

Zuzanna Piędel*, Jerzy Nowacki, Adam Sajek
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Poziomy akceptacji w badaniach radiograficznych w odniesieniu do stali, niklu, tytanu oraz ich stopów w porównaniu z aluminium i ich stopami

Acceptance levels in radiographic tests for steel, nickel, titanium and their alloys with respect to aluminum and their alloys

ABSTRACT

The article discusses the principles of quality assessment of joints in radiographic tests for particular types of materials. These considerations were based on the data contained in the standards PN -ISO 10675 and PN -ISO 10675-2. The article presents a general overview of standards relating to the determination of appropriate quality levels according to NDT tests on connectors made of various types of materials. Basic differences according to the requirements between the mentioned standards were also discussed. Based on the analysis of the obtained indications, it is possible to further determine the acceptance levels of the resulting joint. Acceptance levels were determined for indications of incompatibility in steel, nickel, titanium and aluminum joints and their alloys in radiographic tests according to standards.

Keywords: acceptance level, radiographic examinations, non-destructive testing

STRESZCZENIE

Omówiono zasady oceny jakości złączy w badaniach radiograficznych dla poszczególnych typów materiałów. Rozważania te dokonano w oparciu o dane zawarte w normach PN -ISO 10675 oraz PN -ISO 10675-2. W artykule przedstawiono ogólny przegląd norm odnoszących się do określenia odpowiednich poziomów jakości według badań NDT na złączach wykonanych z różnego typu materiałów. Omówiono także podstawowe różnice wg wymagań pomiędzy wymienionymi normami. Na podstawie analizy uzyskanych wskazań możliwe jest dalsze wyznaczenie poziomów akceptacji powstałego złącza. Określono poziomy akceptacji dla wskazań niezgodności w złączach ze stali, niklu, tytanu oraz aluminium i ich stopów w badaniach radiograficznych wg norm.

Słowa kluczowe: poziom akceptacji, badania radiograficzne, badania nieniszczące

1. Wstęp

Kluczem do określenia poziomów akceptacji według występujących niezgodności złączy w aluminium oraz ich stopach podczas badań RT jest norma EN ISO 10675-2:2017 oraz w przypadku stali, niklu, tytanu oraz ich stopów norma EN ISO 10675-1 :2016. Częsta nowelizacja norm powoduje problemy z dostosowaniem do aktualnych wymogów, które powinny być zastosowane w praktyce [1]. Dlatego analiza obu norm może być przydatna dla personelu technicznego, zajmującego się min. podstawowymi problemami jakości wykonania, a także trwałości powstałych konstrukcji.

2. Charakterystyka norm

We wstępie normy EN ISO 10675-1 określono zakres jej zastosowania i poziomów akceptacji niezgodności w badaniach RT złączy doczołowych wykonanych z stali, niklu, tytanu oraz ich stopów. Norma ta zastępuje dokument EN ISO 10675-1: 2013. W podanym dokumencie z góry założono, iż badania RT zostały poprawnie przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi normami ISO 17636-1 oraz 17636-2. W przypadku braku dokumentów bez dat stosuje się normę ISO 5817. Dla normy 10675-2 odnoszącej się do aluminium oraz ich stopów

dokumenty niedatowane znajdują zastosowanie w najnowszej wersji dokumentu referencyjnego. Według ISO 10675-1 w zależności od poziomu jakości złącza powinno się zastosować technikę klasy B bądź A zgodnych z normami 17636-1 oraz 17636-2. Podobnie jest w przypadku aluminium i ich stopów techniki klasy A lub B, powinny być zgodne z normą ISO 17636-1 przy technice radiograficznej wraz z filmem RT-F. Z kolei przy technikach RT-S oraz RT-D zastosowanie odpowiedniej klasy powinno być zgodne z normą ISO 17636-2. W dokumencie zawarta jest również informacja o przeprowadzeniu badań wizualnych, które powinny być zgodne z normą ISO 17637. Do opisu niezgodności, których nie można ocenić za pomocą badań wizualnych służą poziomy akceptacji zawarte w tej normie. W dokumencie znalazła się również informacja o niezgodnościach powierzchniowych, które z różnych względów nie można poddać ocenie np. ze względu na kształt. W takim wypadku poddaje się je badaniom specjalistycznym, jeżeli poziomy jakości ISO 10042 (w przypadku aluminium) oraz ISO 5817 (stal, nikiel, tytan) nie zostały spełnione. W dziale odnoszącym się do poziomów akceptacji zarówno w pierwszej normie, jak i drugiej znajdują się poziomy akceptacji wskazań, które zawarte są odpowiednio w dwóch zestawach tabel. Rodzaje niezgodności odpowiadają tym, które znajdują się w normach ISO 5817 i 6520-1: w przypadku

