

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **226755**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **412614**

(51) Int.Cl.
B23K 11/24 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **08.06.2015**

(54) **Sposób sterowania zgrzewarką z serwomechanicznym dociskiem
i urządzenie do stosowania tego sposobu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
19.12.2016 BUP 26/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.09.2017 WUP 09/17

(73) Uprawniony z patentu:
INSTYTUT SPAWALNICTWA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
ZYGMUNT MIKNO, Gliwice, PL
BOGUSŁAW GRZESIK, Gliwice, PL
MARIUSZ STĘPIEŃ, Gliwice, PL
KAZIMIERZ CZYŁOK, Gliwice, PL

PL 226755 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób sterowania procesem zgrzewania rezystancyjnego z serwomechanicznym dociskiem elektrod oraz urządzenie do realizacji tego sposobu.

Serwomechaniczny system docisku jest odpowiedzialny za wywarcie odpowiedniej siły docisku elektrod, w czasie procesu zgrzewania. Siła docisku jest jednym z trzech głównych parametrów technologii zgrzewania rezystancyjnego oprócz wartości prądu i czasu jego przepływu. Wartość siły powinna być odpowiednio wysoka dla zapewnienia dobrego kontaktu elektrod z materiałem zgrzewanym z uwagi na duży prąd zgrzewania (kilkadziesiąt kA) oraz jej przebieg powinien być odpowiedni dla zapewnienia korzystnego rozkładu gęstości mocy zgrzewania (odpowiednia rezystancja, gęstość prądu).

Obecnie stosowane rozwiązania sterowania dociskiem elektrod w procesie zgrzewania rezystancyjnego należy podzielić na klasyczne z tzw. pneumatycznym systemem docisku oraz rozwiązania stosunkowo nowe z serwomechanicznym systemem docisku elektrod zgrzewarki. Przy docisku jest to zadawanie i sterowanie różnymi wartościami siły docisku w czasie zgrzewania. Prezentowany wynalazek dotyczy nowych rozwiązań, tj. serwomechanicznego docisku elektrod ze sterowaniem przemieszczenia elektrod głównie w czasie przepływu prądu zgrzewania i nie tylko.

Istnieją rozwiązania w zakresie konstrukcji zgrzewarek z serwomechanicznym dociskiem.

Znane jest rozwiązanie z opisu patentowego US5484975 A (1996) gdzie sterowanie siłą(/y) docisku elektrod odbywa się w wyniku zadawania (sterowania) wyłącznie różnymi wartościami siły docisku w poszczególnych przedziałach technologii. Układ sterowania kompleksowo (całościowo) steruje zarówno prądem zgrzewania (wartość prądu i czas przepływu), jak i siłą docisku elektrod.

W dotychczasowych rozwiązaniach, w zakresie sterowania procesem zgrzewania, nie ma informacji na temat sterowania przemieszczeniem elektrod w czasie przepływu prądu zgrzewania. Wszystkie rozwiązania bazują na sterowaniu wartością siły docisku.

Natomiast w zakresie budowy (konstrukcji) zgrzewarki z systemem serwomechanicznym wszystkie rozwiązania dotyczą tylko kompleksowego rozwiązania w postaci sterowania prądem zgrzewarki i silnikiem serwo (siłą docisku). W dostępnych dokumentach patentowych oraz specjalistycznej literaturze z zakresu zgrzewania nie napotkano informacji na temat rozdzielania sterowania prądem zgrzewania i silnikiem serwo na dwa niezależne sprzętowe układy.

Sposób sterowania, szczególnie w czasie przepływu prądu zgrzewania, w odróżnieniu od proponowanych rozwiązań dotyczących sterowania wartością siły docisku, polega na sterowaniu przemieszczeniem elektrod.

Dla podkreślenia istoty wynalazku należy rozróżnić czym jest parametr sterowany, a czym parametr wynikowy w procesie sterowania siłą lub/i przemieszczeniem elektrod w technologii zgrzewania rezystancyjnego.

W czasie sterowania siłą docisku elektrod wynikiem (efektem) końcowym jest przemieszczenie elektrod, na które składa się oddziaływanie zadanej (realizowanej/wywieranej) siły i oddziaływania oporu mechanicznego (termiczna rozszerzalność) materiałów zgrzewanych. Dla systemów z serwomechanicznym dociskiem, podobnie jak dla systemów pneumatycznych, nie ma kontroli końcowego położenia elektrod. Są dwie zasadnicze niedogodności wynikające z takiego sposobu sterowania. Po pierwsze, w czasie przepływu prądu, jak i po jego zaniku, elektroda w wyniku sterowania siłą przesuwa się (bez kontroli, brak sterowania przemieszczenia) w głąb materiału do uzyskania równowagi sił tj. siły docisku elektrod i oporu mechanicznego wywieranego (stawianego) przez materiały zgrzewane. Po drugie w czasie zadawania innej wartości siły (w przedziałach technologii dla systemu serwomechanicznego) występuje opóźnienie rzędu 50–70 ms pomiędzy dwoma kolejnymi wartościami siły docisku. W tym czasie (przełączania wartości siły) może dochodzić do obniżenia aktualnej wartości wywieranej siły.

