

Jerzy DZIUBIŃSKI, Zdzisław BULSKI
Instytut Metaloznawstwa i Spawalnictwa
Zakład Spawalnictwa
Politechniki Śląskiej

WPLYW WARUNKÓW NAPAWANIA TULEI NA JEJ ODKSZTAŁCENIA

Streszczenie. Wyznaczono wpływ warunków napawania cienkościennych tulei, wykonanych ze stali niskowęglowej, na powstawanie odkształceń spawalniczych. Stosowano napawanie w osłonie CO_2 i łukiem krytym. Ustalono warunki napawania tulei, gwarantujące otrzymanie minimalnych odkształceń w procesie regeneracji.

WPROWADZENIE

Odkształcenia przedmiotów cylindrycznych występują wskutek naprężeń, spowodowanych nierównomiernym nagrzewaniem w procesie napawania i rozszerzaniem się oraz kurczeniem metalu pod wpływem cyklu cieplnego. Odkształcenia pod wpływem tych zjawisk są wywołane zmianami stanu fizycznego materiału i w odróżnieniu od odkształceń wywołanych siłami zewnętrznymi określa się je jako odkształcenia własne. Wielkość odkształceń przy napawaniu określonego przedmiotu zależy od trzech zasadniczych czynników:

- ilości ciepła jaka została wprowadzona do metalu w procesie napawania,
- rozkładu tego ciepła w masie metalu w funkcji czasu,
- sztywności napawanego przedmiotu, własnej lub sztucznie wywołanej.

Zasadniczy wpływ na ilość ciepła wytworzonego w łuku elektrycznym w procesie napawania, a tym samym na wielkość odkształceń ma energia liniowa łuku zależna od natężenia prądu i szybkości napawania, przy czym im większa energia liniowa łuku tym większe odkształcenia [1, 2].

Rozkład temperatury zależny jest od grubości ścianki napawanej tulei oraz od parametrów napawania. Przy napawaniu tulei o grubości ścianki do 20 mm przyjmuje się w uproszczeniu, że rozkład temperatury kształtuje się jak na powierzchni cienkiej płyty, a o grubości powyżej 20 mm, jak w ciele masywnym [3+5].

Sztywność własna przedmiotu cylindrycznego związana jest z jego wymiarami średnicą, długością oraz grubością ścianki. Gdy długość przedmiotu jest niewielka w stosunku do jego średnicy wtedy odkształcenia w postaci wygięcia są znikome. Natomiast grubość ścianki oraz średnica tulei ma wpływ na powstawanie odkształceń w postaci zmiany kształtu kołowości, przy czym im mniejsza średnica i większa grubość ścianki, tym odkształcenia te są mniejsze. Przedmioty o grubości ścianki poniżej 3 mm o dużych średnicach są podatne na odkształcenia związane z utratą stateczności, co ujawnia się w postaci wybrzuszeń i zwichrowań. Wpływ stopnia

oraz sposobu utwierdzenia na wartość odkształceń pozostających, powstałych w wyniku napawania przedmiotów cylindrycznych, uwidacznia się w postaci powstawania w masie metalu przedmiotu napawanego naprężeń reakcyjnych, które mogą być w pewnych przypadkach źródłem powstawania odkształceń [6÷8].

Ponadto, na wielkość odkształceń napawanych elementów cylindrycznych, oprócz wyżej wymienionych wielkości, mają wpływ czynniki decydujące o ilości wprowadzonego ciepła a więc odległość końca elektrody od napawanej powierzchni, biegunowość i średnica elektrody.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Przeprowadzenie badań miało na celu wyznaczenie wpływu warunków napawania cienkościennych tulei, wykonanych ze stali niskowęglowej, na powstawanie odkształceń spawalniczych w wyniku nakładania warstwy napoiny w osłonie CO₂ i łukiem krytym oraz ustalenie warunków napawania, gwarantujących otrzymanie minimalnych odkształceń tulei w procesie regeneracji.

W czasie napawania zmieniano natężenie prądu, średnicę elektrody, szybkość napawania. Ponadto w przypadku napawania tulei w osłonie CO₂ stosowano napawanie ciągłe i z przerwami oraz napawanie ścięgiem prostym i zakosowym a także napawanie na powierzchniach zewnętrznych oraz obu stronnie. Pomiary odkształceń obejmowały:

- pomiar niekołowości (owalność),
- pomiar niewalcowości (wygięcie),
- pomiar nierównoległości powierzchni czołowych tulei (bicie wzdłużne) (rys.1) .

