

Charakterystyki wydajnościowe bloku prądowego

BP97Bpp



Zakład Automatyki Przemysłowej B.P.

99-300 Kutno,
Kuczków 13,
fax.: 024 253 74 46,
tel.: 024 254 63 66.

26-200 Końskie,
ul. Młyńska 16,
fax.: 041 372 79 29,
tel.: 041 372 74 75.
zapbp.com.pl

SPIS TREŚCI

1	Stosowane oznaczenie	3
2	Parametry	3
3	Materiał na elektrodę.....	3
3.1	Ogólna charakterystyka.....	3
3.2	Gatunki	5
4	Charakterystyki wydajnościowe	5
5	Charakterystyki zużycia elektrody	11
6	Chropowatość powierzchni	15
7	Ustawienie parametrów pracy	17

1 STOSOWANE OZNACZENIE

I – prąd [A],
T_i – czas impulsu [μs],
t_p – czas przerwy pomiędzy impulsami [μs],
P – próg pracy [%],
z – próg zwarcia [%],
V – wydajność obróbki,
R_a – chropowatość powierzchni,
Z_e – zużycie elektrody,
S_b – szczelina boczna,
h – zadana głębokość drążenia.

2 PARAMETRY

Parametry „efektu”, takie jak: wydajność obróbki, chropowatość powierzchni, zużycie elektrody oraz wielkość szczeliny bocznej, ściśle zależą od:

- a) Parametrów pracy maszyny, takich jak:
 - a. Wielkość prądu,
 - b. Czas impulsu,
 - c. Czas przerwy pomiędzy impulsami,
 - d. Próg pracy,
 - e. Próg zwarcia,
- b) Efektywności odprowadzania ze szczeliny produktów erozji oraz gazów generujących się w trakcie procesu,
- c) Rodzaju materiału z którego wykonana jest elektroda,
- d) Rodzaju materiału z którego wykonana jest eroda.

3 MATERIAŁ NA ELEKTRODĘ

3.1 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA

Tabela 3-1

	Miedź (Cu)	Grafit (C)
Temperatura topnienia [°C]	1083	3600
Gęstość [kg/m ³]	8,96x10 ⁻⁹	1,6-1,9 x10 ⁻⁹
Ciepło właściwe [J/(kg*K)]	386	507
Rozszerzalność cieplna [10 ⁻⁶ /K]	16-18	2-6
Przewodność cieplna [W/mK]	400	90-140
Rezystywność [μΩm]	0,016-0,02	10-20

Z Tabela 3-1, w odniesieniu do obróbki EDM, płyną następujące wnioski:

Tabela 3-2

	Miedź (Cu)	Grafit (C)
Temperatura topnienia [°C]	Aby nie dopuścić do nadmiernego zużywania się (nadtapiania się) elektrody gęstość płynącego przez nią prądu nie powinna	Wysoka temperatura topnienia zapewnia większą odporność (niż miedź) na zużywanie się elektrody pod wpływem oddziaływania na nią pików prądu jonowego, umożliwiając tym samym

	przekraczać $J=10A/cm^2$.	wykorzystanie prądu elektronowego do erodowania materiału obrabianego (uzyskanie wysokiej wydajności drążenia),
Gęstość [g/cm^3]	Duża waga elektrody.	Niska waga elektrody. Łatwość obróbki.
Rozszerzalność cieplna [$10^{-6}/K$]	Niska stabilność wymiarowa elektrody przy dużych temperaturach.	Duża stabilność wymiarowa elektrody przy dużych temperaturach.
Przewodność cieplna [W/mK]	Niska podatność na przypalenia ¹ .	Podatność na przypalenia.
Rezystywność [$\mu\Omega m$]	Niska strata mocy, dzięki czemu możliwe jest wysokie punktowe skupienie wyładowania, przekładające się na zwiększenie wydajności drążenia.	Wysoka rezystywność -> wysoki spadek napięcia -> wysoka strata mocy wyładowania -> spadek wydajności.

¹ Wokół kanału plazmowego, powstającego po zainicjowaniu wyładowania, powstaje bąbelek gazu składający się z lekkich frakcji węglowodorowych. Po zakończeniu wyładowania następuje podział bąbelka na dwie części skupione na powierzchniach elektrody i erody. Różnica ciśnień pomiędzy wnętrzem bąbelków, a otoczeniem spowoduje ich implozyjne zamknięcie, czemu towarzyszy wyrzucenie roztopionego materiału erody do dielektryka. Niska przewodność cieplna elektrody (słaby odbiór ciepła z otoczenia) wpływa na wydłużenie czasu istnienia wspomnianych bąbelków oraz wydłużenie czasu schłodzenia otaczającego dielektryka do temperatury poniżej 240°C (spadek poniżej tej temperatury jest konieczny dla prawidłowego przebiegu procesu), co z kolei zwiększa ilość gazowych produktów erozji w otoczeniu zrealizowanego wyładowania. Przypalenie jest to proces odkładania się ciężkich łańcuchów węglowodorowych na powierzchni materiału obrabianego w wyniku rozpalenia niegasnącego łuku plazmowego. Objawia się ono emitowaniem jaskrawego światła spod elektrody. Efektem przypalenia jest trudno usuwalny zgorzel oraz uszkodzona powierzchnia drążonego gniazda (pod zgorzelą pojawia się znacznej wielkości zagłębienie). Rozpalenie niegasnącego łuku plazmowego następuje w wyniku pojawienia się serii wyładowań w otoczeniu gazowych produktów erozji (jest to możliwe przy niskiej efektywności płukania lub nieprawidłowo zaprojektowanej elektrodzie). W otoczeniu innym niż ciekłego dielektryka występuje problem z zamknięciem łuku, co przy zbyt krótkim czasie przerwy (brak czasu na zamknięcie łuku), skutkuje pojawieniem się przypalenia.

3.2 GATUNKI

Tabela 3-3

	M1E (Cu 99.9%, Bi 0.0005%, Pb 0.005%, O ₂ 0.04%)	EDM-3 (HK-3)	EDM1 (HK-75)	EDM200 (HK-20)	EDM-C200 (HK-2C)
Zastosowanie	Ogólne.	Stosowany do najbardziej wymagającej obróbki. Zalecany na żebra o grubości poniżej 1 mm.	Stosowany do obróbki wykańczającej i precyzyjnych prac. Zalecany na żebra o grubości ok. 1 mm.	Stosowany do obróbki wstępnej, zgrubnej i drążenia dużych powierzchni.	Stosowany do obróbki bardzo twardych materiałów, np. beryl, brąz.
Gęstość [g/cm ³]	8,9	1,78 (1,84)	1,66 (1,82)	1,82 (1,86)	-
Rozszerzalność cieplna [10 ⁻⁶ /K]	17,7	-	-	-	-
Rezystywność [μΩm]	0,016	15,6 (15,5)	19,3 (16,5)	14,7 (12)	2,9
Średnia wielkość ziarna [μm]	-	<3 (2)	<5 (4)	10 (6)	6-8

4 CHARAKTERYSTYKI WYDAJNOŚCIOWE

Poniższe wykresy przedstawiają zależność wydajności drążenia od czasu impulsu dla elektrod o tych samych gabarytach, wykonanych z miedzi i grafitu. Wyniki zostały znormalizowane do sytuacji prowadzenia pracy ciągłej (bez wykorzystania okresowego podrywania elektrody). Ogólne wnioski płynące z ich analizy:

- a) Wzrost wartości prądu powoduje wzrost wydajności,
- b) Wzrost wartości czasu impulsu powoduje wzrost wydajności, aż do osiągnięcia pewnego maksimum,
- c) Zakres wartości czasu impulsu w jakim uzyskiwane są najwyższe wydajności dla poszczególnych nastaw prądu to:
 - a. Dla miedzi $T_i = \langle 200; 550 \rangle \mu s$,
 - b. Dla grafitu $T_i = \langle 160; 280 \rangle \mu s$,
 - c. Dla grafitu z odwróconą polaryzacją $T_i = \langle 200; 400 \rangle \mu s$,
- d) Aby uzyskać dużą wydajność drążenia, przy zastosowaniu grafitu, należy odwrócić polaryzację końcówek mocy generatora. W przypadku grafitu wykorzystywany jest strumień elektronowy do erodowania materiału obrabianego, w przypadku miedzi: jonowy.
- e) Dla tych samych warunków pracy najwyższą wydajność drążenia możemy uzyskać przy pomocy elektrody grafitowej (z zastosowaniem odwróconej polaryzacji). Wynika z tego, że:
 - a. Prąd elektronowy ma większe możliwości „erozyjne” (niesie za sobą więcej energii), niż prąd jonowy,
 - b. Grafit umożliwia wykorzystanie prądu elektronowego do erodowania materiału obrabianego ze względu na własną wysoką temperaturę topnienia co, czyni go bardziej odpornym (niż miedź) na piki prądu jonowego.

