

CHARAKTER ZNISZCZENIA RÓŻNOIMIENNYCH ZŁĄCZY SPAWANYCH W WARUNKACH OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH

Krzysztof CIECHACKI*, Tadeusz SZYKOWNY*

*Katedra Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, ul. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

krzysztof.ciechacki@atr.bydgoszcz.pl, tadeusz.szykowny@utp.edu.pl

Streszczenie: Podstawowym celem pracy jest wyznaczenie udarności różnoimiennych złączy spawanych w spoinie jak również w strefie wpływu ciepła (SWC) oraz określenie charakteru przelomu. W badaniach mikrofraktograficznych posłużono się metodą mikroskopii skaningowej SEM. W celu określenia składu fazowego i stanu fizykochemicznego faz wykonano badania dyfrakcyjne rentgenowskie. Do badań przyjęto stal o strukturze ferrytycznej gatunku X2CrNi12 i stal o strukturze austenitycznej gatunku X5CrNi 18-10. Spawanie wykonano metodą GMA przy zastosowaniu trzech różnych gatunków spoiwa. Próby udarności przeprowadzono w temperaturze -20°C .

1. WPROWADZENIE

Bardzo wysoki, ciągle rosnący koszt niklu uzasadnia ze względów ekonomicznych spawanie stali kwasoodpornej austenitycznej ze stalą odporną na korozję o strukturze ferrytycznej (Dunn i Bergstrom, 2003). Na bezpieczeństwo stalowych konstrukcji spawanych ma duży wpływ odpowiedni dobór materiałów zarówno stali jak i składu chemicznego spoiwa. Materiały konstrukcyjne powinny wykazywać dużą wytrzymałość i równocześnie posiadać dobre własności plastyczne (Hudson i Mc Keown, 1982; Lancaster, 1986; Węgrzyn, 1992; Album, 1988). Praca łamania spoin wg CEN (norm europejskich) powinna wynosić 47J w temperaturze 0°C , a w najbardziej odpowiedzialnych nawet 60J w temp. -60°C . Należy ograniczać dodatki stopowe pogarszające własności eksploatacyjne spawanych połączeń i równocześnie wprowadzać pierwiastki poprawiające własności plastyczne zwłaszcza w ujemnych temperaturach. Celem badań jest przeanalizowanie wpływu rodzaju spoiwa na własności dynamiczne i charakter zniszczenia różnoimiennych złączy spawanych blachy o strukturze ferrytycznej (gat. X2CrNi12) z blachą o strukturze austenitycznej (gat. X5CrNi18-10) wykonanych metodą MAG.

2. MATERIAŁ, PROGRAM I METODYKA BADAŃ

Do badań przyjęto dwa gatunki stali wysokostopowych o składzie chemicznym podanym w tabeli 1. Blachy o grubości 5mm ukosowane na V spawano trzema rodzajami spoiwa A, B, C. W dalszym ciągu pracy obowiązuje oznaczenie poszczególnych złączy zgodnie z ww rodzajami spoiwa.

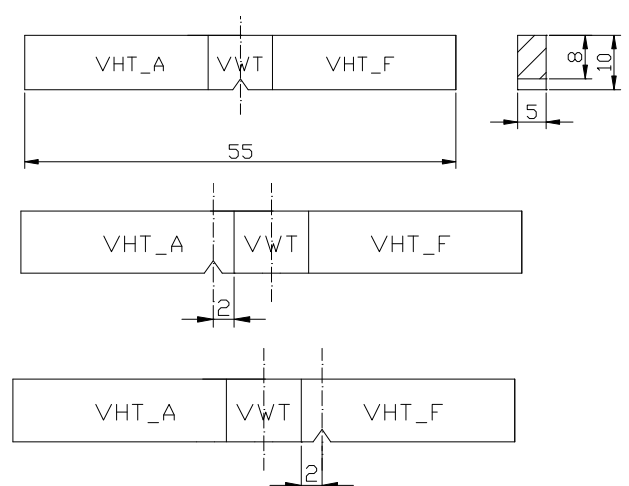
Doczołowe złącza spawane blach wykonano w dwóch przejściach. Spawanie prowadzono metodą MAG.

