

wycaf. 15.12.95
N. 1/96

7428

ob PN-L-01425:1995

UKD 629 7 621 791 05

SPAWALNICTWO	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-85
	Spawanie konstrukcji lotniczych Wytyczne projektowania i wykonania złączy spawanych	4101-07
		Grupa katalogowa 0305

1. WSTĘP

cd tabl 1

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są wytyczne projektowania i wykonania złączy spawanych, stosowanych w konstrukcjach lotniczych

1.2. Zakres stosowania normy Normę należy stosować do złączy spawanych konstrukcji lotniczych wykonywanych ze stali konstrukcyjnych wysokowytrzymałych, stali nierdzewnych, stali i stopów żaroodpornych, stopów aluminium oraz tytanu i jego stopów

1.3. Nazwy i określenia - wg PN-77/M-69000

Tablica 2

Metoda kontroli	Oznaczenie
Penetracyjna	P
Ultradźwiękowa	U
Ewentualnie stosowane inne metody kontroli powinny być podane w uwagach dokumentacji konstrukcyjnej, wraz z wyszczególnieniem numeru warunków technicznych określających zasady ich wykonania i wymagania odbiorcze	

2. PODZIAŁ I OZNACZENIE ZŁĄCZY SPAWANYCH

2.1. Podział Ze względu na wpływ złączy spawanych na bezpieczeństwo i pracę konstrukcji lotniczych rozróżnia się trzy klasy złączy

I - złącza odpowiedzialne, które mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo i pracę konstrukcji, np złącza podwozia, zawieszenia silnika, okuć nośnych, dźwigni sterowania, komór spalania

II - złącza mało obciążone, które nie mają bezpośredniego wpływu na bezpieczeństwo i pracę konstrukcji, np połączenia usztywnień, owiewek, pokryw wzierników

III - złącza pomocnicze, które nie mają wpływu na bezpieczeństwo i pracę konstrukcji

2.2. Oznaczenie spoin i złączy spawanych w dokumentacji technicznej powinno być zgodne z PN-79/M-01134

Podając oznaczenie szczegółowe, należy zamieścić w nim klasę złącza, numer niniejszej normy, a w przypadku stosowania kontroli specjalnej jej oznaczenie wg tabl 1 wraz z procentowym określeniem ilości kontrolowanych złączy z wykonanej partii. Celowe jest podawanie dodatkowo oznaczenia metody spawania wg tabl 2 i gatunku spoiwa

Tablica 1

Metoda kontroli	Oznaczenie
Radiograficzna	R
Makroskopowa	Makro
Fluorescencyjna	F
Magnetyczna	M

Metoda spawania	Oznaczenie metody spawania	
	ręcznego	automatycznego
gazowego (acetylenowo-tlenowego)	G	-
łukowego elektrodami otulonymi	Ł	-
T I G	TIG	ATIG
T I G prądem pulsującym	JTIG	AJTIG
mikroplazmowego	MP	AMP
plazmowego	PL	-
M A G	MAG	AMAG
M I G	MIG	AMIG
wiązką elektronów	-	WE

2.3. Przykład oznaczenia na rysunku konstrukcyjnym złączy klasy I, wykonywanych 2-etapowo

1/ metodą TIG wykonywany ścieg graniowy spoiwem Sp20G1H1M,

2/ metodą spawania łukowego nakładana spoina elektrodami otulonymi EsCrMoB, podlegających w 20% kontroli radiograficznej i w 100% kontroli magnetycznej

a) w postaci oznaczenia szczegółowego, umieszczonego w rozwidleniu linii odniesienia, jeżeli oznaczenie dotyczy tylko konkretnego złącza

kl 1/BN-85/4101-07
TIG-Sp20G1H1M Ł-EsCrMoB R-20%, M-100%

Zgłoszona przez Instytut Lotnictwa (O)
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Lotnictwa dnia 13 grudnia 1985 r
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1986 r
(Dz Norm i Miar nr 3/1986 poz 7)

b) w postaci uwagi na rysunku, jeżeli oznaczenie dotyczy wszystkich przedstawionych na nim złączy

Spawanie
i odbiór  kl I/BN-85/4101-07
TIG-Sp20G1H1M Ł-EsCrMoB R-20%, M-100%

Jeżeli złącza są wykonywane tylko jedną metodą spawania i jednym gatunkiem spoiwa, pod kreską poziomą należy podawać tylko jeden symbol metody spawania i gatunku spoiwa

W przypadku niestosowania spoiwa, pod kreską poziomą należy podawać tylko symbol metody spawania

3. WYTYCZNE PROJEKTOWANIA I WYKONANIA ZŁĄCZY SPAWANYCH

3.1. Zastosowanie złączy

3.1.1. Złącza doczołowe ze spoiną czołową (lp 8 oraz 21, 22¹⁾) zaleca się stosować szczególnie we wszystkich rodzajach połączeń, w których spoiny przenoszą naprężenia ścinające, a ponadto rozciągające lub ściskające

Stosowanie złączy z podkładkami (lp 2, 3, 5, 6, 8, 23¹⁾ z wyjątkiem lp 5 i 8 dla stali wysokowytrzymałych) należy ograniczać wyłącznie do przypadków pozycjonowania lub centrowania spawanych elementów, oraz do przypadków eliminowania dodatkowej ochrony przed utlenianiem granic spoiny lub wycieków stopiwa

Ponadto złącze lp 23 zaleca się stosować w celu eliminowania wklęsłości lica spoiny i wad przetopu w przypadku spawania wiązką elektronów

W obliczeniach konstrukcji o złączach z podkładkami należy uwzględnić wpływ dodatkowego karbu postaciowego, wynikającego z obecności podkładki

3.1.2. Złącza doczołowe ze spoiną brzeżną (lp 9¹⁾) zaleca się stosować w takich samych przypadkach jak złącza doczołowe ze spoiną czołową, lecz tylko wtedy, jeżeli ze względu na cienkościenność elementów nie ma możliwości poprawnego wykonania spoiny czołowej

3.1.3. Złącze przylgowe ze spoiną grzbietową (lp 10¹⁾) zaleca się stosować w połączeniach cienkościennych o wymaganej szczelności, w analogicznych przypadkach jak złącza narożne wg 3.1.4

3.1.4. Złącza teowe trójsienne (lp 11 + 13¹⁾), złącze narożne ze spoiną pachwinową (lp 14¹⁾), złącze teowe ze spoiną pachwinową (lp 17¹⁾) i złącze zakładkowe ze spoiną pachwinową (lp 20¹⁾) zaleca się stosować w połączeniach, w których spoiny przenoszą naprężenia ścinające

3.1.5. Złącza narożne ze spoiną czołową (lp 15, 16, 24¹⁾) i złącza ze spoiną czołową (lp 18, 19¹⁾) zaleca się stosować w analogicznych przypadkach jak w 3.1.4, jednakże przy obciążeniach wymagających całkowitego prze-

topienia brzegów rowka, co uzależnione jest od grubości łączonych elementów

3.2. Metoda spawania przyjęta do wykonania połączenia elementów o określonej grubości i wykonanych z określonych gatunków materiałów, powinna umożliwić optymalne pod względem jakości i ekonomiki wykonanie złącza

Należy uwzględnić zależność metod spawania od rodzaju złączy, ustaloną w załączniku 1 tabl. Z1-1, oraz stosować zmechanizowane metody spawania, jeżeli jest to technicznie możliwe – zwłaszcza dla złączy klasy I – i ekonomicznie uzasadnione

3.3. Przygotowanie brzegów przed spawaniem, wymiary złączy, dopuszczalne przesunięcie brzegów powinny być zgodne z załącznikiem 1 W technicznie uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosowanie innego przygotowania brzegów oraz innych spoin

W przypadku spawania gazowego lub łukowego materiał rodzimy powinien być w strefie złącza oczyszczony z zanieczyszczeń powierzchniowych w postaci tłuszczów, lakierów, warstwy tlenków itp. Szerokość oczyszczonej dwustronnie strefy materiału rodzimego mierzona od brzegu rowka powinna wynosić nie mniej niż 20 mm

Wartość parametru chropowatości powierzchni po obróbce mechanicznej powinna wynosić nie więcej niż

a) dla brzegów elementów i strefy przyległej w odległości do $5 + s^{+1}$ mm (s – grubość materiału w mm) ze stali konstrukcyjnych, wysokowytrzymałych, nierdzewnych oraz stali i stopów żaroodpornych

- o wytrzymałości $R_m < 1200 \text{ MPa}$ - $R_a = 10,0 \text{ } \mu\text{m}$,
- o wytrzymałości $R_m \geq 1200 \text{ MPa}$ - $R_a = 2,5 \text{ } \mu\text{m}$,

b) dla brzegów elementów ze stopów aluminium - $R_a = 10,0 \text{ } \mu\text{m}$,

c) dla brzegów elementów i całkowitej strefy przyległej z tytanu i jego stopów - $R_a = 6,3 \text{ } \mu\text{m}$

W przypadku spawania wiązką elektronów wymagana jest obróbka mechaniczna i oczyszczenie wszystkich powierzchni elementów, a parametr chropowatości powierzchni łączonych brzegów powinien się zawierać w granicach $0,6 \leq R_a \leq 1,25 \text{ } \mu\text{m}$

Sposób oczyszczania i warunki przechowywania części do momentu spawania powinny być określone w instrukcjach technologicznych

3.4. Spoiwo dobierać stosownie do gatunku materiału rodzimego, przyjętej metody spawania oraz stanu obróbki cieplnej przed i po spawaniu

Przykłady zastosowania spoiw krajowych i zagranicznych oraz własności mechaniczne uzyskanych złączy podano w Informacjach dodatkowych p. 5

W przypadkach wykonywania spoin grzbietowych i brzeżnych, spawania plazmowego i mikropłazmowego oraz spawania automatycznego metodą TIG dopuszcza się niestoso-

¹⁾Numeracja złączy wg załącznika 1, tabl. Z1-1

wanie spoiwa, jeżeli pozwala na to uformowanie spoiny o wymaganych wymiarach

Spoiwo powinno być atestowane. Do każdej partii spoiwa powinno być dołączone zaświadczenie wytwórcy zawierające wyniki z odpowiednich badań spoiwa

Spoiwo, przed użyciem do spawania, powinno być oczyszczone z tłuszczów, tlenków i innych zanieczyszczeń

Sposób oczyszczania i warunki przechowywania spoiwa do momentu użycia do spawania powinny być określone w instrukcjach technologicznych

3.5. Technologiczność projektowanych złączy spawanych Przy projektowaniu złączy należy uwzględniać

a) Gabaryty stosowanych palników lub uchwytów elektrod, ich kąt nachylenia i kąt nachylenia stosowanego spoiwa

b) Konieczność stosowania ochrony przed utlenianiem i nasycaniem szkodliwymi gazami zarówno strony lica, jak i grani spoiny w przypadku spawania stali i stopów żaroodpornych utwardzalnych wydzieleniowo, stali nierdzewnych odpornych na działanie ciepła oraz tytanu i jego stopów

Spawanie, z wyjątkiem spawania wiązką elektronów, powinno odbywać się z dodatkowym zabezpieczeniem grani spoiny topnikiem lub na podkładce z rowkiem od strony grani, umożliwiającym przepływ gazu ochronnego

Spawanie tytanu i jego stopów powinno być wykonywane w komorach z ochronną atmosferą gazową. Dopuszcza się spawanie ze wzmocnioną ochroną gazową samego lica i grani spoiny, bez użycia komory

c) Ograniczanie koncentracji spoin w celu uniknięcia wzrostu naprężeń spawalniczych, deformacji elementów spawanych i ewentualnych pęknięć

d) Możliwości osiągania wtopienia w grubszy element złącza z jednoczesnym nieprzepalaniem cieńszego elementu, w przypadku stosowania złączy złożonych z elementów o zróżnicowanej grubości

e) Kształt i gabaryty konstrukcji spawanej umożliwiające przeprowadzenie obrobki cieplnej w przypadku materiałów, dla których jest ona pożądana

Jeżeli warunek ten nie może być spełniony, należy brać pod uwagę konsekwencje wynikające z niezlikwidowania stanu naprężeń oraz różnic strukturalnych w materiale spoiny, strefie wpływu ciepła i materiale rodzimym poza jej obszarem, powodujące zróżnicowanie własności mechanicznych i antykorozyjnych

f) Ubytki grubości materiału związane z oczyszczaniem strumieniowosciernym

3.6. Spawanie powinno być wykonywane przez wykwalifikowanych spawaczy posiadających Książkę Spawacza

Kolejność i kierunki układania spoin powinny odpowiadać zasadzie pozostawiania jak nadłужej łączonym elementom możliwości swobodnego przemieszczania się pod wpływem ciepła spawania i skurczu spoiny

3.7. Obrobka mechaniczna złączy spawanych dopuszczalna jest w przypadku połączeń ze stali wysokowytrzymałych i pracujących w szczególnie trudnych warunkach obciążeń dynamicznych, według następujących wytycznych

a) Dla złączy doczołowych ze spoiną czołową zalecane jest usuwanie obrobką mechaniczną nadlewów lica spoiny oraz wycieków od strony grani i podkładek złączy – do poziomu powierzchni materiału rodzimego

W związku z mogącym nastąpić, na skutek wad spawania, pocienieniem ścianek złącza zaleca się uwzględnienie obustronnych naddatków technologicznych grubości materiału rodzimego w strefie złącza

Parametr chropowatości powierzchni po obrobce mechanicznej nie powinien wynosić więcej niż

– dla powierzchni zewnętrznej – $R_a = 2,5 \mu\text{m}$,

– dla powierzchni wewnętrznej – $R_a = 5 \mu\text{m}$

W przypadku gdy obrobka mechaniczna wewnętrznych powierzchni nie jest możliwa, zaleca się wykonywanie ścięgu graniowego automatycznie metodą TIG lub spawaniem plazmowym bez dodatku spoiwa

b) W złączach teowych i zakładkowych, w strefie maksymalnych naprężeń zaleca się stosowanie zacyszczenia powierzchni spoin, zapewniającego płynne przejście lica spoiny w materiał rodzimy

Miejsca te i dopuszczalne wartości parametru chropowatości powierzchni powinny być ustalone w dokumentacji technicznej

3.8. Wytyczne i warunki kontroli złączy spawanych – wg załącznika 2, konieczność stosowania kontroli należy jednak uzależnić od tendencji do występowania wad spawalniczych, częstotliwości występowania wad złączy oraz od względów ekonomicznych

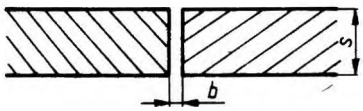
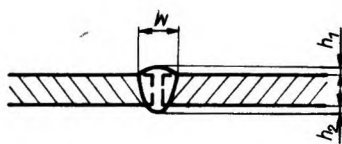
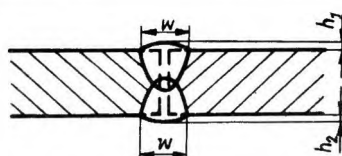
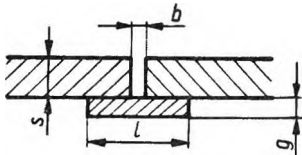
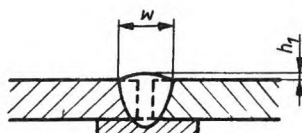
Dopuszcza się stosowanie innych metod kontroli złączy spawanych, nie podanych w załączniku 2

3.9. Znakowanie złączy spawanych klasy I lub wykonanych ze stali wysokowytrzymałych należy nanosić stemplem spawacza i kontroli jakości oraz odpowiednim znacznikiem numer fabryczny

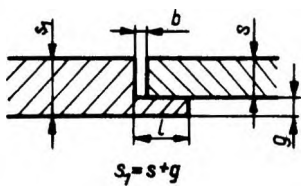
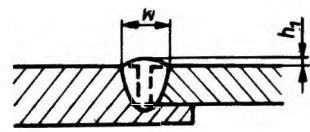
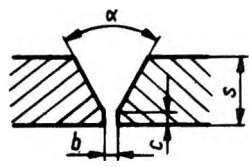
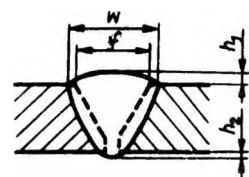
Miejsce i sposób znakowania powinien określać rysunek wykonawczy złącza

KONIEC

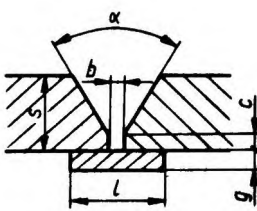
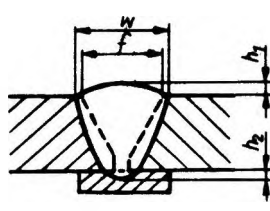
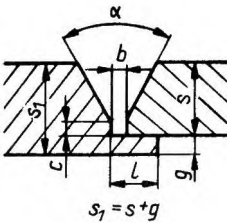
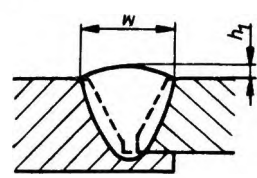
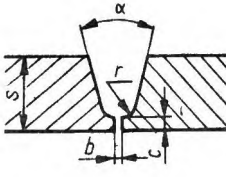
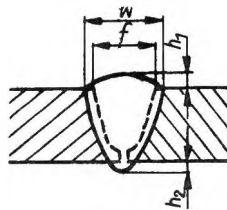
Tablica Z1-1. Przygotowanie brzegów elementów

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
					s
	brzegów i rowków	złączy			mm
1	2	3	4	5	6
1			K	G, ŁW	0,8 ± 1,5
			K, N, Ż	MP	0,3 ± 0,8
				Ł	2 - 3
				ATIG, AITIG	0,5 ± 0,8
				ATIG, AITIG TIG, ITIG	1 ± 2
				AMAG, MAG, PL	1 ± 3
				Al	ATIG TIG MIG
			powyżej 1 do 3		
			powyżej 3 do 5		
			powyżej 5 do 8		
			Ti	TIG	0,8 - 2
					powyżej 2 do 3
				ATIG	0,3 ± 0,8
					powyżej 0,8 do 1
					powyżej 1 do 1,5
					powyżej 1,5 do 2
					powyżej 2 do 2,5
					powyżej 2,5 do 3
			K, N	Ł	3 ± 5
			K, N, Ż	TIG	3 ± 4
					powyżej 4 do 6
2			K, N	Ł	1 - 1,5
					powyżej 1,5 do 3
					powyżej 3 do 6
			K, N, Ż	AMAG, ATIG, MAG, TIG, PL	1 - 2
					powyżej 2 do 3
			Ti	ATIG	1 ± 1,5
					powyżej 1,5 do 2
					powyżej 2 do 2,5
					powyżej 2,5 do 3

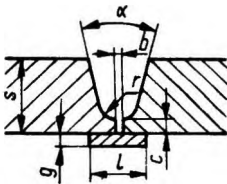
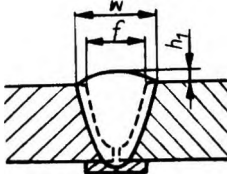
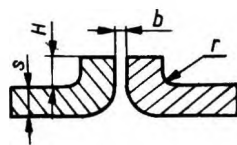
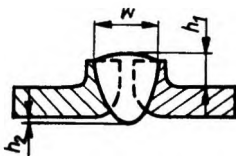
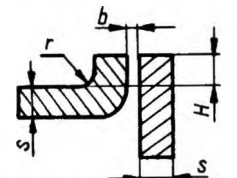
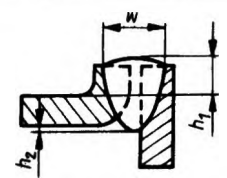
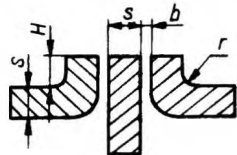
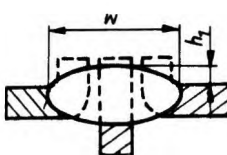
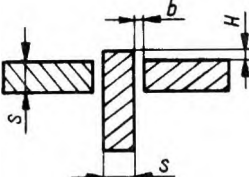
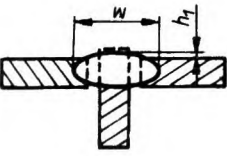
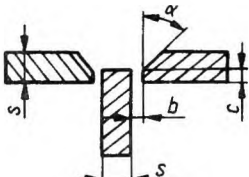
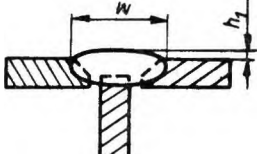
cd tabl Z1-1

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
	brzegów i rowków	złączy			s
					mm
1	2	3	4	5	6
3			K, N, Ż	AMAG, ATIG, MAG, PL	1 + 2
					powyżej 2 do 3
4			K, N	Ł	3 + 4
					powyżej 4 do 8
					powyżej 8 do 12
					powyżej 12 do 16
					powyżej 16 do 20
			Ż	Ł	3 + 8
			K, N, Ż	AMAG, ATIG, MAG, TIG, PL	powyżej 8 do 20
					2, 5 + 3, 5
					powyżej 3, 5 do 4, 5
					powyżej 4, 5 do 6
					powyżej 6 do 8
			Al	ATIG, TIG, MIG	powyżej 8 do 12
3 + 4					
powyżej 4 do 5					
Ti	ATIG, TIG	powyżej 5 do 8			
		3 + 4, 5			
		powyżej 4, 5 do 6			
					powyżej 6 do 8

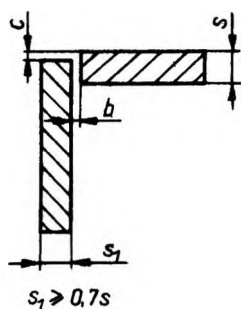
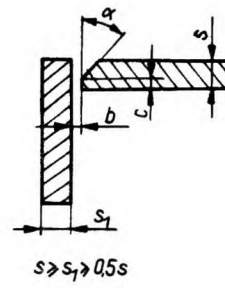
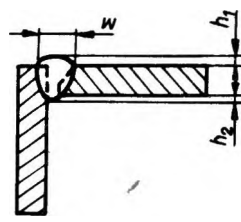
cd tabl Z1-1

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
	brzegów i rowków	złączy			s
					mm
1	2	3	4	5	6
5			K, N	Ł	3 ÷ 4
					powyżej 4 do 8
					powyżej 8 do 12
					powyżej 12 do 16
					powyżej 16 do 20
			Ż	Ł	3 ÷ 8
					powyżej 8 do 20
			W	Ł	4 - 8
					powyżej 8 do 20
			K, N, Ż	AMAG, ATIG, MAG, TIG, PL	2,5 ÷ 3,5
					powyżej 3,5 do 4,5
					powyżej 4,5 do 6
					powyżej 6 do 8
					powyżej 8 do 12
6	 $s_1 = s + g$		K, N	Ł	6
					powyżej 6 do 8
					powyżej 8 do 10
					powyżej 10 do 12
					powyżej 12 do 14
					powyżej 14 do 18
					powyżej 18 do 20
			K, N, Ż	TIG, ATIG, PL, MAG, AMAG	2,5 ÷ 3,5
					powyżej 3,5 do 4,5
					powyżej 4,5 do 6
					powyżej 6 do 8
					powyżej 8 do 12
7			K, N	Ł	15 - 16
					powyżej 16 do 20
			Z	Ł	10 ÷ 17
					powyżej 17 do 20
			K, N, Z	TIG, ATIG, PL, MAG, AMAG	8 ÷ 10
					powyżej 10 do 12
					powyżej 12 do 14

cd tabl Z1-1

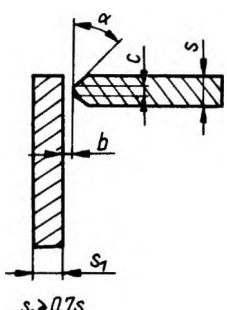
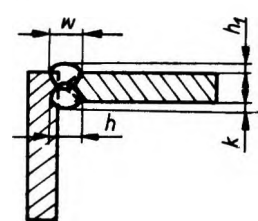
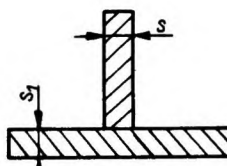
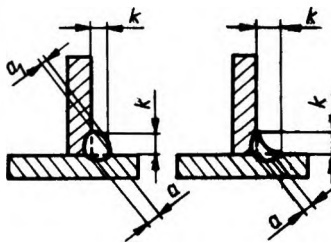
Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
	brzegów i rowków	złączy			s
					mm
1	2	3	4	5	6
8			W	Ł	10 + 20
			K, N, Ż	TIG, ATIG, PL, MAG, AMAG	8 ± 10
					powyżej 10 do 12
9			K	G	0,5 - 1
			K, N, Ż	TIG	0,8 - 2
				ATIG	0,5 ± 2
				AMP, MP	0,3 + 0,8
			Al	ATIG, TIG	0,8
					powyżej 0,8 do 1
					powyżej 1 do 1,2
					powyżej 1,2 do 1,5
10			Jak w lp 9		
11			Al, Ti	TIG	0,5 + 1,2
12			Al, Ti	TIG	0,8 ± 1,5
			Ti	ATIG	
13			Al, Ti	TIG	2 ± 2,5
					powyżej 2,5 do 3

cd tabl Z1-1

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
	brzegów i rowków	złączy			s
					mm
1	2	3	4	5	6
14			K, N	Ł	1 ± 1,5
					powyżej 1,5 do 5
					powyżej 5 do 6
					powyżej 6 do 8
			K, N, Ż	TIG	0,8 ± 2
				TIG, ATIG, PL MAG, AMAG	powyżej 2 do 3
				TIG	powyżej 3 do 4
				ATIG, PL MAG, AMAG	powyżej 3 do 4
			Al	TIG, ATIG MIG	0,8
					powyżej 0,8 do 1
					powyżej 1 do 3
					powyżej 3 do 5
					powyżej 5 do 8
			Ti	TIG, ATIG	0,8 ± 1
powyżej 1 do 1,5					
powyżej 1,5 do 2					
powyżej 2 do 3					
powyżej 3 do 4					
powyżej 4 do 5					
15			K, N	Ł	4
					powyżej 4 do 6
					powyżej 6 do 8
					powyżej 8 do 10
					powyżej 10 do 12
			K, N, Ż	TIG, ATIG, PL MAG, AMAG	3 ± 5
					powyżej 5 do 7
					powyżej 7 do 10
			Ti	TIG, ATIG	3 ± 4
					powyżej 4 do 5
					powyżej 5 do 6

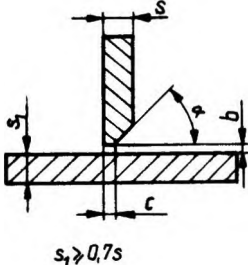
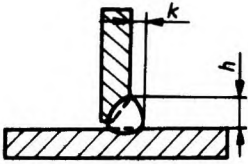
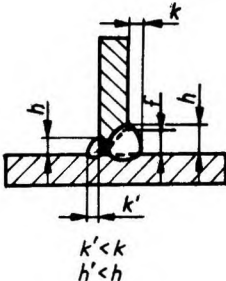
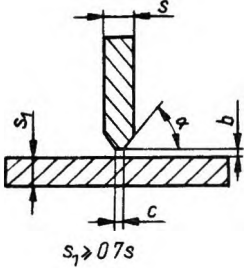
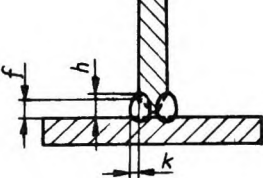
Wymiary											Wy- tycz- ne uzu- peł- niają- ce
brzegów i rowków				złączy							
α	b	c	inne	h_1	w	h_2	h	k	a	$a_1 \max$	
o	mm										
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
-	$0^{+0,5}$	$0,58-8$	-	$0,5^{+1}_{-0,5}$	6 ± 3	0^{+8}	-	e	-	-	
	0^{+2}				8 ± 4	0^{+2}					
				$0,5^{+1,5}_{-0,5}$	10 ± 4	$0^{+2,5}$					
				$0,5^{+2,5}_{-0,5}$	12 ± 4	-					
-	$0^{+0,5}$	$0,58-8$	-	0^{+1}	≤ 5	≥ 0	-	-	-	-	5)
	$0^{+0,3}$				≤ 8			≤ 3			
	(0^{+1})										
	0^{+1}				≤ 10						
-	≤ 1	$0,58-8$	-	$0,5^{+0,2}$	$2,5 + 3,5$	$0,3^{+0,1}$	-	-	-	-	4)
				$0,6^{+0,2}$	$3 + 4$	$0,4^{+0,2}$					
				$1^{+0,4}$	$6 + 8,5$	$0,8^{+0,3}$					
					$10 + 14$						
-	$0^{+0,5}$	$0,58-8$	-	$1,2^{+0,5}$	$12 - 17$	$1^{+0,4}$	-	$\leq e$	-	-	
	0^{+1}			$0^{+0,5}$	≤ 2	$\leq 1,5$					
				$0^{+0,8}$	≤ 3	≤ 2					
				0^{+1}	≤ 4						
-	0^{+1}	$0,58-8$	-	$0^{+1,2}$	≤ 5	$\leq 2,5$	-	$\leq e$	-	-	
	0^{+1}			$0^{+1,2}$	≤ 6						
				$0^{+1,5}$	≤ 8	≤ 3					
					≤ 10						
50^{+5}	1^{+1}	b	-	$0,5^{+1}_{-0,5}$	≤ 12	≤ 2	-	-	-	-	
	2^{+1}_{-2}				≤ 16						
				$0,5^{+2}_{-0,5}$	≤ 18	$\leq 2,5$					
					≤ 22						
40^{+50} (50^{+5})	$0 - 0,18$ ($1^{+0,5}$)	$1 + 2$ (1)	-	1^{+1}	≤ 24	≤ 3	-	-	-	-	3) 5)
	$0 + 0,18$ ($1,5^{+0,5}$)	$2 + 3$ (1)									
					≤ 10	> 0					
					≤ 16						
40^{+50}	$1^{+0,5}$	$1 + 1,5$	-	$1^{+0,5}_{-1}$	≤ 20		-	-	-	-	
	$1^{+0,5}$										
		≤ 9			≤ 1						
					≤ 10	≤ 2					
40^{+50}		$1 + 1,5$	-	$1^{+0,5}_{-1}$	≤ 12	≤ 3	-	-	-	-	

cd tabl Z1-1

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
	brzegów i rowków	złączy			s
					mm
1	2	3	4	5	6
16			K, N	Ł	12 - 14
					powyżej 14 do 18
					powyżej 18 do 22
			K, N, Ż	TIG, ATIG, PL MAG, AMAG	3 ± 5
					powyżej 5 do 7
					powyżej 7 do 10
			Ti	TIG, ATIG	6 + 7
					powyżej 7 do 8
					powyżej 8 do 9
					powyżej 9 do 10
17			K	G	0,5
					powyżej 0,5 do 1
					powyżej 1 do 1,5
					powyżej 1,5 do 2
			K, N, Ż	Ł, ŁW	1
					powyżej 1 do 1,5
					powyżej 1,5 do 2
					powyżej 2 do 2,5
					powyżej 2,5 do 3
			Ti	TIG, ATIG, PL MAG, AMAG	0,8 ± 2
					powyżej 2 do 3
			Al	TIG, ATIG MIG	0,8
					powyżej 0,8 do 1
					powyżej 1 do 3
					powyżej 3 do 5
					powyżej 5 do 8
			K, W	Ł	4
					powyżej 4 do 5
					powyżej 5 do 10
			K, N, Ż	TIG, ATIG, PL MAG, AMAG	powyżej 3 do 10
Ti	TIG, ATIG	0,8 + 1			

