

Ireneusz Bielski
Teresa Tomaszewska

BADANIE WPŁYWU WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA WSKAŹNIKI TECHNO-
LOGICZNE OBRÓBKI ELEKTROISKROWEJ WĘGLIKÓW SPIEKANYCH

W p r o w a d z e n i e

Jedną z technik wytwarzania jest obróbka ubytkowa. Wśród metod obróbki ubytkowej coraz większą rolę zaczynają odgrywać metody wykorzystujące do kształtowania materiałów energię wyładowań elektrycznych. Taki sposób obróbki nazywany jest obróbką elektroerozyjną. Znajduje ona coraz szersze zastosowanie w przemyśle, szczególnie w kształtowaniu materiałów trudno obrabialnych lub nieobrabialnych metodami obróbki wiórowej i ścierniej. Oparta jest ona na wykorzystaniu zjawiska fizycznego, w wyniku którego elektrody wykonane z materiałów o dowolnych własnościach mechanicznych i wytrzymałościowych, przewodzących prąd elektryczny - pod działaniem zachodzącego między nimi wyładowania elektrycznego, ulegają erozji [2]. Dla racjonalnego wykorzystania tej metody konieczna jest znajomość czynników wpływających na przebieg procesu erozji elektrycznej oraz ich wpływu na uzyskiwane wskaźniki technologiczne obróbki elektroerozyjnej. Obróbka elektroerozyjna realizowana przy pomocy generatorów zależnych nazywana jest obróbką elektroiskrową [1].

C e l i z a k r e s b a d a ń

Cel badań obejmuje ustalenie rzeczywistych wartości wskaźników technologicznych uzyskiwanych przy drążeniu elektroiskrowym spiekanych węglików metali na drążarkach EDA 35 i EDEA 25 produkcji polskiej w szerokim zakresie parametrów elektrycznych /tabela 1. i 2./.

Jako materiał elektrody roboczej zastosowano mosiądz M 58, żeliwo Zl 20 oraz infiltrowane spieki W-Cu i W-Ag.

Tabela 1

Parametry elektryczne obwodu prądu roboczego drążarki elektroiskrowej EDA 35
z zależnym generatorem impulsów typu RC

Stopnie	U_0 [V]	U_r [V]	I_r [A]	C [μ F]	R [Ω]	I_z [A]	RC oblicz.
1	220	150	10	500	6,8	32,4	3,400
2	220	150	6	180	12,3	17,9	2,215
3	220	150	3	65	22,2	9,9	1,440
4	220	150	2	23,4	40,0	5,5	0,936
5	220	150	1	8,4	72,0	3,06	0,605
6	220	150	0,5	3,0	129,0	1,7	0,387

Tabela 2.

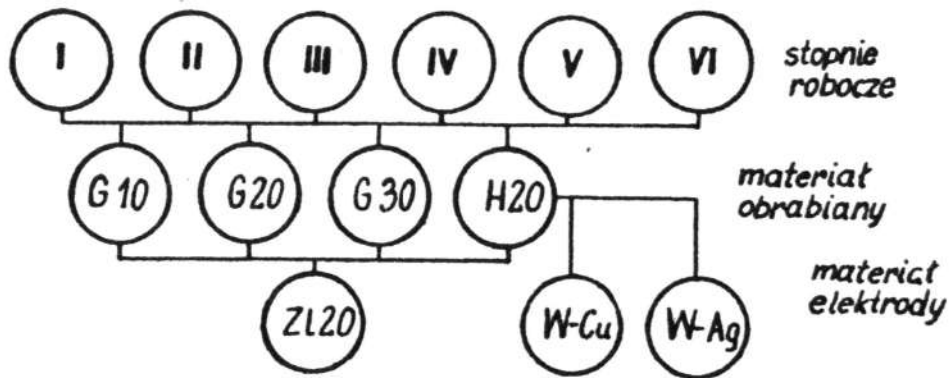
Parametry elektryczne obwodu prądu roboczego
drażarki EDEA 25 zasilanej generatorem GEZA 10

Stopnie robocze	C		R		R C oblicz.	Częstotliwość	
	pozycja	[μ F]	pozycja	[Ω]			
1	1	197	1	8	1,576	137	
2	2	77	2	12,9	0,990	219	
3	3	31,5	3	20	0,630	344	
4	4	12,5	4	32	0,400	543	
5	5	5	5	50	0,250	870	
6	6	2	6	83,3	0,167	1300	
7	7	0,5	7	125	0,0625	5882	
8	8	0,05	8	200	0,010	21739	
$U_0 = 130, 230, 300$ [V] Maksymalna $I_r = 10$ [A]							Maksymalna energia impulsu = 1,5 [J]

Badaniami objęto współczynnik względnego zużycia elektrod m_V , objętościową wydajność erozji Q_V oraz chropowatość powierzchni po drążeniu. Do badań wytypowano węglík H 10, H 20, G 10, G 20, G 30 oraz U 10 i S 30.

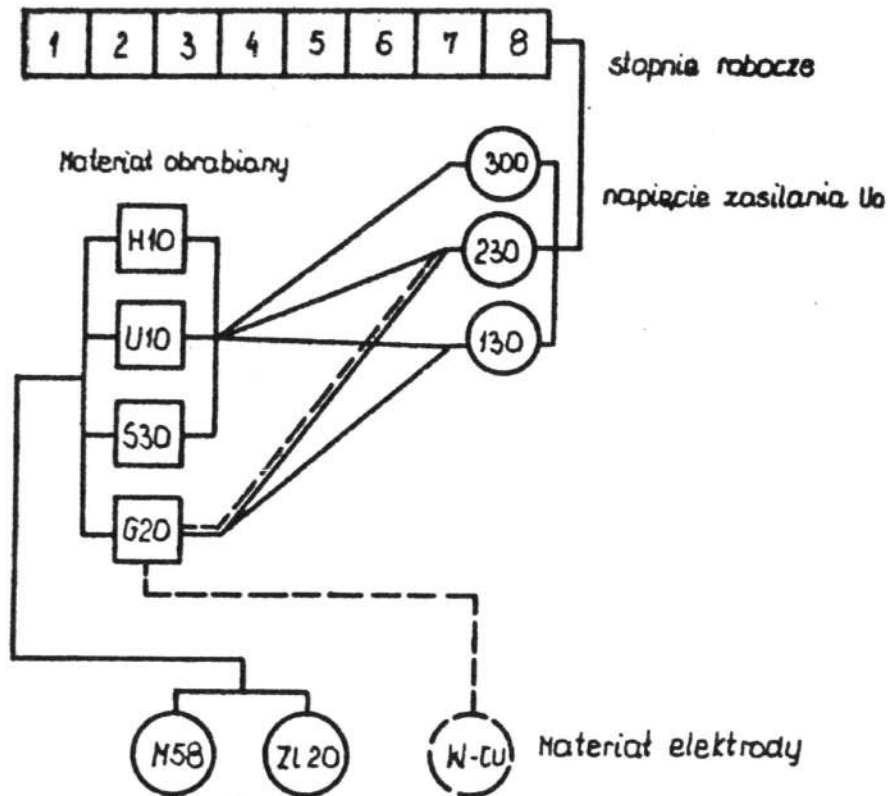
Metodyka i technika badań

Badania realizowano zgodnie z planem badań przedstawionym na rys. 1. i 2. Są to plany statyczne, selekcyjne, czynnikowe z uzupełnieniami, pozwalające na uchwycenie wpływu parametrów elektrycznych i materiału elektrod na wskaźniki technologiczne. Badania na drążarce EDA 35 nr 2256 zasilanej generatorem RC, prowadzono w warunkach przemysłowych, natomiast badania na drążarce EDEA 25 nr 107 zasilanej generatorem GEZA 10 /typ RC/ realizowano w warunkach laboratoryjnych.



drążarka EDA 35

Rys. 1. Plan badań wpływu czynnika na wskaźniki technologiczne przy drążeniu węglików spiekanych na drążarce EDA 35



Rys. 2. Plan badań wpływu czynników na wskaźniki technologiczne przy drążeniu węglików spiekanych na drążarce EDEA 25

Próby na drążarce EDA 35 prowadzono w układzie tzw. drążenia swobodnego [1] a na drążarce EDEA 25 w układzie drążenia nieswobodnego w nafcie kosmetycznej, stosując polaryzację prostą¹⁾. Czas trwania jednej próby ustalono na 20 minut. Nie stosowano przepłykiwania strefy obróbki dielektrykiem.

