

BADANIA WYTRZYMAŁOŚCI STALOWYCH ZŁĄCZY KLEJOWYCH W ASPEKcie PRZYGOTOWANIA POWIERZCHNI MATERIAŁÓW DO KLEJENIA

Beata Rams
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa, Gliwice

Wprowadzenie

Klejenie jest jedną z metod łączenia materiałów, która coraz częściej stosowana jest w zaawansowanych konstrukcjach. Zajmuje ona trwałe miejsce w budowie maszyn i urządzeń technicznych, AGD, pojazdów samochodowych, statków powietrznych, w przemyśle kolejowym i morskim. Główną zaletą klejenia jest możliwość łączenia materiałów o różnych właściwościach fizykochemicznych oraz elementów o różnych wymiarach i kształtach. Racjonalne zastosowanie klejenia umożliwia optymalizację konstrukcji pod względem np. masy, sztywności, odporności na uszkodzenia. Aby zapewnić połączenie o odpowiednich cechach, głównie wytrzymałościowych ważne jest odpowiednie przygotowanie powierzchni przed procesem klejenia. Powinno ono przyczynić się do otrzymania jak najlepszych wiązań adhezyjnych – zarówno fizycznych jak i chemicznych – w połączeniu klejowym. Odpowiednie przygotowanie powierzchni poprawia nie tylko adhezję (wzmacnia siły działające pomiędzy materiałem a klejem) ale także zwilżalność materiału (warunek koniecznym w procesie klejenia) oraz zapewnia powtarzalność produkcji i wytrzymałość długookresową (zapewnienie założonego czasu eksploatacji).

Wybór sposobu przygotowania powierzchni zależy przede wszystkim od rodzaju łączonych materiałów - ich właściwości i stanu powierzchni, od wymiarów i kształtów łączonych elementów, od wymagań wobec elementu konstrukcyjnego, a także od rodzaju zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni klejonej.

Przygotowanie powierzchni materiałów przed klejeniem w produkcji przemysłowej może składać się z różnej ilości operacji technologicznych. Na przykład: odtłuszczenie, obróbka mechaniczna, chemiczna, elektrochemiczna, zastosowanie primerów (środków zwiększających adhezję) oraz operacje modyfikujące warstwę wierzchnią (głównie tworzyw sztucznych) takie jak: koronowanie, obróbka płomienną, plazmowanie, ozonowanie lub oddziaływanie na warstwę wierzchnią promieniowaniem (metody laserowe). Każda operacja jest procesem czasochłonnym oraz stanowi dodatkowy nakład finansowy, a dodatkowo niesie za sobą możliwość popełnienia błędów, który najczęściej zostanie wykryty dopiero w trakcie użytkowania danego produktu (klejenie - proces specjalny).

W przypadku klejenia metali najlepsze efekty uzyskujemy stosując metody wytrawiania chemicznego. Jest to jednak metoda przygotowania powierzchni, w której substancje używane do trawienia są produktami szkodliwymi dla zdrowia i środowiska oraz wymaga ona użycia kilku dodatkowych operacji, tj. czyszczenie, płukanie, suszenie. Dodatkowo efekt przygotowania powierzchni przez wytrawianie utrzymuje się przez bardzo krótki czas, w którym wytrawione elementy należy ze sobą pokleić. Alternatywą dla wytrawiania metali jest metoda plazmowania, stosowana powszechnie do przygotowania tworzyw sztucznych. Jest to nowoczesna metoda, w której efekt przygotowania powierzchni następuje bardzo szybko (od kilku sekund do kilku minut) i nie wymaga żadnych dodatkowych operacji. Należy jednak pamiętać, że w przypadku plazmowania metali efekt odpowiedniego przygotowania powierzchni, podobnie jak w przypadku wytrawiania, utrzymuje się przez bardzo krótki czas.

