

Zgrzewanie garbowe w obliczeniach metodą elementów skończonych

Projection welding by finite elements method calculation

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki optymalizacji procesu zgrzewania garbowego blach (garb niepełny) dla materiału DX53 i grubości 1,5 mm. Przeprowadzono obliczenia MES z wykorzystaniem oprogramowania SORPAS. Dokonano zmian parametrów zadanych procesowi zgrzewania w szerokim zakresie tj. prądu zgrzewania od 8 do 12 kA, siły docisku elektrod od 110 do 440 daN (od 50% do 200% wartości nominalnej) i czasu zgrzewania 300 ms. Uzyskane wyniki przedstawiono w formie tabelarycznej, obrazów rozkładu temperatury i analizy graficznej wielkości jądra zgrzeiny od parametrów zadanych (prąd zgrzewania, siła docisku elektrod) wykorzystując oprogramowanie do analizy danych STATISTICA.

Abstract

The article presents the results of the optimisation of projection welding of 1.5 mm thick DX53 steel grade sheets (incomplete projection) carried out with the help of a pneumatic electrode pressure system. The research-related FEM calculations were made using the SORPAS software. Welding process pre-set parameters were changed in a wide range of a) welding current (8kA - 12kA), electrode pressure force (110daN - 440daN) (from 50% to 200% of the nominal value); welding time being 300ms. The results obtained, depending on the pre-set parameters (welding current, electrode pressure force) are presented in the form of tables as well as the images of temperature distribution and of the weld nugget graphic analysis. The presentation of the results was prepared using the STATISTICA data analysis software.

Wstęp

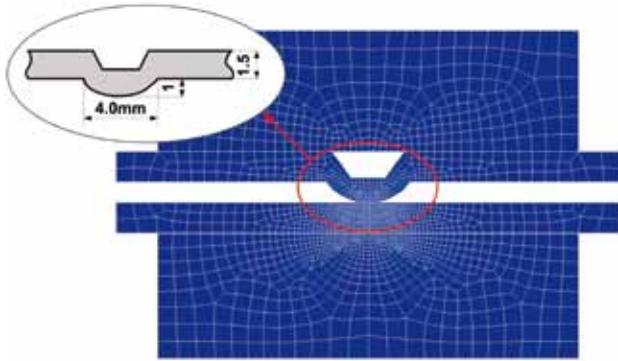
Zgrzewanie garbowe ze względu na możliwość równoczesnego uzyskiwania kilku czy kilkunastu zgrzein w jednym cyklu zgrzewania, szczególnie w elementach o złożonych kształtach (nierzadko różniących się właściwościami fizycznymi) znajduje szerokie zastosowanie w obecnych technikach wytwarzania konstrukcji. Poprawny dobór parametrów zgrzewania (prądu i czasu jego przepływu oraz siły docisku) jest szczególnie ważny ze względu na specyfikę odkształcania się

garbu szczególnie niepełnego (w zgrzewaniu blach) podczas tworzenia połączenia zgrzewanego od którego oczekujemy zadowalających właściwości wytrzymałościowych. Jak wykazuje przeprowadzona analiza MES ukierunkowana na proces tworzenia się zgrzeiny garbowej, bardzo istotna jest siła docisku zgrzewania, która przy niedostatecznej wartości prowadzi do wyprysku ciekłego metalu z jądra tworzonej zgrzeiny, a zbyt duża uniemożliwia uzyskanie wymaganej średnicy jądra zgrzeiny której wskaźniki wytrzymałościowe dalekie są od oczekiwanych. W oparciu o wyniki analiz numerycznych MES oraz weryfikacji eksperymentalnej, wskazana jest korekta wstępnych parametrów zgrzewania (zalecanych przez źródła literaturowe) prowadząca do uzyskiwania połączeń garbowych o wysokich wskaźnikach wytrzymałościowych.

Dr inż. Zygmunt Mikno, mgr inż. Szymon Kowieski – Instytut Spawalnictwa, Gliwice, dr inż. Zbigniew Bartnik, dr inż. Wiesław Derlukiewicz – Politechnika Wroclawska.

Model obliczeniowy MES

Model obliczeniowy zgrzewania garbowego z wymiarami garbu, siatką elementów skończonych oraz program zgrzewania (parametry technologii) dla blach gatunku DX53 o grubości 1,5 mm przedstawiono odpowiednio na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Model obliczeniowy MES zgrzewania garbowego blach
Fig. 1. Projection welding FEM calculation model

Do obliczeń zastosowano oprogramowanie SORPAS [1] w oparciu o model 2D z ok. 1500 stopni swobody. Program Sorpas umożliwił przeprowadzenie wielu analiz sprzężonych w tym analiz elektrycznych, termiczno-metalurgicznych oraz mechanicznych.

