

SPAVALNICTWO	N O R M A B R A N Ź O W A	BN-89
	Spawanie konstrukcji lotniczych Elektrody otulone do spawania stali węglowych i niskostopowych	4101-10
		Grupa katalogowa 0305

**1. WSTĘP**

Przedmiotem normy są elektrody otulone stosowane do łukowego spawania elementów konstrukcji lotniczych ze stali niskowęglowych i niskostopowych.

Norma określa wymagania i badania dotyczące elektrod adaptowanych z licencji (nie mających odpowiedników wg Polskich Norm) oraz wymagania i badania specjalne dla elektrod klasy 1 CRNO rodzaju ESCr-MoB wg PN-74/M-69434 (spełniających wymagania licencyjne) zakwalifikowanych do spawania konstrukcji lotniczych.

**2. PODZIAŁ I OZNACZENIE****2.1. Podział elektrod adaptowanych z licencji**

**2.1.1. Rodzaje.** W zależności od składu otuliny rozróżnia się 3 rodzaje elektrod - wg tabl. 1.

Tablica 1

Oznaczenie rodzaju elektrody	Składnik otuliny	Zawartość składnika %, wagowo
WI-9-6	Dwutlenek tytanu	46
	Węglan baru	30
	Kreda	16
	Dwutlenek manganu	8
N-3M	Marmur	45
	Fluoryt	25
	Żelazomangan	5
	Żelazokrzem	6
	Żelazotytan	14,5
	Żelazochrom	2
	Chrom	1
WI-12-6	Marmur	60
	Fluoryt	29
	Kaolin	5
	Żelazokrzem	3
	Żelazotytan	

**2.1.2. Odmiany.** W zależności od gatunku pręta elektrodowego rozróżnia się 2 odmiany elektrod - wg tabl. 2.

Tablica 2

Oznaczenie odmiany elektrody	Gatunek pręta elektrodowego
SpG1	SpG1 - wg PN-77/M-69420
Sv-HN80	Sv-HN80 <sup>1)</sup>
1) Informacje dodatkowe p. 6.	

**2.2. Podział elektrod ESCr-MoB - wg PN-74/M-69434.**

**2.3. Sposób budowy oznaczenia.** Oznaczenie elektrody powinno zawierać następujące dane:

- a) oznaczenie średnicy elektrody,
- b) oznaczenie klasy (tylko dla elektrod wg PN-74/M-69434),
- c) oznaczenie rodzaju elektrody (z oznaczeniem otuliny zasadowej B tylko dla elektrod wg PN-74/M-69434),
- d) oznaczenie odmiany (tylko dla elektrod adaptowanych z licencji),
- e) nr normy.

**2.4. Przykład oznaczenia**

a) elektrody adaptowanej z licencji, o średnicy 2,5 mm, rodzaju WI-9-6, odmiany SpG1:

ELEKTRODA 2,5 WI-9-6/SpG1 BN-89/4101-10

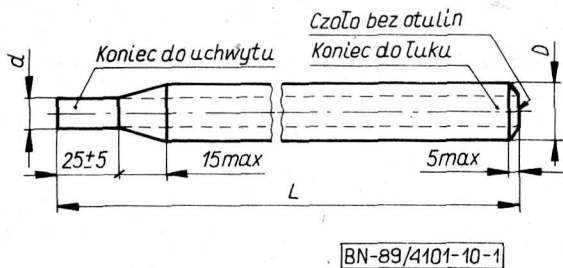
b) elektrody wg PN-74/M-69434 o średnicy 4 mm, klasy 1CrMo, rodzaju ESCr-Mo, z otuliną zasadową B:

ELEKTRODA 4 1CrMo/ESCr-MoB BN-89/4101-10

Zgłoszona przez Instytut Lotnictwa  
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Lotnictwa dnia 3 marca 1989 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1989 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 4/1989, poz. 8)

