



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - COMMITTEE OF MATERIALS SCIENCE  
SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE  
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS  
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference  
Proceedings

12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE  
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

## Struktura i własności stali duplex typu X2CrNiMoN22-5-3\*

L.A. Dobrzański, M. Osojca

Zakład Technologii Procesów Materiałowych i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie,  
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska  
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

W pracy przedstawiono wyniki badań struktury, udziału powierzchniowego ferrytu  $\delta$  i austenitu oraz własności mechanicznych stali duplex typu X2CrNiMoN22-5-3 poddanej przesycaniu.

### 1. WPROWADZENIE

Szybki rozwój techniki stwarza konieczność zwiększenia wymagań stawianych materiałom w zakresie własności mechanicznych i odporności na korozję. Wzrost zużycia stali odpornych na korozję jest konsekwencją wzrostu wymagań antykorozyjnych stawianych materiałom eksploatowanym w otoczeniu coraz bardziej agresywnym chemicznie, rosnącymi wymaganiami odnośnie do niezawodności urządzeń oraz dążeniem do obniżania kosztów utrzymania i eksploatacji sprzętu, urządzeń i konstrukcji. W ostatnich latach nastąpiło przyspieszenie wzrostu produkcji stali odpornych na korozję do 6%. Zużycie stali odpornych na korozję, w kg na osobę waha się od 1kg w krajach rozwijających, 4 ÷ 6 w USA i Europie do 6 ÷ 8 w Japonii i Azji Południowo-wschodniej. Bardzo ważnym problemem w praktyce przemysłowej jest dobór odpowiednich materiałów do pracy w określonych środowiskach[1,4,3].

Nowe opracowania w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku doprowadziły do uzyskania stali duplex i superduplex odpornych na korozję o wysokiej wytrzymałości. Korzystny zespół własności mechanicznych i chemicznych stali ferrytyczno-austenitycznych umożliwia szeroki zakres ich stosowania [2].

Od chwili opracowania stali duplex znajdują coraz szersze zastosowanie. Z uwagi na ich własności antykorozyjne i wytrzymałościowe, stosuje się je przede wszystkim w przemyśle wydobywczym ropy i gazu, w przemyśle petrochemicznym, farmaceutycznym, okrętowym. W wielu dziedzinach zastosowań materiały te stanowią interesującą alternatywę dla austenitycznych stali chromowo-niklowych i stopów niklu [5].

Celem niniejszej pracy jest zbadanie struktury i własności stali duplex typu X2CrNiMoN22-5-3 poddanej przesycaniu.

---

\*Autorzy uczestniczą w realizacji projektu CEEPUS Nr PL-013/03-04 kierowanego przez Prof. L.A. Dobrzańskiego.

## 2. PRZEBIEG BADAŃ

Badania zrealizowano na próbkach ze stali duplex typu X2CrNiMoN22-5-3. Skład chemiczny stali przedstawiono w tabelicy 1. Próbki otrzymano z pręta o średnicy 50mm w stanie zmiękczonym i obrobiono cieplnie. Obróbkę cieplną próbek wykonano w piecu komorowym w temperaturze 1020, 1050 lub 1100°C w ciągu 20 minut z chłodzenie w wodzie lub powietrzu.

Tablica 1

Skład chemiczny stali duplex typu X2CrNiMoN22-5-3

Typ stali	Stężenie masowe pierwiastka, [%]								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
X2CrNiMoN22-5-3	0,03	1,0	2,0	0,03	0,015	22	5,5	3,2	0,18

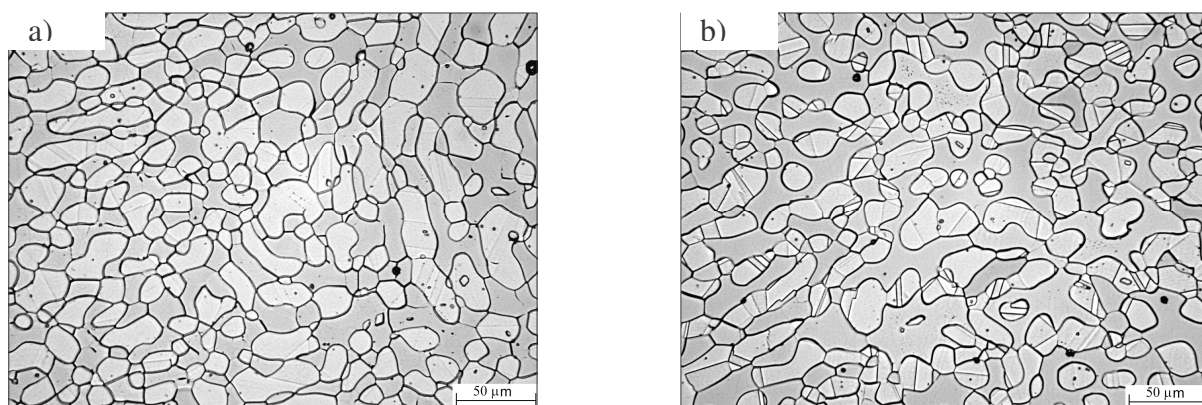
Twardość badanych próbek określono na twardościomierzu uniwersalnym SwissMax300 firmy GNEHM metodą Vickersa przy obciążeniu 98,1 N.