- f) Grafit o mniejszej rezystywności (lepsze przewodzenie prądu) cechuje się możliwością uzyskania większej wydajności drążenia ze względu na większą moc wyładowania (wyjaśnia to stosowanie grafitów impregnowanych miedzią w procesie drążenia materiałów trudno obrabialnych takich jak beryl czy brąz),

Obserwacje dla przypadku standardowej polaryzacji przy zastosowaniu elektrod wykonanych z grafitu:

- a) Uzyskiwanie bardzo niskiej wydajności przy dużej podatności na przypalenia,
- b) Grafit impregnowany miedzią przy stosowaniu długich czasów impulsów (powyżej 300 μ s) ulega nadmiernemu łuszczeniu się (wynika to z wytapiania się miedzi ze struktury materiału elektrody).

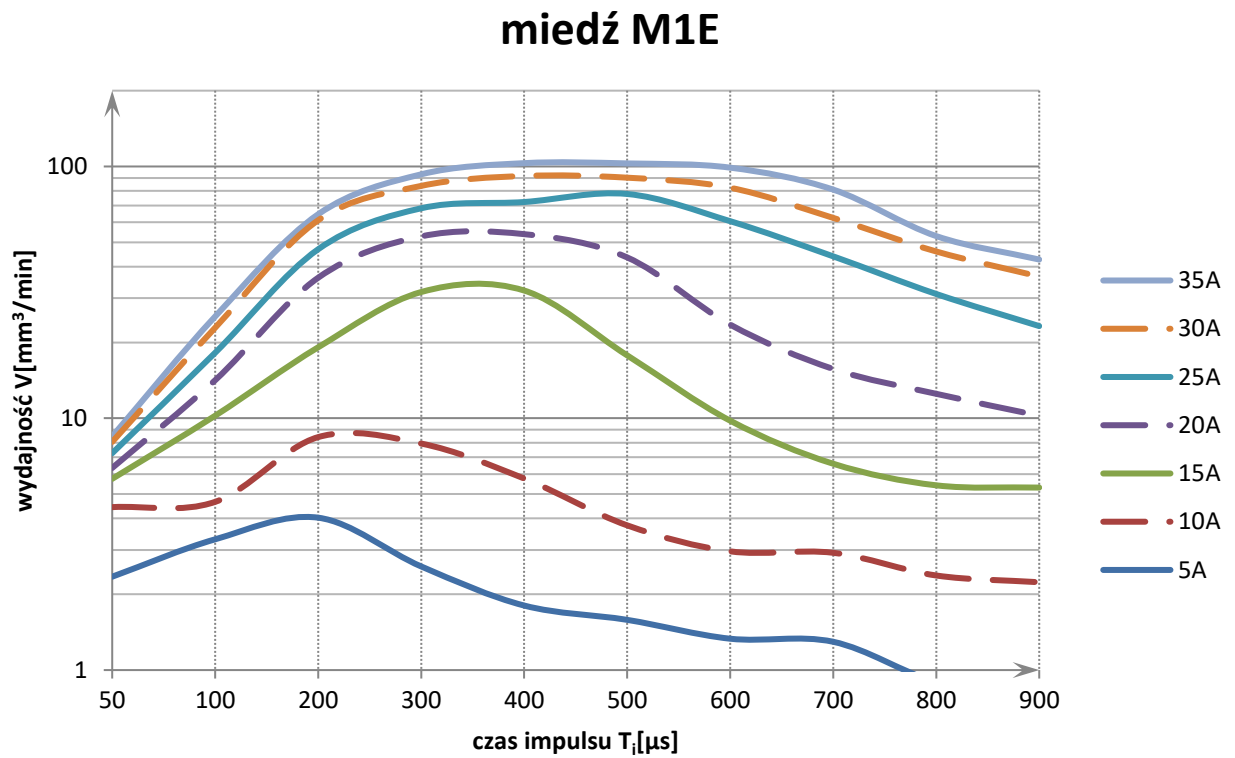
Obserwacje dla przypadku odwróconej polaryzacji przy zastosowaniu elektrod wykonanych z grafitu:

- a) Duże zużycie elektrody (około 20%), bez względu na zastosowane nastawy,
- b) „Przylejanie się” warstw grafitu do materiału przy zastosowaniu niskiego prądu <10A oraz długiego czasu impulsu >400 μ s.
- c) Grafit o mniejszym ziarnie cechuje się lepszą przewodnością cieplną, co skutkuje mniejszą podatnością na przypalenia,
- d) Im wyższy prąd drążenia, tym:
 - a. Wyższa wydajność obróbki,
 - b. Nieznaczny spadek zużycia elektrody,
 - c. Konieczność wydłużenia czasu przerwy dla zachowania optymalnej temperatury dielektryka w szczelinie (w przypadku zbyt krótkiego czasu przerwy należy spodziewać się dużej podatności procesu na przypalenia). Zaleca się stosować następującą korelację:

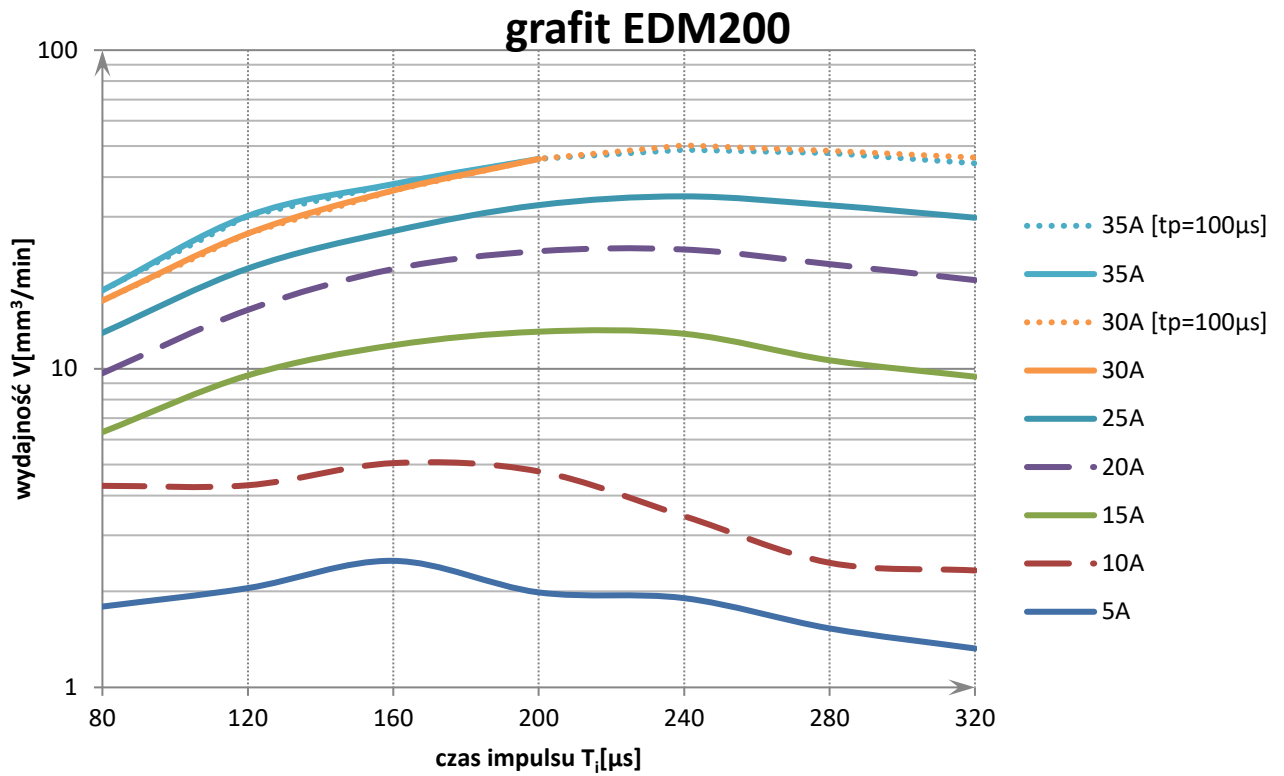
Prąd [A]	Czas przerwy [μ s] (minimum)
10	80
15	100
20	120
25	140
30	160
35	180

