



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت فرهنگ و آموزش عالی  
شورای عالی برنامه ریزی

## مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس

دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد،  
شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

گروه فنی و مهندسی



مصوب سیصد و شصت و هشتمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی

مورخ: ۱۳۷۷/۱۰/۲۰



بسم الله الرحمن الرحيم

**برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد، شناسایی و انتخاب مواد مهندسی**

گروه: فنی و مهندسی  
رشته: مهندسی مواد، شناسایی و انتخاب مواد مهندسی  
دوره: کارشناسی ارشد  
کمیته تخصصی:  
گرایش:  
کد رشته:

شورای عالی برنامه ریزی در سیصد و شصت و هشتمین جلسه مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۰ براساس طرح دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد، شناسایی و انتخاب مواد مهندسی که توسط گروه فنی و مهندسی تهیه شده و به تأیید رسیده است، برنامه آموزشی این دوره را در سه فصل (مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس) به شرح پیوست تصویب کرده، و مقرر می دارد:

**ماده ۱)** برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد، شناسایی و انتخاب مواد مهندسی از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند لازم الاجرا است.

**الف:** دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت فرهنگ و آموزش عالی اداره می شوند.  
**ب:** مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت فرهنگ و آموزش عالی و براساس قوانین، تأسیس می شوند و بنابراین تابع مصوبات شورای عالی برنامه ریزی می باشند.  
**ج:** مؤسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

**ماده ۲)** این برنامه از تاریخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۰ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می شوند لازم الاجرا است. و با ابلاغ آن برنامه دوره مهندسی شناسایی انتخاب ساخت مصوب جلسه ۸۸ مورخ ۱۳۶۶/۴/۶ برای این گروه از دانشجویان منسوخ می شود و دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی مشمول ماده ۱ می توانند این دوره را دایر و برنامه جدید را اجرا نمایند.

**ماده ۳)** مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد، شناسایی و انتخاب مواد مهندسی در سه فصل برای اجرا به معاونت آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی ابلاغ می شود.

رأی صادره سیصد و شصت و هشتمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۰  
در خصوص برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد شناسایی و  
انتخاب مواد مهندسی

۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد شناسایی و  
انتخاب مواد مهندسی که از طرف گروه فنی و مهندسی پیشنهاد  
شده بود، با اکثریت آراء به تصویب رسید.

۲) این برنامه از تاریخ تصویب قابل اجرا است

رأی صادره سیصد و شصت و هشتمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۰ در  
مورد برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد شناسایی و انتخاب مواد مهندسی صحیح  
است، به مورد اجرا گذاشته شود.

دکتر مصطفی معین

وزیر فرهنگ و آموزش عالی



دکتر علیرضا رهایی  
رییس گروه فنی و مهندسی

رونوشت: به معاونت محترم آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی  
خواهشمند است به واحدهای مجری ابلاغ فرمایید.

دکتر سید محمد کاظم نائینی

دبیر شورای عالی برنامه ریزی

## فصل اوّل

### مشخصات کلی برنامه

## فصل اول

### مشخصات کلی، دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

#### ۱) تعریف و هدف

شناسایی و انتخاب مواد مهندسی مجموعه‌ای از دروس نظری، آزمایشگاهی پیشرفته و پروژه تحقیقاتی می‌باشد که بمنظور طراحی و بهینه‌سازی مواد مهندسی و پژوهش در خواص و ارتباط با روش ساخت آنها برنامه‌ریزی شده است. هدف از آموزش این مجموعه تربیت نیروی انسانی مورد نیاز مراکز تحقیقاتی، صنعتی و آموزش عالی می‌باشد.

#### ۲) طول دوره و شکل نظام

طول مدت لازم برای گذراندن این دوره ۲ سال است. حداقل و حداکثر مدت مجاز برای انجام این دوره مطابق آیین‌نامه دوره کارشناسی ارشد می‌باشد. نظام آموزشی آن واحدی است و دروس در ۴ نیمسال ارائه می‌شود و زمان هر نیمسال ۱۷ هفته است و مدت تدریس یک واحد نظری ۱۷ ساعت، و یک واحد عملی ۳۴ ساعت می‌باشد.

#### ۳) نقش و توانایی

فارغ‌التحصیلان این دوره می‌توانند در زمینه‌های تحقیقاتی ذیل فعالیت داشته باشند:

- الف) طراحی جنس، انتخاب مواد، توسعه و نوآوری مواد
- ب) تحقیق در روشهای ساخت بمنظور بهینه‌سازی خواص فیزیکی و مکانیکی
- ج) تحلیل تخریب مواد و ارائه روشهای مناسب برای جلوگیری از آن
- د) انجام فعالیتهای آموزشی و تحقیقاتی در مراکز آموزش عالی و مؤسسات تحقیقاتی کشور

#### ۴) تعداد واحدهای درسی

تعداد واحدهای درس این دوره ۳۲ واحد به شرح زیر است:

دروس اجباری	۱۴	واحد
دروس اختیاری	۸	"
پروژه پایان نامه	۸	"
سمینار	۲	"



## دروس جبرانی

در صورتیکه دانشجویی دروس ذیل را در دوره کارشناسی نگذرانده باشد لازم است که بصورت جبرانی بگذراند.



۳ واحد	(۱) خواص مکانیکی II
۳ واحد	(۲) ریاضیات مهندسی
۲ واحد	(۳) انتخاب مواد فلزی
۱ واحد	(۴) انتقال مطالب علمی و فنی
۲ واحد	(۵) مواد پیشرفته

ضمناً "انتخاب حداکثر ۳ واحد از دروس کارشناسی رشته های دیگر مهندسی در صورت صلاحدید استاد راهنما بعنوان دروس جبرانی مجاز می باشد.

### (۵) ضرورت و اهمیت

اکثر قطعات مهندسی که در داخل کشور مصرف می شوند وارداتی هستند، تاکنون در زمینه طراحی، انتخاب مواد و ساخت آنها مطالعات محدودی صورت گرفته است. نیاز به تولید مواد با خواص بهتر، ضرورت استفاده حداکثر از منابع داخلی، لزوم جایگزینی کردن مواد مهندسی با مواد مناسب و همچنین توسعه روزافزون تکنولوژی، ضرورت تأسیس این دوره را مشخص می سازند. لذا ارائه این دوره بنحو مطلوب در مراکز آموزش عالی می تواند نقش عمده ای در نیل به خودکفایی آموزشی، پژوهشی و صنعتی که از اهداف جمهوری اسلامی ایران است داشته باشد.

### (۶) شرایط داوطلبان ورود به رشته

دارندگان مدرک کارشناسی متالورژی و مهندسی مواد و کلیه گرایشهای مواد، طراحی جامدات، ساخت و تولید، مهندسی پلیمر، هوافضا و فیزیک کاربردی می توانند در آزمون ورودی این رشته شرکت کنند.

### (۷) مواد و ضرایب آزمون ورودی

ریاضی مهندسی (ضریب ۲) - زبان تخصصی (ضریب ۲) - شیمی فیزیک و ترمودینامیک مواد (ضریب ۳) - خواص فیزیکی مواد (ضریب ۳) - خواص مکانیکی مواد (ضریب ۴) - استحاله فازها و نمودارهای تعادلی (ضریب ۲) - تخصصی کارشناسی (ضریب ۴)

**فصل دوّم**  
**جداول دروس**

دروس اجباری

۱۴ واحد

پیشنیاز یا هم نیاز	ساعت			تعداد واحد	نام درس	ردیف
	عملی	نظری	جمع			
ندارد	-	۳۴	۳۴	۲	ترمودینامیک پیشرفته مواد	۱
۱	-	۳۴	۳۴	۲	تغییر حالت‌های متالورژیکی	۲
ندارد	-	۱۷	۱۷	۱	خطاهای اندازه‌گیری در تحقیق مواد	۳
روشهای پیشرفته مطالعه مواد	۳۶	-	۳۶	۱	آزمایشگاه روشهای پیشرفته مطالعه مواد	۴
ندارد	-	۳۴	۲۴	۲	روشهای پیشرفته مطالعه مواد	۵
ندارد	-	۵۱	۵۱	۳	فرآیندهای انجماد پیشرفته	۶
تغییر حالت‌های متالورژیکی (هم نیاز)	-	۵۱	۵۱	۳	تئوری نابجایی	۷
				۱۴	جمع	





دروس اختیاری\*

۸ واحد

ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعت		
			جمع	نظری	عملی
۸	نفوذ در جامدات	۲	۳۴	۳۴	
۹	متالورژی پودر پیشرفته	۲	۳۴	۳۴	
۱۰	خزش	۲	۳۴	۳۴	
۱۱	مطالب ویژه	۲	۳۴	۳۴	
۱۲	مکانیک شکست	۳	۵۱	۵۱	
۱۳	روشهای المان محدود	۲	۳۴	۳۴	
۱۴	تئوری الکترونی مواد	۲	۳۴	۳۴	
۱۵	مهندسی سطح پیشرفته	۲	۳۴	۳۴	
۱۶	پلیمر پیشرفته	۲	۳۴	۳۴	
۱۷	روشهای پیشرفته غیر مخرب	۲	۳۴	۳۴	
۱۸	شبیه سازی در مهندسی مواد	۲	۳۴	۳۴	
۱۹	کنترل کیفیت پیشرفته	۲	۳۴	۳۴	
۲۰	کامپوزیت ها	۲	۳۴	۳۴	
۲۱	ریاضیات پیشرفته	۳	۵۱	۵۱	
۲۲	از سایر رشته های کارشناسی ارشد	۳	۵۱	۵۱	

\* دانشجویان این دوره می توانند حداکثر تا ۳ واحد از سایر رشته های کارشناسی ارشد مواد و متالورژی و حداکثر ۳ واحد از سایر رشته های کارشناسی ارشد مهندسی و علوم پایه با صلاح دید استاد راهنما اختیار نمایند.



## ترمودینامیک پیشرفته مواد

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

مروری به ترمودینامیک مواد: تعادلهای همگن و ناهمگن - ترمودینامیک محلولها - محاسبه کمیت های مولی و اکتیویته محلولها، محلولهای ایده آل - محلول های با قاعده - توابع اضافی - محلولهای رقیق: معادله گیبس دوهم در سیستم سه تایی - تغییر دادن حالت استاندارد - ضرایب تأثیر متقابل و پارامترهای تأثیر متقابل - نمودارهای منطقه پایداری ترکیبات - نمودارهای انرژی آزاد مولی نسبی با غلظت و ارتباط آنها با سیستم های دوتایی - حلالیت و عدم حلالیت، تعادل بین فازها با ترکیب متغیر - محاسبات نمودارهای فاز - نمودارهای اکتیویته - مول جزئی.

ترمودینامیک آماری - انتروپی و احتمالات - معادله بولتزمن - انتروپی وضعیتی و انتروپی حرارتی. مدل شبه شیمیایی و سایر مدلها برای محلولها - محلولهای منظم (Ordered) - نظم پر دامنه در محلولها و نظم کم دامنه، ترمودینامیک سطوح و مرز بین سطوح - انرژی سطحی و کشش سطحی - مرز داخلی و انفصال شیمیایی - انفصال ساختاری در مرزها - انرژی نابجایی ها - ترمودینامیک محلولهای آبی - رابطه انرژی شیمیایی و الکتریکی تأثیر غلظت بر نیروی الکتروموتیو - تشکیل پیل ها - نمودارهای پوربه.

مراجع

- 1- Introduction to thermodynamics, of Materials, D.R. Gaskell.
- 2- Thermodynamics of solids, R.A. Swalin.
- 3- Physical chemistry of melts in Metallurgy vol. 1 & 2, F.D. Richardson.
- 4- Chemical thermodynamics of Materials, C.H. Lopus.
- 5- Thermodynamics of Material, D. Ragone.



## تغییر حالت های متالورژیکی



تعداد واحد: ۲

نوع درس: نظری

پیشنیاز: ترمودینامیک پیشرفته مواد

هم نیاز: ندارد

سرفصل دروس: نظری ۳ واحد ۵۱ ساعت

مقدمه

تعریف تغییر حالت، انواع تغییر حالت - تئوری تغییر حالت بر اساس ترمودینامیک اصول تعادل پایدار و نیمه پایدار، طبقه بندی تغییر حالت، تعریف سرعت تغییر حالت، نیروی محرکه برای تغییر حالت، قوانین تعادل ترمودینامیک، انرژی آزاد محرکه و انرژی آزاد تغییر حالت، سرعت تغییر حالت شامل انرژی محرکه حرارتی برای حالتی که فقط یک نوع تغییر اتمی انجام می گیرد (تغییر حرارت مدنی)، تغییر حالت اتمی که شامل چند نوع تغییر اتمی هستند (تغییر حالت های ناهمگن)، اصول ماکزیمم سرعت تغییر حالت های تجربی: تعریف سرعت تغییر حالت، روش های اندازه گیری سرعت تغییر حالت، معادلات سرعت تغییر حالت، معادلات سرعت - برای تغییر حالت غیر همگن، انرژی محرکه تجربی و پارامترهای مؤثر، منحنی های تغییرات زمان، درجه حرارت و تغییر حالت اسپیندودالی بازیابی و تبلور مجدد: محاسبه سایر پارامترهای ترمودینامیکی، بازیابی، تغییر حالت توأم با جوانه زنی و بازیابی، قوانین تبلور مجدد، جوانه زنی در تبلور مجدد، حرکت مرز دانه ها، سرعت رشد دانه ها، تاثیر ناخالصی و فاز دوم در سرعت رشد دانه ها، ساختمان میکروسکوپی حاصل - تغییر حالت تعادل: جوانه زنی همزمان دو فاز (تغییر حالت پرلیتی) رشد همزمان دو فاز (پرلیت)، مکانیزم و مشخصات کریستالوگرافی فاز بینایت تغییر حالت دسته جمعی Massive Trans - تغییر حالت منظم به غیر منظم و قوانین سرعت تغییر حالت - پیر سختی: مناطق G.P. جوانه زنی و رشد مناطق، بزرگ شدن رسوبات، تاثیر جاهای خالی اضافی در تغییر حالت (فازهای اولیه، میانی و ثانویه)، تغییر حالت های بدون نفوذ و جابجا شدن اتمها: مشخصات تغییر حالت بدون نفوذ اتمها، ترمودینامیک تغییر حالت، جوانه زنی تغییر حالت های مارتنزیتی، خصوصیات سرعت تغییر حالت های مارتنزیتی، کریستالوگرافی تغییر حالت، مارتنزیت در فولاد.

مراجع

Kinetics of phase transformation, Buike.

Theory of phase transformation, Christian.

## خطاهای اندازه‌گیری در تحقیق مواد



تعداد واحد: ۱

نوع درس: نظری

پیشنیاز: ندارد

هم نیاز: ندارد

سرفصل دروس: نظری ۱ واحد ۱۷ ساعت

مقدمه

آنالیز نتایج، ثبت نتایج آزمایش، دقت در اندازه‌گیری، موارد غیر ممکن بودن اندازه‌گیری مقدار حقیقی و روند کردن مقادیر تجربی، تقریب، خطاهای مقدمه‌ای بر احتمالات - نمودار همبسته: تطابق منحنی - خطاها و عدم اطمینان: خطاهای سیستماتیک در اندام، توربع متعادل، خطاها و عدم اطمینان: تحقیقات تئوری و تحقیقات تجربی، برنامه ریزی آزمایش، برنامه ریزی کلاسیک و پارامترهای مختلف مؤثر، برنامه ریزی تحقیق، مثالهای برنامه ریزی - روشهای اندازه‌گیری: خطاهای دستگاههای اندازه‌گیری، اندازه‌گیری فشار و سرعت، اندازه‌گیری جریان الکتریکی و اندازه‌گیری مقدار انرژی حرارتی، اندازه‌گیری درجه حرارت، صوت - اندازه‌گیری های استاتیک: اندازه‌گیری تغییر مکان، اندازه‌گیری نیرو و خطاهای اندازه‌گیری مربوطه کنترل کیفی و خطاهای مربوطه.

## آزمایشگاه روشهای پیشرفته مطالعه مواد

تعداد واحد: ۱

نوع درس: عملی

پیشنیاز: روشهای مطالعه مواد

هم نیاز: روشهای پیشرفته مواد اولیه



سرفصل دروس: دروس ۲۴ ساعت

مطالعه سطوح شکست (شکست نگاری): یکمک SEM، روشهای تجربی مطالعه نابجایی ها (نقاطی که نابجایی ها در سطح فلز آمده، نابجایی ها که توسط رسوب ها دکوراسیون شده اند، به روش توپوگرافی با اشعه ایکس، توسط میکروسکوپ الکترونی)، ویژگی های عمومی سطوح شکست (کلیواژ، آثار ریز میکروسکوپی) - بررسی رینکای تهیه شده از سطح شکست، روابط کلی موجود بین منظره شکستهای میکروسکوپی و ماکروسکوپی، اشکال ساختمانی شکست، اثر درجه حرارت و اثر عناصر آلیاژی، بر روی ویژگی های سطح شکست، بررسی مثالهایی از سطوح شکست فلزات و آلیاژها در شرایط مختلف. روش لاوی انعکاسی جهت تعیین جهات کریستالی - روش لاوی عبوری جهت تعیین جهات کریستالی روش پودر جهت تشخیص ساختمان کریستالی - روش پودر جهت اندازه گیری پارامتر شبکه - روش پودر در مطالعه تغییر حالات منظم و غیر منظم.

## روشهای پیشرفته مطالعه مواد



تعداد واحد: ۲

نوع درس: نظری

پیشنیاز: روشهای مطالعه مواد

سرفصل دروس: نظری ۵ ساعت

ویژگیهای اشعه X و تولید اشعه X: شبکه معکوس، پروژکسیون استرنوگرافی دیفراکسیون اشعه X: قانون براگ، اسپکتروسکوپی اشعه X، محاسبه فاکتور ساختمان، فاکتور لورنتز (Lorentz)، فاکتور جذب، فاکتور حرارتی، محاسبه شدت پرتوهای دیفراکته در روش پودر - تعیین جهت تک بلورها به روشهای فتوگرافی لایه برگشتی، روش فیلم متحرک، دوقلوها، وضعیت نسبی رسوب و زمینه - بررسی بافت ورقهای نازک توسط فتوگرافی با اشعه X و با روش دیفراکتومتری، بررسی اثر تغییر شکل پلاستیک - تعیین ساختمان بلوری: اندکس کردن بلورها، فاز منظم، غیر منظم - روش های تجزیه شیمیایی: روش های اندازه گیری تنش.

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM): اصول تشکیل تصویر و کنتراست، قدرت وضوح و عمق میدان، عمق کانون، تکنیک های آماده کردن نمونه: نقایص حاصله در موقع تهیه نمونه و در هنگام مطالعه آنها - اجزاء میکروسکوپ الکترونی: میکروآنالیزور - تئوری سینماتیک، دیفراکسیون الکترونی: اثر نقص ها، دامنه دیفراکته شده بوسیله یک بلور تابدار، ژئومتری طرح های دیفراکسیون الکترونی: ساخت شبکه معکوس، رسم و اندکس کردن نقاط مربوط به یک تک بلور، طرح های حاصله از چند بلورهای بافت دار، اثر دیفراکسیون دوبل، خطوط کیکوشی، تئوری سینتیکی، تئوری دینامیک کنتراست، کاربرد تئوری دینامیک برای نابجایی ها - دیفراکسیون و کنتراست در مواد دوفازه: سطوح مشترک بین دوفازه و دیفراکسیون الکترونی توسط ذرات یک فاز ثانوی در حالت های پیوسته، ناپیوسته و نیمه پیوسته - کسب اطلاعات کمی بوسیله میکروسکوپ الکترونی، تعیین مشخصات نابجایی ها، میکروسکوپ الکترونی رویدنی (Scanning) - انواع مختلف و محاسن و کاربرد آنها، نوع میکروسکوپی یونی، ساختمان میکروسکوپ رویدنی، بوجود آمدن تصویر، تصویر مستقیم عیوب کریستالی در سطح SEM تولید اشعه ایکس و کاربرد آن در SEM، اندازه گیری کمی و کیفی، کاربرد SEM در مطالعات مواد.

## فرآیندهای انجماد پیشرفته



تعداد واحد: ۳

نوع درس: نظری

هم نیاز: تغییر حالت‌های متالورژیکی

هم نیاز: ندارد

سرفصل دروس: نظری ۳ واحد ۵۱ ساعت

مقدمه ای بر فرآیند انجماد، جوانه زنی و سینتیک فصل مشترک، انجماد فلزات خالص و آلیاژهای تک فازی، انجماد تعادلی، اختلاط کامل در مذاب و عدم نفوذ در جامد. اختلاط کامل در مذاب و نفوذ در جامد، انجماد در حالتی که توزیع عنصر حل شده در مذاب تنها توسط نفوذ صورت گرفته و از نفوذ در جامد صرف نظر می شود. انجماد با اختلاط جزئی در مذاب و عدم نفوذ در جامد، جدایش ریز (Microsegregation) و عوامل مؤثر بر آن. فواصل بین دندریتی انجماد قطعات ریختگی و شمش ها، رشد محوری و ستونی و عوامل مؤثر بر آنها.

جدایش درشت (Macrosegregation)، انواع و عوامل مؤثر در آن. بررسی برخی از عیوب ریختگی در رابطه با فرآیند انجماد از جمله ترک گرم، تنش های پس ماند، تخلخل های گازی و انقباضی و...

مراجع

1. Solidification Processing M.C. Flemings.
2. Fundamentals of Solidification. W. Kurz, D.J. Fisher.

## تئوری نابجایی ها



تعداد واحد: ۳

نوع درس: نظری

پیشنیاز: ندارد

هم نیاز: ندارد

سرفصل دروس: نظری ۳ واحد ۵۱ ساعت

مقدمه ای بر نابجایی ها و لغزش - محاسبه نیروی پارلز ناباور، محاسبه میدان تنش نابجایی ساده، به کمک حل معادله دیفرانسیل تعادل و سازگاری محاسبه میدان تنش نابجایی مخلوط، محاسبه نیروی وارده بر نابجایی، محاسبه انرژی خطی انواع نابجایی ها، کشش خطی انواع نابجایی ها، نیروی وارده بر نابجایی بر اثر تنش خارجی، رابطه Peach-Koehler، تئوری انرژی نیروی بین نابجایی ها، چهار وجهی Thomson منشأ و تکثیر نابجایی ها: جوانه زنی نابجایی در حین ایجاد کریستال، تئوری انباشته شدن نابجایی ها، اثر تناوب شبکه در نابجایی ها، دینامیک نابجایی ها تئوری های مربوط به سرعت حرکت نابجایی ها و پارامترهای مؤثر در آن. عیوب نقطه ای: انرژی ایجاد نقص نقطه ای و ترمودینامیک نقص نقطه ای، ایجاد نقص نقطه ای اندرکنش عیب نقطه ای با اتم ناخالصی و نابجایی - تجمع جاهای خالی، حلقه های نقص - مکانیزم باردن هرینگ، چهار وجهی نقص. مرز دانه ها، انرژی انواع مرز - مدل نابجایی مرز دانه ها، اندرکنش عیب نقطه ای و خطی با مرز دانه ها، مفهوم مقاوم شدن: سخت شدن بوسیله برخورد نابجایی با یکدیگر کارسختی در تک کریستال، تئوری تیلورومات، تئوری تنش سیلان و وابستگی تنش سیلان به درجه حرارت، مرحله کار سختی (تئوری I Hirsh, Moth)، مرحله دوم کارسختی، تئوری Seeger و کولمان و لیلدرف، مرحله سوم کارسختی، سخت شدن فلزات (با ساختار هگزگونال)، سختی ناشی از زیر ساختار Substructure، نظریه کنترل و استکنر، کار نرمی، سختی ناشی از محلول جامد، اندرکنش های الاستیک اتم حل شونده و نابجایی ها، مکانیزم استاتیکی و دینامیکی اندرکنش اتم حل شونده و نابجایی ها، ابرکال، پدیده پرتوین و لوشاتولیه، اثر Snock، اندرکنش صلیبیت، اندرکنش الکتریکی، اندرکنش شیمیایی، قفل سوزوکی - نتایج تجربی برخورد نابجایی ها و اتم حل شونده، پدیده نقطه سیلان در فلزات B.C.C - سخت کردن بوسیله فاز دوم: سختی بوسیله پخش یا پراکندگی (Dispersion) سختی بوسیله رسوب Precipitation مدل اروان، برخورد نابجایی ها با رسوبات، عمل کمانه کردن، فاصله مؤثر رسوب - رسوب های غیر پیوسته، تئوری مات ناباور - برخورد نابجایی ها با رسوبات پیوسته و حوزه ها بوسیله نابجایی، (مکانیزم Climb, Cross slip)، تئوری کلی و نیکولسن، کرنش ناشی و اثر آن بر تنش سیلان، تئوری فیشر، هارت - پرای، آنسل ولنل سخت کردن بوسیله مدول الاستیسیته، سخت کردن بوسیله خطای چیدن، تئوری کوزوکی، سخت کردن بوسیله دو یا



چند مکانیزم همزمان، سخت کردن بوسیله تحول اسپینودالی، سخت کردن بوسیله مرزدانه ها و، سخت کردن بوسیله آلیاژ سازی مکانیکی، Mechanical alloying، سختی بر اثر تحول مارتنزیتی تئوری کوهن، سخت کردن بوسیله تحول نامنظم - منظم.

مراجع

Plastic flow in crystal, Cottrel.

Plastic Deformation of Metals Honye Combe.

Strengthening Mechanisms, Kelly & Nicolson.

Les Dislocation, Frindel.

Dislocation Theory, Hirsh.



## نفوذ در جامدات



تعداد واحد: ۲

نوع درس: نظری

پیشنیاز: تعیین حالت‌های سالورژی

هم نیاز:

سرفصل دروس: نظری ۲ واحد ۳۴ ساعت

معادلات نفوذ اتم: قانون اول فیک، قانون دوم فیک، حل معادله دیفرانسیل نفوذ در حالات مختلف با ضریب ثابت نفوذ ( $D$ )، سرعت و رشد رسوب و کاربرد معادلات نفوذ، تأثیر تنش در سرعت نفوذ، حل معادله فیک با ضریب متغیر نفوذ ( $D$ )، سرعت نفوذ در سیستم‌های غیر مکعب - تئوری اتمی جابجا شدن اتمها: حرکت بی ترتیب، effect correlation، مکانیزم نفوذ، محاسبه ضریب نفوذ - تئوری Zener، قوانین تجربی محاسبه  $\Delta H$  و  $D$  و  $\Delta S$ ، روشهای تجربی محاسبه  $\Delta H_v$  و  $\Delta H_m$ ، بوجود آمدن جای خالی دو تایی - نفوذ در محلول با آلیاژهای رقیق: رفتار نالاستیک بر اثر نفوذ سرعت، نفوذ اتم محلول در فلز خالص، اثر جهت پرش مرجع، نفوذ در آلیاژهای دو تایی - جابجا شدن با وجود اختلاف غلظت: اثر کرکندال، تجزیه و تحلیل Darken، رابطه بین ضریب نفوذ شیمیایی و ضریب نفوذ خودبخودی و بررسی فرضیات Darken سیستم‌های سه تایی، مسیرهای سریع نفوذ: تجزیه و تحلیل، نفوذ - مرز دانه‌ها، تأثیر نابجایی در سرعت جابجا شدن، معادلات - نفوذ از طریق عیوب (نابجایی، مرز دانه‌ها).

مراجع

Diffusion in Solids, P.G. Shewman, 1990.

## متالورژی پودر پیشرفته

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: متالورژی پودر - تئوری نابجایی ها



- روشهای پیشرفته اندازه گیری ذرات پودر
- اندازه گیری سطح ویژه پودر
- اصطکاک بین ذرات پودر
- تولید پودر: اتمیزاسیون آبی و گازی - گریز از مرکز
- کنترل میکرو و ساختار پودر هنگام اتمیزاسیون
- ضریب اختلاط و راندمان اختلاط - رابطه ساندریکا
- روانسازها و کاربرد آنها در متالورژی پودر - استارات روی - استارات لیتیم - روغنهای فشار قوی
- مکانیزم فشرده شدن پودر - تئوریهای مقطر و فیش کمایستر
- تجزیه و تحلیل نیروهای وارد بر پودر در قالبهای صلب و ارتباط آن با توزیع چگالی
- رابطه جیمز برای مطالعه تخلخل - روشهای اندازه گیری تخلخل
- فشردن ایزواستاتیکی پودر
- بررسی مدل‌های تف جوشی و مکانیزمهای هر یک از آنها و مکانیزمهای انتقال جرم
- تف جوشی در حضور فاز مایع
- تف جوشی فعال شده
- متالورژی پودر آلیاژهای مس و آلومینیوم

تف جوشی در حضور مایع را می توان به بخش های زیر تقسیم کرد:

این بخش بصورت تخصصی و مفصل باید تدریس شود.

- میکروساختار
- عوامل ترمودینامیکی
- مراحل جابجایی، محلول سازی و رسوب، مرحله پایانی تغییر ساختار
- پر شدن تخلخل
- مراحل تشکیل ناحیه های گلوبی و رشد گلوبی
- کاربردهای تف جوشی در حضور فاز مایع

## خزش



تعداد واحد: ۲

نوع درس: نظری

پیشنیاز: تئوری نابجایی ها

هم نیاز: ندارد

سرفصل دروس: نظری ۲ واحد ۳ ساعت

مکانیزم با تئوری های خزش بازیابی شده (خزش نالاستیک)، خزش در درجه حرارت خیلی کم (خزش لگاریتمی)، تئوری های خزش در درجه حرارت های بالا (خزش آندراد) - اثر درجه حرارت بر حالت یکنواخت خزش، اثر تنش بر حالت یکنواخت خزش، تئوری های خزش در درجه حرارت های بالا: تئوری تغییر شکل ASHBY، لغزش مرزدانه ها، مکانیزم مختلف، خزش هرینگ - ناباور - مکانیزم های شکست در خزش: مرحله سوم خزش، شکست مرزدانه ها، مکانیزم های شکست مرزدانه ای - دیاگرام تغییر شکل در خزش Creep deformation maps - چگونگی مقاوم نمودن آلیاژها در خزش - طراحی در مقابل خزش - انتخاب مواد برای کاربرد درجه حرارت های بالا. رفتار ابرپلاستیک - مکانیزم و تئوری فرآیند، کنترل شکل پذیری.

- تغییر شکل در دماهای بالا

مکانیزم های بازیابی و تبلور مجدد، جوانه زنی و رشد دانه بهنگام تبلور مجدد، مکانیزم های بازیابی دینامیکی، کنترل اندازه، اندازه بهنگام تغییر فرم گرم.

مراجع

Fundamental of Creep, Garofalo.

## مکانیک شکست

تعداد واحد: ۳

نوع درس: نظری

پیشنیاز: تئوری نابجایی ها

هم نیاز: ندارد



سرفصل دروس: نظری ۲ واحد ۳۴ ساعت

مقدمه و تعاریف

انواع شکست - مفهوم تمرکز تنش، تئوری الاستیکی جامدات، روابط تنش و تغییر طول نسبی - توابع مختلط و تنش اطراف ترک، تنش ها و تغییر فرمهای قابل محاسبه بوسیله میدان مختلط، حوزه بیضی شکل و راه حل انگلیس (Inglis)، راه حل وسترگارد Wester Gard، فاکتور شدت میدان تنش ترک، تغییر فرم پلاستیک در نوک ترک، راه حل داگدل Dugdale، متد کاترل و بیلپی و سوئیدن (BCS)، تحلیل شکست با استفاده از مکانیک شکست خطی: تنش ایده آل مصالح، تئوری گریفیت، متد انطباق، روش استفاده از شدت میدان تنش ترک (Stress intensity) رفتار نیمه ترد - اثر متغیرهای آزمایشی (ضخامت) بر رفتار و نوع شکست: حالت تنش صفحه‌ای و کرنش صفحه‌ای (Plane Stress & Plane Strain) - آزمایش معیار مقاومت به شکست (Fracture - Toughness) اثر اندازه نمونه، و خواص متالورژیکی، اصول اندازه‌گیری، مقاومت شکست بوسیله رشد دهانه ترک (Crack opening Disploemnt) - جنبه‌های میکروسکوپی گسترش ترک: نمونه‌های ترک دار و میکرومکانیزم تورق: معیار تنش برای شکست تورقی، اثر ضخامت نمونه، میکرومکانیزم تورق (جوانه زنی و رشد)، رابطه Petch، تئوری استروز Stroh's تئوری کاترل، تئوری اسمیت Smith، تورق بوسیله دوقلوها، موارد استفاده تئوری‌های شکست تورقی - شکست رشته‌ای Fibreus تغییر مکانیزم شکست از تورق به رشته‌ای، جوانه زنی شکست رشته‌ای، رشد حوزه‌ها، تئوری‌های مربوط به شکست رشته‌ای، تئوری دمشی و... مشاهدات عملی، مفهوم فیزیکی معیار مقاومت در مقابل شکست - طراحی در مقابل شکست.

اثر تنش‌های سیکلی بر ساختار مواد، اثر انرژی نقص در چیده شدن و تعداد سیکل در ریزساختار نابجایی‌ها در خستگی، ریزساختار سلولی، و نردبانی و ردیف نابجایی‌ها، تئوری‌های مربوط به جوانه زنی ترک خستگی، مکانیزم‌های مات، کاترل، براون، تئوری‌های مربوط به رشد ترک خستگی، پدیده بسته شدن ترک، اثر  $\Delta K_{th}$  (شدت تنش آستانه‌ای)، تئوری‌های مربوط به تخمین عمر، پارامترهای کافین و مانسن، رشد ترک خستگی در شدت‌های تنش بالا و پایین، کنترل عمر خستگی، تحلیل خستگی در بارگذاری بی‌ترتیب، طراحی در مقابل خستگی و تحلیل شکست‌های مهندسی.

## تئوری الکترونی مواد



تعداد واحد: ۲

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: فیزیک حالت جامد

مقدمه

انرژی الکترون و جامدات - باندهای انرژی - مدل منطقه - منطقه بریمون - تشعشع الکترون - فتوایشن - تشعشع حرارتی الکترون، تشعشع ثانویه اثر شاتکی - تشعشع الکترونی.  
- هدایت الکترونی - مدل باندهای هدایتی - مدل موج مکانیکی - مقاومت الکتریکی هادی ها - مقاومت الکتریکی چند فازها و جامدات یونی - مواد عایق الکتریکی.  
نیمه هادی ها - مدل باندهای ظرفیتی - مدل حفره های هدایتی - نیمه هادی های Extinsic، تحرک انتقال دهنده ها - اثر هال - اثر درجه حرارت پرتحرک - دانسیته و هدایت.  
Semiconductor device - پتانسیل فرمی در نیمه هادی ها، اتصالات P-n - ترانزیستورها، دیودهای تونلی - فتوسل و فتوکنداکتورها - مواد و روشهای تولید نیمه هادی ها - رشد کریستال - اتصالات - رفتار مغناطیسی مواد - مغناطیس شدن، دیامغناطیس، پارامغناطیس، فرومغناطیس - میدان رایس و رومین بار مغناطیسی، ضد فرومغناطیسی و فری مغناطیس - مواد مغناطیسی - مواد مغناطیسی سخت و نرم، آلیاژهای آهن - سیلیس، گارنت ها - دی الکتریک ها - ابرهادی ها و مواد دارای خواص اپتیکی.

## مهندسی سطح پیشرفته



تعداد واحد: ۲

نوع درس: تئوری

پیشنیاز: متالورژی سطح و پوشش ها - تئوری نابعجایی ها

اهداف اصلاح ساختار سطوح، مروری بر خوردگی، آشنایی با انواع مکانیزم های سایش، استفاده از پلازما در فرآیندهای عملیات سطحی، پلازما چیست؟، روش های تولید پلازما، پلازما در حضور میدان مغناطیسی، اندر تنش های پلازما و سطح نمونه.

آشنایی با وسایل بکار رفته در سیستم های مدرن مهندسی سطح، انواع پمپ های خلاء، فشار سنج ها، شیرها، محفظه ها.

نیترژن دهی (کربن دهی) پلاسمایی، تشکیل لایه، اثر عناصر آلیاژی، وسایل و تجهیزات، ساختار لایه و زیرلایه، کاربردها.

کاشت یون و پوشش دادن با استفاده از یون، مکانیزم تشکیل لایه، فرآیندها، کاربردها، وسایل و تجهیزات، جنبه های اقتصادی.

فرآیندهای تبخیری، اصول تبخیر فلزات و آلیاژها، انواع فرآیندهای تبخیری، یکنواختی و توزیع ضخامت پوشش، کاربردها.

لایه نشانی کند و پاشی (Sputtering)، اصول کند و پاش، انواع روش های کند و پاش، کنترل فرآیند کند و پاش، کاربردها.

لایه نشانی بخار شیمیایی (CVD)، اصول (CVD)، CVD به کمک پلازما، طراحی فرآیندها، مکانیزم لایه نشانی، ساختار و شکل لایه، کاربردها، وسایل و تجهیزات.

پاشش حرارتی، انواع روش های پاشش، آماده سازی زیر لایه، خواص پوشش، کاربردها، عملیات سطحی با استفاده از لیزر، جنبه های عملی فرآیند لیزری، انواع لیزر، روشهای لیزر، کاربردها.

روشهای ارزیابی و بررسی لایه های سطحی اصلاح شده، زبری، ضخامت، چسبندگی، مقاومت خوردگی، مقاومت سایش، سختی، تخلخل، آنالیز شیمیایی، مورفولوژی سطح، ارتباط خواص پوشش و کارکرد قطعه.

## پلیمر پیشرفته



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: پلیمرها

سرفصل دروس:

ساختار پلیمرها، مخلوطهای پلیمری و جدایش فازی، پلیمرهای کریستالی، پلیمرها در حالت کریستال مایع، الاستیسیته لاستیک، ویسکوالاستیسیته و رپولوژی، تغییر فرم پلیمرها، خواص مکانیکی، الکتریکی و حرارتی، کامپوزیت های پلیمری (مواد و روشهای ساخت)، اصول طراحی مخلوطها و کامپوزیت های پلیمری.

مراجع

1. Principles of Polymer Engineering, N.G. McGrum, C.P. Buckley, and C.B. Bucknall, Oxford Science Publication, UK, 1989.
2. An Introduction to the Mechanical Properties of Solid Polymers, I.M. Ward and D.W. Hadley, Wiley, UK, 1993.
3. Introduction to Physical Polymer Science, 2Ed., L.H., Sperling, Wiley, USA, 1992.
4. Advanced Polymer Composites: Principles and Applications, B.Z., Jang, ASM, USA, 1994.



## کامپوزیت‌ها



تعداد واحد: ۲

نوع درس: نظری

پیشنیاز: مواد پیشرفته - تئوری نایجایی ها

مقدمه

- ۱- تعریف و طبقه بندی کامپوزیت‌ها، برخی از محدودیت‌های مواد متداول مهندسی.
- ۲- انواع ماتریس‌های مورد استفاده در کامپوزیت‌ها (پلیمرها، فلزات، سرامیک‌ها) و بررسی مشخصات مورد نیاز برای هر کدام از مواد فوق‌الذکر.
- ۳- فاز دوم، مشخصات مورد نیاز و انواع مواد مورد استفاده و مختصری از روشهای تولید برخی از آنها (ویسکرها، SiC، الیاف بور / تنگستن، الیاف کربنی، SiC و...).
- ۴- برخی از روشهای تولید کامپوزیت‌های زمینه فلزی، پلیمری و سرامیکی و تأکید بر پارامترهای تولید که روی خواص نهایی کامپوزیت از جمله ریز ساختار آن مؤثر هستند.
- ۵- فصل مشترک در کامپوزیت‌ها، بررسی پارامترهای مؤثر در کیفیت اتصال فاز دوم و زمینه در کامپوزیت‌ها.
- ۶- مکانیزم‌های مقاوم شدن در کامپوزیت‌ها و معرفی چند مدل برای تخمین خواص کامپوزیت‌ها.
- ۷- خواص مکانیکی کامپوزیت‌ها (استحکام کششی، مدول بانگ، حد خستگی، خزش، چقرمگی، شکست و...) و نیز خواص سایشی و مقاومت به خوردگی.
- ۸- روش تست‌های مخرب و غیر مخرب کامپوزیت‌ها.
- ۹- برخی از کاربردهای کامپوزیت‌ها.

## پروژه تحقیقاتی و رساله



تعداد واحد: ۸

نوع درس: نظری - عملی

پیشنیاز: ندارد

سرفصل درس:

محتوی پروژه های تحقیقاتی در رابطه با طراحی و انتخاب مواد و یا بهینه سازی روشهای ساخت قطعاتی یا خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب تر، کنترل کیفیت قطعات مهندسی و بررسی علل از کارافتادگی آنها می باشد. نتایج حاصل از پروژه بصورت یک مقاله جهت ارائه در حداقل یک سمینار علمی و یا یک مجله معتبر پژوهشی مورد قبول قرار گیرد. موضوع پروژه ها می تواند در راستای حل مشکلات صنعت کشور و یا در مرزهای دانش باشد.

## سمینار



تعداد واحد: ۲

نوع درس: نظری

پیشنیاز: ۲ واحد

هم نیاز: ندارد

### سرفصل دروس: نظری ۲ واحد

بررسی مطالعاتی در یکی از موضوعات مربوط به انتخاب و شناسایی و خواص مواد مهندسی شامل تهیه لیست آخرین مقالات علمی در زمینه مورد نظر با استفاده از آخرین روشهای جستجوی منابع و مراجع علمی، جمع آوری مقالات با انجام مطالعات تئوریک و نقد و بررسی کارهای انجام شده و جمع بندی آنها و نتیجه گیری نهایی. الزامی است سمینار پس از تکمیل و تایپ و تدوین در یک جلسه از پیش اعلام شده با حضور استاد راهنما و سایر شرکت کنندگان ارائه شود. در تهیه و انجام و ارائه سمینار روشهای تحقیق بکار گرفته می شود ولی شامل آزمایشات تجربی نیست. در حالت کلی موضوع سمینار کارشناسی ارشد بایستی متفاوت با موضوع پایان نامه باشد و در حالات خاص چنانچه پایان نامه گسترده و مشتمل بر آزمایشات تجربی متعدد و مفصل باشد به تشخیص گروه تخصصی و استاد راهنما سمینار و پایان نامه کارشناسی ارشد می تواند در یک زمینه انتخاب شود.