W czasie sterowania przemieszczeniem elektrod w systemach serwomechanicznych, wynikiem (efektem) końcowym jest siła docisku elektrod. Przesunięcie elektrod realizowane jest według zadanej trajektorii (parametry zadane). W tym przypadku nie ma negatywnego wpływu oddziaływania termicznego materiałów zgrzewanych (przy odpowiednio dużej mocy silnika serwo i odpowiednio dobranych parametrach sterowania), gdyż zawsze jest realizowane zadane przemieszczenie bez względu na opór mechaniczny wywierany (stawiany) przez elementy zgrzewane. Takie sterowanie pozwala na uzyskanie pożądanego (zamierzonego) przemieszczenia elektrod, a wynikiem jest przebieg siły docisku. Dodatkowo, co jest istotne, zmiana przemieszczenia w poszczególnych przedziałach techno-

logii odbywa się bez opóźnienia, co oznacza, że możemy uzyskać wynikową siłę docisku również bez opóźnienia. W tym przypadku uzyskiwany jest przebieg siły docisku o bardzo dużej dynamice zmian wartości, niemożliwy do uzyskania w przypadku sterowania siły docisku (w systemach serwomechanicznego docisku).

Sposób według wynalazku polega na tym, że na początku procesu zgrzewania przed przepływem prądu w wyniku sterowania bloku siły docisku elektrod, elektrody dociskane są do siebie i wywierają zadaną początkową wartość siły docisku nie większą niż 30% od wartości siły na zakończenie przepływu prądu zgrzewania, która jest zawsze taka sama, bez względu na tolerancję grubości zgrzewanych elementów, a następnie przełącza się tryb pracy silnika serwo za pośrednictwem układu sterowania silnikiem serwo i jego wewnętrznego bloku sterowania przemieszczeniem elektrod w tryb sterowania przemieszczeniem, który zapewnia (umożliwia) wykonanie kilkunastu różnych przedziałów technologii po sobie następujących bez opóźnienia a po przełączeniu trybu pracy równolegle wysyłany jest sygnał startu do układu sterowania prądem zgrzewania, i realizowane jest równolegle sterowanie prądem zgrzewania oraz ruchem (przemieszczeniem) elektrod, a po zakończeniu przepływu prądu zgrzewania przełącza się ponownie tryb pracy w układzie sterowania silnikiem serwo za pośrednictwem jego wewnętrznego bloku sterowania siły docisku elektrod i elektrody dociska się siłą kilka razy wyższą jak na zakończenie przepływu prądu, w czasie nie dłuższym niż 50–70 ms.

Urządzenie według wynalazku charakteryzuje się tym, że układ sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) połączony jest bezpośrednio jednym ze swoich wyjść z układem sterowania prądem zgrzewania oraz drugim wyjściem z falownikiem silnika serwo (serwomechanicznego), za pośrednictwem jednego z wewnętrznych bloków układu sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym), to jest blokiem sterowania przemieszczeniem elektrod lub blokiem sterowania siłą docisku elektrod, przy czym falownik silnika serwo (serwomechanicznego) połączony jest z jednej strony swoim wyjściem z silnikiem serwo (serwomechanicznym) oraz dwoma wejściami dołączonymi do bloku zabezpieczeń sprzętowych, z których jedno wejście dołączone jest bezpośrednio do bloku czujnik górnego położenia elektrody (ruchomej), a drugie bezpośrednio dołączone jest do bloku stopu awaryjnego, gdzie obydwie bloki stanowią integralną część bloku zabezpieczeń sprzętowych, natomiast trzecie wejście bloku falownika silnika serwo (serwomechanicznego) połączone jest z jednym wyjściem głównego wyłącznika zasilania, którego wejście podłączone jest z blokiem stopu awaryjnego mieszczącego się w bloku zabezpieczeń sprzętowych, a drugie wyjście głównego wyłącznika zasilania podłączone jest do bloku układu sterowania prądem zgrzewania, który połączony jest swym wyjściem z transformatorem zgrzewarki.

Sposób według wynalazku tzw. *hybrydowy*, bazuje na sterowaniu w czasie przepływu prądu zgrzewania przemieszczeniem elektrod. Jednak przed przepływem i po zaniku przepływu prądu sterowana jest siła. Taki sposób sterowania pozwala na wywarcie odpowiedniej siły docisku elektrod na początku (przedział 1), z reguły o wartości mniejszej niż dla systemu pneumatycznego docisku. W czasie przepływu prądu, co jest bardzo ważne, bez opóźnienia realizowane jest przemieszczenie elektrod możliwe do wykonania w kilkunastu przedziałach ($x \cdot n$), w odróżnieniu do sposobu sterowania siły dla systemu serwomechanicznego docisku, gdzie można wykonać jedynie trzy lub cztery takie przedziały (w zależności od technologii zgrzewania tj. od czasu przepływu prądu). Taki sposób sterowania jest korzystniejszy z uwagi na docięnięcie elementów zgrzewanych zawsze z tą samą siłą na początku procesu (przed przepływem prądu) bez względu na różne grubości materiałów zgrzewanych wynikające z tolerancji ich wykonania. Na zakończenie procesu zgrzewania można bardzo szybko docisnąć elementy zgrzewane z większą siłą w tzw. fazie spęczania.

Urządzenie według wynalazku dotyczy budowy zgrzewarki i wzajemnych relacji pomiędzy sterowaniem prądem zgrzewania i sterowaniem pracą silnika serwo.

