

BADANIA WPŁYWU WARUNKÓW TECHNOLOGICZNYCH ZGRZEWANIA REZYSTANCYJNEGO Z KLEJENIEM NA JAKOŚĆ ZŁĄCZY BLACH STALOWYCH Z POWŁOKAMI OCHRONNYMI

Szymon Kowieski, Jolanta Matusiak
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa

Wstęp

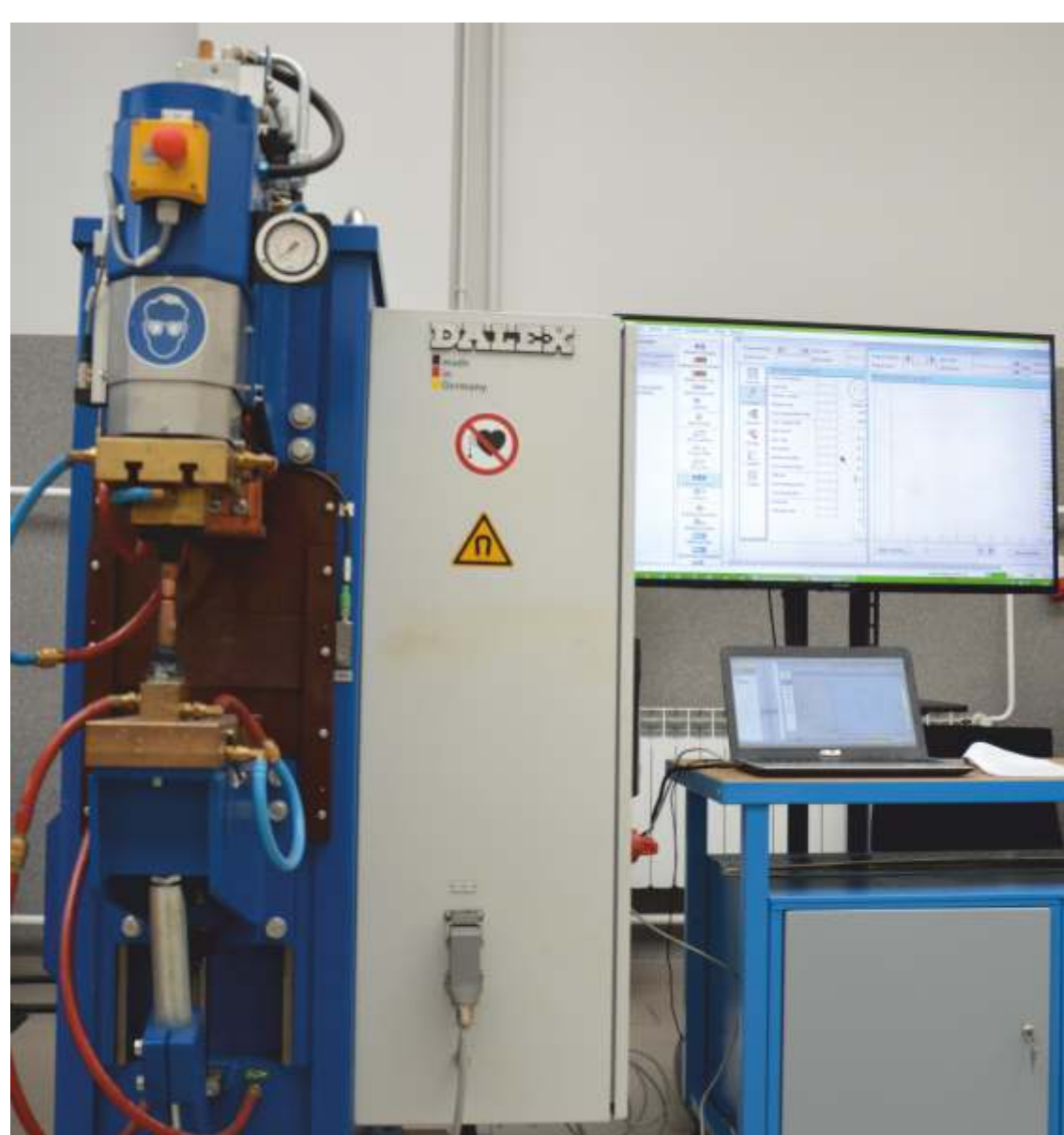
Stosowanie innowacyjnych metod zgrzewania rezystancyjnego z klejeniem do łączenia materiałów konstrukcyjnych otwiera nowe możliwości w rozszerzaniu zakresów łączonych materiałów w różnych branżach przemysłowych. Poniżej przedstawiono wyniki eksperymentów łączenia hybrydowego: zgrzewanie rezystancyjne punktowe - klejenie z użyciem techniki weld-through. Omówiono wpływ parametrów technologicznych zgrzewania oraz klejenia na proces tworzenia złączy hybrydowych zgrzewanie rezystancyjne - klejenie blach stalowych o podwyższonej wytrzymałości z powłokami ochronnymi z zastosowaniem kleju epoksydowego jednoskładnikowego przeznaczonego do zastosowań w przemyśle samochodowym. Przedstawiono porównanie wytrzymałości połączeń w zależności od technologii łączenia: zgrzewanie rezystancyjne, klejenie oraz połączeń hybrydowych zgrzewanie rezystancyjne - klejenie.

