 <p>POLITECHNIKA LUBELSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ</p>	<p>Laboratorium Spajalnictwa ĆWICZENIE Nr SP-5</p>
<p>Akceptował: Kierownik Katedry prof. dr hab. B. Surowska</p>	<p>Opracowali: dr inż. Mirosław Szala dr inż. Leszek Gardyński</p>

- I. Temat ćwiczenia: Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą GTA oraz napawanie plazmowe.
- II. Cel ćwiczenia: Praktyczne zapoznanie się z urządzeniami i materiałami stosowanymi do spawania łukowego elektrodą nietopliwą (GTA). Wykonanie napoiny, złączy spawanych ze spoiną pachwinową i czołową. Ocena jakości wykonanych napoin i złączy spawanych. Analiza wpływu właściwości fizyko-chemicznych materiałów podstawowych na dobór parametrów spawania metodą TIG. Zapoznanie się z technologią napawania utwardzającego oraz regeneracyjnego na przykładzie napawania plazmowego. Analiza związków pomiędzy parametrami spawania i/lub napawania a powstawianiem naprężeń i odkształceń spawalniczych. ⁱ
- III. Pytania kontrolne:
1. Istota spawania łukowego elektrodą nietopliwą, GTA (rysunek, kierunek spawania, spoina).
 2. Charakterystyka spawalniczego łuku elektrycznego.
 3. Znaczenie rodzaju prądu i biegunowości w procesie spawania GTA
 4. Zjawisko rozproszenia katodowego tlenków.
 5. Gazy osłonowe stosowane w metodzie TIG.
 6. Wpływ rodzaju gazu (mieszanki) na kształt łuku i geometrię spoiny.
 7. Wpływ biegunowości na ilość wydzielanego ciepła na elektrodzie.
 8. Wpływ rodzaju prądu (stały, przemienny) na ilość wydzielanego ciepła w materiale rodzimym.
 9. Elektrody do spawania metodą TIG
 10. Parametry spawania metodą GTA.
 11. Przebiegi prądowe spawania.
 12. Spawanie TIG gorącym spoiwem oraz spawanie orbitalne rur.
 13. Czym jest spawalniczy łuk elektryczny?
 14. Spawanie stopów żelaza, aluminium, tytanu i magnezu metodą TIG.
 15. Procesy chemiczne i fizyczne zachodzą w jezioru spawalniczym podczas spawania metodą TIG
 16. Wydajność spawania i jakość spoin GTA w porównaniu do innych metod łączenia materiałów.
 17. Charakterystyka i właściwości plazmy.
 18. Charakterystyka łuku plazmowego.
 19. Istota napawania plazmowego z zastosowaniem materiału dodatkowego w postaci proszku.
 20. Napawanie plazmowe łukiem zależnym i niezależnym.
 21. Parametry napawania plazmowego.

22. Porównanie jakości i wydajności napawania plazmowego z innymi metodami napawania.
23. Zalety i zastosowanie napawania plazmowego.
24. Materiały dodatkowe stosowane do napawania regeneracyjnego i utwardzającego.
25. Spawanie i cięcie plazmowe.
26. Naprężenia i odkształcenia spawalnicze.
27. Sposoby eliminacji naprężeń i odkształceń spawalniczych.
28. Czynniki wpływające powstawanie naprężeń i odkształceń spawalniczych.