Materiał obrabiany: **stal**
Dielektryk: **nafta kosmetyczna**
Elektroda: **pręt o średnicy $\varnothing 16$ ($S=200\text{mm}^2$)**
Inne parametry: $t_p=50[\mu\text{s}]$, $P=10[\%]$, $z=50[\%]$

Wykres 1



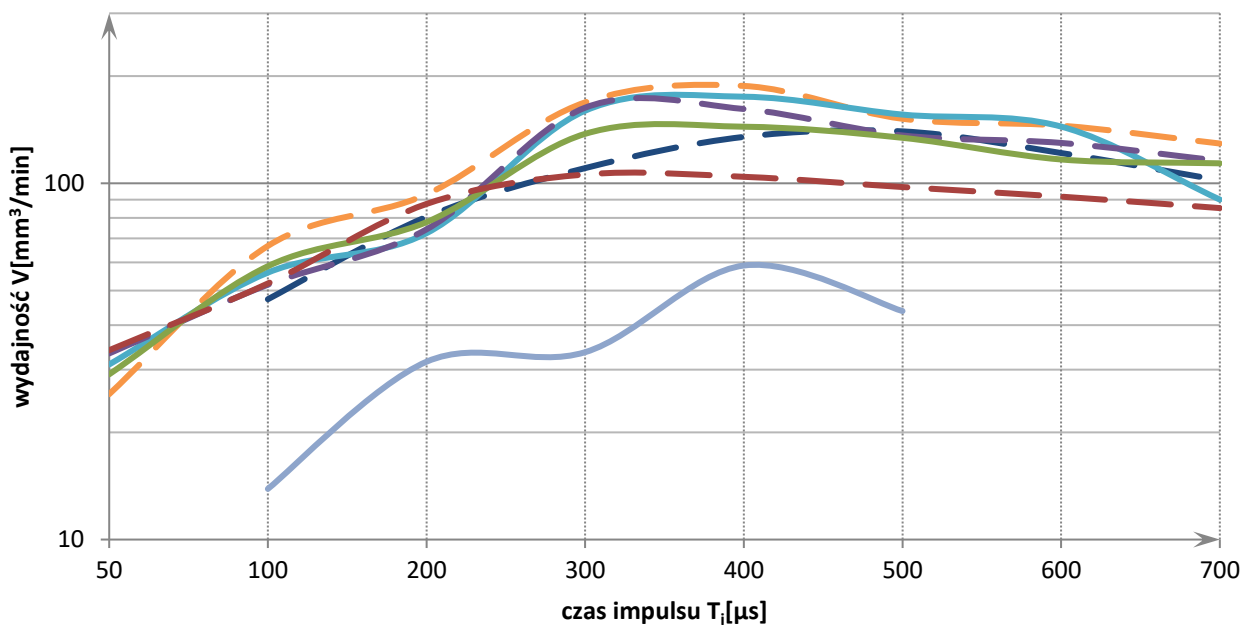
Wykres 2



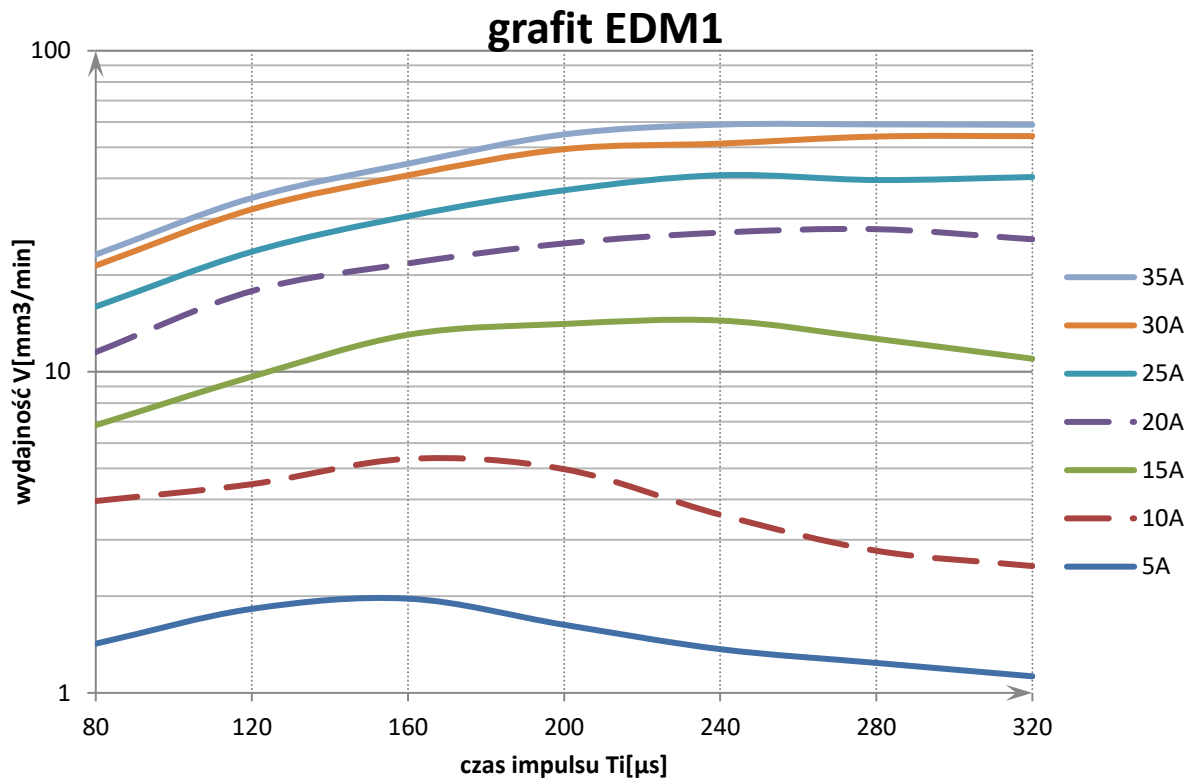
Wykres 3

grafit EDM200 (odwrócona polaryzacja)

- 45A [tp=150μs, h=2,5mm]
- 30A [tp=100μs, h=2,5mm]
- 20A [tp=70μs, h=2mm]
- 10A [tp=50μs, h=1mm]
- 30A [tp=100μs, h=2mm, S=28mm²]
- 25A [tp=70μs, h=2,5mm]
- 15A [tp=50μs, h=1,5mm]



