

Sposób zgrzewania rezystancyjnego garbowego elementów metalowych z garbami pełnymi, zwłaszcza nakrętek i śrub

Przedmiotem wynalazku jest sposób zgrzewania rezystancyjnego garbowego elementów metalowych z garbami pełnymi, zwłaszcza nakrętek i śrub do powierzchni płaskich np. blach lub profili.

Technologia zgrzewania garbowego elementów metalowych z garbami pełnymi np. śrub i nakrętek stosowana jest powszechnie w przemyśle samochodowym, dużym AGD i elektrotechnicznym. Nowoczesne nadwozia zawierają około 300 przygrzewanych i zaciskanych łączników, np. śrub, nakrętek i kołków, do których są mocowane kluczowe elementy takie jak pasy bezpieczeństwa, kolumna kierownicy oraz uziemienie dla obwodów elektrycznych. Jakość połączenia tych elementów mocujących do tłoczonych elementów nadwozia jest krytyczna dla końcowego (finalnego) wyrobu z punktu widzenia bezpieczeństwa i niezawodności. W sprzęcie AGD i elektrotechnicznym, ten rodzaj połączenia jest powszechnie stosowany do przygrzewania zacisków przewodu ochronnego do obudowy metalowej urządzeń. Z uwagi na zagrożenie porażenia prądem elektrycznym, jakość takich połączeń ma ogromne znaczenie.

Proces zgrzewania garbowego jest wrażliwy na zmiany parametrów technologii. Negatywny wpływ na jakość połączeń zgrzewanych ma geometria garbu i własności materiału zarówno nakrętki lub śruby, jak i drugiego elementu zgrzewanego (blachy). W zakresie geometrii garbu ma znaczenie jego wysokość, natomiast z własności materiału bardzo istotna jest twardość. Druga grupa czynników związana jest ze stosowanym konwencjonalnym pneumatycznym systemem docisku elektrod (SPD). Dla małej wartości siły docisku i małego prądu zgrzewania materiał garbu jest tylko uplastyczniany, a wytrzymałość takiego połączenia jest niewielka z uwagi na niską energię zgrzewania. Zwiększając prąd zgrzewania przy małej sile docisku istnieje ryzyko wystąpienia niekorzystnego efektu w postaci ekspulsji ciekłego metalu z obszaru zgrzewania. Dla większej siły docisku i większego prądu, czas zgrzewania ulega skróceniu, a w tym przypadku dynamika SPD jest często niewystarczająca. Dodatkowo niekorzystny wpływ na przebieg procesu ma początkowe udarowe uderzenie elektrod, które powoduje niekorzystny zgniot garbu na zimno – przed

przepływem prądu. W trakcie procesu brak możliwości modulacji siły w zakresie typowych czasów technologii zgrzewania (do 200 ms).

Znane jest zgrzewanie rezystancyjne garbowe śrub i nakrętek, które prowadzone jest z wykorzystaniem systemu pneumatycznego docisku elektrod (SPD), a funkcję garbów pełnią odpowiednio ukształtowane występy technologiczne łączonych elementów. Natomiast elektrody wyposaża się w pozycjonery wykonane z materiałów nieprzewodzących prąd lub materiałów stalowych o specjalnym składzie.

Z opisu patentu DE10209492 B4 znana jest zgrzewarka do zgrzewania nakrętki z metalowym arkuszem, której dwie elektrody poruszają się w kierunku do siebie. Nakrętkę zgrzewa się z arkuszem w taki sposób, że wewnętrzny gwint nakrętki jest osiowo pozycjonowany z otworem wykonanym w metalowym arkuszu. W celu uzyskania takiego wyrównania jedna z elektrod ma wewnętrzny otwór, w którym umieszczony jest przesuwne kołek do centrowania nakrętki oraz sprężyna. Wewnętrzny otwór w elektrodzie jest połączony ze źródłem sprężonego powietrza, a sprężyna ściskana we wnętrzu elektrody wywiera siłę nacisku na koniec kołka centrującego. Natomiast kołek centrujący ma na końcu powierzchnię ściętego stożka skonfigurowaną z nakrętką. Z opisu patentu US7250585B1 znany jest system oraz sposób zgrzewania nakrętek z wykorzystaniem robota do zgrzewania oporowego. Robot wyposażony jest w elektrody przez które płynie prąd zgrzewania i jest doprowadzony do przygrzewanego występu nakrętki, do przedmiotu obrabianego. Natomiast z opisu patentu US8294064B1 znany jest zautomatyzowany system oraz sposób zgrzewania nakrętek. Wynalazek wykorzystuje zgrzewadło, korzystnie serwo, oraz zespół elektrod, przy czym zgrzewadło może być używane w połączeniu z robotem zgrzewalniczym. W procesie zgrzewania ramiona zgrzewadła, poprzez elektrody, dociskają nakrętkę ściśle do elementu obrabianego, wywierając siłę o wartości zwyczajowo stosowanej w procesie zgrzewania oporowego.