Metodyka prowadzonych badań

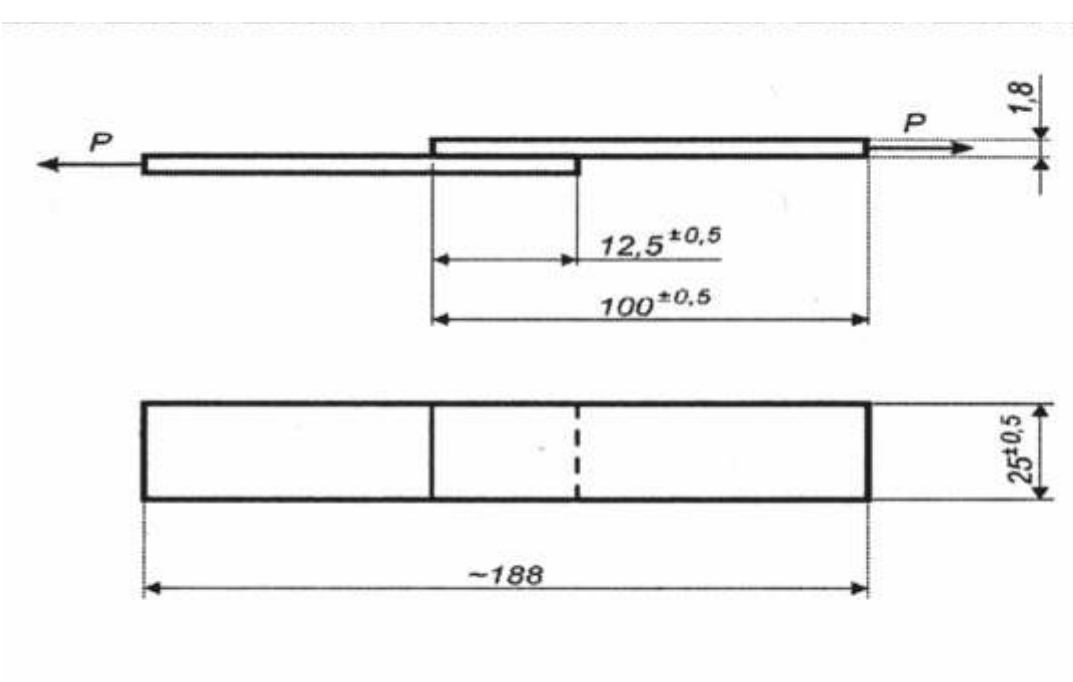
Badania przeprowadzono na próbkach ze stali w gat. DC04 o grubości 1,5 mm (stal niskowęglowa walcowana na zimno, przeznaczona do obróbki plastycznej na zimno) oraz na próbkach ze stali głębokotłocznej w gat. DX53D z powłoką cynkową typu Z140 (ocynkowanie ogniowe) o grubości 1,5 mm. Próbkę do badań zostały przygotowane zgodnie z normą PN-EN 1465:2009 – wymiary próbek: 25 x 100 mm. Przed procesem klejenia powierzchnie próbek zostały przygotowane za pomocą metod wymienionych poniżej, a następnie poklejone na zakładkę o długości 12,5 mm (rys.1), przy użyciu kleju epoksydowego dwuskładnikowego Araldite 2011, firmy Huntsman.

Metody przygotowania powierzchni przed klejeniem zastosowane w badaniach:

- odtłuszczenie alkoholem izopropylowym (izopropanol),
- odtłuszczenie preparatem BETACLEAN 3350 na bazie heptanu,
- odtłuszczenie alkoholem izopropylowym i szlifowanie mechaniczne włókniną P 320,
- odtłuszczenie alkoholem izopropylowym i szlifowanie papierem ściernym P 120,
- odtłuszczenie preparatem BETACLEAN 3350 i zastosowanie primeru,
- wytrawianie chemiczne roztworem trawiącym na bazie kwasu ortofosforowego (V) (wg normy PN -EN 13887),
- zastosowanie plazmy w ciśnieniu atmosferycznym (rysunek 2).

Zakres badań złączy klejowych:

- badania na ścinanie złączy zakładkowych wykonanych zgodnie z normą PN-EN 1465:2009, prowadzone z prędkością 5 mm/min - wyniki wytrzymałości złączy, przedstawione na wykresie, są średnią z 5 prób,
- badania makroskopowe złączy klejowych.



Rysunek 1. Badania wytrzymałości na ścinanie połączeń klejowych wg PN-EN 1465:2009.



Rysunek 2. Urządzenie do obróbki plazmą atmosferyczną firmy AMB-TECHNIC.