W oparciu o normy i zalecenia przyjęto standardowe parametry zgrzewania i typ garbu [2, 3]:

- natężenie prądu 10 kA,
- czas przepływu prądu slop 60 ms + 240 ms,
- siła docisku elektrod $P = 220$ daN,
- garb typu C [4].

Dla przyjętych parametrów nominalnych natężenia prądu i siły docisku przeprowadzono szerszą analizę procesu zgrzewania dla zakresu prądów zgrzewania od 8 do 12 kA (8, 9, 10, 11, 12 kA) oraz siły docisku elektrod w zakresie od 110 do 440 daN, tj. od 50% do 200% wartości nominalnej siły (110, 165, 220, 330, 440 daN).

Parametry i wyników obliczeń MES

W tabelicy I zestawiono parametry procesu zgrzewania dla garbu niepełnego typu C, wyłoczonego w blasze (DX53), o grubości zgrzewanych elementów 2 x 1,5 mm. Obliczenia zostały przeprowadzone dla pola parametrów:

- prąd zgrzewania $i = 8,0 / 9,0 / 10,0 / 11,0 / 12,0$ kA,
- siła docisku elektrod $P = 110 / 165 / 220 / 330 / 440$ daN (tj. 50 / 75 / 100 / 150 / 200% nominalnej siły docisku),
- czasu zgrzewania 60 (slop) + 240 ms (razem 300 ms, analiza dla czasów 0 / 50 / 100 / 150 / 200 / 250 / 300 ms)

W kolumnie A zamieszczono wyniki dotyczące różnych analizowanych wartości siły docisku. Kolumna ta została podzielona na pięć części od A1 do A5 gdzie zamieszczono odpowiednio parametry i wyniki obliczeń dla:

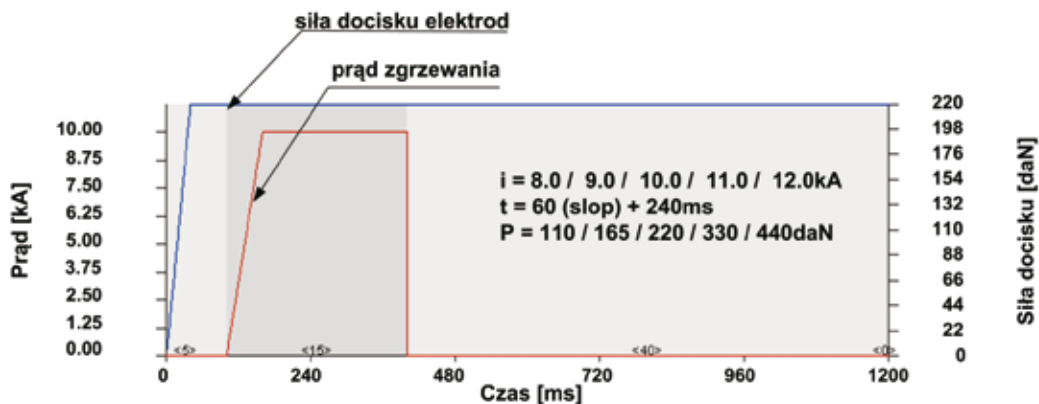
- część A1 – siła docisku 110 daN,
- część A2 – siła docisku 165 daN,
- część A3 – siła docisku 220 daN,
- część A4 – siła docisku 330 daN,
- część A5 – siła docisku 440 daN.

W kolumnie B zamieszczono wyniki dotyczące charakteru budowy (pełne, pierścieniowe) i wielkości (średnicy) jądra zgrzeiny. Odpowiednim kolorem zaznaczono charakter przebiegu procesu i efekt finalny, w postaci jądra zgrzeiny, dla wybranych czasów zgrzewania:

- kolumna B1 – czas zgrzewania 50 ms,
- kolumna B2 – czas zgrzewania 100 ms,
- kolumna B3 – czas zgrzewania 150 ms,
- kolumna B4 – czas zgrzewania 200 ms,
- kolumna B5 – czas zgrzewania 250 ms,
- kolumna B6 – czas zgrzewania 300 ms,

W tabelicy IIb zamieszczono różne (rozróżniane) kategorie zgrzeiny końcowej:

- jądro pełne, zgrzewanie bez wyprysku, średnica jądra zgrzeiny powyżej 6 mm – kolor zielony,
- jądro pełne, bez wyprysku, średnica jądra zgrzeiny



