



Nazwa modułu: Rzeczywista struktura materii

Rok akademicki: 2017/2018 Kod: JFT-1-616-s Punkty ECTS: 4

Wydział: Fizyki i Informatyki Stosowanej

Kierunek: Fizyka Techniczna Specjalność: —

Poziom studiów: Studia I stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 6

Strona www: <http://www.fis.agh.edu.pl/~wierzbanowski/Rsm.htm>

Osoba odpowiedzialna: prof. dr hab. inż. Wierzbanowski Krzysztof (wierzban@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: prof. dr hab. inż. Wierzbanowski Krzysztof (wierzban@agh.edu.pl)

Krótką charakterystyka modułu

Student zdobywa podstawowa wiedzę oraz umiejętności w zakresie własności rzeczywistych materiałów. Są one przydatne w dalszym studiowaniu.

Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	Student posiada wiedzę o naprężeniach oraz odkształceniach sprężystych i plastycznych materiałów, Student zna i rozumie zasady pomiarów dyfrakcyjnych tekstur krystalograficznych oraz naprężeń wewnętrznych i własnych, ich zastosowania i związek z własnościami materiałów.	FT1A_W01, FT1A_W06, FT1A_W01, FT1A_W06	Egzamin, Udział w dyskusji, Aktywność na zajęciach
M_W002	Student posiada wiedzę o defektach kryształów i polikryształów oraz o mechanizmach rekrytalizacji w materiałach, Student zna charakterystyki procesów technologicznych formowania materiałów (odkształcenie plastyczne, rekrytalizacja).	FT1A_W04, FT1A_W08, FT1A_W06, FT1A_W06, FT1A_W04	Egzamin, Udział w dyskusji, Aktywność na zajęciach
Umiejętności			

M_U001	Student potrafi prowadzić obliczenia odkształceń i naprężeń używając opisu tensorowego i macierzowego oraz stosować prawa sprężystości i plastyczności kryształów	FT1A_U01, FT1A_U05, FT1A_U05, FT1A_U01	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń
M_U002	Student potrafi posługiwać się różnymi parametrami opisującymi orientację sieci krystalicznej i składowe tekstury.	FT1A_U01, FT1A_U04, FT1A_U04, FT1A_U01	Wykonanie ćwiczeń, Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Udział w dyskusji
M_U003	Student używa odpowiednich relacji i parametrów charakteryzujących defekty kryształów, odkształcenie plastyczne oraz rekrytalizację w materiałach polikrystalicznych	FT1A_U02, FT1A_U02	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń
Kompetencje społeczne			
M_K001	Student potrafi konstruktywnie współpracować w zespole rozwiązującym problemy rachunkowe	FT1A_K04, FT1A_K05, FT1A_K01, FT1A_K01	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Zaangażowanie w pracę zespołu
M_K002	Student angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym, i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty	FT1A_K04, FT1A_K05, FT1A_K01, FT1A_K01	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Zaangażowanie w pracę zespołu

Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	Student posiada wiedzę o naprężeniach oraz odkształceniach sprężystych i plastycznych materiałów, Student zna i rozumie zasady pomiarów dyfrakcyjnych tekstur krystalograficznych oraz naprężeń wewnętrznych i własnych, ich zastosowania i związek z własnościami materiałów.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student posiada wiedzę o defektach kryształów i polikryształów oraz o mechanizmach rekrytalizacji w materiałach, Student zna charakterystyki procesów technologicznych formowania materiałów (odkształcenie plastyczne, rekrytalizacja).	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												

M_U001	Student potrafi prowadzić obliczenia odkształceń i naprężeń używając opisu tensorowego i macierzowego oraz stosować prawa sprężystości i plastyczności kryształów	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi posługiwać się różnymi parametrami opisującymi orientację sieci krystalicznej i składowe tekstury.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student używa odpowiednich relacji i parametrów charakteryzujących defekty kryształów, odkształcenie plastyczne oraz rekrytalizację w materiałach polikrystalicznych	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	Student potrafi konstruktywnie współpracować w zespole rozwiązującym problemy rachunkowe	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	Student angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym, i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

Wykład

Dyfrakcyjne badania materiałów

Zastosowanie dyfrakcji rentgenowskiej, promieniowania synchrotronowego, neutronów i elektronów do badania własności mechanicznych i charakterystyk materiałów polikrystalicznych. Opis ilościowy odkształcenia sprężystego i plastycznego metali oraz obróbki termicznej (rekrytalizacja).