W trakcie badań mierzono:

parametr R_a , R_z - chropowatość powierzchni po drążeniu [μm],
 m_{Ep} - masę początkową elektrody [g],

¹⁾ Polaryzacja prosta polega na połączeniu elektrody roboczej z biegunem ujemnym generatora, przedmiotu obrabianego zaś z biegunem dodatnim

- m_{Ek} - masę końcową elektrody [g],
 m_{Pp} - masę początkową próbki [g],
 m_{Pk} - masę końcową próbki [g],
 t - czas drążenia [min].

Pomiarów mas dokonywano na wadze półautomatycznej z dokładnością do 0,05g. Błąd względny pomiaru $\delta = 0,3 - 16\%$.

Do pomiarów chropowatości powierzchni R_z stosowano profilograf FORSTER typ 5.814, a powierzchnię badano przy pomocy profilografu "Kaliber" - model 201. Każdą próbę powtarzano trzy razy.

Następnie obliczono współczynnik m_v [6] :

$$(1) \quad m_v = \frac{\Delta m_E}{\Delta m_P} \frac{\rho_P}{\rho_E}$$

gdzie:

$$\Delta m_E = m_{Ep} - m_{Ek} ,$$

$$\Delta m_P = m_{Pp} - m_{Pk} ,$$

ρ_P, ρ_E - gęstość materiału obrabianego /próbki/ i elektrody roboczej [g/cm³],

Objętościową wydajność erozji - Q_v [1,6] wyznaczano na podst. wzoru:

$$(2) \quad Q_v = \frac{\Delta m_P}{t \rho_M} \cdot 10^3 \quad [\text{mm}^3/\text{min}]$$

W y n i k i b a d a ń i i c h a n a l i z a

Wyniki badań zostały opracowane matematycznie na elektronicznej maszynie cyfrowej ODRA-1204. W pierwszym etapie dokonano oceny istotności wpływu czynników [8], posługując się opracowanym programem "KWADRAT - 2". Uzyskane wyniki obrazuje tabela 3.

Jak wynika z zestawienia, na wydajność drążenia Q_v mają istotny wpływ prawie wszystkie czynniki zawarte w tabeli 3. Zagadnienie to przedstawiają rysunki 3 do 8.

Tabela 3. Wyniki oceny istotności wpływu czynników dokonanej w oparciu o program "KWADRAT - 2"

Czynniki	Wskaźniki		
	Q_v	m_v	R_a / R_z
stopień roboczy RC obl., I_r	+	±	+
U_o	±	-	-
materiał obrabiany	+	-	±
materiał elektrody roboczej	+	+	±

Oznaczenia:

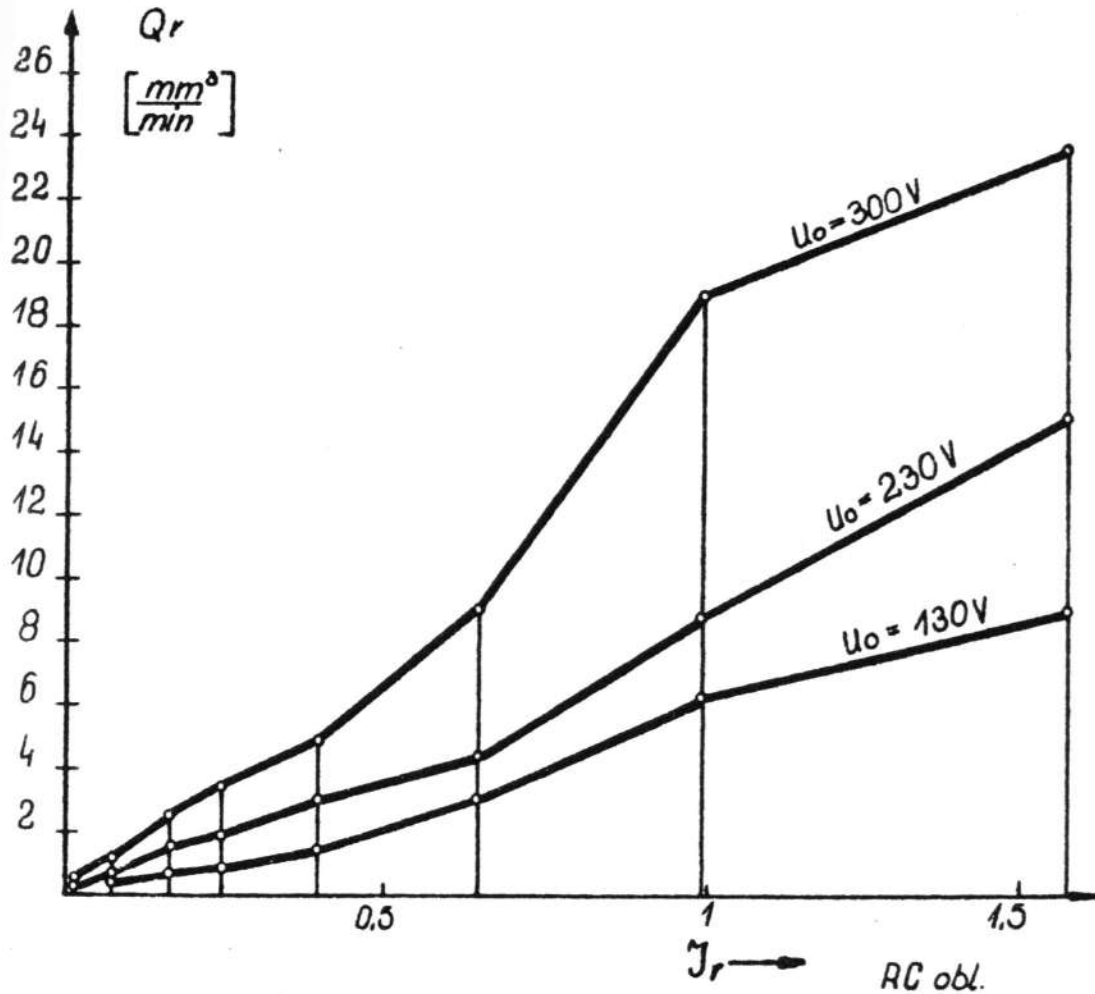
- + - czynnik ma istotny wpływ na poziomie istotności $\alpha = 0,05$,
- ± - czynnik ma istotny wpływ na poziomie istotności $\alpha = 0,1$ i nieistotny wpływ na $\alpha = 0,05$,
- - czynnik ma istotny wpływ na poziomie istotności $\alpha = 0,1$.