Technologia, materiały i stanowisko do badań

W ramach badań zgrzewano blachy gatunku 22MnB5 AS 60/60 o grubości 1,2 mm po obróbce cieplnej z powłoką AlSi o grubości 10 µm naniesionej dwustronnie metodą zanurzeniową oraz HC340LA z powłoką ZE50/50 Granocoat ZE z obustronną powłoką dwuwarstwową cynkową i z tworzywa sztucznego o grubości 7µm. Celem umożliwienia przepływu prądu, warstwa tworzywa zawiera drobiny cynku. Powłoka dwuwarstwową zapewnia kilkakrotnie większą odporność na korozję, w porównaniu do standardowych powłok cynkowych.

Stale 22MnB5 dostarczone do badań były w stanie przed obróbką cieplną (przed formowaniem na gorąco). W ramach badań materiał przygotowano poprzez włożenie do pieca rozgrzanego do temperatury 950°C i wytrzymanie 15 minut. Następnie schłodzono w wodzie do temperatury poniżej 100°C.

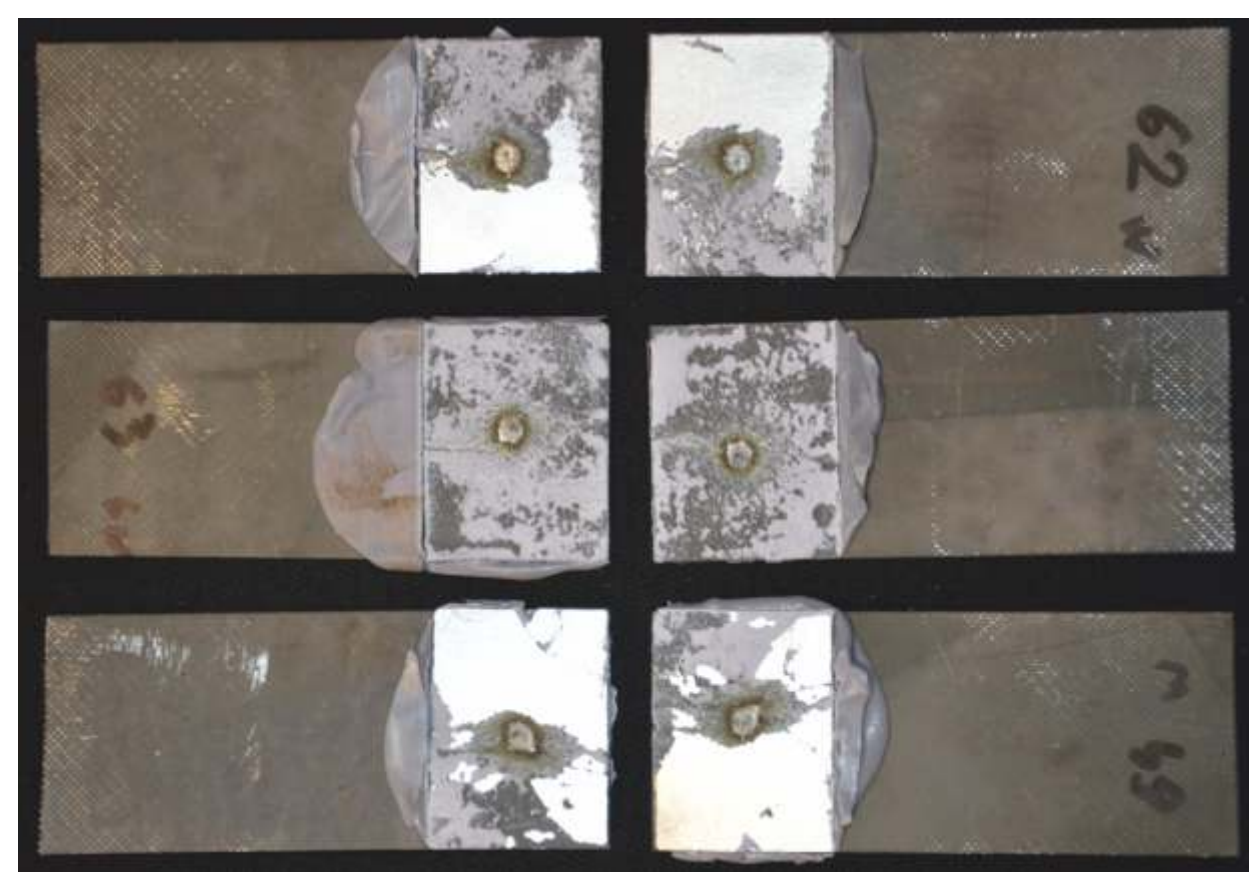
Do technologicznych prób zgrzewania zastosowano elektrod ISO 5821 – B0 – 16 – 20 – flat – 6 – 30 – A2/2. Próby zgrzewania zostały przeprowadzone na inwertorowej zgrzewarce prądu stałego (1kHz) z pneumatycznym układem dociskowym (rys. 1).