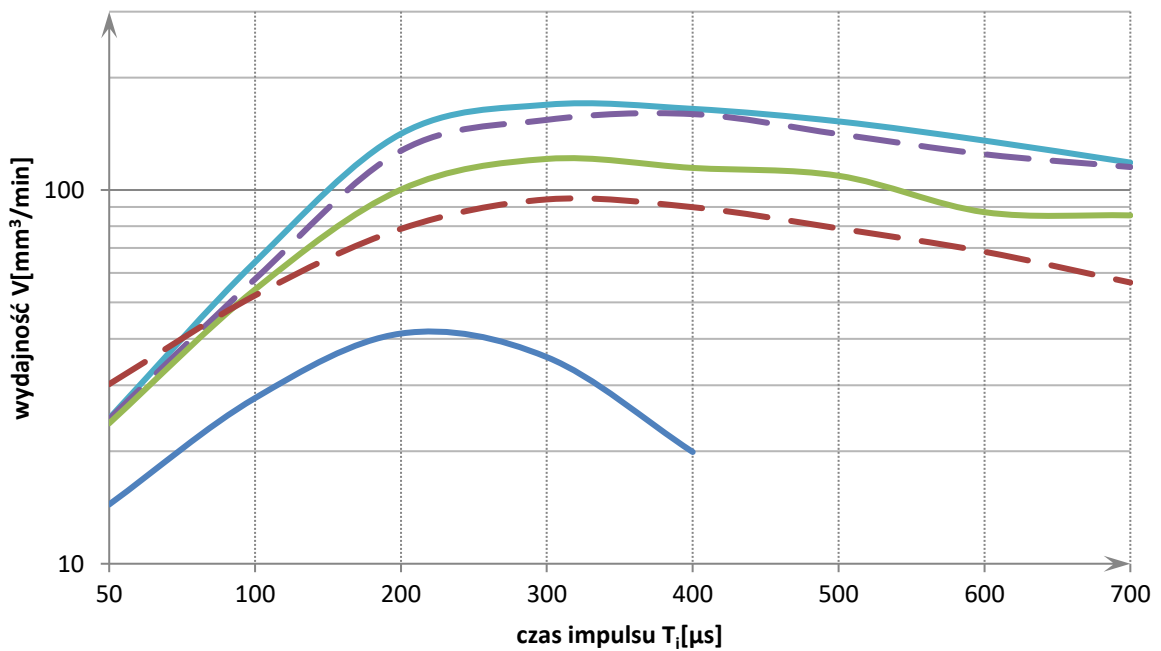
Wykres 4



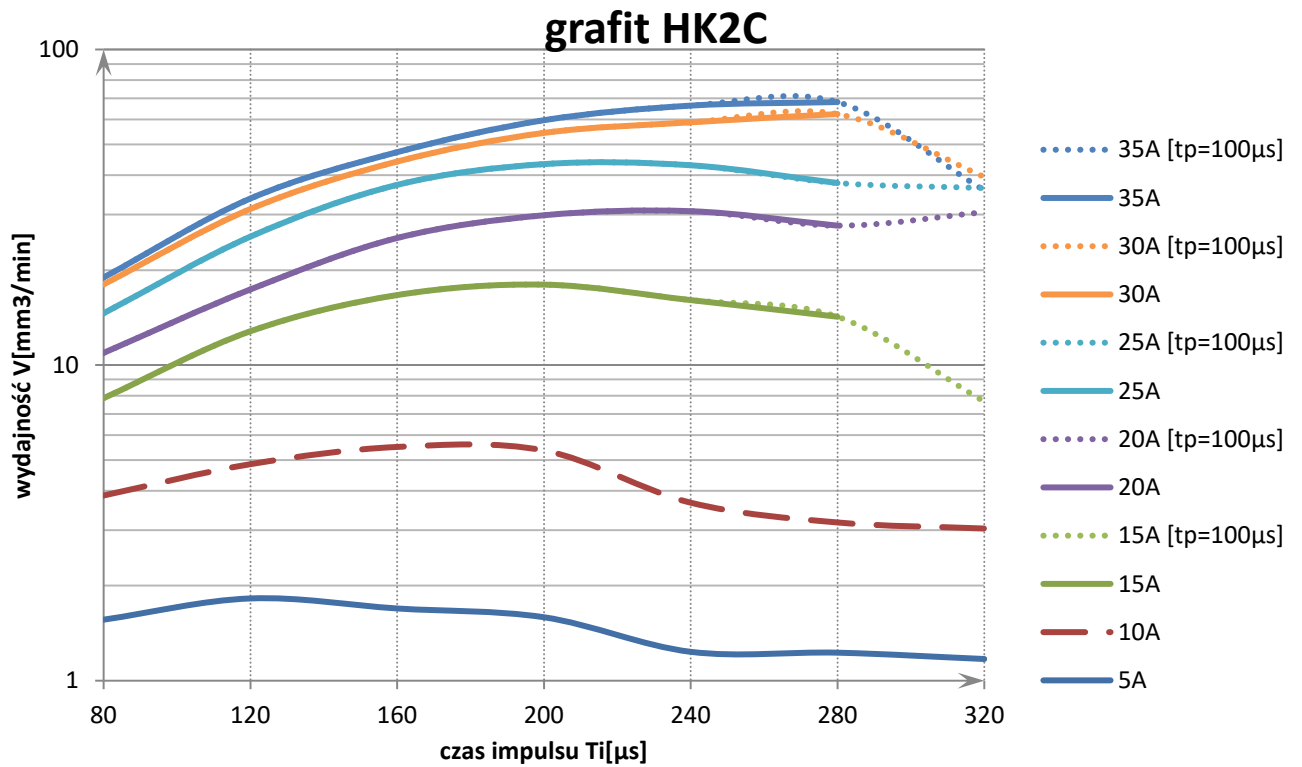
Wykres 5

grafit EDM1 (odwrócona polaryzacja)

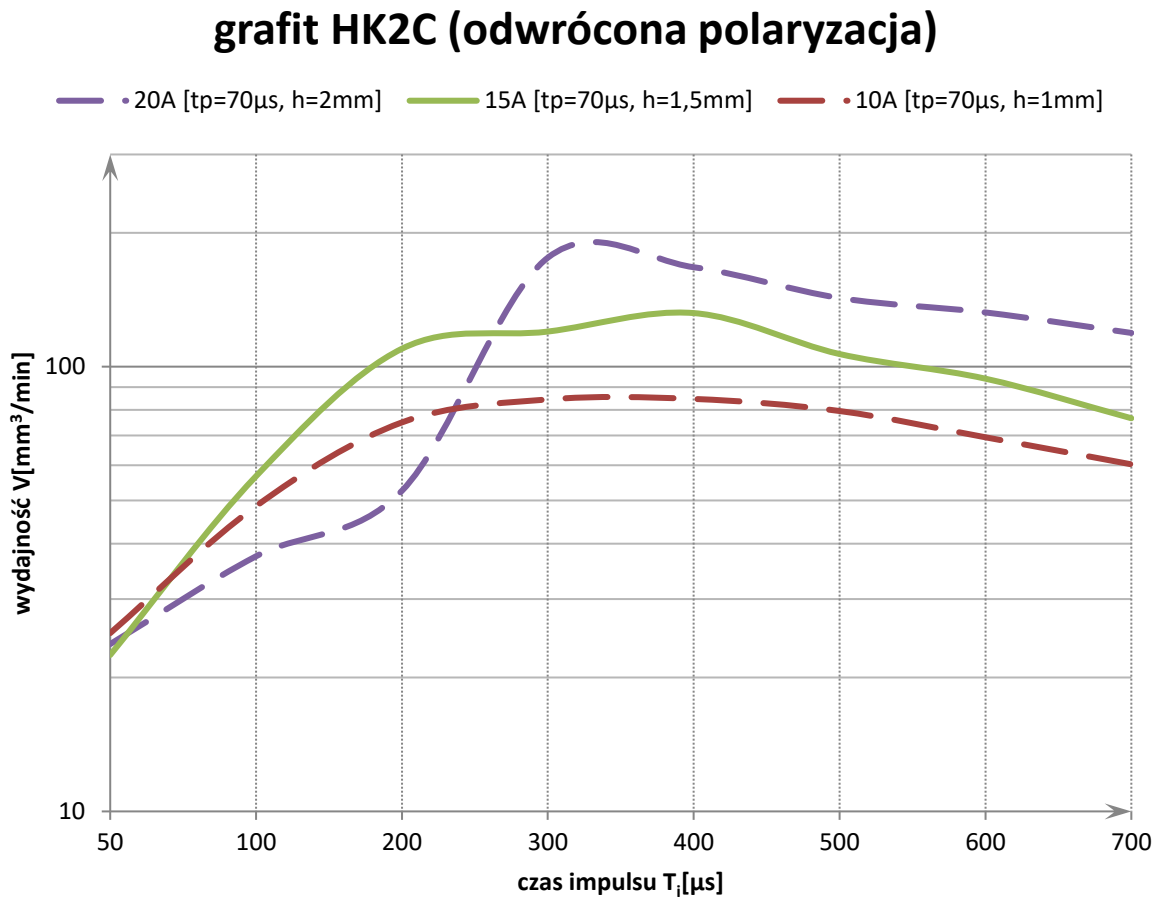
- 25A [tp=120μs, h=2,5mm] - 20A [tp=100μs, h=2mm]
- 15A [tp=70μs, h=1,5mm] - 10A [tp=70μs, h=1mm]
- 6A [tp=70μs, h=1mm]