Rysunek 3. ilustruje wpływ parametrów elektrycznych. Wzrost napięcia zasilania, RC obl. i związany z tym wzrost prądu roboczego powodują zwiększenie się energii pojedynczego wyładowania, a w następstwie wzrost wydajności obróbki. Jest to zgodne z wynikami badań innych autorów [1].

Na rys. 4. przedstawiono zależność wydajności obróbki od stosowanego stopnia roboczego dla różnych materiałów obrabianych przy niezmiennym materiale elektrody. Badania przeprowadzono na drążarce EDA 35. Widoczny jest tu znacznie mniejszy wpływ rodzaju materiału obrabianego od wpływu parametrów elektrycznych /stopni roboczych/.

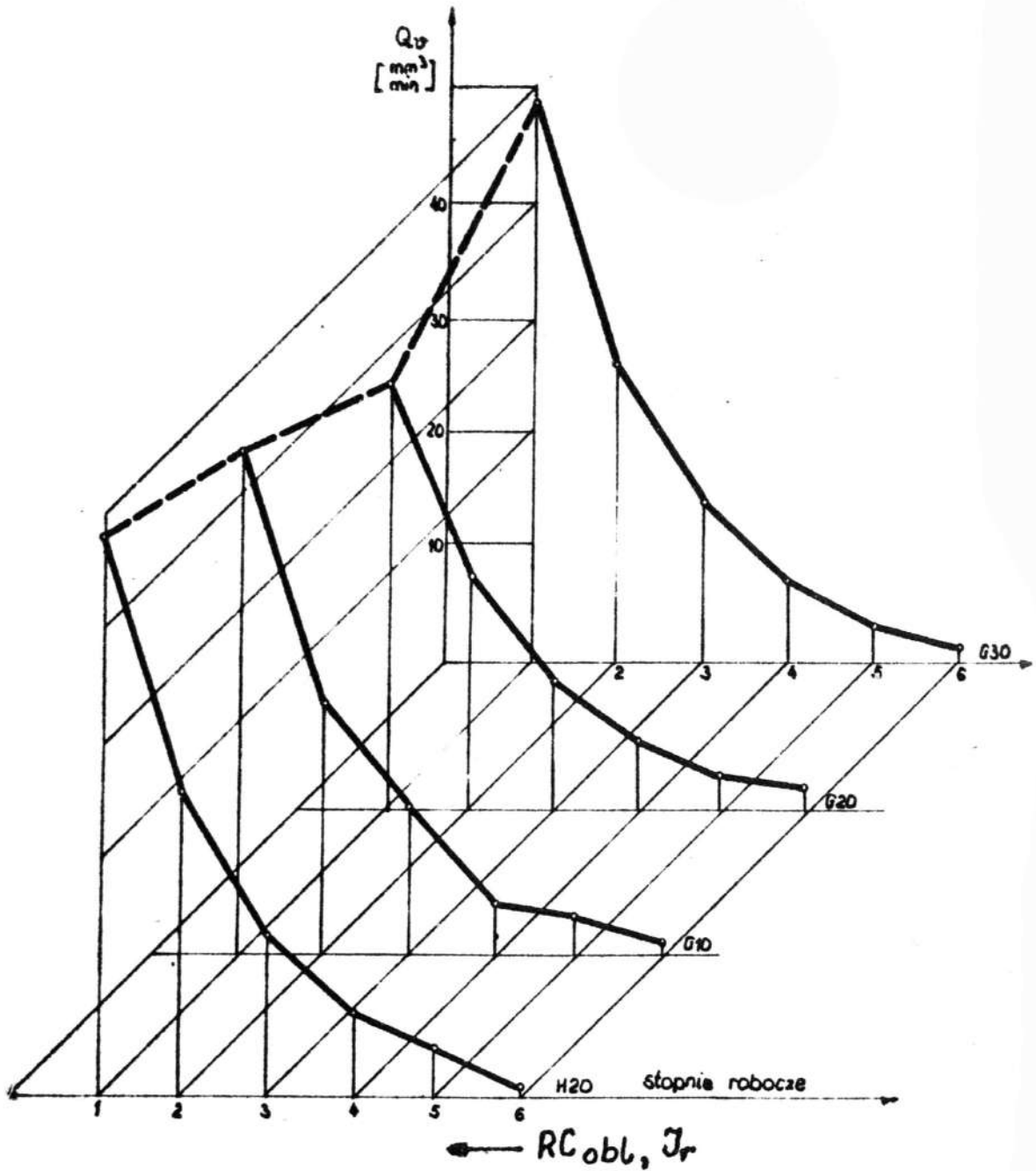
Bardziej wyraźny wpływ materiału obrabianego widoczny jest na rys. 5., przedstawiającym wydajność obróbki, uzyskiwaną na kolejnych stopniach roboczych drążarki EDEA 25, dla różnych materia-

ków obrabianych. Różnice te tłumaczy się niejednakową podatnością materiałów na erozję elektryczną.



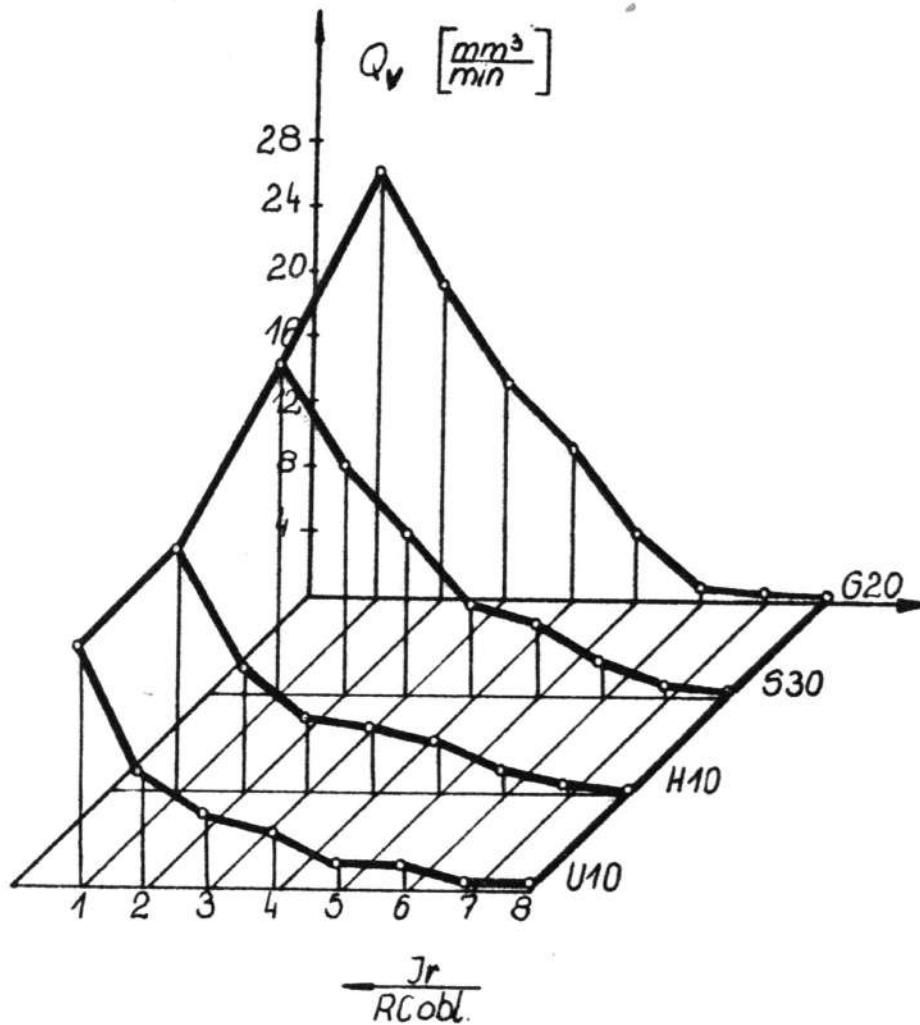
Rys. 3. Wpływ parametrów elektrycznych na objętościową wydajność erozji /węglík U10, elektroda Z120, $F=0,64 \text{ cm}^2$ /

