

BADANIA METALOGRAFICZNE MIKROSKOPOWE ZŁĄCZA SPAWANEGO STALI S960QL

Mirosław Łomozik
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa

Wprowadzenie

Drobnziarniste stale ulepszone cieplnie o wysokiej wytrzymałości i niskiej temperaturze przejścia w stan kruchy znajdują się w ciągłym zainteresowaniu projektantów, wytwórców i użytkowników konstrukcji stalowych. Jest to związane z kierunkiem rozwoju tych konstrukcji, które są coraz bardziej skomplikowane i którym stawia się coraz wyższe wymagania eksploatacyjne. Jednocześnie można zaobserwować, że wymiary samych konstrukcji są coraz większe. Równocześnie dążeniem konstruktorów i wytwórców konstrukcji jest zmniejszenie masy i kosztów konstrukcji.

Stale konstrukcyjne o wysokiej wytrzymałości znajdują się w zainteresowaniu takich branż przemysłowych jak: budownictwo konstrukcji nośnych (np. mosty), maszyny robocze (np. elementy koparek i ładowarek), podnośniki (np. żurawie samochodowe, dźwigi gąsienicowe), górnictwo (np. podpory dachowe), transport (np. przyczepy na ciężkie ładunki, elementy śmieciarek).

Stal S960QL jest ulepszoną cieplnie drobnziarnistą stalą martenzytyczną, dla której minimalna granica plastyczności wynosi 960 MPa. Chrom i molibden, znajdujące się w tej stali, obniżają krytyczną prędkość chłodzenia i zwiększają hartowność. Z kolei obecność niobu lub wanadu gwarantuje otrzymanie drobnych ziaren austenitu w czasie walcowania, a tym samym bardzo drobnych płytek przesyconego ferrytu (martenzytu) umocnionego dyspersyjnymi wydzieleniami węglików, azotków i węglikoazotków tytanu, niobu, wanadu i molibdenu. Odpuszczanie w temperaturze około 600°C powoduje uzyskanie wysokiego poziomu właściwości wytrzymałościowych przy dobrej plastyczności. Skład chemiczny stali S960QL zamieszczono w tablicy 1.

Zawartość pierwiastka %, wag.									
C max	Si max	Mn max	P max	S max	Cr max	Cu max	Ni max	Mo max	B max
0,20	0,50	1,60	0,020	0,010	0,80	0,30	2,0	0,70	0,005

Tablica 1. Skład chemiczny stali S960QL wg producenta, tj. firmy SSAB

Przedmiot badań

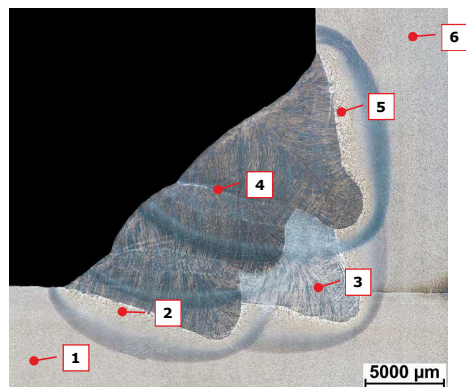
Przedmiotem badań był fragment złącza teowego ze spoiną pachwinową spawanego metodą MAG (135) w osłonie gazowej ISO 14175-M21-ArC-18. Złącze zostało wykonane z blach o grubości 25 mm ze stali S960QL. Do spawania użyto następujących materiałów dodatkowych: ścieg graniowy (obszar 3 na rys. 1) - drut Pittarc G9 (ISO 14341-A-G4Si1), a pozostałe ściegi - drut UNION X96 (EN ISO 16834-A-G 89 4 M21 Mn4Ni2,5CrMo).

Badania metalograficzne przeprowadzono zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO 17639:2022-07 *Badania niszczące spawanych złączy metalu. Badania makroskopowe i mikroskopowe złączy spawanych*. Mikrostrukturę badanej próbki ujawniono przy użyciu trawienia chemicznego za pomocą odczynnika trawiącego Nital. Badania metalograficzne mikroskopowe przeprowadzono przy użyciu mikroskopu świetlnego Eclipse MA200 firmy Nikon, który współpracował z programem NIS Elements-AR firmy Nikon.