IV. Literatura:

1. Kurpisz B., Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonach gazu (TIG): pod ręką dla spawaczy i instruktorów, Krosno : Wydawnictwo i Handel Książkami "KaBe", 2016.
2. Klimpel A., Podręcznik spawalnictwa. Tom I. Technologie spawania i cięcia. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2013.
3. Kurpisz B., Procesy spawania metali, Wyd."KaBe", Krosno, 2008.
4. Ferenc K., Spawalnictwo, WNT, Warszawa, 2013.
5. Techniki wytwarzania spawalnictwo – laboratorium: pod redakcją Andrzeja Ambroziaka, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2010. <http://www.dbc.wroc.pl/Content/7156/>
6. Sosiński A., Spawanie metodą TIG : nie tylko dla początkujących, Warszawa: Liwona, cop. 2013.
7. Mizerski J., Spawanie w osłonie gazów metodą TIG : podręcznik dla spawaczy i personelu nadzoru spawalniczego, Warszawa : Wydawnictwo Rea, 2013.
8. Dobaj E., Maszyny i urządzenia spawalnicze, WNT, Warszawa, 2005.
9. Klimpel A., Napawanie i natryskiwanie cieplne: technologie, WNT, Warszawa, 2009.
10. Poradnik Inżyniera, Spawalnictwo, Tom I, WNT, Warszawa, 2013.
11. Klimpel A., Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali: technologie, WNT, Warszawa, 2009.
12. Dziubiński J., Klimpel A.: Napawanie i natryskiwanie cieplne. WNT, Warszawa 1985.
13. Weroński A., Gardyński L.: Nakładanie powłok metodą plazmową na części samochodowe., Przegląd Spawalnictwa nr 1-2,1996, Warszawa 1996, str. 14÷16.
14. PN-EN ISO 15613. Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali - Kwalifikowanie na podstawie przedprodukcyjnego badania spawania.
15. PN-EN ISO 5817. Spawanie - Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązką) - Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
16. PN-EN ISO 6520. Spawanie i procesy pokrewne. Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Spawanie.
17. Biuletyn Instytutu Spawalnictwa, czasopismo dostępne na: <http://bulletin.is.gliwice.pl>
18. Przegląd Spawalnictwa, czasopismo dostępne na <http://www.pspaw.pl/>

V. Przebieg ćwiczenia

1. Część teoretyczna ćwiczenia
 - 1.1. Sprawdzenie przygotowania teoretycznego studentów i dopuszczenie do ćwiczeń.
 - 1.2. Przedstawienie celu i zakresu realizowanego ćwiczenia laboratoryjnego.
 - 1.3. Zapoznanie z przepisami bhp, ze stanowiskiem oraz urządzeniami do napawania i spawania.
 - 1.4. Urządzenie do spawania TIG/MMA ESAB CADDY TIG 2200i AC/DC TA33



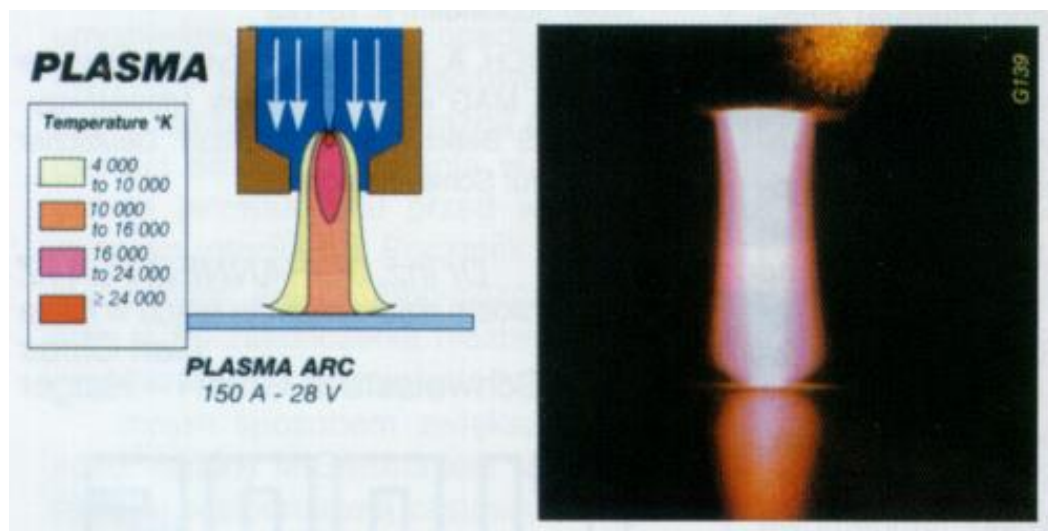
DANE TECHNICZNE:

■ Wymiary zewnętrzne, dł. x szer. x wys. [mm]	418x188x345
■ Ciężar [kg]	15
■ Klasa obudowy, ochrona	IP 23
■ Sieć zasilająca [V/Hz]	230/1 50/60
■ Bezpiecznik zwłoczny [A]	16
■ Kabel sieciowy [mm ²]	3 x 2,5
■ Maks. prąd wyjściowy przy P=20% [A]	220/18,8
■ Maks. prąd wyjściowy przy P=60% [A]	150/16,0
■ Maks. prąd wyjściowy przy P=100% [A]	140/15,6
■ Napięcie biegu jałowego [V]	46-60/<35
■ Współczynnik mocy przy maks. natężeniu prądu	0,99
■ Sprawność przy maks. natężeniu prądu	66
■ Zakres natężenia prądu - TIG DC	3-220
■ Zakres natężenia prądu - MMA DC	4-160
■ Równoważenie AC [%]	70
■ Czas narastania natężenia prądu [s]	0-9,9
■ Czas opadania natężenia prądu [s]	0-10
■ Wstępny nadmuch gazu [s]	0-5
■ Końcowy nadmuch gazu [s]	0-25

Rys. 1. Rozkład temperatury w łuku plazmowym, źródło: strona producenta

1.5. Urządzenie typu NP1-250 do napawania plazmowego proszkami metalowymi.

Urządzenie typu NP1-250 przeznaczone jest przede wszystkim do napawania elementów maszyn pracujących przy dużych obciążeniach mechanicznych, w warunkach intensywnej ścierania, erozji i korozji, w normalnych i podwyższonych temperaturach, jak również do napawania prewencyjnego i regeneracyjnego szerokiego asortymentu części dla energetyki, chemii, górnictwa, wiertnictwa, maszyn rolniczych, np. grzybki i gniazda zaworów silników spalinowych, elementy zaworów energetycznych i chemicznych, noże kombajnów węglowych, końcówki rur wiertniczych, lemiesz i inne części maszyn rolniczych, regeneracja powierzchni podłożyskowych różnego rodzaju wałków itp. Urządzenie NP1-250 umożliwia nakładanie wysokiej jakości warstw o grubościach od ok. 1 mm, równomiernych z niewielkim wymieszaniem i nagrzaniem materiału rodzimego. Napoiny o wymaganych właściwościach uzyskuje się przez dobór proszku o odpowiednim składzie chemicznym.



Rys. 2. Rozkład temperatury w łuku plazmowym

Urządzenie typu NP1-250 przeznaczone jest do wykonywania napoin na powierzchniach płaskich a przy współpracy z manipulatorem spawalniczym można także wykonywać napoiny na obwodzie elementów. Charakterystyka techniczna urządzenia:

- Natężenie prądu napawania $60 \div 250$ A
- Zużycie argonu łuku pomocniczego $2 \div 6$ dm³/min
- Zużycie argonu łuku głównego $2 \div 6$ dm³/min
- Zużycie wody chłodzącej 60 dm³/h
- Napięcie zasilania 3×380 V + N
- Zapotrzebowanie mocy ok. 1 kVA
- Elektroda $\phi 4$ mm, wolframowa - torowana
- Wymiary (d×s×w) $2,05 \times 0,62 \times 1,78$ m
- Masa 360 kg

Mechanizm wahadłowy:

- Częstotliwość wahań $30 \div 150$ 1/min
- Regulacja częstotliwości autotransformatorowa

Dozownik proszku:

- Pojemność zbiornika 2 dm³
- Zużycie proszku max 6 cm³/min
- Regulacja dozowania autotransformatorowa

Wysięgnik:

- Skok wysięgnika max $0,5$ m
- Napęd wysięgnika elektromechaniczny
- Prędkość wysięgnika $30 \div 300$ mm/min
- Regulacja prędkości autotransformatorowa
- Skok suportu pionowego max $0,2$ m
- Skok suportu poprzecznego max $0,1$ m
- Przechylenie palnika od pionu $\pm 30^\circ$



Rys.3. Urządzenie do napawania plazmowego NP1-250 z obrotnikiem.

1.5.1. Prostownik spawalniczy tyrystorowy typu SPE-400.

Posiada opadającą charakterystykę statyczną. Zakres regulacji prądu spawania zawiera się w przedziale $10 \div 400\text{A}$. Wielkość prądu spawania jest uzależniona od względnego czasu pracy.