*Autor korespondencyjny. E-mail: piedelzuzanna@gmail.com

Tab. 1. Poziomy akceptacji dla wskazań w złączach doczołowych zgodnie z normą ISO 10675-1 [2].
Tab. 1. Indications acceptance levels for butt welds acc. to ISO 10675-1 [2].

Nr	Rodzaj niezgodności wewnętrznych wg ISO 65201-1	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
1	Pęknięcia 100	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
2a	Porowatość i pęcherze jednowarstwowe 2012, 2011	$A \leq 2,5\%$; $D \leq 0,4s$; max 5 mm; L = 100 mm	$A \leq 1,5\%$; $D \leq 0,3s$; max 4mm; L = 100 mm	$A \leq 1\%$; $D \leq 0,2s$; max 3 mm; L = 100 mm
2b	Porowatość i pęcherze wielowarstwowe 2012, 2011	$A \leq 5\%$; $D \leq 0,4s$; max 5 mm; L = 100 mm	$A \leq 3\%$; $D \leq 0,3s$, max 4 mm; L = 100 mm	$A \leq 2\%$; $D \leq 0,2s$; max 3 mm; L = 100 mm
3	Gniazdo pęcherzy 2013	$d_A \leq w_p$; max 25 mm; L = 100 mm	$d_A \leq w_p$; max 20 mm; L = 100 mm	$d_A \leq w_p$; max 15 mm; L = 100 mm
4	Łańcuch pęcherzy 2014	$l \leq s$; max 75 mm; $d \leq 0,4 s$; max 4 mm; L = 100 mm	$l \leq s$; max 50 mm; $d \leq 0,3s$; max 3 mm; L = 100 mm	$l \leq s$; max 25 mm $d \leq 0,2 s$; max 2 mm; L = 100 mm
5	Pęcherze podłużne 2015 Pęcherze kanalików 2016	$h < 0,4s$; max 4 mm; $\Sigma l \leq s$; max 75 mm; L = 100 mm	$h < 0,3s$; max 3 mm; $\Sigma l \leq s$; max 50 mm; L = 100 mm	$h < 0,2s$; max 2 mm; $\Sigma l \leq s$; max 25 mm; L = 100 mm
6	Jama skurczowa 202	$h < 0,4s$; max 4 mm; $l \leq 25$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
7	Krater 2024	$h \leq 0,2t$; max 4 mm; $l \leq 0,2t$; max 2 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
8	Wtrącenia żuźla 301 Wtrącenia topnika 302 Wtrącenia tlenków 303	$h < 0,4s$; max 4 mm; $\Sigma l \leq s$; max 75 mm; L = 100 mm	$h < 0,3s$, max 3 mm; $\Sigma l \leq s$; max 50 mm; L = 100 mm	$h < 0,3s$; max 3mm; $\Sigma l \leq s$; max 50 mm; L = 100 mm
9	Wtrącenia metaliczne 304	$l \leq 0,4s$; max 4 mm	$l \leq 0,3s$; max 3 mm	$l \leq 0,2s$; max 2 mm
10	Wtrącenia miedzi 3042	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
11	Przyklejenie 401	Dopuszcza się ale tylko przerywane i niewychodzące na powierzchnię $\Sigma l \leq 25$ mm; L = 100 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
12	Niepełny przetop 402	$\Sigma l \leq 25$ mm; L = 100 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się