Rys. 2. Zastosowany w obliczeniach program zgrzewania garbowego z dociskiem pneumatycznym. Parametry przyjęte do obliczeń: wartości prądu zgrzewania 8, 9, 10, 11, 12 kA, czas zgrzewania 300 ms (60 ms slop + 240 ms) i siła docisku (110, 165, 220, 330 i 440 daN)

Fig. 2. Projection welding programme with pneumatic pressure used in calculations. Parameters adopted for calculations: welding current values of 8, 9, 10, 11 and 12 kA, welding current of 300 ms (60 ms slop + 240 ms) and pressure force (110, 165, 220, 330 and 440 daN)

Tablica I. Wyniki obliczeń MES i parametry zadane dla garbu niepełnego typu C (DX53 x 2, grubość 1,5 mm)
Table I. FEM calculation results and parameters pre-set for incomplete projection of type C (DX53 x 2, thickness 1.5 mm)

Garb niepełny typ C, DX53 x 2, grubość 1.5mm

A	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C	D	E	F	G
A1	czas zgrzewania [ms] (dla - siła docisku 110daN)						prąd zgrz.	wydajność	jądro pierścieniowe/pełne	objętość jądra	średnica 6mm
	50	100	150	200	250	300	[kA]	[ms]	[ms]	[mm3]	[mm]
średnica jądra [mm]	pełne	pełne	pełne	pełne	pełne	pełne	8	55	44	39	
	2,9	5,24	5,43	5,56	5,65	5,71	9	45	40	47	
	1,3	5,25	5,1	5,2	5,3	5,4	10	35	35	57	139
	1,2	5,1	5,21	5,32	5,37	5,4	11	48	36	75	
	1,3	5,97	5,92	5,96	5,98	5,98	12	35	33	81	
	4,16	5,16	5,25	5,26	5,33	5,46					
A2	czas zgrzewania [ms] (dla - siła docisku 165daN)						prąd zgrz.	wydajność	jądro pierścieniowe/pełne	objętość jądra	średnica 6mm
	50	100	150	200	250	300	[kA]	[ms]	[ms]	[mm3]	[mm]
średnica jądra [mm]	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pełne	pełne	8	84	216	13	
	0	0	0	0	5,43	5,68	9	56	75	32	
	pierscien	pełne	pełne	pełne	pełne	pełne	10	51	60	47	120
	0	5,17	5,25	5,29	5,32	5,35	11	45	58	59	
	0	5,9	5,75	5,55	5,3	5,1	12	45	52	72	
	0	5,15	5,25	5,18	5,24	5,22					
A3	czas zgrzewania [ms] (dla - siła docisku 220daN)						prąd zgrz.	wydajność	jądro pierścieniowe/pełne	objętość jądra	średnica 6mm
	50	100	150	200	250	300	[kA]	[ms]	[ms]	[mm3]	[mm]
średnica jądra [mm]	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pełne	8	114	253	14	
	0	0	0	0	0	5,97	9	83	130	28	
	pierscien	pierscien	pełne	pełne	pełne	pełne	10	81	102	33	130
	0	0	5,25	5,35	5,34	5,31	11	81	112	47	
	0	0	5,1	5,47	5,55	5,57	12	83	67	60	
	0	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	0	0	0	0	0
A4	czas zgrzewania [ms] (dla - siła docisku 330daN)						prąd zgrz.	wydajność	jądro pierścieniowe/pełne	objętość jądra	średnica 6mm
	50	100	150	200	250	300	[kA]	[ms]	[ms]	[mm3]	[mm]
średnica jądra [mm]	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	8	OK.	pierscieniowe	1,3	
	0	0	0	0	0	0	9	OK.	177	8,4	
	pierscien	pierscien	pełne	pełne	pełne	pełne	10	OK.	143	20	189
	0	0	5,41	5,41	5,51	5,51	11	OK.	129	26	
	0	0	5,97	6,17	6,24	6,32	12	OK.	111	37	
	0	0	5,24	6,56	6,87	6,87					
A5	czas zgrzewania [ms] (dla - siła docisku 440daN)						prąd zgrz.	wydajność	jądro pierścieniowe/pełne	objętość jądra	średnica 6mm
	50	100	150	200	250	300	[kA]	[ms]	[ms]	[mm3]	[mm]
średnica jądra [mm]	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	8	OK.	pierscieniowe	0,7	
	0	0	0	0	0	0	9	OK.	pierscieniowe	2,9	
	pierscien	pierscien	pierscien	pierscien	pełne	pełne	10	OK.	210	12	brak
	0	0	0	0	5,56	5,56	11	OK.	186	8,3	
	0	0	0	0	5,79	5,79	12	OK.	136	27	
	0	0	0	0	5,97	6,6					

- powyżej 5 mm i poniżej 6 mm – kolor żółty,
- jądro pełne, bez wyprysku, średnica jądra zgrzeiny poniżej 4 mm – kolor niebieski,
- zgrzeina pierścieniowa – kolor brązowy,
- zgrzeina z zarejestrowanym w oprogramowaniu Sorpas wypryskiem ciekłego metalu – kolor czerwony.