Z blach spawanych wycięto próbki do badań udarności sposobem Charpy'ego, z karbem V. Badania wykonano na próbkach o pomniejszonym przekroju o grubości 5mm.

Temperatura badania wynosiła $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Czas wytrzymywania w ośrodku oziębiającym wynosił 10 min. Badanie udarności wykonano w strefie środkowej złączy oraz w strefach wpływu ciepła materiału o strukturze austenitycznej i ferrytycznej. Umieszczenie nacięcia karbu przedstawia Rys. 1. Skład chemiczny zastosowanego spoiwa podano w Tab. 2.

Tab. 1. Skład chemiczny materiałów podstawowych, % mas

Gatunek	C	Cr	Mn	Ni	P	Si
X2CrNi12	0,020	11,240	0,540	0,350	0,021	0,660
X5CrNi 18-10	0,017	18,112	1,797	8,070	0,028	0,292



Rys. 1. Usytuowanie nacięcia karbu w próbce udarnościowej, VWT – (V – karb Charpy V, W – karb w spoinie, T – nacięty na grubości); VHT_F – (V – karb Charpy V, H – karb w SWC, T – nacięty na grubości, F- blacha o strukturze ferrytycznej); VHT_A – (V – karb Charpy V, H – karb w SWC, T – nacięty na grubości, A- blacha o strukturze austenitycznej)

Tab. 2. Skład chemiczny spoiwa, % mas

Ozn.	Gatunek	C	Cr	Mn	Ni	P	Si
A	309L-Si	0,020	23,200	1,900	13,800	0,016	0,780
B	307/ G18 8 Mn	0,079	19,223	6,737	8,816	0,002	0,817
C	OK. Tubrot 14.27	0,030	22,000	0,900	9,000	-	0,900

Badania jakościowe mikrofraktograficzne przelomów przeprowadzono na przelomach w poszczególnych strefach przy pomocy mikroskopii skaningowej SEM.

Za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej określono skład fazowy z powierzchni usytuowania karbu wg Rys. 1.

3. WYNIKI BADAŃ

Udarność różnoimiennych połączeń spawanych określona w poszczególnych strefach złączy przedstawia Tab. 1.

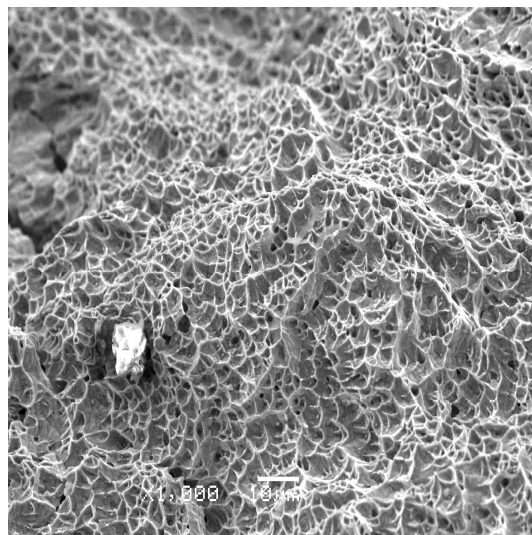
Tab. 3. Udarność różnoimiennych połączeń spawanych

Spoiwo	Usytuowanie karbu	Przekrój próbki S	Udarność KCV300/5	Średnia udarność KCV300/5
		cm ²	J/cm ²	J/cm ²
A	VHT_ F	0,403	80,3	65,7
		0,403	68,2	
		0,403	48,7	
	VWT	0,401	112,7	122,5
		0,401	122,5	
		0,401	132,3	
VHT_ A	0,402	185,5	175,7	
	0,402	165,9		
	0,402	175,7		
B	VHT_ F	0,403	14,6	17,1
		0,403	17,1	
		0,403	19,5	
	VWT	0,402	117,3	118,1
		0,402	122,2	
		0,402	114,8	
	VHT_ A	0,403	199,9	195,0
		0,403	195,0	
		0,403	190,1	
C	VHT_ F	0,402	17,1	17,9
		0,402	19,5	
		0,042	17,1	
	VWT	0,401	63,6	64,4
		0,401	61,2	
		0,401	68,5	
	VHT_ A	0,402	131,8	138,3
		0,402	131,8	
		0,402	151,3	