normy ISO 10675-1 oraz w przypadku drugiej normy niezgodności podane w ISO 10042 oraz 6520-1. Skrótly zastosowane w tabelach w normie 10675-1 oraz 10675-2 zawierają te same dane. W drugim dokumencie jest na końcu odnośników informacja odnosząca się do niezgodności. W przypadku gdy mamy do czynienia z dwoma sąsiadującymi niezgodnościami w odległości mniejszej niż główny wymiar mniejszej niezgodności, wówczas uważane są za pojedynczą niezgodność. Poniżej przedstawiono tabele przedstawiające poziomy akceptacji dla wskazań wewnętrznych w złączach doczołowych (Tab. 1,2) oraz tabele odnoszące się do niezgodności powierzchniowych w odniesieniu do normy ISO 10675-1 oraz 10675-2 (Tab. 3,4).

3. Podział niezgodności

100 Pęknięcia

ISO 10675-1:2016 nie dopuszcza występowania jakichkolwiek pęknięć we wszystkich poziomach akceptacji. ISO 10675-2:2016 nie dopuszcza występowania pęknięć, dopuszczalne jest natomiast występowanie pęknięć w kraterze-104 ($l \geq 0,4s$) w 3 poziomie akceptacji.

2012, 2011 Porowatość i pory gazu

ISO 10675-1:2016 określa sposób analizy porowatości oraz porów gazowych w sposób bardzo szczegółowy, określa osobne kryteria dla złączy wielowarstwowych oraz jednowarstwowych, w odniesieniu do niektórych niezgodności z tej grupy. Przedstawia w sposób czytelny stosowanie reguł odstępu w przypadku łączenia: w gniazdo pęcherzy (2013), łańcuch pęcherzy (2014) wraz z zastosowaniem reguł odstępu w przypadku łączenia tych niezgodności, wszystko to zostało

ujęte w trzecim załączniku. Podano również jednakowe kryteria dla pęcherzy kanalikowych (2016) i pęcherzy podłużnych (2015).

ISO 10675-2:2016 W przypadku porowatości (2012) kryterium oceny jest rozpisane w bardzo szczegółowy sposób w zależności od grubości materiału, ujęta została również taka niezgodność jak gniazdo pęcherzy (2013) oraz łańcuch pęcherzy dopuszczający jedynie w 3 poziomie akceptacji na 100mm badanej powierzchni, w przypadku gdy długość niezgodności wynosi: $l \leq 25$ mm. Podobnie jak w pierwszej normie są również podane jednakowe kryteria dla pęcherzy kanalikowych (2016) i pęcherzy podłużnych (2015).

300 wtrącenia stałe

ISO 10675-1:2016 W normie tej wydzielono kryteria oceny dla wtrąceń stałych (wtrącenia żuźla, topnika, tlenków), wtrącenia metaliczne np. wolframu. Całkowicie osobno wyznaczono kryterium oceny dla wtrąceń miedzi, które na wszystkich trzech poziomach akceptacji nie dopuszczają występowanie tej niezgodności.

ISO 10675-2:2016 W dokumencie tym wyznaczono jedynie dwa kryteria oceny, które są dopuszczalne na wszystkich trzech poziomach akceptacji, są to wtrącenia tlenków (303) oraz wtrącenia wolframu (3041).

400 przyklejenia i brak przetopu

ISO 10675-1:2016 W przypadku przyklejenia (401) dopuszcza się je jedynie w 3. poziomie akceptacji w sytuacji gdy jest przerywane i nie wychodzi na powierzchnię. Z kolei niepełny przetop (402), podobnie jak niezgodność powyżej zawiera się w 3. poziomie akceptacji, gdy na 100 mm

Tab. 2. Poziomy akceptacji dla wskazań w złączach doczołowych zgodnie z ISO 10675-2 [3].
 Tab. 2. Indications acceptance levels for butt welds acc. to ISO 10675-2 [3].