Rys. 1. Stanowisko wyposażone w zgrzewarkę PMS 14-6MF i system XPEGASUS

Wyniki badań

Proces łączenia hybrydowego polegał na naniesieniu na próbki stalowe warstwy kleju epoksydowego jednoskładnikowego Betamate 1480v203 firmy DOW, a następnie przeprowadzenia zgrzewania rezystancyjnego punktowego. Nakładano warstwę kleju na blachy w trzech stanach powierzchni: w stanie dostawy (stal HC340LA i 22MnB5), po oczyszczeniu alkoholem izopropylowym (stal HC340LA i 22MnB5) oraz szorstkowane i trawione kwasem ortofosforowym (stal 22MnB5). Proces nanoszenia kleju był przeprowadzany analogicznie, jak dla złączy klejowych, z tą różnicą że utwardzanie kleju (w piecu) następowało po wykonaniu zgrzewania. W procesie hybrydowym nie stosowano kontroli grubości kleju. Grubość warstwy kleju była wynikiem odkształceń w wyniku procesu zgrzewania rezystancyjnego. W odróżnieniu od tworzenia połączeń klejowych, przy łączeniu hybrydowym nie stosowano obciążników, ze względu na brak ich celowości. Złącza były usztywniane przez utworzoną zgrzeinę. Po naniesieniu kleju oraz korekcy wielkości zakładki złącza były zgrzewane. Złącza po zgrzewaniu były utwardzane w piecu w temperaturze 180°C w czasie 40 min.



Rys. 2. Widok przykładowych złączy łączonych hybrydowo ze stali 22MnB5 po badaniu na ścinanie

W badaniach wytrzymałości łączenia blach HC340LA z powłoką organiczną warstwa kleju ulegała zniszczeniu w sposób adhezyjny, czyli najslabszym miejscem łączenia była powierzchnia przylegania kleju do łączonych materiałów stalowych. Nie następowała delaminacja (oderwanie od stali) powłok ochronnych. Zniszczenie zgrzein następowało w postaci pełnego wyluskania.

W badaniach wytrzymałości łączenia blach 22MnB5 z powłoką AlSi warstwa kleju posiadała wyższą wytrzymałość niż siła adhezji powłoki ochronnej do blachy, stąd następowało oddzielenie powłoki ochronnej AlSi od blachy. Zniszczenie zgrzeiny następowało w postaci pełnego wyluskania (dla programów zgrzewania wieloimpulsowych) lub kruchego pęknięcia w płaszczyźnie łączenia (dla złączy zgrzewanych jednoimpulsowo).

