ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1971

Seria: MECHANIKA z. 44 Nr kol. 304

ANDRZEJ KLIMPEL

Katedra Technologii Budowy Maszyn

TECHNOLOGIA ZGRZEWANIA DOCZOŁOWEGO ZWARCIOWEGO PRĘTÓW ZE STALI H25T

Streszczenie: Opracowano optymalne parametry zgrzewania doczołowego zwarciowego prętów ze stali H25T o średnicach od 4 do 8 mm, zapewniające otrzymanie złączy o własnościach mechanicznych przy obciążeniach statycznych nie niższych od własności materiału rodzimego. Zbadano także procesy cieplne zachodzące w czasie zgrzewania oraz określono strukturę złączy.

Wstęp

Stal H25T należy do grupy stali ferrytycznych chromowych, które pod względem odporności na utlenianie w wysokich temperaturach, jak i na działanie różnego rodzaju ośrodków agresywnych nie ustępują znacznie droższym - z uwagi na ogólnoświatowy deficyt niklu - stalom austenitycznym chromowo-niklowym. Stale ferrytyczne chromowe mogą być stosowane do temperatury 1000°C w atmosferze redukującej, nawęglającej lub zawierającej związki siarki [1]. Podstawową wadą stali ferrytycznych chromowych jest ich bardzo duża wrażliwość na działanie karbu, determinująca zastosowanie tych stali w przemyśle [2, 3].

W literaturze brak jest ścisłych danych dotyczących zgrzewania zwarciowego stali ferrytycznych chromowych [4-6]. Można natomiast znaleźć stosunkowo obszerne opisy technologii spawania i zgrzewania punktowego, liniowego i iskrowego tych stali [7,8] zalecające stosowanie atmosfer ochronnych w celu przeciwdziałania powstawaniu w złączu tlenków. W przypadku spawania stali ferrytycznych chromowych zalecenia są następujące:

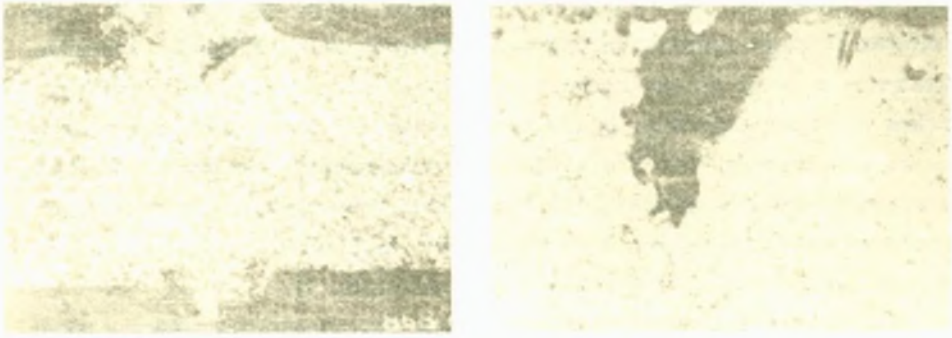
- stosowanie na konstrukcje spawane stali o bardzo małej zawartości węgla i azotu;
- stosowanie odpowiednich zabiegów cieplnych przed i po spawaniu.

Celem pracy jest opracowanie technologii zgrzewania doczołowego zwarciowego prętów ze stali H25T.

Badania własne

Badania przeprowadzono na sześciu wytopach stali ferrytycznej chromowej gatunku H25T w stanie wyżarzonym (tablica 1). Zgrzewanie zwarciowe prętów stalowych o średnicach od 4 do 8 mm przeprowadzono na zgrzewarce doczołowej zwarciowej ZZb7N o mocy 2,4 kVA przy pracy 50%. Wstępne próby zgrzewania i badania struktury ujawniły znaczne utlenienie zgrzeiny, będące przyczyną niskich własności plastycznych i wytrzymałościowych złączy (rys. 1). Kąty gięcia badanych złączy przy próbie gięcia statycznego są mniejsze od 30° (rys. 2). Podobnie wytrzyma-

a) b)



