

Paweł WENDORFF¹, Adam MROZIŃSKI²

e-mail: p.wendorff@bas.pol.pl

¹ BELMA ACCESSORIES SYSTEMS Sp. z o.o., Studenckie Koło Naukowe TOPGRAN² Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Spawanie stali przeznaczonych do kontaktu z żywnością

Wstęp

Przepisy *Unii Europejskiej* określają, że wszelkie materiały lub wyroby przeznaczone do bezpośredniego lub pośredniego kontaktu z żywnością muszą być wystarczająco obojętne, aby nie powodować przenikania do żywności substancji w ilościach, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka. Oprócz przepisów UE wymagania odnośnie takich materiałów są sprecyzowane w normach krajowych [1]. Wyroby ze stali nierdzewnych są całkowicie neutralne, to znaczy nie zmieniają cech organoleptycznych pożywienia, ani nie zmieniają jego składu chemicznego. Wartości stężeń pierwiastków chemicznych uwalnianych ze stali do żywności są na akceptowalnie niskim poziomie co sprawia, że stale nierdzewne są stosowane w kontakcie z pożywieniem oraz do magazynowania i transportu wody pitnej [1–3].

Oprócz zaleceń materiałowych istnieją także zalecenia projektowo-wykonawcze, które obejmują zasady dotyczące łączenia elementów w sposób zapewniający łatwość czyszczenia, brak zalegania żywności itd. Na wszystkich etapach wytwarzania wyrobów do zastosowań spożywczych należy zadbać o prawidłowe wykonanie operacji spawania wraz z kolejnymi etapami wytrawiania i pasywacji [1, 3, 4].

Spawanie jest obecnie najpowszechniej stosowaną technologią wytwarzania konstrukcji stalowych maszyn i instalacji dla przemysłu chemicznego i spożywczego. Jedną z najnowocześniejszych technologii spajania jest spawanie metodą laserową (LBW). Źródłami najczęściej stosowanymi do spawania są lasery gazowe CO₂ oraz lasery typu YAG (laser itrowo-aluminiowy). Lasery typu YAG nadają się szczególnie do spawania cienkich blach ze stali nierdzewnej (< 1,5 mm) w pulsacyjnym trybie pracy [5].

Celem pracy było określenie wpływu błędów technologii i techniki spawania, w złączach spawanych na obniżenie wytrzymałości, czasu użytkowania konstrukcji spawanych, na poważne awarie oraz na straty materialne.

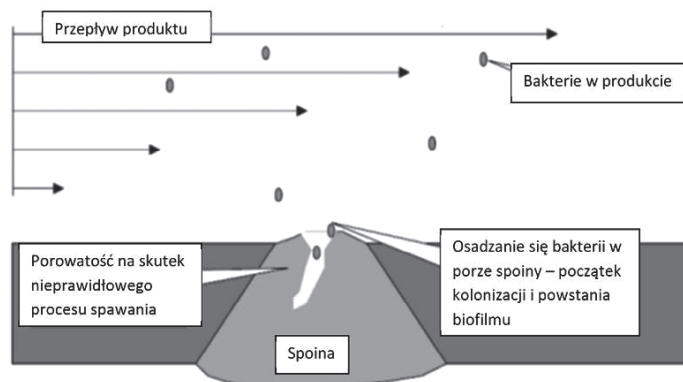
Materiały nierdzewne w przemyśle spożywczym

Istnieje szerokie spektrum gatunków stali odpornych na korozję, z których każdy oferuje unikalny zestaw własności antykorozyjnych, mechanicznych, podatności na przeróbkę plastyczną i spawalności. Już dawno stale nierdzewne ugruntowały swoją pozycję jako materiał na prawie wszystkie konstrukcje do przetwarzania i przechowywania żywności. Zastosowanie odpowiedniego gatunku stali nie jest jednak wystarczającą wartością uzyskania antykorozyjnego produktu metalowego. W celu uzyskania odpowiedniej odporności na korozję należy zwrócić baczną uwagę na operację wykończenia, aby usunąć wszelkie zanieczyszczenia powierzchni oraz nieregularności z poprzednich procesów technologicznych, które mogłyby stanowić miejsca działań korodujących przy ich użytkowaniu [3–5].

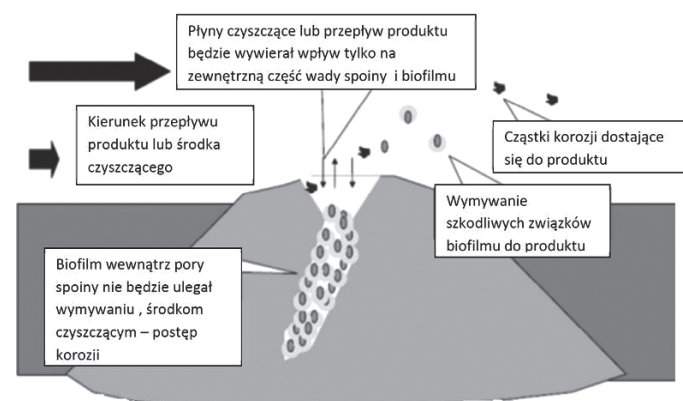
Następstwa wadliwej spoiny

Porowatość, szczelina powstała na skutek nieprawidłowego procesu spawania jest początkiem kolonizacji bakterii i zaatakowania środowiska wadliwej spoiny (Rys. 1) [2].

W porach spoiny tworzy się biofilm z bakteriami, co powoduje zwiększoną adhezję innych bakterii. Pod wpływem powstającej w ten sposób korozji rośnie akumulacja materii mikrobiologicznej od 10 do 1000 razy szybciej, powodując straty materiału i zwiększenie porowatości. Stal nierdzewna w danym miejscu traci swoje zdolności do tworzenia pod wpływem tlenu samonaprawiających się warstw pasywnych (Rys. 2) [2].



Rys. 1. Przepływ produktu spożywczego w środowisku wadliwej spoiny [2]



Rys. 2. Wydzielanie bakterii i korozji w błędnie wykonanej spoinie [2]

Wykonane spoiny muszą być wystarczająco mocne aby spełniać wymogi użytkowe. Aby uzyskać gładką spoinę należy zapobiegać następującym błędom technologicznym [6]:

- w *przygotowaniu*, ze względu na rozbieżności spowodowane przez brak dopasowania rur, kształtowników o tej samej wielkości, zbyt szeroką szczelinę między częściami, która może doprowadzić do pęknięcia w środku spoiny po wykonaniu łączenia materiałów;
- w *spawaniu*, ze względu na porowatość lub niedoskonałości materiałów; używanie zbyt dużej ilości metalu spoiny, które następnie przenika do wnętrza zbiorników, szalek i powoduje przeszkodę dla czyszczenia, używanie zbyt małej ilości metalu spoiny, pozostawiając szczelinę między dwiema częściami,
- z *powodu braku gazu osłonowego*, ze względu na złą geometrię spoiny, wygląd i przebarwienia spoiny, utratę pierwiastków stopowych.

Spawanie metodą laserową

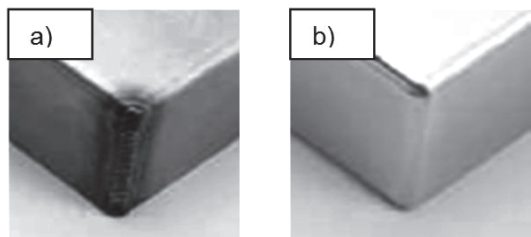
Obecnie wiele firm stawia sobie za cel wprowadzenie na rynek spożywczy nowych wyrobów, o specjalnych cechach, wynikających z zastosowania nowych materiałów i sposobów ich wykonywania. Zastosowanie spawania laserowego jako nowoczesnej metody łączenia materiałów zapewnia [4, 5]:

- spawanie materiałów trudnych do łączenia innymi technikami,
- małą szerokość spoiny i niewielką strefę wpływu ciepła, a w efekcie niewielki, w porównaniu z innymi technologiami spawania lub

zgrzewania, obszar materiału, gdzie mogą powstawać naprężenia termiczne i zmiany strukturalne,

- wysoką jakość spoiny w tym małą ilość tlenków i zanieczyszczeń, brak porowatości,
- małą wypływkę,
- spawanie cienkich blach bez deformacji kształtu i wprowadzania wad powierzchni,
- produkcję wyrobów *na gotowo* bez obróbki związanej z wykończeniem elementu, odbarwianiem czy szlifowaniem,
- dużą wydajność i łatwą automatyzację procesów.

Proces spawania laserowego nie jest procesem prostym do realizacji. Stabilność jakości złącza bywa różna w odniesieniu do kilku partii



Rys. 3. Spoiny wykonane różnymi metodami [9]: a) met. TIG – występują przebarwienia, duża SWC, nierówna powierzchnia spoiny; b) met. laserową – spoina gładka, bez przebarwień (zastosowanie gazu osłonowego), otrzymanie wyrobu gotowego

wyrobów. Występowanie błędów w tej metodzie jest uwarunkowane cechami elementu z poprzednich operacji:

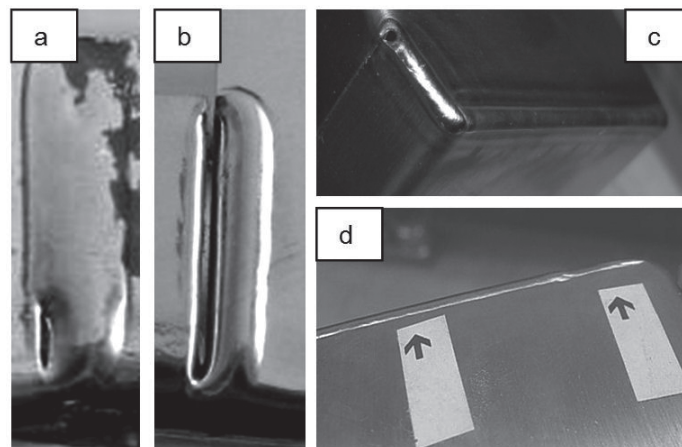
- Źle zamontowany/zainstalowany przyrząd bazujący elementy do spawania (Rys. 4a).
- Nie zachowanie tolerancji kształtu po operacji gięcia elementu (Rys. 4b). Zależność dotyczy głównie spoiny czołowej. Szczelina w złączu musi być poniżej (3–5)% grubości złącza, zwykle poniżej (0,1–0,3) mm. Przy nadmiernej szczelinie może wystąpić wklęsnięcie lica spoiny lub brak przetopu, a w skrajnych przypadkach wiązka laserowa może przechodzić na wskroś przez złącze, nie nadtapiając nawet jego brzegów. Znacznie mniejsze wymagania stawiane są co do wzajemnego uskoku powierzchni zagiętego detalu. Uskoki/tolerancja płaskości nie powinny przekraczać 25% grubości.
- Źle zaprojektowany detal (Rys. 4c).
- Niedokładnie wyczyszczony mechanicznie lub chemicznie obszar spawania. Negatywny wpływ na tego typu spawanie mają zatłuszczone krawędzie od olejów wykrawających dane elementy.

Proces technologiczny spawania laserowego uzależniony jest od parametrów roboczych, które mają zasadniczy wpływ na jakość przebiegu operacji i wytworzony wyrób końcowy. Należą do nich [6, 7]:

- moc wiązki światła laserowego [kW],
- energia impulsu światła laserowego [kJ], czas jego trwania [ms] i częstotliwość powtarzania impulsu [Hz],
- prędkość spawania [m/min],
- długość ogniska wiązki laserowej [mm],
- średnica wiązki laserowej [mm],
- położenie ogniska wiązki laserowej względem złącza [mm],
- rodzaj i natężenie przepływu gazu ochronnego [l/min].

Do przykładów niestosowania poprawnych parametrów spawania laserowego można zaliczyć [7, 8]:

- *Przekroczenie właściwej wielkości mocy wiązki*, co powoduje początkowo tworzenie się w złączu znacznej liczby pęcherzy, a następnie wklęsnięć i nierówności lica, aż do ostatecznego wycieku metalu z oczka spoiny (Rys. 4c).
- *Zwiększenie prędkości spawania przy stałej mocy wiązki*, które sprawia, że maleje głębokość przetopienia. Jednocześnie spoina staje się węższa i zmienia zarys linii wtopienia z owalnego na grzybkowy.
- *Nadmierną prędkości spawania*, przy której metal stapia się i krzepnie zbyt szybko, więc może nie zdążyć roztopić się i stopić ze sobą. Na górnych krawędziach obu łączonych przedmiotów (krawędzi) metal spoiny układa się wówczas w postaci wałeczki, wąskich napoin.



Rys. 4. Błędnie wykonane spoiny metodą laserową [9]: a) źle zalana spoina – przesunięcie wiązki laserowej np. w wyniku złego zamocowania elementu; b) brak fuzji obu łączonych krawędzi – zbyt duża szczelina w wyniku nie zachowania tolerancji gięcia; c) przepalenie cienkiego materiału – źle zaprojektowany narożnik, źle dobrany parametr procesu; d) zbyt duża wypływka (krawędź/uskok) – źle dobrane parametry spawania

- *Zbyt małą prędkości spawania*, która znacznie zwiększa szerokość spoiny i SWC. Jednocześnie może pojawić się porowatość spoiny, w wyniku nadmiernego parowania nagrzewanego metalu spoiny, nierówności lica i ostatecznie wycieki, podobnie jak przy nadmiernej mocy wiązki lasera.

Wnioski

Wybór odpowiedniej techniki spawania pozwala na skrócenie czasu procesu, uzyskanie spoiny o odpowiednich własnościach wytrzymałościowych oraz, co jest szczególnie istotne w stalach nierdzewnych, uzyskanie spoiny o odpowiedniej estetyce i higienie.

Przedmioty spawane laserowo powinny być przygotowane z dużą dokładnością do procesu technologicznego. Złącza doczołowe spawane w jednym przejściu z pełnym przetopieniem bez materiału dodatkowego, nie wymagają ukosowania brzegów, lecz dopasowanie brzegów musi być bardzo dokładne. Zalecany jest dokładny styk metalicznych czystych powierzchni.

Proces spawania laserowego ze względu na zastrzone wymagania higieniczne i jakościowe dla przemysłu spożywczego, wymaga ciągłego doskonalenia i analizy przyczyn powstawania wadliwej spoiny.

O trwałości konstrukcji spawanych decyduje jakość wykonania poszczególnych złączy. Z tego powodu, dla zapewnienia niezawodności eksploatacyjnej konstrukcji, kontrolą musi być objęty cały cykl wytwarzania tych złączy. Ze względu na dużą liczbę parametrów wpływających na jakość złączy spawanych, ich kontrola powinna być realizowana przed spawaniem, w czasie spawania i po spawaniu. Jeżeli jest to możliwe i uzasadnione również podczas eksploatacji wyrobu.

Jasne i dokładne określenie wymagań technicznych w zakresie spawania wyrobów ze stali nierdzewnej jest podstawowym krokiem do optymalizacji korzyści wynikających z użycia tego materiału. Zapewniając estetykę i higienę wyrobu możemy zagwarantować wiele lat prawidłowego i niezawodnego funkcjonowania wyrobu.

LITERATURA

- [1] Państwowy Zakład Higieny (20.12.2010): <http://www.pzh.org.pl>
- [2] European Hygienic Engineering & Design Group (15.12.2010): <http://www.ehedg.org/?nr=1&lang=en>
- [3] Europejska Grupa Projektowa Urzędów Higienicznych (20.12.2010): <http://www.ehedg.org>
- [4] Stale nierdzewne (20.12.10): <http://www.stalnierdzewne.pl>
- [5] Materiały firmy EURO-INOX (23.12.2010): <http://www.euro-inox.org/>
- [6] J. Czuchryj, H. Papkala, A. Winiowski: Niezgodności w złączach spajanych. Instytut Spawalnictwa, Gliwice 2005.
- [7] A. Klimpel: Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali, WNT. Warszawa 1999.
- [8] Praca zbiorowa pod red. J. Pilarczyka: Poradnik Inżyniera – Spawalnictwo, Tom 2. WNT, Warszawa 2005.
- [9] Opracowania, materiały techniczne firmy BAS Sp. z o.o.