

PP23ster

Generator dla elektrodrążarek ubytkowych.

Podręcznik użytkownika.



ZAP p p
EDM SOLUTIONS

Zakład Automatyki Przemysłowej

Piotr Poterała

99-300 Kutno,
gen. St. Maczka 19/24,
zappp.pl

SPIS TREŚCI

Układ sterowania.....	3
1 Panel Sterowania.....	3
1.1 Płyta czołowa.....	3
1.2 Uwagi ogólne dotyczące zachowania się układu sterowania.....	5
2 Blok prądowy PP23b rev.2023-11-24.....	5
2.1 Stosowane oznaczenie	5
2.2 Parametry	5
2.3 Zużycie elektrody.....	5
2.4 Przypalenia	6
2.5 Materiał na elektrodę.....	6
2.5.1 Ogólna charakterystyka.....	6
2.5.2 Gatunki materiału na elektrodę	7
2.6 Charakterystyki wydajnościowe	8
2.6.1 Stal ST	8
2.7 Charakterystyki zużycia elektrody	9
2.7.1 Stal ST	9
2.8 Szczelina boczna	10
2.8.1 Stal ST	10
2.9 Ustawienie parametrów pracy	10
3 Historia zmian.....	11

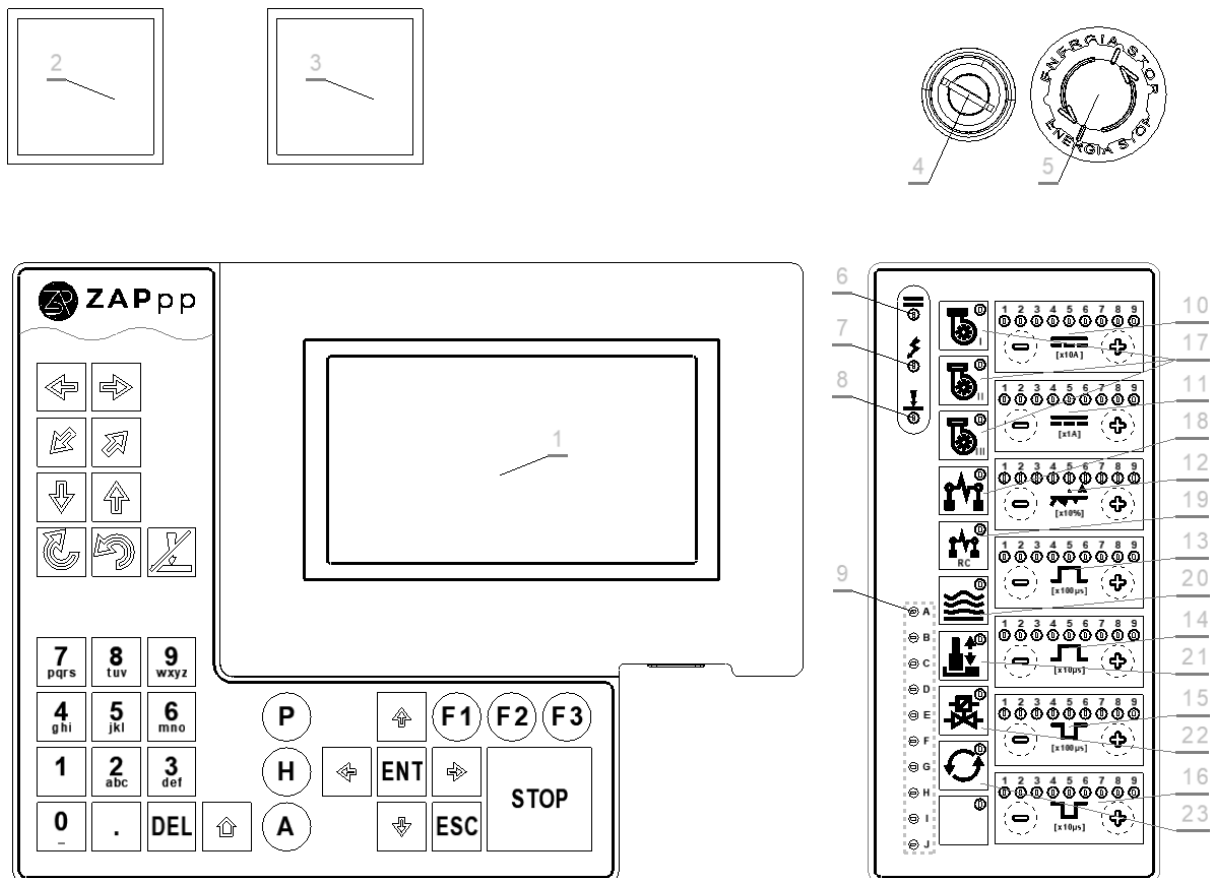
UKŁAD STEROWANIA

Generator PP23ster stanowi kompletny moduł sterujący dla maszyn EDM. Wyposażona jest w:

1. Sterownik PLC o sygnaturze PP15ster umożliwiający:
 - a) tworzenia programów wykonawczych opartych na kodach G i M,
 - o prowadzenie procesu obróbki: po dowolnej prostej w przestrzeni obróbczej, po dowolnej prostej z włączeniem ruchu obrotowego elektrody (oś A), po dowolnym łuku na płaszczyźnie XY, w ruchu spiralnym po osi Z,
 - o programowe wł./wył. w trakcie drążenia:
 - dodatkowych funkcjonalności takich jak: ruch wibracyjny elektrody, okresowe wycofanie elektrody, orbitowanie po okręgu oraz orbitowanie po kwadracie (dostępne tylko po osi Z),
 - narzędzi takich jak: głowica wirująca, generator „wygładzający”,
 - o programowy wybór jednego z dziesięciu dostępnych układów współrzędnych roboczych,
 - o deklaracje wykonania n gniazki w zadanym kierunku (z lub bez korekcji zużycia elektrody),
 - o programową zmianę parametrów roboczych w trakcie procesu drążenia,
 - b) komunikacje z komputerem klasy PC za pośrednictwem:
 - o RS232: przesyłanie programów wykonawczych,
 - o USB Device lub WiFi: przesyłanie programów wykonawczych oraz pełna kontrola wszystkich procesów sterownika za pośrednictwem AT komend,
 - c) przechowywania do 30 programów wykonawczych na karcie mikro SD,
2. Blok prądowy PP23b rev.2023-11-24.