Atutem proponowanego rozwiązania jest taki sposób opracowania systemu sterowania, który pozwala na modernizację dotychczasowych zgrzewarek w zakresie wymiany systemu pneumatycznego na serwomechaniczny (wyposażenie w silnik serwo i układ sterowania silnikiem).

Rozwiązanie takie daje większe szanse na wdrożenie z uwagi na zdecydowanie niższe koszty w stosunku do zakupu nowej zgrzewarki (o 30% – 70%).

Zasadnicza różnica polega więc na możliwości modernizacji dotychczasowych zgrzewarek z pneumatycznym dociskiem i zastosowanie nowego podzespołu, jakim jest silnik serwo do wywierania docisku elektrod. W modernizowanej zgrzewarce pozostaje dotychczasowy układ sterowania prądem zgrzewania.

Sterowanie przemieszczeniem elektrod, realizowane w czasie przepływu prądu, odbywa się bez opóźnienia pomiędzy poszczególnymi przedziałami technologii w odróżnieniu od sposobu sterowania siłą docisku, gdzie opóźnienie pomiędzy przedziałami wynosi od 50 do 70 ms. Możliwe jest zatem zadanie i wykonanie kilkunastu różnych przedziałów, szczególnie w czasie typowej technologii zgrzewania, tj. przepływu prądu zgrzewania w czasie około 200 ms, jest to zdecydowanie więcej niż przy sposobie sterowania siłą docisku (maksymalnie trzy/cztery przedziały).

Drugą bezsporną korzyścią jest szybkość realizacji zadanej wartości siły lub/i przemieszczenia. Wspomniane opóźnienie w sposobie sterowania siłą docisku jest opóźnienie 50–70 ms, w którym używana będzie założona (zadana) wartość siły. W przypadku sterowania przemieszczenia/em szybkość jest zdecydowanie wyższa (nawet 10–20 krotnie).

Zaletami takiego rozwiązania są np. kontrolowany i sterowany wgniot (wglębiecie) elektrod w materiał zgrzewany, co pozwala na uzyskanie estetyki złącza lub uzyskania dużej powtarzalności wykonywania połączenia i zachowania dużej tolerancji wymiarowej konstrukcji zgrzewanej.

W praktyce uzyskiwana jest zdecydowanie lepsza jakość zgrzewania. W przypadku systemu serwomechanicznego docisku elektrod, szczególnie w czasie przepływu prądu zgrzewania, sposób sterowania polega na sterowanym i w pełni kontrolowanym przemieszczeniu elektrod. Stanowi to novum i istotną z punktu widzenia jakości procesu zaletę takiego rozwiązania.

Przedmiot według wynalazku został przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy zgrzewarki z serwomechanicznym dociskiem, z rozdzielonym układem sterowania prądem zgrzewarki (zgrzewania) oraz siłą docisku lub przemieszczeniem), fig. 2 – schemat urządzenia, fig. 3 – przebiegi parametrów procesu: prądu zgrzewania, siły docisku i przemieszczenia elektrod dla sterowania przemieszczeniem w całym zakresie technologii zgrzewania, a fig. 4 przedstawia hybrydowy sposób sterowania (siły lub/i przemieszczenia elektrod).

Elementy konstrukcyjne zgrzewarki (fig. 1) to elektroda ruchoma górna **ERG**, która jest połączona mechanicznie za pośrednictwem interfejsu mechanicznego **IM** z silnikiem serwo **SS** i odizolowana elektrycznie od korpusu zgrzewarki **KZ**. Możliwa jest również konstrukcja zgrzewarki z dodatkowym czujnikiem siły docisku **CzSD** umieszczonym pomiędzy interfejsem mechanicznym **IM** a elektrodą ruchomą górną zgrzewarki **ERG**. Elektroda dolna nieruchoma **EDN** jest połączona mechanicznie z korpusem zgrzewarki **KZ** i jest również odizolowana elektrycznie od korpusu zgrzewarki **KZ**. Połączenie elektryczne elektrody ruchomej górnej **ERG** do transformatora zgrzewarki **TZ**, do jednego z jego wyprowadzeń uzwojenia wtórnego, zrealizowane jest za pośrednictwem elastycznego łącznika prądu **EŁP**. Do drugiego z wyprowadzeń uzwojenia wtórnego transformatora zgrzewarki **TZ** doprowadzona jest elektroda nieruchoma dolna **END**. Na elektrodach zgrzewarki, w obwodzie wtórnym zgrzewania, umieszczony jest bezkontaktowy czujnik pomiaru prądu zgrzewania **CzPP**. Elementy zgrzewane **EZ** są dociskane w czasie zgrzewania za pomocą elektrod zgrzewarki, tj. elektrody ruchomej górnej **ERG** i elektrody nieruchomej dolnej **END**.

