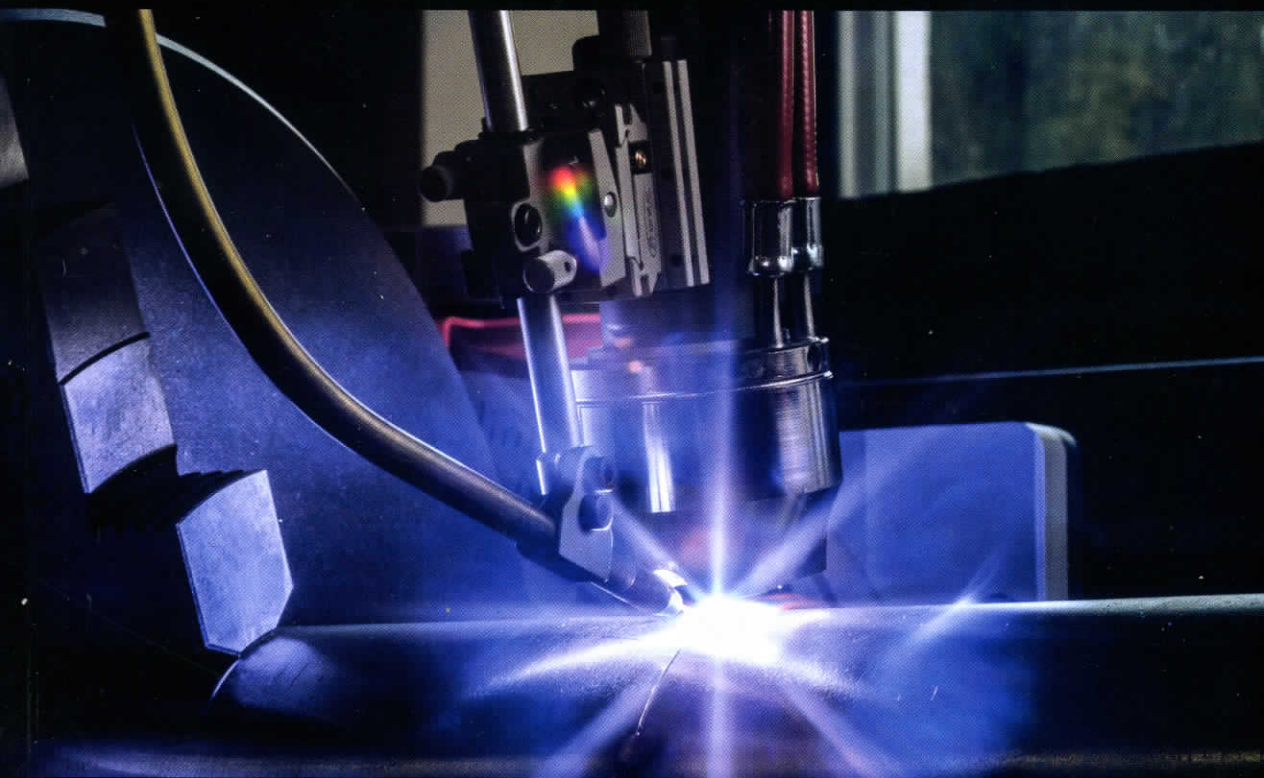


Artur CZUPRYŃSKI Agnieszka RZEŹNIKIEWICZ

SPECJALNE TECHNOLOGIE SPAWALNICZE W ĆWICZENIACH LABORATORYJNYCH



Część druga



GLIWICE 2020

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA.....	7
1. KLEJENIE.....	9
1.1. Cel ćwiczenia.....	9
1.2. Historia wynależenia i rozwoju metody.....	9
1.3. Zjawiska fizykochemiczne występujące podczas klejenia.....	10
1.4. Zalety i wady klejenia.....	12
1.5. Czynniki wpływające na powstanie połączeń klejowych.....	13
1.6. Wytwarzanie połączeń klejowych.....	14
1.7. Podział klejów.....	17
1.7.1. Kleje reaktywne utwardzające się w wyniku procesów chemicznych....	19
1.7.2. Kleje utwardzające się w wyniku procesów fizycznych.....	21
1.8. Klejenie metali.....	22
1.9. Klejenie tworzyw sztucznych.....	23
1.10. Badania połączeń klejowych.....	25
1.11. Zasady bezpiecznej pracy podczas klejenia.....	28
1.12. Przebieg ćwiczenia.....	28
Przykładowe pytania i polecenia kontrolne.....	29
Bibliografia.....	29
Wykaz przywołanych norm.....	30
2. LUTOWANIE MIĘKKIE I LUTOWANIE TWARDE.....	31
2.1. Cel ćwiczenia.....	31
2.2. Historia wynależenia i rozwoju metody.....	32
2.3. Charakterystyka metody.....	34
2.4. Zjawiska fizykochemiczne wpływające na prawidłowość procesu lutowania .	38
2.5. Materiały dodatkowe do lutowania.....	46
2.6. Przygotowanie elementów do lutowania.....	64
2.7. Rodzaje i konstrukcja złączy lutowanych.....	67
2.8. Niezgodności w złączach lutowanych.....	69
2.9. Instrukcja technologiczna lutowania twardego płomieniowego.....	73

2.10. Stanowiska do lutowania miękkiego i lutowania twardego	74
2.11. Przebieg ćwiczenia	76
Przykładowe pytania i polecenia kontrolne	78
Bibliografia	79
Akty prawne.....	80
Wykaz przywołanych norm	80
3. LUTOSPAWANIE ŁUKOWE ELEKTRODĄ TOPLIWĄ W OSŁONIE GAZU..	81
3.1. Cel ćwiczenia.....	81
3.2. Historia wynalezienia i rozwoju metody	81
3.3. Charakterystyka metody	84
3.4. Idea procesu CMT™	93
3.5. Idea procesu coldArc™	104
3.6. Idea procesu CBT™	105
3.7. Idea procesu STT™	108
3.8. Materiały dodatkowe do lutowania łukowego elektrodą topliwą w osłonie gazu	113
3.9. Sposób przygotowania elementów do lutowania łukowego elektrodą topliwą w osłonie gazu	116