W kolumnie C zamieszczono zadany w obliczeniach MES prąd zgrzewania w zakresie 8÷12kA.

Kolumna D zawiera informacje o czasie wystąpienia wyprysku, który był wyznaczany w czasie obliczeń MES w oprogramowaniu SORPAS. Oprogramowanie rozróżnia trzy poziomy intensywności wyprysku – *low* (niski), *middle* (średni) i *high* (wysoki). W przeprowadzonych wszystkich obliczeniach zjawisko wyprysku miało charakter o najniższym nasileniu tj. *low*.

W kolumnie E zamieszczono informacje o czasie przejścia jądra zgrzeiny z pierścieniowego w pełny.

Kolumna F zawiera dodatkowo informacje o uży-

skanej objętości roztopionego metalu tj. jądra zgrzeiny. W przypadku niewielkiej ilości roztopionego metalu (kilka mm³) świadczy to o braku utworzenia jądra o poprawnej (akceptowalnej) wielkości.

Z uwagi na prowadzenie obliczeń dla stałego czasu zgrzewania (300 ms) i różnych parametrów zadanych, w kolumnie G zamieszczono czas w którym uzyskiwana jest nominalna średnica jądra 6 mm.

Jako nadrzędne kryterium oceny przebiegu procesu zgrzewania przyjęto w kolejności:

- wyprysk ciekłego metalu z jądra zgrzeiny (kolor czerwony),
- budowę zgrzeiny jako pierścieniowej uzyskiwaną na koniec procesu (kolor brązowy),
- jądro pełne o średnicy powyżej 6 mm (kolor zielony),
- jądro pełne o średnicy powyżej 5 mm i poniżej 6 mm (kolor żółty),
- jądro poniżej średnicy 4 mm (kolor niebieski)

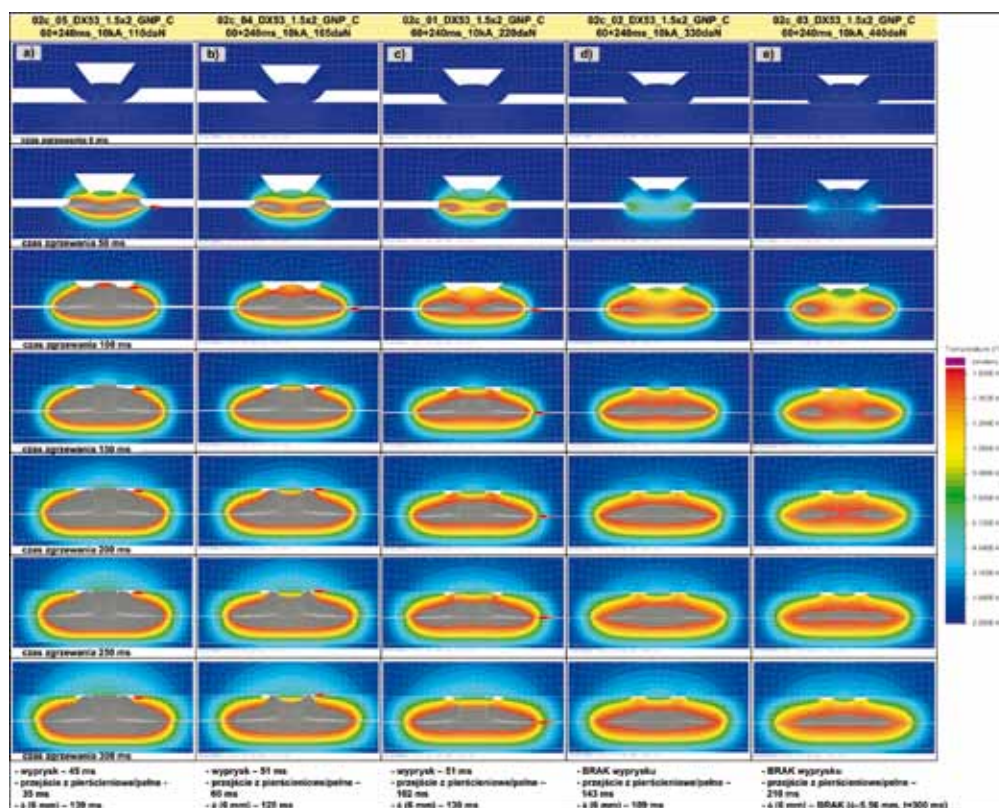
Tablica II. Wyniki zbiorcze obliczeń MES dla garbu niepełnego (DX53 x 2, grubość 1,5 mm, garb C)