Tekstura krystalograficzna

Tekstura, sposoby jej reprezentacji (orientacje idealne, figura biegunowa, funkcja rozkładu orientacji), Dyfrakcyjne pomiary tekstury, Metody wyznaczania trójwymiarowej funkcji rozkładu orientacji ze zmierzonych figur biegunowych, Laboratoryjne i technologiczne zastosowania tekstur.

Tensory naprężenia i odkształcenia

Własności tensorów, Tensory naprężenia i odkształcenia, Typowe stany naprężeń i odkształceń, Miara dużego odkształcenia, Zastosowania.

Sprężystość ciał stałych

Potencjał międzyatomowy a sprężystość, Tensory C i S, notacja tensorowa i macierzowa, Wpływ symetrii na postać tensora sprężystości, Stałe sprężyste dla ciała izotropowego i dla kryształów, Energia sprężysta.

Dyfrakcyjne wyznaczanie naprężeń wewnętrznych

Zasada dyfrakcyjnego wyznaczania naprężeń, Wpływ anizotropii sprężystej – dyfrakcyjne stałe sprężyste, Wpływ symetrii materiału oraz tensora naprężeń, Anizotropia plastyczna – rozdzielenia naprężeń wewnętrznych I i II rzędu przy użyciu modelu odkształcenia polikryształu.

Drgania i defekty punktowe w kryształach

Fale sprężyste w kryształach: a) podejście ciągłe, b) podejście dyskretne (fonony), Defekty punktowe, równowagowa koncentracja defektów; Centra barwne.

Defekty liniowe i powierzchniowe w kryształach

Dyslokacje: własności, pole naprężeń, energia, siły działające na dyslokacje, mnożenie się dyslokacji, Defekty powierzchniowe: błędy ułożenia; granice ziaren, bliźniaków i granice międzyfazowe.

Odształcenie plastyczne kryształów i polikryształów

Plastyczność monokryształu: poślizg, bliźniakowanie, odkształcenie oraz rotacja ziarna i sieci krystalicznej, Modele odkształcenia sprężysto-plastycznego polikryształu.

Odształcenie plastyczne materiałów izotropowych

Opis odkształcenia plastycznego dla ośrodka ciągłego: Kryteria płynięcia plastycznego (Treski i Von Misesa), Pojęcie naprężeń efektywnych, Relacje naprężenie-odkształcenie plastyczne (równania Levy-Misesa i Hencky'ego), Typowe wyniki doświadczalne.

Kompozyty

Kompozyty, ich budowa, własności fizyczne oraz zastosowania.

Rekrytalizacja w metalach i stopach

Zdrowienie a rekrytalizacja, Zarodkowanie, Rekrytalizacja I i II rzędu, Modyfikacja mikrostruktury i własności materiałów podczas rekrytalizacji, Modelowanie rekrytalizacji

Efekt pamięci kształtu

Opis efektu, podstawy fizyczne, typowe materiały, Przemiana martenzytyczna, opis mechaniczny i termodynamiczny, Zastosowania.

Zastosowanie algorytmów genetycznych do doboru optymalnej tekstury

Schemat obliczeniowy algorytmów genetycznych, Reprezentacja tekstury przez zestaw współczynników, Funkcja doskonałości, Przykładowe rezultaty.

Technika wstecznego rozpraszania elektronów (EBSD) w badaniach materiałowych

Podstawy fizyczne metody wstecznego rozpraszania elektronów (EBSD). Transformacja Hough'a. Wyznaczanie charakterystyk materiałów.

Ćwiczenia audytoryjne

Ćwiczenia rachunkowe

- Zastosowanie różnych opisów orientacji sieci kryształu względem układu próbki,
- Obliczania naprężeń i odkształceń przy różnych geometriach deformacji,
- Opis sprężystości ciał krystalicznych.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa (OK) obliczana jest jako średnia ważona ocen z egzaminu (E) i z ćwiczeń audytoryjnych (C):

$$OK = 0.5 \times E + 0.5 \times C$$

Uzyskanie pozytywnej oceny końcowej (OK) wymaga uzyskania pozytywnej oceny z ćwiczeń

audytoryjnych (C) i egzaminu (E).