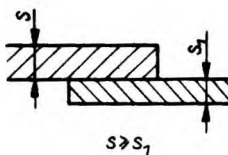
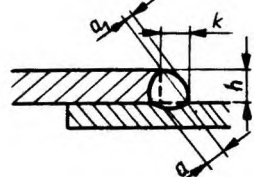
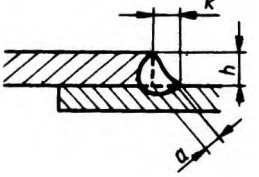
Wymiary											Wy- tycz- ne uzu- peł- niają- ce	
brzegów i rowków				złączy								
α	b	c	inne	h_1	w	h_2	h	k	a	$a_1 \max$		
o	mm											
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
50^{+5}	2^{+1}_{-2}	1^{+1}	-	-	≤ 18	$0,5^{+2}_{-0,5}$	-	$0,5^{+2}_{-0,5}$	-	-		
					≤ 20							
					≤ 22							
40 ± 50 (50^{+5})	$0 \pm 0,1s$ ($1^{+0,5}$)	1 ± 2 (1)	-	-	≤ 8	1^{+1}	≤ 6	1^{+1}	-	-	5)	
	$0 - 0,1s$ ($1,5^{+0,5}$)	2 ± 3 (1)			≤ 9		≤ 7					
					≤ 10		≤ 8					
50^{+5}	$1,5^{+0,5}$	$1 \pm 1,5$	-	-	≤ 9	1^{+1}	≤ 7	1^{+1}	-	-		
					$\leq 9,5$		$\leq 7,5$					
					≤ 10		≤ 8					
					≤ 11							
-	-	-	-	-	-	-	-	$3,5 \pm 4,5$	$\geq 2,5$	-		
								$4,5 \pm 5,5$	$\geq 3,2$			
								$5 \pm 6,5$	$\geq 3,5$			
								$6 \pm 8,5$	$\geq 4,2$			
-	-	-	-	-	-	-	-	$2,5 \pm 4,5$	$\geq 1,8$	-	2)	
								$3,5 \pm 6$	$\geq 2,5$			
								5 ± 7	$\geq 3,5$			
								$5 \pm 7,5$				
								6 ± 8	$\geq 4,2$			
								2 ± 4	$\geq 1,4$	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	$2,5 \pm 3,5$	$\geq 1,8$	0,1	4)	
								$3 \pm 4,2$	$\geq 2,1$			
								$4 \pm 5,6$	$\geq 2,8$			0,4
								$6 \pm 8,4$	$\geq 4,2$			0,6
								$8 \pm 11,2$	$\geq 5,6$			0,7
-	-	-	-	-	-	-	-	$7 \pm 8,3$	$\geq 4,9$	-		
								7 ± 10				
								10 ± 17	$\geq 7,0$			
-	-	-	-	-	-	-	-	$1,2s^{+1,5}_{-0,5}$	$\geq 0,8s$	-	4)	
-	-	-	-	-	-	-	-	$2 \pm 3,5$	$\geq 1,0$	-		

cd tabl Z1-1

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ^{f)}	Metoda spawania	Grubość
	brzegów i rowków	złączy			s
					mm
1	2	3	4	5	6
18			K, N	Ł	4
					powyżej 4 do 6
					powyżej 6 do 8
					powyżej 8 do 10
					powyżej 10 do 12
					powyżej 12 do 14
					powyżej 14 do 16
					powyżej 16 do 18
					powyżej 18 do 20
		W, Ż	Ł	4 + 6	
				powyżej 6 do 11	
				powyżej 11 do 17	
				powyżej 17 do 20	
		K, N, Ż	TIG, ATIG, PL MAG, AMAG	3 + 5	
				powyżej 5 do 7	
				powyżej 7 do 10	
			Ti	TIG, ATIG PL	do 3
					powyżej 3 do 4
powyżej 4 do 5					
powyżej 5 do 6					
19			K, N	Ł	12 ± 14
					powyżej 14 do 18
					powyżej 18 do 20
			W, Ż	Ł	4 + 6
					powyżej 6 do 10
					powyżej 10 do 16
					powyżej 16 do 20
			K, N, Ż	TIG, ATIG, PL MAG, AMAG	3 - 5
					powyżej 5 do 7
					powyżej 7 do 10
			Ti	TIG, ATIG MIG, AMIG	3 - 5
					powyżej 5 do 7
					powyżej 7 do 10

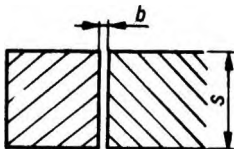
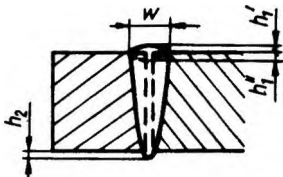
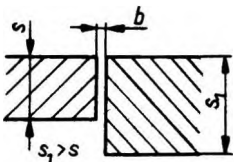
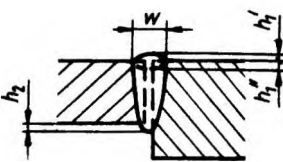
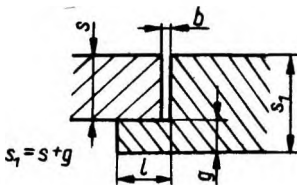
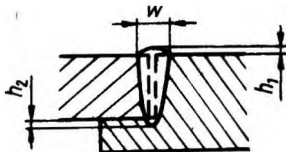
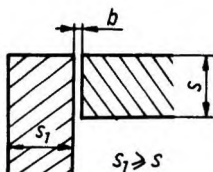
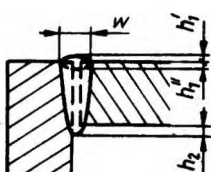
Wymiary											Wy- tycz- ne uzu- peł- niają- ce			
brzegów i rowków				złączy										
α	b	c	inne	h_1	w	h_2	h	k	a	$a_1 \max$				
o	mm													
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
50 ± 5	1^{+1}	1^{+1}	-	-	-	-	≤ 10	3^{+1}_{-3}	-	-				
							≤ 14							
							≤ 16							
	≤ 20													
	2^{+1}_{-2}	2^{+1}_{-2}					≤ 22	4 ± 3						
							≤ 26							
							≤ 28							
							≤ 32	5 ± 1						
							≤ 34							
50 ± 5	1 ± 1	1 ± 1	-	-	-	-	$(f+4)^{+1}_{-2}$	3^{+1}_{-3}	-	-				
								4 ± 3						
	2^{+1}_{-2}	2^{+1}_{-2}						5 ± 3						
45 ± 55 (55)	$0 \div 0,1s$ ($1 \pm 0,5$)	$1 \div 2$ (1)	-	-	-	-	7 ± 2	$(0,15 \div 0,5)s$	-	-	5)			
	$0 - 0,1s$ ($1,5 \pm 0,5$)	$2 \div 3$ (1)					10 ± 2							
							16 ± 2							
55	$1,5 \pm 0,5$	1	-	-	-	-	4 ± 1	h	-	-				
	$1,5 \pm 0,5$						$7 \pm 0,5$							
							8 ± 1							
							10 ± 1							
50 ± 5	2^{+1}_{-2}	1^{+1}	-	-	-	-	≤ 16	3 ± 3	-	-				
							≤ 18							
							≤ 20	5 ± 3						
	1 ± 1	1 ± 1	-	-	-	-	$(f+4)^{+1}_{-2}$	3^{+1}_{-3}				-	-	
								4 ± 3						
								5 ± 3						
45 ± 55 (55)	$0 \div 0,1s$ ($1 \pm 0,5$)	$1 \div 2$ (1)	-	-	-	-	5 ± 2	$(0,08 \div 0,25)s$	-	-	5)			
	$0 \div 0,1s$ ($1 \pm 0,5$)	$2 \div 3$ (1)					7 ± 2							
							9 ± 2							
45-55	$0 - 0,1s$	$1 - 2$	-	-	-	-	5 ± 2		-	-				
		$2 - 3$					7 ± 2							
							9							

cd tabl Z1-1

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
					s
	brzegów i rowków	złączy			mm
1	2	3	4	5	6
20		 	K	G, ŁW	0,5
					powyżej 0,5 do 1
					powyżej 1 do 1,5
					powyżej 1,5 do 2
					powyżej 2 do 2,5
					powyżej 2,5 do 3
			K, N	Ł	1
			K, N, Ż	Ł	powyżej 1 do 1,5
					powyżej 1,5 do 2
					powyżej 2 do 2,5
					powyżej 2,5 do 3
			K, N, W, Ż	Ł	powyżej 3 do 4
					powyżej 4 do 5
					10
					15
					20
			K, N	TIG, ATIG PL	0,8 + 1,5
					powyżej 1,5 do 3
					powyżej 3 do 5
				MAG, AMAG	2 + 3
				powyżej 3 do 5	
			Al	TIG, ATIG MIG	0,8
					powyżej 0,8 do 1
					powyżej 1 do 3
					powyżej 3 do 5
			Ti	TIG, ATIG	powyżej 5 do 8
0,8 - 2					
powyżej 2 do 2,5					
powyżej 2,5 do 3					
powyżej 3 do 3,5					
powyżej 3,5 do 4					
		powyżej 4 do 5			

Wymiary											Wy- tycz- ne uzu- peł- niają- ce
brzegów i rowków				złączy							
a	b	c	inne	h ₁	w	h ₂	h	k	a	a ₁ max	
o	mm										
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
-	-	-	-	-	-	-	s ^{+0,5}	3 - 4	≥0,7s	-	2)
								4,5 + 5			
								5 - 7			
								5,5 - 8			
							s ⁺¹	6,5 - 9			
								7 + 10,5			
-	-	-	-	-	-	-	s ^{+0,5}	2,5 + 4,5	≥0,7s	-	
-	-	-	-	-	-	-	s ^{+0,5}	4 + 6	≥0,7s	-	
								4 + 7			
							s ⁺¹	5 + 7,5			
								6 + 8			
-	-	-	-	-	-	-	s ⁺¹	7 + 9	≥0,7s	-	
								10 - 12			
								18 + 22			
								28 + 32			
								32 + 36			
-	-	-	-	-	-	-	s ^{+0,4s}	3 ⁺¹ -0,5	≥0,7s	-	
								s ^{+0,25s}			
							3 ⁺¹ -0,5				
							1,2s ^{+1,5} -0,5				
							-	-			
1 + 1,5	3 - 4										
3 + 4	6 - 8,5										
5 + 7	8 + 11										
8 + 12	10 + 14										
-	-	-	12 + 15	-	-	-	s ^{+0,4s}	4 ⁺¹ -0,5	≥0,5s	-	
			8 + 10					s ^{+0,25s}			
							7 ⁺¹ -0,5				
							8 ⁺¹ -0,5				
							9 ⁺¹ -0,5				
								10 ⁺¹ -0,5			

cd. tabl. Z1-1

Lp	Przekroje		Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość
	brzegów i rowków	złączy			s
					mm
1	2	3	4	5	6
21			K, N, Ż	WE	do 2
					powyżej 2 do 3
					powyżej 3 do 4
					powyżej 4 do 20
22			Jak w lp 21		
23			Jak w lp 21		
24			Jak w lp 21		