PRZEBIEG I WYNIKI BADAŃ

Próby napawania przeprowadzono na tulejach o wymiarach \emptyset 210x100x10 mm wykonanych ze stali R 35 wg BN-75/0631-01. Przed obróbką wykańczającą tuleje były wyżarzane odprężająco w celu usunięcia naprężeń własnych. Podczas napawania tuleje mocowane były na tarczy obrotnika OM4-1000 w sposób umożliwiający swobodne ich odkształcenie w wyniku zmian temperatury.

Napawanie w osłonie CO₂ prowadzono przy użyciu półautomatu MAGPOL 400 z uchwytem zamocowanym nieruchomo nad napawaną tuleją. Stosowano drut elektrodowy SpG3S1 o średnicy 1,2 i 1,6 mm wg PN-77/M-69420. Napawanie prowadzono w sposób umożliwiający uzyskanie poprawnie uformowanych napoin o grubości nie mniejszej niż 2 mm. W trakcie prób zmieniano natężenie prądu, średnicę drutu elektrodowego, i prędkość napawania. Ponadto przeprowadzono próby napawania z przerwami umożliwiającymi obniżenie temperatury próbki (tuleje nr 5,11 i 17) oraz napawanie z zastosowaniem porzecznych ruchów elektrody (tuleje nr 6,12 i 18). Warunki napawania

przedstawiono w tabeli 1.

Napawanie łukiem krytym prowadzono przy użyciu automatu AS14a, którego głowica ustawiona była nieruchomo nad napawaną tuleją zamocowaną na tarczy obrotnika. Stosowano drut elektrodowy SpG1 wg PN-77/M-69420 o średnicy 3 i 5 mm oraz topnik TA.St.1 wg PN-73/M-69355. Napawaniu poddano jedynie zewnętrzne powierzchnie tulei. Próby napawania prowadzono w sposób umożliwiający uzyskanie prawidłowych napoin o grubości nie mniejszej niż 3 mm. W trakcie prób zmieniano natężenie prądu, średnicę drutu elektrodowego i prędkość napawania. Parametry napawania przedstawiono w tabeli 1.

Wielkość odkształceń spawalniczych oceniano porównując wyniki pomiarów odchyłek od kształtu idealnego dla każdej tulei przed i po napawaniu. Do pomiarów odkształceń tulei zastosowano następujące przyrządy pomiarowe:

- mikrometr zewnętrzny MMZc o zakresie pomiarowym 200+225 mm, klasy I, wartość działki elementarnej 0,01 mm,
- dwustykowa średnicówka czujnikowa MDAh o zakresie pomiarowym 190+200 mm, klasy I, wartość działki elementarnej 0,01 mm,
- czujnik zębaty zegarowy MDAa o zakresie pomiarowym 0+10 mm, klasy I, wartość działki elementarnej 0,01 mm.

Zestawienie wyników pomiarów odkształceń przedstawiono w tabeli 2 i 3.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że odkształcenia napawanych tulei są większe w przypadku napawania łukiem krytym, niż przy napawaniu w osłonie CO₂, co związane jest z większą energią liniową łuku w pierwszym przypadku. Zaobserwowano również, że odkształcenia napawanych tulei uwidoczniły się przede wszystkim w postaci zmian owalności, a w mniejszym stopniu w postaci wygięć i nierównoległości. W przypadku obu metod napawania wpływ poszczególnych warunków napawania na odkształcenia tulei był następujący:

Wzrost natężenia prądu powodował zwiększenie odkształceń (głównie owalności), natomiast wzrost szybkości napawania powodował ich zmniejszenie (tabl.2 i 3, rys.2 i 3), bowiem parametry te bezpośrednio wpływały na energię liniową łuku.

Stosowanie przerw w trakcie napawania w osłonie CO₂ przyczyniło się do zmniejszenia odkształceń spawalniczych (tabl.2 i 3, rys.4) z uwagi na mniejsze nagrzewanie tulei w procesie napawania. Zastosowanie dodatkowego ruchu poprzecznego elektrody prowadziło do wzrostu odkształceń (tabl.3) w wyniku zmniejszenia obwodowej prędkości napawania.