Sposób zgrzewania rezystancyjnego garbowego elementów metalowych z garbami pełnymi, zwłaszcza śrub i nakrętek, według wynalazku, gdzie zgrzewane elementy stykają się za pośrednictwem garbów, a proces zgrzewania prowadzi się sekwencyjnie w trzech fazach, i w każdej z faz elektrody dociska się do elementów zgrzewanych dla utrzymania kontaktu garbu nakrętki z powierzchnią metalowego arkusza i zmiany wysokości tego garbu, a prąd zgrzewania przepływa w fazie drugiej podczas przemieszczania elektrod oraz tworzenia jądra zgrzeiny, charakteryzuje się tym, że elektrody przemieszcza się liniowo ze stałą prędkością w czasie całego czasu przepływu prądu, przy czym prąd zgrzewania przepływa w łącznym czasie nie krótszym niż $4.0 \cdot P$ i nie dłuższym niż $6.0 \cdot P$ wyrażonym w **ms**, przy sile docisku

elektrod nie mniejszej niż $0.08 \cdot P$ i nie większej niż $0.09 \cdot P$ wyrażonej w **kN**, gdzie **P** to sumaryczna powierzchnia podstawy garbów nakrętki w **mm²**.

Wstępny docisk elektrod wywiera się siłą docisku nie mniejszą niż $0.03 \cdot P$ i nie większą niż $0.04 \cdot P$ wyrażoną w **kN**, gdzie **P** to sumaryczna powierzchnia podstawy garbów nakrętki w **mm²**.

Przepływ prądu zgrzewania jest nie mniejszy niż $0.7 \cdot h$ i nie większy niż $0.9 \cdot h$ wyrażony w **mm**, a stopniowo narasta w czasie $(0.1-0.2) \cdot P$ wyrażonym w **ms**, gdzie **h** to wysokość garbu w **mm** w zakresie powierzchni podstawy garbów od 20 mm do 100 mm.

Po zaniku przepływu prądu zgrzewania, po czasie nie dłuższym niż $1 \cdot P$ wyrażonym w **ms**, zwiększa się siłę docisku elektrod do zakresu $(0.1-0.15) \cdot P$ wyrażoną w **kN**, w czasie nie krótszym niż $4 \cdot P$ wyrażonym w **ms**.

Stosuje się sterowany komputerowo system elektromechanicznego docisku oraz przemieszczenia elektrod.

Rozwiązanie według wynalazku wpływa na poprawę trwałości złącza przez większe wtopienie (przetopienie) do materiału blachy oraz uzyskanie większej wysokości jądra zgrzeiny, a także szerszej zgrzeiny. Złącze cechuje mniejsza twardość w obszarze zgrzeiny oraz mniejsza szczelina pomiędzy nakrętką i blachą w zakresie poniżej 10% wysokości garbu. Ponadto w procesie zużywa się o około 30% mniej energii elektrycznej i możliwe jest zgrzewanie niższą wartością prądu zgrzewania o około 25% niż zwykle stosowaną przy zgrzewaniu garbowym śrub i nakrętek z pneumatycznym systemem docisku elektrod (SPD).

W sposobie według wynalazku zgrzewanie rezystancyjne elementów metalowych z garbami pełnymi do powierzchni płaskich np. blach lub profili, prowadzi się z zastosowaniem systemu elektromechanicznego docisku elektrod (SED) do wywarcia określonej siły docisku.

W procesie zgrzewania rezystancyjnego garbowego siła docisku elektrod, wartość prądu i czas jego przepływu należą do parametrów głównych, a system SED ma możliwość sterowania siłą docisku, jak i przemieszczeniem elektrod.

Zgrzewane elementy metalowe, zwłaszcza śruby i nakrętki stykają się z powierzchnią zgrzewania za pośrednictwem garbów lub innego rodzaju wypusty (występy) np. obwodowe. Proces zgrzewania prowadzi się w trzech fazach, gdzie w *pierwszej fazie* przed przepływem prądu zgrzewania realizuje się roboczy (wstępny) docisk zapewniający kontakt elementów zgrzewanych tj. garbu nakrętki z blachą, a w następnej fazie realizowany jest dosuw (przemieszczenie) elektrod i przepływa prąd zgrzewania, natomiast w trzeciej fazie, po zaniku przepływu prądu zgrzewania, wy-

wierana jest powiększona siła docisku. Na początku i na koniec procesu zgrzewania, sterowanie jest realizowane według algorytmu sterowania siłą docisku. Natomiast w czasie przepływu prądu, sterowanie procesem realizowane jest według algorytmu sterowania przemieszczeniem.

Dla jakości procesu ma znaczenie sterowanie przemieszczeniem elektrod, jak również kontakt pomiędzy materiałami zgrzewanymi na początku przepływu prądu, który powinien być mniejszy niż dla pneumatycznego systemu docisku elektrod SPD. Mniejsza siła docisku powoduje kolejno: i) mniejszą powierzchnię styku elementów zgrzewanych, ii) większą rezystancję w styku pomiędzy elementami zgrzewanymi, iii) większą moc w obszarze zgrzewania.