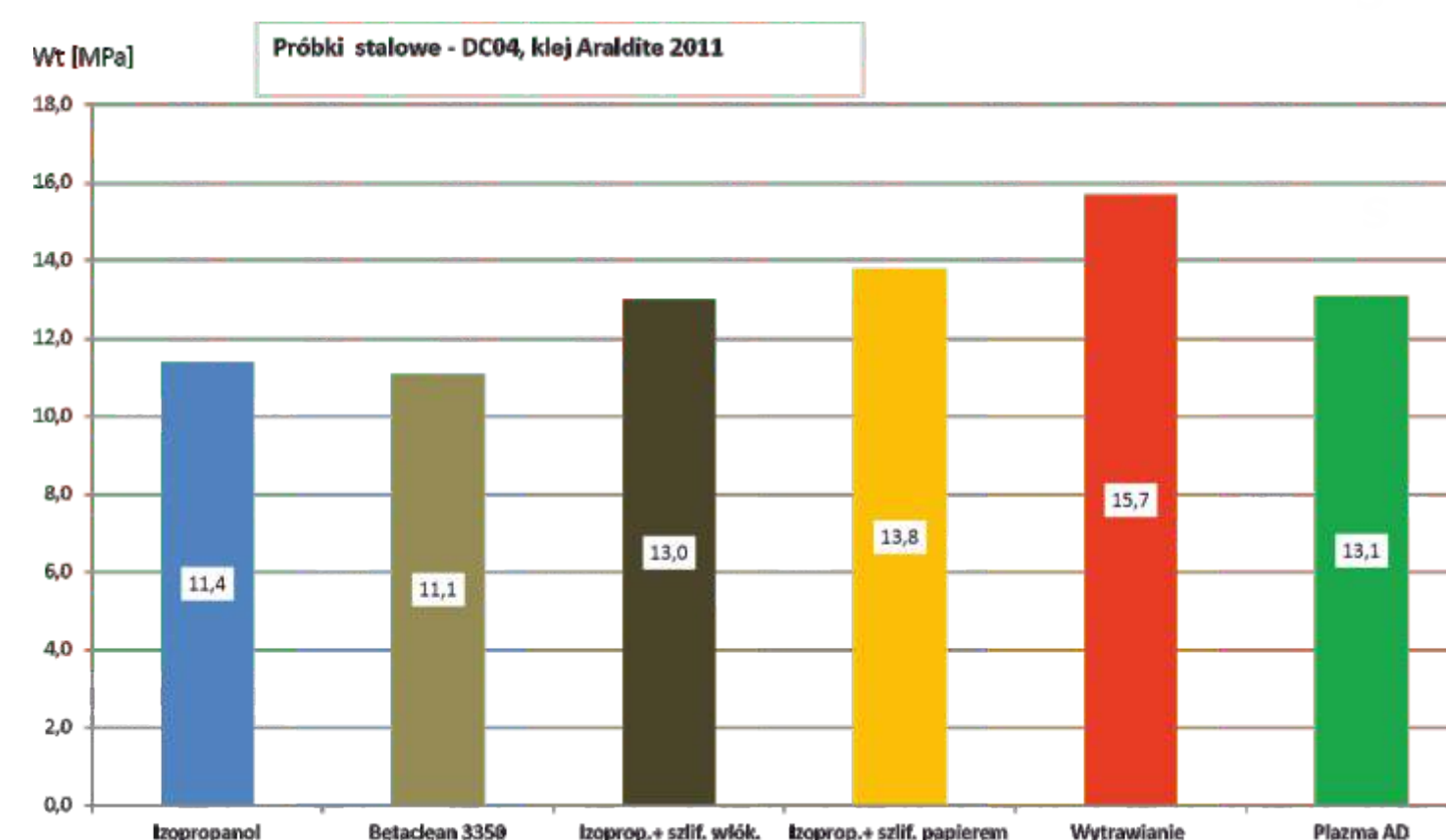
Wyniki badań i dyskusja

Wyniki badań wytrzymałościowych złączy klejowych wykonanych na stali DC04, których powierzchnie przed klejeniem były przygotowane różnymi metodami przedstawiono na rys.3.