¹⁾ K – stale konstrukcyjne, N – stale nierdzewne, W – stale wysokowytrzymałe, Ż – stale żaroodporne i żarowytrzymałe

²⁾ Stosowanie podanej metody zaleca się ograniczać do spawania stali konstrukcyjnych węglowych

³⁾ W przypadku spawania metodą MAG lub MIG, rowki zaleca się wypełniać na zdejmowalnej podkładce formującej

⁴⁾ Metodą MIG można spawać tylko elementy o grubości nie mniejszej niż 4 mm

⁵⁾ W przypadku spawania ręcznego metodą TIG, należy stosować wymiary podane w nawiasach

⁶⁾ W przypadku wielościowego spawania łukowego elektrodami otulonymi lub metodą MAG, ściąg graniowy należy wykonać metodą TIG lub spawaniem plazmowym

W przypadku spawania jednościowego metodą MAG, rowki zaleca się wypełniać na zdejmowalnej podkładce formującej

⁷⁾ W połączeniach typu "łotwór-wątek", zaleca się stosować pasowanie H7/p6

Tablica Z1-2. Przygotowanie do spawania elementów o nierównej grubości

Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Różnica grubości łączonych elementów $s_1 - s$ powodująca konieczność ścięcia brzegu grubszego elementu o grubości s_1 w zależności od grubości cieńszego elementu s					Długość ścięcia grubszego elementu	
							l_1	l_2
mm								
K	G	Oznaczenia na rys. 1 i wymiary wg PN-65/M-69013						
K, N	Ł	s	do 3	powyżej 3 do 8	powyżej 8 do 11	powyżej 11 do 25	$5(s_1 - s)$	$2,5(s_1 - s)$
		$s_1 - s$	0,7s	0,6s	0,4s	5		
K, N, Ż	TIG, PL	s	do 1,5	powyżej 1,5	-	-	$5(s_1 - s)$	-
		$s_1 - s$	0,4	0,2				
	AMAG, ATIG, MAG	s	do 1,5	powyżej 1,5				
		$s_1 - s$	0,4	0,1s				
Al	ATIG, TIG, MIG	s	powyżej 0,8 do 4	powyżej 4 do 11	powyżej 11 do 15	-	$8(s_1 - s)$	$4(s_1 - s)$
		$s_1 - s$	0,3	0,8	1			
TI	ATIG, TIG	$s_1 - s > 0$					$5(s_1 - s)$	-

¹⁾Oznaczenia: K, N, Ż wg tabl. Z1-1

Tablica Z1-3. Dopuszczalne przesunięcia brzegów przed spawaniem

Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość s elementów złącza ²⁾	Dopuszczalne przesunięcia brzegów elementów					
			- na całkowitej długości złącza (L), - na sumarycznej długości lokalnej złącza ($L \leq 20\%$ długości złącza L)					
			w klasie złącza					
			I		II		III	
			na długości L	na długości $\leq 20\% L$	na długości L	na długości $\leq 20\% L$	na długości L	na długości $\leq 20\% L$
mm								
K	G	wg tabl. Z1-1	wg PN-65/M-69013					
K	Ł	wg tabl. Z1-1	$\leq 0,1s$	$\leq 0,15s \leq 0,8$	$\leq 0,1s$	$\leq 0,2s \leq 1,2$	$\leq 0,1s$	$\leq 0,3s \leq 2$
K, N, Ż	AMAG, ATIG, MAG, TIG, PL	wg tabl. Z1-1	-	$\leq 0,15s \leq 1,5$	-	$\leq 0,2s \leq 2$	-	$\leq 0,3s \leq 2$
Al	ATIG, TIG, MIG	wg tabl. Z1-1	$\leq 0,05s \leq 0,6$ ($\leq 0,08s \leq 1$) ³⁾	$\leq 0,1s \leq 1,2$ ($\leq 0,15s \leq 1,5$) ³⁾	$\leq 0,05s \leq 0,6$ ($\leq 0,08s \leq 1$) ³⁾	$\leq 0,1s \leq 1,2$ ($\leq 0,15s \leq 1,5$) ³⁾	$\leq 0,25s$	

cd tabl Z1-3

Materiał rodzimy ¹⁾	Metoda spawania	Grubość s elementów złącza ²⁾	Dopuszczalne przesunięcia brzegów elementów - na całkowitej długości złącza (L), - na sumarycznej długości lokalnej złącza (≤ 20% długości złącza L)					
			w klasie złącza					
			I		II		III	
			na długości L	na długości ≤ 20% L	na długości L	na długości ≤ 20% L	na długości L	na długości ≤ 20% L
			mm					
Ti	ATIG, TIG	do 1,2	≤ 0,1		≤ 0,1		≤ 0,1	
		powyżej 1,2 do 3	≤ 0,2		≤ 0,2		≤ 0,2	
		powyżej 3 do 5	≤ 0,2		≤ 0,5		≤ 0,5	
		powyżej 5	≤ 0,8		≤ 0,8		≤ 0,8	
K, N, Ż	WE	wg tabl Z1-1	≤ 0,1		≤ 0,1		≤ 0,1	

¹⁾ Oznaczenia K, N, Ż - wg tabl Z1-1

²⁾ W przypadku złączy z progiem, jako grubość należy przyjmować wysokość progu c wg tabl Z1-1

³⁾ Dane w nawiasach dotyczą złączy obwodowych

ZAŁĄCZNIK 2

METODY KONTROLI I ICH STOSOWANIE DO SPRAWDZANIA JAKOŚCI ZŁĄCZY SPAWANYCH

Metoda kontroli		Wytyczne stosowania kontroli	Wykrywalne wady i ich symbole wg PN-75/M-69703	Przedmiot kontroli		
				Rodzaj złącza	Klasa złącza	Materiał rodzimy
1	2	3	4	5	6	7
Nie niszcząca	Wizualna i ocena wymiarów spoir	Stosowanie kontroli obowiązkowe, bez potrzeby zamieszczania takiego warunku w dokumentacji technicznej	Wady powierzchniowe niewłaściwy przetop D, pęknięcia E, wady powierzchni i kształtu F	Złącza konstrukcji spawanych i ewentualnych próbek kontrolnych przeznaczonych do kontroli mechanicznych	I, II, III	Wszystkie materiały
	Radiograficzna	Ograniczenia w zastosowaniu metod kontroli są związane z kształtem i wielkością konstrukcji. Kontrola radiograficzna jest obowiązkowa dla złączy ze stali wysokowytrzymałych	Wady wg PN-74/M-69771		I, II	Stale ferromagnetyczne
	Magnetyczno-proszkowa		Wady powierzchniowe i sąsiadujące z powierzchnią, szczególnie - pęknięcia E, - pęcherze A, - wtrącenia B, - przyklejenia brzegowe Ca, - podtopienia lica Fc, - porowatość Fe			
	Penetracyjna - barwna lub - fluorescencyjna	Stosować w przypadku braku możliwości zastosowania kontroli magnetyczno-proszkowej	Wady powierzchniowe - pęknięcia E, - porowatość Fe			Wszystkie materiały

cd. tablicy

Metoda kontroli		Wytyczne stosowania kontroli	Wykrywalne wady i ich symbole wg PN-75/M-69703	Przedmiot kontroli		
				Rodzaj złącza	Klasa złącza	Materiał rodzimy
1	2	3	4	5	6	7
Nie niszczące	Ultradźwiękowa	Ograniczenia w zastosowaniu związane z kształtem konstrukcji, rodzajem złączy, stanem ich powierzchni i identyfikacją rodzaju wad Można stosować jako kontrolę warunkującą kontrolę radiograficzną	Wady powodujące - ubytek przekroju spoiny oraz - pęcherze A - wtrącenia B - przyklejenia C - braki przetopu D - pęknięcia E - wady powierzchni i kształtu F	Złącza konstrukcji spawanych i ewentualnych próbek kontrolnych przeznaczonych do kontroli własności mechanicznych	I, II	Wszystkie materiały
	Kontrola szczelności	Stosować według wymagań określonych w warunkach technicznych	Wady skrośne - pęknięcia E - porowatość Fe	Złącza konstrukcji spawanych o wymaganej szczelności	I, II, III	
Niszczące	Makroskopowa	Zastosowanie tylko do złączy uniemożliwiających kontrolę przetopu lub głębokości wtopienia (złącza teowe narożne, zakładkowe, krzyżowe, przylgowe oraz doczołowe uniemożliwiające kontrolę grani spoiny)	Przyklejenia C, niewłaściwy przetop D oraz wady towarzyszące - pęcherze A, - wtrącenia B, - wady powierzchni i kształtu F	Przekroje poprzeczne złączy spawanych lub próbek kontrolnych ²⁾	I, II	Tytan i jego stopy
	Mikroskopowa	Stosować według wymagań określonych w warunkach technicznych (tylko w uzasadnionych przypadkach)	Wtrącenia niemetaliczne, mikro-pęknięcia, przepalenia, gruboziarnistość, efekt podhartowania, budowa Widmannstattena, segregacja składników strukturalnych, zmniejszenie odporności na korozję Ponadto ocena struktury w poszczególnych strefach złącza		I	
	Analiza zawartości szkodliwych domieszek gazowych w spoinie	Stosować według wymagań określonych w warunkach technicznych - w przypadku spawania z lokalną osłoną gazową lub - w komorach z niekontrolowaną atmosferą	Zawartości H ₂ , N ₂ , O ₂ przekraczające dopuszczalne ilości dla materiału rodzimego	Próbki kontrolne ²⁾		
	Kontrola własności mechanicznych i próba przetopu złącza	Kontrolę własności mechanicznych stosować według wymagań określonych w warunkach technicznych, a próbę przetopu złącza stosować według wymagań określonych w dokumentacji technologicznej - dla tytanu i jego stopów, w przypadku spawania z lokalną osłoną gazową lub w komorach z niekontrolowaną atmosferą, - dla pozostałych materiałów, tylko w przypadku uzasadnionej konieczności kontroli	Zaniżone własności mechaniczne złączy w stosunku do wymagań warunków technicznych oraz wady wewnętrzne ujawnione na przetomie - niewłaściwy przetop D - pęcherze A - wtrącenia B - pęknięcia E - przepalenia Fg - przyklejenia C - przegrzania			
						Wszystkie materiały