1 PANEL STEROWANIA

1.1 PŁYTA CZOŁOWA



Rysunek 1-1

- 1) Sterownik PP15ster.
- 2) Voltomierz wskazujący napięcie zasilania podstawowego bloku prądowego,
- 3) Amperomierz wskazujący wielkość prądu średniego płynącego przez podstawowy blok prądowy,
- 4) STACYJKA z kluczem włączającym sterowanie,
- 5) wyłącznik z blokadą STOP ENERGIA,
- 6) LED **Zapłon** (sygnalizuje prawidłowe, startowe warunki do zainicjowania wyładowania w szczelinie. Gaśnie w przypadku pojawienia się zwarć lub „przypalenia”),
- 7) LED **Praca** (sygnalizuje wystąpienie zadanej liczby wyładowań w szczelinie),
- 8) LED **Zwarcie** (sygnalizuje wystąpienie zwarcia pomiędzy erodą i elektrodą),
- 9) Sygnalizacja awarii oraz informacji o podłączonych przyrządach:
 - A. brak fazy,
 - B. otwarta wanna/osłona,
 - C. zbyt niski poziom nafty,
 - D. zbyt wysoka temperatura nafty,
 - E. zbyt wysoka temperatura bloku prądowego,
- 10) Parametr **[PRĄD x10A]** (regulacja amplitudy prądu wyładowań z gradientem 10A),
- 11) Parametr **[PRĄD x1A]** (regulacja amplitudy prądu wyładowań z gradientem 1A),
- 12) Parametr **[PRÓG PRACY x10%]** (regulacja warunków pracy maszyny w cyklu automatycznym. Silnik tak długo dojeżdża elektrodą do materiału, aż częstość wyładowań przekroczy żądaną wartość współczynnika *Próg pracy*. Ponowne załączenie silnika występuje wtedy, gdy częstość wyładowań jest niższa od żądanego współczynnika w wyniku ubytku materiału i powiększenia szczeliny roboczej),
- 13) Parametr **[IMPULS x100μs]** (regulacja czasu trwania impulsu wyładowczego z gradientem 100μs),
- 14) Parametr **[IMPULS x10μs]** (regulacja czasu trwania impulsu wyładowczego z gradientem 10μs),
- 15) Parametr **[PRZERWA x100μs]** (regulacja czasu trwania przerwy pomiędzy impulsami z gradientem 100μs),
- 16) Parametr **[PRZERWA x10μs]** (regulacja czasu trwania przerwy pomiędzy impulsami z gradientem 10μs),
- 17) Klawisze **POMPA** (pompy nie zostaną uruchomione w przypadku wystąpienia sygnału awaryjnego *B* [patrz podpunkt 9]):
 - a. **[POMPA 1]** (wł./wył. pompę nr 1),
 - b. **[POMPA 2]** (wł./wył. pompę nr 2),
 - c. **[POMPA 3]** (wł./wył. pompę nr 3),
- 18) Klawisz **[GENERATOR]**: wł./wył. generator prądowy (generator nie zostanie włączony w przypadku wystąpienia sygnału awaryjnego *A, B, C, D, E* [patrz podpunkt 9]),
- 19) Klawisz **[GENERATOR RC]** (wł./wył. generator relaksacyjny RC. Wykorzystywany do oczyszczenia szczeliny ze zwęgleń powstających w wyniku przypalenia. Użycie generatora RC wiąże się z bardzo dużym zużyciem elektrody),
- 20) Klawisz **[WYGŁADZANIE]** (wł./wył. generator niskoprądowy $I=(4, 6)$ [A]. Wykorzystywany do uzyskiwania chropowatości R_a powierzchni obrabianego elementu poniżej $<2 \mu\text{m}$),
- 21) Klawisz **[OKRESOWE WYCOFANIE]** (wł./wył. okresowe wycofanie elektrody w trakcie procesu drążenia),
- 22) Klawisz **[ZAWÓR]** (wł./wył. impulsowy natrysk dielektryka. Funkcja aktywna tylko w przypadku włączonego okresowego wycofania. Zapewnia impulsowy natrysk z dyszy podłączonej do okresowo załączanego zaworu elektromagnetycznego <dla włączonego okresowego wycofania, załączenie zaworu następuje w chwili zakończenia odjazdu elektrody od materiału>),
- 23) Klawisz **[GŁOWICA WIRUJĄCA]** (wł./wył. obroty wrzeczona głowicy wirującej).

Tabela 1-1

Parametr	Zakres wartości	Jednostka
Prąd	5-45 (4-6 dla wł. „wygładzania”)	A
Czas impulsu	30-2100	μs
Czas przerwy	10-500	μs
Próg pracy	10-90	%

1.2 UWAGI OGÓLNE DOTYCZĄCE ZACHOWANIA SIĘ UKŁADU STEROWANIA

- 1) Otwarcie wanny lub osłony pinoli Z (sygnał awaryjny B) powoduje wyłączenie bloku prądowego oraz wszystkich pomp (jeżeli były włączone),
- 2) Generator prądowy zostanie niezwłocznie wyłączony (jeżeli był włączony) w przypadku wystąpienia sygnału awaryjnego A, B, C, D, E.

2 BLOK PRĄDOWY PP23B REV.2023-11-24

2.1 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.

2.2 PARAMETRY

Parametry „efektu”, takie jak: stabilność pracy (brak przypaleń), 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,
- b) Efektywności odprowadzania ze szczeliny produktów erozji oraz gazów generujących się w trakcie procesu,
- c) Kubatury oraz rodzaju materiału z którego wykonana jest elektroda,
- d) Rodzaju materiału z którego wykonana jest eroda.