Table II. Overall FEM calculation results for incomplete projection (DX53 x 2, thickness 1.5 mm, projection C)

a) Garb niepełny typ C, DX53 x 2, grubość 1.5mm						b)	
	czas zgrzewania 60+240ms=300ms					prąd zgrzewania	
sila docisku	110	165	220	330	440	[kA]	
średnica jądra [mm]	6.11	5.68	5.81	pierścień	pierścień	8	
	6.19	6.31	6.31	5.51	pierścień	9	
	7	7	6.83	6.32	5.56	10	
	7.5	7.33	7.31	6.87	5.79	11	
	7.86	7.72	7.72	7.13	6.6	12	

kategorie zgrzein dla garbu niepełnego:

- jądro pełne - (bez wyprysku, średnica > 6mm)
- jądro pełne - (bez wyprysku, 6mm > średnica > 5mm)
- jądro pełne - (bez wyprysku, średnica < 4mm)
- zgrzeina pierścieniowa
- wyprysk (low-niski poziom)



Rys. 3. Proces tworzenia złącza garbowego (rozkład temperatury) z dociskiem pneumatycznym dla wybranych czasów przepływu prądu zgrzewania (0, 50, 100, 150, 200, 250 i 300 ms), prądu zgrzewania 10,0 kA, i siły docisku a) 110 daN, b) 165 daN, c) 220 daN, d) 330 daN, e) 440 daN
Fig. 3. Process of projection joint formation (temperature distribution) with pneumatic pressure for selected welding current flow times (0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 ms), welding current 10,0 kA, and pressure force a) 110 daN, b) 165 daN, c) 220 daN, d) 330 daN, e) 440 daN

W tabelicy II, w części a zamieszczono końcowe wyniki obliczeń MES dla siły docisku w zakresie 110÷440 daN, prądu zgrzewania 8÷12 kA i czasu zgrzewania 300 ms. W części b zamieszczono rozróżnialne w czasie analizy różne kategorie zgrzeiny końcowej.

Wyniki zestawione w tabelicy II stanowiły dane źródłowe do prezentacji graficznej wielkości średnicy jądra zgrzeiny w zależności od prądu zgrzewania i siły docisku przedstawionych na rysunkach 4 i 5.

Na rysunku 3 przedstawiono natomiast proces tworzenia złącza garbowego w postaci obrazów rozkładu temperatury dla wybranych czasów przepływu prądu zgrzewania (0÷300 ms), siły docisku (110÷440 daN) i prądu zgrzewania o wartości 10 kA.

Przedstawione przykładowe (rys. 3) obrazy analizy MES tworzenia zgrzeiny garbowej (dla prądu zgrzewania 10 kA) uwiadcniają wpływ siły docisku na przebieg tworzenia się zgrzeiny garbowej. Pojawiające się niepożądane wypryski ciekłego metalu z jądra zgrzeiny mają miejsce przy niższych wartościach siły docisku tj. 110, 165 i 220 daN. Wyprysk nie pojawia się przy wyższych wartościach siły docisku 330 i 440 daN, jednak dla wartości siły 440 daN już na początku procesu następuje bardzo znaczne odkształcenie garbu, a w konsekwencji nie uzyskuje się wymaganej średnicy zgrzeiny (ok. 6 mm) przez cały czas przepływu prądu (300 ms). Widoczne są również na obrazach MES fazy procesu zgrzewania w których następuje charakterystyczne przejście z pierścieniowego topienia materiałów łączonych w pełne jądro zgrzeiny. Wartość siły docisku przy którym nie występują wypryski ciekłego metalu i uzyskuje się założoną średnicę jądra zgrzeiny (ok. 6 mm) po upływie czasu zgrzewania 190 ms, to wartość 330 daN.