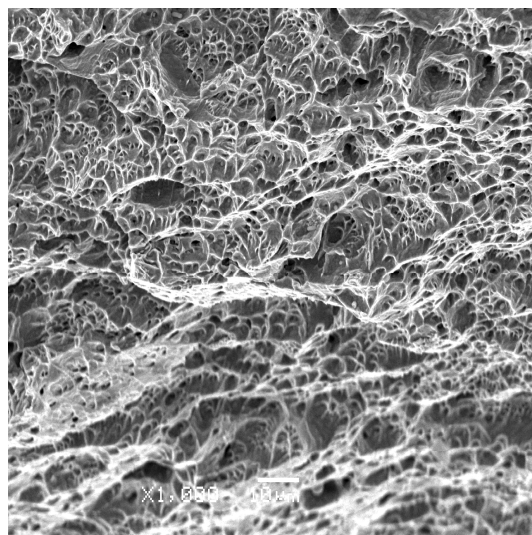
¹⁾ A,B,C rodzaj spoiwa wg Tab. 3

Przełom w osi spoiny ma w przypadku każdego złączy charakter ciągły z nielicznymi elementami przełomu łupliwego. Przykładowo ilustrują to Rys. 2÷4.

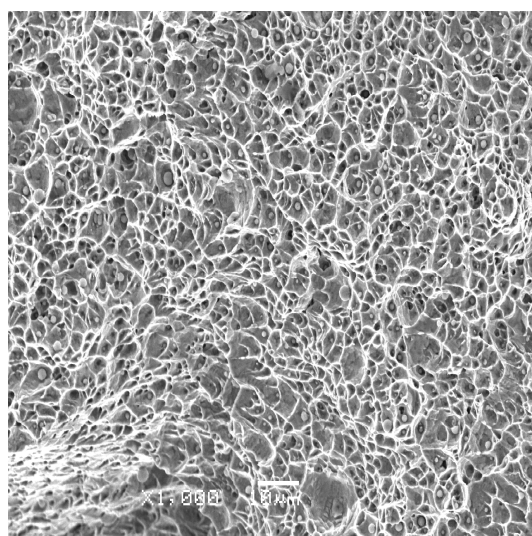
Przykładowe dyfraktogramy w charakterystycznych obszarach złączy przedstawiają Rys. 5÷13.



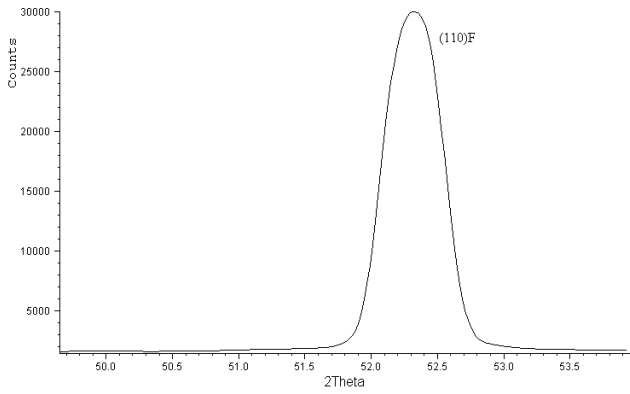
Rys. 2. Mikrofraktografia złącza spawanego – spoiwo A



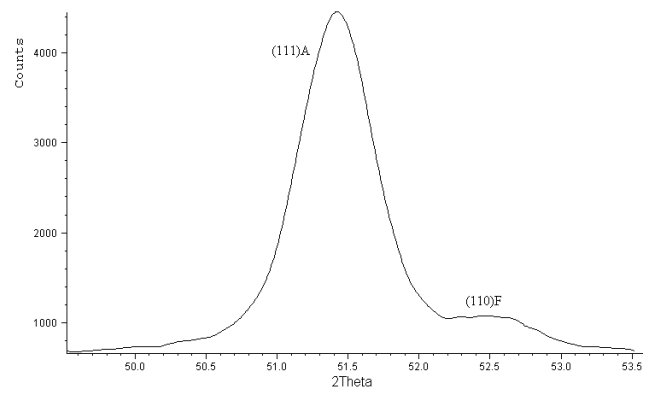
Rys. 3. Mikrofraktografia złącza spawanego – spoiwo B



