

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Spajalność materiałów specjalnych				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	MIMT-2-226-s	Punkty ECTS:	5
Wydział:	Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej				
Kierunek:	Inżynieria Materiałowa	Specjalność:	—		
Poziom studiów:	Studia II stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	2
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr inż. Tuz Lechosław (ltuz@agh.edu.pl)				

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Zagadnienia związane ze spawalnością materiałów konstrukcyjnych (m.in. stopów lekkich, niklu i jego stopów, miedzi i jej stopów), w tym sposobami łączenia i zagrożeniami wynikającymi ze stosowanych metod z punktu widzenia właściwości materiału.

### Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student posiada rozległą wiedzę podstawową o strukturze i właściwościach materiałów specjalnych użyteczną przy prowadzeniu doboru technik łączenia oraz warunków prowadzenia procesu. Posiada wiedzę teoretyczną z zakresu podstawowych (uniwersalnych) metod łączenia materiałów o takich samych właściwościach i o zupełnie odmiennych oraz ze specjalnych, dedykowanych dla poszczególnych materiałów. Posiada wiedzę niezbędną w zakresie doboru i stosowania właściwych technik i metod oceny jakości połączeń z wykorzystaniem badań niszczących i nieniszczących.	IMT2A_W03	Egzamin

M_W002	Posiada podstawy teoretyczne niezbędne do scharakteryzowania i oceny jakości połączeń oraz zna zjawiska fizyczne wykorzystywane do wykonania tych złączy. Zna sposoby i metodologię wyznaczania warunków prowadzenia procesu łączenia, doboru materiałów dodatkowych i kryteriów oceny jakości złączy.	IMT2A_W03	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Posiada umiejętność doboru techniki łączenia, materiałów dodatkowych i warunków prowadzenia procesu niezbędnych do wykonania połączenia o odpowiedniej jakości. Potrafi sformułować kryteria oceny poprawności wykonania złączy.	IMT2A_U04	Egzamin
M_U002	Potrafi przeprowadzić ocenę spawalności stopów lekkich oraz dokonać doboru materiałów dodatkowych do łączenia materiałów o podobnych lub różnych właściwościach.	IMT2A_U04	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Aktywność na zajęciach
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Potrafi w sposób zwięzły przedstawić wyniki obserwacji z zakresu wykonywanych prac inżynierskich. Potrafi w wyniku pracy samodzielnej i w zespole sformułować wnioski i sugestie dotyczące konkretnych, prostych problemów inżynierskich.	IMT2A_K01	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

### Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
56	28	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0

### Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat

Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student posiada rozległą wiedzę podstawową o strukturze i właściwościach materiałów specjalnych użyteczną przy prowadzeniu doboru technik łączenia oraz warunków prowadzenia procesu. Posiada wiedzę teoretyczną z zakresu podstawowych (uniwersalnych) metod łączenia materiałów o takich samych właściwościach i o zupełnie odmiennych oraz ze specjalnych, dedykowanych dla poszczególnych materiałów. Posiada wiedzę niezbędną w zakresie doboru i stosowania właściwych technik i metod oceny jakości połączeń z wykorzystaniem badań niszczących i nieniszczących.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Posiada podstawy teoretyczne niezbędne do scharakteryzowania i oceny jakości połączeń oraz zna zjawiska fizyczne wykorzystywane do wykonania tych złączy. Zna sposoby i metodologię wyznaczania warunków prowadzenia procesu łączenia, doboru materiałów dodatkowych i kryteriów oceny jakości złączy.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Posiada umiejętność doboru techniki łączenia, materiałów dodatkowych i warunków prowadzenia procesu niezbędnych do wykonania połączenia o odpowiedniej jakości. Potrafi sformułować kryteria oceny poprawności wykonania złączy.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Potrafi przeprowadzić ocenę spawalności stopów lekkich oraz dokonać doboru materiałów dodatkowych do łączenia materiałów o podobnych lub różnych właściwościach.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Potrafi w sposób zwięzły przedstawić wyniki obserwacji z zakresu wykonywanych prac inżynierskich. Potrafi w wyniku pracy samodzielnej i w zespole sformułować wnioski i sugestie dotyczące konkretnych, prostych problemów inżynierskich.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	56 godz
Przygotowanie do zajęć	20 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	60 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	143 godz
Punkty ECTS za moduł	5 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

##### Źródła ciepła stosowane w spajaniu materiałów specjalnych

Charakterystyka wybranych źródeł ciepła i sposobów przetwarzania energii dla potrzeb spawalnictwa wraz z budową złącza spawanego. Wpływ wybranych parametrów procesu na kształt spoiny. Omówienie sposobów wprowadzania ciepła do materiałów łączonych.