Graficzna prezentacja wyników dla garbu niepełnego

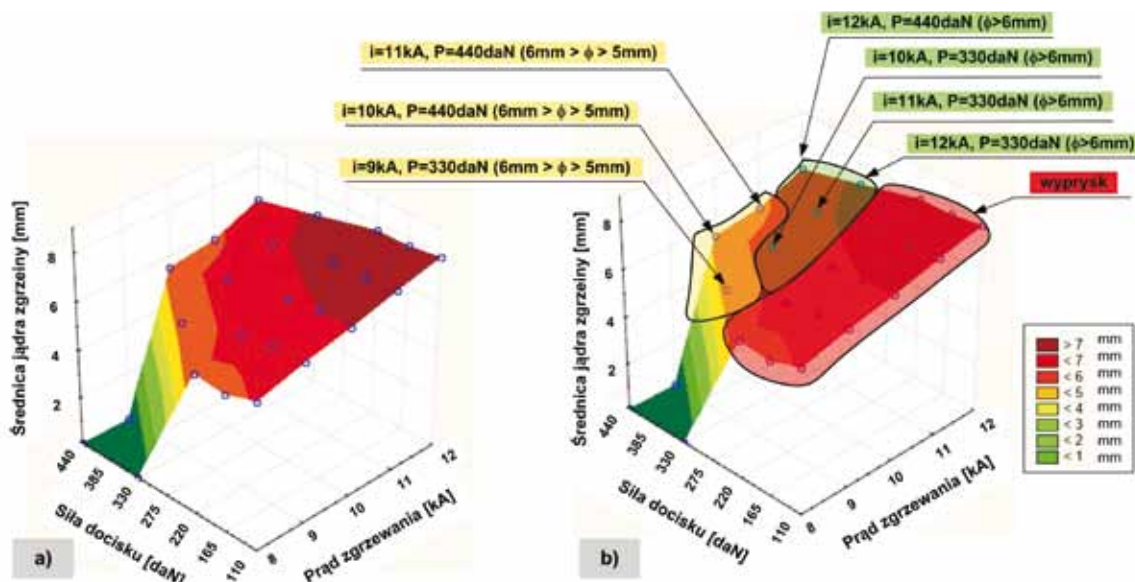
Zebrane wyniki analizy MES zamieszczone w tabelicy II, zostały zaprezentowane w formie graficznej w postaci przestrzennych rysunków 4 i 5. Do utworzenia wykresów (3D) wykorzystano oprogramowania Statistica www.statistica.pl [5].

Naniesienie kolorowych płaszczyzn na rysunki 4 i 5 miało na celu przejrzyste zaznaczenie obszarów parametrów zgrzewania umożliwiających:

- uzyskanie jądra zgrzeiny większego od 6 mm bez wystąpienia wyprysku ciekłego metalu (kolor płaszczyzny - zielony),
- uzyskanie jądra zgrzeiny w przedziale 5÷6 mm bez wystąpienia wyprysku ciekłego metalu (kolor płaszczyzny – żółty),
- wyprysk ciekłego metalu z jądra zgrzeiny (kolor płaszczyzny – czerwony),
- obszar tworzenia się zgrzeiny pierścieniowej (kolor płaszczyzny – beżowy/brązowy).

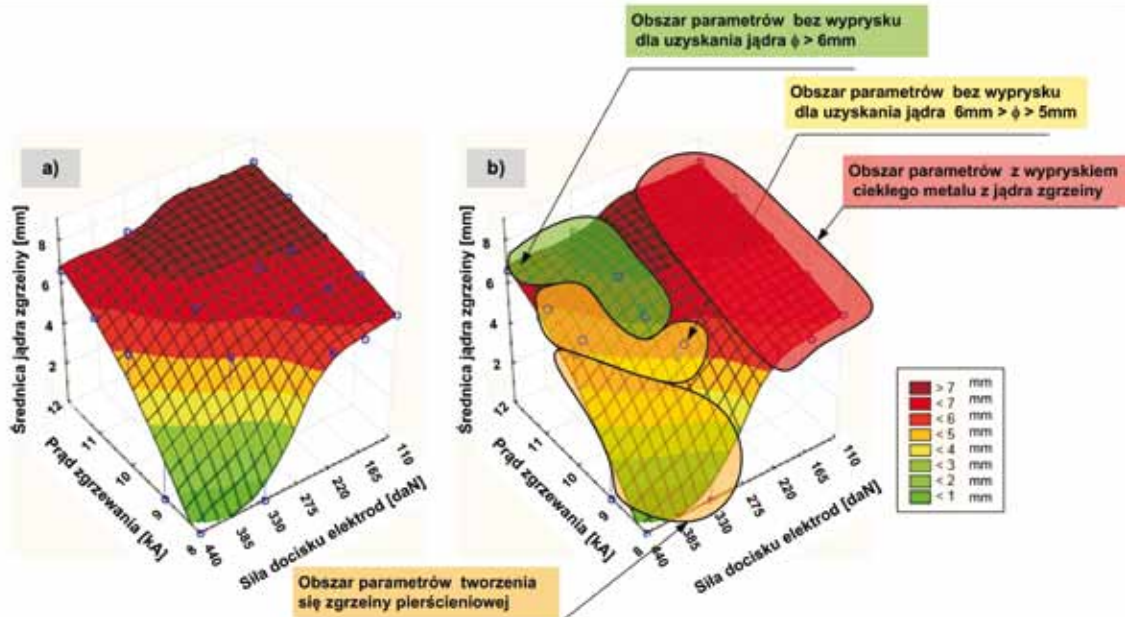
Przykładowe zestawienia wyników MES dla garbu niepełnego i pełnego

Dla porównania przeprowadzono również obliczenia MES dla garbu pełnego o tych samych wymiarach zewnętrznych i dla tego samego materiału zgrzewanego.



