	<p><b>POLITECHNIKA LUBELSKA</b>  <b>WYDZIAŁ MECHANICZNY</b>  <b>KATEDRA INŻYNIERII</b>  <b>MATERIAŁOWEJ</b></p>	<p><b>Laboratorium Spajalnictwa</b></p>
<p>Akceptował:  Kierownik Katedry  prof. dr hab. B. Surowska</p>	<p>Opracowali:  dr inż. Mirosław Szala  dr inż. Leszek Gardyński</p>	<p><b>ĆWICZENIE SP-1</b></p>

I. Temat ćwiczenia: **Spawanie gazowe acetylenowo–tlenowe i cięcie tlenowe.**

II. **Cel ćwiczenia:** Praktyczne zapoznanie się technologią spawania gazowego, napawania i cięcia tlenowego. Własnoręczne wykonanie złączy spawanych.

### III. Ważniejsze pytania kontrolne

1. Zasada spawania i napawania gazowego oraz parametry technologiczne procesu.
2. Struktura płomienia normalnego i rozkład temperatur w płomieniu, wykres.
3. Spawanie gazowe techniką w prawo i w lewo.
4. Budowa i zasada działania palnika inżektorowego (smoczkowego) do spawania gazowego.
5. Zasada zapalania i gaszenia płomienia acetylenowo-tlenowego.
6. Wpływ stosunku acetylenu i tlenu na strefy oraz właściwości płomienia.
7. Reakcje chemiczne zachodzące w poszczególnych strefach płomienia.
8. Budowa i zasada działania reduktora do tlenu oraz acetylenu.
9. Budowa butli tlenowej oraz butli acetylenowej.
10. Gazy palne stosowane do spawania gazowego.
11. Metody otrzymywania tlenu i acetylenu oraz właściwości fizyczne i chemiczne gazów.
12. Niezgodności spawalnicze charakterystyczne dla spawania gazowego.
13. Materiały dodatkowe stosowane do napawania utwardzającego.
14. Technologia spawania żeliw – sposoby realizacji procesu.
15. Scharakteryzować procesy spawalnicze: prostowania, opalania, żłobienia, skórowania, osuszania, podgrzewania, obróbki cieplnej elementów spawanych.
16. Zasada procesu cięcia acetylenowo-tlenowego.
17. Parametry procesu cięcia płomieniowo-tlenowego.
18. Schemat procesu cięcia płomieniowo-tlenowego.
19. Schemat budowy palnika do cięcia tlenowego.
20. Wyjaśnić różnicę w budowie i zasadzie działania palnika gazowego do cięcia i spawania.
21. Charakterystyka gazów stosowanych do cięcia płomieniowo-tlenowego.
22. Omówić czynniki umożliwiające prowadzenia procesu cięcia tlenowego stali.
23. Jak tworzywa konstrukcyjne, metale i stopy metali mogą być cięte tlenem?
24. Wpływ temp. topnienia metalu (stopu) na możliwość prowadzenia procesu cięcia tlenowego.
25. Wpływ temperatury zapłonu metalu (stopu) na możliwość prowadzenia procesu cięcia tlenowego.
26. Dlaczego cięcie tlenowe stali wysokowęglowych i stopowych jest utrudnione?
27. Ocena jakości procesu cięcia tlenowego.
28. Istota i zastosowania procesów ukosowania, żłobienia płomieniowego oraz cięcia lancą tlenową.