Rys. 1. Zgład złącza zgrzewanego prętów ze stali H25T (bez osłony gazowej). Utlenienie w pobliżu kołnierza zgrzeiny:

a - powiększenie 5x, trawienie odczynnikiem Adlera, b - powiększenie 50x, polerowanie elektrolityczne

Tablica 1

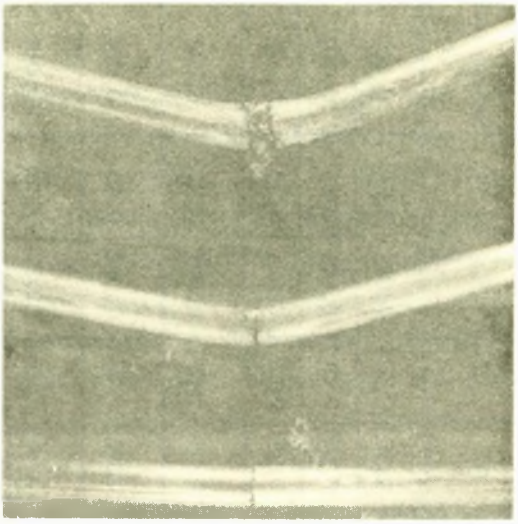
Skład chemiczny badanej stali

Wytop	d mm	Skład chemiczny %									
		C	Mn	Cr	Si	Ni	P	S	Ti	N	
										A	B
B59105	7 4	0,09	0,60	25,7	0,52	0,36	0,023	0,005	0,60	0,007	0,0128
B59275	6 8	0,09	0,56	25,1	0,41	0,60	0,019	0,005	0,65	0,007	0,0139
B50466	7	0,12	0,53	25,0	0,33	0,55	0,02	0,005	0,53	0,022	0,0173
Elektro-żużlowy	7	0,07	1,27	24,2	2,36	0,05	0,01	0,015	0,70	0,013	0,0254
Próżnio-wy I	7	0,07	1,00	23,84	1,05	0,05	0,02	0,022	0,40	0,015	0,0174
Próżnio-wy II	7	0,07	1,07	24,22	1,10	0,06	0,02	0,022	0,38	0,011	0,0112

A - azot oznaczony metodą analizy chemicznej w Instytucie Spawalnictwa

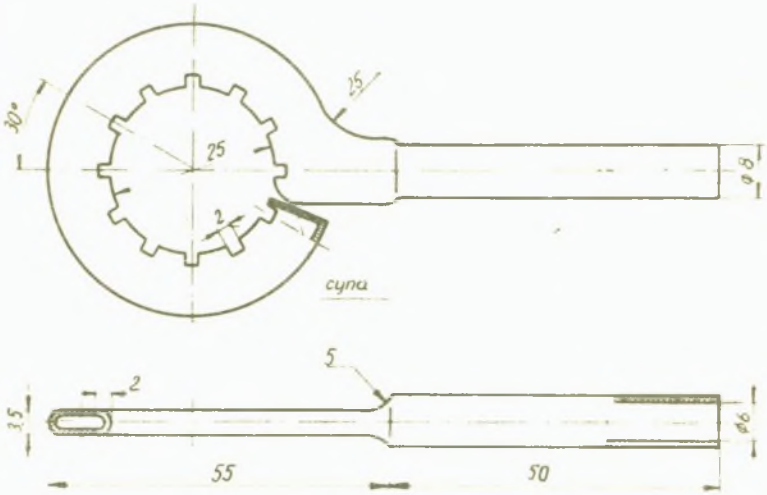
B - azot oznaczony metodą Balzersa w Hucie Baildon.

łość złączy jest o ok. 30% mniejsza od wytrzymałości doraźnej materiału rodzimego, przy czym próbki podczas próby rozciągania próbki pękały w miejscu zgrzania.

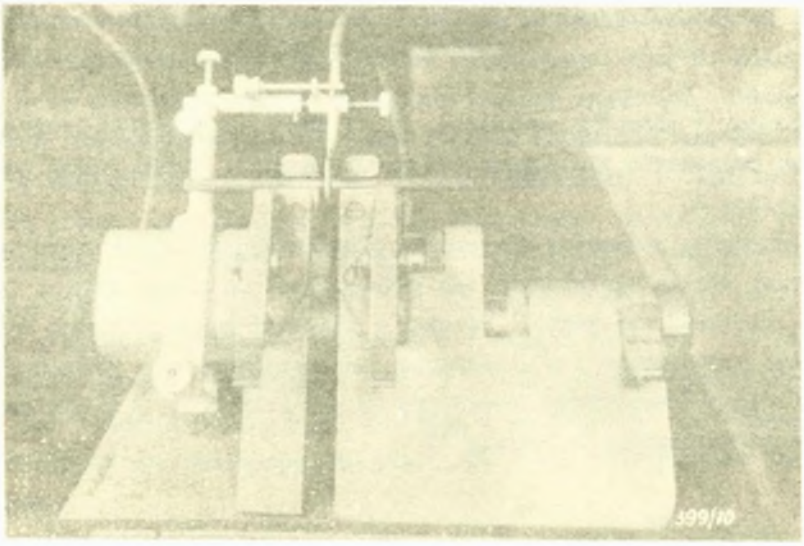


Rys. 2. Złącza zgrzewane prętów ze stali H25T bez osłony gazowej, po próbie gięcia statycznego

Po ustaleniu wstępnych parametrów zgrzewania wykonano badania mające na celu wyeliminowanie utlenienia złączy w procesie zgrzewania. W tym celu zastosowano specjalną dyszę, której zadaniem było wytworzenie wokół złącza osłony z gazu ochronnego (rys. 3) oraz uchwyt mocujący dyszę na zgrzewarce, pozwalający na dowolne jej przemieszczanie (rys. 4). Badania wykazały, że w przypadku osłony z gazu obojętnego argonu, o określonym natężeniu przepływu, złącza zgrzewane cechują się wysokimi własnościami plastycznymi, określonymi przez statyczną próbę gięcia (rys. 5) i wytrzymałością doraźną nie mniejszą od wytrzymałości materiału rodzimego. Można przypuszczać, że przepływający wokół tworzącego się złącza argon osłania zgrzeinę przed dostępem atmosfery i równocześnie intensywnie chłodzi złącze, zmniejszając jego stopień przegrzania. Przeprowadzono także badania porównawcze, stosując jako gaz



Rys. 3. Dysza do osłony gazowej w czasie zgrzewania zwarciowego doczołowego prętów



Rys. 4. Widok uchwytu umożliwiającego przemieszczanie dyszy doprowadzającej osłonę gazową

Rys. 5. Złącza zgrzewane prętów ze stali H25T w osłonie argonu po statycznej próbie gięcia

chłodzący i ochronny powietrze, CO_2 i argon, o natężeniu przepływu ustalonym poprzednio dla argonu (60 do 80 l/min.). Wyniki badań zestawiono w tablicy 2.

Optymalne parametry zgrzewania określono przyjmując jako kryterium jakości złączy zgrzewanych ich wytrzymałość doraźną, wygląd zewnętrzny - wielkość spęczenia, kształt i wielkość rąbka zgrzeiny oraz ewentualne podtopienie lub utlenienie. Najkorzystniejsze parametry zgrzewania doczołowego zwarciowego prętów ze stali H25T o średnicach od 4 do 8 mm zestawiono w tablicy 3.

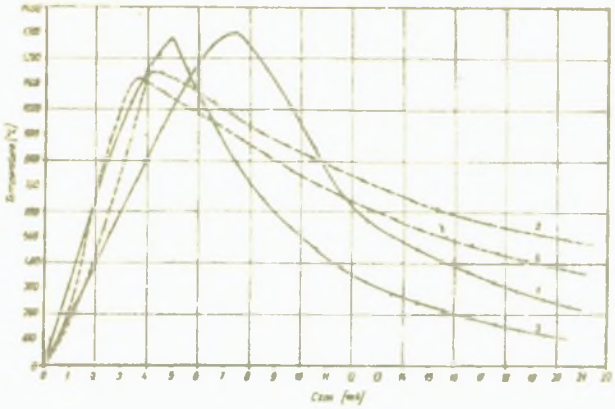
Tablica 2

Wpływ rodzaju osłony gazowej
na własności plastyczne złącza zgrzewanego prętów ze stali H25T

Rodzaj gazu	Q^x l/min	Kąty gięcia					$\alpha^\circ_{śr}$	Opis przełomu
		1	2	3	4	5		
Powietrze	80	35	30	27	15	20	25,3	utlenienie zewnętrzne
CO_2	80	60	65	65	60	60	61,6	"
Argon	80	180	180	180	180	180	180	brak utlenienia

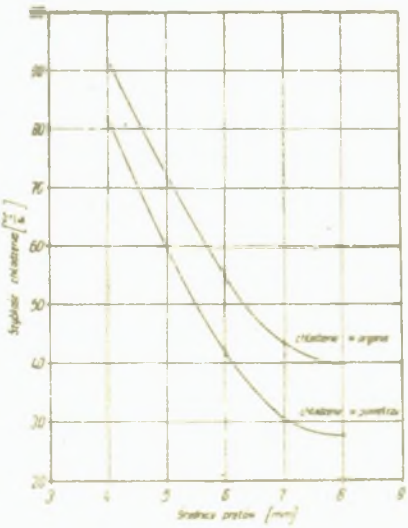
Badania procesów cieplnych

W celu zbadania zmian cieplnych zachodzących w czasie zgrzewania zwarciowego prętów ze stali H25T wykonano pomiary cykli cieplnych przy użyciu oscylografu elektromagnetycznego EMO-62 i termopar Ni-NiCr. W prętach przeznaczonych do badań, w różnych odległościach od powierzchni czołowej - w zależności od szerokości strefy wpływu ciepła i wielkości spęczenia złącza zgrzewanego - nawiercono po trzy otworki, w których przygrzano zgrzewarką kondensatorową termopary. Dla każdej z badanych średnic wykonano po trzy pomiary rejestrując 18 cykli cieplnych (rys. 6), na podstawie których obliczono średnie szybkości chłodzenia w zakresie temperatur 900-400°C (rys. 7) oraz zmierzono temperatury maksymalne, według których określono rozkład temperatur w momencie zakończenia procesu nagrzewania (rys. 8). Obliczenia teoretyczne procesów cieplnych w czasie zgrzewania zwarciowego prętów, oparte na wyprowadzonych przez Gelmana [9] równaniach, wykazały częściową zgodność z wynikami pomiarów cieplnych w obszarze zgrzeiny i strefy wpływu ciepła złącza zgrzewanego (rys. 9). Rozbieżności między wynikami obliczeń i pomiarów cieplnych wynikają z pominięcia w równaniach Gelamana ciepła odprowadzanego do otoczenia i do miedzianych szczęk zgrzewarki.

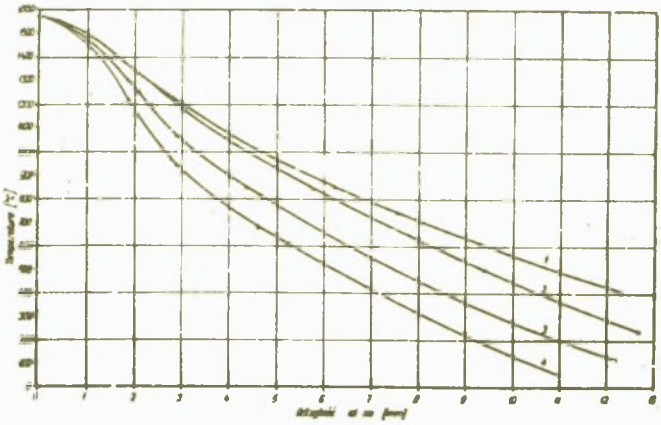


Rys. 6. Cykle cieplne przy zgrzewaniu zwarciowym doczołowym prętów ze stali H25T:

1 - d = 4 mm, zgrzewanych bez osłony, pomiar w odległości 1,9 mm od osi złącza, 2 - d = 4 mm, zgrzewanych w osłonie argonu, pomiar w odległości 1,9 mm od osi złącza, 3 - d = 8 mm, zgrzewanych bez osłony gazowej, pomiar w odległości 2,7 mm od osi złącza, 4 - d = 8 mm, zgrzewanych w osłonie argonu, pomiar w odległości 2,7 mm od osi złącza

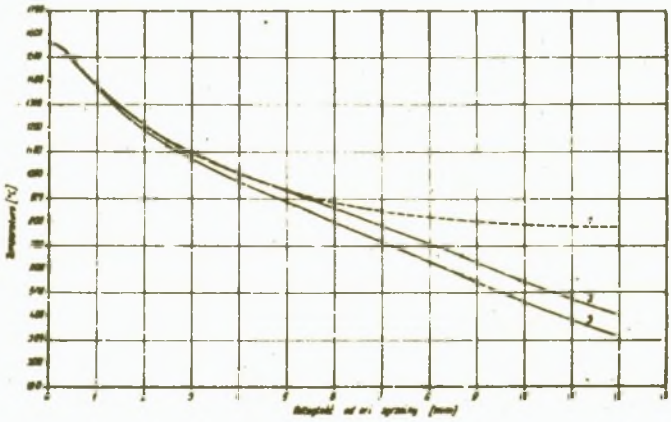


Rys. 7. Średnie szybkości chłodzenia złączy zgrzewanych prętów ze stali H25T w zakresie temperatur 900-400°C w zależności od średnicy prętów zgrzewanych



Rys. 8. Rozkład temperatur w momencie zakończenia procesu nagrzewania przy zgrzewaniu zwarciowym prętów:

1 - d = 8 mm, zgrzewane bez osłony gazowej, 2 - d = 8 mm, zgrzewane w osłonie argonu, 3 - d = 4 mm, zgrzewane bez osłony gazowej, 4 - d = = 4 mm, zgrzewane w osłonie argonu



Rys. 9. Rozkład temperatur w momencie zakończenia procesu nagrzewania przy zgrzewaniu zwarciowym prętów o średnicy d = 7 mm ze stali H25T:

1 - teoretyczny, 2 - zmierzony przy zgrzewaniu bez osłony gazowej, 3 - zmierzony przy zgrzewaniu w osłonie argonu

Tablica 3

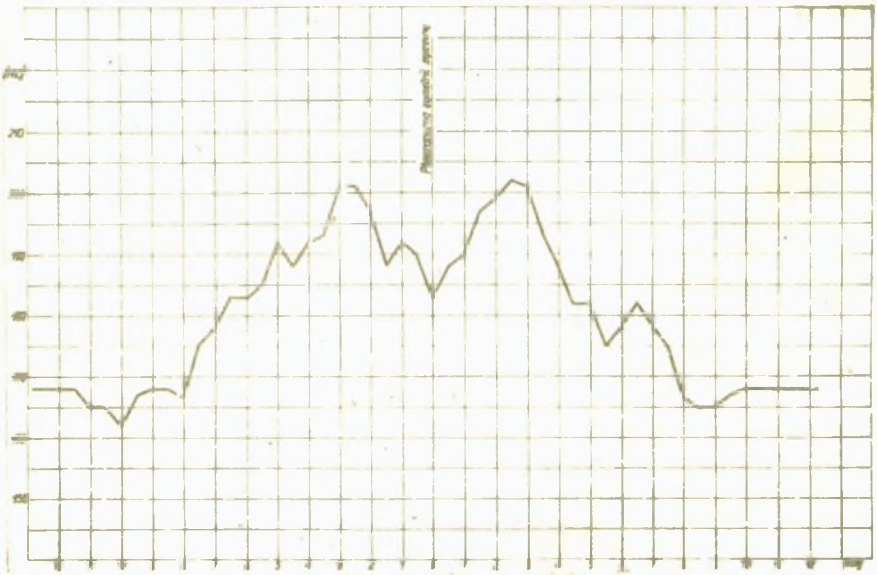
Optymalne parametry zgrzewania zwarciowego doczołowego prętów ze stali H25T na zgrzewarce typu ZZb7N