Wykres 6



Wykres 7



5 CHARAKTERYSTYKI ZUŻYCIA ELEKTRODY

Zużycie elektrody, w przypadku miedzi, zależy od:

- ilości wyładowań niezbędnych do wyrodowania danej objętości (im mniej pojawi się wyładowań, tym zużycie elektrody będzie mniejsze,
- topienia się materiału elektrody, wynikającego z niedopasowania gęstości prądu płynącego przez elektrodę do jej możliwości odebrania ciepła.

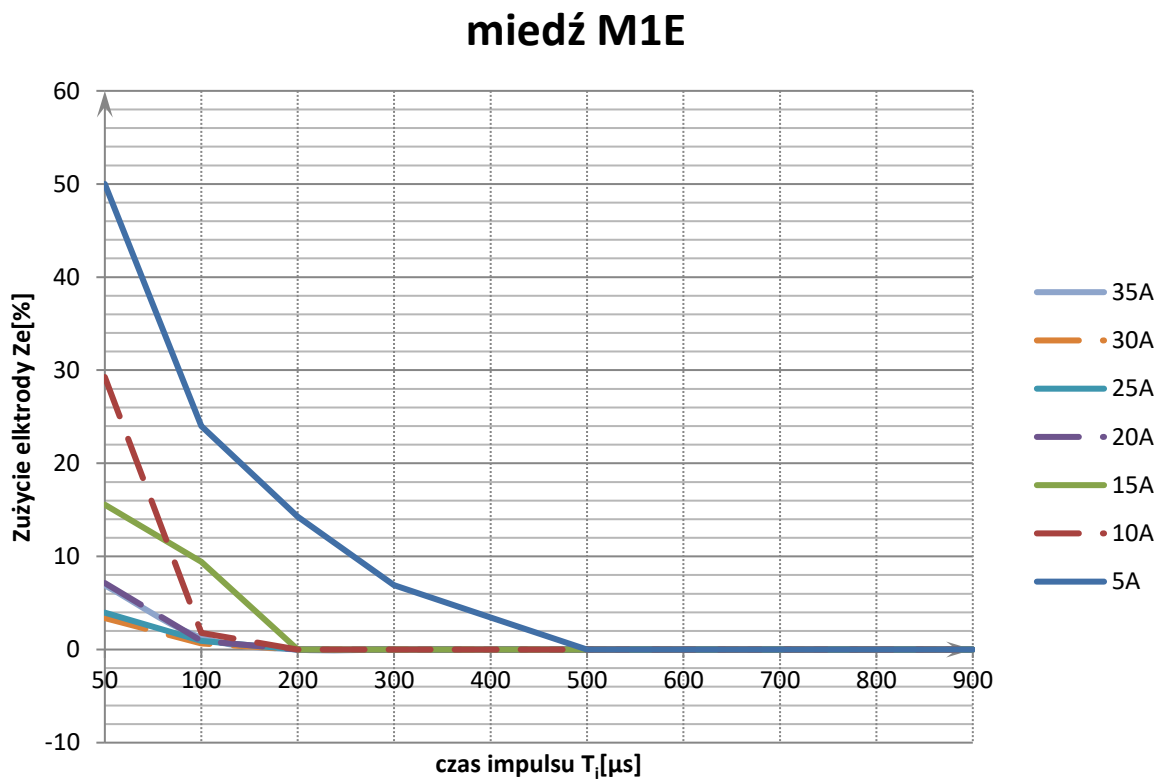
Materiał obrabiany: **stal**

Dielektryk: **nafta kosmetyczna**

Elektroda: **pręt o średnicy $\varnothing 16$**

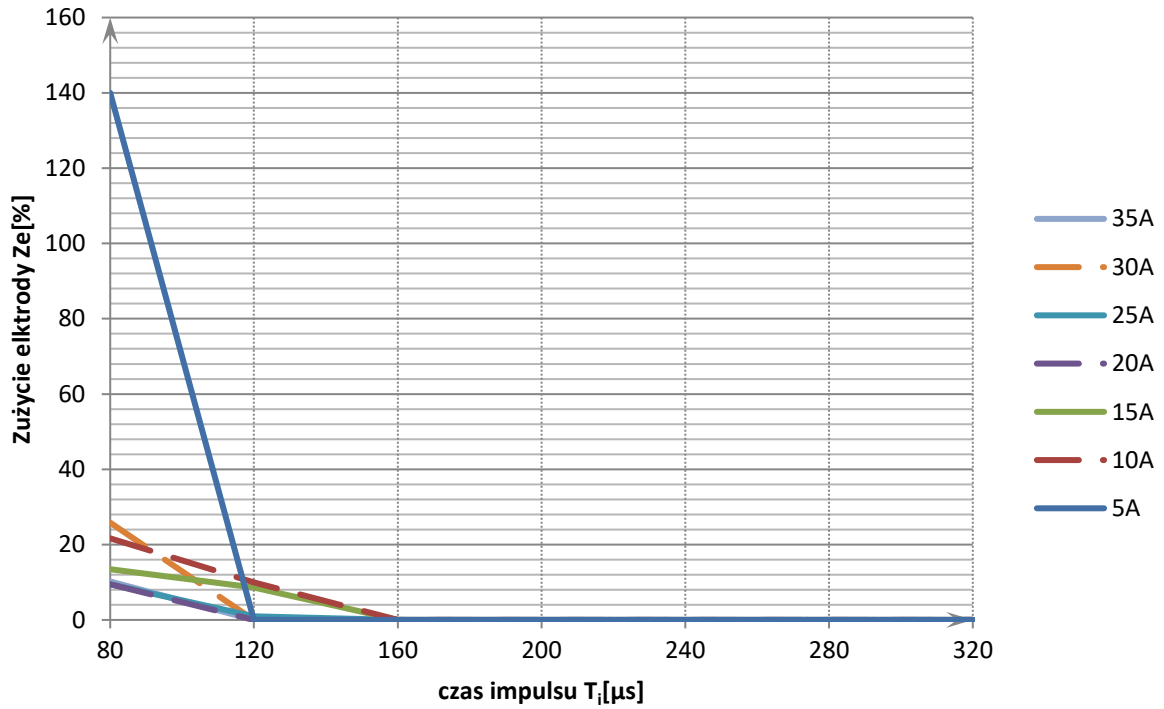
Inne parametry: $t_p=50[\mu s]$, $P=10[\%]$, $z=50[\%]$