### 3. WYMAGANIA

#### 3.1. Wymiary elektrody otulonej - wg rys. 1 i tabl. 3.



Rys. 1. Wymiary elektrody otulonej

#### 3.3. Własności spawalnicze elektrod otulonych

- łuk elektryczny powinien łatwo się zajarzać i jarzyć się bez przerw w warunkach podanych przez wytwórcę w metryce elektrody,
- otulina elektrody powinna topić się równomiernie, bez nadmiernego przyskania, odpadania kawałków otuliny lub tworzenia tzw. języka z nie stopionej otuliny, utrudniającego spawanie w sposób ciągły,
- żużel tworzący się na spoinie powinien równomiernie pokrywać spoinę, a po ostygnięciu łatwo się odłączać od spoiny przy jego usuwaniu,
- stopiwo uzyskane z elektrod nie powinno mieć pęknięć,

Tablica 3

Oznaczenie elektrody	Średnica elektrody		Długość elektrody	Średnica otuliny	Mimośrodowość otuliny nie więcej niż
	d		L	D	%
			mm		
WI-9-6/SpG1	2,5	-0,06	350	2,65 ÷ 2,70	nie ocenia się
N-3M/SpG1	2		250	3,10 ÷ 3,30	
	2,5	350	3,80 ÷ 4,00		
	3,25		4,75 ÷ 5,05		
	4		6,00 ÷ 6,30		
		5	450	7,50 ÷ 7,90	
WI-12-6/Sv-HN80	2,5	-0,09	250	3,20 ÷ 3,50	2,5
	3		250 lub 350	3,80 ÷ 4,10	
	4	-0,12	350	5,40 ÷ 5,90	
1Cr-Mo/ESCrMoB	2	-0,05	250 lub 300	nie ocenia się	
	2,5	-0,06	300 lub 350		
	3,25	-0,07	350 lub 450		
	4				
	5	-0,08	450		

Dla elektrod z otuliną prasowaną odchyłka długości elektrody wynosi  $\pm 3$  mm, a dla elektrod z otuliną nanoszoną zanurzeniowo  $\pm 7$  mm.

Za zgodą zamawiającego i wytwórcy dopuszcza się produkcję elektrod o innej długości i o innych odchyłkach średnic elektrody niż podano w tablicy.

#### 3.2. Otulina

**3.2.1. Wymagania ogólne.** Otulina powinna być jednorodna. Dopuszcza się wady powierzchniowe otuliny nie wpływające na własności elektrody; dopuszcza się brak otuliny przy końcu do łuku na długości pół średnicy elektrody od czoła. Końce elektrody powinny być oczyszczone z otuliny wg rys. 1.

**3.2.2. Odporność otuliny na uderzenia i wstrząsy.** Otulina powinna przylegać do pręta elektrodowego. Dopuszcza się miejscowe odpryski o łącznej długości do 20 mm.

e) elektroda powinna nadawać się do spawania w pozycjach określonych przez wytwórcę.

**3.4. Dopuszczalna obecność wad w spoinie.** Dopuszczalne wady w postaci pęcherzy wtrąceń i porowatości - wg tabl. 4.

Pęknięcia w spoinie są niedopuszczalne, z wyjątkiem pęknięć w kraterach, które wraz z kraterami należy zaliczyć do wad wykonawczych.

Tablica 4

Parametr wady	Dopuszczalne wielkości dla elektrod o średnicy mm					
	2	2,5	3	3,25	4	5
Długość pojedynczej wady w mm: - pęcherza lub wtrącenia - pory	0,7 (1,0)		1,0		1,5	
	0,5 (0,7)		0,7		1,0	
Odstęp między wadami większymi od drobnych w mm <sup>1)</sup>	≥ 10					
Liczba drobnych wad na 1 cm <sup>2</sup> powierzchni spoiny z wyjątkiem łańcucha pęcherzy <sup>2)</sup>	≤ 5 sztuk					
Długość łańcucha drobnych pęcherzy w mm	(≤ 25)					
Łączna długość wad w mm: w dowolnym odcinku złącza o długości 100 mm: - pęcherzy i wtrąceń - porowatości	≤ 10		(≤ 12)			
	≤ 7		(≤ 9)			
Wartości podane w nawiasach dotyczą tylko elektrody WI-9-6/SpG1. 1) Za wadę drobną należy uważać wadę o długości nie przekraczającej 70% dopuszczalnej maksymalnej długości wady. 2) Za łańcuch pęcherzy należy uważać co najmniej 4 pęcherze w szeregu, wzdłuż spoiny, w odstępach nie większych niż potrójna długość pęcherza największego.						