2.3 ZUŻYCIE ELEKTRODY

Zużycie elektrody (w przypadku zastosowania miedzi), zależy od:

1. **topienia się materiału elektrody**, wynikającego z niedopasowania gęstości prądu płynącego przez elektrodę do jej możliwości odebrania ciepła. Jako "przelicznik warsztatowy" dla przewodów przyjmuje się 8-10A/mm² (tyle może przepłynąć przez przewód prądu ciągłego, aby się nie stopił; w EDM nie występuje taka sytuacja, bo jej istotą działania jest generowanie impulsów). Graniczna gęstość prądu dla miedzianych szyn, opisana w normie DIN 43671, mieści się w granicach 2-5A/mm² w zależności od przekroju oraz dla temperatury otoczenia 35°C i temperatury szyny 65°C. Dla zwiększenia bezpieczeństwa, dla EDM, umownie przyjmujemy **0,2A/mm²**. W rzeczywistości, na zużycie elektrody z tytułu topienia się materiału z którego się składa, dominując wpływ ma jej kształt oraz kubatura, a w dalszej kolejności, takie nastawy jak: czas impulsu oraz czas przerwy. Biorąc elektrodę o powierzchni pracy 28mm² (co umownie daje nam możliwość ustawienia max. 5,6A) i ustawiając 20A, otrzymamy inne efekty w sytuacji, gdy elektroda jest w postaci walca o promieniu 3mm, a inny, gdy ma kształt prostopadłościanu o podstawie: 0,5x56mm. W przypadku tej pierwszej będziemy obserwować zużywanie się krawędzi, bez zużycia "czoła". W przypadku tej drugiej, elektroda zużyje się na poziomie 50%,

- ilości **wyładowań** niezbędnych do wyerodowania danej objętości - im mniej pojawi się wyładowań, tym zużycie elektrody będzie mniejsze. Bierzymy tu pod uwagę, przede wszystkim, moment rozpalenia łuku prądowego - im jest ono "czystsze" (pozbawione oscylacji relaksacyjnych oraz niepożądanych prądowych "szpil") tym lepsza trwałość elektrody.

2.4 PRZYPALENIA

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).

Wokół kanału plazmowego, powstającego po zainicjowaniu wyładowania, w wyniku wrzenia dielektryka, 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 oraz nieefektywne płukanie szczeliny (słaby odbiór ciepła z otoczenia), powodują wydłużenie czasu schłodzenia otaczającego dielektryka do temperatury poniżej 180°C (jest to dolna granica wrzenia nafty kosmetycznej; spadek poniżej tej temperatury jest konieczny dla prawidłowego przebiegu procesu), a tym samym wydłużenie czasu istnienia wspomnianych bąbelków. Jeżeli, czas ten, przekroczy wartość czasu przerwy pomiędzy kolejnymi wyładowaniami oraz zostanie zrealizowana seria wyładowań w bliskim otoczeniu jednego punktu, spowoduje to wygenerowanie dużej objętości gazowych produktów erozji (par dielektryka). Rozpalenie niegasnącego łuku plazmowego następuje w wyniku pojawienia się wyładowań w otoczeniu par dielektryka - w takim otoczeniu, występuje problem z zamknięciem łuku.

Uogólniając, **przypalenia związane są z problemem odbioru ciepła przez otoczenie**. Na pogorszenie odbioru ciepła, mają wpływ następujące czynniki:

- napawanie elektrody ciężkimi frakcjami węglowodorowymi** w trakcie drążenia, tworzącymi cienką warstwę o niskiej przewodności cieplnej,
- mała powierzchnia drążenia** - im mniejsza powierzchnia, tym więcej wyładowań pojawi się w tym samym miejscu, a więc wystąpi większe punktowe grzanie otoczenia wyładowania,
- nieefektywne płukanie szczeliny**.

W celu uniknięcia przypaleń:

- należy **wydłużyć czas przerwy**,
- należy **poprawić efektywność płukania**, stosując elektrodę o innej konstrukcji, inną metodę płukania lub dodatkowe techniki wspomagające (okresowe wycofanie, orbitowanie, wibracje elektrody).

2.5 MATERIAŁ NA ELEKTRODĘ

2.5.1 Ogólna charakterystyka

Tabela 2-1

	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 2-1, w odniesieniu do obróbki EDM, płyną następujące wnioski:

Tabela 2-2

	Miedź (Cu)	Grafit (C) – standardowa polaryzacja elektrod
<i>Temperatura topnienia [°C]</i>	Aby nie dopuścić do nadmiernego zużycia się (topienia się) elektrody gęstość płynącego przez nią prądu nie powinna przekraczać J=0,2A/mm² .	Aby nie dopuścić do nadmiernego zużycia się (sublimacji) elektrody gęstość płynącego przez nią prądu nie powinna przekraczać J=0,3A/mm² .
<i>Gęstość [g/cm³]</i>	Duża waga elektrody.	Niska waga elektrody. Łatwość obróbki.
<i>Rozszerzalność cieplna [10⁻⁶/K]</i>	Niska stabilność wymiarowa elektrody przy dużych temperaturach.	Duża stabilność wymiarowa elektrody przy dużych temperaturach.
<i>Przewodność cieplna [W/mK]</i>	Niska podatność na przypalenia	Podatność na przypalenia.
<i>Rezystywność [μΩm]</i>	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.