Wymagania wstępne i dodatkowe

- Znajomość podstaw teorii dyfrakcji i krystalografii
- Znajomość podstaw algebry liniowej (operacje na wektorach i macierzach)
- Znajomość rachunku różniczkowego i całkowego w zakresie podstawowym

Zalecana literatura i pomoce naukowe

- K. Wierzbanowski – Materiały pomocnicze do przedmiotu: Rzeczywista Struktura Materiałów (<http://www.ftj.agh.edu.pl/~wierzbanowski/Rsm.htm>)
- M. Blicharski, „Wstęp do inżynierii materiałowej”, WNT, Warszawa, 2003
- A.G. Guy, „Wprowadzenie do nauki o materiałach”, PWN, Warszawa, 1977
- K. Przybyłowicz, „Metaloznawstwo teoretyczne”, Akademia Górniczo-Hutnicza, Skrypty uczelniane, Kraków, 1990
- R.E. Reed-Hill, „Physical Metallurgy Principles”, Van Nostrand, Princeton, New Jersey, 1964 (i późniejsze)

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

- 1.S. Wronski, M. Wrobel, A. Baczmański, K. Wierzbanowski, Effects of cross-rolling on residual stress, texture and plastic anisotropy in f.c.c. and b.c.c. metals, *Materials Characterization*, 77 (2013) 116 – 126
- 2.S. Wronski, J. Tarasiuk, B. Bacroix, K. Wierzbanowski, H. Paul, Microstructure heterogeneity after the ECAP process and its influence on recrystallization in aluminium, *Materials Characterization*, 78 (2013) 60-68
- 3.M. Wronski, K. Wierzbanowski, S. Wronski, B. Bacroix, P. Lipinski, Texture variation in asymmetrically rolled titanium. Study by Finite Element Method with implemented crystalline model, *International Journal of Mechanical Sciences*, 87 (2014) 258-267
- 4.A. Uniwersał, M. Wróbel, K. Wierzbanowski, S. Wroński, M. Wroński, I. Kalemba-Rec, T. Sak, B. Bacroix, Microstructure, texture and mechanical characteristics of asymmetrically rolled polycrystalline copper, *Materials Characterization*, 118 (2016) 575-583
- 5.A. Uniwersał, M. Wroński, M. Wróbel, K. Wierzbanowski, A. Baczmański, texture effects due to asymmetric rolling of polycrystalline copper, *Acta Materialia*, 139 (2017) 30-38
- 6.M. Wroński, K. Wierzbanowski, D. Wojtas, E. Szyfner, R. Z. Valiev, J. Kawałko, K. Berent, K. Sztwiertnia, Microstructure, Texture and Mechanical Properties of Titanium Grade 2 Processed by ECAP (Route C), *Metal and Materials International*, 24 (2018)
- 7.M. Marciszko, A. Baczmański, M. Wróbel, W. Seiler, C. Braham and K. Wierzbanowski, New developments of multireflection grazing incidence diffraction, *Advanced Materials Research*, 996 (2014) 147-154
- 8.S. Wronski, K. Wierzbanowski, M. Jędrychowski, J. Tarasiuk, M. Wronski, A. Baczmański, B. Bacroix, Microstructure evolution of titanium after tensile test, *Materials Science and Engineering A*, 656 (2016) 1-11
- 9.M. Arul Kumar, M. Wronski, R.J. McCabe, L. Capolungo, K. Wierzbanowski, C.N. Tomé, Role of microstructure on twin nucleation and growth in HCP titanium: A statistical study, *Acta Materialia* 148 (2018) 123-132
- 10.M. Wronski, M. Arul Kumar, L. Capolungo, R.J. McCabe, K. Wierzbanowski, C.N. Tomé, Deformation behavior of CP-titanium: Experiment and Crystal plasticity modeling, *Materials Science and Engineering A*, 724 (2018) 289-297

Informacje dodatkowe

Sposób i tryb wyrównania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na ćwiczenia audytoryjnych:

Nieobecność na jednych ćwiczeniach wymaga od studenta samodzielnego opanowania przerabianego na tych zajęciach materiału.

Nieobecność na więcej niż jednych ćwiczeniach wymaga od studenta samodzielnego opanowania przerabianego na tych zajęciach materiału i jego zaliczenia w formie pisemnej w wyznaczonym przez prowadzącego terminie, lecz nie później jak w ostatnim tygodniu trwania zajęć.

Student który bez usprawiedliwienia opuścił więcej niż dwa ćwiczenia i jego częściowe wyniki w nauce były negatywne może zostać pozbawiony, przez prowadzącego zajęcia, bez możliwości wyrównania zaległości.

Zasady zaliczania ćwiczeń audytoryjnych:

Ocena z ćwiczeń audytoryjnych wyliczana jest w oparciu o dwa zbiorcze kolokwia przeprowadzone w trakcie semestru oraz o aktywność studenta podczas zajęć (rozwiązywanie zadań przy tablicy).

Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest wcześniejsze uzyskanie zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych.

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	4 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	42 godz
Przygotowanie do zajęć	28 godz
Udział w wykładach	30 godz
Udział w ćwiczeniach audytoryjnych	15 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	119 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS