**Nazwa przedmiotu:**

Materiały metaliczne - obróbka cieplna/ Metallic Materials - Heat Treatment

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Michał Tacikowski, prof. PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Materiałowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

MATMOC

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Liczba godzin pracy studenta ogółem - 90, uczestnictwo w zajęciach laboratoryjnych – 60 godz., praca własna studenta w domu w zakresie przygotowania teoretycznego do sprawdzianów i opracowania sprawozdań z laboratoriów – 30 godz.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

3 punkty ECTS – 60 godzin laboratorium, praca własna studenta w domu w zakresie przygotowania teoretycznego do sprawdzianów i opracowania sprawozdań z laboratoriów – 30 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

3 punkty ECTS - uczestnictwo w zajęciach laboratoryjnych – 60 godz., praca własna studenta w domu w zakresie przygotowania teoretycznego do sprawdzianów i opracowania sprawozdań z laboratoriów – 30 godz.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 0h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 60h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Zakres wiadomości z przedmiotów wykładowych i laboratoryjnych - Podstawy Nauki o Materiałach 1 – 4, z przedmiotów wykładowych Materiały Metaliczne i Metalurgii, Materiały Metaliczne – Obróbka Cieplna. Struktura krystaliczna, rodzaje faz w stopach metali, defekty budowy krystalicznej, punktowe, liniowe, powierzchniowe. Krystalizacja z fazy ciekłej i stałej, zarodkowanie, mechanizm wzrostu. Podstawy krystalizacji. Układy równowagi faz, budowa wykresów równowagi. Układ Fe-Fe3C, struktury równowagowe, przemiany fazowe. Podstawy dyfuzji. Mechanizmy umocnienia, roztworowe, odkształceniowe, wydzieleniowe, dyspersyjne. Odkształcenie plastyczne, zdrowienie i rekrystalizacja. Podstawowe przemiany fazowo strukturalne zachodzące przy nagrzewaniu i chłodzeniu stali. Krzywe CTP, tworzenie struktur perlitycznych, bainitycznych i martenzytycznych. Hartowność stali, wpływ składu chemicznego stali. Przemiany przy nagrzewaniu martenzytu w procesach odpuszczania. Tworzenie sorbitu podczas ulepszania cieplnego. Podstawy metalurgii. Informacje o głównych metodach metalurgicznych stosowanych w technice, stopach żelaza, stalach i żeliwach oraz (Al, Cu, Zn, Mg) Procesy metalurgiczne wytwarzania technicznych stopów żelaza (stali, żeliw). Procesy stalownicze, przemiany fazowe oraz mechanizmy umocnienia i możliwości ich wykorzystania w procesach kształtowania właściwości stopów Fe. Podstawy klasyfikacji, znakowania, własności i zastosowanie stali, żeliw oraz stopów metali nieżelaznych. Charakterystyka głównych grup tworzyw metalicznych w obszarze stopów żelazo – węgiel (stale, żeliwa) i stopów metali kolorowych (stopy Al, Cu, Mg, Ti). Stale odporne na korozję, materiały żarowytrzymałe. Podstawy teoretyczne obróbki cieplno-chemicznej stali, w tym nawęglania, azotowania.

**Limit liczby studentów:**

Laboratorium - z uwagi na wymogi przepisów BHP oraz względy programowe (równoległa realizacja trzech tematów), grupa realizująca zajęcia laboratoryjne nie powinna liczyć więcej niż 18 osób (6 osób w p

**Cel przedmiotu:**

Przekazanie studentom podstawowej wiedzy praktycznej o realizacji technologii obróbek cieplnych i cieplno-chemicznych w oparciu o stosowane urządzenia, atmosfery ochronne, ośrodki grzewcze i chłodzące oraz o wiedzę teoretyczną w zakresie mechanizmów przemian fazowo-strukturalnych zachodzących przy grzaniu i chłodzeniu materiałów i występujące w nich naprężenia własne. Przekazanie podstawowej wiedzy z zakresu budowy urządzeń do realizacji nowoczesnej technologii obróbki cieplnej stopów metali, w tym pieców z atmosferami ochronnymi, ośrodkami kąpielowymi oraz urządzeniami próżniowymi, wpływem składników chemicznych tych ośrodków, grzewczych na zmiany lub równowagę składników fazowo strukturalnych w strefach przypowierzchniowych w obrabialnych cieplnie materiałach, podczas grzania i chłodzenia w celu uzyskania określonych własności obrabianych stopów metali. Uzyskanie umiejętności wykorzystania wiedzy w zakresie zagadnienia hartowności stali w praktyce, praktyczna znajomość metod jej wyznaczania. Zapoznanie z praktyczną realizacją technologii obróbek cieplnych stali konstrukcyjnych oraz narzędziowych w tym stali do pracy na zimno, gorąco lub szybkotnących oraz nowoczesnych, ekonomicznych obróbek cieplno-chemicznych nawęglania, azotowania, węgloazotowania w oparciu o procesy aktywno-dyfuzyjne gazowe, próżniowe oraz regulowane. Praktyczne zapoznanie z wymogami BHP w zakresie realizacji obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej.

**Treści kształcenia:**

Zalecenia w zakresie terminologii stosowanej w realizacji technologii obróbki cieplnej składającej się z operacji, zabiegów i czynności, przy nagrzewaniu i chłodzeniu z pośrednim wytrzymywaniem temperatur przy obróbce stali stopowych i zmniejszonym przewodnictwie cieplnym. Zasady BHP w obróbce cieplnej. Rozkład temperatur w przekroju elementów przy grzaniu i chłodzeniu oraz tworzące się naprężenia cieplne i strukturalne. Zmiany własności stref przypowierzchniowych na skutek procesów odwęglania i utleniania stali i metody zapobiegania. Atmosfery ochronne generatorowe endo- i egzotermiczne, oraz z rozkładu amoniaku. Skład, wytwarzanie, zastosowanie. Podstawowe urządzenia stosowane do realizacji obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej w ośrodkach gazowych, kąpielach oraz w próżni. Realizacja technologii obróbek obróbki cieplnej w zakresie wyżarzania, hartowania martenzytycznego objętościowego stali konstrukcyjnych i narzędziowych w połączeniu z procesami odpuszczania. Ulepszanie cieplne stali. Wykorzystanie wiedzy w zakresie zagadnienia hartowności stali w praktyce, metody jej wyznaczania. Dobór parametrów, urządzeń, ośrodków grzewczych i chłodzących w celu otrzymania określonych własności w oparciu o przemiany strukturalne materiałów. Izotermiczne procesy hartowania bainitycznego, dobór stali, a otrzymywane własności. Procesy utwardzania dyspersyjnego w ramach przesycania i starzenia. Praktyka kształtowania własności powierzchniowych stali w procesach obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stali. Realizacja procesów technologii utwardzania powierzchniowego w procesach hartowania powierzchniowego, nawęglania oraz azotowania gazowego w procesach regulowanych. Ocena efektów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej. Wady w obróbce cieplnej i cieplno-chemicznej. Podstawy ekonomiki realizacji technologii obróbek cieplnych. Podstawy doboru stali i projektowania technologii jej obróbki cieplnej. Ekspertyza materiałowa.

**Metody oceny:**

Laboratorium: W każdym z 5 tematów wykonawczych 30 min. pisemny sprawdzian z wiadomości oraz rozmowa w trakcie repetytorium, w części praktycznej laboratorium – sprawozdanie indywidualne.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. K. Przybyłowicz, Metaloznawstwo, Wyd. VIII, WNT, 2007
2. L. A. Dobrzański, Materiały inżynierskie i projektowanie Materiałowe, Podstawy nauki i materiałach i metaloznawstwo, Wyd. II, WNT, 2006
3. M. Blicharski, Inżynieria materiałowa Stal, Wyd. II, WNT, 2012
4. M. Blicharski, Inżynieria materiałowa, WNT, Warszawa, 2014
5. M. Blicharski, Inżynieria powierzchni, WNT, Warszawa, 2016
6. L. Dobrzański Metaloznawstwo i Obróbka Cieplna Materiałów Narzędziowych, WNT, Warszawa 1990.
7. W. Luty i inni Poradnik Inżyniera – Obróbka Cieplna Stopów Żelaza WNT, 1977.
8. A. Moszczyński, Nawęglanie Gazowe Stali, WNT, 1983.

**Witryna www przedmiotu:**

---

**Uwagi:**

---

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka MATMOC\_W1:**

Ma wiedzę dotyczącą podstawowych grup tworzyw metalicznych stosowanych w technice w obróbce cieplnej i cieplno – chemicznej (powierzchniowej).

Weryfikacja:

Sprawdzian wiadomości, rozmowa ze studentami w trakcie zajęć
oraz sprawozdanie z tematów wykonawczych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_W06, IM1\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG, III.P6S\_WG.o

**Charakterystyka MATMOC\_W2:**

Zna podstawowe kryteria i metody doboru tworzyw metalicznych w zastosowaniach inżynierskich, zwłaszcza w zakresie obróbki cieplnej i cieplno – chemicznej.

Weryfikacja:

Sprawdzian wiadomości, rozmowa ze studentami w trakcie zajęć
oraz sprawozdanie z tematów wykonawczych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_W05, IM1\_W06, IM1\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG, III.P6S\_WG.o

**Charakterystyka MATMOC\_W3:**

Ma wiedzę z zakresu podstaw teoretycznych, metodyki, doboru i realizacji technologii obróbki cieplnej i cieplno - chemicznej oraz metod oceny jej efektów.

Weryfikacja:

Sprawdzian wiadomości, rozmowa ze studentami w trakcie zajęć
oraz sprawozdanie z tematów wykonawczych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_W06, IM1\_W12, IM1\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG, III.P6S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka MATMOC\_U1:**

Potrafi dobrać w odpowiednie do rodzaju zastosowania i warunków eksploatacji tworzywo metaliczne i zaprojektować jego obróbkę cieplną lub powierzchniową i, a następnie wykonać ją w praktyce oraz zweryfikować poprzez odpowiednie badania poprawność jej efektów w zakresie uzyskanych własności.

Weryfikacja:

Sprawdzian wiadomości, rozmowa ze studentami w trakcie zajęć
oraz sprawozdanie z tematów wykonawczych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U13, IM1\_U14, IM1\_U16, IM1\_U08, IM1\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.3.o, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.4.o, III.P6S\_UW.1.o

**Charakterystyka MATMOC\_U2:**

Potrafi ocenić aspekty ekologiczne zastosowania wybranych technologii obróbki cieplej lub powierzchniowej

Weryfikacja:

Sprawdzian wiadomości, rozmowa ze studentami w trakcie zajęć
oraz sprawozdanie z tematów wykonawczych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o

**Charakterystyka MATMOC\_U3:**

Umie ocenić aspekty ekonomiczne wyboru określonych materiałów i technologii ich obróbki

Weryfikacja:

Sprawdzian wiadomości, rozmowa ze studentami w trakcie zajęć
oraz sprawozdanie z tematów wykonawczych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U12, IM1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o

**Charakterystyka MATMOC\_U4:**

Na podstawie posiadanej wiedzy i analizy fachowej literatury student rozwija poprzez pracę własną swoje kompetencje z zakresu tworzyw metalicznych i obróbki cieplnej. Student umie opracować i prawidłowo zinterpretować otrzymane wyniki, wyciągnąć wnioski z przeprowadzonych badań. Przy opracowaniu sprawozdań korzysta z technik informacyjno-komunikacyjnych.

Weryfikacja:

Sprawozdanie z tematów wykonawczych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U01, IM1\_U05, IM1\_U07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, I.P6S\_UU, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka MATMOC\_U5:**

Potrafi ocenić zagrożenia towarzyszące realizacji konkretnych technologii obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej i w trakcie wykonywania zadań technologicznych i badawczych w laboratorium stosuje odpowiednie zasady bezpieczeństwa i higieny pracy.

Weryfikacja:

Rozmowa ze studentami w trakcie zajęć oraz obserwacja i ocena umiejętności studenta w trakcie zajęć.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka MATMOC\_K1:**

Rozumie potrzebę pogłębiania i aktualizowania wiedzy w stopniu umożliwiającym wykorzystanie najnowocześniejszych rozwiązań technicznych w doborze materiałów i projektowaniu ich obróbki cieplnej lub powierzchniowej.

Weryfikacja:

Rozmowa ze studentami w trakcie zajęć.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KO

**Charakterystyka MATMOC\_K2:**

Ma świadomość znaczenia obróbki cieplnej tworzyw metalicznych dla optymalnego wykorzystania materiałów w technice. Rozumie zagrożenia wynikające z niewłaściwie podjętych decyzji dot. procesów obróbki cieplnej lub powierzchniowej.

Weryfikacja:

Rozmowa ze studentami w trakcie zajęć.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_K02, IM1\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KR, I.P6S\_KK

**Charakterystyka MATMOC\_K3:**

Rozumie istotną rolę inżynierii powierzchni tworzyw metalicznych w aspekcie zwiększenia trwałości wyrobów i oszczędności materiałów. Ma świadomość znaczenia innowacyjnych technologii w modyfikacji warstwy wierzchniej umożliwiającej uzyskanie jak najlepszych właściwości materiałów- w budowaniu przewagi konkurencyjnej polskiej gospodarki, przedsiębiorstw, świata nauki. Rozumie potrzebę przekazywania informacji o dokonanych odkryciach, osiągniętych rezultatach społeczeństwu, światu nauki, dokonywania transferu wiedzy i technologii do przemysłu, z uwzględnieniem zasad ochrony własności intelektualnej.

Weryfikacja:

Rozmowa ze studentami w trakcie zajęć.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_K02, IM1\_K05, IM1\_K07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KR, I.P6S\_KO