ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: HUTNICTWO z. 19 Nr kol. 607

Marek HETMAŃCZYK, Grzegorz NIEWIELSKI,
Jan ŁASKAWIEC

Instytut Inżynierii Materiałowej
Politechnika Śląska

MECHANICZNE I FIZYKOCHEMICZNE WŁASNOŚCI STALI CHROMOWO-MANGANOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań nad zmianami strukturalnymi zachodzącymi podczas obróbki cieplnej stali chromowo-manganowej 5H17G17 oraz ich wpływem na jej własności mechaniczne. Wykazano szerokie możliwości oddziaływania na własności wytrzymałościowe i plastyczne stali 5H17G17 poprzez dobór parametrów obróbki cieplnej. Ponadto poruszono problem żaroodporności badanej stali Cr-Mn.

1. WPROWADZENIE

Mimo że manganowe i manganowo-niklowe stale austenityczne pod wieloma względami ustępują niklowym stalom austenitycznym wywodzącym się od gatunku 18-8, to jednak ze względu na odczuwany powszechnie deficyt niklu nie ustają próby znalezienia zamienników stali niklowych, przynajmniej dla pewnych określonych zastosowań. Między innymi austenityczne stale Cr-Mn zastępują z powodzeniem stale 18-8 w warunkach oddziaływania mało agresywnych środowisk korozyjnych [1,2]. Potwierdzono ich przydatność do pracy w temperaturach kryogenicznych [3], wykazano wysoką odporność tych stali na kawitacyjne oddziaływanie ośrodka [4]. Znane są również ich dobre własności żaroodporne [5].

Szczególne zainteresowanie badaczy wzbudzają wysokie własności mechaniczne austenitycznych stali Cr-Mn, często znacznie przewyższające odpowiednie własności stali Cr-Ni [6]. A zatem własności mechaniczne austenitu manganowego dają podstawę do znacznie szerszego niż dotychczas wykorzystania stali Cr-Mn.

W Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej prowadzone są badania stali typu 17 Cr-17 Mn o średniej zawartości węgla. Struktura tych materiałów, złożona ze zdefektowanego austenitu i wydzieleń węglików zapewnia wysokie własności wytrzymałościowe z równocześnie podwyższoną odpornością korozyjną, żaroodpornością oraz odpornością na działanie erozyjne środowiska.

Dotychczasowe badania wykazują, że uzyskanie w tych stalach żądanego zespołu własności, z uwagi na stosunkowo wysoką zawartość dodatków stopowych i węgla, wymaga szczególnie starannego doboru procesu metalurgicznego oraz technologii przeróbki plastycznej oraz obróbki cieplnej i cieplno-mechanicznej. Stwierdzono również intensywny, korzystny wpływ mikrododatków stopowych na strukturę i własności tych stali.

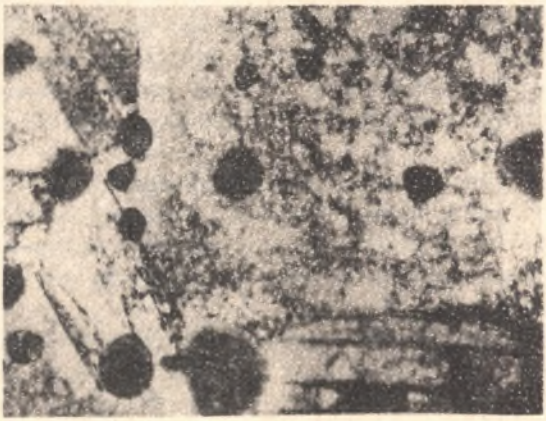
Dotychczasowe nasze badania w tym zakresie koncentrowały się zatem na określeniu wpływu składu chemicznego i technologii na własności mechaniczne, odporność korozyjną i żaroodporność austenitycznych stali Cr-Mn [7].

Prezentowany skrót referatu obejmuje głównie zmiany strukturalne zachodzące podczas obróbki cieplnej stali 5H17G17 oraz ich wpływ na własności mechaniczne.

2. STRUKTURA I WŁASNOŚCI STALI 5H17G17

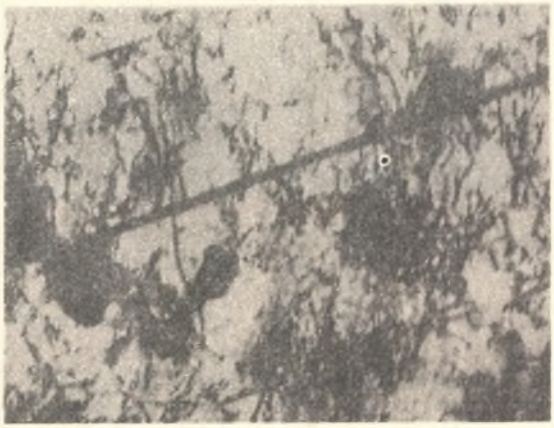
Badania przeprowadzono na stali 5H17G17 z wytopu przemysłowego, otrzymanego w piecu elektrycznym łukowym o pojemności 9 ton. Stal poddawano w kadzi argonowaniu (przedmuchiwaniu argonem). Próbki do badań wykonano z prętów o średnicy 15 mm, walcowanych na gorąco. Analiza chemiczna wykazała następujące zawartości składników: 0,50% C; 17,08% Mn; 16,2% Cr, 0,57% Si; 0,035% P; 0,014% S; 0,22% Ni i 0,072% Al oraz 0,0014% B.