#### IV. Literatura

1. Kurpisz B., Spawanie gazowe i łukowe elektrodami otulonymi, Wyd. "KaBe", Krosno, 2010.
2. Techniki wytwarzania spawalnictwo – laboratorium: pod redakcją Andrzeja Ambroziaka, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2010. <http://www.dbc.wroc.pl/Content/7156/>
3. Mistur L., Spawanie gazowe w pytaniach i odpowiedziach, WNT, Warszawa 1979.
4. Mistur L., Spawanie gazowe, elektryczne i w osłonie gazów ochronnych, Wyd. "KaBe", Krosno, 1999.
5. Ferenc K., Spawalnictwo, WNT, Warszawa, 2013.
6. Poradnik Inżyniera, Spawalnictwo, Tom I i II, WNT, Warszawa, 2013.
7. Klimpel A., Podręcznik spawalnictwa. Tom I. Technologie spawania i cięcia. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2013.
8. Dziubiński J., Klimpel A., Napawanie i natryskiwanie cieplne, WNT, Warszawa 1985.
9. Kurpisz B., Procesy spawania metali, Wyd. "KaBe", Krosno, 2008.
10. Dobrowolski Z., Podręcznik spawalnictwa, WNT, Warszawa, 1978.
11. Marcolla K., Zarys spawalnictwa, PWN, Warszawa - Poznań, 1979.
12. Lisowski Z., Rudowski S., Spawalnictwo, PWSz, Warszawa 1974.
13. Piwowar S., Spawalnictwo, PWN, Warszawa 1978.
14. Klimpel A., Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali: technologie, WNT, Warszawa, 2009.
15. Ślania J., Krawczyk R., Cieśla D.: Charakterystyka cięcia termicznego, *Przegląd Spawalnictwa*, vol. 87 (7), s. 5-8, 2015.
16. Serek, P. Łatka, L. Lubliński, D. Wpływ metody cięcia termicznego na jakość powierzchni ciętej. *Przegląd Spawalnictwa*, vol. 87 (7), s. 5-10, 2017, <http://dx.doi.org/10.26628/ps.v89i7.790>
17. PN-EN ISO 15607: Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali - Zasady ogólne
18. PN-EN ISO 15609-2. Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali -- Instrukcja technologiczna spawania -- Część 2: Spawanie gazowe.
19. PN-EN ISO 9017. Badania niszczące spawanych złączy metali -- Próba łamania
20. PN-EN ISO 6520. Spawanie i procesy pokrewne. Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Spawanie.
21. PN-EN ISO 5817. Spawanie - Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązką) - Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
22. PN-EN ISO 9013: Cięcie termiczne -- Klasyfikacja cięcia termicznego -- Specyfikacja geometrii i tolerancje jakości.
23. PN-EN ISO 17658: Spajanie -- Niezgodności w procesach cięcia płomieniowego tlenowo-gazowego, cięcia wiązką laserową i cięcia plazmowego – Terminologia
24. PN-CR ISO 15608: Spawanie -- Wytyczne systemu podziału materiałów metalowych na grupy
25. Biuletyn Instytutu Spawalnictwa, czasopismo dostępne na: <http://bulletin.is.gliwice.pl>
26. Przegląd Spawalnictwa, czasopismo dostępne na <http://www.pspaw.pl/>

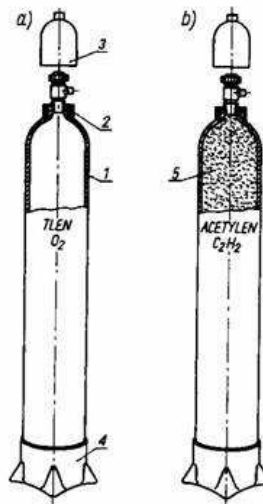
#### V. Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznanie z przepisami bhp obowiązującymi przy spawaniu gazowym.
2. Osoba prowadząca laboratorium podaje studentom cel ćwiczenia.
3. Studenci zapoznają się ze stanowiskiem spawalniczym oraz przebiegiem ćwiczenia.

### 3.1. Butla tlenowe i acetylenowe.

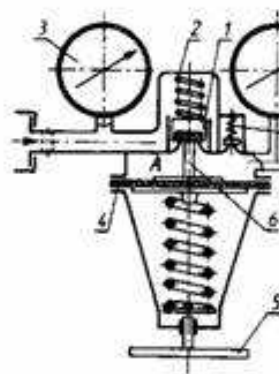


Butla: tlenowa acetylenowa



- 1- korpus
- 2- szyjka z pierścieniem
- 3- kołpak ochronny zaworu
- 4- stopa
- 5- masa porowata nasączona acetonem