cd. tablicy

Metoda kontroli		Wytyczne stosowania kontroli	Wykrywalne wady i ich symbole wg PN-75/M-69703	Przedmiot kontroli		
				Rodzaj złącza	Klasa złącza	Materiał rodzimy
1	2	3	4	5	6	7
Niszczące	Okresowe próby wytrzymałościowe konstrukcji spawanych	Stosować według wymagań określonych w warunkach technicznych - tylko w przypadku uzasadnionej konieczności okresowej oceny wytrzymałości konstrukcji	Zaniżone własności mechaniczne w stosunku do wymagań warunków technicznych	Konstrukcje spawane	I	Wszystkie materiały
1) Ze względu na różny stopień wykrywalności wad, zaleca się stosowanie w pierwszej kolejności metody magnetyczno-proszkowej i penetracyjno-fluorescencyjnej, w drugiej kolejności metody penetracyjnej-barwnej 2) Probki kontrolne należy stosować wtedy, kiedy odpowiadają one złączom i warunkom ich wykonania oraz jeżeli ich wykonanie jest ekonomicznie uzasadnione 3) Brak możliwości odróżnienia pęcherzy A od wtrąceń B. Utrudnienia w wykrywalności podtopienia lica Fc i porowatości Fe						

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Lotnictwa, Warszawa

2. Normy związane

PN-79/M-01134 Rysunek techniczny maszynowy Uproszczenia rysunkowe Zasady oznaczania spoin

PN-77/M-69000 Spawalnictwo Spawanie metali Nazwy i określenia

PN-65/M-69013 Spawanie gazowe stali niskowęglowych i niskostopowych Rowki do spawania

PN-75/M-69703 Spawalnictwo Wady złączy spawanych Nazwy i określenia

PN-74/M-69771 Spawanie Wady złączy doczołowych wykrywane badaniami radiograficznymi Nazwy i określenia

3. Dokumenty związane

Francja ASN430 01 Soudage, soudobrasage, brasage Aciers - alliages d'aluminium, de magnésium, de titane-titane Manuel general des études

4. Autor projektu normy - inż. Józef Wiśniewski, Instytut Lotnictwa, Warszawa

5. Podstawowa charakterystyka i zastosowanie metod spawania5.1. Spawanie gazowe (acetylenowo-tlenowe)5.1.1. Charakterystyka efektów

a) Mniejsza koncentracja ciepła w stosunku do innych me-

tod spawania, a w związku z tym stosunkowo najszerza strefa jego wpływu połączona odpowiednio ze zmianami strukturalnymi, odkształceniami i naprężeniami w stopiowie i materiale rodzimym oraz możliwością powstawania pęknięć, trudniejsze w niektórych przypadkach osiągnięcie wtopienia spoiny w materiał rodzimy oraz najniższy zakres prędkości spawania, wynoszący 1 - 10 m/h

b) Najniższa w stosunku do innych metod spawania temperatura źródła ciepła oraz brak właściwości rozpylania przez nie trudno topliwej błonki tlenków pokrywającej metal, występującej przy spawaniu aluminium i jego stopów metodami TIG i ITIG, narzucają między innymi dla tych materiałów dodatkową konieczność stosowania topnika i jego odmywania

c) Stabilne źródło ciepła oraz łatwość synchronizacji czynności manualnych związanych z dozowaniem ciepła i spoiwa, umożliwiając wykonywanie spoin szczelnych o równomiernej łusce i wymiarach

5.1.2. Zastosowanie

a) Wykonywanie określonych w załączniku 1 złączy elementów ze stali konstrukcyjnych, szczególnie niskowęglowych, w przypadku braku możliwości zastosowania innych metod spawania, np. łukowego elektrodami otulonymi, mikroplazmowego i plazmowego, lub metodą MAG

b) Spawanie w ograniczonym zakresie stopów aluminium

Nie zaleca się wykonywania następujących złączy

- narożnych, teowych, przylgowych i nakładkowych, z których utrudnione jest po spawaniu usuwanie topnika, powodującego korozję,
- w których stosunek grubości łączonych elementów jest większy niż 1:1,5,
- które ze względu na grubość elementów i rodzaj złączy mogą być spawane metodami TIG, ITIG lub MIG

5.2. Spawanie łukowe elektrodami otulonymi

5.2.1. Charakterystyka efektów

a) Wyższa koncentracja ciepła niż przy spawaniu gazowym lub metodą TIG, a w związku z tym węższa strefa jego wpływu połączona z ograniczeniem negatywnych skutków spawania, oraz odpowiednio wyższy niż przy spawaniu gazowym zakres prędkości przesuwu łuku wzdłuż spoiny, wynoszący 7,2 ÷ 36 m/h

b) Najmniejsza w porównaniu do innych metod spawania przestrzeń robocza potrzebna do wykonania złącza

c) Większa niż w metodzie TIG możliwość powstawania wad spawalniczych w postaci zażużeń, pęcherzy, podtopień, nierównomiernego przetopu i kraterów, a w przypadku elektrod cienko otulonych – grubej i nierównomierniej łuski spoiny

5.2.2. Zastosowanie. Wykonanie określonych w załączniku 1 złączy elementów ze stali konstrukcyjnych, wysokowytrzymałych, nierdzewnych, oraz stali i stopów żaroodpornych

Spawanie tą metodą zaleca się stosować przy wykonywaniu złączy z elementów o grubości powyżej 2 mm, o nie wymaganej szczelności, mając jednak na uwadze trudności związane z unikaniem wad powodowanych zajarzaniem i odrywaniem łuku

5.3. Spawanie metodami TIG i ITIG

5.3.1. Charakterystyka efektów

a) Wyższa niż przy spawaniu gazowym koncentracja ciepła, a w związku z tym węższa strefa jego wpływu połączona z ograniczeniem negatywnych skutków spawania, oraz odpowiednio wyższy niż przy spawaniu gazowym zakres prędkości przesuwu łuku wzdłuż spoiny, wynoszący 2,4–24 m/h.

b) Niższa skłonność do występowania wad spawalniczych w porównaniu ze spawaniem gazowym, elektrodami otulonymi oraz metodami MIG i MAG

c) Równomierny i gładki układ spoin, wyższa niż przy spawaniu elektrodami otulonymi oraz metodami MIG i MAG szczelność spoin i równomierność przetopu

5.3.2. Zastosowanie. Wykonanie określonych w załączniku 1 złączy elementów ze stali konstrukcyjnych stopowych i nierdzewnych oraz stali i stopów żaroodpornych

Metoda ta zalecana jest w odniesieniu do

- elementów o grubości do 2 mm,
- spoin krótkoodcinkowych,

- spoin o wymaganej szczelności,
- precyzyjnego wykonywania ściegów granowych przy spawaniu wielościegowym, poprzedzającego wykonywanie kolejnych ściegów spoiny elektrodami otulonymi lub metodami MIG i MAG

Metody TIG i ITIG mogą być metodami spawania ręcznego lub automatycznego, przy czym metoda ITIG, charakteryzująca się pulsującym dozowaniem ciepła ułatwiając formowanie spoin, zalecana jest szczególnie do wykonywania złączy elementów cienkościennych

5.4. Spawanie mikroplazmowe i plazmowe

5.4.1. Charakterystyka efektów

a) Wysoka temperatura wywołana łukiem elektrycznym, wynosząca kilkanaście tysięcy °C, równomiernie rozłożona

b) Bardzo skoncentrowane nagrzewanie spawanego przedmiotu

c) Duża stabilność łuku elektrycznego, dająca możliwość utrzymywania go przy natężeniu prądu poniżej 1 A, co pozwala na spawanie szczególnie cienkościennych elementów bez dodatku spoiwa przy spełnieniu wymagań jakościowych stawianych złączom spawanym

d) W porównaniu z metodą TIG, spawanie plazmowe charakteryzuje się jednak

- wyższym kosztem wyposażenia,
- większą zużywalnością dysz palnika,
- większym zużyciem gazu ochronnego

Ponadto kwalifikacje spawacza wymagane przy spawaniu metodami MP i PL są wyższe niż przy metodzie TIG

5.4.2. Zastosowanie. Wykonanie określonych w załączniku 1 złączy elementów ze stali węglowych, stopowych i nierdzewnych austenitycznych

a) w przypadku spawania mikroplazmowego – złożonych z elementów cienkościennych,

b) w przypadku spawania plazmowego – jak w metodzie TIG z tym, że częściej występuje możliwość niestosowania spoiwa przy wykonywaniu złączy doczołowych oraz ściegów granowych

5.5. Spawanie metodą MAG

5.5.1. Charakterystyka efektów

a) Wyższa koncentracja ciepła niż przy spawaniu gazowym i metodą TIG, a w związku z tym węższa strefa jego wpływu połączona z ograniczeniem negatywnych skutków spawania oraz odpowiednio wyższy zakres prędkości przesuwu łuku elektrycznego wzdłuż spoiny, wynoszący 6 ÷ 48 m/h

Ponadto nie ma żużla pokrywającego spoinę, oraz nie występuje konieczność częstej wymiany elektrod

b) Możliwość częstszego niż w metodzie TIG powstawania wad spawalniczych w postaci nierównomiernego przetopu, nierównomierności lica spoiny, rozprysków stopiwa

5.5.2. Zastosowanie. Wykonanie określonych w załączniku 1 złączy elementów ze stali konstrukcyjnych (w tym stali niskowęglowych), stali nierdzewnych oraz stali i stopów żaroodpornych.