Największy wzrost wartości odkształceń wystąpił przy napawaniu obustronnym, mniejszy przy napawaniu powierzchni zewnętrznych i najmniej-

szy przy napawaniu powierzchni wewnętrznych (tabl.2 i 3, rys.4) .

Odształcenia napawanych tulei w postaci wygięcia i nierównoległości powierzchni czołowych kształtowały się w granicach 0,01-0,02 mm a więc na granicy błędu pomiaru stosowanych przyrządów.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że najmniejsze odształcenia tulei w postaci owalności wystąpiły przy napawaniu ścięciem prostym z przerwami na odprowadzenie ciepła w procesie napawania, przy zastosowaniu dolnych wartości natężenia prądu napawania dla danej średnicy drutu elektrodowego użytego do napawania i górnych wartościach prędkości napawania dla danej tulei.

WNIOSKI

Odształcenia napawanych tulei zależą przede wszystkim od energii liniowej łuku a więc są większe w przypadku napawania łukiem krytym niż w przypadku napawania w osknie CO₂ i uwidaczniają się głównie w postaci zmian owalności, a w znacznie mniejszym stopniu w postaci wygięcia i nierównoległości.

Wzrost natężenia prądu i zmniejszenie szybkości napawania powodują zwiększenie odształceń.

Zastosowanie poprzecznego ruchu elektrody powoduje wzrost odształceń, natomiast zastosowanie przerw w czasie napawania powoduje zmniejszenie odształceń.

Największe odształcenia tulei powstają w wyniku napawania obustronnego, mniejsze w wyniku napawania powierzchni zewnętrznych a najmniejsze w wyniku napawania powierzchni wewnętrznych.

Najmniejsze odształcenia tulei wystąpiły przy napawaniu ścięciem prostym, z przerwami na odprowadzenie ciepła w procesie napawania, przy zastosowaniu dolnych wartości natężenia prądu dla danej średnicy drutu elektrodowego i górnych szybkości napawania dla danej średnicy tulei.

LITERATURA

- [1] Pilarczyk J.: Spawanie i napawanie elektryczne metali. Wyd.Śląsk, Katowice 1979.
- [2] Machnenko W.I., Krawcow T.G.: Tieplovyje processy pri mehanizirovanoj napławkie dietalej tipa krugowych cilindrow. Naukowa Dumka, Kijew 1976.
- [3] Machnenko W.I.: Awtomaticzeskaja Swarka, 12, 1961.
- [4] Machnenko W.I.: Swarocznoje Proizwodstwo,2,1963.
- [5] Machnenko W.I.: Awtomaticzeskaja Swarka, 11,1963.
- [6] Machnenko W.I. i in.: Awtomaticzeskaja Swarka, 1,1981.
- [7] Myśliwiec M.: Ciepłno mechaniczne podstawy spawalnictwa. WNT, Warszawa 1972.

- [8] Jakubiec M. i in.: Technologia konstrukcji spawanych. WNT, Warszawa 1980.
- [9] Kłosowicz Z.: Praca dyplomowa inżynierska. Pol.Śląska 1982.
- [10] Pytoń J.: Praca dyplomowa inżynierska. Pol.Śląska 1982.

THE INFLUENCE OF SLEEVES SURFACING CONDITIONS ON THEIR DISTORTIONS

SUMMARY

The influence of surfacing conditions of the thin wall sleeves made from carbon steel on the residual welding distortions has been stated. GMA and SA welding methods have been used. The optimal surfacing conditions, giving minimal distortions of sleeves have been stated.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ НАПРАВЛЕНИЯ ВТУЛКИ НА ЕЕ ДЕФОРМАЦИИ

РЕЗЮМЕ

Было определено влияние условий наплавки тонкостенных втулок изготовленных из низкоуглеродистой стали на возникновение сварочных деформаций. Применялись сварка в среде углекислого газа и сварка под флюсом. Были определены режимы наплавки втулки обеспечивающие минимальные деформации в процессе регенерации.

