جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی رشته

مهندسی مواد

Materials Engineering

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

گرایش

Welding	**جوشکاری**

گروه فنی و مهندسی

پیشنهادی دانشگاه تربیت مدرس

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی مواد

عنوان گرایش: جوشکاری

گروه تحصیلی: فنی و مهندسی

دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته

زیرگروه تحصیلی: مهندسی متالورژی و مواد

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی: دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته مهندسی مواد گرایش جوشکاری، در جلسه شماره ۱۷۰ تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ کمیسیون برنامه‌ریزی درسی، محتوا و سرفصل رشته‌های تحصیلی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

ماده دو – این برنامه درسی، بر اساس برنامه درسی رشته مهندسی مواد گرایش جوشکاری مصوب جلسه ۱۶۰ تاریخ ۱۴۰۰/۰۷/۱۱ کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی بازنگری شده است.

ماده سه- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر رضا نقی‌زاده
مدیر کل دفتر برنامه ریزی آموزش عالی
و دبیر کمیسیون

دکتر قاسم عموعابدینی
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه تربیت مدرس

برنامه درسی رشته

مهندسی مواد– جوشکاری

MATERIALS ENGINEERING

WELDING

مقطع کارشناسی ارشد

مصوب جلسه مورخ ۱۴۰۱/۷/۲۵ شورای دانشگاه

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه تربیت مدرس (و دانشگاه تهران به عنوان دانشگاه همکار)

برنامه درسی رشته

مهندسی مواد– جوشکاری

MATERIALS ENGINEERING

WELDING

مقطع کارشناسی ارشد

اعضای کمیته بازنگری برنامه‌درسی:

دکتر همام نفاخ موسوی	عضو هیات علمی و مدیرگروه شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر فرشید مالک قائنی	عضو هیات علمی گروه شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر رضا میراسمعیلی	عضو هیات علمی گروه شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر امیر عبداله زاده	عضو هیات علمی گروه شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر حمیدرضا شاهوردی	عضو هیات علمی گروه شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر حامد شاه‌میر	عضو هیات علمی گروه شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تربیت مدرس
دکتر سیدفرشید کاشانی‌بزرگ	عضو هیات علمی دانشکده‌مهندسی‌متالورژی‌ومواد دانشگاه‌تهران(استادمدعو)

جدول مقایسه ای بین برنامه درسی بازنگری شده با برنامه درسی قدیمی

ردیف	عنوان درس در برنامه درسی بازنگری شده	تعداد واحد	نوع درس	عنوان قبلی درس	تعداد واحد	نوع درس	میزان تغییرات
۱	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۱	۲	الزامی	روشهای پیشرفته جوشکاری	۳	الزامی	۶۰درصد
۲	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۲	۲	اختیاری	روشهای پیشرفته جوشکاری	۳	الزامی	۶۰درصد
۳	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱	۲	الزامی	متالورژی پیشرفته جوش	۳	الزامی	۷۰درصد
۴	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۲	۲	الزامی	متالورژی پیشرفته جوش	۳	الزامی	۷۰درصد
۵	مکانیک شکست و خستگی در مواد	۲	اختیاری	شکست و خستگی	۳	الزامی	۶۰درصد
۶	پدیده انجماد در فرایند جوشکاری	۲	الزامی	فرایندهای پیشرفته انجماد	۲	الزامی	۶۰درصد
۷	بازرسی و کنترل کیفی جوش	۲	الزامی	بازرسی و کنترل کیفی جوش	۲	الزامی	۶۰درصد
۸	خطا و عدم قطعیت در اندازه گیری و تحقیق مواد	۱	اختیاری	خطا و عدم قطعیت در اندازه گیری و تحقیق مواد	۱	الزامی	۵۰درصد
۹	آزمایشگاه جوشکاری پیشرفته	۱	الزامی	آزمایشگاه جوشکاری پیشرفته	۱	الزامی	۷۰درصد
۱۰	روشهای پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد	۲	اختیاری	روشهای پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد	۲	الزامی	۵۰درصد
۱۱	آزمایشگاه روشهای پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد	۱	اختیاری	آزمایشگاه روشهای پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد	۱	الزامی	۵۰درصد
۱۲	سمینار	۱	الزامی	سمینار	۲	الزامی	۴۰درصد
۱۳	مکانیک جوش محاسباتی	۲	اختیاری	کاربرد کامپیوتر در صنعت اتصال	۳	اختیاری	۷۰درصد
۱۴	لحیم‌کاری سخت و نرم	۲	اختیاری	لحیم‌کاری سخت و نرم	۲	اختیاری	۷۰درصد
۱۵	نفوذ در جامدات	۲	اختیاری	نفوذ در جامدات	۲	اختیاری	۷۰درصد
۱۶	مهندسی سطح پیشرفته	۲	اختیاری	متالورژی سطوح (پیشرفته)	۲	اختیاری	۷۰درصد
۱۷	چسب و اتصال مواد غیرفلزی	۲	اختیاری	چسب و اتصال مواد غیرفلزی	۲	اختیاری	۴۰درصد
۱۸	تجزیه و تحلیل تنش در جوشکاری	۲	اختیاری	تجزیه تنشها در سازه‌های	۳	اختیاری	۵۰درصد