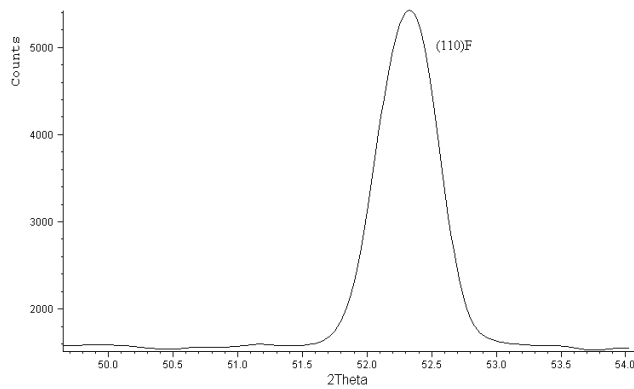
Rys. 4. Mikrofraktografia złącza spawanego – spoiwo B



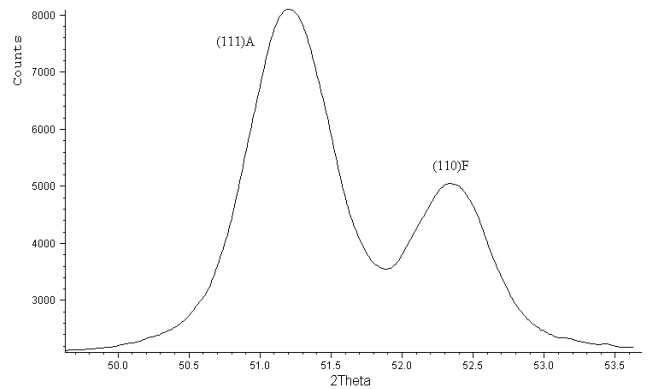
Rys. 5. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu po stronie stali o strukturze ferrytycznej – spoiwo A



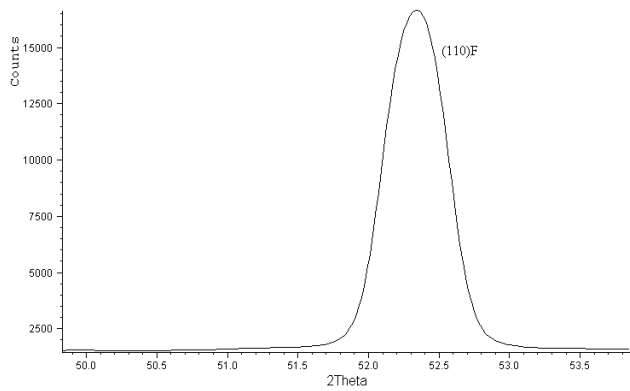
Rys. 9. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu w osi spoiny – spoiwo B



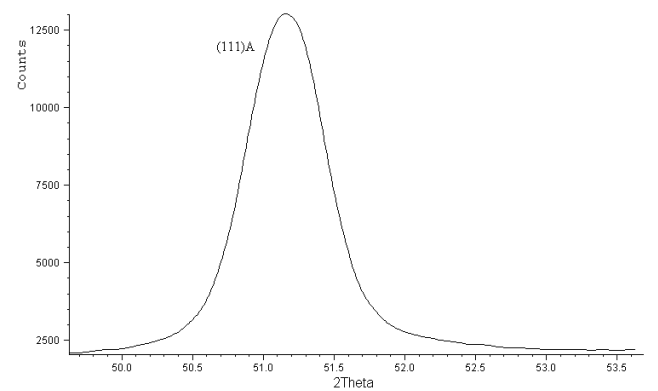
Rys. 6. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu po stronie stali o strukturze ferrytycznej – spoiwo B