2.5.2 Gatunki materiału na elektrodę

Tabela 2-3

	M1E (Cu 99.9%, Bi 0.0005%, Pb 0.005%, O₂ 0.04%)	EDM-3 (HK-3)	EDM1 (HK-75)	EDM200 (HK-20)	EDM-C200 (HK-2C)
<i>Zastosowanie</i>	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.
<i>Gęstość [g/cm³]</i>	8,9	1,78 (1,84)	1,66 (1,82)	1,82 (1,86)	-
<i>Rozszerzalność cieplna [10⁻⁶/K]</i>	17,7	-	-	-	-
<i>Rezystywność [μΩm]</i>	0,016	15,6 (15,5)	19,3 (16,5)	14,7 (12)	2,9
<i>Średnia wielkość ziarna [μm]</i>	-	<3 (2)	<5 (4)	10 (6)	6-8

2.6 CHARAKTERYSTYKI WYDAJNOŚCIOWE

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

- Wzrost wartości prądu powoduje wzrost wydajności,
- Wzrost wartości czasu impulsu powoduje wzrost wydajności, aż do osiągnięcia pewnego maksimum,
- Czas impulsu w jakim uzyskiwane są najwyższe wydajności dla poszczególnych nastaw prądu oscyluje wokół $T_i=200\mu s$.