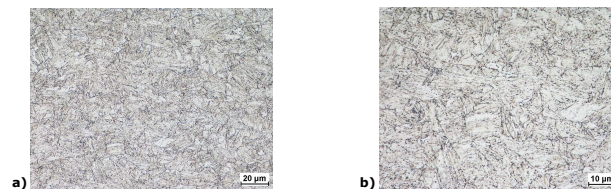
Celem badań mikroskopowych było udokumentowanie typowej mikrostruktury badanej próbki w obszarze materiału rodzimego, strefy wpływu ciepła (SWC) i spoiny oraz kontrola występowania ewentualnych pęknięć/mikropęknięć w obszarze SWC i spoinie.

Wyniki badań

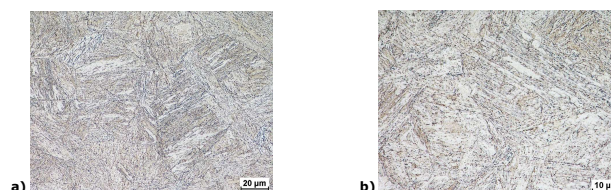
Wyniki badań metalograficznych mikroskopowych zamieszczono na rysunkach 1 - 7.



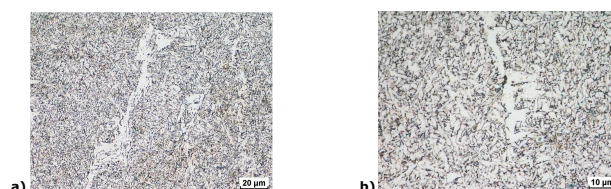
Rys. 1. Widok ogólny złącza spawanego stali S960QL z zaznaczonymi obszarami obserwacji mikroskopowych. Pow.: 50x



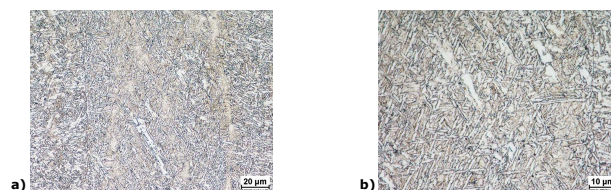
Rys. 2. Obszar obserwacji: 1. Materiał rodzimy stali S960QL. Martenzyt. Pow.: a) 500x, b) 1000x



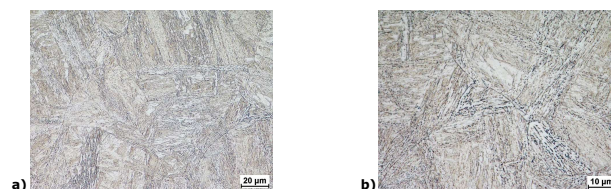
Rys. 3. Obszar obserwacji: 2. SWC od strony półki. Martenzyt + niewielkie ilości bainitu. Pow.: a) 500x, b) 1000x



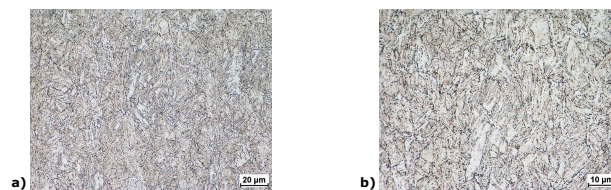
Rys. 4. Obszar obserwacji: 3. Obszar spoiny spawany drutem Pittarc G9. Bainit + ferryt na granicach ziaren byłego austenitu. Pow.: a) 500x, b) 1000x



Rys. 5. Obszar obserwacji: 4. Obszar spoiny spawany drutem UNION X96. Mieszanina bainitu i martenzytu. Pow.: a) 500x, b) 1000x



Rys. 6. Obszar obserwacji: 5. SWC od strony środknika. Martenzyt + niewielkie ilości bainitu. Pow.: a) 500x, b) 1000x



Rys. 7. Obszar obserwacji: 6. Materiał rodzimy stali S960QL. Martenzyt. Pow.: a) 500x, b) 1000x

Podczas oględzin mikroskopowych nie zaobserwowano pęknięć lub mikropęknięć w obszarze SWC oraz w spoinie.



Kontakt:
dr hab. inż. Mirosław Łomozik
Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18
44-100 Gliwice
tel.: +48 32 33 58 328
www.is.lukasiewicz.gov.pl
miroslaw.lomozik@is.lukasiewicz.gov.pl

63. MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA SPAVALNICZA

18-20 PAŹDZIERNIKA 2022 r. | KATOWICE



www.konferencja.is.gliwice.pl

www.expowelding.pl

ExpoWELDING

SPAVALNICTWO W SIECI NOWYCH MOŻLIWOŚCI