Dla zgrzewania złączy hybrydowych czas docisku wstępnego był wydłużany 3-krotnie (do wartości 3000 ms) w stosunku do technologii zgrzewania. Pozwalało to na częściowe wyciśnięcie warstwy kleju z obszaru zgrzewania przed przepływem prądu, co umożliwilo zgrzewanie i zmniejszało zjawisko wyprysku. Brak zastosowania wydłużonego czasu docisku wstępnego skutkowało brakiem przepływu prądu zgrzewania lub bocznikowaniem na krawędziach blach (wyiskrzanie w miejscu kontaktu - na krawędziach blach) lub najczęściej intensywną ekspulsją z jądra zgrzeiny.

Stal HC340LA charakteryzowała się strukturą drobnoziarnistego ferrytu. W obszarze SWC obserwowano mieszaninę bainitu i martenzytu, natomiast obszar jądra zgrzeiny charakteryzowała struktura martenzytyczna. Przykładowe widoki makrostruktur złączy hybrydowych klejowo - zgrzewanych przedstawiono na rys.3 i 4.



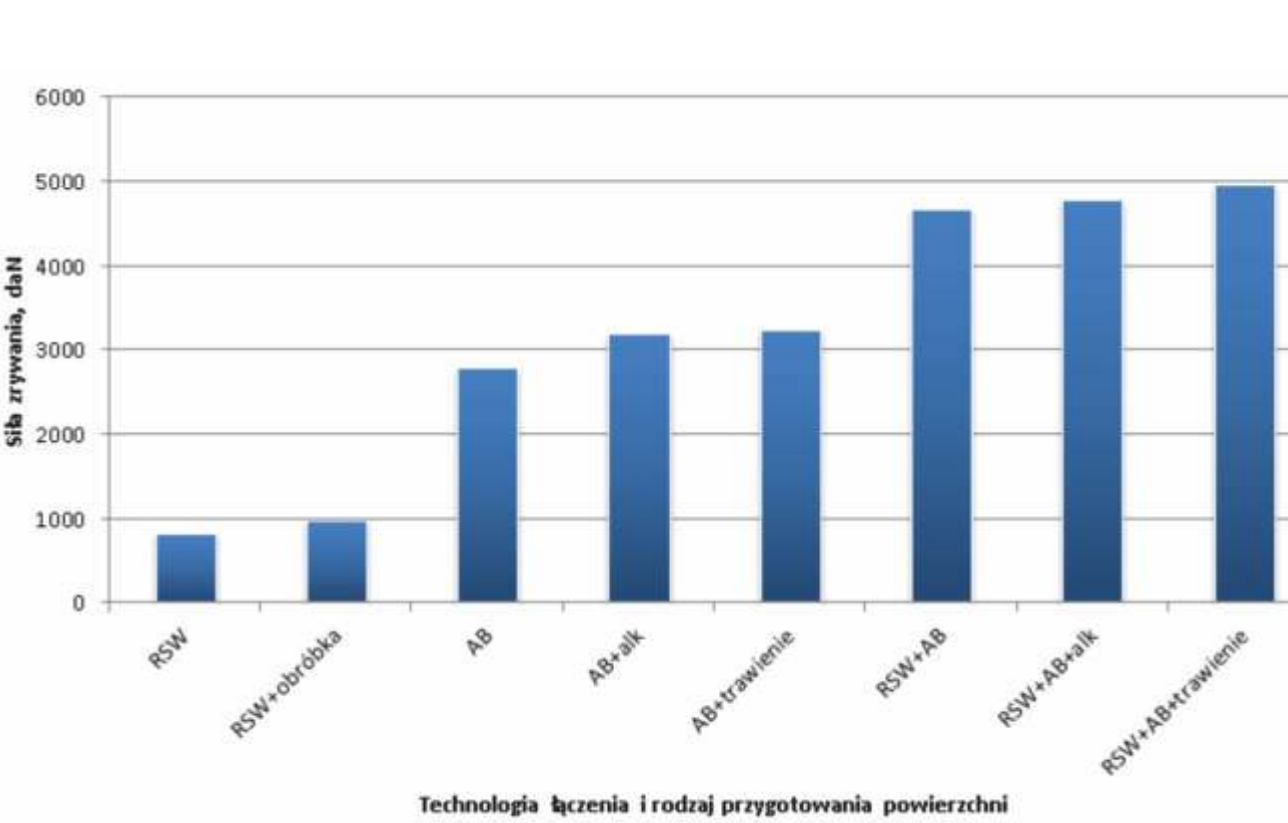
Rys. 3. Makrostruktura złącza ze stali HC340LA ZE50/50 Granocoat ZE klejowo zgrzewanego. Widok ogólny