Wykres 8



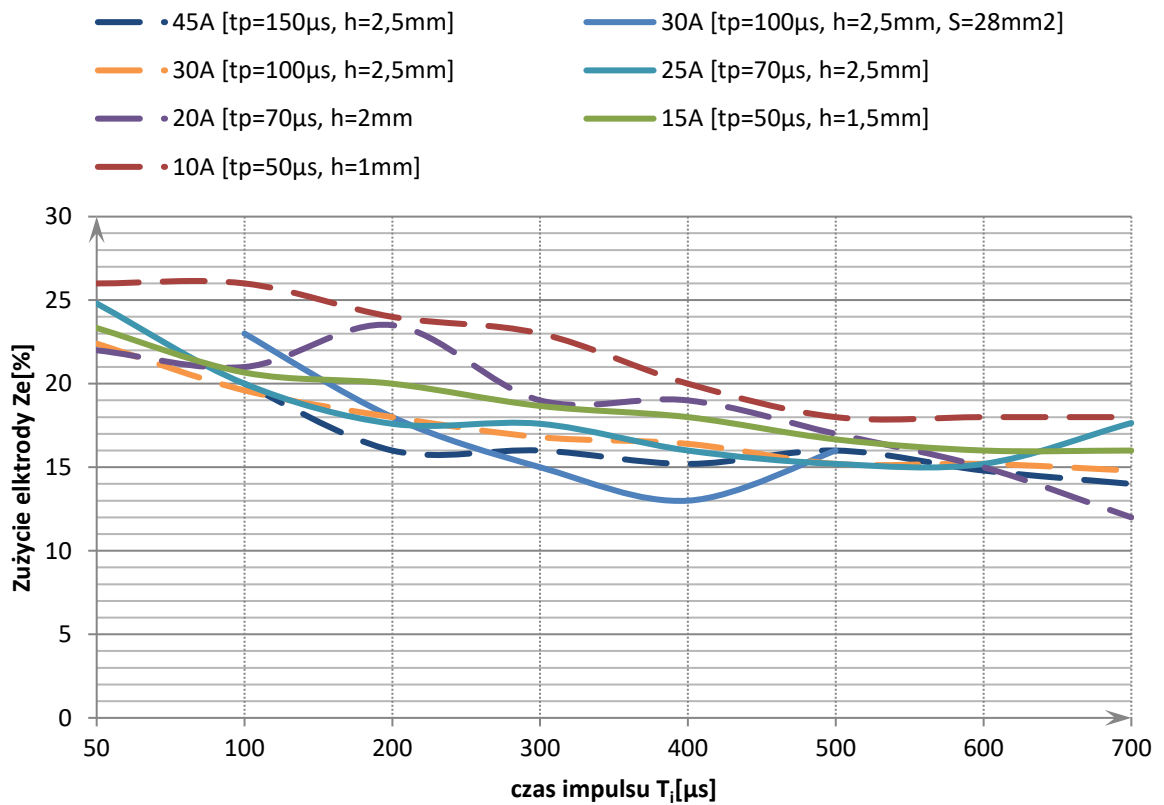
Wykres 9

grafit EDM200



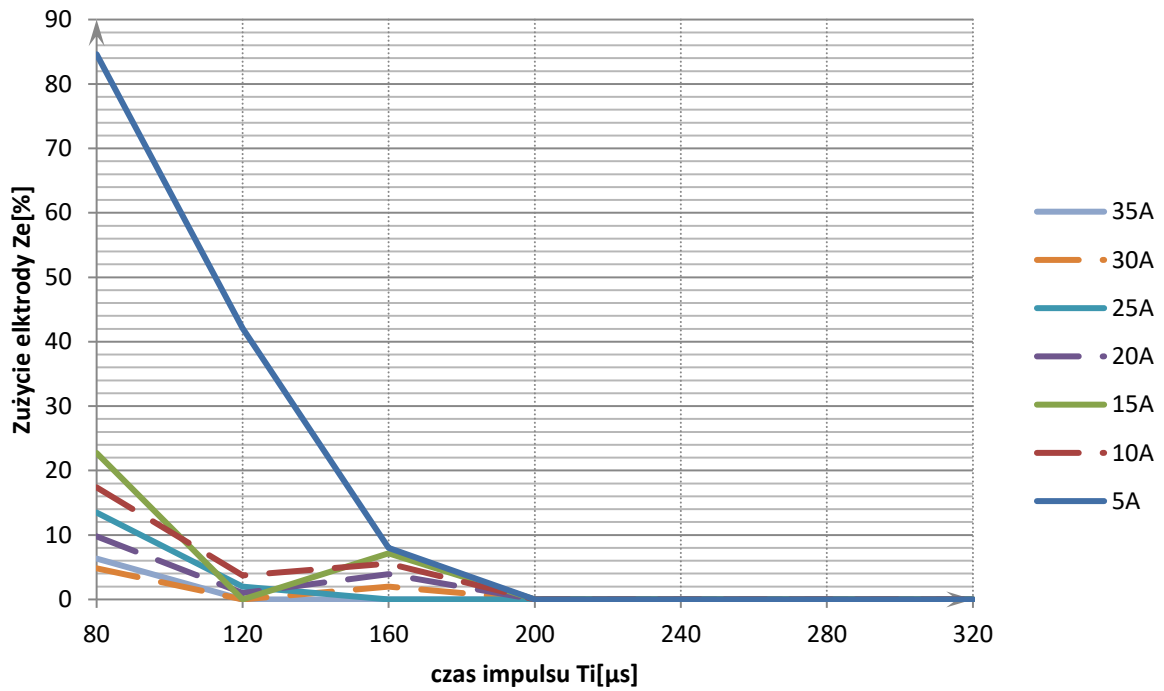
Wykres 10

grafit EDM200 (odwrócona polaryzacja)



Wykres 11

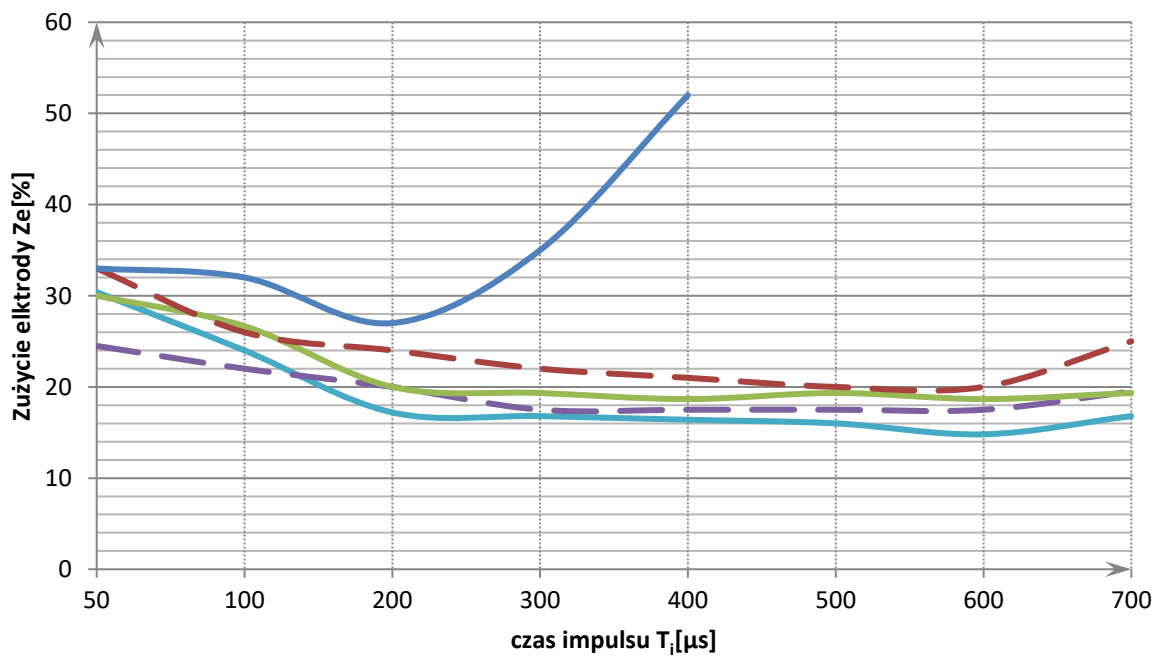
grafit EDM1



Wykres 12

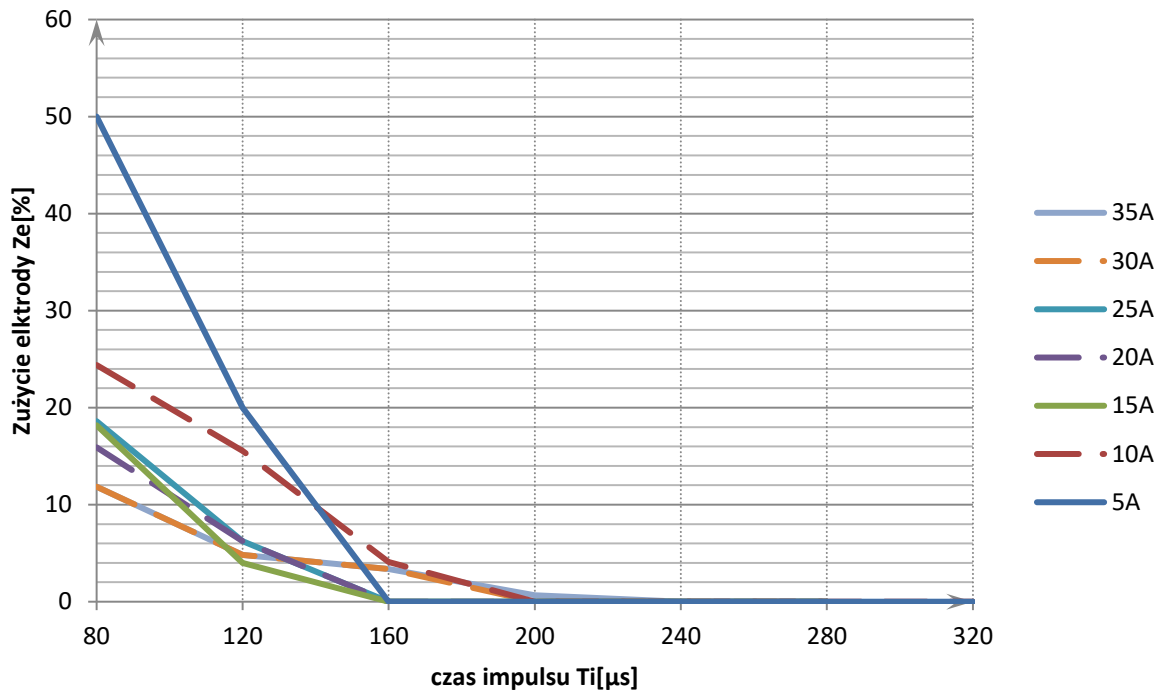
grafit EDM1 (odwrócona polaryzacja)

- 25A [tp=120μs, h=2,5mm]
- 15A [tp=70μs, h=1,5mm]
- 6A [tp=70μs, h=1mm]
- 20A [tp=100μs, h=2mm]
- 10A [tp=70μs, h=1mm]



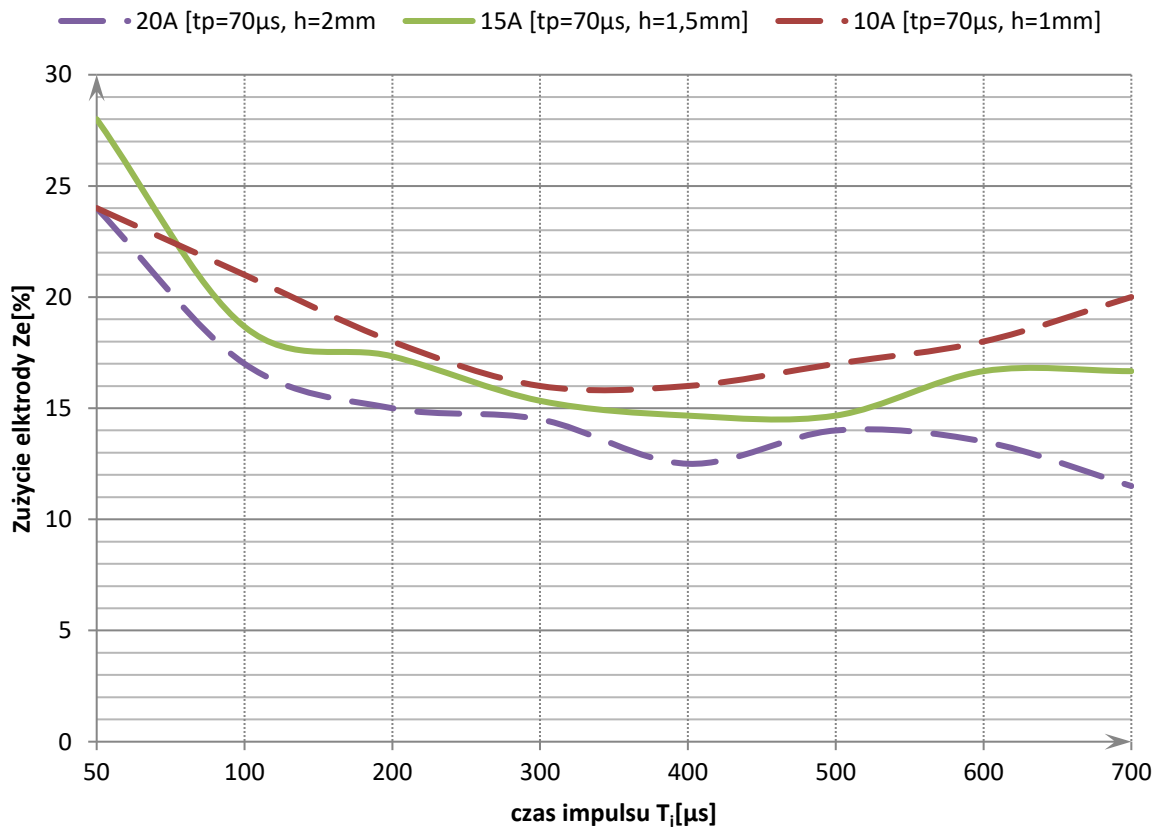
Wykres 13

grafit HK2C



Wykres 14

grafit HK2C (odwrócona polaryzacja)