Nowe rozwiązanie wynalazku dotyczy zastosowania silnika serwomechanicznego docisku **SS** w procesie zgrzewania, co wiąże się z odmienną budową zgrzewarki oraz sposobem sterowania silnikiem serwo, które odbywa się według sposobu sterowania siłą (wartością) docisku elektrod **SSDE** lub/i sterowanie przemieszczeniem elektrod **SPE** elektrody ruchomej górnej zgrzewarki **ERG**. Elementy odpowiedzialne za sterowanie przebiegiem procesu zgrzewania to układ sterowania silnikiem serwo **USSS**, który z jednej strony steruje falownikiem silnika serwo **FSS**, według opcji (sposobu) sterowania **SPE** (sterowanie przemieszczeniem elektrod) lub **SSDE** (sterowanie siłą docisku elektrod) a ten w dalszej kolejności steruje pracą silnika serwo **SS**, z drugiej strony układ sterowania silnikiem serwo **USSS** wysyła sygnał startu do sprzętowo niezależnego układu sterowania prądem zgrzewania **USPZ**, który steruje prądem zgrzewania za pośrednictwem transformatora zgrzewarki **TZ**.

W urządzeniu tym silnik serwomechaniczny **SS** połączony jest z falownikiem silnika serwo (serwomechanicznego) **FSS**, który pełni rolę układu sterowania (pracą) silnika serwo i wysyła sygnały sterujące dotyczące przemieszczenia lub siły docisku, które to wartości powinien osiągnąć/wykonać silnik serwo **SS**, a w drugą stronę silnik serwo **SS** wysyła informacje do falownika silnika serwo **FSS** związane z aktualnym położeniem wału silnika względem ustalonej wartości zera geometrycznego (**ZG**), wyznaczonej wcześniej w specjalnej procedurze przygotowania do pracy i zapisanej do układu sterowania silnikiem serwo **USSS**. Innymi wielkościami wyznaczanymi na potrzeby poprawnej pracy silnika serwo **SS** są: i) tablica kalibracji **TK** zawierająca przyporządkowane (przypisane) wartości prądu silnika serwo **SS** i siły docisku elektrod, ii) wartość otwarcia elektrod **OE**, iii) wartość zamknięcia elektrod **ZE**. Falownik silnika serwo **FSS** sterowany jest z układu sterowania silnikiem serwo **USSS**,

który realizuje sterowanie według wybranego trybu pracy, tj. siły docisku lub/i przemieszczenia. Oprócz trybu pracy, układ sterowania silnikiem serwo **USSS** przesyła ponadto do falownika silnika serwo **FSS** odpowiednie wartości zadane siły (**SSDE**) lub przemieszczenia (**SPE**), które są jednocześnie parametrami technologii zgrzewania i z reguły są różne dla każdego z przedziałów wykonywanej technologii zgrzewania.

Do falownika silnika serwo **FSS** doprowadzone są sygnały z bloku zabezpieczeń sprzętowych **BZS**, tj. sygnał z krańcowego czujnika górnego położenia elektrody (ruchomej) **KCzGPE** i wyłącznika stopu awaryjnego **SA** oraz zasilanie elektryczne poprzez blok głównego wyłącznika zasilania **GWZ**. Czujnik (krańcowy) górnego położenia elektrody (ruchomej) **KCzGPE** wykrywa i sygnalizuje przemieszczenie (ruch) elektrody poza dozwolony (górnny) obszar pracy, natomiast stop awaryjny **SA** natychmiast przerywa obwód podtrzymania blokady hamulca silnika serwo **SS** i powoduje natychmiastowe jego zatrzymanie (tj. silnika serwo) w przypadku sytuacji awaryjnej, w której obsługa dokona włączenia (uaktywnienia) wyłącznika.

Uaktywnienie sygnału stopu awaryjnego **SA**, który jest doprowadzony do bloku głównego wyłącznika zasilania **GWZ** powoduje w konsekwencji wyłączenie zasilania do wszystkich układów sterowania, tj. falownika silnika serwo **FSS**, układu sterowania prądem zgrzewania **USPZ** i układu sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS**.

Układ sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS** i układ sterowania prądem zgrzewania **USPZ** stanowią integralną część układu sterowania zgrzewarki **USZg**. Wyjście sygnału z układu sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS** połączone jest z układem sterowania prądem zgrzewania **USPZ**, który z kolei jest podłączony do transformatora zgrzewarki **TZ** i jest odpowiedzialny za sterowanie prądem zgrzewania. Dla nowych zgrzewarek układ sterowania zgrzewarki **USZg** realizuje całościowo funkcje układu sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS** i układu sterowania prądem zgrzewania **USPZ**.

W przypadku modernizacji zgrzewarki (wymiana systemu pneumatycznego na serwomechaniczny) układ sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS** jest układem dodatkowym do układu sterowania prądem zgrzewania **USPZ**, ale jednocześnie niezależnym układem sterowania odpowiedzialnym za pracę silnika serwo **SS**. Sekwencja pracy obydwu układów sterowania (**USSS** i **USPZ**) polega na tym, że najpierw ustalane jest zadane położenie elektrod zgrzewarki w wyniku zestawienia połączenia w torze **USSS – FSS – SS** i odpowiedniego wysterowania silnika serwo celem uzyskania odpowiedniego zadanego położenia elektrod zgrzewarki i wywarcia początkowej siły docisku. Po osiągnięciu zadanego położenia wynikającego z realizacji pierwszego przedziału technologii, wysyłany jest sygnał startu do układu sterowania zgrzewarki **USZg**. Od tego momentu równolegle realizowane jest sterowanie układu sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS** i układu sterowania prądem zgrzewania **USPZ**.

Sterowanie silnikiem serwo poprzez układ sterowania **USSS** wymaga procedur wstępnego skalibrowania i ustawień wstępnych dla celów poprawnej pracy całego układu, tj. zgrzewarki.