Rys. 4. Makrostruktura złącza ze stali 22MnB5 AS 60/60 klejowo zgrzewanego. Widok ogólny

W stali 22MnB5 zarówno materiał rodziny, SWC i jądro zgrzeiny posiadały strukturę martenzytyczną. Zarówno w próbkach zgrzewanych jedno- i wielo-impulsowo występowały niezgodności typu pęknięcia w złączach. Niezgodności te powstawały prawdopodobnie z powodu dużych naprężeń lokalnych spowodowanych wysoką wytrzymałością i twardością materiału zgrzewanego oraz dynamicznym cieplnie przebiegiem procesu zgrzewania.

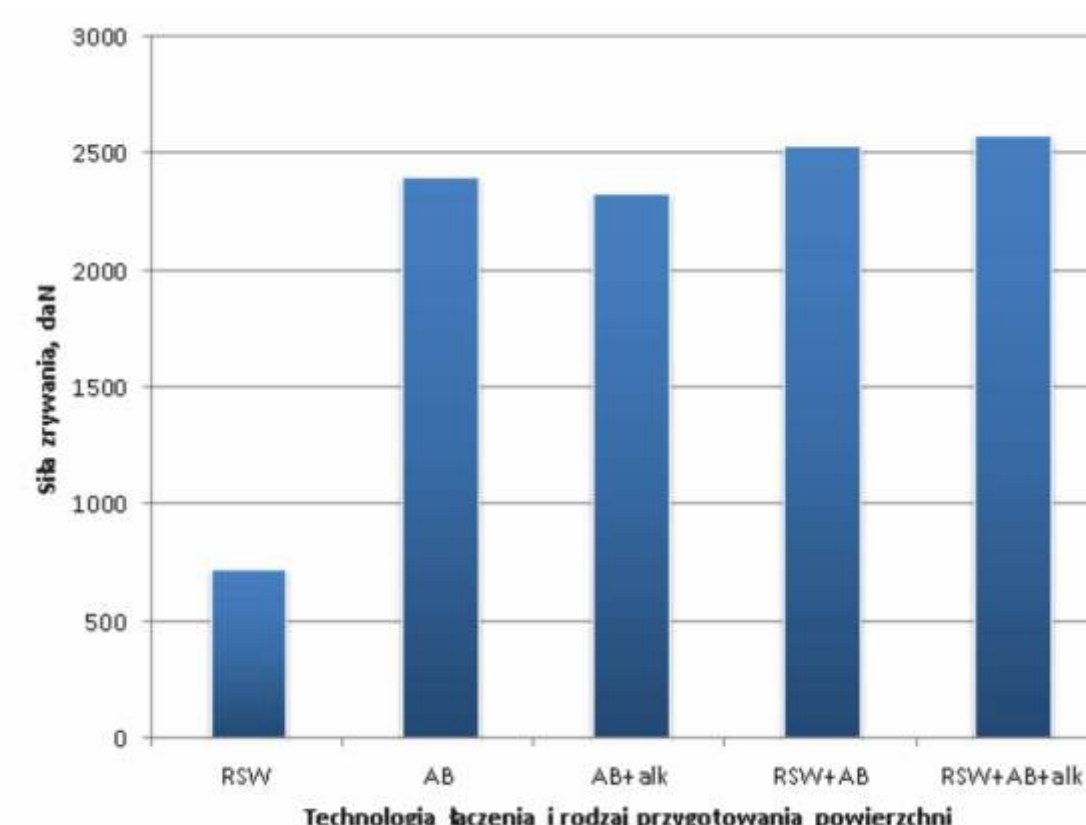
Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie dla poszczególnych technologii, tj. zgrzewania rezystancyjnego, klejenia oraz łączenia hybrydowego zgrzewanie - klejenie dla stali 22MnB5 i HC340LA przedstawiono na rysunkach 5 i 6.



Rys. 5. Zależność siły zrywania od technologii łączenia i rodzaju przygotowania powierzchni stali 22MnB5.