Nr	Rodzaj niezgodności wewnętrznych wg ISO 65201-2	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
1	Pęknięcia 100	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
2a	Pęcherze 2011	$d \leq 0,4s$; max 6 mm	$d \leq 0,3s$; max 5 mm	$d \leq 0,2s$; max 4 mm
2b	Porowatość 2012 Grubość materiału $0,5 \div 3$ mm	$A \leq 6\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 2\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 1\%$; $l = 100$ mm
2c	Porowatość 2012 Grubość materiału $3 \div 12$ mm	$A \leq 10\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 4\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 2\%$; $l = 100$ mm
>2d	Porowatość 2012 Grubość materiału $12 \div 30$ mm	$A \leq 15\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 6\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 3\%$; $l = 100$ mm
2e	Porowatość 2012 Grubość materiału >30 mm	$A \leq 20\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 8\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 4\%$; $l = 100$ mm
3	Gniazdo pęcherzy 2013	$dA \leq 25$ mm; $dA_{max} \leq wp$	$dA \leq 20$ mm; $dA_{max} \leq wp$	$dA \leq 15$ mm; $dA_{max} \leq wp/2$
4	Łańcuch pęcherzy 2014	$l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
5	Pęcherze podłużne 2015 Pęcherze kanalikowe 2016	$l < 0,4s$; max 6 mm	$l < 0,3s$; max 4 mm	$l < 0,2s$; max 3 mm
6	Wtrącenia tlenków 303	$l < s$; max 10 mm	$l < 0,5s$; max 5 mm	$l < 0,2s$; max 3 mm
7	Wtrącenia wolframu 3041	$l < 0,4s$; max 6 mm	$l < 0,3s$; max 4 mm	$l < 0,2s$; max 3 mm
8	Przyklejenia 401	Dozwolone ale tylko sporadycznie nie łamiąc powierzchni $l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
9	Niepełny przetop 402	$l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Dozwolone ale sporadycznie nie łamiąc powierzchni $l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Nie dopuszcza się

Tab. 3. Niezgodności powierzchniowe zgodnie z ISO 10675-2 [3].
 Tab. 3. Surface imperfections acc. to 10675-2 [3].

Nr	Rodzaj niezgodności powierzchniowych wg ISO 65675-2	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
10	Pęknięcie w kraterze 104	$l \leq 0,4s$	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
11a	Podtopienie ciągłe 5011	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,2t$; max 1 mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq t$; max 0,5 mm	Nie dopuszcza się
11b	Podcięcia przerywane 5012	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm; $l \leq 25$ mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,1t$; max 1 mm; $l \leq 25$ mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,1t$; max 0,5 mm; $l \leq 25$ mm
12	Wyciek grani 506	$h \leq 5$ mm	$h \leq 4$ mm	$h \leq 3$ mm
13	Wklęsłość 515	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
14	Rowek skurczowy 5013	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm

badanej powierzchni spełnia warunek: $\Sigma l \leq 25$ mm.

ISO 10675-2:2016 Sytuacja ta w przypadku tych dwóch niezgodności wygląda nieco inaczej. Jeśli chodzi o przyklejenie, jest dozwolone, ale tylko sporadycznie w sytuacji, gdy nie łamiemy powierzchni jest spełniony warunek na 100 mm badanej powierzchni: $l \leq 25$ mm. Druga niezgodność 402 jest nie dozwolona w przypadku 1 poziomu akceptacji, ale jest dozwolona w 3. poziomie oraz drugim przy spełnieniu warunków podobnie jak podczas przyklejenia.

Co do niezgodności powierzchniowych, zarówno w przypadku jednej, jak i drugiej normy utworzono osobne kryteria oceny. W normie ISO 10675-2 wyszczególniono: rowek skurczowy (5013), wklęsłość (515), wyciek (504), które są uznawane na 3 poziomach akceptacji. Gdy mamy do czynienia z pęknięciem w kraterze (104), niezgodność jest dopuszczalna jedynie na poziomie 3 akceptacji przy spełnieniu warunku $l \leq 0,4s$. Odnośnie przerywanych podtopień (5012) są dopuszczalne we wszystkich poziomach akceptacji, jeżeli zostanie zastosowane płynne przejście oraz odpowiednie warunki.