Na rys. 6. i 7. uwidoczniło wpływ materiałów elektrody roboczej na wydajność obrabiania w całym zakresie warunków elektrycznych. Przy drążeniu na obrabiarce LDEA 25 wyższą wydajność uzyskiwano stosując jako materiał elektrody mosiądz M 58. W próbach drążenia na drążarce EDA 35 uzyskiwano wydajność 1,6 raza większą

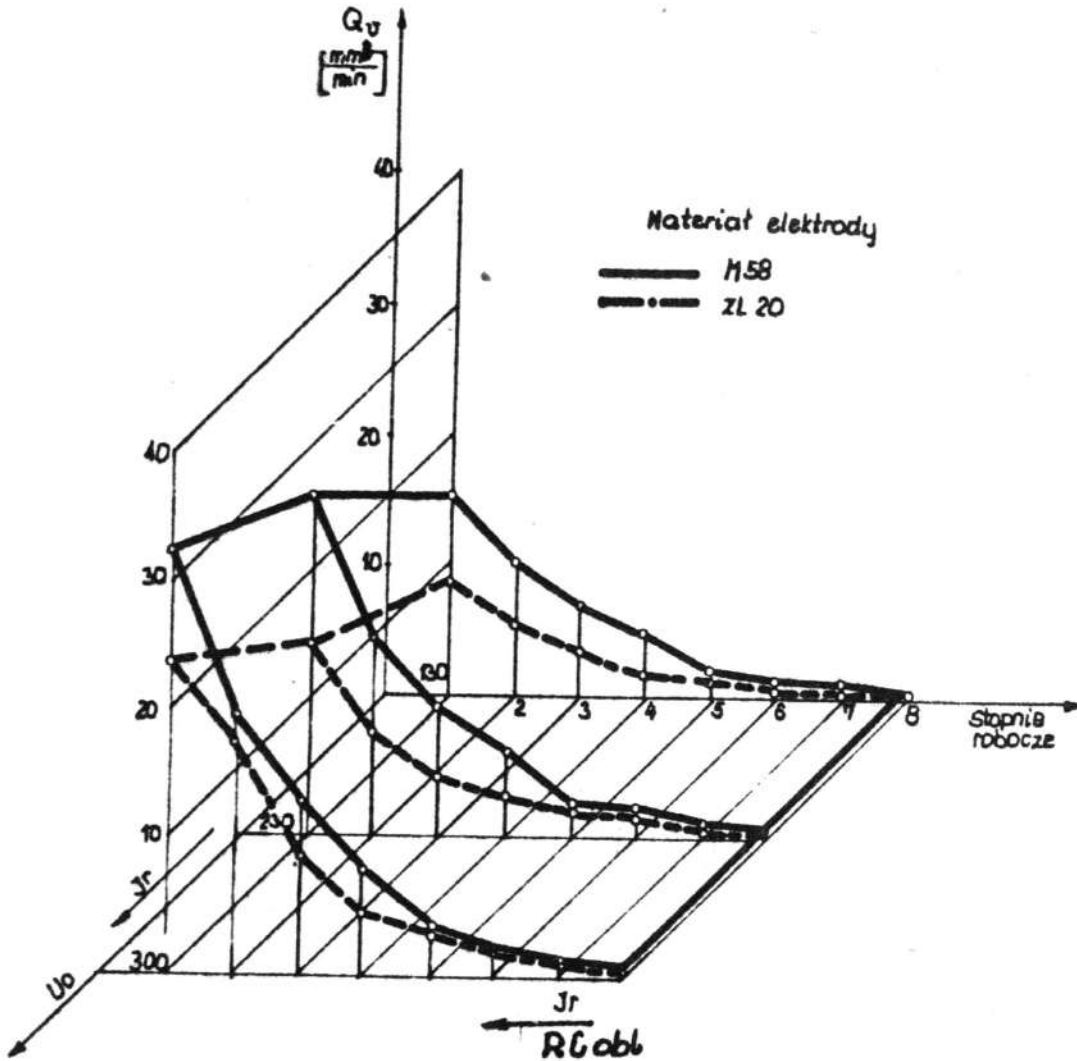


Rys. 4. Wpływ parametrów elektrycznych na objętościową wydajność erozji Q_v dla różnych materiałów drążonych na drążarce EDA 35 /^v elektroda Z1 20/

przy zastosowaniu elektrody W-Cu niż przy zastosowaniu elektrody Zl 20. Natomiast wydajność uzyskiwana przy stosowaniu elektrody W-Ag stanowi około 0,4 wydajności uzyskiwanej podczas drążenia elektrodą żeliwną. Różnice w wydajności stają się wyraźniejsze wraz ze wzrostem parametrów elektrycznych.



Rys. 5. Wpływ materiału drążonego na objętościową wydajność erozji / $U_0 = 230 \text{ V}$, elektroda Zl 20/ na drążarce EDA 25



Rys. 6. Wpływ parametrów elektrycznych i materiału elektrody roboczej na objętościową wydajność erozji przy drążeniu węgliku U 10 na drążarce EDEA 25

Obserwuje się również niewielki wpływ materiału obrabianego na współczynnik m_v /rys. 10/.

Zużywanie się elektrod roboczych w głównej mierze uzależnione jest od rodzaju materiału, z jakiego są one wykonane /rys. 11/. Zużycie elektrod W-Cu przy niektórych parametrach elektrycznych

jest około 25 razy mniejsze od zużycia elektrod W-Ag. Różna wartość współczynnika m_v dla różnych materiałów tłumaczy się niejednakowymi własnościami fizycznymi tych materiałów, a w szczególności takich, jak: temperatura topnienia, przewodność i pojemność cieplna [7].

Z własnościami tymi, różnymi dla różnych materiałów, związana jest również chropowatość powierzchni próbki po drażeniu /rys. 12/. Najistotniejszy jednak wpływ na chropowatość powierzchni mają parametry elektryczne. Wzrost energii pojedynczego wyładowania, przy niezminionej częstotliwości, powoduje wzrost wydajności dzięki tworzeniu się kraterów o większej objętości, co pociąga za sobą pogorszenie chropowatości powierzchni po drażeniu.