Pierwszą procedurą jest przeprowadzenie kalibracji, która polega na zadawaniu różnych prądów sterujących silnika serwo **SS** w zakresie jego pracy i dokonanie pomiaru rzeczywistej siły docisku elektrod zgrzewarki. Parametry te są wpisane w tablicę kalibracji **TK** układu sterowania **USSS** i w zależności od nastawionej siły docisku w parametrach zadanych technologii zgrzewania zadawany jest odpowiedni prąd silnika serwo **SS**. Wywarcie odpowiedniej siły docisku zrealizowane jest poprzez przekształcanie wartości siły na odpowiadającą tej wartości prądu silnika serwo **SS**.

Drugą procedurą jest procedura ustawienia zera geometrycznego elektrod zgrzewarki, którą przeprowadza się za każdym razem podczas uruchomienia zgrzewarki bądź wymiany elektrod (nasadek elektrod **NE**). Procedura ta przeprowadzona jest w kilku kolejnych krokach w zależności od wyposażenia lub nie niewyposażenia zgrzewarki w czujnik siły docisku i polega na tym, że zadawana jest siła docisku elektrod wartości nie mniejszej niż stosowana w technologii zgrzewania, dla dopasowania wymiennych nasadek elektrod **NE** do elektrod zgrzewarki, tj. elektrody ruchomej górnej **ERG** i elektrody nieruchomej dolnej **END** oraz dla skasowania luzów mechanicznych w układzie docisku, zadawana jest siła docisku elektrod o wartości nieznacznie powyżej minimalnej wartości (10% siły maksymalnej), która spowoduje ruch elektrody ruchomej górnej **ERG** i zetknięcie się obydwu elektrod. W przypadku konfiguracji zgrzewarki bez czujnika siły docisku **CzSD**, wartość takiego położenia wału silnika serwo **SS** jest zapamiętana i zapisana w układzie sterowania **USSS**, jako zero geometryczne **ZG** elektrod zgrzewarki.

W przypadku wyposażenia zgrzewarki w czujnik siły docisku elektrod **CzSD**, następuje powolny programowy powrót elektrody ruchomej górnej **ERG** aż do uzyskania zerowej wartości siły docisku elektrod. W tym przypadku ta wartość stanowi wartość zera geometrycznego elektrod (zgrzewarki) **ZG**. W ten sposób dokładność wyznaczenia zera geometrycznego jest lepsza (dokładniej wyznaczona), co ma wpływ na dokładność realizacji technologii zgrzewania związanej z uzyskaniem większej dokładności wartości rzeczywistej siły docisku w odniesieniu do wartości zadanych.

Trzecia procedura polega na wyznaczeniu i wpisaniu do układu sterowania **USSS** wartości otwarcia **OE** zamknięcia elektrod **ZE** w odniesieniu do zera geometrycznego **ZG**. Wartość otwarcia elektrod pozwala na swobodne wprowadzenie materiałów zgrzewanych w przestrzeń roboczą zgrzewarki (pomiędzy elektrody), a wartość zamknięcia elektrod pozostawia pewien nieznaczący (dowolny) odstęp elektrod od materiałów zgrzewanych i służy skróceniu czasu zgrzewania i poprawy warunków pracy (zmniejszenie udarowych uderzeń elektrod o materiał zgrzewany, przyspiesza cykl pracy).

Układ sterowania silnikiem serwo **USSS** dokonuje sterowania według różnych sposobów sterowania siły lub/i przemieszczenia elektrod. Sterowanie w danej chwili odbywa się za pośrednictwem jednego z dwóch bloków, tj. sterowanie siły docisku elektrod **SSDE** lub sterowanie przemieszczeniem elektrod **SPE**.

Dwa przykładowe sposoby sterowania z fig. 1 (a i c) przedstawiono na fig. 3 i fig. 4.

Figura 3 przedstawia sposób sterowania według przemieszczenia elektrod. Proces technologii zgrzewania rozpoczyna się od pozycji otwarcia elektrod **OE**. Następnie elektrody dochodzą do pozycji zamknięcia elektrod **ZE** (przedział 1a), nie dotykając jeszcze materiałów zgrzewanych, stąd wartość siły docisku jest zerowa. W kolejnym wykonywanym kroku (**1b**), następuje zetknięcie elektrod z elementami zgrzewanymi i siła docisku uzyskuje swoją początkową wartość wynikającą z zadanego przemieszczenia elektrod. W przedziale (**1c**) wartość przemieszczenia jest zerowa, a sam przedział służy do ustabilizowania położenia elektrod i tym samym wartości siły docisku elektrod. W przedziale (**2a₁**) następuje start przepływu prądu. W dalszej części, w przedziale (**2b₁**) w wyniku przepływu prądu, materiał staje się plastyczny i dla zapewnienia poprawnego przebiegu procesu zgrzewania postępuje ruch elektrod, i obserwowany jest wzrost siły docisku. W przedziale (**2c₁**) pomimo np. wstrzymania ruchu elektrody ruchomej wzrasta wartość siły z uwagi na nagrzewanie i rozszerzalność termiczną obszaru zgrzewania. Sekwencja przemieszczenia **2a₁**, **2b₁**, **2c₁** może być powtarzana z różną wartością przemieszczenia i wielokrotnie (**x n**), a dla różnych technologii ruch elektrody może być realizowany w kierunku odwrotnym. Po zaniku prądu zgrzewania (**3a**) zadawane jest dalsze przemieszczenie elektrod celem zagęszczenia krzepnącego jądra roztopionego metalu. Przedział (**3b**) służy do zapewnienia chłodzenia roztopionego metalu w obszarze zgrzewania. W przedziale (**3c**) następuje wycofanie elektrody i powrót do pozycji wyjściowej. W prezentowanym sposobie sterowania następuje sterowanie przemieszczeniem elektrod, a wynikiem jest siła docisku elektrod. Zaletą sposobu sterowania z przemieszczeniem jest możliwość realizacji (dowolnie) dużej i zdecydowanie większej sekwencji iteracji (przedziałów) **2a₁**, **2b₁** i **2c₁** (**x n**), niż dla sterowania siły docisku elektrod.

Figura 4 przedstawia hybrydowy sposób sterowania, który polega na sterowaniu wartością siły docisku elektrod przedział (**1**) i po zakończeniu przepływu prądu zgrzewania przedział (**3**), a w czasie przepływu prądu sterowane jest przemieszczenie elektrod (**2**). W wyniku sterowania elektrody przesuwają się od pozycji tzw. zamknięcia elektrod **ZE** i przed przepływem prądu zgrzewania wywierają zadaną początkową wartość siły docisku. Tryb pracy ze sterowaniem siłą docisku elektrod w pierwszym przedziale **SSDE** (**1**) pozwala na wywarcie założonej (zadanej) wartości siły, bez względu na np. tolerancję grubości zgrzewanych elementów. Elementy zgrzewane są dociskane zawsze z tą samą siłą docisku. Wynikiem sterowania siły docisku elektrod jest przemieszczenie elektrod i wstępny zgniot (ściśnięcie /dociśnięcie) materiałów zgrzewanych. Następnie, w układzie sterowania silnikiem serwo **USSS** przełączany (uaktywniany) jest tryb sterowania tj. sterowanie przemieszczeniem elektrod **SPE**, a sygnały wysyłane są do falownika silnika serwo **FSS**, który steruje pracą silnika serwo **SS**.

Dopiero po tym czasie, gdy przedstawiony jest tryb pracy, rozpoczyna się przepływ prądu zgrzewania (**2**). Zaletą trybu pracy z przemieszczeniem elektrod jest wykonywanie szybkich, wielokrotnych, nawet rewersyjnych przemieszczeń bez żadnych opóźnień. Zysk technologiczny (zalety) jest bardziej zauważalny przy technologiach zgrzewania z dużym przemieszczeniem (zgrzewanie garbowe). Opóźnienia o których mowa (50–70 ms) są obserwowane (zauważalne) przy sterowaniu siły docisku **SSDE**, co uniemożliwia zadawanie i wykonywanie technologii zgrzewania z tak wieloma, różnymi wartościami siły docisku w czasie przepływu prądu (200 ms), jak dla trybu pracy ze sterowaniem przemieszczeniem elektrod **SPE**.

Po zakończeniu przepływu prądu (3), ponownie przełączany jest tryb sterowania siły docisku SSDE. Powoduje to ponowne opóźnienie około 50–70 ms, ale wartość tego czasu opóźnienia jest zdecydowanie mniejsza od uznawanego za krytyczny z uwagi na ochładzanie roztopionego obszaru jądra, tj. 300 ms i dlatego taka wartość jest akceptowalna w tej fazie wykonywania technologii (po zaniku przepływu prądu). Takie sterowanie wartością siły docisku pozwala na szybkie wywarcie większej siły docisku niż to ma miejsce w czasie przepływu prądu zgrzewania, co powoduje tzw. skucie materiałów zgrzewanych i większe zagęszczenie roztopionego a w tej fazie już krzepnącego materiału jądra zgrzeiny. Taki zabieg w postaci powiększonej siły docisku wpływa na poprawę wytrzymałości wykonywanych połączeń zgrzewnych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób sterowania zgrzewarką z serwomechanicznym dociskiem, **znamienny tym**, że sterowanie ruchem elektrod zgrzewarki odbywa się w naprzemiennych trybach pracy tak, że na początku procesu zgrzewania przed przepływem prądu w wyniku sterowania bloku siły docisku elektrod **SSDE** elektrody dociskane są do siebie i wywierają zadaną początkową wartość siły docisku nie większą niż 30% wartości siły na zakończenie przepływu prądu zgrzewania, która jest zawsze taka sama (na początku) bez względu na tolerancję grubości zgrzewanych elementów, a następnie przełącza się tryb pracy silnika serwo **SS** za pośrednictwem układu sterowania silnikiem serwo **USSS** i jego wewnętrznego bloku sterowania przemieszczeniem elektrod **SPE** w tryb sterowania przemieszczeniem, który zapewnia (umożliwia) wykonanie kilkunastu różnych przedziałów technologii po sobie następujących bez opóźnienia, a po przełączeniu trybu pracy równolegle wysyłany jest sygnał startu do układu sterowania prądem zgrzewania **USPZ**, i realizowane jest równolegle sterowanie prądem zgrzewania oraz ruchem (przemieszczeniem) elektrod, a po zakończeniu przepływu prądu zgrzewania przełącza się ponownie tryb pracy w układzie sterowania silnikiem serwo **USSS** za pośrednictwem jego wewnętrznego bloku sterowania siły docisku elektrod **SSDE** i elektrody dociska się siłą kilka razy wyższą, jak na zakończenie przepływu prądu, w czasie nie dłuższym 50–70 ms.
2. Urządzenie sterowania zgrzewarką rezystancyjną z serwomechanicznym dociskiem, **znamiennie tym**, że układ sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS** połączony jest bezpośrednio jednym ze swoich wyjść z układem sterowania prądem zgrzewania **USPZ** oraz drugim wyjściem z falownikiem silnika serwo (serwomechanicznego) **FSS**, za pośrednictwem jednego z wewnętrznych bloków układu sterowania silnikiem serwo (serwomechanicznym) **USSS**, to jest blokiem sterowania przemieszczeniem elektrod **SPE** lub blokiem sterowania siłą docisku elektrod **SSDE**, przy czym falownik silnika serwo (serwomechanicznego) **FSS** połączony jest z jednej strony swoim wyjściem z silnikiem serwo (serwomechanicznym) **SS** oraz dwoma wejściami dołączonymi do bloku zabezpieczeń sprzętowych **BZS**, z których jedno wejście dołączone jest bezpośrednio do bloku krańcowego czujnika górnego położenia elektrody (ruchomej) **KCzGPE**, a drugie bezpośrednio dołączone jest do bloku stopu awaryjnego **SA**, gdzie obydwa bloki stanowią integralną część bloku zabezpieczeń sprzętowych **BZS**, natomiast trzecie wejście bloku falownika silnika serwo (serwomechanicznego) **FSS** połączone jest z jednym wyjściem głównego wyłącznika zasilania **GWZ**, którego wejście podłączone jest z blokiem stopu awaryjnego **SA** mieszczącego się w bloku zabezpieczeń sprzętowych **BZS**, a drugie wyjście głównego wyłącznika zasilania **GWZ** podłączone jest do bloku układu sterowania prądem zgrzewania **USPZ**, który połączony jest swym wyjściem z transformatorem zgrzewarki **TZ**.

Rysunki

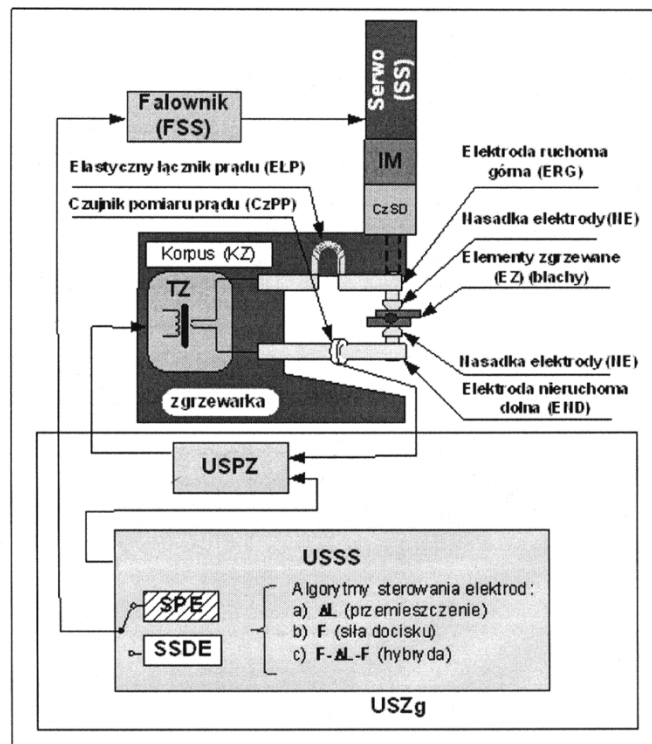


Fig. 1

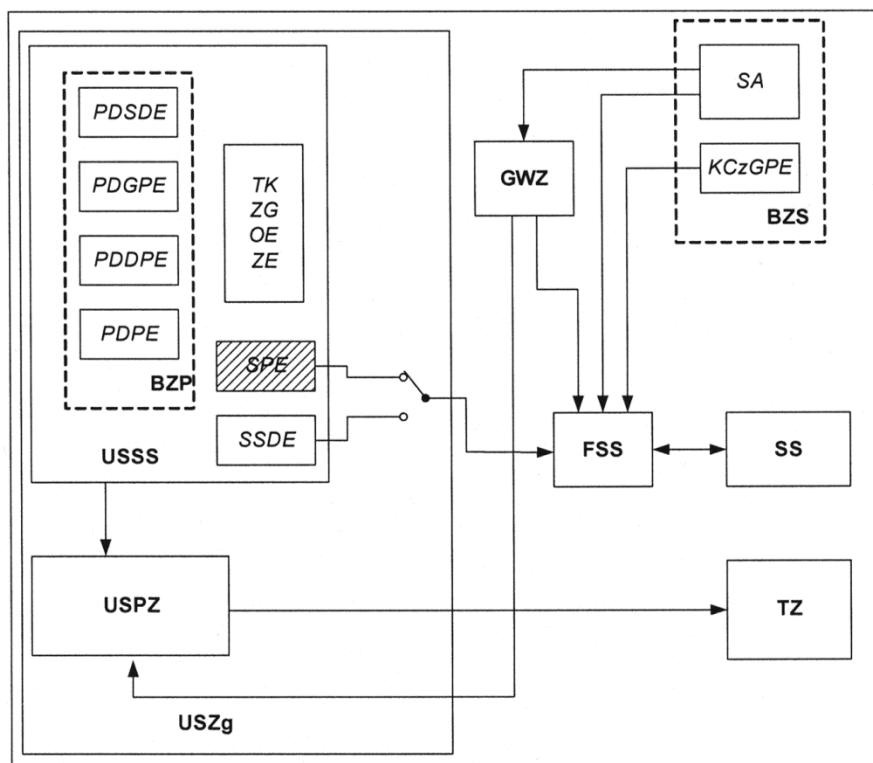


Fig. 2

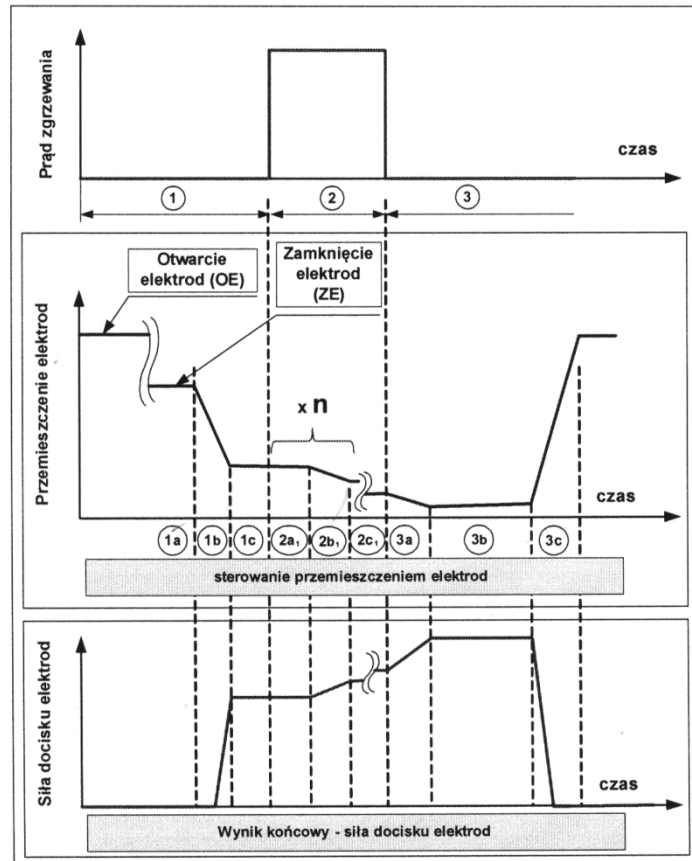


Fig. 3

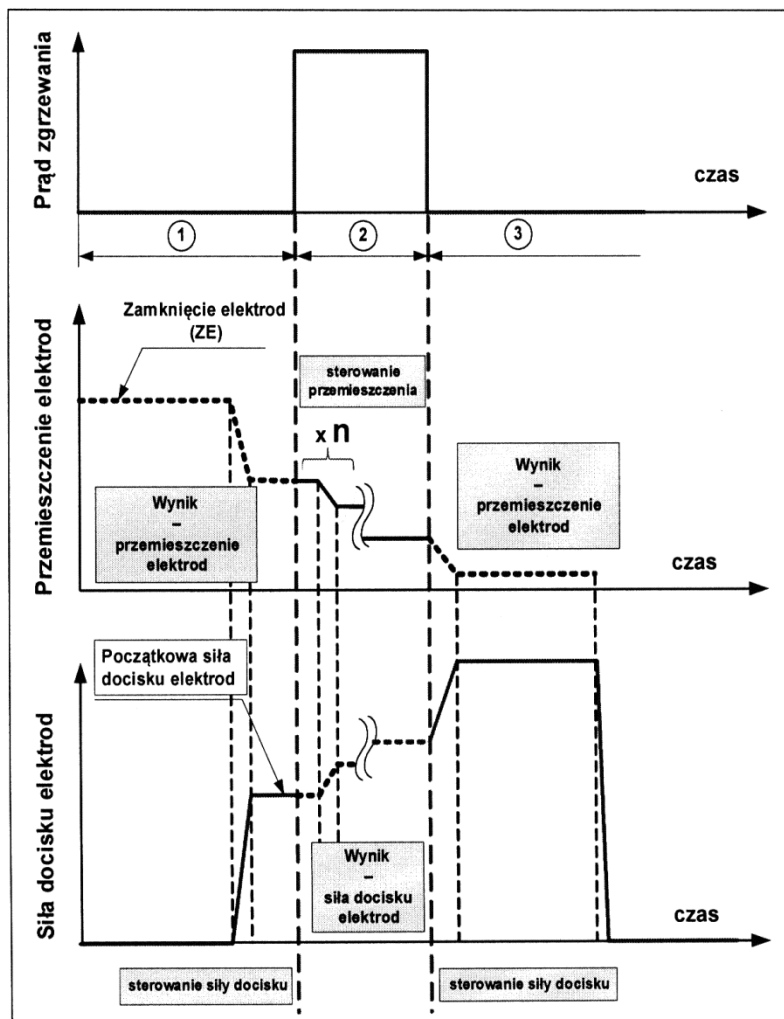


Fig. 4