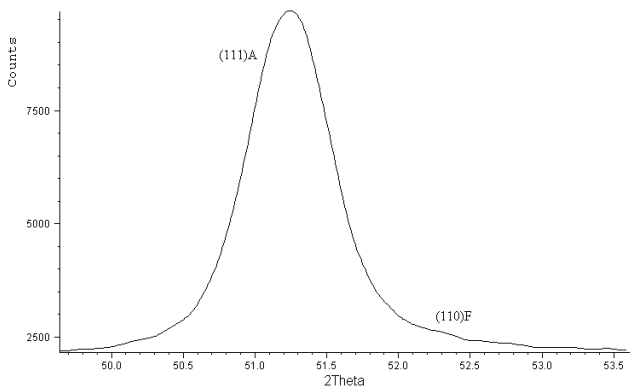
Rys. 10. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu w osi spoiny – spoiwo C



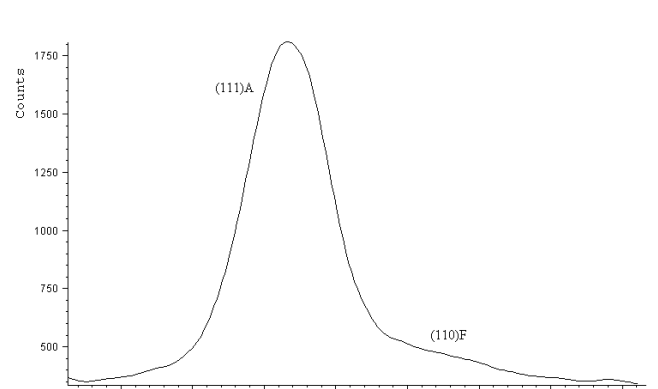
Rys. 7. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu po stronie stali o strukturze ferrytycznej – spoiwo C



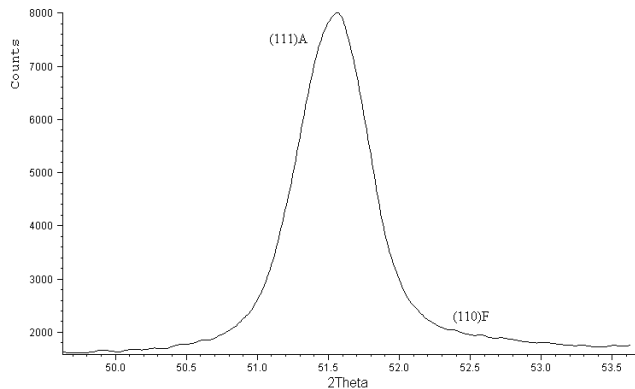
Rys. 11. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu po stronie stali o strukturze austenitycznej – spoiwo A



Rys. 8. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu w osi spoiny – spoiwo A



Rys. 12. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu po stronie stali o strukturze austenitycznej – spoiwo B



Rys. 13. Dyfraktogram z powierzchni usytuowania karbu po stronie stali o strukturze austenitycznej – spoiwo C

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Badania udarności wykazują strefą o najniższej udarności jest strefa spoiny sąsiadująca ze stalą o strukturze ferrytycznej. Strefa ta cechuje się najmniejszą udarnością. Spośród zastosowanych spoiw najkorzystniejsze okazuje się spoiwo A o największej zawartości niklu. Udarność w SWC złącza A jest około 4-krotnie wyższa od pozostałych (Tab. 3).

Na podstawie dyfraktogramów z obszaru SWC od strony stali o strukturze ferrytycznej stwierdza się iż parametr sieciowy dla wszystkich złączy jest jednakowy i wynosi 0,28707nm. Szerokość połówkowa ferrytu w złączu A jest najniższa i wynosi 0,255°, natomiast w złączach B i C szerokość ta jest większa i wynosi 0,2655°. Większa wartość szerokości połówkowej świadczy o większym zdefektowaniu mikrostruktury i obecności makronaprzeżeń (Rusakov, 1977).

