

Zastosowanie stali odpornych na korozję w przemyśle spożywczym



Euro Inox

Euro Inox jest europejskim stowarzyszeniem rozwoju rynku stali nierdzewnych.

Członkami Euro Inox są następujące organizacje i instytucje:

- Europejscy producenci stali nierdzewnych
- Krajowe organizacje zajmujące się rozwojem stali nierdzewnych
- Stowarzyszenia producentów dodatków stopowych

Głównym celem Euro Inox jest rozwijanie świadomości na temat wyjątkowych właściwości stali nierdzewnych, propagowanie ich zastosowania oraz zdobywanie nowych rynków. Aby osiągnąć te cele, Euro Inox organizuje konferencje i seminaria oraz wydaje przewodniki w formie drukowanej i elektronicznej, co umożliwia architektom, projektantom, zaopatrzeniowcom, producentom oraz użytkownikom i producentom, a także użytkownikom końcowym lepsze zaznajomienie się z tym materiałem. Euro Inox wspiera również techniczne i rynkowe prace badawcze.

ISBN 978-2-87997-190-2

978-2-87997-189-6 wersja turecka

2-87997-142-x wersja angielska

978-2-87997-191-9 wersja czeska

978-2-87997-255-8 wersja niemiecka

Członkowie zwyczajni

Acerinox

www.acerinox.es

ArcelorMittal Stainless Belgium

ArcelorMittal Stainless France

www.arcelormittal.com

Outokumpu

www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www acciaiterni.it

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

Członkowie stowarzyszeni

Acroni

www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

Institut de Développement de l'Inox (I.D.-Inox)

www.idinox.com

International Chromium Development Association (ICDA)

www.icdachromium.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

www.turkpasder.com

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.pl

SWISS INOX

www.swissinox.ch

Nota redakcyjna

Zastosowanie stali odpornych na korozję w przemyśle spożywczym

Wydanie pierwsze 2008

(Seria: Materiały i zastosowania, zeszyt 7)

© Euro Inox 2008

Wydawca

Euro Inox

Biuro główne:

241 route d'Arlon

1150 Luksemburg, Wielkie Księstwo Luksemburg

Tel.: +352 26 10 30 50 / Fax: +352 26 10 30 51

Biuro wykonawcze:

Diamant Building, Bd. A. Reyers 80

1030 Bruksela, Belgia

Tel.: +32 2 706 82 67 / Fax: +32 2 706 82 69

E-mail: info@euro-inox.org

Internet: www.euro-inox.org

Autor

Eric Partington, Ampney St.Mary (UK)

Uwagi o prawie autorskim

Opracowanie niniejsze jest objęte prawem autorskim. Euro Inox zastrzega sobie wszelkie prawa do tłumaczenia na wszystkie języki, przedruku, wykorzystania ilustracji, cytowania lub rozpowszechniania. Żadna część tej publikacji nie może zostać powielona, przechowywana w systemach wyszukiwawczych ani przekazywana w żaden inny sposób: elektroniczny, mechaniczny, za pomocą fotokopii czy nagrań bez uprzedniej pisemnej zgody właściciela praw autorskich tj. Euro-Inox, Luksemburg. Naruszenie tych praw może podlegać procedurze prawnej w zakresie odpowiedzialności za wszelkie szkody pieniężne wynikające z tego naruszenia jak również poniesienia kosztów i opłat prawnych oraz podlega ściganiu w ramach przepisów luksemburskiego prawa autorskiego oraz przepisów obowiązujących w Unii Europejskiej.

Spis treści

1	Cel i zakres publikacji	2
2	Wprowadzenie	2
3	Dlaczego stal odporna na korozję	2
4	Wybór gatunku stali	5
5	Jak wytwarzać elementy ze stali odpornych na korozję	9
6	Wykończenia powierzchni	14
7	Zasady projektowania	17
8	Wnioski	20
9	Normy europejskie	21
10	Literatura	22
11	Przydatne linki	23
12	Załącznik	23

Podziękowania

Publikacja powstała z pomocą Nickel Institute, Toronto (www.nickelinstitute.org, www.hygienicstainless.org)

Fotografie na okładce:

- Centro Inox, Mediolan (I)
- Koninklijke Grolsch, Enschede (NL)
- Packo Inox, Zedelgem (B)

Zastrzeżenie

Euro Inox dołożył wszelkich starań, aby informacje zawarte w tej publikacji były technicznie poprawne. Jednakże, zwraca się uwagę czytelnika, że materiał zawarty w niniejszym opracowaniu stanowi tylko ogólną informację. Euro Inox, jego członkowie, personel i konsultanci nie ponoszą żadnej odpowiedzialności za jakiegokolwiek straty, zniszczenia lub szkody wynikające z wykorzystania informacji zawartych w niniejszym opracowaniu.

1 Cel i zakres publikacji

Publikacja przedstawia wszechstronność zastosowań stali nierdzewnej w przemyśle spożywczym i w produkcji napojów jako materiału najczęściej stosowanego w Europie, a także na świecie. W publikacji opisano pięć głównych grup stali nierdzewnej wraz z ich właściwym zastosowaniem. Przedstawiono techniki obróbki stali nierdzewnych i wskazano na właściwe

zasady projektowania elementów, podkreślając znaczenie wykończenia powierzchni i zasady "higienicznego" projektowania. Przedstawione opracowanie nie wyczerpuje całkowicie wszystkich aspektów doboru i zastosowania stali nierdzewnych, ale każdy zainteresowany czytelnik odnajdzie w niej liczne odwołania do źródeł wiedzy specjalistycznej.

2 Wprowadzenie

Istnieje szerokie spektrum gatunków stali odpornych na korozję, z którego każdy oferuje unikalny zestaw własności antykorozyjnych, mechanicznych, podatności na przeróbkę i spawalności. Zastosowanie odpowiedniego gatunku stali, po właściwie

przeprowadzonej obróbce wykańczającej oraz w odpowiedni sposób konserwowanej, zapewni konstrukcji długotrwałą i bezawaryjną pracę przy minimalnym koszcie życia produktu.

3 Dlaczego stal odporna na korozję

Już dawno temu stale nierdzewne ugruntowały swoją pozycję jako materiał na prawie wszystkie konstrukcje do przetwarzania i przechowywania pożywienia. Ale dlaczego?

Jakie cechy sprawiają, że stale nierdzewne są tak właściwe w takiego rodzaju zastosowaniach? Przede wszystkim decyduje o tym ich odporność na korozję. Wszyscy wiemy, że stal nierdzewna charakteryzuje się czystą i gładką powierzchnią w normalnych warunkach atmosferycznych, i właśnie ta cecha sprawia, że jest ona idealna do zastosowań w kontakcie z jedzeniem. Ponadto, jeżeli nie ma żadnej wymiernej reakcji chemicznej między stalą nierdzewną a jedzeniem, nie tylko wymagamy, aby materiał pozostał czysty, ale także pożywienie nie zostało skażone przez związki metaliczne lub produkty korozji.



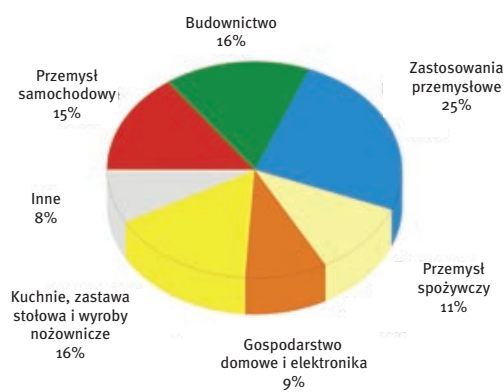
Zastosowanie stali nierdzewnej zarówno na urządzenia kuchenne jak i powierzchnie do przygotowywania jedzenia w nowoczesnych kuchniach przemysłowych. Zdjęcie: Caterform

W Europie, dyrektywa (EC) 1935/2004 [1] określa, że “materiały będące w kontakcie z jedzeniem, w normalnych lub przewidywalnych warunkach użycia, nie przeniosą żadnych zanieczyszczeń do jedzeń w ilościach, które mogłyby narazić ludzkie zdrowie lub spowodować niedopuszczalną zmianę w ich składzie albo pogorszenie ich organoleptycznych własności”. Taka regulacja może dodatkowo być sprecyzowana w przepisach narodowych poszczególnych krajów np. [2].

Gatunek stali odpornej na korozję 1.4301 (AISI 304) jest najbardziej popularnym ze względu na fakt, że znalazł on wiele zastosowań na sztuce i naczynia gospodarcze. Gatunek ten jest tak szeroko stosowany ze względu na swą chemiczną obojętność w kontakcie z wieloma rodzajami pożywienia, a także w kontakcie z różnorodnymi detergentami stosowanymi przy oczyszczaniu jedzenia. Ze względu na tak pożądane własności stal odporna na korozję szybko wypiera inne materiały metaliczne w elementach stosowanych w przetwórstwie jedzenia i działalności cateringowej.

