



12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Struktura i własności spiekanych stali typu duplex*

L.A. Dobrzański^a, Z. Brytan^a, M. Actis Grande^b, M. Rosso^b

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

^b Politecnico di Torino – Dipartimento di Scienza dei Materiali ed Ingegneria Chimica,
C.so Duca degli Abruzzi, 24 10129 Torino, Italy

W pracy przedstawiono wyniki badań składu fazowego, struktury oraz własności mechanicznych spiekanych ferrytyczno – austenitycznych stali typu duplex, uzyskanych w wyniku wprowadzenie do proszku bazowego stali austenitycznej X2CrNiMo17-2-2 oraz stali martenzytycznej X6Cr13, proszków dodatków stopowych takich jak Cr, Ni, Mo i Cu w stężeniach zapewniających uzyskanie struktury o składzie chemicznym, odpowiadającej dwufazowej stali austenityczno – ferrytycznej.

1. WPROWADZENIE

Stale austenityczno – ferrytyczne typu duplex, dzięki wysokiej odporności na korozję w połączeniu z dobrymi własnościami mechanicznymi, są szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu. O własnościach mechanicznych i odporności na korozję stali duplex decyduje ich struktura, a w szczególności równowaga między austenitem i ferrytem. Faza austenityczna w tych stalach zapewnia ciągliwość i udurowienie oraz zwiększa odporność na działanie korozji, natomiast faza ferrytyczna zwiększa wytrzymałość na rozciąganie, granicę plastyczności i twardość [1].

Spośród wielu stosowanych metod wytwarzania stali typu duplex, zastosowanie technologii metalurgii proszków umożliwia ściśle kontrolowanie ich składu chemicznego i struktury. Umożliwia również wyeliminowanie szeregu trudności technologicznych występujących przy wytwarzaniu takiego rodzaju stopów tradycyjnymi metodami.

Od kilku lat prowadzone są badania mające na celu wytworzenie stali austenityczno – ferrytycznych typu duplex technologią metalurgii proszków, która umożliwi otrzymanie pożądanej dwufazowej struktury stali, przez zmieszanie w odpowiednich proporcjach proszków stali austenitycznej i ferrytycznej, a także przez wprowadzenie do proszków stali austenitycznej, ferrytycznej lub martenzytycznej proszków dodatków stopowych [2].

* Część badań wykonano w Politecnico di Torino we Włoszech podczas stażu naukowego w ramach programu SOCRATES-ERASMUS.

2. PRZEBIEG BADAŃ

Do badań wykorzystano rozpylane wodą proszki stali austenitycznej X2CrNiMo17-2-2 i martenzytycznej X6Cr13 oraz stali ferrytycznej X6Cr17 firmy Höganäs (tab. 1).

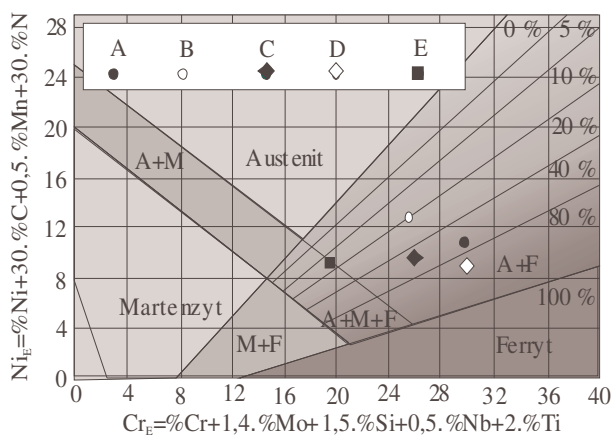
Tablica 1. Skład chemiczny zastosowanych proszków

Gatunek proszku	Stężenie masowe pierwiastków, %					
	Ni	Cr	Si	Mn	Mo	C
X2CrNiMo17-2-2	13	16,4	0,9	0,17	2,5	0,03
X6Cr13	0,14	12,21	0,88	0,09	-	0,04
X6Cr17	-	16	1,14	0,19	-	0,09

Mieszanki proszków przygotowano przez wprowadzenie do proszku bazowego stali austenitycznej X2CrNiMo17-2-2 (tab. 2) oraz stali martenzytycznej X6Cr13, proszków dodatków stopowych takich jak Cr, Ni, Mo i Cu w ilościach zapewniających uzyskanie struktury o składzie chemicznym, odpowiadającej dwufazowej stali austenityczno – ferrytycznej, zgodnie z wykresem Shafflera (rys. 1). Ponadto przygotowano mieszankę proszków stali austenitycznej X2CrNiMo17-2-2 i ferrytycznej X6Cr17 w udziale 50-50 %.

