczelność przy wewnętrznym ciśnieniu wody 200 atmosfer. Wytrzymałość na zginanie wynosiła 33 i 45 kg/mm².

Dla wyjaśnienia tak dobrych wyników w wykonanych spawach, należy wyjaśnić, że według wykresu żelazo-węgiel, w zakresie 2,7 — 3,6% C, dwa kawałki żeliwa, z których jeden zawiera 2,8%, a drugi 3,5% węgla, — nie mają tej samej temperatury topienia. Próbką z 2,8% C musi być ogrzana do 1295°C, podczas gdy próbka z 3,5% C wymaga ogrzania tylko do 1215°C dla uzyskania całkowitego stopienia. Jeżeli próbuje się spawać takie części, po jednej stronie spawu mogą pozostać niestopione kryształy, przez co spaw będzie niekompletny. Ujawnia się to przy próbie wytrzymałości spawanych części, jak również przy badaniu spawu przy pomocy promieni rentgenowskich, przy użyciu których okazuje się, że spaw nie jest

kompletny i znajdują się w nim powierzchnie nie przetopione.

Poza tym, żeliwo w stanie plastycznym lub stopionym posiada duże powinowactwo do tlenu powietrza i tendencję tworzenia tlenku żelaza, przez co tworzą się wrostki, które są bardzo szkodliwe w spawie, gdyż zmniejszają one wytrzymałość, szczególnie przy obciążeniach dynamicznych. Aby uniknąć utlenienia lub zmniejszyć wpływ już utworzonych tlenków, żeliwo spawane oporowo metodą spalania, polegającą na utworzeniu atmosfery ochronnej, która przeszkadza postępowi utleniania. Po ogrzaniu do przewidzianej temperatury, rozgrzaną część podtapia się na głębokość paru milimetrów, zależną od wielkości spawanej powierzchni i następnie spęcza się razem pod dużym ciśnieniem te dwie nadtopione sztuki. Podczas spęczania zostają wyciśnięte ze spawu wszelkie ewentualne wrostki tlenkowe.

Liczne próby wykazały, że usunięcie wrostków tlenkowych zależy bezpośrednio od zastosowanego ciśnienia spęczania na mm². Przy ciśnieniu 2,5 kg/mm², na spawanej powierzchni były jeszcze wyraźne wrostki tlenkowe, podczas gdy przy ciśnieniu 5 i 9 kg/mm² wyniki były korzystniejsze i tak wytrzymałość na ciągnięcie jak i na zginanie spawanych próbek wzrosły znacznie.

Dlatego ciśnienie spęczania winno wynieść 3—5 kg/mm² lub nawet więcej, przy czym 3 kg/mm² należy w wielu przypadkach uważać jako minimum. Przy oporowym spawaniu żeliwa jest poza tym ważne, aby przy dużej energii prądu elektrycznego otrzymać krótki czas spawania z możliwie wąską strefą ogrzania tak, aby materiał podlegający spęczaniu mógł szybko być oswobodzony od ciepła, doprowadzonego przy spawaniu. Tylko w ten sposób można uniknąć wydzielania się grafitu pod postacią płytek i otrzymać grafit dobrze rozdrobniony, oraz uniemożliwić przenoszenie ciepła dalej z nieuniknionym niebezpieczeństwem tworzenia rys.

Wytrzymałość na ciągnięcie próbki żeliwa o zawartości 3,0% C, 1,85% Si, 0,87% Mn, 0,45% P, 0,12% S wyniosła 27 kg/mm².

Potrzebna jest struktura z drobnoziarnistym grafitem lub z przewagą węgla związanego i małą ilością wydzielonego grafitu, gdyż dla otrzymania dobrej wytrzymałości w spawie należy dążyć do tej samej struktury, co w materiale spawanym,

a to celem zmniejszenia naprężeń międzykrystalicznych. Wskazane jest, między innymi, stosowanie żeliwa sferoidalnego.

Poza stosowaniem ciśnienia spęczania 3 — 5 kg/mm² spawanej powierzchni należy dążyć do wytworzenia jak najwęższej strefy ogrzania, przez doprowadzenie dużej energii spawania. Spawy próbne na rurach odlewanych wykazały, że dla spawu o powierzchni przekroju 340 mm² potrzebna energia w obwodzie elektrycznym wynosi 30 — 35 kVA, co odpowiada energii 230 — 270 kVA dla powierzchni spawu 2600 mm². Dla rury o powierzchni przekroju np. 18000 mm² wymagana moc wynosiła by 1500 kVA. Przy zastosowaniu niższej mocy musi być przedłużony czas nagrzewania.

Przy okrągłych prętach żeliwnych z żeliwa „handlowego“ otrzymano wytrzymałość na ciągnięcie, wynoszącą do 24,7 kg/mm². Użyta moc wynosiła w tym przypadku 125 kVA, a spawana powierzchnia 700 mm². W tym przypadku dzięki zastosowaniu dużej mocy czas spawania był dużo krótszy i nie zauważono wzrostów tlenkowych. Tym tłumaczą się wyjątkowo dobre wyniki prób wytrzymałościowych.