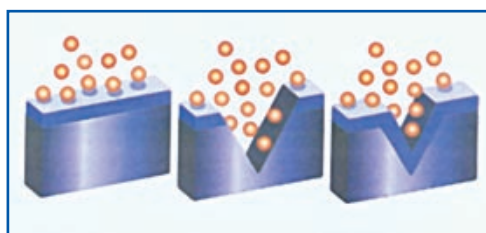
Odporność na korozję stali nierdzewne uzyskują dzięki niewidocznej warstwie ochronnej tlenków chromu, która tworzy się w takich stopach przy zawartości chromu wynoszącej 10,5% lub powyżej tej wartości w środowisku bogatym w tlen lub natlenionej wody. Nawet, jeżeli warstwa ta zostanie mechanicznie uszkodzona, dojdzie do jej odbudowania w obecności tlenu i własności antykorozyjne stali pozostaną niezmiennione.

Dodatkowo oprócz chemicznej bierności oraz nietoksyczności stali odporne na korozję oferują wiele więcej korzystnych własności, które sprawiają, że są one idealne do zastosowań w przemyśle spożywczym



Końcowi użytkownicy stali odpornej na korozję.

i na elementy wyposażenia gospodarczego. Stale odporne na korozję dają się łatwo obrabiać w celu uzyskania gładkiej, niewchłaniającej powierzchni, a ich twardość sprzyja utrzymaniu takiej powierzchni gładkiej podczas eksploatacji. Zależność pomiędzy chropowatością powierzchni pozostającej w kontakcie z pożywieniem i łatwość, z jaką będzie ono do niego przylegać (a także trudność, z jaką będzie je od niej oderwać) jest dobrze udokumentowana [3].



Stal odporna na korozję tworzy na powierzchni niewidoczną, ochronną warstwę tlenków, znaną jako warstwa pasywna. W przypadku jej zniszczenia dochodzi do jej samoczynnego odbudowania w obecności tlenu z powietrza lub wody.

Im powierzchnia będzie gładsza tym pozostanie ona przez dłuższy czas niezanieczyszczona przez osady i bio-powłoki, które stwarzają zagrożenie dla higieny. Taka powierzchnia jest również łatwiejsza w konserwacji, w trosce o wysokie standardy utrzymania higieny.

Stale odporne na korozję mogą pracować w szerokim zakresie temperatur, jaki występuje w procesach przygotowania

jedzenia – gotowanie, zamrażanie – a także są odporne na szoki temperaturowe (gwałtowne zmiany temperatury).

Najważniejszą z własności stali odpornych na korozję jest łatwość ich przeróbki i w efekcie łatwość wytwarzania wydajnych i ekonomicznych instalacji przetwarzania produktów spożywczych. Instalacje takie z zaprojektowanym dla nich wyposażeniem mogą łatwo zostać wyczyszczone i są proste w utrzymaniu bez konieczności ich demontażu dla czyszczenia (czyszczone na miejscu). Instalacje takie mogą być skonstruowane w celu przetwarzania jedzenia, jego magazynowania i transportowania często z zastosowaniem technologii spawania (rozdział 5). Charakteryzują się one również wymaganymi własnościami mechanicznymi, to jest odpornością na zmęczenie materiału, odpornością na obciążenia udarowe, zużycie przez ścieranie i erozję.

Ponadto, analiza w systemie HACCP (Hazard And Critical Control Point) wymaga od operatorów jakiegokolwiek z komercyjnych procesów przetwarzania i pakowania żywności aktywnej obserwacji i kontroli skierowanej na wyszukiwanie potencjalnych zagrożeń dla zdrowia, bezpieczeństwa i higieny w procesie. Jako „zagroże-

nie” definiuje się cokolwiek, co powoduje infekcję będącą skutkiem złego zaprojektowania elementu lub braku higieny w wyniku degradacji materiału przez erozję lub korozję, aż do jego defektu przez złamanie lub zmęczenie. W systemach HACCP należy rozważyć możliwość zanieczyszczenia przez materiał, z jakiego wykonany jest element przetwarzanego pożywienia. W niektórych krajach Unii Europejskiej w kompetencji narodowych władz jest wymóg posiadania takiej analizy i kontrola jej wykonania, w celu określenia czy wszystkie z możliwych zagrożeń zostały wyeliminowane.

Oczywiście tak jak z każdym materiałem konstrukcyjnym, wybór odpowiedniego gatunku stali odpornej na korozję i optymalnego wykończenia jej powierzchni dla planowanych warunków pracy jest zagadnieniem zasadniczym. Należy również przy tym pamiętać o zasadach dobrego projektowania, wytwarzania i konserwacji elementów dla zastosowań w przemyśle spożywczym, które to zagadnienia poruszono w dalszej części publikacji.

Niezawodność i długowieczność stali odpornych na korozję także przyczynia się do ich bardzo korzystnego kosztu życia produktu. Jednak nawet w przypadku, gdy element konstrukcji wykonany ze stali odpornej na korozję nie będzie mógł być już użytkowany, to stal może być poddana recyklingowi. Obecnie w nowo wytwarzanych elementach z tych stali, średni udział materiału nadającego się do powtórnego przetworzenia wynosi około 60%¹.

Popularność stali odpornych na korozję w przemyśle spożywczym, handlu żywnością i gospodarstwie domowym to wynik połączenia estetyki i znakomych własności.



*Powierzchnia stali odpornej na korozję jest jasna i atrakcyjna estetycznie, i przede wszystkim łatwa w czyszczeniu i konserwacji.
Zdjęcie: Cedinox*

4 Wybór gatunku stali

Stal jest stopem żelaza z określoną ilością węgla, natomiast stal odporna na korozję jest to stop, zawierający określoną ilość chromu. Istnieje ponad 200 gatunków stali odpornych na korozję. Stale tej grupy zawierają maksymalnie 1,2% węgla i przynajmniej 10,5% chromu. Oczywiście nie oznacza to, że każdy gatunek stali zawierającej powyżej 10,5% chromu będzie odporny na każde środowisko korozyjne. Jeżeli środowisko pracy jest szczególnie agresywne, niektóre gatunki stali odpornej na korozję mogą ulegać korozji. W takich przypadkach należy stosować gatunki o wyższym stężeniu chromu lub innych pierwiastków stopowych takich jak nikiel, molibden, azot i miedź, ponieważ posiadają one wyższą odporność korozyjną na szczególny typ środowiska pracy lub wybrany rodzaj korozji. Niektóre dodatki powodują zmianę własności takich jak lepsza obrabialność, formowalność czy też spawalność, co będzie powodować łatwiejsze wytwarzanie wyposażenia z tych stali lub sprawi, że materiał będzie twardszy i przez to bardziej trwały. Dodatki takie mogą również powodować obniżenie innych własności na przykład odporności korozyjnej, a także wpływać na wzrost kosztu materiału. Dlatego tak ważne jest precyzyjne określenie środowiska pracy elementu, w celu właściwego przeprowadzenia procesu produkcyjnego, który będzie wynikał z jego konstrukcji. Nie bez znaczenia będzie również rola dodatków stopowych w stali, które wpływają na jej własności. Wiedza o powyższych zagadnieniach pomoże we właściwym doborze gatunku stali odpornej na korozję do danego zastosowania.

Publikacja [4] przedstawia wstęp do metalurgii i własności korozyjnych stali odpornych na korozję, a Euro Inox publikuje tablice własności gatunków tych stali wytwarzanych w formie taśm, blach cienkich i grubych [5].

”Najprostsze”, pod względem metalurgicznym, stale odporne na korozję są stopami żelaza z węglem i chromem, i dzielą się na dwie grupy.

Pierwsza grupa stali odpornych na korozję to stale o strukturze martenzytycznej. Zawierają tylko ok. 13% chromu, (więc są najtańszą grupą stali odpornych na korozję), ale charakteryzują się wysoką zawartością węgla (nawet powyżej 1%). Takie stężenie węgla w stalach martenzytycznych sprawia, że są one trudno spawalne i trudne w przeróbce dzięki wysokiej twardości i wytrzymałości. Obróbka cieplna tych stali może też być utrudniona. Ta grupa stali odpornych na korozję nadaje się do zastosowania w mało agresywnych środowiskach, ale za to charakteryzuje się wysoką odpornością na ścieranie. Gatunek stali 1.4125 (AISI 440C) zawiera 1% węgla i jest nadzwyczaj twardy, więc znajduje zastosowanie na elementy pomp. Gatunek 1.4021 (AISI 420) zawiera, co najmniej 0,15% węgla i jest idealny do zastosowań na ostrza noży. Gatunek 1.4116 zawiera, co najmniej 0,45% węgla i jest stosowany na lepszej jakości noże kuchenne, które pozostają ostre po długim czasie użytkowania.

Ostrze tego noża jest wykonane ze stali odpornej na korozję o strukturze martenzytycznej 1.4116.

Zdjęcie: Wüsthof



Stabilizowana stal odporna na korozję o strukturze ferrytycznej (EN. 1.4510) może być stosowana na elementy profesjonalnych blatów kuchennych. Struktura ferrytyczna charakteryzuje się ograniczoną rozszerzalnością cieplną w normalnych warunkach gastronomicznych użytkowania.