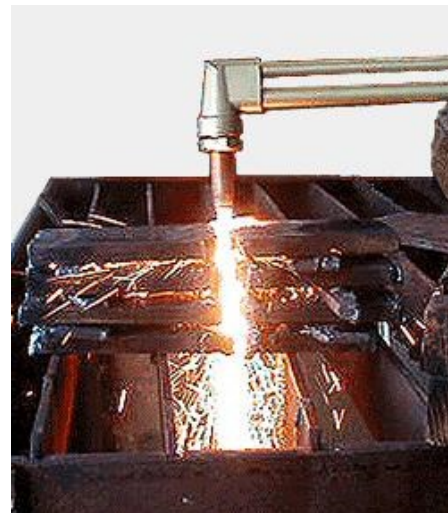
### 3.2. Reduktory do butli acetylenowej oraz butli tlenowej



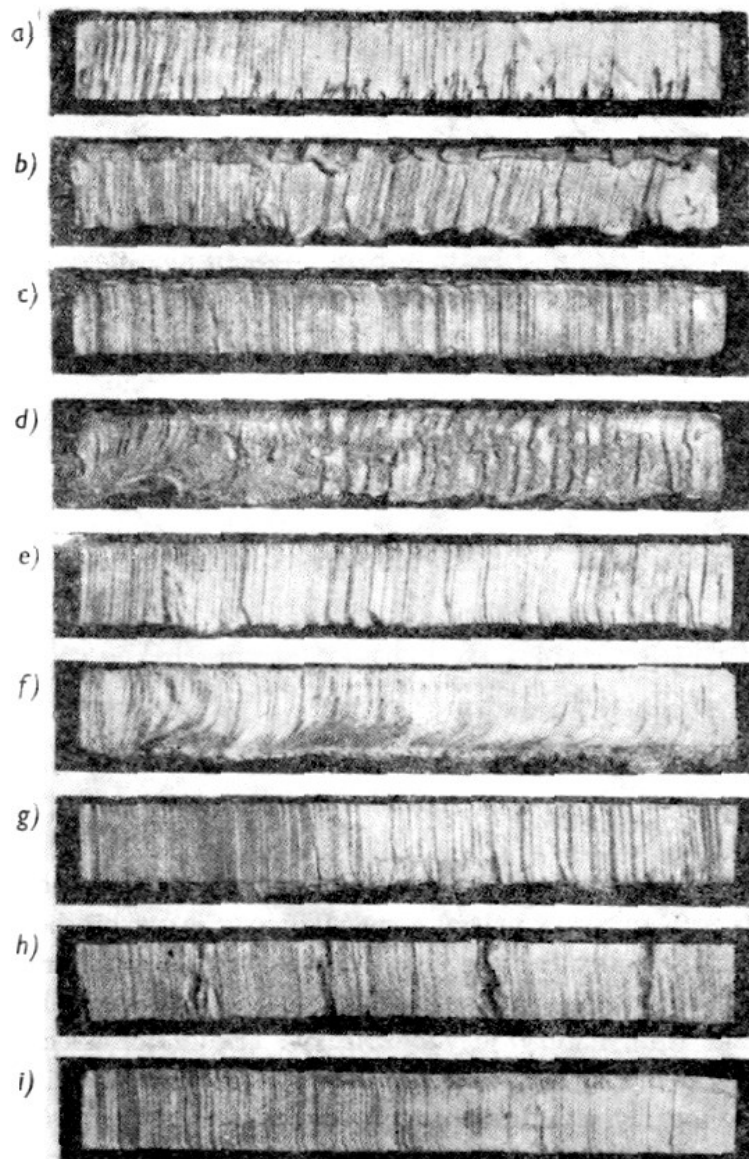
- 1- Grzybek zaworu redukcyjnego
- 2- Górna sprężyna
- 3- Manometr ciśnienia w butli
- 4- Przepona
- 5- Pokrętko regulacyjne
- 6- Popychacz
- 7- Manometr ciśnienia roboczego
- 8- Zawór bezpieczeństwa

### 3.3. Palnik uniwersalny (smoczkowy)

W skład kompletu zestawu do spawania gazowego wchodzi m.in.: komplet nasadek do spawania o numerach od 1 do 7, nasadka do cięcia z kompletem łusek podgrzewających i dysz tnących, wózek do nasadki do cięcia, cyrkiel do wózka.