Recenzent

Doc.dr inż. J. Brózda

T a b l i c a 1

Warunki napawania tulei w osłonie CO₂ i łukiem krytym

Rodzaj napawania	Nr tulei	Parametry napawania				Uwagi
		Ø el. mm	J A	U V	V _n m/s	
Napawanie w osłonie CO ₂ powierzchni wewnętrznych	1	1,2	105	20	0,0075	napawanie z przerwami ruchy poprzeczne elektrody
	2	1,6	170	24	0,0099	
	3	1,6	135	22	0,0099	
	4	1,6	135	22	0,0132	
	5	1,6	135	22	0,0132	
	6	1,6	135	22	0,0033	
Napawanie w osłonie CO ₂ powierzchni zewnętrznych	7	1,2	105	20	0,0083	napawanie z przerwami ruchy poprzeczne elektrody
	8	1,6	107	24	0,011	
	9	1,6	135	22	0,011	
	10	1,6	135	22	0,0146	
	11	1,6	135	22	0,0146	
	12	1,6	135	22	0,036	
Napawanie w osłonie CO ₂ powierzchni obustronnie	13	1,2	105	20	dla powierzchni wewnętrznych jak tuleje 7-6, dla powierzchni zewnętrznych jak tuleje 7-12	napawanie z przerwami ruchy poprzeczne elektrody
	14	1,6	170	24		
	15	1,6	135	22		
	16	1,6	135	22		
	17	1,6	135	22		
	18	1,6	135	22		
Napawanie łukiem krytym powierzchni zewnętrznych	19	3	400	32	0,0081	
	20	5	450	34	0,0081	
	21	3	400	32	0,0132	
	22	3	450	32	0,0081	
	23	5	400	34	0,0132	

T a b l i c a 2

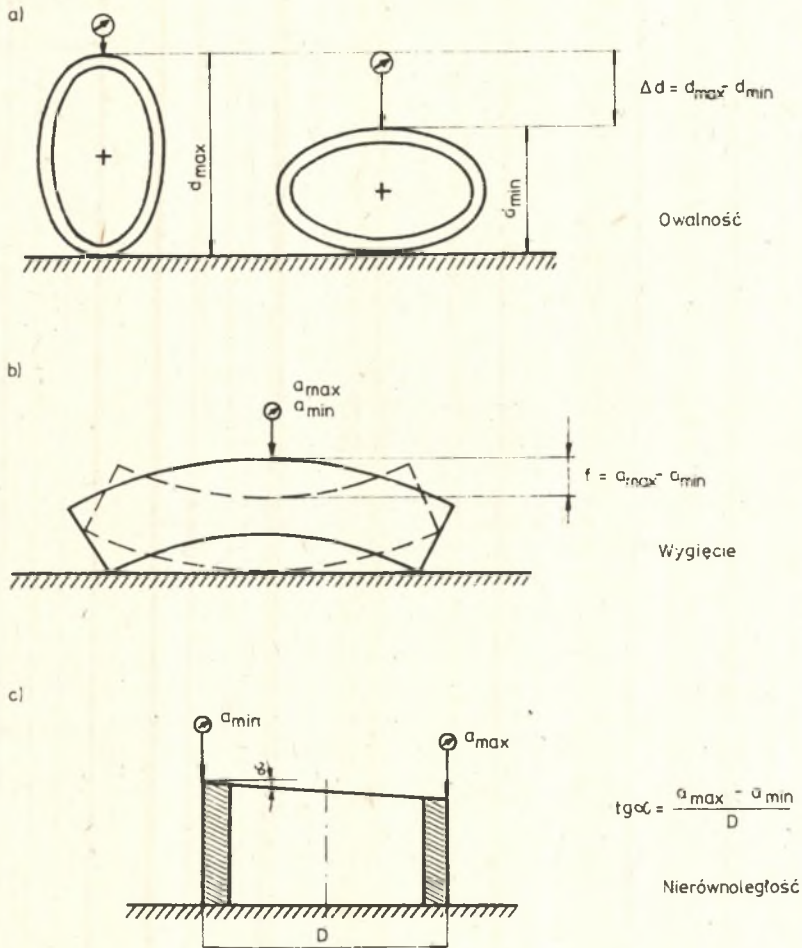
Zestawienie wyników pomiarów nierównoległości powierzchni
czołowych oraz wygięcia napawanych tulei