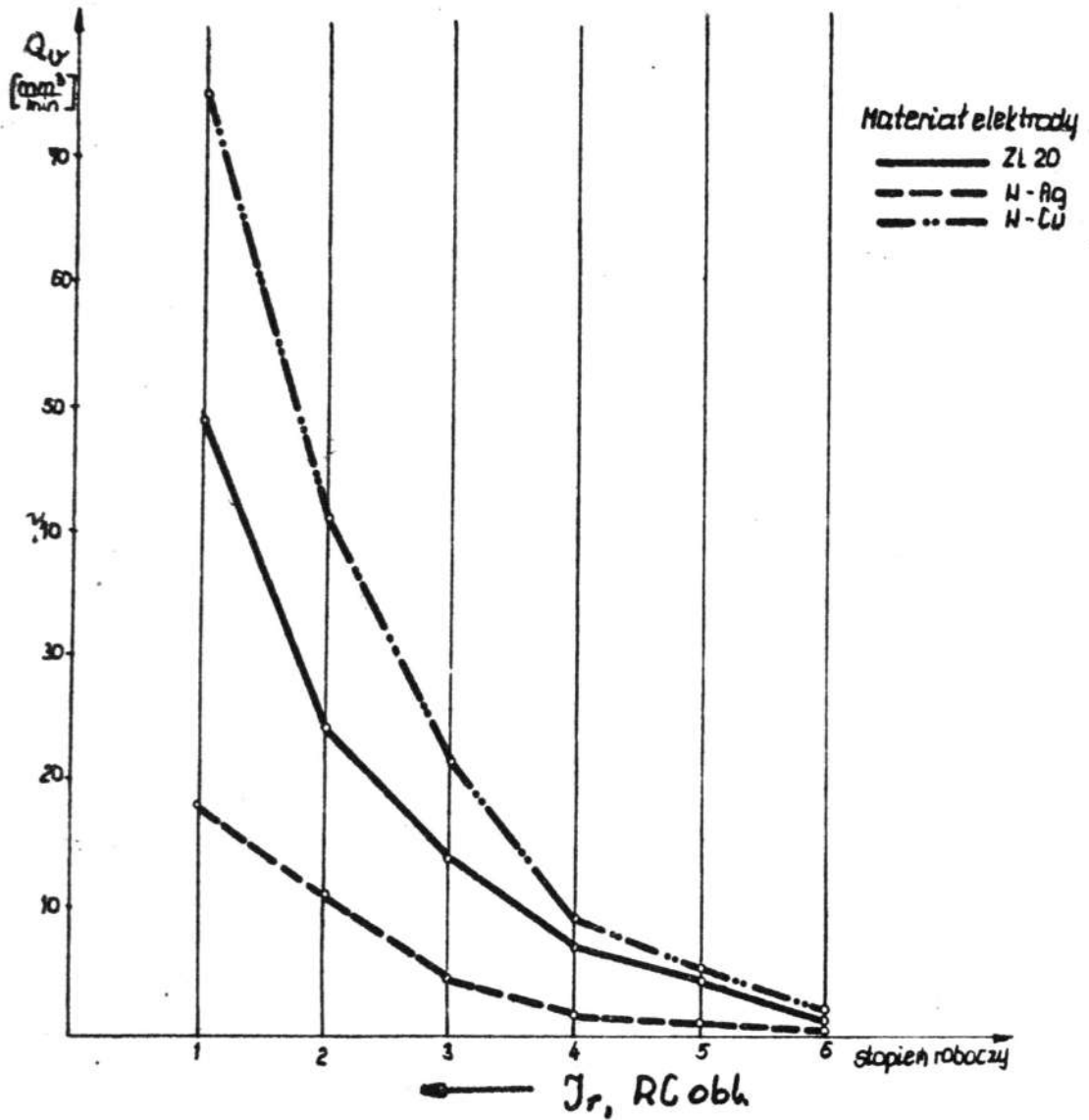
Obserwuje się również niewielki wpływ materiału elektrody roboczej na chropowatość powierzchni po drażeniu /rys. 13/.

Na wskaźniki technologiczne wpływ ma również ciecz dielektryczna [5], a także kształt elektrody roboczej [3]. W przeprowadzonych próbach czynniki te jednak przyjęto jako stałe.

Powstające w trakcie obróbki naprężenia są przyczyną powstawania mikropęknięć oraz powodują wyraźną zmianę warstwy wierzchniej w stosunku do rdzenia materiału. Powstające mikropęknięcia mogą być przyczyną zniszczenia wytworu w trakcie eksploatacji. Ich głębokość zależy od parametrów obróbki /rys. 14/ i dla niektórych wartości tych parametrów jest kilkakrotnie większa od wartości parametru chropowatości, a także większa od grubości zmienionej warstwy wierzchniej.

Wyniki badań opracowano matematycznie, stosując również metody statystyki matematycznej. Na podstawie pomiarów przeprowadzono obliczenia na LMC - ODRA 1204, które pozwoliły wyznaczyć zależności funkcyjne w badanym zakresie wraz z oceną błędów aproksymacji.

Funkcje aproksymujące wraz z sumami kwadratów odchyłek przedsta-



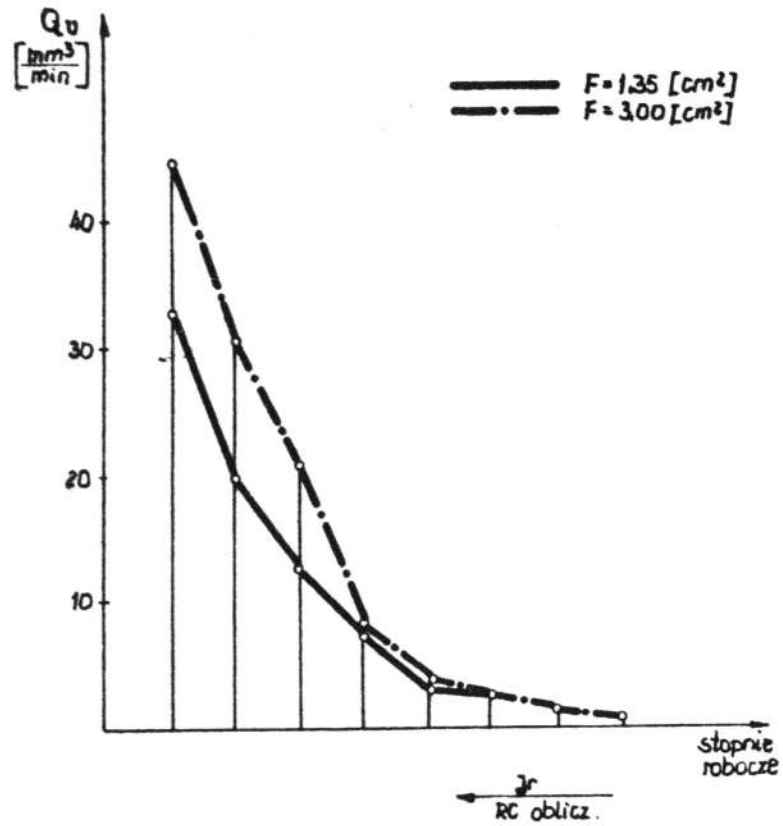
Rys. 7. Wpływ materiału elektrody roboczej na wydajność erozji Q_v przy drążeniu węgla H 20 na drążarce LDA 25

Tabela 4.