Tablica 2. Skład chemiczny i oznaczenia mieszanek proszków

Proszek bazowy stali	Oznaczenie mieszanek proszków	Stężenie masowe pierwiastków, %						
		Ni	Cr	Si	Cu	Mn	Mo	Fe
X2CrNiMo17-2-2	A	10,52	26,40	0,80	0,80	-	2,02	59,43
	B	11,51	21,33	0,84	2,00	-	2,21	62,09
X6Cr13	C	8,10	22,72	0,70	-	0,06	2,00	66,37
	D	8,09	26,23	0,65	2,00	0,06	2,00	60,93
X2CrNiMo17-2-2, X6Cr17	E	6,50	16,20	1,02	0,05	0,10	1,25	74,65



Rys. 1. Wykres Shafflera

Z przygotowanych mieszanek proszków wykonano wypraski metodą jednoosiowego prasowania w matrycy pod ciśnieniem 700 MPa. W celu zmniejszenia tarcia między cząstkami proszku oraz wypraską a powierzchniami narzędzi formujących zastosowano środek poślizgowy Acrawax w udziale 0,65% na każde 100% przygotowanej mieszanki. Przygotowane wypraski poddano odgazowaniu w 550°C przez 30 minut, w atmosferze azotu. Proces spiekania przeprowadzono w piecu próżniowym w atmosferze argonu w temperaturze 1240°C przez 60 minut. Próbkę nagrzano do temperatury spiekania z

szybkością 15°C/min. Po spiekaniu zastosowano szybkie chłodzenie w atmosferze azotu. Pomiary gęstość próbek przeprowadzono metodą ważenia w powietrzu i w wodzie. Badania metalograficzne spieków po trawieniu wykonano z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego i elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM) LEO 1450 VP wyposażonego w detektor elektronów rozproszonych EDS. Oceny składu fazowego uzyskanych spieków dokonano przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego ARL X'TRA 48 stosując filtrowane

promieniowanie lampy miedzianej CuK_α ($\lambda=1.54062$ nm) przy napięciu 45 kV i prądzie żarzenia 40mA. Pomiar wykonano w zakresie kątowym 2θ 40 - 100° z krokiem 0,02°. Udział poszczególnych składników strukturalnych został obliczony przy wykorzystaniu metody Averbacha i Cohena [3]. Twardość próbek po spiekaniu określono przy użyciu twardościomierza Rockwella w skali A. Zużycie ściernie uzyskanych stali zbadano na urządzeniu trybomechanicznym, w którym po sztywno zamocowanej próbce przemieszcza się ruchem posuwisto – zwrotnym obciążony penetrator. Końcówkę penetratora stanowi kulka z Al_2O_3 o średnicy 8 mm. Odporność ścierną stali oceniono dla stałej drogi tarcia wynoszącej 15 metrów przy obciążeniu 125 g i wyrażono współczynnikiem K:

$$K = \frac{V}{F \cdot S} \quad (1)$$

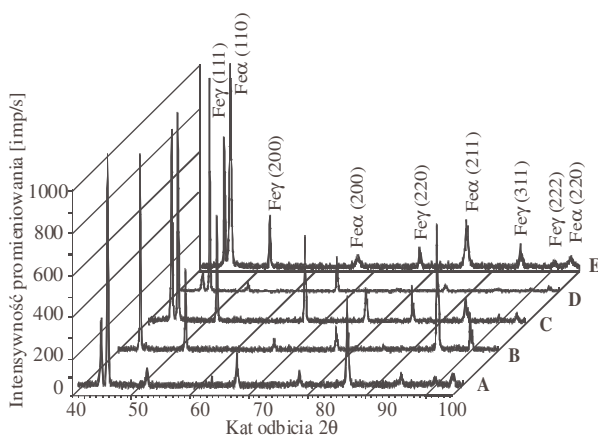
gdzie V – objętość usuniętego materiału, F - obciążenie, S – całkowita droga tarcia. Ślad wytarcia zbadano na profilometrze Tylor Hobson oraz z wykorzystaniem metalografii barwnej na mikroskopie świetlnym LEICA.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

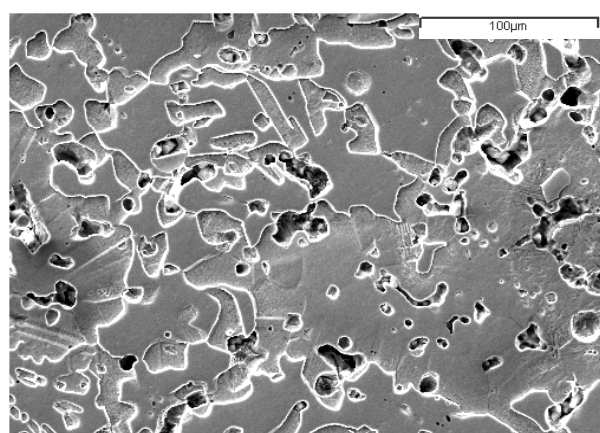
Wyniki pomiarów gęstości uzyskanych spieków mieszczą się w zakresie od 6,69 g/cm³ dla spieku oznaczonego symbolem A do 7,14 g/cm³ dla spieku C. Wytworzone spieki wykazują skurcz po spiekaniu, który uzyskuje maksymalną wartość 6,81% dla spieku C. Otrzymane rezultaty są porównywalne z przedstawionymi w pracy [2].