کارشناسی ارشد مهندسی مواد– جوشکاری / ۴

ردیف	عنوان درس در برنامه درسی بازنگری شده	تعداد واحد	نوع درس	عنوان قبلی درس	تعداد واحد	نوع درس	میزان تغییرات
				جوشکاری شده			
۱۹	ترمودینامیک پیشرفته مواد	۲	اختیاری	ترمودینامیک پیشرفته مواد	۲	اختیاری	۵۰درصد
۲۰	جنبه‌های مکانیکی خوردگی در جوشکاری	۲	اختیاری	جنبه‌های مکانیکی خوردگی در جوشکاری	۲	اختیاری	۵۰درصد
۲۱	روش‌های اجزای محدود	۲	اختیاری	روشهای اجزای محدود	۳	اختیاری	۷۰درصد
۲۲	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۲	اختیاری	-	۲	-	۱۰۰درصد درس جدید
۲۳	مباحث ویژه	۲	اختیاری	مطالب ویژه	۲	اختیاری	۵۰درصد
۲۴	ساخت افزایشی	۲	اختیاری	-	-	-	۱۰۰درصد درس جدید
۲۵	کارآفرینی در مهندسی جوشکاری	۲	اختیاری	-	-	-	۱۰۰درصد درس جدید
۲۶	کارورزی	۲	اختیاری	-	-	-	۱۰۰درصد درس جدید

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

دوره مهندسی مواد- جوشکاری (Materials Engineering-Welding) مجموعه‌ای از دروس نظری، دروس آزمایشگاهی و کارگاهی پیشرفته و پروژه (پایان نامه) تحقیقاتی می‌باشد که به منظور آشنایی و کسب مهارت دانشجویان در زمینه اتصال و جوشکاری مواد و قطعات مهندسی برنامه‌ریزی شده است. هدف از آموزش این مجموعه، تربیت نیروی انسانی مورد نیاز مراکز تحقیقاتی، صنعتی و آموزش عالی مطابق با نیاز جامعه و صنعت، و بر اساس استانداردهای ملی و بین المللی می‌باشد.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

در این رشته مهندسی پرکاربرد، موضوعات علمی و تخصصی و کاربردی حوزه اتصال و جوش مورد بررسی قرار می‌گیرد. از اتصال و جوشکاری سازه‌های بزرگ شهری، صنعتی و دریایی گرفته تا اتصال سیستم‌های پیشرفته در ابعاد میکرو و نانو در حیطه دانشی و کاربردی این تخصص قرار می‌گیرد. هدف از بازبینی و بازنگری برنامه درسی این رشته، به روز کردن نوع و محتوای درس‌های رشته مطابق با پیشرفت‌های ۲۵ سال گذشته در زمینه اتصال و جوشکاری در سطح ایران و جهان است.

پ) ضرورت و اهمیت

نیاز به اتصال و جوشکاری مواد و ساختارها، ضرورت استفاده حداکثر از توانمندی‌های داخلی، لزوم طراحی و به روزرسانی و اصلاح فرایندها و روش‌های اتصال از دیدگاه علمی، صنعتی، اقتصادی و زیست محیطی و همچنین توسعه روزافزون تکنولوژی، ضرورت تاسیس این دوره را مشخص می‌سازد. لذا ارائه این دوره به نحو مطلوب در مراکز آموزش عالی می تواند نقش عمده‌ای در نیل به خودکفایی آموزشی، پژوهشی و صنعتی که از اهداف جمهوری اسلامی ایران است داشته باشد.

در این بازنگری به برنامه‌های درسی رشته جوشکاری پیشرفته در دانشگاه‌های بزرگ و مطرح جهان در زمینه جوشکاری و اتصال مانند مانند دانشگاه ایالتی اهایو امریکا (Ohio State University)، دانشگاه کرانفیلد انگلستان (Cranfield University) و دانشگاه لیوون بلژیک (KU Leuven)، و همچنین دانشگاه‌های بزرگ کشور مانند دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تهران و دانشگاه امیرکبیر توجه شده است.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس جبرانی	-
دروس پایه	-
دروس الزامی	۱۲ واحد
دروس تخصصی	-
دروس اختیاری	۱۴ واحد
پایان‌نامه	۶ واحد
جمع	۳۲