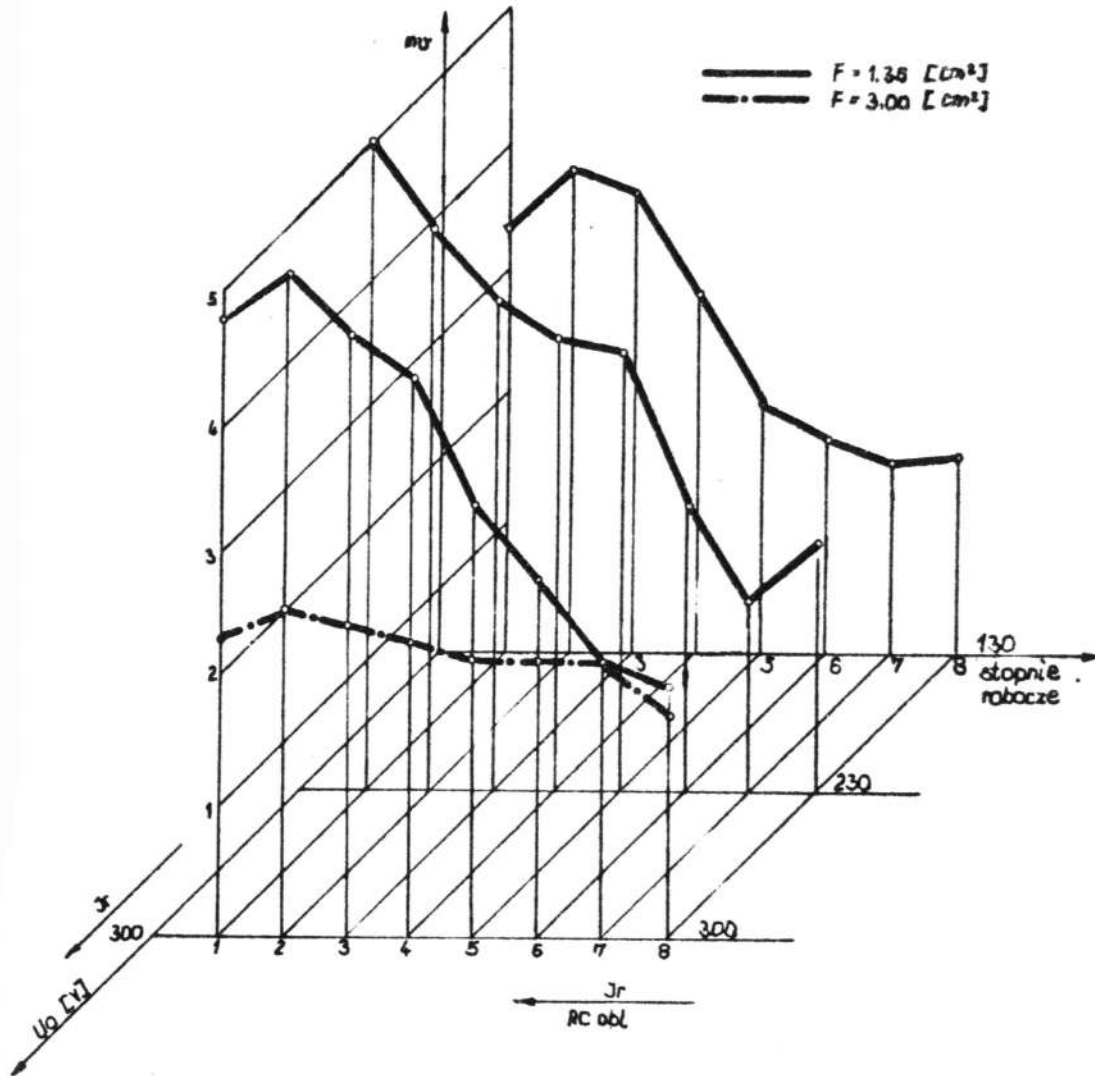
Funkcje aproksymujące oraz sumy kwadratów odchyłek

Materiał elektrody	Q _v		R _a		m _v	
	funkcja aproksymująca	s.k.o.	funkcja aproksymująca	s.k.o.	funkcja aproksymująca	s.k.o.
Zl 20	$0,60s^2 - 9,2s + 35,1$	17,2	$0,14s^2 - 2,48s + 13,9$	0,7	$-0,33s + 4,05$	1,23
M 58	$0,73s^2 - 10,8s + 40,8$	10,2	$0,06s^2 - 1,74s + 11,8$	1,6	$-0,15s + 2,47$	0,70
W-Cu	$1,27s^2 - 17,5s + 60,6$	36,0	$0,15s^2 - 2,36s + 10,7$	4,1	$-0,03s + 0,38$	0,01

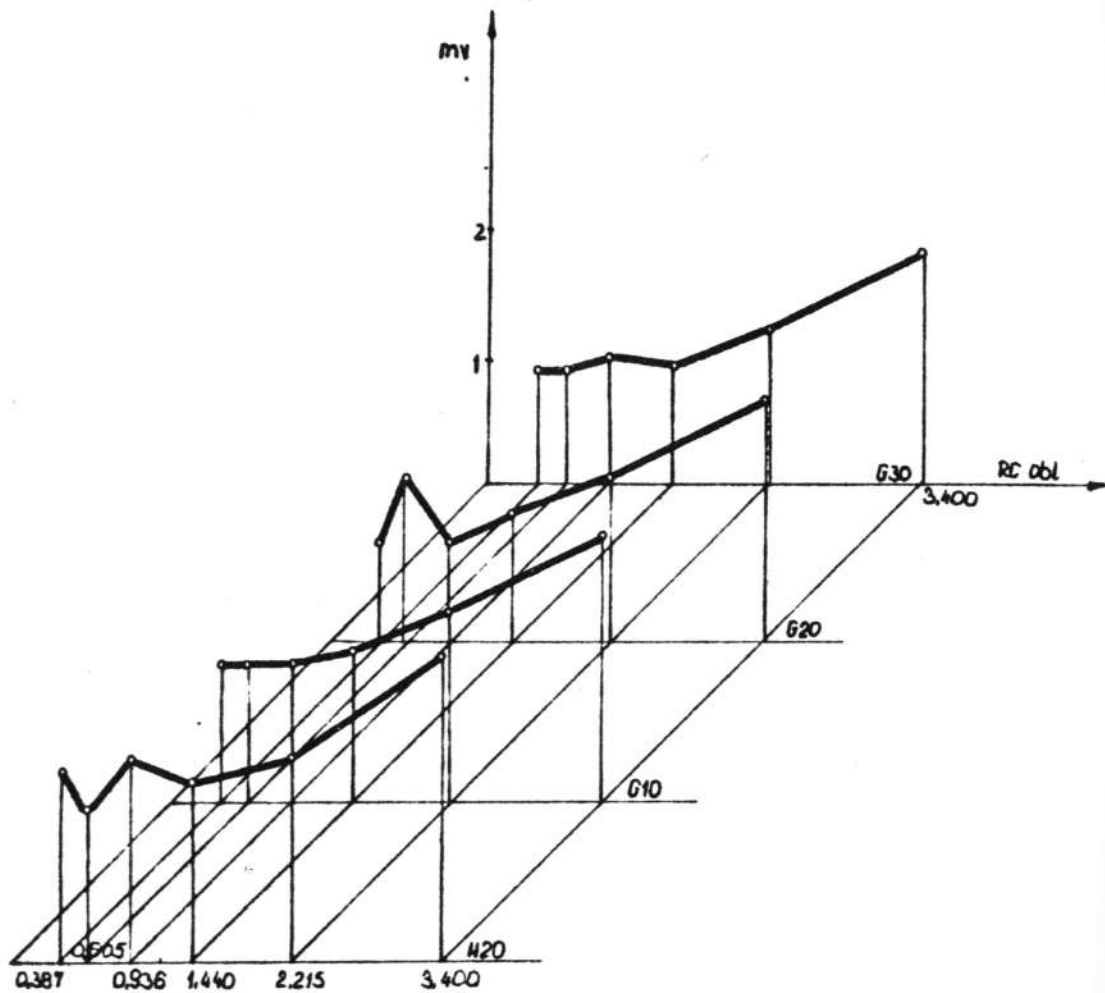
Powierzchnia graniczna $F = (-0,71s + 5,78) k_u$
Współczynniki poprawkowe dla U = 300 $k_u = 1,45$
dla U = 230 $k_u = 1,0$
dla U = 130 $k_u = 0,6$