Przeprowadzone badania składu chemicznego poszczególnych składników strukturalnych wytworzonych stali przy użyciu spektrometru energii rozproszonego promieniowania rentgenowskiego EDS wykazują, że stężenia Cr i Mo w ferrycie są wyższe niż w austenicie natomiast Ni niższe.

Na podstawie przeprowadzonej rentgenowskiej jakościowej analizy fazowej stwierdzono, że struktura wytworzonych stali składa się z austenitu i ferrytu (rys. 2). Wyniki obliczeń udziału poszczególnych faz w strukturze otrzymanych stali zestawiono w tabelicy 3. Otrzymane wyniki potwierdzają uzyskanie struktury o składzie chemicznym, odpowiadającej dwufazowej stali austenityczno – ferrytycznej, zgodnie z wykresem Shafflera (rys. 1). Wykonane badania metalograficzne na mikroskopie świetlnym i w elektronowym mikroskopie skaningowym potwierdzają uzyskanie drobnej struktury bez wydzielenia faz na granicach ziarn o równomiernym rozmieszczeniu obu faz (rys. 3).



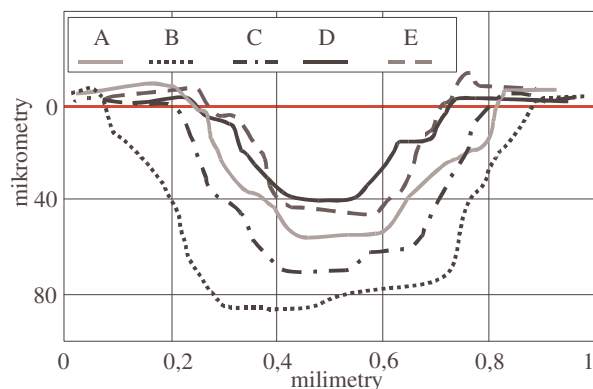
Rys. 2. Dyfraktogramy wytworzonych stali



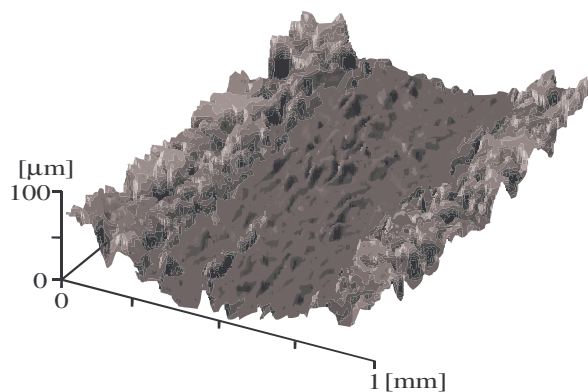
Rys. 3. Struktura spiekanej stali oznaczonej symbolem C

Tablica 3. Udział objętościowy ferrytu i austenitu w strukturze uzyskanych stali

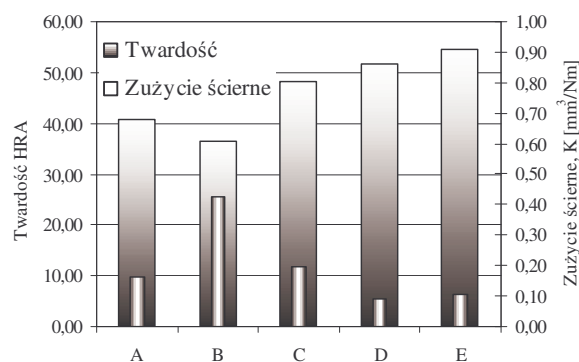
Udział objętościowy [%]	Oznaczenie stali				
	A	B	C	D	E
Ferryt	72,06	13,24	44,52	80,56	88,19
Austenit	27,94	86,76	55,47	19,43	11,81



Rys. 4. Profile wytarcia powierzchni



Rys. 5. Trójwymiarowy profil wytarcia stali oznaczonej symbolem B



Rys. 6. Wyniki pomiaru twardości i odporności na zużycie wytworzonych stali

D (rys. 6) a najmniejszą B. Na rysunku 5 przedstawiono trójwymiarowy obraz profilu wytarcia powstały podczas testu dla spieku stali oznaczonej symbolem B.

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że uzyskana stal posiada dwufazową austenityczno – ferrytyczną strukturę o równomiernym rozmieszczeniu obu faz. Wzrostowi udziału fazy ferrytycznej w badanych stalach towarzyszy wzrost twardości i odporności na ścieranie.

LITERATURA

1. L.A. Dobrzański, E. Hajduczek, J. Marciniak i R. Nowosielski, Metaloznawstwo i obróbka cieplna materiałów narzędziowych, WNT, Warszawa, 1990.
2. M. Rosso, M. Actis Grande, D. Ornato, Proc. 10th Int. Sc. Conf. AMME'2001, Gliwice-Kraków-Zakopane, 2001, 499.
3. L.A. Dobrzański, E. Hajduczek, M. Ozga, Zeszyty naukowe Pol. Śl. Nr 1172, Mechanika 110, Gliwice, 1992.