Zdjęcie: Maestro by Bonnet



Kolejną grupą stali odpornych na korozję są stale o strukturze ferrytycznej zawierające ok. 17% chromu i ok. 0,05% węgla. Podstawową własnością tych stali jest ich magnetyczność, a podstawowym zastosowaniem sprzęt gospodarstwa domowego, taki jak: zmywaki, chłodziarki oraz patelnie, garnki i wiele innych. Gatunek stali ferrytycznej 1.4016 (AISI 430) charakteryzuje się wystarczającą odpornością na korozję (zwłaszcza korozję naprężeniową) i jest relatywnie tani.

Stale o strukturze ferrytycznej są trudniejsze w przeróbce – formowaniu i spawaniu – niż stale odporne na korozję o strukturze austenitycznej. Dla zastosowań wymagających znacznej przeróbki plastycznej lub odporności korozyjnej należy stosować specjalne gatunki stali ferrytycznej. W przypadku, gdy zastosowanie procesów spawania jest nieuniknione, należy stosować gatunki stabilizowane dodatkami tytanu lub niobu (takie jak 1.4509; AISI 441), które szczególnie nadają się do zastosowań na piecyki, podgrzewacze, elementy palników i inne poddawane dużemu wpływowi ciepła. Odporność na korozję wżerową tych stali można zwiększyć przez dodatek 2% molibdenu i tak zmodyfikowane gatunki 1.4521 (AISI 444) znajdują zastosowanie na elementy narażone na oddziaływanie środowisk korozyjnych zawierających chlorki.

Dodatek niklu w stali odpornej na korozję oferuje wartościowe zwiększenie obrabialności (lepszą przeróbkę plastyczną i spawalność) oraz zwiększenie odporności korozyjnej. Stale takie tworzą trzecią grupę stali odpornych na korozję – o strukturze austenitycznej. Stale austenityczne zawierają od 8% do 12% niklu, co sprawia, że są podatne na przeróbkę, lecz nadal zachowują odpowiednią twardość. Wysoka ciągliwość umożliwia ich walcowanie, prasowanie i głębokie przetłaczanie, a zawartość 18% chromu zapewnia doskonałą ochronę przed korozją. Stale tej grupy należą do najczęściej stosowanych stali odpornych na korozję w przemyśle spożywczym i gastronomii.

Gatunek stali 1.4301 (AISI 304) o strukturze austenitycznej zawiera ok. 0,05% węgla, 18% chromu i minimum 8% niklu. Znajduje on szerokie zastosowanie: od zbiorników w przemyśle piwowarskim, do zlewów kuchennych i pojemników na mleko. W elementach, dla których konieczne jest zastosowanie procesów głębokiego tłoczenia (beczki na piwo) należy stosować gatunki stali o stężeniu niklu podwyższonym do 9% lub więcej, co polepszy dodatkowo odkształcalność stali.



Tak jak w przypadku gatunku stali ferrytycznej 1.4521, dodatek 2% molibdenu do stali o strukturze austenitycznej polepsza odporność na korozję wżerową. Gatunek stali 1.4401 (AISI 316) ma skład chemiczny taki jak gatunek AISI 304, różni się tylko podwyższonym stężeniem molibdenu do 2%, co zapewnia wysoką odporność na środowiska użytkowania, zawierające wysokie stężenia chlorków lub dwutlenku siarki. Gatunek ten nadaje się do zastosowań na urządzenia i elementy do przechowywania białego wina, solonego pożywienia, i elementy pracujące w agresywnych środowiskach, takich jak pektyna stosowana do wyrobu dżemów, konfitur.

Gatunek stali odpornej na korozję 1.4401 (AISI 316) jest często stosowany na elementy będące w kontakcie z bardzo agresywnymi środowiskami chemicznymi – pektyna do wyrobu dżemów (po prawej), przetwórstwo mięsa (po lewej). Zdjęcia: MPS Group (po lewej), Nickel Institute (po prawej)



Gatunek stali odpornej na korozję 1.4301 (AISI 304) jest często stosowany w piwowarstwie i przemyśle mleczarskim na różnorodne zbiorniki na mleko, beczki na piwo. Zdjęcie: Nickel Institute



Rozwiązaniem problemu korozji w zbiornikach do fermentacji soi było zastosowanie super-austenitycznej stali (w tym przypadku zbiorniki wykonano ze stali zawierającej 23% chromu, 25% niklu i 5,5% molibdenu).

Zdjęcie: Nippon Yakin Kogyo Co. Ltd.

Stale odporne na korozję o strukturze austenitycznej o podwyższonym udziale pierwiastków stopowych nazywane są super-austenitycznymi. Charakteryzują się wysoką odpornością na ekstremalnie agresywne środowiska korozyjne. Na przykład, w procesie produkcji sosu sojowego składniki fermentują w zbiornikach przez około sześć miesięcy, dając w efekcie sos bogaty w kwasy organiczne, aminokwasy i alkohole o kwasowości pH ok. 4,7 i zawartością chloru sodu ok. 17%. Wysokie stężenie chromu, niklu, molibdenu i azotu w stali oraz obniżone stężenie węgla zapewnia podwyższoną odporność w tak agresywnym środowisku. Typowym przykładem takich stali są gatunki 1.4539 (904L) o stężeniu molibdenu ponad 4% i gatunki 1.4547 (254 SMO) i 1.4529 o stężeniu molibdenu ponad 6%.

W bardzo agresywnych środowiskach korozyjnych takich jak przy produkcji musztardy, octu, fermentacji serów, przetwórstwie ryb, może być konieczne zastosowanie kolejnej grupy stali odpornych na korozję – stali o strukturze ferrytyczno-austenitycznej, zwanych również stalami duplex. Stale tej grupy mają podwyższone stężenie chromu – 22% i ok. 3% molibdenu (gatunek 1.4462). Większość stali ferrytyczno-austenitycznych jest droższa od stali o strukturze austenitycznej o porównywalnej odporności korozyjnej, ale stale

typu duplex charakteryzują się wyższymi własnościami mechanicznymi dzięki dodatkowi 0,15% azotu.

Stale ferrytyczno-austenityczne wykazują również wyższą odporność na korozję naprężeniową niż stale austenityczne, (choć nie tak dobrą jak stale o strukturze ferrytycznej) i odporność na korozję szczelinową i wżerową, wyższą od gatunku stali austenitycznej 1.4401 (AISI 316).

Kolejną grupą stali odpornych na korozję są stale utwardzane wydzieleniowo, które łączą w sobie wysoką odporność na korozję stali o strukturze austenitycznej i wysokie właściwości mechaniczne stali o strukturze martenzytycznej. Przykładem takiej stali jest gatunek 1.4542 (AISI 630) z dodatkiem miedzi polepszającej odporność na redukujące kwasy i niobu, który zmniejsza korozję złącz spawanych.

Wymienniki ciepła ze stali ferrytyczno-austenitycznej typu duplex zastosowane na zbiorniki do przetworu pomidorów, sosów barbecue i sojowego.

Zdjęcie: Dimpleflo



5 Jak wytwarzać elementy ze stali odpornych na korozję

Tak jak przy wszystkich materiałach konstrukcyjnych, w przypadku stali odpornych na korozję należy pamiętać o zasadach dobrego "gospodarowania" obrabianym materiałem. Blachy i taśmy ze stali odpornej na korozję są często dostarczane z wykończeniem powierzchni 2B i powierzchnie te należy chronić. Najczęściej pokrywane są adhezyjną warstwą ochronną tworzywa sztucznego, którą należy pozostawić na elementach podczas ich przechowywania i, jeżeli to możliwe, podczas obróbki w miejscach nienaruszonych przez zastosowane technologie. Blachy powinny być przechowywane pionowo w specjalnych półkach, nigdy poziomo na ziemi. Należy wystrzegać się ich zanieczyszczenia przez cząstki metaliczne, pochodzące z obróbki innych materiałów lub przez wzajemne zarysowa-



Arkusze blachy należy przechowywać pionowo, a ochronną warstwę tworzywa należy zostawić na stali możliwie jak najdłużej podczas jej przeróbki.



Arkusze blachy stali odpornej na korozję mogą być dostarczane z pokryciem ochronnym z tworzywa sztucznego.

nie. Rury również są dostarczane z ochronnym pokryciem oraz zabezpieczeniem końców elementu - zaślepki - co może być wymagane dla przechowywania na wolnym powietrzu.²

Zachowanie czystości podczas procesów przeróbki stali odpornych na korozję jest podstawowym warunkiem prawidłowo przeprowadzonej produkcji elementów, ponieważ najmniejsze zanieczyszczenia powierzchni stali mogą prowadzić do trudności w procesach spawania stali i w efekcie do korozji szczelinowej. Zanieczyszczenia takie jak tłuszcze, oleje, napisy kredą i folia ochronna, muszą być usuwane z powierzchni stali stosując rozpuszczalniki niezawierające chlorków.

Aby uniknąć zanieczyszczenia cząstkami metalicznymi, głównie stali węglowych, przeróbka stali odpornych na korozję powinna odbywać się w miejscach odseparowanych od miejsc, gdzie przerabia się inne gatunki stali. Należy pamiętać, że cząstki metaliczne stali węglowych zgromadzone na powierzchni stali nie tylko korodują, powodując nacieki korozyjne, ale także mogą powodować korozję wżerową i szczelinową powierzchni stali odpornych na korozję.

Cząstki metaliczne (żelaza) pozostawione na powierzchni stali odpornej na koro-

² Szczegółowe zalecenia można znaleźć w Mechaniczne wykończenia powierzchni dekoracyjnych ze stali nierdzewnej (Seria: Materiały i zastosowania, zeszyt 6) Luksemburg: Euro Inox, 2005

Cząstki metaliczne (żelaza) wbite przez drucianą szcztokę ze stali węglowej w powierzchnię stali odpornej na korozję spowodowały powstanie korozji wżerowej. Zanieczyszczenia takiego typu łatwo jest uniknąć, prowadząc prawidłowo proces obróbki lub czyszczenia.
Zdjęcie: Nickel Institute

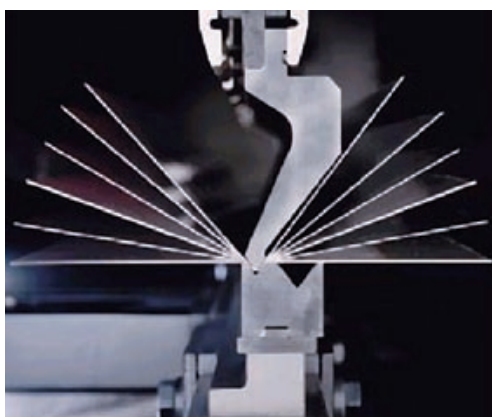


zję mogą zostać usunięte przez trawienie powierzchni kwasami, jak przedstawiono dalej, ale zawsze lepiej jest zapobiegać takim sytuacjom niż później naprawiać powierzchnie³. Szcztoki druciane powinny dlatego być wykonane ze stali nierdzewnej, a nie stali węglowej. Stoły do cięcia ze stali węglowych powinny zostać przykryte teksturą lub pokryciem z tworzyw sztucznych w celu zabezpieczenia powierzchni przed kontaktem obu materiałów. Uchwyty i haki natomiast powinny mieć drewniane lub plastikowe ochronniki.

Stale odporne na korozję mogą być cięte przez zastosowanie procesów wykrawania lub cięcia tarczą, a także cięcie plazmą lub strumieniem wody. Nie mogą być natomiast wykorzystywane metody powszechnie stosowane dla stali węglowych - cięcie palni-

kiem acetylenowo-tlenowym lub propano-tlenowym, chociaż metoda cięcia palnikiem propanowo-tlenowym z wprowadzeniem cząstek proszku żelaza w płomień palnika może być wysoko wydajna do cięcia sekcji do grubości 200 mm.
Stale odporne na korozję o strukturze austenicznej są najłatwiej formowalnym materiałem spośród wszystkich materiałów inżynierskich. Jednakże wykazują większy stopień sprężynowania niż inne stale, więc w celu uzyskania dokładnych kształtów należy uwzględnić tę własność materiału. Stale te również utwardzają się podczas przeróbki, oznacza to, że podczas formowania ich wytrzymałość wzrasta.
Proces spawania dwóch elementów ze stali odpornych na korozję będzie wpływał na własności mechaniczne zarówno spoiny, jak i miejsc przyległych do niej. W publikacjach [6,7,8] przedstawiono wytyczne, dotyczące spawania stali odpornych na korozję.
Podstawowym czynnikiem, wpływającym na wszystkie procesy spawania, jest zachowanie odpowiednich procedur, które przestrzegane i prawidłowo przeprowadzone zapewniają otrzymanie prawidłowych własności materiału⁴:

- Podczas samego procesu spawania, stopiony metal musi być chroniony od wpływu utleniającej atmosfery przez żużel, gaz osłonowy lub zastosowanie próżni, w celu osiągnięcia i zachowania optymalnej odporności korozyjnej i własności mechanicznych spawu.
- Po obu stronach ściegu spawania, materiał rodzimy nagrzewa się do temperatury zbliżonej do jego temperatury topnienia i te obszary są nazywane Strefą Wpływu



³ Wytrawianie i pasywacja stali nierdzewnej (Seria: Materiały i Zastosowania, Zeszyt 4), Luksemburg: Euro Inox, 2004

⁴ Spawanie stali nierdzewnych (Seria: Materiały i Zastosowania, zeszyt 3), Luksemburg: Euro Inox, 2001

Ciepła (SWC). To jak własności spawanego materiału i SWC będą się zmieniać, zależy od składu chemicznego stali odpornej na korozję i zastosowanej techniki spawania, łącznie z zastosowanym spoiwem i dalszą obróbką chemiczną.

- Podczas spawania w stalach odpornych na korozję, chrom i węgiel mogą tworzyć węgliki chromu – proces ten nazywany jest uwrażliwieniem stali na działanie korozji. Zjawisko to powoduje spadek stężenia chromu, który wraz z tlenem odpowiedzialny jest za tworzenie na powierzchni stali pasywnej warstwy tlenków, dzięki której stal posiada swoje unikalne własności antykorozyjne.
- Powierzchnia spawu może sama ulegać mikropęknięciom, które będą rozwijać się w małe pęknięcia.
- Gradient temperatury poprzez spaw, może spowodować początek deformacji, wypaczenia elementu, a podczas chłodzenia po spawaniu może dojść do generacji wysokich wartości naprężenia w spoinie i SWC.

Stale o strukturze martenzytycznej są spawalne, ale tworzą utwardzoną strefę w obrębie spawu, której twardość zależy od stężenia węgla w stali. Proces ten może być kontrolowany przez prawidłowe prowadzenie procesu spawania stali. Stale martenzytyczne wykazują relatywnie niską przewodność cieplną, co może dać początek wysokim gradientom temperatury w złączu spawanym i generacji na tyle wysokich

wartości naprężeń, że mogą one spowodować jego pęknięcie. Wstępne podgrzewanie i wygrzewanie po spawaniu złącza może zapobiec takiej sytuacji.

Stale o strukturze ferrytycznej ulegają procesowi uwrażliwienia stali. Gatunki stabilizowane dodatkami tytanu lub niobu, które chętniej z węglem tworzą węgliki i pozostawiają chrom dla tworzenia warstwy pasywnej na powierzchni stali, wykazują mniejszą podatność na to zjawisko. Obróbka cieplna po spawaniu może być również konieczna dla gatunków stali o dużej kruchości w temperaturze pokojowej.

Stale austenityczne bez trudu można spawać metodami stapienia i oporowymi. Stale tej grupy wykazują niższy współczynnik przewodności cieplnej niż stale węglowe, czego wynikiem jest wąska strefa wpływu ciepła (SWC). Współczynnik rozszerzalności cieplnej tych stali jest o 50% wyższy od stali węglowych, co może powodować ich szczerpanie i deformacje, jeżeli proces spawania nie jest prawidłowo kontrolowany. Gatunki stali o wysokim stężeniu węgla mogą być podatne na zjawisko uwrażliwienia stali. Można temu przeciwdziałać, stosując gatunki z dodatkiem stabilizującego tytanu jak np. 1.4541 (AISI 321).

Dla gatunku 1.4301 (AISI 304) zawierającego 0,07% węgla należy stosować wygrzewanie stali po spawaniu w zakresie temperatur od 980 °C do 1180 °C połączone z szybkim chłodzeniem, które spowoduje rozpuszczenie węglików w strukturze i redukcję naprężeń spawalniczych, które mogłyby powodować korozję naprężeniową. Nowoczesne techniki metalurgiczne umożliwiają wytwarzanie stali o strukturze austenitycznej o niskim stężeniu węgla np. 1.4307 (AISI 304L) i 1.4404 (AISI 316L), które są szeroko dostępne i dobrze spawalne, o lepszej odporności na korozję w agresywnych środowiskach. Stale o strukturze austenitycznej są podatne na pękanie złącza w miejscu spawu lub bezpośrednio w jego okolicy, czemu można zapobiec przez zastosowanie odpowiedniego drutu do spawania.

Stale utwardzane wydzieleniowo są dobrze spawalne, ale z powodu wielu kombinacji dostępnych procesów spawania i obróbki cieplnej dla tych stali, zaleca się skontaktowanie ze specjalistą inżynierii materiałowej w celu uzyskania odpowiednich własności materiału po spawaniu.

Stale ferrytyczno-austenityczne typu duplex z dodatkiem azotu są dobrze spawalne. Można również stosować spoiwa zawierające nikiel, które podwyższają ciągliwość i wytrzymałość spawu.

Po spawaniu wszystkich gatunków stali odpornych na korozję, musi nastąpić efektywny proces czyszczenia powierzchni spawanych. Ciepło spawania pozostawi na powierzchni stali strefy utlenione - przebarwienia, które znacząco wpływają na obniżenie odporności korozyjnej. Powierzchnię stali należy przywrócić do stanu przed spawaniem, usuwając przebarwienia po spawaniu. Trawienie powierzchni stali, czyli kontrolowana korozja powierzchni, zapewnia usunięcie wszystkich jej defektów po procesie spawania. Zazwyczaj do trawienia stosuje się roztwór kwasów 10% azotowego, 3% fluorowodorowego. Proces trawienia przeprowadza się w wannach w temperaturze 50°C, zanurzając elementy na określony czas. Alternatywą dla tak przeprowadzanego trawienia jest zastosowanie pasty o takim składzie chemicznym, którą można nakładać na elementy w trudno dostępnych miejscach lub o dużych gabarytach. Proces trawienia usunie z powierzchni stali wszystkie zanieczyszczenia cząstkami metalicznymi (żelaza) i przywróci jej połysk, umożliwiając ponowne tworzenie się warstwy pasywnej w obecności tlenu. Czas trawienia powierzchni musi być ściśle kontrolowany i tak dobrany, aby usunąć tylko przebarwienia po spawaniu i zanieczyszczenia, ponieważ zbyt długie trawienie może prowadzić do korozji międzykrystalicznej w SWC dla niestabilizowanych gatunków stali.

Mając na względzie trudności w uzyskaniu dostępu do spawanych elementów rurociągów, norma AWS⁵ D18.1:1999 [9] dopuszcza pozostawienie niewielkich przebarwień po spawaniu wewnątrz rurociągów dla przemysłu spożywczego. Norma stwierdza, że powierzchnia spawu nie powin-



Przebarwienia po spawaniu na powierzchni stali odpornej na korozję muszą zostać usunięte stosując proces trawienia w celu przywrócenia powierzchni stali pożądanej odporności korozyjnej.
Zdjęcie: Nickel Institute

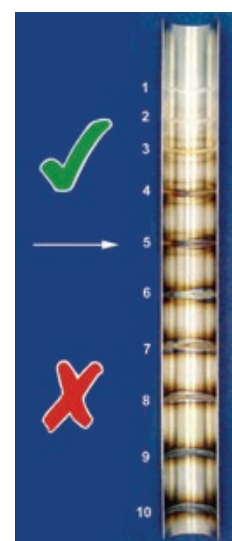
na zawierać nadmiernych przebarwień i zakłada, że przebarwienia ciemniejsze od przypominającego w kolorze ciemny żółty lub jasno niebieski (większe od nr 5 na zdjęciu), nie mogą być dopuszczone do dalszej przeróbki bez ich usunięcia.

Ponadto, nie zawsze konieczne jest przeprowadzenie po procesie trawienia pasywacji powierzchni stali. Pasywacja powierzchni odbywa się przez zanurzenie niewielkich elementów lub natryskiwanie na większe podzespoły kwasu azotowego. Proces ten nie trawi powierzchni stali, ani nie usuwa warstwy powierzchniowej. Jego zadaniem jest ułatwienie zagęszczenia, wzrost i podwyższenie wytrzymałości warstwy pasywnej tlenków na powierzchni stali odpornych na korozję.

Techniki właściwe dla procesów poprodukcyjnych czyszczenia elementów ze stali odpornej na korozję, ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowania w przemyśle spożywczym, przedstawiono w publikacjach [10, 11].

Zakres przebarwień po spawaniu zalecany przez AWS.

Zdjęcie: Nickel Institute



⁵ AWS: American Welding Society

6 Wykończenia powierzchni

Zastosowanie mechanicznej szlifarki do wygładzania spawów.



Chropowatość powierzchni stali odpornych na korozję, odgrywa decydujące znaczenie w procesach przeróbki pożywienia. Do powierzchni o wyższej chropowatości łatwiej będą się przyczepiać kawałki pożywienia, które mogą powodować rozwój szkodliwych mikroorganizmów i ich przeniesienie na inne porcje przerabianego pożywienia. Powierzchnie o wyższej chropowatości są również trudniejsze w utrzymaniu w czystości, a tym samym zachowaniu higieny pracy tak ważnej przy przeróbce materiałów spożywczych. Powierzchnie gładkie o niskiej chropowatości są na tyle trwałe, że nie ulegają pękaniu, łuszczeniu się, czy zużyciu ściernemu, ale również z powodzeniem przeciwstawiają się nagromadzeniu osadów i zabrudzeń podczas procesu produkcyjnego, a także są dużo łatwiejsze w czyszczeniu i konserwacji.



Określenie chropowatości materiału nie zawsze bywa proste. Najpopularniejszą techniką jest pomiar zmian odchyłeń profilu powierzchni rejestrowanych przy zastosowaniu końcówki pomiarowej przesuwanej po powierzchni, która odwzorowuje jej chropowatość. Chropowatość powierzchni oblicza się jako średnią arytmetyczną odchylenia profilu od linii średniej i wyraża jako parametr R_a [12]. Niestety wielkość końcówki pomiarowej jest wielokrotnie większa od drobnych nieregularności powierzchni, które są na tyle duże, aby być miejscem do gromadzenia się drobno-ustrojów na powierzchni stali. Dodatkowo, jeżeli badany materiał charakteryzuje się szerokim zakresem różnych wartości chropowatości na długości pomiarowej, wynikiem końcowym będzie średnia wartość chropowatości, a na powierzchni stali mogą występować niewielkie obszary o szczególnie wysokiej chropowatości.

Zalecenia odnośnie chropowatości powierzchni zawarte w EHEDG⁶ Dokument nr 8 [13] proponują, aby w celu uzyskania powierzchni na tyle gładkiej, że nie wystąpi na niej zjawisko akumulacji zanieczyszczeń i będzie ona łatwa w czyszczeniu i konserwacji, należy, dla powierzchni znajdujących się w kontakcie z pożywieniem, stosować wykończenia powierzchni dające wartość parametru $R_a=0,8\mu\text{m}$ lub niższe. Produkty walcowane na zimno ze stali odpornych na

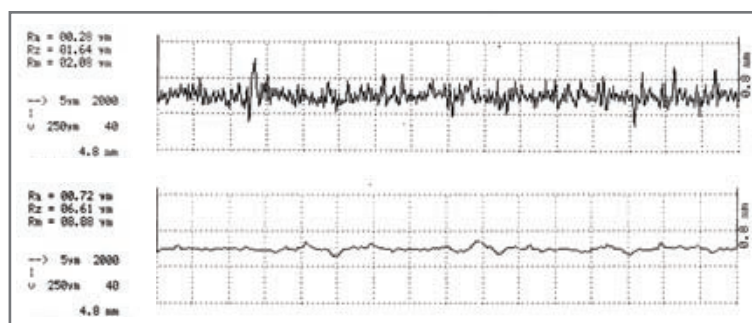
Ręczne wykańczanie powierzchni elementów spawanych do gładkości bliskiej materiałowi rodzimemu.

korozję o grubości do 4mm, mają chropowatość od $R_a=0,2\mu\text{m}$ do $0,5\mu\text{m}$ i zazwyczaj nie wymagają zastosowania procesów polerowania pod warunkiem, że proces produkcji nie wprowadzi obszarów o wyższej chropowatości niż $R_a=0,8\mu\text{m}$. Blachy grubsze od 4mm będą mieć chropowatość powierzchni uzależnioną zarówno od końcowej grubości elementu, jak i stopnia przetłoczenia na zimno, a więc mogą nie spełniać warunku chropowatości $R_a=0,8\mu\text{m}$. W takich przypadkach będzie niezbędne zastosowanie polerowania. Powierzchnia spawów również musi zostać poddana wygładzeniu tak, by ujednorodnić przejście pomiędzy spawem a materiałem rodzimym.

Na podstawie samej wartości parametru $R_a=0,8\mu\text{m}$ trudno jest jednoznacznie stwierdzić czy zanieczyszczenia będą się łatwo odkładać na powierzchni stali. Na zjawisko osadzania się zanieczyszczeń bardziej wpływa proces technologiczny jaki został zastosowany do obróbki stali (odlewanie, toczenie, frezowanie, śrutowanie itd.). Niektóre z technik polerowania pozwalają na uzyskanie czystych powierzchni (zobacz rysunek). Polerowanie elektrolityczne zazwyczaj zmniejsza wartość parametru R_a o połowę (ścina ostre wystające nierówności i zaokrągla je). Inne metody natomiast mogą powodować uszkodzenie powierzchni. Na przykład, szlifowanie taśmą ścierną z nieodpowiednią prędkością lub zbyt dużą siłą nacisku może spowodować powstanie małych wżerów lub zadziorów w powierzchni stali, tworząc miejsca, w których będą się gromadzić zanieczyszczenia trudne do usunięcia.



Metoda przygotowania powierzchni ma duży wpływ na końcową gładkość powierzchni i jej cechy higieniczne.
Zdjęcie: Outokumpu



Prawidłowe wykończenie powierzchni stali jest łatwe do stwierdzenia w miejscach łatwo dostępnych, gorzej natomiast wewnątrz rurociągów.

Profil chropowatości powierzchni – pomiar wartości parametru R_a na górze wykończenie powierzchni na 2B, na dole powierzchnia po polerowaniu elektrolitycznym.
Źródło: Poligrat

W obszarach trudno dostępnych może być konieczne zastosowanie specjalnych narzędzi do wygładzenia powierzchni, by wymagania czystości powierzchni stali zostały spełnione. W przypadku, gdy nie mogą zostać spełnione takie wymagania, należy zastosować bardziej zaawansowane metody czyszczenia.
Zdjęcie: CIBO



Wydajność usuwania zanieczyszczeń z powierzchni stali przez zastosowanie jakiegokolwiek z procesów czyszczenia jest w dużej mierze uzależniona od sposobu jego przeprowadzenia. Czyszczenie zależy od zbioru różnych czynników takich jak: reakcje chemiczne, mechaniczne, oddziaływanie temperatury i czasu. Jeżeli prędkość, z jaką detergent jest przemieszczany po powierzchni stali zostanie zwiększona, to może obniżyć stężenie środka czyszczącego, jego temperaturę lub czas kontaktu z czyszczonym materiałem. W przypadku, gdy powierzchnia nie może być doprowa-

dzona do gładziej postaci np. w miejscach trudno dostępnych, zwiększenie prędkości środka czyszczącego oznacza, że ciągle może on efektywnie czyścić przy zachowaniu swych własności – stężenia, temperatury i czasu oddziaływania.

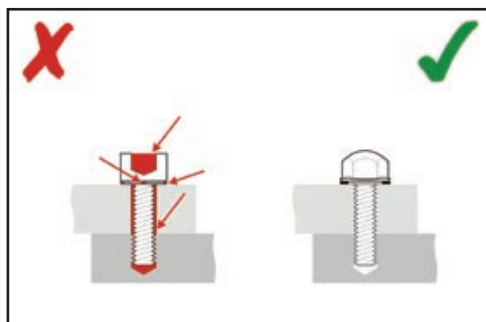
W dokumencie nr 17 EHEDG [14], zawarto zalecenia odnośnie czyszczenia stali i na przykład, zastosowanie "wyższej prędkości płynu czyszczącego, może zapewnić uzyskanie odpowiedniej czystości stali o chropowatości powierzchni wynoszącej od $R_a=0,8\mu\text{m}$ do $R_a=3,2\mu\text{m}$ ".

7 Zasady projektowania

Współczesne wymagania stawiane projektowaniu wyposażenia przeznaczonego do obróbki lub magazynowania żywności i napojów, są bardzo surowe. Dyrektywa Komisji Europejskiej EC 98/37/EC:1998 [15] wyraźnie określa, że maszyny dla przemysłu spożywczego muszą być zaprojektowane i skonstruowane tak, aby uniknąć ryzyka infekcji, choroby lub zakażenia. W normie EN 1672-2:2005 [16] zawarte są dodatkowe wymagania, dotyczące technicznych i technologicznych aspektów w higienie produkcji żywności: urządzenia powinny nadawać się do odpowiedniej obsługi, czyszczenia i konserwacji. Obszerne wskazówki, w jaki sposób spełnić takie wymagania, dostarcza projektantom European Hygienic Engineering & Design Group, konsorcjum producentów oprzyrządowania dla przemysłu spożywczego, ośrodków badawczych i władz publicznej służby zdrowia, założone w 1989 roku, w celu promowania higieny w procesie przetwórstwa i przechowywania produktów żywnościowych.

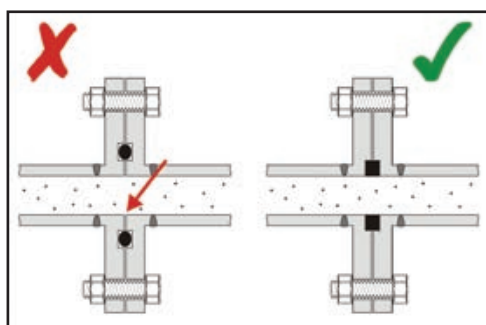
Wiele z cech projektowania, które sprawiają, że jest ono „higieniczne”, umożliwia również polepszenie odporności korozyjnej materiału. Należy zaznaczyć, że „higieniczne” nie koniecznie musi oznaczać „szczelnie zabezpieczające przed bakteriami”. Projektowanie i konstruowanie higieniczne będzie skutkowało wytworzeniem oprzyrządowania niezanieczyszczającego i łatwego w czyszczeniu, ale nie zapewni sterylności.

Jeżeli projekt będzie zakładał występowanie szczelin pomiędzy elementami, na przykład pod łbami śrub lub przy kołnierzach złączy, spowoduje to nie tylko ich zabrudzenie, ale również problemy w ich czyszczeniu. Również środki czyszczące



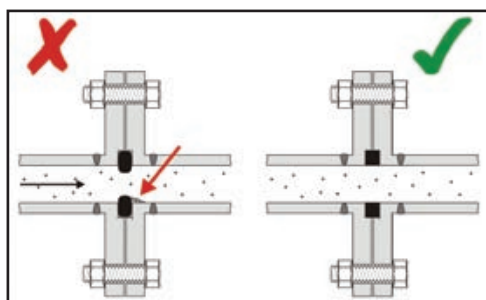
Czerwone strzałki wskazują obszary, w których mogą gromadzić się zabrudzenia i środki czyszczące. Zastosowanie śrub z nakrętkami kotłakowymi oraz uszczelnień wykonanych z elastomeru wyeliminuje szczeliny.

mogą się gromadzić w takich szczelinach i, pozostając w kontakcie z materiałem przez czas dłuższy niż powinny, mogą spowodować korozję wewnątrz szczeliny. Ponadto, z uwagi na odmienne warunki wewnątrz szczeliny niż na powierzchni materiału,



Czerwona strzałka wskazuje szczelinę na połączeniu dwóch kołnierzy. Właściwy projekt uszczelnienia wyeliminuje problem.

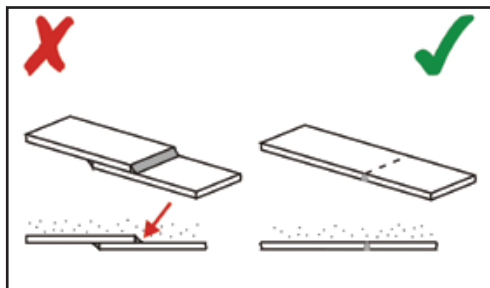
może wystąpić korozja szczelinowa, która przyspieszy proces korozji materiału. Na otwartej powierzchni stali odpornej na korozję o wolnym dostępie tlenu, zniszczenia spowodowane przez chlorki, mogą być szybko usunięte; natomiast wewnątrz



Czerwona strzałka pokazuje, w jaki sposób wystające uszczelnienie może zahamować przepływ produktu i spowodować powstanie „martwego obszaru”, w którym gromadzić się będzie żywność. Właściwy projekt uszczelnienia wyeliminuje problem.

Wszystkie rysunki: Nickel Institute

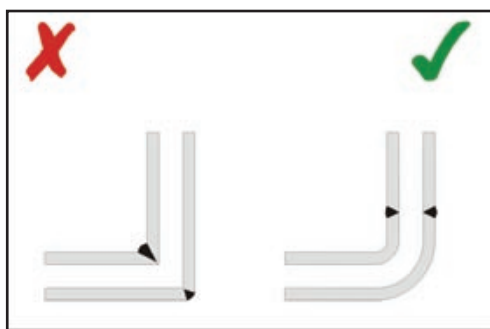
Schodek może powodować gromadzenie się żywności, zwłaszcza, jeśli przemieszcza się ona z niższej, na wyżej usytuowaną blachę. Połączenie na styk jest rozwiązaniem lepszym z uwagi na higienę procesu.



uszczeliny, gdzie tworzenie się warstwy tlenków jest utrudnione, chlorki gwałtownie zaatakują materiał.

Im swobodniejszy będzie przepływ produktu spożywczego przez oprzyrządowanie, tym mniejsze będzie niebezpieczeństwo gromadzenia się go w "martwym obsza-

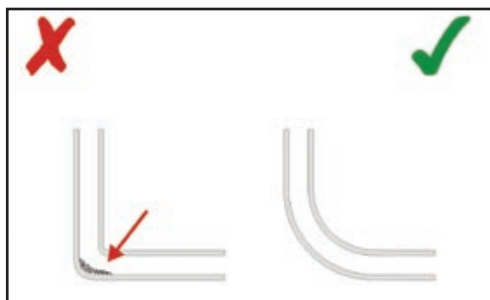
Usytuowanie spoin ma znaczenie krytyczne ze względu na higienę procesu.



rze", uciążliwym w czyszczeniu. Martwy obszar może się wytworzyć, jeśli syntetyczne uszczelnienie połączeń wystaje na drodze przepływu produktów.

Może się to zdarzyć w przypadku, kiedy dwa elementy są dociśnięte do siebie, wyciskając uszczelnienie. To uszczelnienie może również powiększyć się w wyniku działa-

Wężkie wygięcia rur mogą powodować zatrzymanie żywności i utrudniać czyszczenie.



nia ciepła. W obu przypadkach wystające uszczelnienie może spowodować zatrzymanie części żywności. Projektowanie higieniczne może zagwarantować, że przy właściwym dociśnięciu do siebie przegubów i pracy urządzenia w odpowiedniej temperaturze, uszczelnienie nie będzie wystawać ponad powierzchnię złącza.

Połączenie zakładkowe na spoinie może spowodować powstanie schodka pomiędzy dwoma powierzchniami. Może to zatrzymać żywność, która pozostając tam, będzie się psuć, aż do momentu jej usunięcia w procesie czyszczenia. Lepszym rozwiązaniem jest połączenie na styk, które nie pozwala na gromadzenie się zanieczyszczeń oraz, z uwagi na gładką powierzchnię, jest łatwiejsze w czyszczeniu. Połączenie na styk musi być ciągłe na całej długości złącza. Spoiwa niemetaliczne nie są zadowalającą alternatywą dla ciągłej spoiny spawanej. Z czasem dochodzi w nich do powstawania pęknięć lub oddzielania się spoiny od metalu, pozostawiając wąską szczelinę, którą trudno oczyścić.

W przypadku połączenia dwóch rur, lepsze od połączenia na styk jest łagodne wygięcie rur i spaw na prostej części rurociągu ponad wygięciem. Tak zaprojektowany element umożliwi swobodny przepływ płynnej żywności i zapobiegnie jej gromadzeniu się w jakichkolwiek nierównościach na powierzchni rurociągu. Preferowaną metodą łączenia rurociągów jest automatyczne spawanie orbitalne, które zapewnia wytworzenie spoin wysokiej jakości.

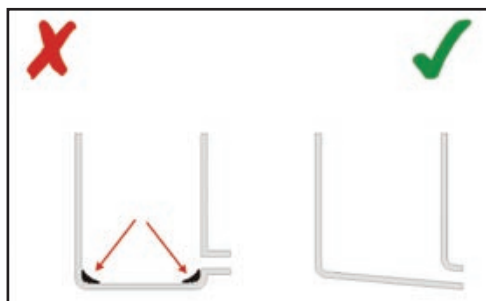
Rurociąg powinien gwarantować swobodny przepływ produktu. Wężkie wygięcia mogą zatrzymywać żywność. Im większy jest kąt wygięcia, tym swobodniej i z więk-

szą higieną produkt może przemieszczać się rurociągiem. Te same zasady powinny być stosowane w przypadku naroży pojemników, w których przechowywany będzie produkt – im większy będzie kąt wygięcia naroży, tym łatwiejszy w czyszczeniu będzie pojemnik. Wytyczne EHEDG – Dokument 10 [17] - odnoszą się do zamkniętych urządzeń, do których dostęp jest ograniczony, a czyszczenie bardzo utrudnione; kąt nachylenia naroży zbiorników nie powinien być mniejszy niż 3mm.

Pojemniki, w których przechowywana jest żywność, powinny gwarantować naturalny odpływ. EHEDG w dokumencie 13 [18] zaleca zastosowanie minimalnego nachylenia 3° ścianki do dna zbiornika. Zakłada się oczywiście, że produkt jest wystarczająco płynny. Jeśli w pojemniku przechowywany będzie gęsty sos lub pasta, nachylenie to powinno być większe, gwarantując samoistne ściekanie i przeciwdziałając gromadzeniu się żywności na wewnętrznej powierzchni naczynia.

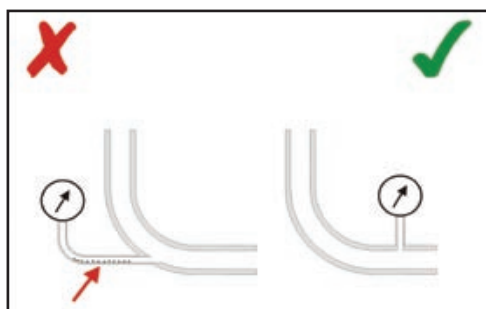
Dodatkowe oprzyrządowanie włączone w konstrukcję elementu, nieuchronnie może spowodować powstawanie obszarów, w których zatrzymana zostanie żywność. Właściwa konstrukcja może zredukować to niebezpieczeństwo. Umieszczenie ramienia nad przepływem żywności, na którym zostanie umieszczona aparatura, zminimalizuje ryzyko przedostawania się do niego pożywienia.

Nawet, jeśli system zaprojektowany jest tak, aby działać w temperaturze, w której nie można spodziewać się wystąpienia korozji, w niektórych miejscach konstrukcji warunki mogą różnić się od tych, uwzględnionych w projekcie. Na przykład, pojemnik, w którym



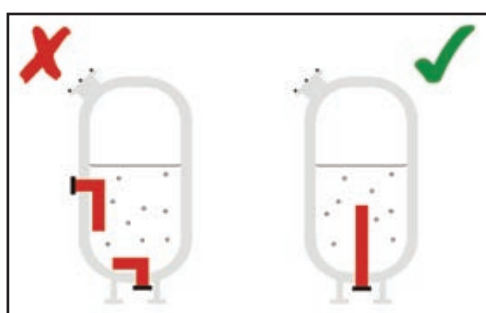
podgrzewany jest płyn zawierający chlorki, znajdujący się pod ciśnieniem, nie powinien ulegać korozji naprężeniowej w niskiej

Zbiorniki i inne pojemniki muszą być samościenne.



temperaturze (poniżej 55°). Jeżeli elementy grzejne znajdują się blisko ściany pojemnika, w tym obszarze stal odporna na korozję może ulec korozji naprężeniowej.

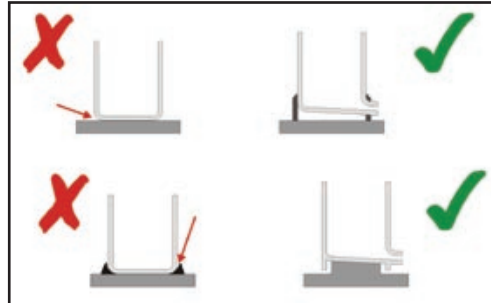
Niepoprawne umieszczenie ramienia, na którym zamontowana zostanie aparatura oraz wąskie wygięcia, mogą powodować gromadzenie się żywności.



Równie ważne jest projektowanie przeciwnokorozyjne zewnętrznej części zbiornika. Jeśli środki chemiczne, wykorzystywane do czyszczenia zewnętrznej części zamontowanego na stałe zbiornika, zgromadzą się w szczelinach pomiędzy zbiornikiem a powierzchnią, na której został umiesz-

Grzejniki, które są umieszczone zbyt blisko ścian zbiornika, mogą powodować lokalne przegrzanie, prowadząc do powstania wżerów lub pęknięć, będących wynikiem korozji naprężeniowej.

Właściwe zaprojektowanie zewnętrznych powierzchni zbiorników może zapobiec ich korozji.



czony, może wystąpić korozja opisanych wcześniej śrub i kołnierzy.

Taki mechanizm można zaobserwować w przypadku zbiornika, spoczywającego na betonowej powierzchni.

Zacementowanie powstałych szczelin początkowo je uszczelni, jednak cement z czasem może się skurczyć i popękać, ponownie tworząc szczeliny, prowadząc do korozji.

Umieszczenie zbiornika ponad podłożem, na nóżkach, wyeliminuje powstawanie szczelin. Zbiornik mógłby również być umieszczony na podporze i zakończony szczelnym kołnierzem, otaczającym podporę, zabezpieczając szczelinę powstałą pomiędzy zbiornikiem i cokołem przed środkami czyszczącymi.

8 Wnioski

Niezależnie od przyjemnego wyglądu, stale odporne na korozję mają wiele innych zalet istotnych dla higienicznego przygotowywania żywności i napojów. Obojętne dla większości produktów żywnościowych są trwałe, wytwarzane z łatwością, a gdy komponenty stają się przestarzałe, materiał można pod-

dać recyklingowi. Właściwy dobór gatunku stali do wytworzenia oprzyrządowania, mając na uwadze higienę, zagwarantuje wiele lat prawidłowego i niezawodnego funkcjonowania, i stanie się doskonałą inwestycją.

9 Normy Europejskie

Maszyny dla przemysłu spożywczego:

- PN-EN 1672-2; Maszyny dla przemysłu spożywczego – Pojęcia podstawowe - Wymagania z zakresu higieny.
- PN-EN 13732; Maszyny dla przemysłu spożywczego - Zbiornikowe schładzarki mleka stosowane w gospodarstwach rolnych - Wymagania dotyczące budowy, działania, użytkowania, bezpieczeństwa i higieny.

Rury:

- PN-EN 12502-4; Ochrona materiałów metalowych przed korozją. Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach do rozprowadzania i przechowywania wody. Część 4: Czynniki oddziałujące na stale odporne na korozję.

Instalacje wody pitnej:

- PN-EN 10312; Rury ze szwem ze stali odpornej na korozję do transportu płynów wodnych łącznie z wodą przeznaczoną do spożycia przez ludzi. Warunki techniczne dostawy.

Sztućce i przybory stołowe

- PN-EN 8442-1; Materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z produktami spożywczymi. Sztućce i przybory stołowe. Część 1: Wymagania dotyczące wyrobów nożowniczych do przyrządzania żywności.
- EN 8442-2; Materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z produktami spożywczymi. Sztućce i przybory stołowe. Część 2: Wymagania dotyczące sztućców ze stali nierdzewnej i sztućców pokrytych złotem.

10 Literatura

- [1] European Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on Materials and Articles Intended to come into Contact with Food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC. Official Journal of the European Communities L 338, 13/11/2004, 4-14 2004.
- [2] Decreto ministeriale 21 marzo 1973: Disciplina igienica degli imballaggi, recipienti, utensili, destinati a venire in contatto con le sostanze alimentare o con sostanze d'uso personale. Supplemento ordinario alla "Gazzetta ufficiale" della Repubblica Italiana n. 104 del 20 aprile 1973 [Regulations on the hygiene of packaging, receptacles and tools intended to come into contact with substances for food use or with substances for personal use. Ministerial Decree 21 March 1973. Official Gazette of the Italian Republic no. 104 of 20 April 1973]; in Italian only.
- [3] FAILLE, C., MEMBRE, J. M., TISSIER, J. P., BELLON-FONTAINE, M. N., CARPENTIER, B., LAROCHE, M. A. and BENEZECH, T., "Influence of physiochemical properties on the hygienic status of stainless steel with various finishes", *Biofouling* 15, 261-274, 2000.
- [4] TUTHILL, A. H. and COVERT, R. A., *Stainless steels: an introduction to their metallurgy and corrosion resistance* (Nickel Institute publication 14 056), Toronto 2000[†].
- [5] *Stainless Steel: Tables of Technical Properties* (Materials and Applications Series, Volume 5), Luxembourg: Euro Inox 2005^{*}.
- [6] *Welding of stainless steels and other joining methods* (A Designer's Handbook Series No. 9 002), AISI, Washington, D.C. 1979[†].
- [7] *Guidelines for the welded fabrication of nickel-containing stainless steels for corrosion resistant services* (NiDI Reference Book Series No. 11 007) Toronto: Nickel Institute 1992[†].
- [8] *Welding stainless steel to meet hygienic requirements* (Guideline Document 9), Brussels: EHEDG 1993[†].
- [9] *Specification for welding of austenitic stainless steel tube and pipe systems in sanitary (hygienic) applications* (AWS D18.1), Miami: American Welding Society 1999.
- [10] TUTHILL, A. H., *Fabrication and post-fabrication cleanup of stainless steels* (NiDI Technical Series No. 10 004), Toronto 1986[†].
- [11] TUTHILL, A. H., AVERY, R. E., and COVERT, R. A., *Cleaning stainless steel surfaces prior to sanitary service* (NiDI Technical Series No. 10 080), Toronto 1997[†].
- [12] *Geometrical product specifications – surface texture: profile method – terms, definitions and surface texture parameters* (ISO 4287), 1997.
- [13] *Hygienic equipment design criteria* (Guideline Document No. 8), Brussels: EHEDG 2004[†].
- [14] *Hygienic design of pumps, homogenisers and dampening devices* (Guideline Document No. 17), Brussels: EHEDG 1998[†].
- [15] *The Machinery Directive: European Community Directive 98/37/EC* (1998), relating to Machinery (Official Journal of the European Communities L 207, 1–46) 1988.
- [16] *EN 1672-2: 2005 Food Processing Machinery. Basic Concepts. Part 2: Hygiene requirements* 2005.
- [17] *Hygienic design of closed equipment for the processing of liquid food* (Guideline Document No. 10), Brussels: EHEDG 2004[†].
- [18] *Hygienic design of equipment for open processing* (Guideline Document No. 13), Brussels: EHEDG 2004[†].

* Dostępne również na www.euro-inox.org

† Dostępne również na www.ehedg.org

† Dostępne również na www.nickelinstitute.org

11 Przydatne linki

EHEDG	www.ehedg.org
Euro Inox	www.euro-inox.org
Nickel Institute	www.nickelinstitute.org ; www.hygienicstainless.org

12 Załącznik

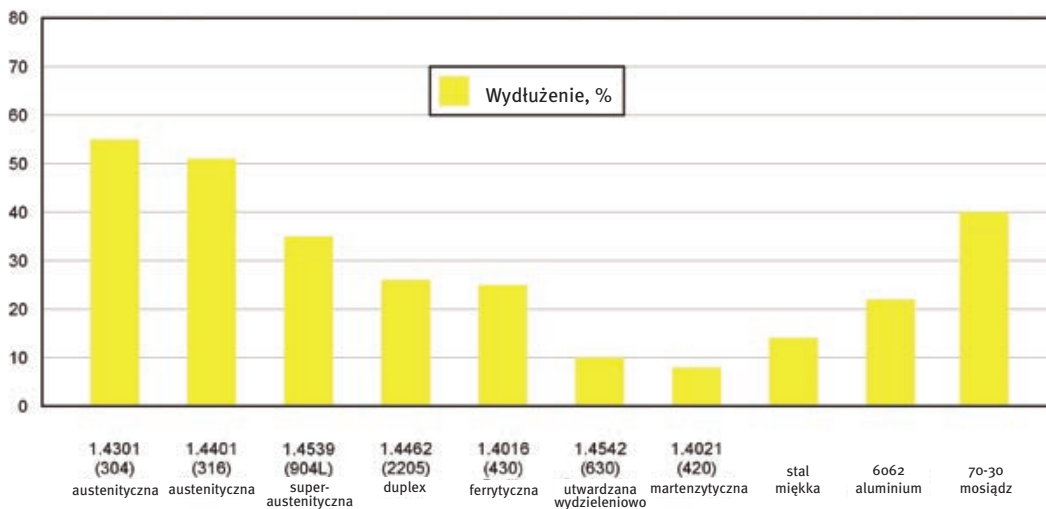
Tabela 1. Oznaczenia stali odpornych na korozję przytoczonych w tej publikacji

Stal	PN-EN	AISI
Martenzytyczna	1.4021	420
	1.4116	
	1.4125	440C
Ferrytyczna	1.4016	430
	1.4509	441
	1.4510	439
	1.4521	444
Austenityczna	1.4301	304
	1.4307	304L
	1.4401	316
	1.4404	316L
	1.4541	321
Super-austenityczna	1.4539	904L
	1.4547	
	1.4529	
Utwardzana wydzieleniowo	1.4542	630
Duplex	1.4462	
	1.4362	

Tabela 2. Skład chemiczny stali odpornych na korozję przytoczonych w tej publikacji

PN-EN	AISI	C% min - max	Cr% min - max	Ni% min - max	Mo% min - max	N% min - max	Cu% min - max	Inne
1.4021	420	0.16 - 0.25	12 - 14					
1.4116		0.45 - 0.55	14 - 15		0.5 - 0.8			V% = 0.10 to 0.20
1.4125	440C	0.95 - 1.20	16 - 18		0.4 - 0.8			
1.4016	430	0.08	16 - 18					
1.4509 1.00	441	0.030	17.5 - 18.5					Nb% = 3xC%+0.30 to Ti% = 0.10 to 0.60 Ti% = 4x(C%+N%) +0.15 to 0.80
1.4510	439	0.05	16 - 18					
1.4521	444	0.025	17 - 20		1.8 - 2.5	0.030		
1.4301	304	0.07	17 - 19.5	8 - 10.5		0.11		
1.4307	304L	0.030	17.5 - 19.5	8 - 10		0.11		
1.4401	316	0.07	16.5 - 18.5	10 - 13	2.0 - 2.5	0.11		
1.4404	316L	0.030	16.5 - 18.5	10 - 13	2.0 - 2.5	0.11		
1.4541	321	0.08	17 - 19	9 - 12				Ti% = 5xC% to 0.7
1.4539	904L	0.020	19 - 21	24 - 26	4.0 - 5.0	0.15	1.2 - 2.0	
1.4547		0.020	19.5 - 20.5	17.5 - 18.5	6.0 - 7.0	0.18 - 0.25	0.5 - 1.0	
1.4529		0.020	19 - 21	24 - 26	6.0 - 7.0	0.15 - 0.25	0.5 - 1.5	
1.4542	630	0.07	15 - 17	3 - 5	0.6	0.45	3 - 5	Nb% = 5xC% to 0.45
1.4462		0.030	21 - 23	4.5 - 6.5	2.5 - 3.5	0.10 - 0.22		
1.4362		0.030	22 - 24	3.5 - 5.5	0.1 - 0.6	0.05 - 0.20	0.1 - 0.6	

Rys. 1. Porównanie wydłużenia do zerwania niektórych stali odpornych na korozję i innych materiałów metalicznych



ISBN 978-2-87997-190-2