Rys. 4. Zależność średnicy jądra zgrzeiny od siły docisku (110-440 daN) i prądu zgrzewania (8-12 kA) dla garbu niepełnego (materiał zgrzewany blacha DX53 x 2, grubość 1,5 mm x 2, Statistica – typ wygładzania: wafłowe). a) dane wyjściowe (Statistica), b) dane z zaznaczonymi obszarami obrazujące poprawną wielkość jądra (6 mm, 5 mm) oraz niezgodności w postaci wyprysków

Fig. 4. Dependence of weld nugget diameter on pressure force (110-440 daN) and welding current (8-12 kA) for incomplete projection (material being welded: sheet DX53 x 2, thickness 1.5 mm x 2, Statistica – smoothing type: wafer). a) output data (Statistica), b) data with marked areas showing correct weld nugget size (6 mm, 5 mm) and imperfections (spatters)



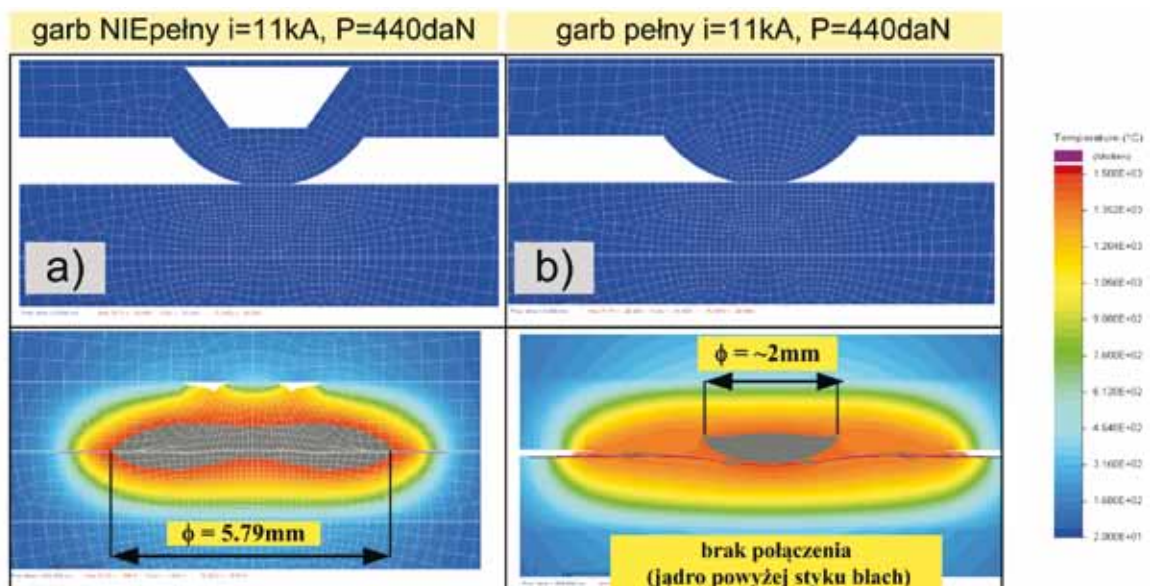
Rys. 5. Zależność średnicy jądra zgrzelnicy od siły docisku (110-440 daN) i prądu zgrzewania (8-12 kA) dla garbu niepełnego (materiał zgrzewany blacha DX53 x 2, grubość 1,5 mm x 2, Statistica – typ wygładzania: najmniejszych kwadratów ważone odległościami): a) dane wyjściowe (Statistica), b) dane z zaznaczonymi obszarami ujmujące poprawną wielkość jądra (6 mm, 5 mm) oraz niezgodności w postaci wyprysków lub jądra pierścieniowego

Fig. 5. Dependence of weld nugget diameter on pressure force (110-440 daN) and welding current (8-12 kA) for incomplete projection (material being welded: sheet DX53 x 2, thickness 1.5 mm x 2, Statistica – smoothing type: the-least-squares distance-weighted smoothing): a) output data (Statistica), b) data with marked areas showing correct weld nugget size (6 mm, 5 mm) and imperfections (spatters or ring-like weld nugget)

Analiza procesu zgrzewania dla garbu pełnego, podobnie jak niepełnego, jest również zagadnieniem bardzo złożonym i wymaga szerszego wyjaśnienia. Ciekawa i zarazem istotna z punktu widzenia przebiegu procesu i wyniku końcowego w postaci utworzonego jądra jest analiza rozkładu temperatury.