Stosunkowo dobre spawy można było otrzymać w tym przypadku już przy mocy 60 do 70 kVA.

W przypadku, gdy dwie spawane części różnią się swym składem chemicznym i na skutek tego przy ogrzaniu do temperatury spawania można się spodziewać w spawie różnych struktur na spawanych końcach tych dwóch części, przy tej części, która według analizy wykazuje, że później dojdzie do temperatury topienia, należy zmniejszyć odległość uchwytu *a* tak, aby przez zmniejszenie podgrzewanej masy materiału i w tej części można było otrzymać właściwą temperaturę spawania, przy jednoczesnym zagrzaniu drugiej części do właściwej dla niego temperatury spawania. Obliczenia odległości *a* można łatwo dokonać na podstawie wykresu żelazo-węgiel, przedstawiającego zależność temperatury topienia od zawartości węgla.

Przy wyrobie rur żeliwnych z kołnierzami z obydwóch końców nie jest celowe robienie odlewu odśrodkowego w kokilach, gdyż w czasie stygnięcia rura kurczy się i kołnierz zostaje przez to przesunięty. Z tego powodu nie było możliwe dotychczas wytwarzanie rur kołnierzowych sposobem odlewu odśrodkowego.

Według wynalazku rury żeliwne łączy się z odlanymi odśrodkowo kołnierzowymi zakończeniami, przy czym wskazane jest, aby jeden z nich lub obydwa te kołnierze żeliwne były odlane wraz z przynależną do nich częścią rury, po czym te części rurowe są przy lokalnym podgrzaniu powierzchni stykowych ściśnięte razem i bez dodatku innych materiałów ani topnika zostają razem stopione. Długość rur jest bez znaczenia.

Do ogrzewania i ściskania razem rur stosuje się znaną maszynę do spawania stykowego z przegrzaniem, w której każdy ze spawanych kawałków jest zamocowany w parze szczęk, podłączonych do źródła prądu elektrycznego, celem rozgrzania spawanych powierzchni styku.

Po dostatecznym rozgrzaniu obydwóch powierzchni stykowych zostają one w maszynie silnie do siebie dociśnięte. Wysokość temperatury i docisk dostosowuje się do przekroju i właściwości spawanego materiału.

Biorąc pod uwagę, że spawanym materiałem jest żeliwo i dla uniknięcia ewentualnego powstawania w nim rys, powierzchnie stykowe nagrzewa się raptownie, przez co zwięża się do minimum strefę nagrzania. Okazało się, że przez lokalne przegrzanie i silny docisk spęczający, chroniące spawane powierzchnie stykowe przed utlenieniem, otrzymuje się spaw ściśły i wolny od pęcherzy oraz wzrostów tlenkowych lub żużliowych. Otrzymane rury są nieprzenikliwe dla wody pod ciśnieniem, nawet przy największych dopuszczalnych dla nich ciśnieniach. Spaw taki, pod względem zdolności obróbczej, jest tak miękki jak i reszta rury. Próby wytrzymałości wykazują wartości, odpowiadające reszcie materiału. Przeprowadzone badania metalograficzne wskazują, że struktura spawu odpowiada strukturze reszty rury.

Sposób ten jest tani, gdyż nie stosuje się w nim żadnych modeli czy też rdzeni, a czynność spawania jest prosta i szybka. Poza tym, sposobem według wynalazku mogą być wytwarzane rury każdej żądanej długości, co bez bardzo znacznych kosztów nie jest możliwe znanymi sposobami dotychczasowymi.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób spawania rurowych odlewów żeliwnych, np. do wyrobu rur z kołnierzami na oby-

dwóch końcach, za pomocą spawania oporowego na maszynie do spawania stykowego z przegrzaniem, znamienny tym, że tak się dobiera zawartość krzemu w każdym ze spawanych kawałków odlewów, ażeby suma procentowej zawartości węgla i krzemu wynosiła nie więcej, niż 6,2%, a spawane odlewy posiadały zawartość fosforu najwyżej 0,7% i w swym składzie chemicznym wykazywały po-deutektyczny stopień nasycenia

$$S_c = \frac{\% C}{4,23 - 0,312 Si - 0,33P + 0,066 Mn} < 1,$$

przy czym spawane kawałki żeliwa były odlane sposobem odśrodkowym i po lub przed spawaniem na styk, — wyżarzane dla znor-

malizowania i przed spawaniem, albo posiadały więcej węgla związanego niż wolnego grafitu, lub też strukturę z przewagą ferrytyczną z drobno wydzielonym grafitem, podobnym do węgla odżarzania.

2. Sposób według zastrz. 1, znamienny tym, że dobiera się żeliwo o zawartości fosforu powyżej 0,5% z dodatkami składników stopowych, polepszających wytrzymałość lub ciągliwość, jak Cr, Ni, Mn, Ti, V, Mo, Co, Mg itd. w odpowiednich ilościach osobno lub w zestawieniu z innymi składnikami.

Manfred Waldemar Berg
Arved Mägi

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