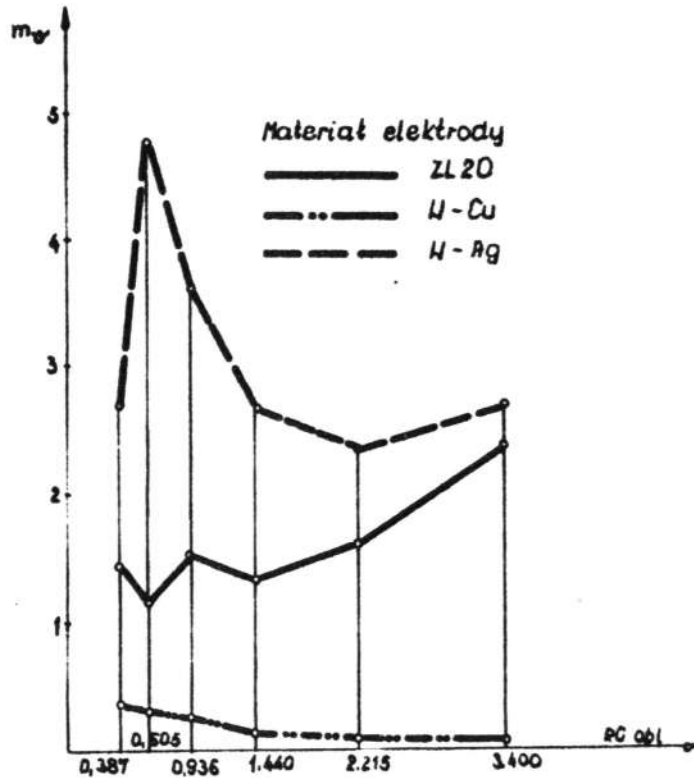
Rys. 8. Wpływ pola powierzchni elektrody roboczej na objętościową wydajność erozji /węglík U 10, elektroda M 58, $U_0 = 230 \text{ V}$ / przy drażeniu na EDEA 25



Rys. 9. Wpływ parametrów elektrycznych i pola powierzchni elektrody roboczej na względny objętościowy współczynnik zużycia elektrody /węgiel U 10, elektroda M 58/ przy drążeniu na EDEA 25



Rys. 10. Wpływ materiału obrabianego na względny objętościowy współczynnik zużycia elektrody roboczej m_v /drążarka EDA 35, elektroda Zl 20/



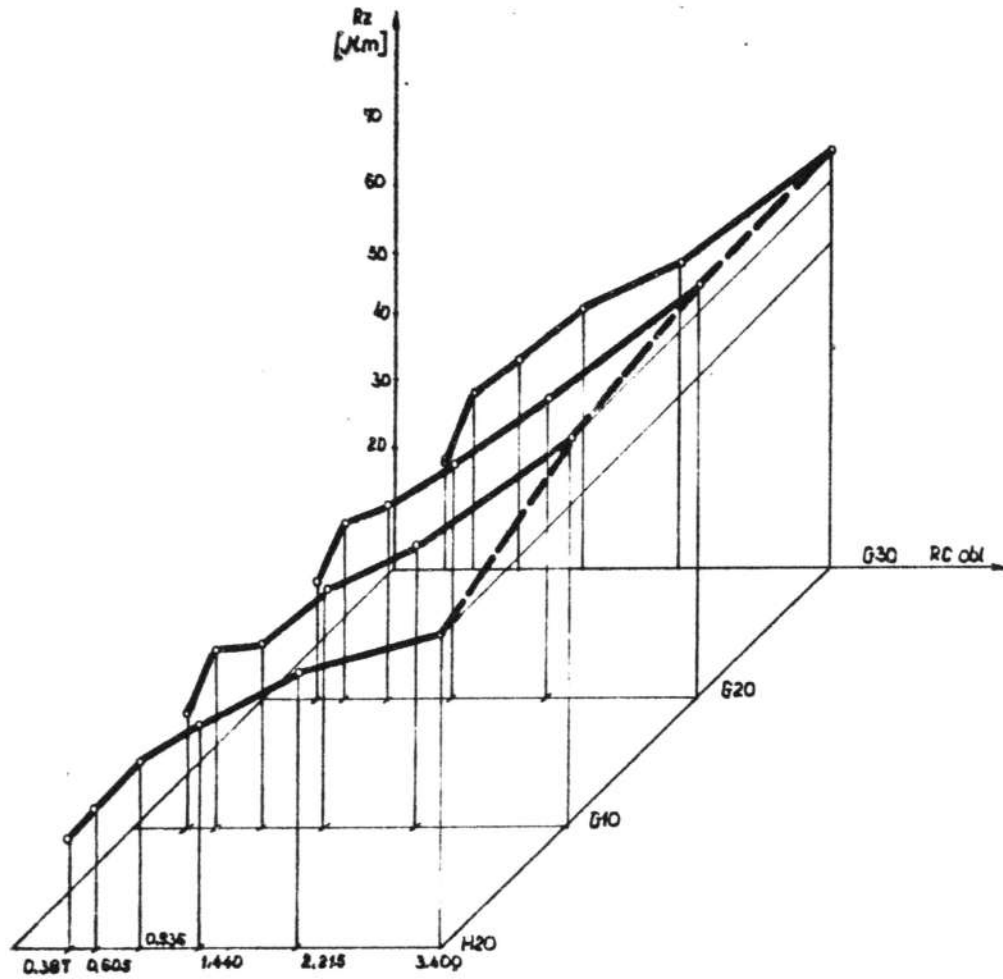
Rys. 11. Wpływ materiału elektrody roboczej na względny objętościowy wskaźnik zużycia m_v przy drążeniu węgliku H 20 na drążarce EDA 35

wiono w tabeli 4. Większość zależności /około 70%/ najdokładniej opisana jest przez funkcję paraboliczną.

W n i o s k i

Przeprowadzone badania dotyczące wpływu wybranych czynników na wskaźniki technologiczne po drążeniu węglików spiekanych, z uwzględnieniem literatury z zakresu tematyki, pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

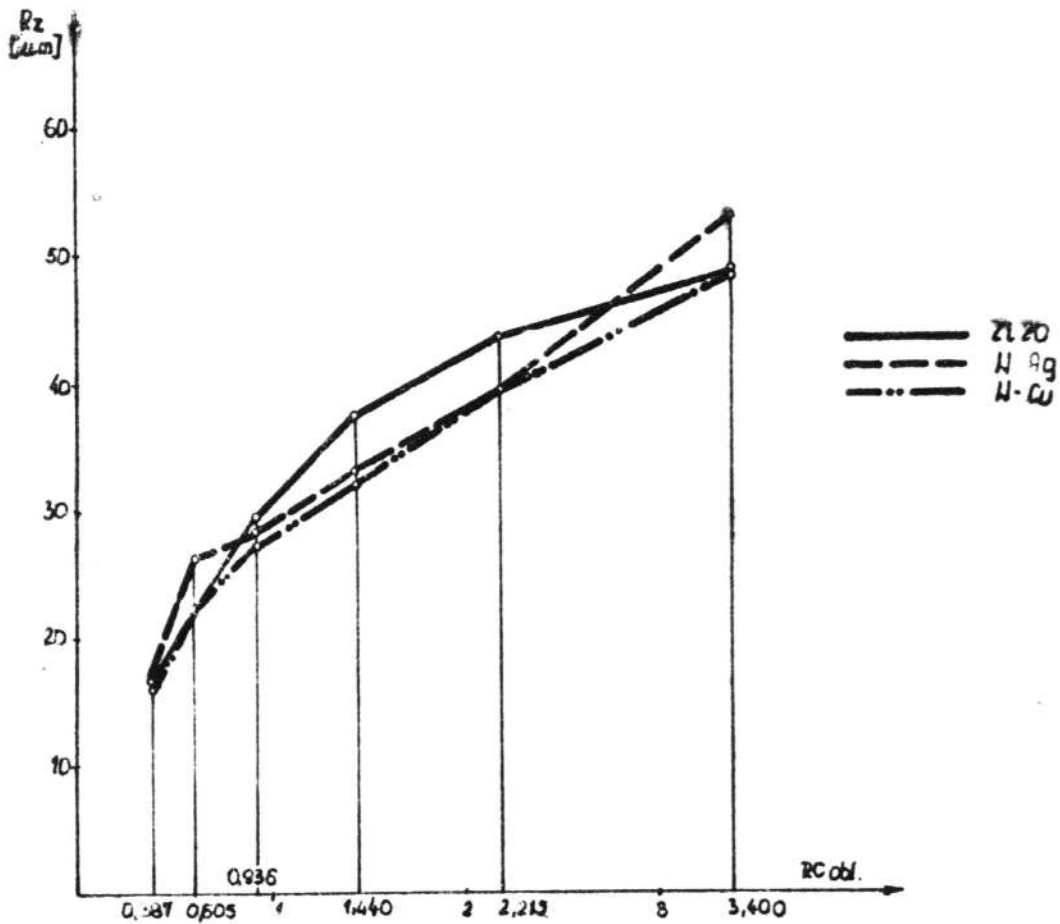
1. Na przebieg procesu erozji elektrycznej i związane z tym wskaźniki technologiczne ma wpływ wiele czynników, z których