Dane techniczne:

- | | |
|---|----------|
| • napięcie zasilania | 3×380 V |
| • moc pobierana z sieci przy obciążeniu znamionowym | 17,8 kVA |
| • znamionowy prąd spawania | 315 A |
| • napięcie stanu jałowego | 69 V |

1.5.2. Układ chłodzenia wody typu UChW-3.

Układ chłodzenia wody UChW-3 przeznaczony jest do współpracy z urządzeniami spawalniczymi wymagającymi chłodzenia wodą.

Dane techniczne:

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| • napięcie zasilania | 220 V |
| • moc silnika | 0,55 kW |
| • obroty | 2900 obr/min |
| • temperatura otoczenia | 293 K |
| • strumień ciepła oddawanego | 4 kW |
| • przepływ | 10 dm ³ /min |
| • ciśnienie | 0,16 MPa |
| • temperatura na dopływie | 318 K |
| • pojemność | 15 dm ³ |
| • wymiary | 0,5×0,4×0,5 m |
| • masa | 35 kg |

1.5.3. Manipulator spawalniczy (obrotnik).

Urządzenie umożliwiające napawanie elementów obrotowych i płaskich. W przypadku elementów obrotowych mocowane są one w uchwycie o płynnie regulowanej prędkości. Prąd do zacisku masowego prostownika spawalniczego płynie poprzez układ czterech szczotek węglowych współpracujących z mosiężnym pierścieniem osadzonym na wale uchwytu.

2. Część praktyczna ćwiczenia laboratoryjnego

2.1. Spawanie TIG

2.1.1. Omówienie budowy i działania urządzenia. Zaznajomienie studentów z parametrami spawania i napawania, z charakterystyką materiałów dodatkowych, gazów spawalniczych, spoiwa oraz materiału rodzimego (stop aluminium, stal chromowo-niklowa, stal konstrukcyjna).

2.1.2. Instruktor demonstruje wykonanie napoin, i złączy spawanych.

2.1.3. Studenci wykonują indywidualnie złącza wg. zaleceń instruktora.

2.2. Napawanie plazmowe

2.2.1. Instruktor po omówieniu budowy i działania urządzenia NP1-250 podaje parametry napawania i demonstruje wykonanie napoiny.

2.2.2. Studenci oceniają jakość wykonanych napoin.

2.3. Studenci, zgodnie z wytycznymi prowadzącego ćwiczenia, wykonują badania niszczące i nieniszczące złączy spawanych oraz oceniają jakość wykonanych napoin. Sporządzają notatki, zapisują rezultaty pomiarów i obliczeń oraz opracowują dokumentację fotograficzną z przebiegu ćwiczenia.

IV. Opracowanie sprawozdania

1. Temat i cel ćwiczenia
2. Wstęp teoretyczny
 - 2.1. Podział metod spawania łukowego w osłonach gazowych w zależności od rodzaju elektrody i gazu ochronnego oraz ich zastosowanie.
 - 2.2. Schemat procesów spawania i napawania metodą TIG.
 - 2.3. Schemat i opis napawania plazmowego proszkami metalowymi.
3. Część praktyczna ćwiczenia
 - 3.1. Charakterystyka użytych materiałów
 - 3.1.1. Projekt złącza, szkic, gatunek materiału rodzimego, charakterystyka spawalności MR, grubość, wymiary, przygotowanie brzegów do spawania itp)
 - 3.2. Charakterystyka technologii
 - 3.2.1. Opis czynności wykonywanych osobiście, sposób realizacji prób technologicznych oraz przebieg pomiarów
 - 3.2.2. Opis czynności wykonywanych podczas części praktycznej spawania TIG, parametry spawania, gatunek spoiwa.
 - 3.2.3. Opis czynności wykonywanych podczas części praktycznej napawania plazmowego, parametry napawania, gatunek proszku.
4. Wyniki badań i ich analiza
 - 4.1. Fotografie i rysunki napoin i spoin
 - 4.2. Ocena jakości napoin i spoin
 - 4.3. Rezultaty badań, obliczeń, analiz oraz prób technologicznych przeprowadzonych w ramach realizacji ćwiczenia.
5. Wnioski
 - 5.1. Wnioski powinny mieć związek z zakresem ćwiczenia laboratoryjnego, celem ćwiczenia¹ oraz rezultatami obserwacji, analiz i obliczeń.

¹ Cel ćwiczenia określa osoba prowadząca laboratorium.