Po przeróbce plastycznej ujawniono strukturę austenityczną o dużym stopniu zdefektowania, z wydzieleniami węglików $M_{23}C_6$ (rys. 1).



Rys. 1. Substruktura stali 5H17G17 po przeróbce plastycznej na gorąco. Powiększenie 13000x

Podczas nagrzewania powyżej temperatury 1100°C występuje rozpuszczanie węglików w roztworze stałym oraz wzrost ziarn austenitu. W zakresie temperatur przesycania od 1100 do 1200°C średni objętościowy udział węglików w strukturze zmniejsza się od 5,6% do 2,9%, natomiast średnia średnica ziarna wzrasta od 11,6 μm do 20,8 μm. W substrukturze austenitu stwierdzono zmniejszenie stopnia zdefektowania w porównaniu do uzyskanego po przeróbce plastycznej, miejscami zaobserwowano błędy ułożenia, natomiast nie ujawniono układów bliźniaczych (rys. 2).



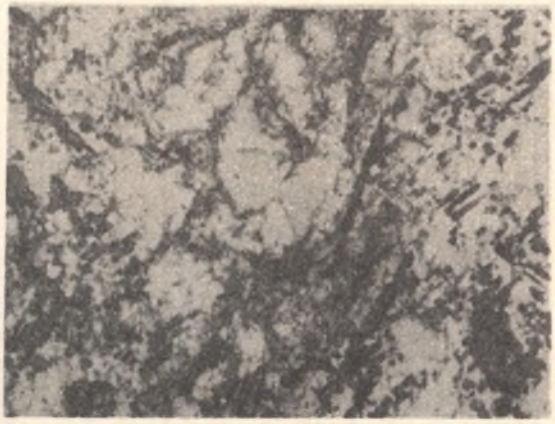
Rys. 2. Substruktura stali 5H17G17 po przesycaniu z temperatury 1150°C w wodzie. Powiększenie 27000x

Z podwyższeniem temperatury przesycania stwierdzono znaczny spadek twardości od około 270 HV po przesycaniu z temperatury 1000°C do 210 HV po przesycaniu z temperatury 1250°C.

Starzenie próbek przesyconych z temperatury 1150°C w wodzie rozpoczyna się po przekroczeniu temperatury 500°C i związane jest z wydzielaniem węglików $M_{23}C_6$, nie tylko po granicach ziarn i bliźniaków austenitu, lecz również w postaci dyspersyjnych wydzieleń w obszarach osnowy o zwiększonym stopniu zedefektowania (rys. 3). Starzenie w temperaturach powyżej 800°C lub w czasie dłuższym od 16 godzin doprowadziło do zaniku bliźniaków i występowania dużych wydzieleń węglika $M_{23}C_6$ w osnowie i na granicach ziarn austenitu. Najwyższą twardość 390 HV uzyskano po starzeniu w temperaturze 600°C w czasie 16 godzin. Nieznacznie niższą twardość - około 360 HV - otrzymano po starzeniu w temperaturze 650°C w czasie 2 do 16 godzin.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników dla stali 5H17G17 przyjęto następujące parametry obróbki cieplnej: przesycanie 1150°C (30') woda i sta-

rzenie 650°C (8 h/powietrze). Własności mechaniczne stali po tych zabiegach przedstawiono w tablicy 1 i 2.



Rys. 3. Substruktura stali 5H17G17 po przesycaniu z temperatury 1150°C w wodzie i starzeniu w temperaturze 650°C/8h. Powiększenie 17000x

Tablica 1

Własności mechaniczne stali 5H17G17

Stan materiału	R_m		R_{02}		A_5	HV
	kG/mm²	MN/m²	kG/mm²	MN/m²	%	
Walcowany na gorąco	98	960	66	646	16	330
Przesycony 1130°C/30'/woda	86	842	45	440	62	240
Przesycona 1130°C/30'/woda Starzony 650°C/8h/powietrze	90	981	55	539	19	360

W temperaturze otoczenia najwyższą wytrzymałość na rozciąganie 98kG/mm² posiada stal w stanie walcowanym, natomiast najlepsze własności plastyczne, charakteryzowane wydłużeniem A_5 = 62%, uzyskano po przesycaniu z temperatury 1150°C, jednocześnie nastąpił spadek wytrzymałości do około 86 kG/mm².

Stosunek umownej granicy plastyczności R_{02} do wytrzymałości na rozciąganie waha się od około 0,67 po walcowaniu do około 0,52 po przesycaniu.