## Charakterystyka powierzchni otrzymywanej w różnych warunkach cięcia.



- a) za słaby (krótki) płomień podgrzewający, silne bruzdy w dolnej części;
- b) za silny (długi) płomień podgrzewający, cięcie nierówne, krawędź górna nadtopiona, za dużo żużla przyczepionego u dołu;
- c) za niskie ciśnienie tlenu tnącego, stąd zwolniony posuw, a dla tej szybkości za duży płomień podgrzewający, stąd nadtopiona górna krawędź;
- d) zbyt silne ciśnienie tlenu tnącego;
- e) zbyt powolny i nieregularny posuw daje miejscami prążki zbyt głębokie, gdyż do tej szybkości ciśnienie tlenu jest za wysokie;
- f) zbyt szybki posuw, charakteryzujący się dużym odchyleniem prążków u dołu, złe usuwanie żużla;
- g) cięcie niewprawną ręką, posuw nieregularny i odchylenia na boki;
- h) widoczne miejsca początku i końca cięcia (cięcie przerywane);
- i) wygląd zadowolającego cięcia ręcznego na blasze o grubości 25 mm, górna krawędź ostra, prążki proste i regularne, niegłębokie.

### 3.4. Stół spawalniczy z wentylatorem wyciągowym i stanowisko do cięcia tlenowego.

### 3.5. Odzież ochronna

- wyposażenie laboratorium: fartuchy i rękawice skórzane, okulary z ciemnymi szklami,
- wyposażenie osobiste: płaszcz roboczy, beret lub inne nakrycie głowy.

### 3.6. Wyposażenie dodatkowe

- szczotka stalowa, szlifierka kąтова, pilnik, zestaw narzędzi ślusarskich
- spoinomierz, suwmiarka, przymiar liniowy, promieniomierz
- twardościomierz Vickersa,
- pirometr optyczny,
- prasa hydrauliczna laboratoryjna typ P-50, siła nacisku 500kN (50 ton),
- stanowisko laboratoryjne do łamania złączy spawanych,
- stanowisko laboratoryjne do zginania złączy spawanych.

## 4. Czynności wykonywane podczas ćwiczenia

- 1) **Spawanie i napawanie gazowe:** Rozpoczęcie ćwiczenia zostanie poprzedzone przypomnieniem przepisów BHP na stanowisku spawania gazowego i cięcia tlenowego.
- 2) Prowadzący podaje cel ćwiczenia.
- 3) Studenci uczestniczą w pokazach zapalania płomienia acetylenowo-tlenowego oraz regulacja charakteru płomienia na redukujący, nawęglający i utleniający, a następnie ćwiczą zapalanie i gaszenie palnika do cięcia i spawania gazowego.
- 4) Instruktor po ustawianiu ciśnień roboczych gazów, demonstruje wykonanie napoin, złączy spawanych w lewo i w prawo oraz podaje studentom gatunek materiału rodzimego, gatunek spoiwa.
- 5) Studenci dokonują pomiaru prędkości spawania techniką w lewo i prawo.
- 6) Zgodnie z udzielonym instruktarzem studenci samodzielnie wykonują napoiny i złącza spawane.
- 7) Studenci dokonują pomiaru odkształcenia (strzałka ugięcia) wykonanych złączy spawanych.
- 8) Studenci wykonują pomiary geometrii wykonanych złączy i napoin, identyfikują niezgodności spawalnicze zewnętrzne, oceniają jakość złączy.
- 9) Studenci pod nadzorem prowadzącego wykonują próbę łamania i identyfikacja niezgodności wewnętrznych złączy spawanych.
- 10) Wykonanie pomiaru twardości poszczególnych stref złączy spawanych chłodzonych z różną prędkością. Wpływ prędkości chłodzenia na strukturę złączy.
- 11) Studenci pod nadzorem prowadzącego wykonują próbę zginania napoin
- 12) **Cięcie tlenowe:** Instruktor zapoznaje studentów ze sprzętem do cięcia tlenowego oraz szczegółowo opisuje budowę palnika uniwersalnego. Po ustawianiu ciśnień roboczych gazów, demonstruje przebieg procesu cięcia dla różnych grubości ciętego materiału.
- 13) Studenci oceniają jakość procesu cięcia. Studenci dokonują pomiaru prędkości cięcia, określają szerokość szczeliny.
- 14) Analiza wyników: Ocena jakości złączy spawanych gazowo na podstawie badań niemieszczących (np. VT) oraz badań niszczących (np. próba łamania). Ocena jakości procesu cięcia tlenowego. Analiza wpływu parametrów spawania i cięcia tlenowego na jakość złącza oraz ocena jakość powierzchni cięcia. Analiza wpływu procesu spawania gazowego na obszar strefy wpływu ciepła oraz na właściwości mechaniczne złącza spawanego (np. twardość) oraz mikrostrukturę