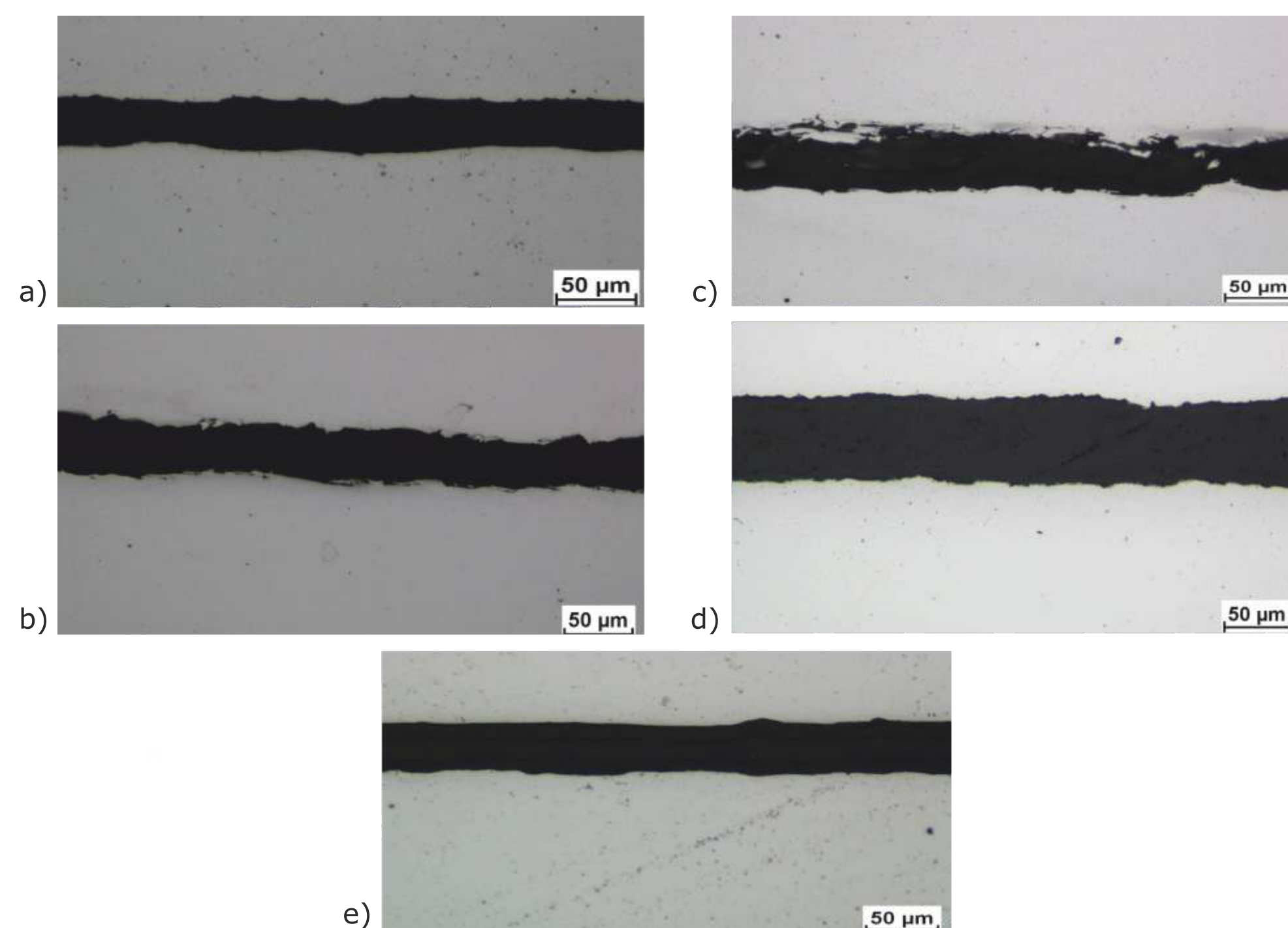
Badania wykazały, że najniższe wytrzymałości złączy uzyskano przy zastosowaniu samego procesu odtłuszczenia, niezależnie od użytego preparatu (izopropanol lub BETACLEAN 3350) i wynosiła ona ok. 11 MPa. Natomiast najwyższą wytrzymałość uzyskano przy zastosowaniu wytrawiania próbek i wynosiła ona 15,7 MPa. Zastosowanie nowoczesnej metody plazmowania pozwoliło zwiększyć wytrzymałość złączy (13,1 MPa) w porównaniu z samym procesem odtłuszczenia i było porównywalne do wytrzymałości złączy uzyskanych przez obróbkę mechaniczną (13,8 MPa).

Zastosowanie plazmy do oczyszczania powierzchni nie powoduje jednak uszkodzenia mechanicznego powierzchni łączonej i może być z powodzeniem stosowane w sposób zautomatyzowany na linii produkcyjnej.

Na rysunku 4 przedstawiono fragmenty makrostruktury złącza klejowego wykonanego na stali DC04, przy różnych metodach przygotowania powierzchni. Zastosowanie obróbki mechanicznej do przygotowania powierzchni przed klejeniem powoduje usunięcie tlenków oraz rozwinięcie powierzchni klejonej, natomiast zastosowanie obróbki plazmą powoduje oczyszczenie powierzchni oraz jej aktywację.



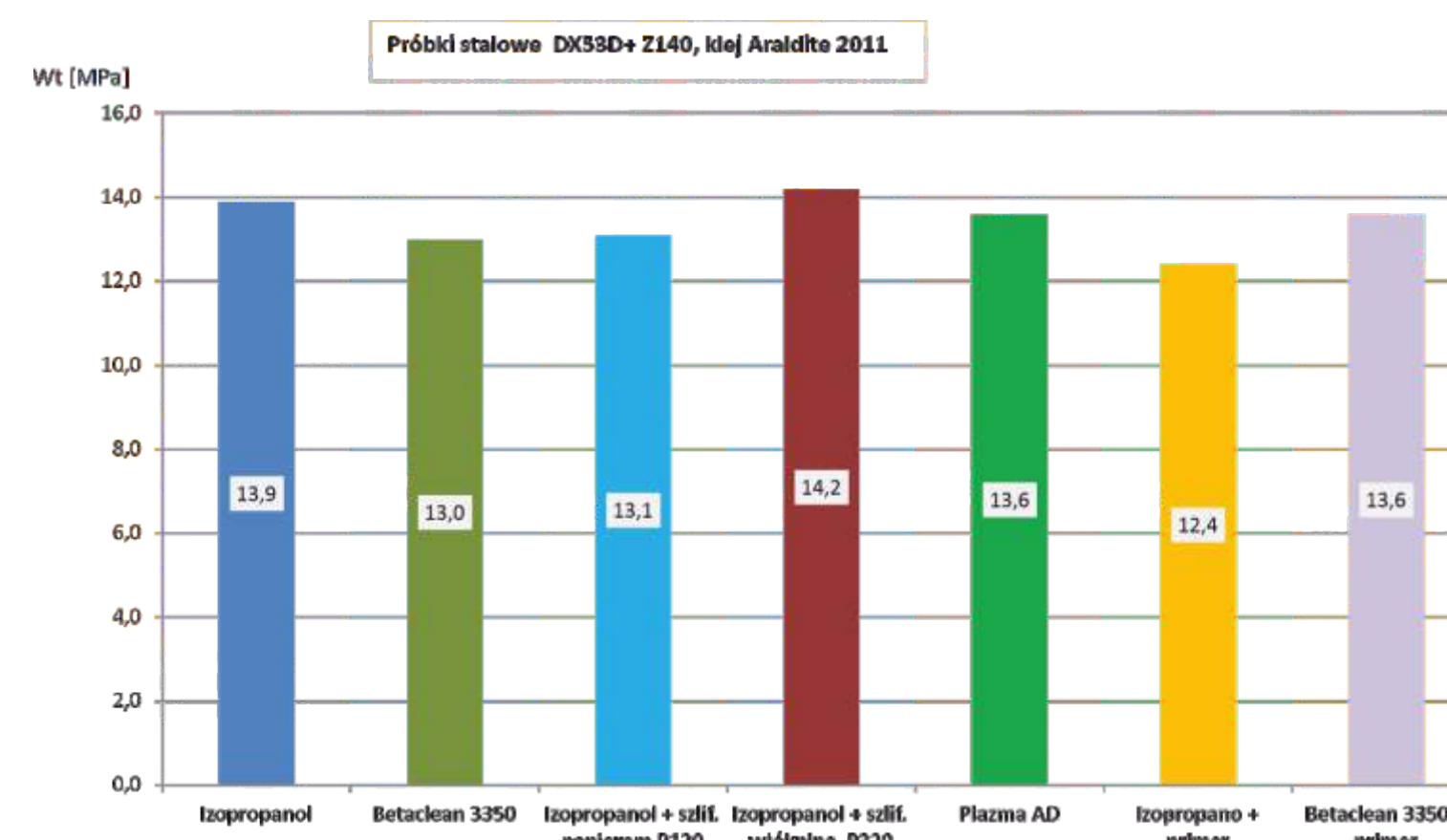
Rysunek 3. Wytrzymałość złącza klejowego w zależności od sposobu przygotowania powierzchni przed klejeniem. Próbkę ze stali DC04, klej Araldite 2011