Oznaczenie skrótów:

- RSW** – zgrzewanie rezystancyjne punktowe, materiał w stanie dostawy;
- RSW + obróbka** - zgrzewanie rezystancyjne punktowe wieloimpulsowe, materiał w stanie dostawy;
- AB** – klejenie, materiały w stanie dostawy;
- AB + alk** - klejenie, materiały oczyszczone alkoholem izopropylowym;
- AB + trawienie** - klejenie, materiały oczyszczone szorstkowane i trawienie kwasem ortofosforowym;
- RSW + AB** – łączenie hybrydowe klejowo - zgrzewane, materiały w stanie dostawy;
- RSW + AB + alk** – łączenie hybrydowe klejowo - zgrzewane (zgrzewanie rezystancyjne punktowe wieloimpulsowe), materiały oczyszczone alkoholem izopropylowym;
- RSW + AB + trawienie** – łączenie hybrydowe klejowo - zgrzewane (zgrzewanie rezystancyjne punktowe wieloimpulsowe), materiały oczyszczone szorstkowane i trawienie kwasem ortofosforowym.



Rys. 6. Zależność siły zrywania od technologii łączenia i rodzaju przygotowania powierzchni stali HC340LA.

Wnioski

- Badania wykazały, że zastosowanie technologii hybrydowej – klejenie + zgrzewanie do łączenia blach stalowych z powłokami ochronnymi powoduje zwiększenie wytrzymałości tych połączeń w porównaniu do połączeń zgrzewanych i klejonych.
- W przypadku łączenia technologią hybrydową blach ze stali w gatunku 22MnB5 z powłoką AlSi (w stanie dostawy) wartość siły zrywania wzrosła o 67% w porównaniu do technologii klejenia, i o 375% w porównaniu do zgrzewania dwuimpulsowego i 467% zgrzewania jednoimpulsowego.
- W przypadku łączenia technologią hybrydową blach ze stali w gatunku HC340LA z powłoką dwuwarstwową organiczną ZE50/50 Granocoat ZE (w stanie dostawy) wartość siły zrywania wzrosła o 274% w porównaniu do zgrzewania, i o 6% w porównaniu do technologii klejenia.
- W badaniach wytrzymałości (próby ścinania) złączy klejonych i złączy klejonych i zgrzewanych blach w gatunku HC340LA z powłoką organiczną, warstwa kleju ulegała zniszczeniu w sposób adhezyjny, czyli najslabszym miejscem łączenia była powierzchnia przylegania kleju do łączonych materiałów stalowych. Nie następowało oderwanie powłok ochronnych od blach. Zniszczenie zgrzeiny w złączu hybrydowym następowało w postaci pełnego wyluskania.
- W badaniach wytrzymałości (próby ścinania) złączy klejonych i złączy klejonych i zgrzewanych blach w gatunku 22MnB5 z powłoką AlSi, warstwa kleju posiadała wyższą wytrzymałość niż siła adhezji powłoki ochronnej do blachy, następowało oddzielenie powłoki ochronnej AlSi od blachy. Zniszczenie zgrzeiny w złączu hybrydowym następowało w postaci pełnego wyluskania (dla programów zgrzewania wieloimpulsowych) lub kruchego pęknięcia w płaszczyźnie łączenia (dla złączy zgrzewanych jednoimpulsowo).



mgr inż. Szymon Kowieski
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa
Bl. Czesława 16-18 | 44-100 Gliwice
tel: +48 32 33 58 384
szymon.kowieski@is.gliwice.pl

Literatura

- Kowieski Sz. i inni: ST-381/Ba-54 Zgrzewanie rezystancyjne punktowe z klejeniem blach stalowych, Gliwice, 2018
- Kowieski Sz. i inni: ST-391/Ba-55 „Badania warunków technologicznych zgrzewania rezystancyjnego z klejeniem oraz jakości złączy zgrzewanych z wykorzystaniem termografii aktywnej”, Gliwice, 2019

62.

**MIĘDZYNARODOWA
KONFERENCJA
SPAWALNICZA**

Nowoczesne spawalnictwo
- nowoczesna przyszłość



INTERNATIONAL CONGRESS

Konferencja towarzyszy
Kongres Międzynarodowego
Instytutu Spawalnictwa (IIW)