Rys. 12. Wpływ parametrów elektrycznych na chropowatość powierzchni przy drążeniu elektrody Z1 20, na drążarce EDA 25

najważniejsze to parametry elektryczne i rodzaj materiału elektrody roboczej.

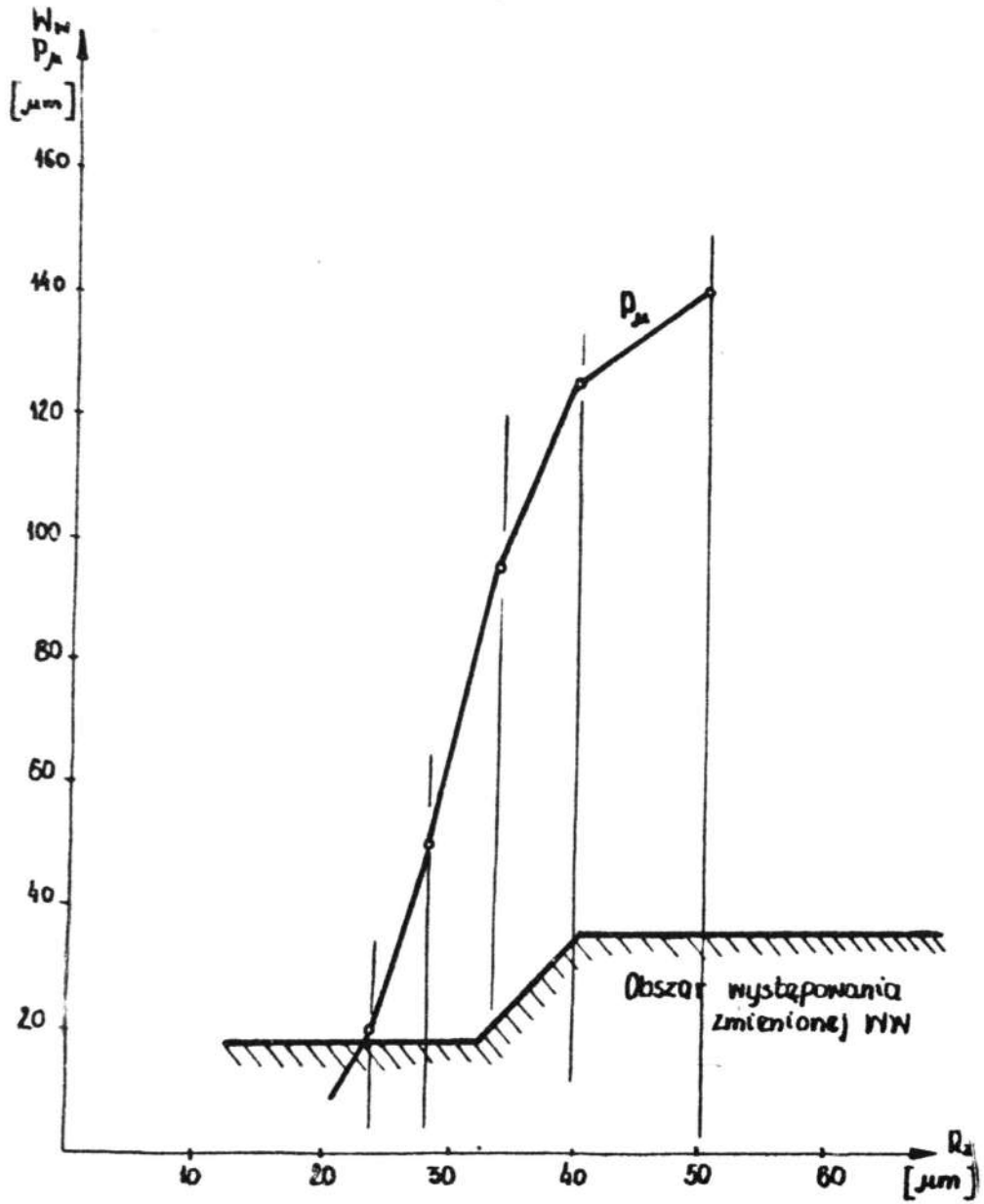
2. Parametry elektryczne w sposób istotny wpływają na objętościową wydajność erozji, chropowatość powierzchni przy drążeniu oraz na zużycie elektrody roboczej.
3. Rodzaj materiału elektrody roboczej i jego własności fizyko -



Rys. 13. Wpływ materiałów elektrody roboczej na chropowatość powierzchni przy drążeniu węgla H 20 na drążarce LDA 35

chemiczne w sposób decydujący wpływają na zużycie elektrody roboczej, a także na pozostałe wskaźniki technologiczne.

4. Ze względu na uzyskiwane wskaźniki technologiczne najkorzystniejszym materiałem na elektrody robocze jest spiek W-Cu.



Rys. 14. Głębokość pęknięć na kolejnych stopniach oraz obszar występowania zmienionej warstwy wierzchniej

L i t e r a t u r a

- [1] Albiński K., Badania wskaźników technologicznych obróbki elektroiskrowej, prace IOS nr 4/1959
- [2] Albiński K., Zasada i zakres zastosowania obróbki elektroiskrowej, Materiały Instruktażowe IOS nr 53/1965
- [3] Berkan J., Badanie wpływu kąta naroża elektrody roboczej na wybrane wskaźniki technologiczne obróbki elektroerozyjnej otworów kształtowych przelotowych, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków 1973
- [4] Bielski I., Badania wpływu materiału elektrod na wskaźniki technologiczne obróbki elektroiskrowej, Zeszyty Naukowe ATR Mechanika, Bydgoszcz 1975
- [5] Fiema L., Badania doświadczalne cieczy dielektrycznych dla drążarek elektroerozyjnych, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Sekcja IV, Kraków 1973
- [6] Kaczmarek J., Podstawy obróbki wiórowej, ściernej i erozyjnej, WNT, Warszawa 1971
- [7] Mucha J.M., Samsonow G.W., Teoria i technologia wytwarzania materiałów na elektrody - narzędzia do obróbki elektroerozyjnej, Metalurgia Proszków 1969
- [8] Volk W., Statystyka stosowana dla inżynierów, WNT, Warszawa 1973