3.10. Technologia lutowania łukowego elektrodą topliwą w osłonie gazu	118
3.11. Niezgodności w złączach lutowanych łukowo elektrodą topliwą w osłonie gazu.....	123
3.12. Instrukcja technologiczna lutowania łukowego elektrodą topliwą w osłonie gazu.....	124
3.13. Stanowisko do zrobotyzowanego lutowania łukowego elektrodą topliwą w osłonie gazu.....	125
3.14. Przebieg ćwiczenia	126
Przykładowe pytania i polecenia kontrolne	128
Bibliografia	129
Wykaz przywołanych norm	129
4. SPAJANIE TWORZYW SZTUCZNYCH.....	131
4.1. Cel ćwiczenia.....	131
4.2. Metody łączenia tworzyw sztucznych.....	131
4.3. Spawanie tworzyw termoplastycznych	134
4.4. Zgrzewanie tworzyw termoplastycznych	141
4.5. Przebieg ćwiczenia	157

Przykładowe pytania i polecenia kontrolne	158
Bibliografia	158
5. SPAWANIE PLAZMOWE ŁUKIEM PRZENOSZONYM	160
5.1. Cel ćwiczenia.....	160
5.2. Historia wynalezienia i rozwoju metody	160
5.3. Charakterystyka metody	162
5.4. Źródła prądu i osprzęt do spawania plazmowego	168
5.5. Parametry spawania plazmowego	169
5.6. Technologia spawania plazmowego łukiem przenoszonym	176
5.7. Niezgodności w złączach spawanych plazmowo łukiem przenoszonym	182
5.8. Instrukcja technologiczna spawania plazmowego łukiem przenoszonym	183
5.9. Stanowisko do ręcznego spawania plazmowego łukiem przenoszonym	184
5.10. Przebieg ćwiczenia	185
Przykładowe pytania i polecenia kontrolne	186
Bibliografia	187
Wykaz przywołanych norm	188
6. CIĘCIE PLAZMOWE I ŻŁOBIENIE PLAZMOWE	189
6.1. Cel ćwiczenia.....	189
6.2. Historia wynalezienia i rozwoju metody	190
6.3. Charakterystyka metody	192
6.4. Urządzenia do cięcia plazmowego	195
6.5. Parametry cięcia plazmowego	201
6.6. Gazy stosowane w procesie cięcia plazmowego	212
6.7. Techniki cięcia plazmowego	221
6.8. Zużycie materiałów eksploatacyjnych uchwytu plazmowego	226
6.9. Niezgodności w procesie cięcia plazmowego	227
6.10. Istota żłobienia plazmowego	235
6.11. Urządzenia i osprzęt do żłobienia plazmowego	238
6.12. Gazy plazmowe i pomocnicze stosowane w procesie żłobienia łukiem plazmowym	239
6.13. Techniki żłobienia plazmowego	239
6.14. Stanowisko do ręcznego cięcia oraz żłobienia plazmowego	242
6.15. Przebieg ćwiczenia	244
Przykładowe pytania i polecenia kontrolne	245
Bibliografia	245
Wykaz przywołanych norm	246