Metoda napawania	Nr tulei	Nierównoległość powierzchni czołowych, min.			Wygięcie f, mm		
		przed napawaniem	po napawaniu	odkształcenia spawalnicze	przed napawaniem	po napawaniu	odkształcenia spawalnicze
W osłonie CO ₂ powierzchni wewnętrznych	1	2,61	2,78	0,17	0,02	0,03	0,01
	2	2,95	3,27	0,32	0,00	0,01	0,01
	3	1,30	1,47	0,17	0,01	0,02	0,01
	4	3,27	3,60	0,33	0,01	0,02	0,01
	5	0,49	0,81	0,32	0,01	0,02	0,01
	6	1,14	1,30	0,16	0,02	0,02	0,00
W osłonie CO ₂ powierzchni zewnętrznych	7	1,14	1,14	0,00	0,01	0,01	0,00
	8	2,29	2,29	0,00	0,02	0,02	0,00
	9	1,30	1,30	0,00	0,02	0,02	0,00
	10	1,96	1,96	0,00	0,01	0,01	0,00
	11	1,96	1,96	0,00	0,01	0,01	0,00
	12	2,78	2,78	0,00	0,02	0,02	0,00
W osłonie CO ₂ powierzchni obustronne	13	2,61	2,61	0,00	0,02	-	-
	14	2,95	3,27	0,32	0,00	-	-
	15	1,30	1,14	0,16	0,01	-	-
	16	3,27	2,95	0,32	0,01	-	-
	17	0,49	0,49	0,00	0,01	-	-
	18	1,14	0,81	0,33	0,02	-	-
Łukiem krytym powierzchni zewnętrznych	19	2,61	2,95	0,34	0,01	0,03	0,02
	20	1,30	1,96	0,66	0,01	0,03	0,02
	21	3,26	3,44	0,18	0,01	0,02	0,01
	22	0,49	0,97	0,49	0,01	0,03	0,02
	23	2,29	2,61	0,32	0,01	0,02	0,01