6 CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI

Materiał obrabiany: stal

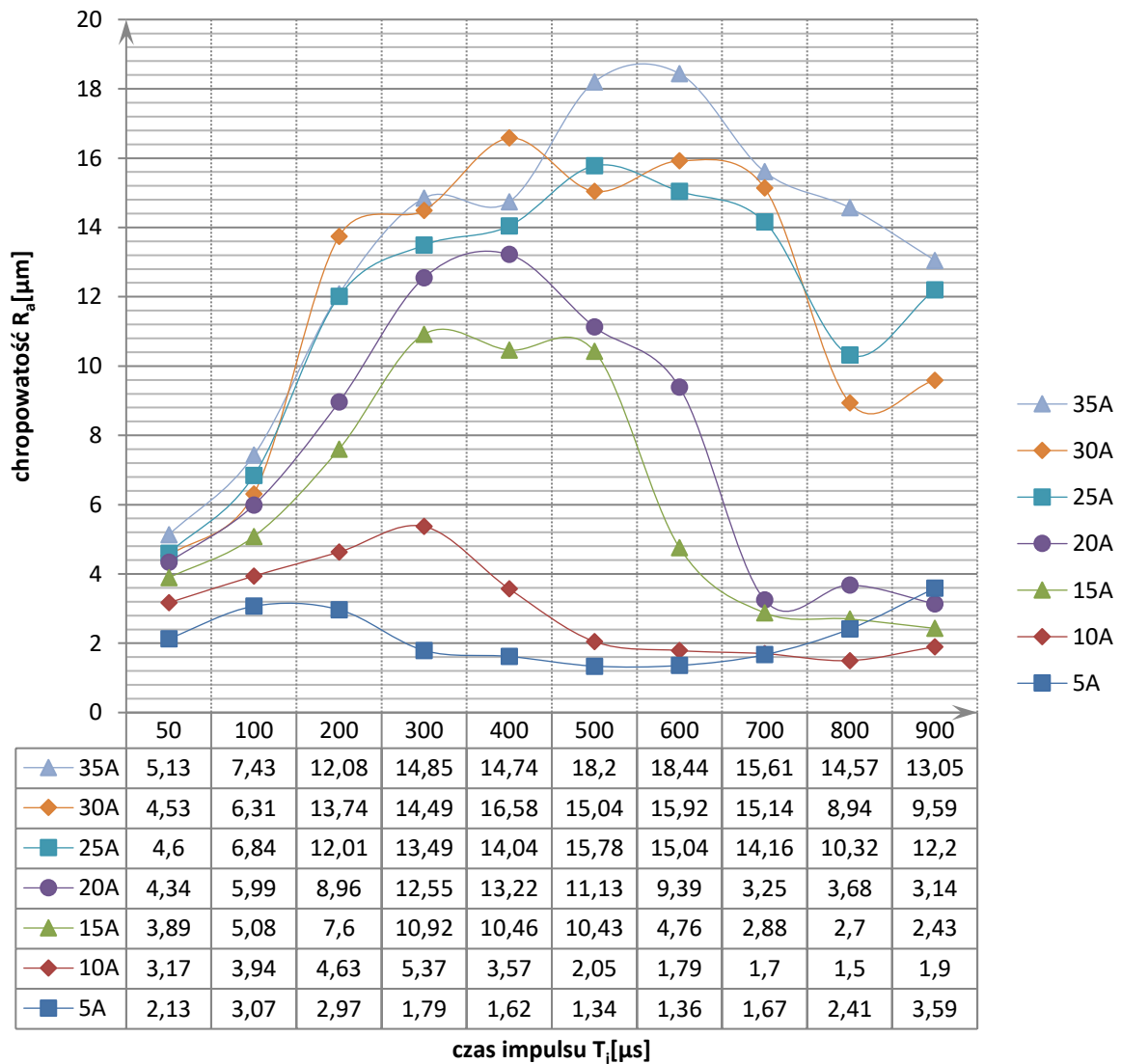
Dielektryk: nafta kosmetyczna

Elektroda: pręt o średnicy $\varnothing 16$

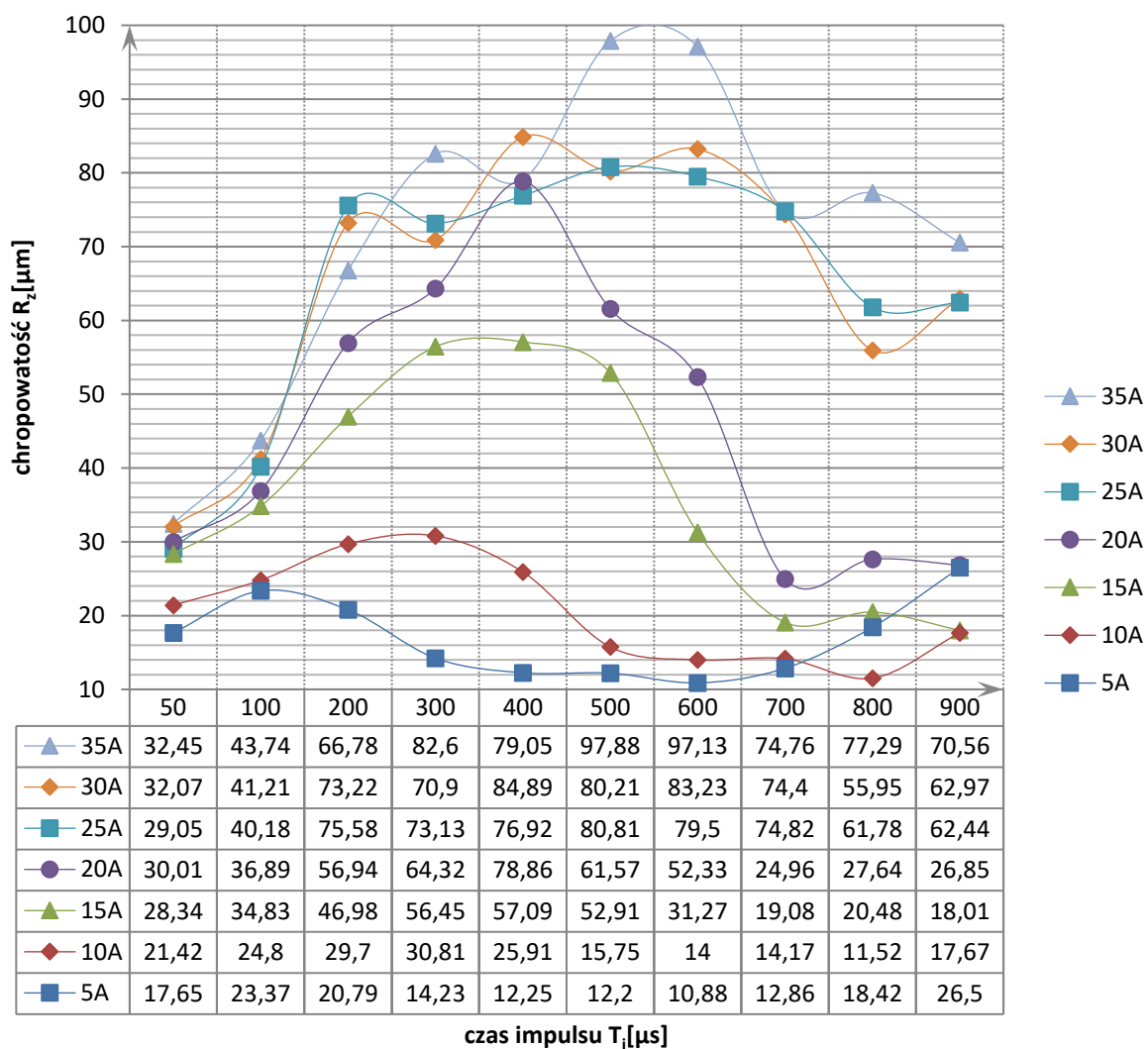
Inne parametry: $t_p=50[\mu s]$, $P=10[\%]$, $z=50[\%]$

Wykres 15

miedź M1E



miedź M1E



7 USTAWIENIE PARAMETRÓW PRACY

Dla miedzi:

- a) Maksymalną wartość prądu określamy na podstawie powierzchni pracy elektrody oraz granicznej wartości gęstości prądu $J=10A/cm^2$,
- b) Dobór czasu impulsu opieramy o charakterystykę wydajnościową,
- c) Czas przerwy powinien być 10-krotnie krótszy od czasu impulsu,
- d) Czas impulsu nie może być krótszy od $200\mu s$ (w przeciwnym razie będziemy obserwować bardzo duże zużycie elektrody).

Dla grafitu:

- a) Zastosować odwróconą polaryzację elektrod,
- b) Zastosować grafit o mniejszym ziarnie (mniejsza podatność na przypalenia),
- c) Wielkość prądu w nieznaczny sposób wpływa na zużycie elektrody. Jeśli jest jednak za duży, zwiększa się podatność na przypalenia),
- d) Dobór czasu impulsu oprzeć o charakterystykę wydajnościową,
- e) Czas przerwy powinien być skorelowany z prądem drążenia (im wyższy stosowany prąd drążenia, tym dłuższy czas przerwy),
- f) Czas impulsu nie może być krótszy od $80\mu s$ (w przeciwnym razie będziemy obserwować bardzo duże zużycie elektrody: $>20\%$ (standardowe zużycie elektrody powinno oscylować w granicy 15%)),
- g) Koniecznym jest wykorzystanie funkcji poprawiających wydajność płukania, takich jak okresowe podrywanie elektrody oraz wzbudzanie jej wibracji przy dojeździe do materiału.