złącza spawanego. Ocena wpływu prędkości stygnięcia złączy spawanych na wartość twardości mierzoną w poszczególnych obszarach złączy spawanych. Ocena napoin wytwarzanych z materiałów dodatkowych na osnowie żelaza w tym, typu MMC (metal matrix composite).

#### 4. Wytyczne do sprawozdania

Zależnie od celu ćwiczenia podanego przez prowadzącego sprawozdanie powinno zawierać:

##### *ĆWICZENIE SP-1.1: Spawanie gazowe (acetylenowo-tlenowe)*

- 1 Cel ćwiczenia
- 2 Wstęp teoretyczny
- 3 Część praktyczna ćwiczenia – technologia spawania i napawania
  - 3.1 Projekt złączy i napoin
  - 3.2 Sposób przygotowania elementów do spawania i napawania
  - 3.3 Ocena spawalności materiału rodzimego
  - 3.4 Parametry spawania i charakterystyka realizowanego procesu spawania
- 4 Wyniki i ich analiza (spawanie)
  - 4.1 Opis czynności wykonanych osobiście podczas ćwiczenia
  - 4.2 Wykonane złącza spawane - identyfikacja niezgodności spawalniczych
  - 4.3 Próba łamania złączy spawanych
  - 4.4 Badania twardości
  - 4.5 Ocena jakości badanych złączy spawanych
- 5 Wyniki i ich analiza (napawanie)
  - 5.1 Charakterystyka i geometria wykonanych napoin
  - 5.2 Badanie twardości warstw napawanych
  - 5.3 Technologiczna próba zginania napoin
- 6 Wnioski

Literatura: skrypty, instrukcje, normy, źródła internetowe itp.

Wykaz załączników: szkice, rysunki, protokoły z badań, obliczenia itp.

##### *ĆWICZENIE SP-1.2: Cięcie tlenowe (acetylenowo-tlenowe)*

- 1 Cel ćwiczenia
- 2 Wstęp teoretyczny
- 3 Część praktyczna ćwiczenia – technologia cięcia tlenowego
  - 3.1 Projekty krawędzi cięcia lub ukosowania
  - 3.2 Sposób przygotowania elementów do cięcia
  - 3.3 Opis czynności wykonanych osobiście podczas ćwiczenia laboratoryjnego
  - 3.4 Parametry cięcia i charakterystyka realizowanego procesu
  - 3.5 Ocena możliwości prowadzenia procesu cięcia
- 4 Wyniki i ich analiza
  - 4.1 Ocena wizualna jakości ciętych powierzchni oraz krawędzi - fotografie elementów
  - 4.2 Charakterystyka i geometria powierzchni ciętej
  - 4.3 Ocena jakości powierzchni ciętych
  - 4.4 Badania twardości powierzchni cięcia
- 5 Wnioski

Literatura: skrypty, instrukcje, normy, źródła internetowe itp.

Wykaz załączników: szkice, rysunki, protokoły z badań, obliczenia itp.