

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Obróbka cieplna				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	MIMT-2-106-s	Punkty ECTS:	3
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:	1
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	prof. dr hab. inż. Zielińska-Lipiec Anna (alipiec@agh.edu.pl)				

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

W ramach modułu student zostanie zapoznany z podstawowymi metodami kształtowania mikrostruktury materiałów na drodze obróbki cieplnej, mającymi wpływ na własności mechaniczne materiałów.

### 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 zna metody ochrony powierzchni przed utlenianiem i nawęglaniem	IMT2A_W04, IMT2A_W03, IMT2A_W01	Kolokwium
M_W002	Student potrafi zaprojektować obróbkę cieplną w celu otrzymania określonych właściwości mechanicznych materiałów	IMT2A_W04, IMT2A_W03, IMT2A_W01	Kolokwium
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi ocenić przydatność danej technologii lub urządzenia do realizacji prostego zadania inżynierskiego	IMT2A_U01, IMT2A_U04, IMT2A_U03	Kolokwium

M_U002	Student ma uporządkowaną wiedzę na temat podstaw teoretycznych i technologii obróbek cieplnych stosowanych dla materiałów metalicznych	IMT2A_W04, IMT2A_W03, IMT2A_W01	Kolokwium
--------	--	---------------------------------------	-----------

### 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
45	30	0	15	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 zna metody ochrony powierzchni przed utlenianiem i nawęglaniem	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student potrafi zaprojektować obróbkę cieplną w celu otrzymania określonych właściwości mechanicznych materiałów	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi ocenić przydatność danej technologii lub urządzenia do realizacji prostego zadania inżynierskiego	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student ma uporządkowaną wiedzę na temat podstaw teoretycznych i technologii obróbek cieplnych stosowanych dla materiałów metalicznych	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	45 godz
Przygotowanie do zajęć	10 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	10 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	20 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	87 godz
Punkty ECTS za moduł	3 ECTS

## Pozostałe informacje

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

#### Wykład

##### Metaloznawcze podstawy obróbki cieplnej stopów żelaza

Klasyfikacja przemian fazowych w stopach. Siła pędna przemiany, zarodkowanie. Układy fazowe, równowaga termodynamiczna. Przebieg przemian kontrolowanych szybkością dyfuzji.

##### Przemiany fazowe wykorzystywane do kształtowania mikrostruktury

Przemiany fazowe podczas nagrzewania i chłodzenia stali i ich wykorzystanie do kształtowania struktury i własności mechanicznych

##### Wykresy CTP i ich wykorzystywanie w projektowaniu obróbki cieplnej

Wykorzystanie wykresów CTA, CTPi, CTPc, CTPo, CTPs do ustalania mikrostruktury i dobór warunków obróbki cieplnej

##### Grzanie materiałów i chłodzenie materiałów

Podstawy teoretyczne procesu. Obliczanie czasu grzania. Wpływ geometrii i rozmieszczenia przedmiotów na czas grzania. Rodzaje pieców grzewczych. Ciepłe ośrodki grzejne. Mechanizm chłodzenia w cieczech. Obliczanie czasu chłodzenia. Rodzaje i własności ośrodków chłodzących (stałe ciekłe, gazowe). Zastosowanie ośrodków chłodzących w aspekcie ochrony środowiska.

##### Metody zapobiegania stratom materiałowym podczas wysokotemperaturowej obróbki cieplnej

Rodzaje oddziaływania gazów na powierzchnie obrabianych metali. Metody zabezpieczające materiał przed utlenianiem. Zasady i metody wytwarzania atmosfer. Urządzenia do wytwarzania atmosfer

##### Strukturalne i technologiczne aspekty procesu wyżarzania

Aktywowany cieplnie ruch granic – proces rekryształizacji. Ogólne zasady doboru parametrów procesów wyżarzania. Technologiczne i strukturalne aspekty różnych procesów wyżarzania dla stali i stopów

##### Umocnienie materiałów przemianami fazowymi 1

Pojęcie hartowności i metody jej określania. Czynniki wpływające na hartowność.

Metody hartowania objętościowego i powierzchniowego. Naprężenia powstające podczas hartowania

#### Umocnienie materiałów przemianami fazowymi 2

Przemiany podczas odpuszczania stali węglowych i stopowych i ich wpływ na mikrostrukturę i własności. Twardość wtórna. Kruchości odpuszczania. Parametr Hollomona-Jaffe. Ulepszanie cieplne

#### Umocnienie materiałów przemianami fazowymi 3

Mechanizm umocnienia wydzieleniowego. Omówienie stali i stopów metali nieżelaznych i nadstopów utwardzanych wydzieleniowo – przykłady sekwencji zmian w mikrostrukturze. Wpływ parametrów procesu starzenia na własności mechaniczne. Wybrane technologie procesów

#### Technologie obróbki cieplnej części maszyn

Przykładowe obróbki ciepłe dla stali do ulepszania cieplnego, stali sprężynowych. Dobór obróbki dla określonych części maszyn – kół zębatych, łożysk, odkuwek. Technologiczność części maszyn z punktu widzenia obróbki cieplnej

#### Technologie obróbki cieplnej narzędzi

Ogólne zasady obróbki cieplnej narzędzi. Technologie obróbki cieplnej narzędzi w zależności od pracy narzędzia i wybranego gatunku stali. Obróbka cieplna stali szybko tnących

#### Technologie obróbki stosowane dla stali o specjalnych własnościach

Wybrane technologie obróbek cieplnych stosowanych dla stali o specjalnych własnościach np.; transformatorowych, stali nierdzewnych austenitycznych, martenzytycznych utwardzanych wydzieleniowo. Obróbka cieplna złączy spawanych.

#### Obróbka cieplno-mechaniczna

Omówienie technologii nisko i wysokotemperaturowa. Walcowanie regulowane, Walcowanie normalizujące. Rola obróbki cieplnej przy produkcji blach i taśm ze stali IF, BH. Dual phase, TRIP.

#### Obróbka cieplna w kształtowaniu własności stopów metali nieżelaznych i nadstopów. Wady i kontrola jakości obróbki cieplnej

Wybrane technologie obróbki cieplnej stopów aluminium, miedzi, niklu, tytanu. Kontrola jakości półfabrykatów hutniczych w stanie dostawy. Wady hartowania i odpuszczania. Wady obróbki cieplno-chemicznej

#### Obróbka cieplno-chemiczna

Ogólne zasady obróbki cieplno-chemicznej. Typy ośrodków przeznaczonych do obróbki cieplno-chemicznej. Dyfuzyjne nasycanie pierwiastkami niemetalicznymi (nawęglanie, azotowanie, borowanie). Dyfuzyjne nasycanie pierwiastkami metalicznymi (tytanowanie, chromowanie, aluminiowanie)

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

#### Atmosfery ochronne

Metody ochrony powierzchni przed utlenianiem i odwęglaniem. Rodzaje atmosfer ochronnych. Określanie wpływu ciśnienia cząstkowego tlenu, dwutlenku węgla, tlenku węgla, pary wodnej na kierunek przebiegu reakcji chemicznych. Analiza wpływu pierwiastków stopowych na utlenianie w podwyższonych temperaturach

#### Metody wyżarzania stali

Omówienie podstawowych technologii wyżarzania i ich wpływu na właściwości stali. Przeprowadzenie wyżarzania zmiękczającego na właściwości (twardość) stali

narzędziowych

#### Hartowność stali

Wykonanie próby Jominy'ego i pełna analiza uzyskanych wyników. (określenie średnicy krytycznej, idealnej średnicy krytycznej, rozkładu twardości na przekroju pręta hartowanego w danym ośrodku)

#### Umocnienie wydzieleniowe stopów

Omówienie technologicznych aspektów procesu umocnienia wydzieleniowego. Przeprowadzenie procesu starzenia w duralach i stali maraging – określenie czasu potrzebnego do uzyskania maksimum twardości.

#### Obróbka cieplno-chemiczna

Przeprowadzenie nawęglania w proszkach. Pomiar grubości warstwy nawęglanej. Określenie współczynnika dyfuzji węgla i energii aktywacji. Omówienie obróbki cieplnej po nawęglaniu. Proces azotowania i jego wpływ na właściwości i mikrostrukturę

### **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**

Średnia ocen z laboratorium

### **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- obróbka cieplna pod red W. Lutego, WNT Warszawa 1977
2. Dobrzański L., Metaloznawstwo z podstawami nauki o materiałach, WNT Warszawa 1996
3. Pacyna J., (Red.), Ćwiczenia z materiałów metalicznych, Wyd. WMiIM, Kraków 2003
4. Strony www

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

E. Bączek, A. Zielińska-Lipiec: Wpływ regeneracyjnej obróbki cieplnej na mikrostrukturę i właściwości stali P91 W: Innowacyjne technologie wytwarzania, Monografia, artykuły napisane z okazji „II Międzynarodowej Konferencji Innowacyjne Technologie Wytwarzania”. 2012, S. 403-410

A. Ziewiec, Ed.Tasak, A. Zielińska-Lipiec A, K. Ziewiec, A.Bochowski, J.Kowalska: The influence of rapid solidification and temperature of the solution treatment on the microstructure of the 17Cr-9Ni-3Mo precipitation hardened steel, Journal of Alloys and Compounds, 615 (2014) 627-932

P. Matusiewicz, W. Ratuszek, A. Zielińska-Lipiec A, Recrystallization of ferrite in spheroidite of {Fe-0.67%C} steel, Archives of Metallurgy and Materials, Polish Academy of Sciences. Committee of Metallurgy. Institute of Metallurgy and Materials Science, 56, (2011) 63-69

B. Sarapata, A. Zielińska-Lipiec A, C. Vahlas, Microstructure of {Al-Cu} thin film deposited by MOCVD, Inżynieria Materiałowa, 31 (2010) 386-389

W.J Kaluba, T Kaluba, A. Zielińska-Lipiec: Morphological evolutions in steels during continuous rapid heating, Materials Science Forum, 539-543 (2007) 4669-4674

Kąc S. Kusiński J., Zielińska-Lipiec A. Radziszewska A., Woźniak E.: Elektronomikroskopowe badania struktury warstw wierzchnich stali SWV9 po laserowym hartowaniu przetopieniowym, Nowoczesne technologie w inżynierii powierzchni III ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź-Spała, 3-6 październik 2006, Inżynieria Materiałowa, (2006) 1053-1056,

## **Informacje dodatkowe**

Brak