Wyniki statycznej próby rozciągania, przeprowadzonej w temperaturach podwyższonych, wykazały, że najwyższą wartość doraźnej wytrzymałości na

Tablica 2

Własności mechaniczne stali 5H17G17 w temperaturach podwyższonych

Temperatura próby	500°C						600°C						800°C						1000°C					
Stan materiału	R_m		R_{02}		$\frac{R_{02}}{R_m}$	A_5 %	R_m		R_{02}		$\frac{R_{02}}{R_m}$	A_5 %	R_m		R_{02}		$\frac{R_{02}}{R_m}$	A_5 %	R_m		R_{02}		$\frac{R_{02}}{R_m}$	A_5 %
	$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$	$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$			$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$	$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$			$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$	$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$			$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$	$\frac{kG}{mm^2}$	$\frac{MN}{m^2}$		
Walcowany na gorąco	56,2	551	30,5	298	0,45	25	46,3	455	27,1	266	0,58	33	15,9	156	14,5	142	0,9	43	5,9	58	4,9	48	0,83	75
Przesycany 1150°C/30'/woda	55,0	540	20,8	204	0,38	34	47,9	470	19,5	191	0,41	19	19,0	186	16,1	158	0,84	25	8,5	83	7,4	72	0,87	43
Przesycany 1150°C/30'/woda Starzony 650°C/8h/pow.	59,3	582	26,0	255	0,44	28	51,2	502	25,1	246	0,49	21	22,4	220	19,6	192	0,88	16	11,1	10,9	9,8	96	0,88	21

UWAGA: Próbę przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Instron TTD-1115.

rozciąganie uzyskano na próbkach przesyconych i starzonych. Ze wzrostem temperatury próby różnice pomiędzy wynikami otrzymanymi na próbkach po walcowaniu oraz starzeniu zwiększają się. W temperaturze 500°C stosunek doraźnej wytrzymałości na rozciąganie po walcowaniu do doraźnej wytrzymałości na rozciąganie po przesyceniu i starzeniu wynosi około 0,93; w temperaturze 800°C - około 0,71 a przy 1000°C - około 0,53.

Z podwyższeniem temperatury próby od 500°C do 1000°C zwiększa się około dwukrotnie wartość stosunku umownej granicy plastyczności do doraźnej wytrzymałości na rozciąganie.

Odporność na utlenianie zapewnia stali 5H17G17 utworzona na powierzchni warstwa tlenków. Badania przeprowadzone na mikroanalizatorze rentgenowskim próbek wygrzewanych w temperaturze 900°C wykazały, że w jej skład wchodzą tlenki chromu, manganu i żelaza o koncentracji pierwiastków podobnej do występującej w stali.

3. PODSUMOWANIE

Stal austenityczna 5H17G17 odznacza się wysokimi własnościami mechanicznymi przy zadowalającej odporności korozyjnej w środowiskach mało agresywnych.

Charakterystyczną cechą struktury badanej stali jest zachowanie znacznego stopnia zdefektowania austenitu w procesach technologicznych. Ze względu na swoje własności mechaniczne i fizykochemiczne stal 5H17G17 może stanowić wartościowe tworzywo konstrukcyjne, pośrednie pomiędzy stalami austenitycznymi 18-8 oraz konstrukcyjnymi stalami stopowymi ulepszanymi cieplnie.

Badania wykazały szerokie możliwości oddziaływania na własności wytrzymałościowe i plastyczne stali 5H17G17 poprzez dobór parametrów obróbki cieplnej.

LITERATURA

[1] Chimuszin F.F.: Nierżawiejuszcze stali. Izd. "Mietałłurgia", Moskwa 1967.

[2] Tawadze F.A. i inni: Izw. AN SSSR. Zaszczita Mietałłow. Moskwa 1968.

[3] Grikurow G.H., Tawadze F.A.: Izw.AN SSSR Mietałły. Moskwa 1975, nr 1.

[4] Malinow L.S., Eismondt D.T.: Energomaszinostrojenie, 1965, nr 11, s.32-36.

[5] Chimuszin F.F.: Żaroprocznyje stali i spławy. Izd. Mietałłurgia. Moskwa, 1964.

[6] Żidek J.: Hutniokie listy. 1975, nr 5, ss. 339-346.

[7] Maciejny A. i współautorzy: Opracowanie nowych stali Cr-Mn. Sprawozdanie z badań w ramach problemu I-22, Katowice. 1976. (niepublikowane).

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ХРОМОМАГРАНЦЕВОЙ СТАЛИ

Р е з ю м е

В работе представлены исследования изменений структуры, происходящих во время термической обработки хромомарганцевой стали 5H17G17 и влияние этих изменений на её механические свойства. Показаны широкие возможности воздействия на прочность и пластические свойства стали 5H17G17 путём подбора параметров термической обработки. Кроме этого в работе затронут вопрос жаростойчивости исследуемой стали Cr-Mn.

THE MECHANICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES
OF CHROMIUM MANGANESE STEELS

S u m m a r y

The paper presents the results of the research on the structural changes taking place during the heat tretment of 5H17G17 chromium-manganese steel, and their influence on its mechanical properties. The possibilities of influencing the strength properties of 5H17G17 steel, as well as its plastic properties by means of choosing the heat treatment parameters are shown. Moreover, the problem of the examined Cr-Mn steel creep resistance was dealt with.