4. Załączniki informacyjne

Zarówno w normie PN – ISO 10675, jak i PN – ISO 10675-2, znalazły się zestawione po trzy załączniki informacyjne, które ułatwią ocenę zdjęć radiograficznych oraz powierzchni przełomów. W pierwszym z załączników zawarta jest krótka wzmianka odnosząca się do liczb w nawiasach, które występują w tabelach powyżej. Liczby te odpowiadają wartościom stosowanym w ISO 65201-1. W kolejnych odnośnikach są zawarte informacje na temat niezgodności, takich jak przyklejenia czy też niepełne przetopy. Wykrycie braku zespolenia zależy od cech niezgodności oraz parametrów badania radiograficznego. Są krótkie wzmianki o pęknięciach, pęknięciach kraterowych. Wykrycie tego typu niezgodności za pomocą badania radiograficznego zależy przede wszystkim od wysokości pęknięcia obecności rozgałęziających się części, szerokości otworu, kierunku wiązki promieniowania rentgenowskiego czy też parametrów techniki radiograficznej [5]. Dlatego też wykrycie wszystkich pęknięć jest w znacznym stopniu ograniczone. W załączniku B podano szkice, które

Tab. 4. Niezgodności powierzchniowe zgodnie z ISO 10675-1 [2].

Tab. 4. Surface imperfections acc. to 10675-1 [2].

Nr	Rodzaj niezgodności powierzchniowych wg ISO 65675-1	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
13	Pękający krater 104	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
14a	Podcięcia ciągle i przerywane 5011,5012 $t > 3$ mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,2t$; max 1 mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,1t$; max 0,5 mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,5t$; max 0,5 mm
14b	Podcięcia ciągle i przerywane 5011,5012 $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
15a	Rowek skurczowy 5013 $t > 3$ mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 2 mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
15b	Rowek skurczowy 5013 $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
16a	Nadmierna penetracja 504 $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	$h \leq 1$ mm + $0,6b$	$h \leq 1$ mm + $0,3b$	$h \leq 1$ mm + $0,1b$
16b	Nadmierna penetracja 504 $t > 3$ mm	$h \leq 1$ mm + $0,1b$; max 5 mm	$h \leq 1$ mm + $0,6b$; max 4 mm	$h \leq 1$ mm + $0,2b$; max 3 mm
17	Niewiadomy łuk 601	Dozwolone	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
18	Rozprysk 602	Akceptacja zależy od aplikacji np. ochrony antykorozyjnej, materiału		
19a	Wklęsłość grani 515 $0,5$ mm $\leq s \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
19b	Wklęsłość korzenia 515 $s > 3$ mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 2 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
20	Niewłaściwe ponowne rozpoczęcie spawania 517 $s \geq 0,5$ mm	Dozwolone, limit zależy od rodzaju niezgodności	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
21a	Zwis 509 Niezpełne wypełnienie rowka spawalniczego 5110 5 mm $\leq s \leq 3$ mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,25t$	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
21b	Zwis 509 Niezpełne wypełnienie rowka spawalniczego 511 $s > 3$ mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,25t$; max 2 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
22a	Niewspółosiowość liniowa, Spoiny wzdłużne 507 $0,5$ mm $\leq s \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,25t$	$h \leq 0,2$ mm + $0,15t$	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$
22b	Niewspółosiowość liniowa, Spoiny wzdłużne 507 $s > 3$ mm	$h \leq 0,25t$; max 5 mm	$h \leq 0,15t$; max 4 mm	$h \leq 0,1t$; max 3 mm
22c	Niewspółosiowość liniowa, Spoiny wzdłużne 507 $s > 0,5$ mm	$h \leq 0,5t$; max 4 mm	$h \leq 0,5t$; max 3 mm	$h \leq 0,5t$; max 2 mm

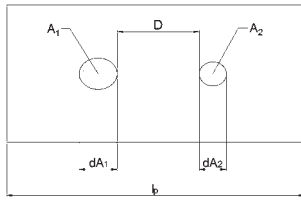
przedstawiają procentowe udziały niezgodności w odniesieniu do powierzchni badanej bądź też ocenianej. Odcinek odniesienia wynosi każdorazowo 100 mm spoiny, ma on za zadanie ułatwić ocenę niezgodności badań radiograficznych oraz powierzchni złamania. Każdy rysunek jest opisany odpowiednią wartością procentową, liczbą oraz średnicą pęcherzy, które występują jako przykładowe niezgodności. W odniesieniu do normy ISO 10675-1 największy procentowy udział niezgodności w stosunku do badanej powierzchni może wynosić nawet 16%. Z kolei w przypadku drugiej normy ISO 10675-2 udział niezgodności na powierzchni może wynosić 20%. Ostatni załącznik w przypadku pierwszej normy stanowi obliczenia sumy dopuszczalnych obszarów oraz sumę przyjmowanych obszarów według drugiego dokumentu. Załącznik ten przedstawia schemat postępowania w przypadku występujących

odstępstw w postaci gniazd pęcherzy, łańcuchów pęcherzy czy też występujących wtrąceń stałych. W sposób czytelny i bardzo dostępny przedstawiono poglądowe rysunki oraz metody łączenia ze sobą odpowiednich niezgodności. Pierwszy przykład przedstawiony na rysunku nr 1 jest identyczny dla obu przypadków, jeżeli chodzi o występujące gniazdo pęcherzy.

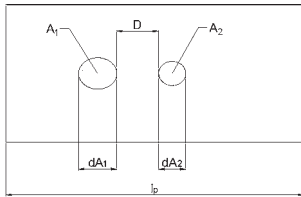
Według pierwszego przykładu można wywnioskować, iż suma pojedynczych powierzchni występowania pęcherzy ($A1 + A2 + \dots$) odniesiona jest do ocenianej powierzchni l_p x w_p .

Rysunek nr 2 mówi nam o tym, że jeżeli odstęp D jest mniejszy niż średnica $dA1$ lub $dA2$, gdzie decydująca jest mniejsza ze średnic, to powierzchnia wewnątrz obwiedni wokół powierzchni pęcherzy $A1 + A2$ musi zostać przyjęta jako powierzchnia niezgodności. Z kolei w przypadku normy

odnoszącej się do aluminium i ich stopów odstęp D jest równy średnicy dA_1 lub dA_2 .

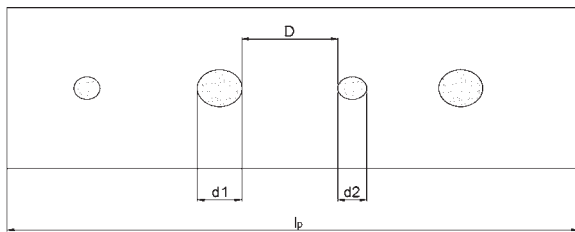


Rys. 1. Zasada łączenia niezgodności: $D > dA_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 1. Imperfections merging rule: $D > dA_2$ acc. to ISO 10675-1



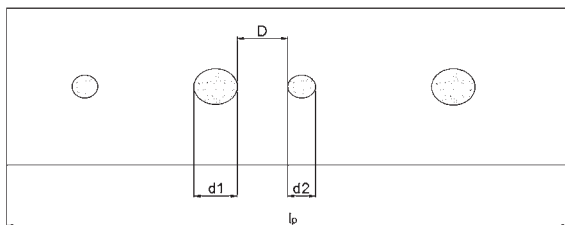
Rys. 2. Zasada łączenia niezgodności: $D < dA_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 2. Imperfections merging rule: $D < dA_2$ acc. to ISO 10675-1

W przypadku występującego łańcucha pęcherzy w odniesieniu do aluminium (Rys. 3) suma pojedynczych powierzchni pęcherzy jest odniesiona do ocenianej powierzchni $lp \times wp$.



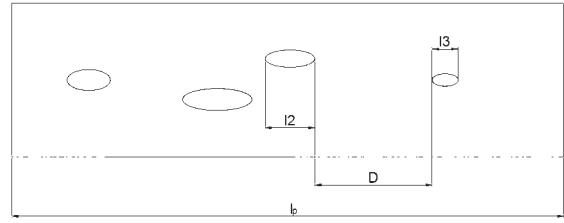
Rys. 3. Zasada łączenia niezgodności: $D > d_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 3. Imperfections merging rule: $D > d_2$ acc. to ISO 10675-1

Jeżeli z kolei odstęp D jest mniejszy od mniejszej średnicy sąsiadujących pęcherzy według (Rys. 4), to przy określaniu sumy niezgodności musi być uwzględniona całkowita powierzchnia obu związanych ze sobą pęcherzy. Tak wygląda sytuacja dla stali, niklu, tytanu oraz ich stopów.