Udarność określona w środkowej strefie spoiny w próbkach A i B jest porównywalna natomiast w próbce C niemal dwukrotnie mniejsza (Tab. 3) Otrzymane wyniki można zinterpretować jako skutek składu fazowego. Złącza A i B cechuje mała zawartość ferrytu (Rys. 8,9). Natomiast w złączu C zawartość ferrytu jest znacząca (Rys. 10). Z doświadczeń autorów zwiększony udział fazy ferrytycznej obniża własności dynamiczne stali o strukturze austenityczno-ferrytycznej.

Na podstawie dyfraktogramów z obszaru SWC od strony stali o strukturze austenitycznej stwierdza się iż najmniejsza udarność w złączu C może wynikać ze zwiększonej względem złączy A i B zawartości ferrytu (Rys. 13).

5. PODSUMOWANIE

Udarność różnoimiennych złączy spawanych zależy od miejsca usytuowania karbu jak również od rodzaju zastosowanego spoiwa. Newralgicznym obszarem złącza różnoimiennego okazuje się strefa wpływu ciepła po stronie blachy o strukturze ferrytycznej. Największą udarność w tym obszarze ma złącze spawane przy użyciu spoiwa A o największej zawartości niklu. Udarność złącza w tym obszarze jest około 3-krotnie większa od udarności pozostałych złączy i wynosi 65,7 J/cm².

Udarność złączy w osi spoiny jest porównywalna dla spoiwa A i B i wynosi około 120 J/cm² natomiast w przypadku spoiwa C jest dwukrotnie niższa. Powyższe wyniki uzasadniają badania dyfrakcyjne rentgenowskie, które w złączu ze spoiwem C wykazały najwyższy udział ferrytu. Mikrofraktograficzne badania przełomów w osi spoiny wykazały w każdym przypadku przełom o charakterze ciągliwym z elementami przełomu transkrystalicznego łupliwego.

Udarność złączy w strefie wpływu ciepła od strony blachy o strukturze austenitycznej niższa jest w przypadku spoiwa C i wynosi 138,3 J/cm² gdy w przypadku pozostałych złączy udarność wynosi od 175,7 J/cm² dla złącza A oraz 195,0 J/cm² dla złącza B. Na powyższy wynik rzutuje skład fazowy jak również stan fizykochemiczny faz. W przypadku złącza C dyfrakcyjnie stwierdza się niewielką zawartość ferrytu. Parametr sieciowy austenitu jak i szerokość połówkowa linii jest podwyższona względem pozostałych złączy.

Wymagania stawiane odpowiedzialnym złączom, pod względem udarności w temperaturze 0°C, spełnia wg norm europejskich złącze wykonane przy użyciu spoiwa o najwyższej zawartości niklu (spoiwo A).

LITERATURA

1. **Allum C. J.**, (1988), Nitrogen absorption from welding arc, *IIW Doc. II-1115-88*
2. **Dunn J. J., Bergstrom D.S.**, (2003), *Development of new "lean" duplex stainless steel, AL2003 Alloy (UNS S32003)*, Stainless Steel World December
3. **Judson P., Mc Keown D.**, (1982), *Advances in the control of weld metal toughness*, Offshore welded structures proceedings, London, V2
4. **Lancaster J.F.**, (1986), *Physics of Welding*, Pergamon Press
5. **Rusakov A.A.**, (1977), *Rentgenografia Metallov*, Moskva, Atomizdat
6. **Węgrzyn T.**, (1992), *Oxygen and nitrogen in low carbon basic electrode weld metal deposits*, *IIW Doc. II-A-1181-92*

DESTRUCTION OF DIFFERENT NAME WELDED JOINTS IN DYNAMIC LOADING CONDITIONS

Abstract: The basic aim of this work is marking the breaking of different joint welded in both weld and in HAZ (heat affected zone) and defining of breaking character. In microfractographical research the scanning microscopy method SEM was used. In order to define the phase composition and physicochemical steel the diffractal X-ray research were done. Steel of ferritic structure was of X2CrNi12 type was used and austenitic structure of X5CrNi 18-10 type. Welding of GMA method by using three different types of weld was done. The impact tests were done in temperature of -20°C.