7. SPAWANIE LASEROWE I CIĘCIE LASEROWE	247
7.1. Cel ćwiczenia.....	247
7.2. Historia wynalezienia i rozwoju metody	248
7.3. Podstawy fizyczne techniki laserowej.....	250
7.4. Urządzenia laserowe do spawania i cięcia	257
7.4.1. Lasery stosowane w spawalnictwie.....	258
7.4.2. Transmisja promieniowania laserowego	268
7.5. Spawanie laserowe	271
7.5.1. Techniki spawania laserowego.....	272
7.6. Niezgodności w złączach spawanych laserowo	279
7.7. Instrukcja technologiczna spawania laserowego.....	281
7.8. Cięcie laserowe.....	282
7.9. Stanowisko do spawania i cięcia laserowego.....	285
7.10. Przebieg ćwiczenia	287
Przykładowe pytania i polecenia kontrolne	288
Bibliografia	289
Wykaz przywołanych norm	289
8. ZGRZEWANIE TARCIOWE Z MIESZANIEM METALU ZGRZEINY.....	290
8.1. Cel ćwiczenia.....	290
8.2. Historia wynalezienia i rozwoju metody.....	290
8.3. Charakterystyka procesu zgrzewania tarcioowego z mieszaniem metal zgrzeiny	292
8.4. Narzędzia do zgrzewania tarcioowego z mieszaniem metalu zgrzeiny	294
8.5. Parametry zgrzewania tarcioowego z mieszaniem metalu zgrzeiny	296
8.6. Zalety i wady zgrzewania tarcioowego z mieszaniem metalu zgrzeiny	298
8.7. Urządzenia do zgrzewania tarcioowego z mieszaniem metalu zgrzeiny	299
8.8. Charakterystyka typowych wad w procesie zgrzewania tarcioowego z mieszaniem metalu zgrzeiny.....	301
8.9. Zastosowanie metody zgrzewania tarcioowego z mieszaniem metalu zgrzeiny.	303
8.10. Przebieg ćwiczenia	304
Przykładowe pytania i polecenia kontrolne	304
Bibliografia	305

PRZEDMOWA

Podręcznik przedstawia specjalne technologie spawalnicze i stanowi kontynuację oraz uzupełnienie treści poruszanych w pierwszej części zatytułowanej „Podstawowe technologie spawalnicze w ćwiczeniach laboratoryjnych”. Opracowanie przygotowano z myślą o studentach studiów stacjonarnych i niestacjonarnych drugiego stopnia oraz studiów podyplomowych Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej i odpowiada ono programowi oraz systemowi zapewnienia jakości kształcenia studentów na kierunkach: mechanika i budowa maszyn, inżynieria materiałowa, nanotechnologie, automatyka i robotyka oraz zarządzanie i inżynieria produkcji. Materiał ujęto w osiem instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych dotyczących klejenia, lutowania miękkiego i lutowania twardego, lutowania łukowego, spajania tworzyw sztucznych, spawania plazmowego, cięcia i żłobienia plazmowego, spawania i cięcia laserowego oraz zgrzewania tarcowego, obejmujących wprowadzenie teoretyczne do tematu ćwiczenia uzupełnione rysunkami i tablicami. Zawarte w podręczniku instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych mogą być wykorzystywane w ramach zajęć z przedmiotów: technologia lutowania i klejenia, podstawy technologii spawalniczych, technologia spawania i cięcia termicznego oraz technologia zgrzewania. Przedstawione treści mają na celu pomoc w staranniejszym przygotowaniu się studentów do zajęć dydaktycznych i stanowią jedynie suplement do wykładów z przedmiotu wynikającego z planu studiów, który wymaga uzupełnienia wiedzy z pozycji podanych w bibliografii.

Informacje przekazywane studentom na drugim poziomie studiów w toku ćwiczeń laboratoryjnych dobrane są w taki sposób, aby możliwe było wykształcenie inżynierów spawalników o międzynarodowym poziomie kompetencji.

Podręcznik ten dedykujemy Profesorowi Andrzejowi Gruszczykowi – wieloletniemu pracownikowi i kierownikowi Katedry Spawalnictwa Politechniki Śląskiej, osobie bardzo życzliwej studentom, doktorantom i podwładnym, chętnie dzielącej się swą ogromną wiedzą z wieloma pokoleniami polskich inżynierów spawalników.

Dziękujemy Panie Profesorze!

Autorzy

Podręcznik zawiera materiały dydaktyczne dotyczące technologii spawalniczych oraz instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych, które mogą być prowadzone na wyższych uczelniach technicznych w ramach zajęć z przedmiotów: technologia lutowania i klejenia, podstawy technologii spawalniczych, technologia spawania i cięcia termicznego, technologia zgrzewania oraz techniki wytwarzania. Publikacja jest skierowana do słuchaczy studiów stacjonarnych i niestacjonarnych drugiego stopnia, kształcących się na kierunkach: mechanika i budowa maszyn, inżynieria materiałowa, automatyka i robotyka oraz zarządzanie i inżynieria produkcji. Może być również przydatna dla inżynierów, technologów, mistrzów spawalników oraz personelu spawalniczego niższego szczebla, którzy doksztalają się na różnego rodzaju kursach umożliwiających otrzymanie dodatkowych certyfikatów kompetencji.

Dr inż. Artur Czupryński jest wieloletnim pracownikiem naukowo-dydaktycznym Katedry Spawalnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Jest uznanym nauczycielem akademickim i specjalistą z dziedziny inżynierii materiałowej (w szczególności technologii spawalniczych), autorem podręcznika akademickiego oraz wielu krajowych i zagranicznych publikacji naukowych z tej dziedziny. W 2018 roku został uhonorowany medalem im. inż. Stanisława Olszewskiego, który jest przyznawany przez Sekcję Spawalniczą SIMP najwybitniejszym polskim i zagranicznym spawalnikom w uznaniu ich zasług dla rozwoju spawalnictwa.

Dr inż. Agnieszka Rzeźnikiewicz jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Katedry Spawalnictwa w Gliwicach. W swojej działalności naukowej zajmuje się technologiami spawania, zgrzewania, napawania i cięcia termicznego oraz analizą techniczno-ekonomiczną procesów spawalniczych. Jest autorką kilkudziesięciu publikacji naukowych z tych dziedzin. Wielokrotnie nagradzana za działalność naukową i organizacyjną przez Rektora Politechniki Śląskiej.

Słowa kluczowe:

- klejenie
- lutowanie
- lutowanie łukowe
- spajanie tworzyw sztucznych
- spawanie plazmowe
- cięcie plazmowe
- żłobienie plazmowe
- spawanie laserowe
- cięcie laserowe
- zgrzewanie tarciove z mieszaniem metalu zgrzeiny (FSW)

Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5
tel. (32) 237-13-81, faks (32) 237-15-02
www.wydawnictwopolitechniki.pl
Dział Sprzedaży i Reklamy
tel. (32) 237-18-48
e-mail: wydawnictwo_mark@polsl.pl
<http://www.polsl.pl/Jednostki/RJ02-WPS>

ISBN 978-83-7880-663-9