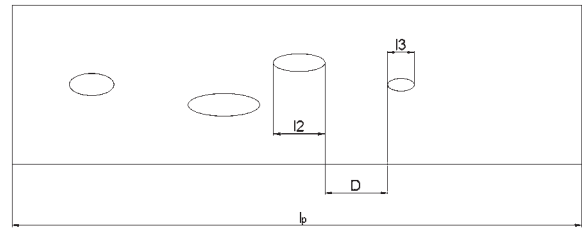


Rys. 4. Zasada łączenia niezgodności: $D < d_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 4. Imperfections merging rule: $D < d_2$ acc. to ISO 10675-1

W kolejnym przypadku, gdy mamy do czynienia z pęcherzami podłużnymi oraz kanalikowymi, jeżeli odstęp D jest mniejszy niż krótsza z sąsiadujących niezgodności, to przy ustalaniu sumy niezgodności musi być uwzględniony pełny odstęp pomiędzy obydwooma tymi niezgodnościami. Przykład ten przedstawiono na Rys. 5 i Rys. 6.



Rys. 5. Zasada łączenia niezgodności: $D > l_3$ wg ISO 10675-1
Fig. 5. Imperfections merging rule: $D > l_3$ acc. to ISO 10675-1



Rys. 6. Zasada łączenia niezgodności: $D < l_3$ wg ISO 10675-1
Fig. 6. Imperfections merging rule: $D < l_3$ acc. to ISO 10675-1

5. Podsumowanie

Badania radiograficzne należą do jednej z podstawowych technik badań NDT [4]. Spełnienie wymagań dotyczących sposobu oraz jakości połączeń spawanych jest kluczowe dla zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa danej konstrukcji podczas użytkowania, co w efekcie pozwala na obniżenie zagrożenia płynącego z niezastosowania oraz odwołania się do odpowiednich założeń, które zostały wyznaczone. Otrzymanie określonego przez konstruktora poziomu akceptacji powstałych złączy wiąże się ze zmniejszeniem zbyt wysokiego wskaźnika wad powstałych spoin.

W normach EN ISO 10675-1: 2016 oraz EN ISO 10675-2: 2016 przedstawiono w sposób bardzo szczegółowy grupy niezgodności oraz odpowiadające im poziomy akceptacji. Powoduje to zaostrzenie oceny złączy spawanych, co wpływa na wzrost bezpieczeństwa.

Wykorzystane w normach załączniki informacyjne dostarczają wiele istotnych wskazań dotyczących interpretacji wyników badań radiograficznych. Przedstawione są w nich zasady łączenia sąsiadujących ze sobą niezgodności, a następnie przedstawieniu ich w postaci wielkości matematycznej określającej faktyczny obszar występowania niezgodności.

6. Literatura/References

- [1] K. J. Ferenc, Spawalnictwo, WNT, Warszawa 2007.
- [2] EN ISO 10675-1: 2016 : Badania nieniszczące spoin- poziomy akceptacji dla badań radiograficznych – część 1: stal, nikiel, tytan i ich stopy
- [3] EN ISO 10675-2: 2016 : Badania nieniszczące spoin- poziomy akceptacji dla badań radiograficznych – część 1: aluminium i ich stopy
- [4] Brózda J., Czuchryj J., Kontrola radiograficzna złączy spawanych. Poradnik, Biuro Gamma, Warszawa 2006
- [5] Gourd L. M., Podstawy technologii spawalniczych, WNT, Warszawa 1997.
- [6] Kanikuła S., Kontrola jakości z zastosowaniem badań nieniszczących, MM-Magazyn przemysłowy, Warszawa 2014
- [7] Kłoskowski L., Pałubicki S., Kukielka K., Badania nieniszczące złączy spawanych na przykładzie wybranych elementów, Ekologia i bezpieczeństwo, Warszawa 2015