Optymalne parametry	Oznaczenie	Wymiar	Średnica prętów d (mm)				
			4	5	6	7	8
Natężenie prądu zgrzewania nagrzewanie/spęczenie	I_{opt}	A działki	582/810 4	726/960 5	960/1170 5	1480/1475 6	1840/2050 7
Gęstość prądu zgrzewania	i_{opt}	A/mm^2	46,2/ 64,2	36,3/ 48,0	33,9/ 41,3	38,5/ 45,3	36,6/ 40,8
Moc jednostkowa	P	kVA/mm^2	0,07/ 0,1	0,05/ 0,073	0,06/ 0,075	0,085/ 0,099	0,1/ 0,12
Napięcie wtórne	U_2	V	1,52	1,52	1,8	2,2	2,72
Rozstaw szczęk zgrzewarki	Rs_{opt}	mm działki	9 5	9,5 5,5	10,5 6	12 7	13,5 8
Siła docisku zgrzewanych prętów	P_{opt}	kG(x10N) działki	18,5 4	21 5	24 6	27 7	29,5 8
Jednostkowa siła docisku	P_{opt}	kG/mm^2 (x10MN) m^2	1,47	1,06	0,85	0,7	0,59
Średni czas zgrzewania	$tz_{śr}$	sek (s)	4,0÷7,0	4,5÷5,5	4,6÷6	5,7÷6,6	6,5÷9
Czas nagrzewania - Czas przepływu prądu zgrzewania	t_z	sek (s)	5,0	5,0	5,7	6,7	5,0
Natężenie przepływu argonu	Q^k	l/min	60÷80	60÷80	60÷80	60÷80	60÷80

Uwaga: Optymalne parametry zgrzewania prętów o średnicy d = 5 mm, ustalono jako średnie z optymalnych parametrów zgrzewania prętów o średnicy d = 4 mm i d = 6 mm. Złącza zgrzewania prętów ze stali H25T o średnicy d = 5 mm zgrzewane przy tych parametrach spełniły przyjęte kryterium jakości zgrzewanych złączy.