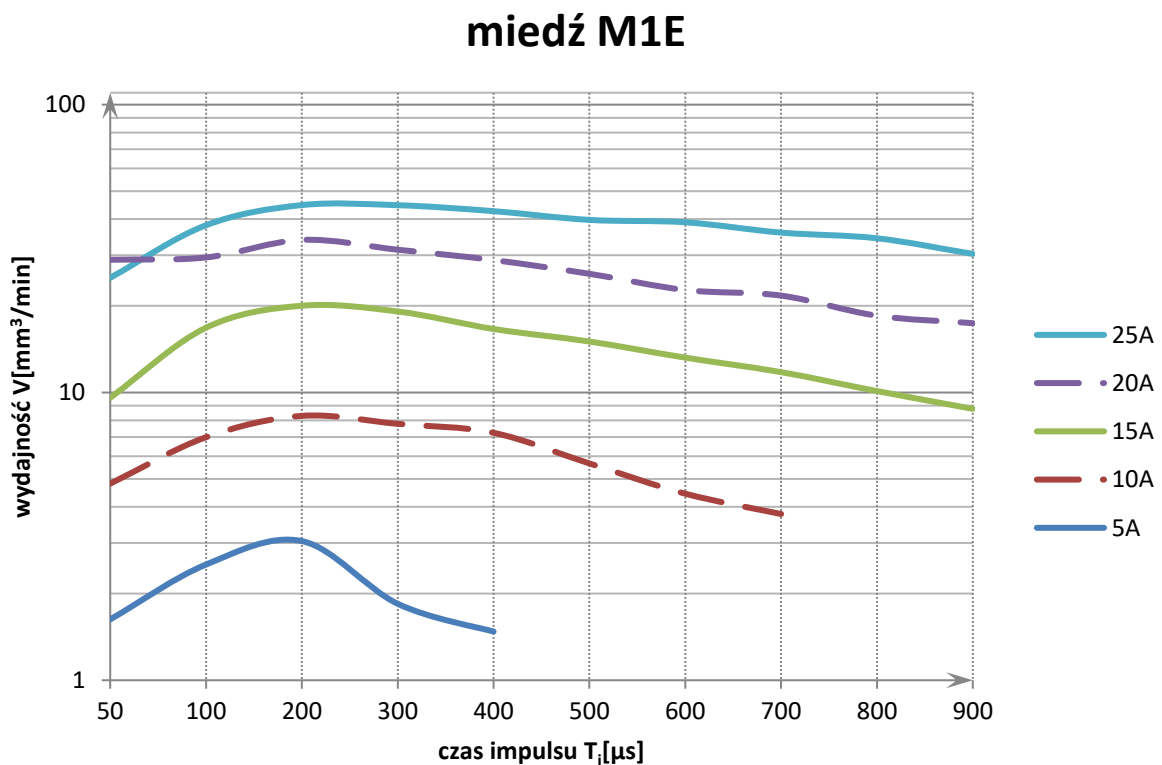
2.6.1 Stal ST

Dielektryk: **nafta kosmetyczna**

Elektroda: **pręt o średnicy $\phi 16$ ($S \approx 200\text{mm}^2$)**

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

Wykres 1



2.7 CHARAKTERYSTYKI ZUŻYCIA ELEKTRODY

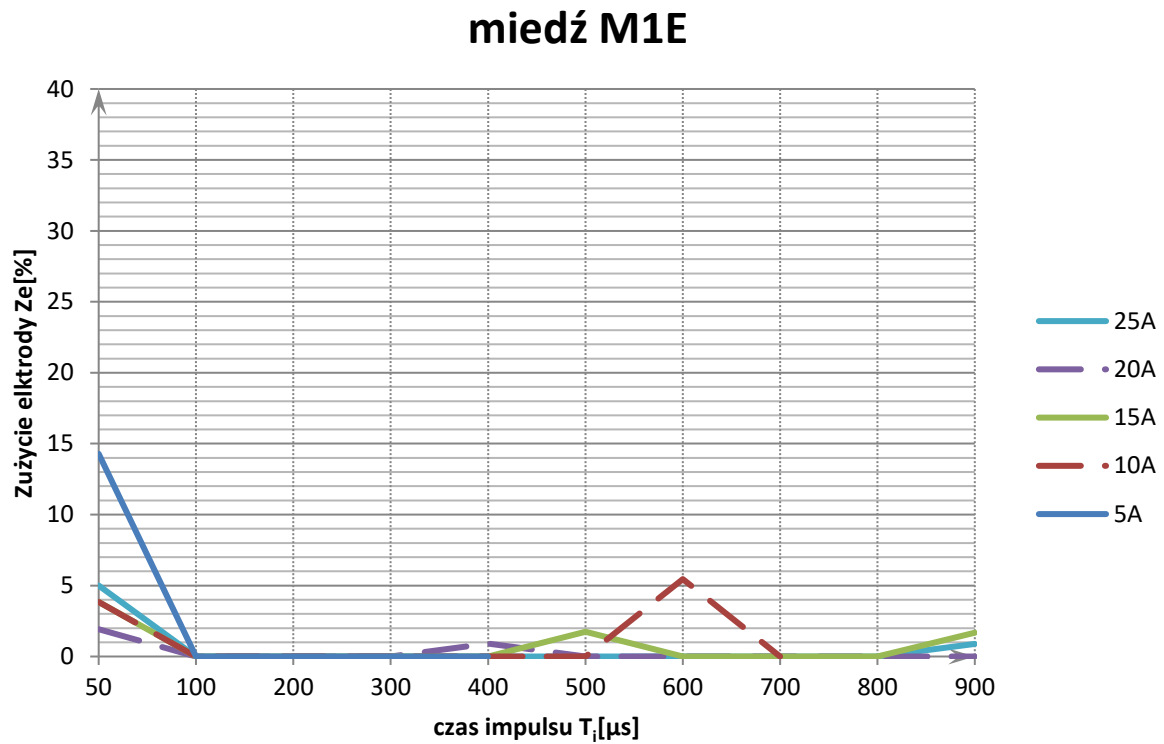
2.7.1 Stal ST

Dielektryk: nafta kosmetyczna

Elektroda: pręt o średnicy $\varnothing 16$

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

Wykres 2



2.8 SZCZELINA BOCZNA

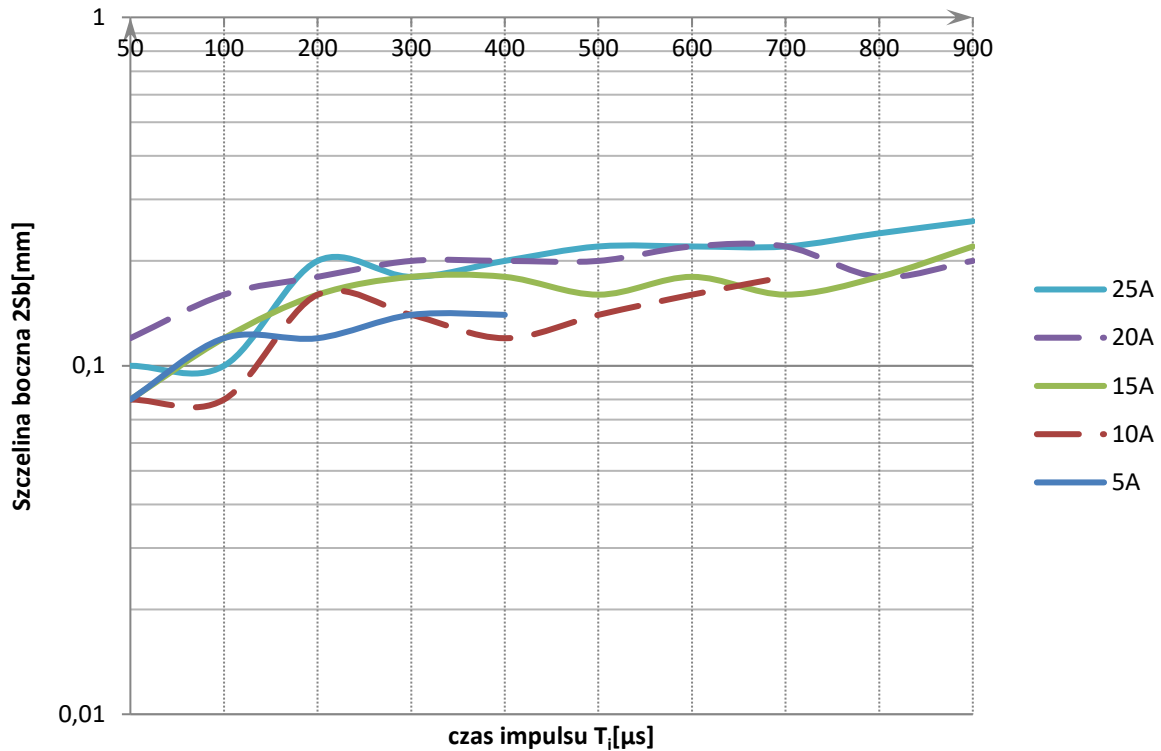
2.8.1 Stal ST

Dielektryk: nafta kosmetyczna

Elektroda: pręt o średnicy $\varnothing 16$