W sposobie zgrzewania rezystancyjnego według wynalazku, jak wyżej opisano, stosowany jest sterowany komputerowo system według algorytmu sterowania przemieszczeniem lub dociskiem. W pierwszej fazie cyklu, przed przepływem prądu zgrzewania, elektromechaniczny docisk elektrod SED realizuje roboczy docisk elementów zgrzewanych, tj. garb nakrętki - metalowy arkusz (blacha) przy sile docisku elektrod nie mniejszej niż $0.03 \cdot P$ i nie większej niż $0.04 \cdot P$ wyrażonej w kN , gdzie P to sumaryczna powierzchnia podstawy garbów nakrętki w mm^2 .

W następnej fazie realizowany jest dosuw elektrod i przepływa prąd zgrzewania o łącznym czasie nie krótszym niż $4.0 \cdot P$ i nie dłuższym niż $6.0 \cdot P$ wyrażonym w ms , który stopniowo narasta w czasie $(0.1-0.2) \cdot P$ wyrażonym w ms , do wartości maksymalnej mniejszej o 25% niż zwykle stosowanej przy zgrzewaniu garbowym śrub i nakrętek z SPD elektrod. Jednocześnie podczas całego czasu przepływu prądu elektrody i materiały zgrzewane dosuwane są do siebie liniowo ze stałą prędkością dla uzyskania, na zakończenie przepływu prądu, przemieszczenia nie mniejszego niż $0.7 \cdot h$ i nie większego niż $0.9 \cdot h$ wyrażonego w mm , oraz uzyskania siły docisku elektrod nie mniejszej niż $0.08 \cdot P$ i nie większej niż $0.09 \cdot P$ wyrażonej w kN , to jest takiej jaka jest zwykle stosowana przy zgrzewaniu garbowym śrub i nakrętek z systemem pneumatycznym docisku elektrod (SPD), gdzie h to wysokość garbu w mm w zakresie powierzchni podstawy garbów od 20 mm do 100 mm^2 .

W ostatniej trzeciej fazie, po zaniku przepływu prądu zgrzewania po czasie nie dłuższym niż $1 \cdot P$ wyrażonym w ms , wywierana jest powiększona siła docisku w zakresie $0.1-0.15 \cdot P$ wyrażona w kN , w czasie nie krótszym niż $4 \cdot P$ wyrażonym w ms , - gdzie P to sumaryczna powierzchnia podstawy garbów nakrętki w mm^2 .

Przedmiot wynalazku został objaśniony na przykładzie zgrzewania garbowego nakrętek dla powierzchni podstawy garbu 63 mm^2 i wysokości garbu $h = 1$ mm (fig. 1). Na Fig. 2 przedstawiono przebiegi prądu zgrzewania, przebieg siły docisku i przebieg przemieszczenia elektrod (zgniot garbu) dla dwóch systemów docisku, tj. systemu pneumatycznego docisku SPD (Fig. 2a) i systemu elektromechanicznego do-

cisku SED (Fig. 2b). Dla SPD wartość prądu wynosi 18 kA (krzywa 3a), siła docisku jest stała w całym zakresie procesu zgrzewania i wynosi 5 kN (krzywa 2a), przemieszczenie elektrod (końcowe) wynosi 0.7 mm. (krzywa 1a). Dla SED wartość prądu wynosi 14 kA (krzywa 3b), przebieg siły docisku jest poniżej wartości 5 kN prawie w całym zakresie prądu zgrzewania (krzywa 2b), przemieszczenie elektrod (końcowe) wynosi 0.9 mm. (krzywa 1b).

Wynikiem takiego sterowania przemieszczeniem elektrod dla SED, są przebiegi rezystancji zastępczej statycznej obszaru zgrzewania i mocy zgrzewania (Fig. 3). Dla SED rezystancja początkowa wynosi $R_{SED}=450\mu\Omega$ (Fig. 3b) i w porównaniu do SPD jest o 50% wyższa ($R_{SPD}=300\mu\Omega$, (Fig. 3a). To powoduje w dalszej konsekwencji wygenerowanie wyższej mocy, szczególnie na początku przepływu prądu (pierwsze 50 ms czasu przepływu prądu $t_{ppp} = 50$ ms). Wyższa moc dla SED generowana jest pomimo mniejszej wartości prądu zgrzewania (14 kA) w porównaniu do SPD (18 kA), którego wartość jest mniejsza o 23%. Wynikiem generowania większej mocy dla SED jest większe wtopienie (przetopienie) do blachy (większa wysokość jądra przetopionego materiału) i większa szerokość jądra (Fig. 4b) w porównaniu do SPD (Fig. 4a).

W efekcie końcowym zgrzewanie dla SED charakteryzuje się:

- zgrzewaniem mniejszym prądem (Fig. 5, krzywa 6),
- przebiegiem mocy o mniejszej wartości (Fig. 5, krzywa 5),
- i w efekcie zużyciem mniejszej energii (Fig. 5, krzywa 4) w porównaniu do tych samych parametrów dla SPD prąd, moc, energia odpowiednio (Fig. 5, krzywa 3, 2 i 1).

DYREKTOR

 dr inż. Adam Pietras