Rysunek 4. Fragmenty makrostruktury złącza klejowego wykonanego na stali DC04 po różnych sposobach przygotowania powierzchni przed klejeniem: a) odtłuszczenie izopropanolem, b) szlifowanie papierem ściernym P120, c) szlifowanie włókniną P320, d) wytrawianie chemiczne, e) obróbka plazmą w ciśnieniu atmosferycznym.

W przypadku przygotowania powierzchni ze stali ocynkowanej, w której warstwa cynku pełni rolę ochronną, zastosowana metoda obróbki powierzchni nie powinna uszkadzać tej warstwy. Zastosowanie w tym przypadku szlifowania mechanicznego jest ryzykowne, ponieważ nie mamy pewności że pozostała warstwa cynku jest wystarczająca do dalszego zabezpieczenia stali. Wyniki badań przy klejeniu stali DX53D+ Z140, przy zastosowaniu różnych metod przygotowania powierzchni przedstawiono na rys.5.

Zastosowanie w tym przypadku samego procesu odtłuszczenia np. izopropanolem (13,9 MPa) lub zastosowanie obróbki plazmą (13,6 MPa) pozwala na zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości złącza klejowego a zarazem nie uszkadza ochronnej warstwy cynku. Zastosowanie dodatkowego primeru (przy oczyszczeniu preparatem Betaclean 3350) pozwoliło także na uzyskanie wytrzymałości 13,6 MPa, ale powoduje wprowadzenie dodatkowej operacji do procesu - aplikacja primeru.



Rysunek 5. Wytrzymałość złącza klejowego w zależności od sposobu przygotowania powierzchni przed klejeniem. Próbkę ze stali DX53D+ Z140, klej Araldite 2011.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- W przypadku klejenia stali DC04 najwyższą wytrzymałość złącza uzyskano po zastosowaniu wytrawiania chemicznego. Dobrej jakości złącza uzyskano także stosując obróbkę plazmą atmosferyczną oraz przy zastosowaniu obróbki mechanicznej.
- W przypadku klejenia stali DX53D + Z140 najwyższą wytrzymałość złącza uzyskano po zastosowaniu odtłuszczenia izopropanolem i szlifowaniu włókniną P320. Dobrej jakości złącza uzyskano stosując obróbkę plazmą atmosferyczną oraz przy zastosowaniu primeru.

Literatura

B. Rams, A. Węglowska, J. Matusiak i inni: Badania w zakresie przygotowania powierzchni do procesów klejenia blach stalowych z powłokami ochronnymi i bez powłok ochronnych. Sprawozdanie z pracy badawczej CH-10 (ST 392), MNiSW 2019.

Podziękowania

Dla Panów Marka Bernaciaka i Mariusza Zawieruchy z firmy AMB-TECHNIC za udostępnienie urządzenia do plazmowania oraz przygotowanie próbek do badań.



Mgr inż. Beata Rams
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa
Bl. Czesława 16-18
tel. +48 32 33 58 239
44-100 Gliwice
Beata.Rams@is.gliwice.pl



62.

MIĘDZYNARODOWA
KONFERENCJA
SPAWALNICZA

Nowoczesne spawalnictwo
- nowoczesna przyszłość



INTERNATIONAL CONGRESS

Konferencji towarzyszy
Kongres Międzynarodowego
Instytutu Spawalnictwa (IIW)