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

Wykres 3



2.9 USTAWIENIE PARAMETRÓW PRACY

Ustawienie parametrów pracy pod względem uzyskania maksymalnej wydajności drążenia, przy minimalizacji zużycia elektrody dla elektrod miedzianych:

1. Elektrody monolityczne:
 - a) Maksymalną wartość prądu określamy na podstawie wzoru $I=J \cdot S$, gdzie: S - powierzchnia pracy elektrody, J - graniczna wartość gęstości prądu (dla miedzi $J=0,2A/mm^2$),
 - b) Dobór czasu impulsu opieramy o charakterystykę wydajnościową (Patrz pkt 2.6),
 - c) Czas przerwy nie powinien być krótszy od $t_p=T_i/10$,
 - a. w przypadku drążenia w materiale o dużej zawartości cynku t_p nie powinno być krótsze od $T_i/5$,
 - b. wraz z pogarszaniem się warunków płukania lub w przypadku bardzo małej powierzchni drążenia ($<10mm^2$) należy wydłużyć czas przerwy;
 - d) Ustawić bardzo silne płukanie z góry, dla drążeń głębszych niż 5mm
2. Elektrody do gwintów:
 - a) M4: $a=10A$, $T_i=200\mu s$, $t_p=150\mu s$, brak płukania, brak okresowego wycofania
 - b) M8: $a=15A$, $T_i=200\mu s$, $t_p=100\mu s$, brak płukania, brak okresowego wycofania

3 HISTORIA ZMIAN

Data	Rewizja	Zmiany
07.01.2024	1	Pierwsze wydanie