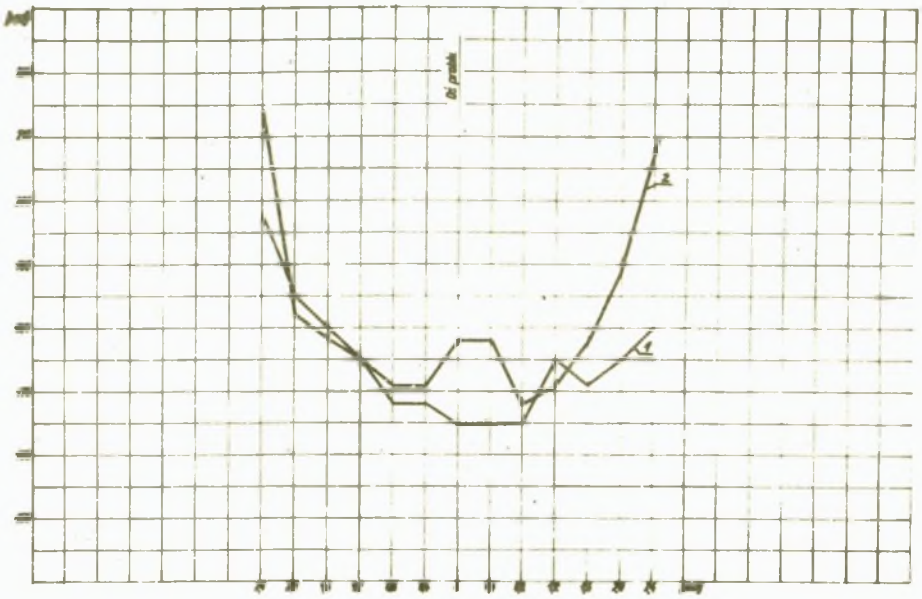
Badania twardości

Na zgładach złączy zgrzewanych w osłonie argonu wykonano badania rozkładu twardości wzdłuż i w poprzek osi złączy. Dla wszystkich średnic zgrzewanych prętów ujawniono w osi zgrzeiny wyraźny spadek twardości (rys. 10), związany prawdopodobnie ze znacznym rozrostem ziarn ferrytu stopowego.



Rys. 10. Rozkład twardości wzdłuż osi złącza zgrzewanego (w osłonie argonu) prętów o średnicy d = 7 mm (wytop B59105)

Poprzeczny rozkład twardości (rys. 11) w złączach zgrzewanych w osłonie argonu ma wyraźnie różny przebieg, niż złączy wykonanych bez osłony gazowej. Wynika to z różnicy szybkości chłodzenia masy metalu złącza na powierzchni i w środkowej części przekroju.



Rys. 11. Rozkład twardości w poprzek złącza zgrzewanego prętów o średnicy d = 7 mm (wytop B59105)

1 - złącze zgrzewane w osłonie argonu, 2 - złącze zgrzewane bez osłony gazowej

Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono:

1. Możliwość otrzymania złączy zgrzewanych zwarciowo prętów ze stali H25T o dużej wytrzymałości na rozciąganie i dobrych własnościach plastycznych przy obciążeniach statycznych.

2. Podstawowym warunkiem otrzymania wymaganych własności mechanicznych złączy zgrzewanych jest zastosowanie w czasie zgrzewania osłony argonowej, zabezpieczającej złącze przed utlenieniem oraz nadmiernym przegrzaniem.

3. Przy obliczeniach teoretycznych procesów cieplnych na podstawie równań Gelmana należy uwzględnić ciepło odprowadzane do otoczenia i do szczęk zgrzewarki.

LITERATURA

[1] MROWEC S., WEBER T.: Nowoczesne tworzywa żaroodporne, WNT, 1968 s. 302-325.

[2] COLOMBIER L., HOCHMANN J.: Stale odporne na korozję i stale żaroodporne. Wyd. "Śląsk", 1964 s. 61-77.

[3] SALBERT J.: Badanie zjawiska kruchości 475 w stopie oporowym H25J5 praca doktorska, maszynopis, Biblioteka Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1968.

[4] WELDING Handbook A.W.S. t. 4, 1960 s. 64,24.

[5] GELMAN A.S.: Tiechnołogija i oborudowanije kontaktnoj elektroswarki, Moskwa, 1968, s. 37.

[6] KREMER H.L.: J. Soud., 1962, t. 52, Nr 3.

[7] WĘGRZYN J.: Spawalność nierdzewnych stali o zawartości 17%Cr, praca habilitacyjna, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Mechanik, 1962.

[8] Welding Handbook A.W.S. t. 3, 1964, s. 61,27.

[9] GELMAN A.S.: Kontaktnaja elektroswarka, 1965, s. 49.

ТЕХНОЛОГИЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ОПРЕССОВКОЙ ПРУТКОВ ИЗ СТАЛИ Н25Т

С о д е р ж а н и е

В рамках работы были подобраны оптимальные режимы стыковой сварки опрессовкой прутков из стали Н25Т диаметром 4 до 8 мм, при обеспечении получения механический свойств при статической нагрузке не ниже свойств основного металла.

Исследовались тоже тепловые процессы при сварке и производились металлографические исследования сварных соединений.

THE TECHNOLOGY OF RESISTANCE BUTT UPSET WELDING FROM H25T STEEL RODS

S u m m a r y

The optimum resistance butt upset welding parametrs for 4 to 8 mm dia rods made from H25T were determined gave mechanical properties joints on fixed loading the same like native material. The heat processes running in welding time and the physical metallurgy of the resistance upset welded butt joints was inquired.