Metoda ta w zasadzie jest półautomatyczna, może być jednak całkowicie zautomatyzowana przez zastosowanie mechanicznego przesuwu uchwyty spawalniczego lub spawanego przedmiotu

5.6. Spawanie metodą MIG

5.6.1. Charakterystyka efektów

a) Wyższa koncentracja ciepła niż przy spawaniu gazowym i metodami TIG i ITIG, a w związku z tym węższa strefa jego wpływu połączona z ograniczeniem negatywnych skutków spawania, oraz kilkakrotnie większa prędkość spawania niż przy metodzie TIG

b) Bardziej ograniczona niż w metodzie TIG możliwość spawania cienkościennych elementów z aluminium i jego stopów, wynikająca z małej sztywności drutu elektrodowego i wysokiego współczynnika tarcia przy przesuwie drutu w podajniku

c) Możliwość częstszego niż w metodzie TIG i ITIG powstawania wad spawalniczych w postaci nierównomiernego przetopu, nierównomierności lica spoiny, rozprysków stopiwa

5.6.2. Zastosowanie. Wykonanie określonych w załączniku 1 złączy elementów ze stopów aluminium oraz tytanu i jego stopów

Metoda ta w zasadzie jest półautomatyczna, może być jednak całkowicie zautomatyzowana przez zastosowanie mechanicznego przesuwu uchwyty spawalniczego lub spawanego przedmiotu

5.7. Spawanie wiązką elektronów

5.7.1. Charakterystyka efektów

a) Najwyższa koncentracja ciepła oraz obecność znacznej próżni umożliwiają uzyskiwanie głębokiego przetopienia materiału i tworzenia bardzo wąskich spoin, nieosiągalnych innymi metodami

b) Możliwość spawania metali trudno topliwych i chemicznie aktywnych

c) Zakres prędkości przesuwu wiązki elektronów wzdłuż spoiny - 6 - 120 m/h.

d) Najmniejsze w porównaniu z innymi metodami spawania odkształcenia elementów i najmniejsze negatywne skutki wpływu ciepła

e) W porównaniu z pozostałymi metodami, spawanie tą metodą charakteryzuje się

- najwyższym kosztem wyposażenia,
- ograniczoną przestrzenią komory roboczej, wpływającą na wielkość spawanych elementów,
- narzuconą automatyzacją procesu spawania, uzależniającą wykonywanie szwów spawalniczych od możliwości ma-

nipulowania spawanym przedmiotem i działem elektronowym

Do najprostszych przypadków spawania wiązką elektronów należy wykonywanie spoin prostoliniowych lub obwodowych o kształcie kołowym

f) Do charakterystycznych, mogących w tej metodzie wystąpić, wad spawalniczych (poza typowymi), należą

- przekoszenie osi przekroju poprzecznego spoiny wskutek niedostatecznej demagnetyzacji elementów spawanych,
- wklęsłość lica spoiny,
- nieciągłości spoiny w pobliżu jej grani, szczególnie w przypadku spawania grubościennych złączy doczołowych,
- nieciągłości spoiny, powstałe w wyniku stopienia krawędzi dolnego naroża spawanego elementu, sąsiadującego w złączu doczołowym z wewnętrznym kątem integralnej podkładki (załącznik 1 tabl Z1-1, złącze lp 23)

5.7.2. Zastosowanie. Spawanie automatyczne w komorze próżniowej, w zasadzie bez dodatku spoiwa

a) zespołów skomplikowanych, składających się z obróbianych na gotowo elementów prostych, wykonanych z materiałów określonych w załączniku 1 tabl Z1-1,

b) elementów wykonanych z materiałów łatwo spawalnych tą metodą, takich jak

- stale węglowe o zawartości węgla poniżej 0,5%, niskostopowe o zawartości węgla poniżej 0,35%, austenityczna 18-8CrNi, maraging, szybko tnące,
- stopy Al AlMn, AlMgSi, AlCuMg, AlCuTi, AlSi,
- stopy Cu CuNi,
- stopy Ni czysty Ni, NiCr, NiCu,
- stopy Co stopy żaroodporne na bazie Co, stopy Co odporne na korozję,
- stopy Ti TiAl6V4 (BT6),
- c) elementów wykonanych z metali trudno topliwych i chemicznie aktywnych, takich jak wolfram, wanad, beryl, molibden, niob, które nie dają się spawać innymi metodami

6. Przykłady zastosowania spoiw krajowych i importowanych

6.1. Elektrody otulone do spawania stali konstrukcyjnych, wysokowytrzymałych i nierdzewnych - wg tabl I-1

6.2. Druty spawalnicze do spawania elementów ze stali i staliw konstrukcyjnych, nierdzewnych oraz stali i stopów żaroodpornych i żarowytrzymałych krajowych i importowanych - wg tabl I-2

6.3. Druty spawalnicze do spawania elementów ze stopów aluminium krajowych i importowanych - wg tabl I-3

6.4. Druty spawalnicze do spawania elementów z tytanu importowanego i jego stopów - wg tabl I-4 i I-5 W tabl I-4 podano zastosowanie drutów, a w tabl I-5 wymagane własności mechaniczne złączy spawanych z tytanu i jego stopów

Tablica I-1

Gatunek materiału rodzimego	Rodzaj elektrody ¹⁾	Nr normy lub warunków ²⁾ technicznych (instrukcji)	Obróbka cieplna po spawaniu	Grubość złącza	Własności mechaniczne stopiwa ³⁾	
					R_m min	Udar- ność min
				mm	MPa	J/cm ²
1	2	3	4	5	6	7
10 20 20A 25 L25	<u>ВИ-9-6</u> SPG1	<u>ПИ-76-67</u> ⁴⁾ PN-77/M-69420	Bez obróbki cieplnej lub normalizującej	≤ 2	0,9 R_m materiału rodzimego	15
	EA146	PN-77/M-69433		≥ 2	wg PN-77/M-69433	
	ER146	PN-77/M-69433				
25HGSA 30HGSA L35HGS	<u>ВИ-9-6</u> SPG1	<u>ПИ-76-67</u> ⁴⁾ PN-77/M-69420	Ulepszenie do wytrzymałości $R_m = 900$ MPa	≤ 2	600	20
	ESCr-MoB	PN-74/M-69434	Ulepszenie do wytrzymałości $R_m = 1100 + 1300$ MPa	≤ 10	1000	50
				> 10	900	50
	<u>ВИ-12-6</u> CB-XH80	<u>ПИ-76-67</u> ⁴⁾ ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾	Bez obróbki cieplnej Spawanie w stanie ulepszonym	≤ 10	600	100
30HGSNA	ESCr-MoB	PN-74/M-69434	Hartowanie w oleju z odpuszczeniem do wytrzymałości $R_m = 1600 + 1900$ MPa	4 - 10	1200	40
				10 ± 15	1000	40
			Hartowanie w saetrze z odpuszczeniem do wytrzymałości $R_m = 1400 + 1850$ MPa	4 ± 10	1200	50
				10 ± 15	1000	50
	<u>ВИ-12-6</u> CB-XH80	<u>ПИ-76-67</u> ⁴⁾ ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾	Bez obróbki cieplnej Spawanie w stanie ulepszonym	4 ± 15	600	100
1H18N9T	ES 18-8 Nb B	PN-79/M-69435	Bez obróbki cieplnej	-	500	90

¹⁾ Zapis utamkowy oznacza, że rodzaj elektrody określony jest przez podanie nad kreską oznaczenia otuliny, a pod kreską gatunku drutu elektrodowego
²⁾ Zapis utamkowy zawiera nad kreską numer instrukcji określającej skład otuliny oraz wykonanie i odbiór elektrod, a pod kreską numer normy lub warunków technicznych odbioru drutu elektrodowego
³⁾ Własności mechaniczne stopiwa - określone wg metodyki podanej w GOST 6996-66 ZSRR ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
⁴⁾ ZSRR ПИ-76-67 Сборник производственных инструкций ПИ-76-67. Электроды для дуговой сварки и флюсы для защиты обратной стороны шва от окисления.
⁵⁾ ZSRR ТУ 14-1-997-74 Проволока сварочная из жаропрочных, жаростойких коррозионностойких сталей и сплавов

Tablica I-2

elementów jednogatunkowych ¹⁾	Dla złączy		Gatunek drutu spawalniczego	Nr normy lub warunków technicznych
	elementów dwugatunkowych ¹⁾			
1	2		3	4
10, 25, 20, L25, 45	20 + 25 20 + 45		SpG1 ²⁾ , SpG2 ²⁾ , SpG4S1 ³⁾	PN-77/M-69420
			CB-08ГCMT	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
60S2A	-		CB-12ГC, CB-08ГCMT	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾

cd tabl I-2

elementów jednogatunkowych ¹⁾	Dla złączy elementów dwugatunkowych ¹⁾	Gatunek drutu spawalniczego	Nr normy lub warunków technicznych
1	2	3	4
38HA	38HA + 20 38HA + 45	SpG2 ²⁾ , Sp20G1H1M	PN-77/M-69420
25HMA, 30HGSA	30HGSA + 25HMA	Sp20G1H1M, SpG1H1M	PN-77/M-69420
		CB-18XMA	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
25HMA, 30HGSA spawanie elementów w stanie ulepszonym	30HGSA + 25HMA spawanie elementów w stanie ulepszonym	CB-XH80, CB-XH78T	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
-	30HGSA + 20 30HGSA + 45	Sp20G1H1M, SpG1H1M	PN-77/M-69420
		CB-04X19H11M3	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
38HMJ	-	Sp20G1H1M	PN-77/M-69420
12X18H9T, ⁶⁾ 12X18H10T ⁶⁾	-	CB-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
1H18N9T	-	Sp04H19N9, Sp06H19N9	PN-77/M-69420
1H13	-	Sp08H14	PN-77/M-69420
2H13	-	Sp24H12	PN-77/M-69420
H17N2	-	Sp06H19N11M2	PN-77/M-69420
07X16H6 (ЭП 288, ⁶⁾ CH 2A)	-	CB-07X16H6 (ЭП 288, CH 2A)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
13X14H3B2Ф (ЭИ 736) ⁶⁾	-	Sp06H19N11M2	PN-77/M-69420
11X11H2B2MФ (ЭИ 962) ⁶⁾	-	CB-11X11H2B2MФ (ЭИ 962)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
1H17N4G9	-	CB-12X17Г9АН4 (ЭИ 878)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
		CB-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
15X18H12C4TЮ (ЭИ 654) ⁶⁾	-	CB-15X18H12C4TЮ (ЭИ 654)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
XH75MBTЮ (ЭИ 602) ⁶⁾	-	CB-XH75MBTЮ (ЭИ 602)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
XH60BT (ЭИ 868, ⁶⁾ Ж 98)	-	CB-XH60BT (ЭИ 868, Ж 98)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
XH38BT (ЭИ 703) ⁶⁾	-	CB-08X21H10Г6	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
		CB-XH38BT (ЭИ 703)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
XH70Ю (ЭИ 652) ⁶⁾	-	CB-XH60BT (ЭИ 868)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
XH78T (ЭИ 435) ⁶⁾	-	CB-XH78T (ЭИ 435)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
-	20 + 12X18H9T ⁶⁾ 20 + 12X18H10T ⁶⁾	CB-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
-	12X18H9T ⁶⁾ + 20X23H18 (ЭИ 417) ⁶⁾ 12X18H10T ⁶⁾ + 20X23H18 (ЭИ 417) ⁶⁾	CB-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
-	12X18H9T ⁶⁾ + 13X14H3B2Ф (ЭИ 736) ⁶⁾ 12X18H10T ⁶⁾ + 13X14H3B2Ф (ЭИ 736) ⁶⁾	CB-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾

cd tabl I-2

elementów jednogatunkowych	Dla złączy elementów dwugatunkowych	Gatunek drutu spawalniczego	Nr normy lub warunków technicznych
1	2	3	4
-	12X18H9T ⁶⁾ + XH38BT (ЭИ 703) ⁶⁾ 12X18H10T ⁶⁾ + XH38BT (ЭИ 703) ⁶⁾	Св-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
-	12X18H9T ⁶⁾ + XH70Ю (ЭИ 652) ⁶⁾ 12X18H10T ⁶⁾ + XH70Ю (ЭИ 652) ⁶⁾	Св-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
-	H17N2 + 12X18H9T ⁶⁾ H17N2 + 12X18H10T ⁶⁾	Sp06H19N11M2	PN-77/M-69420
-	12X18H9T ⁶⁾ + 11X11H2B2MΦ (ЭИ 962) ⁶⁾ 12X18H10T ⁶⁾ + 11X11H2B2MΦ (ЭИ 962) ⁶⁾	Св-11X11H2B2MΦ	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
-	H17N2 + 13X14H3B2ΦP (ЭИ 736) ⁶⁾	Sp06H19N11M2 Св-08X21H10Г6	PN-77/M-69420 ГОСТ 2246-70 ⁴⁾
-	XH38BT (ЭИ 703) ⁶⁾ + XH60BT (ЭИ 868) ⁶⁾ XH38BT (ЭИ 703) ⁶⁾ + XH75MBTЮ (ЭИ 602) ⁶⁾	Св-XH60BT (ЭИ 868)	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
-	XH38BT (ЭИ 703) ⁶⁾ + XH70Ю (ЭИ 652) ⁶⁾	Св-08X20H57M8B3T3P- -ИД (ЭП 533-ИД)	ТУ 14-1-2048-77 ⁷⁾
-	XH78T (ЭИ 435) ⁶⁾ + XH75MBTЮ (ЭИ 602) ⁶⁾	Св-XH78T	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
-	XH60BT (ЭИ 868) ⁶⁾ + XH77TЮP (ЭИ 437B) ⁶⁾	Св-XH60BT	ТУ 14-1-997-74 ⁵⁾
-	XH60BT (ЭИ 868) ⁶⁾ + 20X23H18 (ЭИ 417) ⁶⁾	Св-06X19H9T	ГОСТ 2246-70 ⁴⁾

¹⁾ Dla gatunków materiałów rodzimych wg PN nie podano numerów norm, a dla gatunków wg GOST odnośnik nr 6 określa numer GOST-u

²⁾ Spoiwo przeznaczone do spawania gazowego

³⁾ Spoiwo przeznaczone do spawania metodą MAG

⁴⁾ ZSRR ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия.

⁵⁾ ZSRR ТУ 14-1-997-74 Проволока сварочная из жаропрочных, жаростойких коррозионностойких сталей и сплавов.

⁶⁾ ZSRR ГОСТ 5632-72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки и технические требования.

⁷⁾ ZSRR ТУ 14-1-2048-77 Проволока сварочная из сплава марки Св-08X20H57M8B3T3P-ИД (ЭП 533-ИД).

Współczynnik osłabienia złączy ze stali konstrukcyjnych obrabianych cieplnie po spawaniu, odniesiony do wytrzymałości materiału rodzimego, powinien wynosić dla spawania gazowego nie mniej niż $0,8 R_m$, a dla spawania łukowego (TIG, MIG, MAG) nie mniej niż $0,9 R_m$

Wymagana wytrzymałość złączy spawanych z pozostałymi materiałami, powinna być w razie konieczności wyznaczana w zależności od stosowanej obróbki cieplnej przed lub po spawaniu, i od temperatury pracy

Tablica I-3

Gatunek materiału rodzimego (gatunki materiałów rodzimych)		Gatunek drutu spawalniczego	Nr normy lub warunków technicznych	Stan materiału odniesiony do wytrzymałości złącza	Współczynnik wytrzymałości złącza					
					$\frac{R_m \text{ złącza}}{R_m \text{ materiału}}$					
wg PN	wg GOST				ATIG	TIG	MIG			
					nie mniej niż					
PA1	AMц ¹⁾	SPA1	PN-75/M-69414	Wyżarzony	0,90	0,80	0,80			
		СВ-AMц	ГОСТ 7871-75 ²⁾							
PA2	AMr2 ¹⁾	SPA26 SPA2	PN-75/M-69414		0,85	0,75	0,70			
		СВ-AMr5 СВ-AMr2 СВ-AMr3	ГОСТ 7871-75 ²⁾							
PA11	AMr3 ¹⁾	SPA11 SPA26	PN-75/M-69414							
		СВ-AMr3 СВ-AMr5	ГОСТ 7871-75 ²⁾							
PA20	AMr5 ¹⁾	SPA20	PN-75/M-69414							
		СВ-AMr5 СВ-AMr6	ГОСТ 7871-75 ²⁾							
-	AMr6 ¹⁾	СВ-AMr6	ГОСТ 7871-75 ²⁾							
PA10	AB ¹⁾	SPA26 SPA44 SPA2	PN-75/M-69414	Przesycony i sztucznie starzony	0,90	0,80	0,85			
		СВ-AMr5	ГОСТ 7871-75 ²⁾							
PA4	-	SPA26	PN-75/M-69414	-	-	-	-			
-	AL1 ³⁾	СВ-A5C	ГОСТ 7871-75 ²⁾	-	-	-	-			
PA1 + PA2	-	SPA26	PN-75/M-69414	-	-	-	-			
PA1 + AMr6 ¹⁾		СВ-AMr6	ГОСТ 7871-75 ²⁾	-	-	-	-			

¹⁾ ZSRR ГОСТ 4784-74 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые Марки

²⁾ ZSRR ГОСТ 7871-75 Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия

³⁾ ZSRR ГОСТ 2685-75 Сплавы алюминиевые литейные. Марки, технические требования и методы испытаний

Tablica I-4

Materiał rodzimy		Gatunek drutu spawalniczego wg OST ²⁾
Gatunek wg GOST ¹⁾	Grubość, mm	
BT1-00 BT1-0 ³⁾	bez ograniczen	BT1-00
OT4-0 OT4-1 ³⁾ OT4 ³⁾	≤ 3	BT1-00
	3 - 7	BT2св, OT4-1
	> 7	OT4-1, OT4

cd tabl 1-4

Materiał rodzimy		Gatunek drutu spawalniczego wg OST ²⁾
Gatunek wg GOST ¹⁾	Grubość, mm	
BT5 BT5-1	≤ 3	BT1-00
	3 + 7	BT2св
	> 7	BT20-1св
BT20	≤ 3	BT1-00
	3 - 7	BT20-1св
	> 7	BT20-2св
BT6C, BT6 ³⁾ , BT14 (utwardzony obróbką cieplną)	bez ograniczeń	СПТ-2
BT22 ³⁾	bez ograniczeń	СПТ-2

¹⁾ ZSRR ГОСТ 19807-74 Титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением. Марки.
²⁾ ZSRR OCT 1-90015-77 Проволока сварочная из титановых сплавов.
³⁾ ZSRR OCT 1-90013-78 Сплавы титановые. Марки

Dla złączy klasy I wymagana jest następująca wytrzymałość drutów

gatunek drutu	BT1-00	BT2св	СПТ-2	BT20-1св	BT20-2св
R_m MPa	≤ 480	≥ 470	≥ 680	≤ 800	≤ 850

Tablica I-5

Gatunek materiału rodzimego wg GOST ¹⁾	Własności mechaniczne złączy w stanie wyżarzonym określone na próbkach wg GOST 6996-66 ²⁾				
	dla grubości poniżej 5 mm			dla grubości 5 - 20 mm	
	Wytrzymałość R_m min MPa	Kąt gięcia α° min	Twardość spoiny HV max	Wytrzymałość R_m min MPa	Udarność spoiny K min J/cm ²
BT1-00	0,9 R_m materiału rodzimego	70% α° materiału rodzimego	110% HV materiału rodzimego	300	70
BT1-0				400	70
OT4-0				500	70
OT4-1				600	65
OT4				700	60
BT5-1				700	60
BT20				900	30
BT6C				800	45
BT14				850	40
BT22				850	40 ³⁾

¹⁾ ZSRR ГОСТ 19807-74 Титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением Марки
²⁾ ZSRR ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств
³⁾ Udarność złączy spawanych ze stopu BT22 powinna w strefie wpływu ciepła wynosić nie mniej niż 220 J/cm²

Na str 17 w tabl Z1-1, lp 18 dla materiału T₁ o grubości s do 3 mm w kol 8, wartość b zamiast $1,5 \pm 0,5$ powinna być $1 \pm 0,5$

Na str 19, w tabl Z1-1 w kol 10 należy usunąć zapisy 12—15 oraz 8—10

Na str 22 w tabl Z1-2 dla materiałów K, N, Z i metody spawania TIG, PL wartość s₁-s w kolumnie „powyżej 3 do 8” zamiast 0,2 powinna być 0,2s

Na str 22 w tabl Z1-3, w główce tablicy zapis $(L \leq 20\%$ długości złącza L), powinien mieć postać $(\leq 20\%$ długości złącza L)

Na str 23, w tablicy Załącznika 2, w kol 5, w zakończeniu zapisu powinno być kontroli własności mechanicznych
oraz w kol 2 (Metoda kontroli) należy dodać odsyłacz ¹⁾ w dwóch pozycjach po zapisie „Magnetyczno-proszkowa” i po słowie „Penetracyjna”
a także w kol 4 dodać czterokrotnie odsyłacz ²⁾ po zapisach — pęcherze A, — wtrącenia B, — podtopienia lica Fc, — porowatość Fe

Na str 24 w kol 5 tablicy Załącznika 2 występujący dwukrotnie odsyłacz ²⁾ należy zmienić na odsyłacz ³⁾

Na str 25, w zakończeniu tablicy Załącznika 2 notki do odsyłaczy ²⁾ i ³⁾ powinny brzmieć następująco

²⁾ Brak możliwości odróżnienia pęcherzy A od wtrąceń B Utrudnienia w wykrywalności podtopienia lica Fc i porowatości Fe

³⁾ Probki kontrolne należy stosować wtedy, kiedy odpowiadają one złączom i warunkom ich wykonania oraz jeżeli ich wykonanie jest ekonomicznie uzasadnione