3.5. Skład chemiczny i własności mechaniczne stopiwa oraz spoiny w złączu - wg tabl. 5.

3.6. Cechowanie. Elektrody należy cechować za pomocą barw rozpoznawczych lub przez umieszczenie symbolu gatunku elektrody na otulinie. Symbol gatunku elektrody oraz barwę rozpoznawczą ustala wytwórca.

#### 4. PAKOWANIE, PRZECHOWYWANIE I TRANSPORT

Pakowanie, przechowywanie i transport wg PN-74/M-69430.

#### 5. BADANIA

##### 5.1. Rodzaje badań

- ogłędziny zewnętrzne (3.2.1; 3.6),
- sprawdzenie wymiarów (3.1),
- badanie odporności otuliny na uderzenia i wstrząsy (3.2.2),
- badanie własności spawalniczych elektrod (3.3),
- sprawdzenie obecności wad w spoinie (3.4) - na żądanie zamawiającego,
- badanie własności mechanicznych spoiny w złączu (3.5),
- badanie własności mechanicznych stopiwa (3.5),
- badanie składu chemicznego stopiwa (3.5) - na żądanie zamawiającego.

5.2. Kontrola jakości - wg PN-74/M-69430.

##### 5.3. Opis badań

5.3.1. Oględziny zewnętrzne należy przeprowadzić nie uzbrojonym okiem.

5.3.2. Sprawdzenie wymiarów. Sprawdzenie średnicy otuliny należy wykonać tylko na elektrodach WI-9-6/SpG1, N-3M/SpG1 i WI-12-6/Sv-HN80, przez zmierzenie z dokładnością do 0,01 mm w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach, w każdym z trzech miejsc przesuniętych wzajemnie o 50 ± 100 mm na długości elektrody.

Sprawdzenie średnicy elektrody, długości elektrody i mierności otuliny - wg PN-74/M-69430.

5.3.3. Badanie odporności otuliny na uderzenia i wstrząsy - wg PN-74/M-69430.

5.3.4. Badanie własności spawalniczych elektrod należy przeprowadzić przez obserwację procesu spawania przy wykonaniu złącza próbnego wg rys. 2 lub przygotowaniu prób stopiwa wg 5.3.7.

5.3.5. Sprawdzenie obecności wad w spoinie w postaci porowatości należy wykonać wizualnie, natomiast pęcherzy, wtrąceń i pęknięć - metodą radiograficzną na złączu próbnym wg rys. 2.

5.3.6. Badania własności mechanicznych spoiny w złączu należy przeprowadzić dla elektrod WI-9-6/SpG1 o średnicy 2,5 mm, WI-12-6/Sv-HN80 - o wszystkich średnicach oraz dla elektrod N-3M/SpG1 i ESCr-MoB - o średnicach mniejszych niż 3,25 mm. Do badań własności mechanicznych spoiny w złączu należy wykonać kwalifikacyjne złącze próbne wg rys. 2; przygotowanie brzegów przed spawa-

Tablica 5

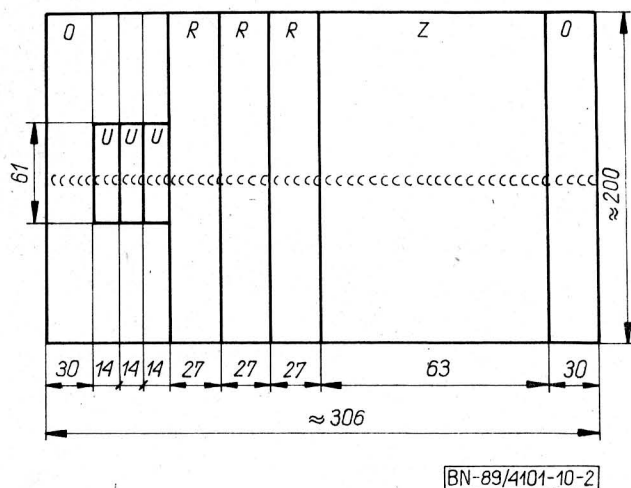
Oznaczenie elektrody	Skład chemiczny stopiwa	Obróbka cieplna złącza spawanego lub stopiwa			Własności mechaniczne					
		materiał rodzimy złącza lub stopiwo	hartowanie w oleju	odpuszczanie w powietrzu	elementów złącza	spoiny w złączu		stopiwa		
	temperatura		HRC	$R_m$ min		$KCU^{1)}$ min	$R_m$ min	$A_5$ min	$KCU^{1)}$ min	
	°C				MPa	J/cm <sup>2</sup>	MPa	%	J/cm <sup>2</sup>	
WI-9-6/SpG1	nie ocenia się	Stal węglowa 10, 20, 20A wg PN-75/H-84019	nie stosuje się <sup>2)</sup>		nie ocenia się	0,9 $R_m$ materiału rodzimego	15/2/2÷6	-	-	-
		Stal stopowa 30HGSA wg PN-72/H-84030	900	500 ÷ 540	34 ÷ 39	600	15/2/2÷6	-	-	-
N-3M/SpG1	C = 0,12 ÷ 0,15 Mn = 1,2 ÷ 1,5 Si = 0,3 ÷ 0,6 Cr = 0,7 ÷ 1,0 Mo = 0,3 ÷ 0,5 S max = 0,035 P max = 0,035	stopiwo	-	-	-	-	-	900	12	60/2/2÷6
		Stal stopowa 30HGSA wg PN-72/H-84030	nie stosuje się <sup>3)</sup>		34 ÷ 39	600	100/2/2÷6	-	-	-
WI-12-6/Sv-HN80	nie ocenia się	Stal stopowa 30HGSA wg PN-72/H-84030	900	500 ÷ 540	34 ÷ 39	1000	50/2/2÷6	-	-	-
1CrMo/ESCr-MoB	wg PN-74/M-69434 p. 3.1	stopiwo	-	-	-	-	-	900	10	50/2/2÷6

1) Wg PN-79/H-04370; wymiary próbki wg rys. 4; szerokość próbki należy przyjąć w zależności od średnicy elektrody.

2) Dopuszcza się stosować normalizowanie z nagrzewaniem do temperatury 900°C.

3) Elementy złącza próbnego należy przed spawaniem hartować w oleju z nagrzewaniem do temperatury 900°C i odpuszczać w powietrzu z nagrzewaniem do temperatury 500 ÷ 540°C.

niem – wg PN-75/M-69014 tabl. 1 lp. 1 i 4; gatunek materiału, obróbka cieplna i twardość **HRC** elementów złącza – wg tabl. 5. Dopuszcza się wycięcie i podpawanie grani spoiny przed obróbką cieplną spawanego złącza.



Rys. 2. Kwalifikacyjne złącze próbne

**U** – odcinki próbne do prób udarności, **R** – odcinki próbne do prób rozciągania, **Z** – odcinek zapasowy do próby powtórnej, **O** – odcinki do odrzucenia. Wymiary odcinków próbnych z przykładowymi nadatkami na obróbkę wiórową po 3 mm na stronę dla odcinków **U** i 1 mm na stronę dla odcinków **R**

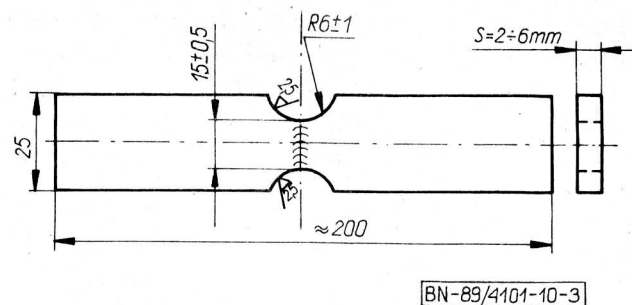
W przypadku stosowania elektrod do spawania więcej niż jednego gatunku materiału dopuszcza się przeprowadzać badania tylko na materiale o wyższej wytrzymałości; gatunek materiału powinien być uzgodniony przez zamawiającego z dostawcą; grubość materiału w odniesieniu do badanych średnic elektrod – wg tabl. 6.

Tablica 6

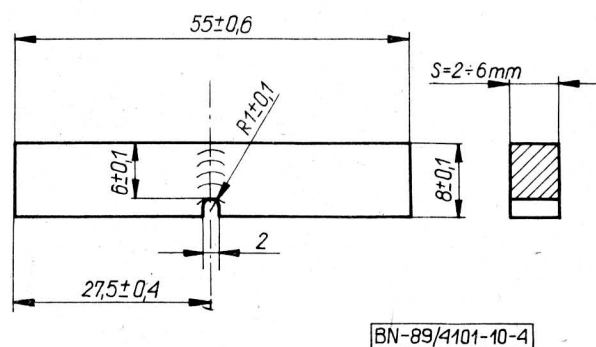
Średnica elektrody <b>d</b>	Grubość materiału złącza <b>s</b>
mm	
2; 2,5	2
3,25	3
4	4
5	6

Ze złącza próbnego należy wyciąć odcinki próbne; wycinanie, dopuszczalne wypaczenie podłużne i przesunięcie krawędzi odcinków próbnych – wg PN-80/M-69707 p. 4.5, 4.6, 4.8; prostowanie odcinków próbnych jest niedopuszczalne.

Z odcinków próbnych należy wykonać trzy próbki do próby – wg rys. 3 i trzy próbki do próby udarności – wg rys. 4.



Rys. 3. Próbka do określenia wytrzymałości na rozciąganie spoiny w złączu



Rys. 4. Próbka do określenia udarności spoiny w złączu

Przygotowanie próbek do próby rozciągania, przeprowadzenie próby i próba powtórna – wg PN-78/M-69710 p. 3.2, 4 i 5; chropowatość powierzchni w obszarze usuniętego nadlewu lica i grani spoiny nie powinna przekraczać  $R_a = 2,5$ . Dopuszcza się obróbkę całych powierzchni poza obszarem lica i grani spoiny przy zmniejszeniu grubości materiału nie przekraczającym 15%. Obliczenie wytrzymałości na rozciąganie, w MPa – wg wzoru

$$R_m = 10 k \frac{F_m}{S_0}$$

w którym:

- $F_m$  – największa siła obciążająca uzyskana w czasie próby, daN;
- $S_0$  – pole powierzchni najmniejszego pierwotnego przekroju poprzecznego próbki, mm<sup>2</sup>;
- $k$  – współczynnik kształtu próbki, który przyjmuje się 0,9.

Wykonanie próbek do próby udarności i przeprowadzenie próby udarności w temperaturze 20<sup>+10</sup>°C – wg PN-79/M-69733 p. 3, 4.1, 4.3, 4.4, 4.5; chropowatość powierzchni w obszarze usuniętego nadlewu lica i grani spoiny oraz na powierzchni karbu, nie powinna przekraczać  $R_a = 1,25$ .

Dopuszcza się obróbkę całych powierzchni poza obszarem lica i grani spoiny przy zmniejszeniu grubości materiału nie przekraczającym 10%.

5.3.7. Badanie własności mechanicznych stopiwa należy przeprowadzić tylko dla elektrod: N-3M/SpG1 i ESCr-MoB o średnicach: 3, 25, 4 i 5 mm - wg PN-74/M-69434, z uwzględnieniem obróbki cieplnej wg tabl. 5.