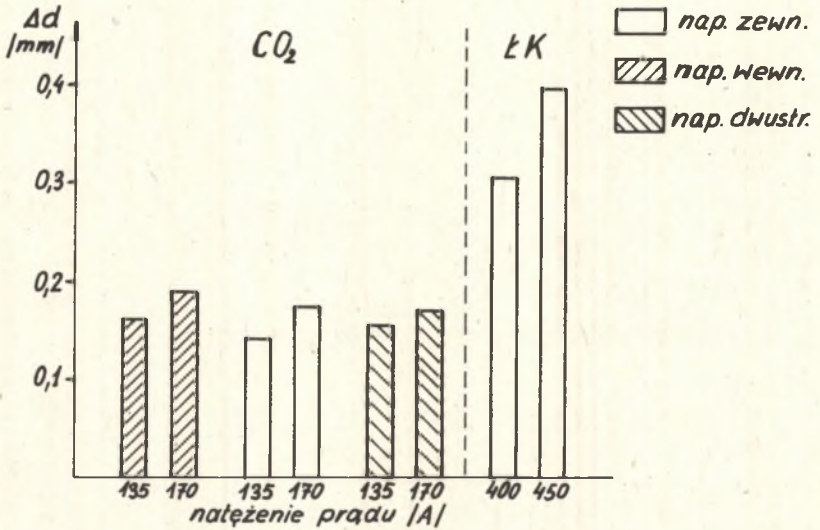
T a b l i c a 3

Wyniki pomiarów owalności napawanych tulei

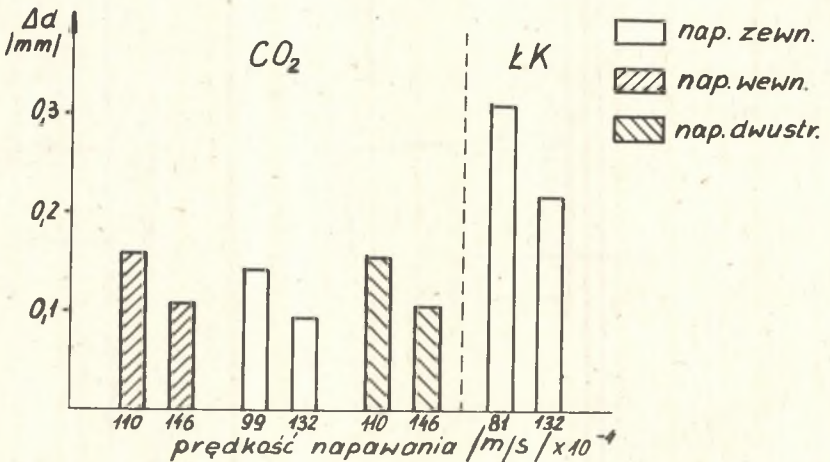
Metoda napawania	Nr tulei	Owalność Δd , mm przed napawaniem			Owalność Δd , mm po napawaniu			Zmiana owalności wywołana napawaniem, mm			Średnia
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	
W ostonie CO ₂ powierzchniowych	1	0,01	0,00	0,00	-0,08	-0,10	-0,13	0,09	0,10	0,13	0,106
	2	-0,01	-0,02	-0,02	-0,14	-0,21	-0,24	0,13	0,19	0,22	0,180
	3	-0,02	-0,01	0,00	0,11	0,16	-0,19	0,13	0,17	0,19	0,163
	4	-0,02	0,03	0,00	-0,08	-0,10	-0,13	0,06	0,13	0,13	0,106
	5	-0,02	-0,02	0,00	0,03	0,03	-0,05	0,05	0,05	0,05	0,050
	6	0,03	0,01	0,04	-0,12	0,16	0,24	0,15	0,15	0,20	0,166
W ostonie CO ₂ powierzchniowych	7	0,00	0,02	0,01	0,09	-0,12	-0,13	0,09	0,14	0,14	0,123
	8	-0,02	0,00	-0,01	-0,13	-0,19	0,22	0,11	0,19	0,23	0,176
	9	0,00	0,01	0,00	0,10	-0,16	0,17	0,10	0,17	0,17	0,146
	10	0,00	-0,01	-0,01	0,06	0,09	-0,12	0,06	0,10	0,11	0,090
	11	0,05	0,04	0,03	-0,04	0,07	0,07	0,09	0,03	0,04	0,053
	12	-0,04	-0,06	-0,06	-0,18	0,17	0,23	0,14	0,23	0,29	0,220
W ostonie CO ₂ obustronnie	13	0,01	-	0,00	0,10	-	0,16	0,09	-	0,16	0,125
	14	-0,01	-	-0,02	-0,12	-	-0,25	0,11	-	0,23	0,170
	15	-0,02	-	0,00	0,10	-	0,20	0,12	-	0,20	0,160
	16	-0,02	-	0,00	-0,09	-	-0,14	0,07	-	0,14	0,105
	17	-0,02	-	0,00	0,05	-	0,04	0,07	-	0,04	0,055
	18	0,03	-	0,04	-0,22	-	-0,26	0,19	-	0,22	0,205
Łukiem krytycznym powierzchniowych	19	0,02	-	0,01	-0,12	-	-0,30	0,14	-	0,31	0,225
	20	-0,02	-	0,01	-0,45	-	-0,14	0,43	-	0,13	0,56
	21	-0,01	-	-0,01	0,21	-	-0,10	0,22	-	0,09	0,155
	22	-0,02	-	0,00	-0,41	-	-0,17	0,39	-	0,17	0,28
	23	-0,02	-	0,00	-0,36	-	-0,11	0,34	-	0,11	0,225



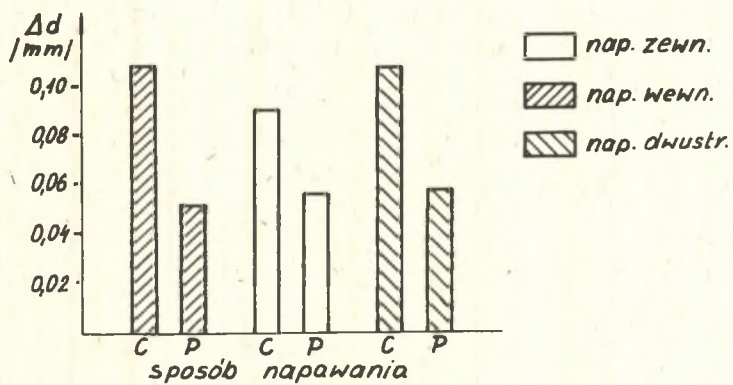
Rys.1. Sposób pomiaru odchyłek pomiarowych: owalności (a), wygięcia (b) i nierównoległości powierzchni czołowych (c).



Rys.2. Wpływ natężenia prądu na odkształcenia tulei w postaci owalności. Napawanie w osłonie CO_2 i łukiem krytym (ŁK).



Rys.3. Wpływ szybkości napawania na odkształcenia tulei w postaci owalności. Napawanie w osłonie CO_2 i łukiem krytym (ŁK).



Rys.4. Wpływ sposobu napawania w osłonie CO_2 na odkształcenia tulei w postaci owalności: c - napawanie ciągłe, p - napawanie z przerwami.