##### Charakterystyka konstrukcyjnych materiałów metalowych i niemetalowych

Klasyfikacja konstrukcyjnych materiałów metalowych i niemetalowych wraz z omówieniem ich cech szczególnych ze względów użytkowych i wpływających na możliwość łączenia

##### Fizykochemiczne właściwości złączy materiałów specjalnych

Omówienie podstawowych właściwości fizycznych materiałów metalowych i niemetalowych i ich wpływ na przebieg procesu spawania, w tym przewodność cieplna, rozszerzalność cieplna, temperatura topnienia, rozchodzenie ciepła w jeziorce spawalniczym

##### Podstawowe techniki spajania materiałów specjalnych

Charakterystyka, podział i omówienie technik łączenia klasycznymi procesami spawania wraz z ich modyfikacjami dla potrzeb spawania materiałów metalowych o specyficznych właściwościach

##### Specjalne techniki łączenia materiałów konstrukcyjnych

Omówienie procesów spajania dedykowanych dla potrzeb łączenia elementów wybranych konstrukcji lub materiałów, w tym procesy hybrydowego łączenia metali

##### Wybrane problemy podczas łączenia stopów lekkich (stopy magnezu)

Charakterystyka stopów magnezu. Omówienie spawalności stopów magnezu i klasyfikacja procesów łączenia dedykowanych dla spawania stopów magnezu

##### Wybrane problemy podczas łączenia stopów lekkich (stopy aluminium)

Charakterystyka aluminium i jego stopów. Omówienie spawalności stopów aluminium i

klasyfikacja procesów łączenia dedykowanych dla spajania stopów aluminium

Wybrane problemy podczas łączenia stopów lekkich (tytan i jego stopy)

Charakterystyka tytanu i jego stopów. Omówienie spawalności tytanu i wybranych stopów tytanu i klasyfikacja procesów łączenia dedykowanych dla spajania tytanu i jego stopów

Łączenie materiałów metalowych z ceramicznymi

Fizykochemiczne właściwości połączeń metalu z ceramiką. Budowa i właściwości warstw pośrednich. Konstruowanie połączeń ze względu na współczynnik rozszerzalności cieplnej i podobieństwo parametrów sieci.

Wybrane problemy i techniki w łączeniu kompozytowych tworzyw sztucznych

Charakterystyka wybranych tworzyw sztucznych i procesów ich łączenia. Omówienie fizykochemicznych podstaw tworzenia połączeń.

Wybrane problemy łączenia stopów niklu

Charakterystyka niklu i jego stopów. Omówienie spawalności stopów niklu utwardzanych roztworowo i wydzieleniowo. Charakterystyka podstawowych problemów podczas spawania stopów niklu. Omówienie stosowania niklu i jego stopów na warstwy buforowe.

Łączenie miedzi i jej stopów

Charakterystyka miedzi i jej stopów. Omówienie spawalności miedzi i stopów miedzi, w tym skłonności do pęknięć gorących, przewodności cieplnej i jej wpływu na tworzenie jeziora spawalniczego, choroba wodorowa itp.

Wybrane problemy łączenia stopów kobaltu, cyrkonu, tantalu

Klasyfikacja i omówienie wybranych problemów występujących podczas łączenia stopów kobaltu, cyrkonu i tantalu, w tym w szczególności ocena możliwości wykonania złączy platerowanych i łączenia blach platerowanych

Zastosowanie połączeń materiałów zaawansowanych w przemyśle

Charakterystyka wybranych zastosowań przemysłowych złączy materiałów specjalnych i omówienie przyczyn ich stosowania.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

1. Ocena spawalności stopów magnezu
2. Ocena spawalności stopów aluminium
3. Ocena spawalności tworzyw sztucznych
4. Ocena spawalności stopów niklu
5. Ocena spawalności miedzi i jej stopów
6. Zgrzewanie materiałów różnorodnych
7. Ocena możliwości wykonywania połączeń w procesie lutowania
8. Wpływ topników na głębokość wtopienia (stopy specjalne)
9. Wyznaczenia zawartości wodoru w stopie stopów specjalnych

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

## **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Podaje Prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze

## **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

## **Sposób obliczania oceny końcowej**

ocena końcowa = ocena z laboratorium • 0,4 + ocena z egzaminu • 0,6

## **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Podaje Prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze

## **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Brak

## **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Poradnik inżyniera. Spawalnictwo. Tom 1 / pod red. Jana Pilarczyka, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2003,
2. Technika spawalnicza w praktyce / pod red. Kazimierza Ferencza, wyd. Verlag Dashofer,
3. Klimpel A.: Kontrola i zapewnienie jakości w spawalnictwie, wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1998,
4. Aktualnie obowiązujące normy, przepisy, wytyczne i zalecenia
5. Publikacje techniczno-naukowe w czasopismach technicznych krajowych i zagranicznych podejmujących problematykę łączenia materiałów specjalnych m.in. Przegląd Spawalnictwa, Biuletyn Instytutu Spawalnictwa, Welding Journal itp.