5.3.8. Badanie składu chemicznego stopiwa należy przeprowadzić tylko dla elektrod: N-3M/SpG1 i ESCr-MoB - wg PN-74/M-69434.

5.3.9. Ocena wyników badań - wg PN-74/M-69430.

KONIEC

#### INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Lotnictwa, Warszawa.

##### 2. Normy związane

PN-79/H-04370 Metale. Próba udarności w temperaturze pokojowej

PN-75/H-84019 Stal węglowa konstrukcyjna wyższej jakości ogólnego przeznaczenia. Gatunki

PN-72/H-84030 Stale stopowe konstrukcyjne. Gatunki

PN-75/M-69014 Spawanie łukowe elektrodami otulonymi. Przygotowanie brzegów do spawania

PN-77/M-69420 Spawalnictwo. Spoiwa stalowe do spawania i napawania

PN-74/M-69430 Spawalnictwo. Elektrody stalowe otulone do spawania i napawania. Ogólne wymagania i badania

PN-74/M-69434 Elektrody otulone do spawania stali niskostopowych przeznaczonych do pracy w podwyższonych temperaturach

PN-80/M-69707 Spawalnictwo. Zasady wykonywania próbnych złączy spawanych lub zgrzewanych

PN-78/M-69710 Spawalnictwo. Próba statyczna rozciągania doczołowych złączy spawanych lub zgrzewanych

PN-79/M-69733 Spawalnictwo. Próba udarności złączy spawanych lub zgrzewanych doczołowo

PN-72/M-69770 Radiografia przemysłowa. Radiogramy spoin czołowych w złączach doczołowych ze stali. Wymagania jakościowe i wytyczne wykonania

##### 3. Normy i dokumenty zagraniczne

ZSRR ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств

ПН-76-67 Сборник производственных инструкций

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

4. Główne zastosowanie elektrod - wg tabl. 1-1.

5. Porównanie zgodności normy z dokumentem licencyjnym ZSRR

a) norma jest zgodna z ПН - 76-67 w zakresie metodyki badań i wymagań dotyczących własności spawalniczych

elektrod i własności mechanicznych spoiny w złączu oraz stopiwa, a także składu chemicznego stopiwa w przypadkach, gdzie wymagane jest jego określenie.

b) normazawiera wybrany z ПН -76-67 asortyment stosowanych elektrod i ich odpowiedników podanych w tabl. 1-2.

Tablica 1-1

Oznaczenie elektrody	Główne zastosowanie elektrody
W1-9-6/SpG1	Spawanie stali 10, 20, 20A oraz 30HGSA ulepszonej cieplnie po spawaniu do wytrzymałości $R_m \leq 900$ MPa. Grubość elementów spawanych: 1 ÷ 2 mm
N-3M/SpG1	Spawanie stali 30HGSA ulepszonej cieplnie po spawaniu do wytrzymałości $R_m = 1100 \div 1300$ MPa i stali 30HGSNA ulepszonej cieplnie po spawaniu do wytrzymałości $R_m = 1400 \div 1900$ MPa. Grubość elementów spawanych: od 2 mm wzwyż
1CrMo/ESCr-Mo	
W1-12-6/Sv-HN80	Spawanie stali 30HGSA i 30HGSNA w stanie ulepszonym cieplnie. Grubość elementów spawanych: od 2 mm wzwyż

Tablica 1-2

Oznaczenie elektrody <sup>1)</sup>		Zakres zgodności
wg ПН -76-67	wg BN-89/4101-10	
$\frac{W1-9-6}{C_B-08A}$	W1-9-6/SpG1	wg p. 1-5a/
N-3M	N-3M/SpG1	
$\frac{W1-12-6}{C_B-XH80}$	W1-12-6/Sv-HN80	
$\frac{W1-10-6}{C_B-18XMA}$	1CrMo/ESCr-Mo	

<sup>1)</sup> Z pominięciem oznaczenia średnicy elektrody.

6. Materiał drutu spawalniczego importowanego z ZSRR:  
C<sub>B</sub>-XH80 wg ТУ 14-1997-74.

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