Przedstawione na rysunku 6 porównanie obrazów rozkładu temperatury dla garbu pełnego wskazują tak-

że na niebezpieczeństwo nieuzyskania założonych wskaźników wytrzymałościowych. Przy zastosowaniu tych samych parametrów zgrzewania jak dla garbu niepełnego, możliwe jest uzyskanie zbyt małej średnicy jądra zgrzelnicy, a jego usytuowanie może być nieznacznie oddalone od powierzchni stykających się blach łączonych co skutkuje brakiem połączenia.



Rys. 6. Wymiary i usytuowanie jądra zgrzelnicy uzyskanej przy użyciu tych samych parametrów podczas zgrzewania garbu niepełnego (a) i garbu pełnego (b)

Fig. 6. Dimensions and location of weld nugget obtained using the same parameters during welding an incomplete projection (a) and complete projection (b)



Wnioski

W oparciu o przedstawioną analizę należy stwierdzić, że dobór poprawnych parametrów w procesie zgrzewania garbowego garbów niepełnych, bez dodatkowego wspomaganie w postaci modelowania numerycznego MES, jest trudny do jednoznacznego ustalenia. Do analizy przyjęto rozszerzony zakres parametrów znacząco przekraczający zalecany zakres parametrów nominalnych ($i=10$ kA, $P=220$ daN, $t=240$ ms, uznawanych jako najkorzystniejsze warunki zgrzewania i zalecany w literaturze spawalniczej) odnoszących się do garbu niepełnego typu C i grubości blach 1,5 mm gatunku DX53.

Wyniki w postaci rozkładu temperatury obszaru zgrzewania w procesie tworzenia połączeń garbowych dla przyjętej wartości prądu 10 kA, czasów zgrzewania 0, 50, 100, 150, 200, 250 i 300 ms i sił docisku z przedziału 110÷440 daN, pozwalają zaobserwować warunki sprzyjające występowaniu niepożądanemu zjawisku wyprysku metalu z jądra zgrzeiny oraz niedostatecznej średnicy jądra a także połączenia o charakterze zgrzeiny pierścieniowej

Analiza umożliwia utworzenie wykresów przestrzennych w których w sposób bardzo przejrzysty widoczne są obszary charakteryzują się:

- poprawnym zbiorem parametrów końcowych:
- klasa A, $\varnothing > 6$ mm (płaszczyzna koloru zielona),
- klasa B, $6 > \varnothing > 5$ mm (płaszczyzna koloru żółtego),
- występowaniem niezgodności:
- zgrzeina pierścieniowa (płaszczyzna koloru brązowego),
- wyprysk metalu jądra zgrzeiny (płaszczyzna koloru czerwonego).

Literatura

- [1] <http://sorpas.com/>
- [2] Papkala H.: Zgrzewanie oporowe metali, wydawnictwo KaBe Krosno 2003.
- [3] Papkala H.: Wytyczne doboru właściwej technologii zgrzewania punktowego, garbowego i liniowego blach w oparciu o właściwości fizyczne metali. Instytut Spawalnictwa Gliwice. 1990.
- [4] Poradnik Inżyniera, Spawalnictwo tom 1, 2 WNT Warszawa 2005.
- [5] www.statistica.pl

Artykuł zawiera wyniki prac badawczych finansowanych ze środków Narodowego Centrum Nauki realizowanych w ramach projektu przez Instytut Spawalnictwa oraz Politechnikę Wrocławską i Politechnikę Warszawską w latach 2011-2013.

ExpoWELDING czołowe targi spawalnicze
w środkowej Europie **MUSISZ TU BYĆ!**

14 – 16 października 2014

Międzynarodowe
Targi Spawalnicze

Zarezerwuj swój czas
aby uczestniczyć w targach
ExpoWELDING



- Najważniejsze targi spawalnicze w Europie Środkowo - Wschodniej
- Międzynarodowe grono profesjonalistów
- Nowości i premiery prezentowane przez wystawców
- Prestiżowa Konferencja Instytutu Spawalnictwa



kontakt
tel. +48 32 788 75 06
fax +48 32 788 75 03
expowelding@exposilesia.pl

tereny targowe
Expo Silesia
ul. Braci Mieroszewskich 124
41-219 Sosnowiec