## **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

<http://www.bpp.agh.edu.pl/>

1. Zinc contamination cracking in stainless steel after welding / Krzysztof PAŃCIKIEWICZ, Lechosław TUZ, Anna ZIELIŃSKA-LIPIEC // Engineering Failure Analysis ; ISSN 1350-6307. — 2014 vol. 39, s. 149-154. — Bibliogr. s. 153-154, Abstr.
2. Badania skłonności do pęknięć gorących wybranych stali austenitycznych — [Evaluation of selected austenitic stainless hot crack susceptibility] / Lechosław TUZ, Krzysztof PAŃCIKIEWICZ, Edmund TASAK, Janusz Adamiec, Tomasz GÓRAL // Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach ; ISSN 0867-583X. — 2014 R. 58 nr 6, s. 31-35. — Bibliogr. s. 35. — L. Tuz, K. Pańcikiewicz, E. Tasak, T. Góral - afiliacja: Akademia Górniczo-Hutnicza
3. Mikrostruktura i odporność na korozję wżerową jedno- i różnorodnych złączy spawanych wybranych stali austenitycznych — Microstructure and pitting corrosion resistance of similar- and dissimilar welded joints of selected austenitic stainless steels / Lechosław TUZ, Krzysztof PAŃCIKIEWICZ, Zbigniew ŻUREK, Marcin Gębka // Hutnik Wiadomości Hutnicze : czasopismo naukowo-techniczne poświęcone zagadnieniom hutnictwa ; ISSN 1230-3534. — 2015 t. 82 nr 4, s. 275-283. — Bibliogr. s. 283
4. Ocena mikrostruktury połączeń lutospawanych stali niestopowej z wykorzystaniem spoiwa CuSi3 — [Microstructure evaluation of the non-alloy steel weld brazing joints made with the use of CuSi3 filler

metal] / Tomasz Groń, Lechośław TUZ, Krzysztof PAŃCIKIEWICZ // W: „Nowoczesne zastosowania technologii spawalniczych” : symposium katedr i zakładów spawalnictwa : Istebna, 16-17 czerwca 2015 : praca zbiorowa / pod red. Artura Czupryńskiego. — Katowice ; Gliwice : Archives of Foundry Engineering, cop. 2015. — ISBN: 978-83-63605-16-2. — S. 187-196. — Bibliogr. s. 196. — Afiliacja autorów: Akademia Górniczo-Hutnicza

5.Ocena mikrostruktury wybranych stopów niklu — Microstructure assessment of selected nickel alloys / Lechośław TUZ, Krzysztof PAŃCIKIEWICZ, Edmund TASAK, Janusz Adamiec // Przegląd Spawalnictwa / Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich ; ISSN 0033-2364. — 2014 [R.] 86 nr 5, s. 64-67. — Bibliogr. s. 67, Streszcz., Abstr.. — XIX konferencja spawalnicza : Spawanie w energetyce : Jarnołtówek, 8-10 kwietnia 2014 r.

6.Quality of marks on metals made with the use of the Nd:YAG laser engraving method — Jakość znaków na materiałach metalowych wykonanych metodą grawerowania wiązką lasera Nd:YAG / Lechośław TUZ // Metallurgy and Foundry Engineering MaFE = Metalurgia i Odlewnictwo / AGH University of Science and Technology ; ISSN 1230-2325. — 2013 vol. 39 no. 1, s. 55-63. — Bibliogr. s. 63, Abstr., Streszcz.

7.Resistance welding of high-manganese cast steel with unalloyed steel rails / E. TASAK, A. ZIEWIEC, L. TUZ // Archives of Foundry Engineering / Polish Academy of Sciences. Commission of Foundry Engineering ; ISSN 1897-3310. — Tytuł poprz.: Archiwum Odlewnictwa. — 2014 vol. 14 spec. iss. 1, s. 115-120. — Bibliogr. s. 119-120, Abstr.. — tekst:

8.Wpływ wybranych parametrów spawania łukowego na jakość złączy odlewniczych stopów magnezu — Influence of arc welding parameters on joints quality of cast magnesium alloys / Lechośław TUZ, Andrzej Kolasa // Przegląd Spawalnictwa / Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich ; ISSN 0033-2364. — 2013 R. 85 nr 2, s. 45-49. — Bibliogr. s. 49, Streszcz., Abstr.

9.Wybrane aspekty spawania stopów stosowanych w podwyższonej temperaturze — Selected aspects of the welding alloys used at high temperature / Krzysztof PAŃCIKIEWICZ, Lechośław TUZ, Aneta ZIEWIEC, Zbigniew ŻUREK, Anna ZIELIŃSKA-LIPIEC, Paweł Kajda // W: Bloki o nadkrytycznych parametrach pracy : nowe materiały hutnicze, technologie wykonania, procesy degradacji oraz ocena trwałości elementów ciśnieniowych kotła : monografia : IV Międzynarodowa n-t konferencja spawalnicza POWERWELDING 2015 : 5-8 październik, 2015, Słok k/ Bełchatowa / praca zbiorowa pod red. Adama Hernasa, Henryka Mazura i Jerzego Pasternaka. — druk (Gliwice : Usługi Komputerowe i Poligraficzne), 2015. — Opis częściowo wg okładki. — ISBN: 978-83-60837-93-1. — S. 307-316. — Bibliogr. s. 316

## Informacje dodatkowe

Brak