Obserwacje struktur badanych próbek wykonano w mikroskopie świetlnym NEOPHOT 21. Przygotowanie próbek do badania polegało na szlifowaniu, polerowaniu i trawieniu elektrolitycznym w 50% wodnym roztworze HNO<sub>3</sub>. W wyniku trawienia faza ferrytyczna ujawnia się na jako ciemna, a faza austenityczna pozostaje jasna.

Badania udziału powierzchniowego ferrytu  $\delta$  i austenitu w badanych próbkach wykonano za pomocą komputerowego analizatora obrazu IBAS SEM-IPS firmy KONTRON-OPTON w trybie automatycznym i półautomatycznym. Próbki do pomiarów wytrawiono elektrolitycznie w 50% roztworze wodnym HNO<sub>3</sub>.

## 3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Obserwacje struktury badanych próbek przy użyciu mikroskopu świetlnego, wykazują, że struktura badanej stali poddanej przesycaaniu jest drobnoziarnista. Wraz ze wzrostem temperatury austenitzowania zachodzi globulizacja i wzrost wielkości ziarn austenitu. Na rys.1 przedstawiono zmiany struktury badanej stali w zależności od temperatury wyżarzania, po którym chłodzono próbki w wodzie lub powietrzu.



Rys. 1. Struktura przesyconej stali duplex X2CrNiMoN22-5-3: a) 1020°C/woda, b) 1050°C/woda

Twardość badanych próbek wyznaczono przy obciążeniu 98,1 N. Zmierzona twardość mieści się w zakresie 224 – 273 HV. Wyniki badań twardości badanych próbek zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2  
Zestawienie wyników badań twardości

Parametry wykonanej obróbki cieplnej	Twardość HV10
Stan wyjściowy	273
1020°C/20min/woda	238
1050°C/20min/woda	248
1100°C/20min/woda	253
1020°C/20min/powietrze	228
1050°C/20min/powietrze	224
1100°C/20min/powietrze	229

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że dla wszystkich badanych próbek stali występuje zależność udziału fazy  $\gamma$  od temperatury wyżarzania i od szybkości chłodzenia. Wraz ze wzrostem temperatury wyżarzania zmniejsza się w badanych próbkach udział fazy  $\gamma$ , a spadek ten nasila się w miarę wzrostu temperatury.

Wyniki badań udziału powierzchniowego ferrytu  $\delta$  i austenitu w badanych próbkach zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3  
Zestawienie wyników badań udziału powierzchniowego ferrytu  $\delta$  i austenitu

Parametry obróbki cieplnej	udział powierzchniowy austenitu (%)			udział powierzchniowy ferrytu (%)		
	minimum	maksimum	średni	minimum	maksimum	średni
stan wyjściowy	47,53	56,72	52,50	43,28	52,47	47,50
1020°C /20'/woda	48,76	50,57	49,42	49,43	51,24	50,58
1050°C /20'/woda	45,71	50,78	48,56	49,22	54,29	51,44
1100°C /20'/woda	45,46	48,40	46,92	51,60	54,54	53,08
1020°C /20'/pow.	47,30	57,02	50,62	42,98	52,70	49,38
1050°C /20'/pow.	52,65	53,55	52,97	46,45	47,35	47,03
1100°C /20'/pow.	48,16	51,43	49,62	48,57	51,84	50,38

#### 4. WNIOSKI

Struktura badanej stali zależy od temperatury wyżarzania i szybkości chłodzenia po wyżarzaniu. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wraz ze wzrostem temperatury austenitowania zachodzi globulizacja i wzrost wielkości ziarn austenitu.

W czasie wyżarzania w zakresie temperatury 1020-1100°C ustala się równowaga między udziałami ferrytu i austenitu charakteryzująca się malejącym udziałem fazy  $\gamma$  ze wzrostem temperatury.

Twardość badanych próbek zmienia się w zakresie od 228 HV10 w przypadku chłodzenia z temperatury 1020°C w powietrzu do 273 HV10 w przypadku stanu wyjściowego.

#### **LITERATURA**

1. J. Łabanowski: Przegląd Mechaniczny 23-24 (1995) 7-12
2. W. Przetakiewicz: Przegląd Spawalnictwa 3 (1995) 1-7
3. M. Wróbel, S. Nowak, M. Blacharski: Inżynieria Materiałowa 3 (2003) 101-110
4. T. Ammann: Biuletyn Instytutu Spawalnictwa 5 (2000) 69-74