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
طراحی و نظارت بر فرایندهای ساخت و تولید مبتنی بر اتصال، جوشکاری، لحیم‌کاری و ساخت افزایشی	• تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۱و۲ • متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱و۲ • لحیم کاری سخت و نرم • ساخت افزایشی
فعالیت در زمینه کنترل، بازرسی و تضمین کیفیت تولید مرتبط با جوشکاری	• بازرسی و کنترل کیفی جوش • روش‌های پیشرفته مطالعه وآنالیز مواد
تحلیل تخریب مواد و ساختارهای مهندسی جوشکاری شده و ارائه روش‌های مناسب بازیابی و تعمیر	• مکانیک شکست و خستگی در مواد • مکانیک جوش محاسباتی
انجام فعالیت‌های آموزشی و تحقیقاتی مرتبط با جوشکاری در مراکز آموزش عالی و مؤسسات تحقیقاتی کشور	• تمامی درس‌های رشته
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	**دروس مرتبط**
آمادگی برای ورود به بازار کار مرتبط با رشته	• کارآفرینی در مهندسی جوشکاری • کارورزی، آزمایشگاه جوشکاری

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

شرایط علمی ورود به دوره و آزمون ورودی طبق مقررات دانشگاه تربیت مدرس(تابع وزارت علوم، تحقیقات و فناوری) در هر زمان تعیین و انجام خواهد گردید.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

عنوان و مشخصات کلی دروس الزامی گرایش

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری – عملی	نظری	عملی		
۱.	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۱	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۲.	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۳.	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۲	۲	*	–	–	۳۲	–	–	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱
۴.	پدیده انجماد در فرایند جوشکاری	۲	*	–		۳۲	–	–	–
۵.	بازرسی و کنترل کیفی جوش	۲	*	–		۳۲	–	–	–
۶.	آزمایشگاه جوشکاری پیشرفته	۱	–	*	–	–	۳۲	–	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱
۷.	سمینار	۱	*	–	–	۱۶	–	–	–
۸.	جمع	۱۲							

عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری گرایش

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری – عملی	نظری	عملی		
۱.	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۲	۲	*	–	–	۳۲	–	–	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۱
۲.	روش‌های پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۳.	آزمایشگاه روش‌های پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد	۱	–	*	–	–	۳۲	–	روش‌های پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد
۴.	مکانیک شکست و خستگی در مواد	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۵.	خطا و عدم قطعیت در اندازه‌گیری و تحقیق مواد	۱	*	–	–	۱۶	–	–	–
۶.	ساخت افزایشی	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۷.	مکانیک جوش محاسباتی	۲	–	–	*	۱۶	۳۲	–	–
۸.	لحیم‌کاری سخت و نرم	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۹.	نفوذ در جامدات	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۰.	مهندسی سطح پیشرفته	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۱.	چسب و اتصال مواد غیرفلزی	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۲.	تجزیه و تحلیل تنش در جوشکاری	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۳.	ترمودینامیک پیشرفته مواد	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۴.	جنبه‌های مکانیکی خوردگی در جوشکاری	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۵.	روش‌های اجزای محدود	۲	–	–	*	۱۶	۳۲	–	–
۱۶.	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری – عملی	نظری	عملی		
۱۷.	مباحث ویژه	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۸.	کارآفرینی در مهندسی جوشکاری	۲	*	–	–	۳۲	–	–	–
۱۹.	کارورزی	۲	–	*	–	–	۱۲۸	–	–
۲۰.	جمع	۳۶							

* دانشجو می‌تواند حداکثر ۱۴ واحد از دروس اختیاری را با نظر گروه آموزشی اخذ نماید.

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Welding Technology 1		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			الزامی ■ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

تسلط بر دانش و فناوری فرایندهای جوشکاری پر کاربرد و متداول در صنعت.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

مهندسی جوش و شاخه‌های مختلف تخصصی آن، عوامل کلیدی در انتخاب روش‌های برشکاری و جوشکاری، برش گاز، برش پلاسما، برش لیزر، برش جت آب، برش مکانیکی و ماشینکاری، جوشکاری و روکش‌کاری با گاز، اجزای الکتریکی در منابع قدرت جوشکاری و کارکرد آنان، فیزیک قوس الکتریکی، طبیعت قوس الکتریکی در روش‌های جوشکاری مختلف، انواع منابع قدرت در جوشکاری و نحوه کنترل تعامل آنان با قوس الکتریکی، جوشکاری الکترود دستی (SMAW)، جوشکاری قوس الکتریکی با تنگستن (GTAW)، جوشکاری قوس الکتریکی فلزی با گاز محافظ(GMAW)، جوشکاری تو پودری (FCAW)، جوشکاری زیر پودری(SAW)، اصول فیزیکی جوشکاری مقاومتی، منابع قدرت در جوشکاری مقاومتی، انواع روش‌های جوشکاری مقاومتی.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع :

1- Weman , K. “ Welding Processes Handbook”, Woodhead Publishing; 2nd edition , 2011.
2- Singh , R. “Applied Welding Engineering: Processes, Codes and Standards” , Butterworth, 2012.
3- Joining of Materials and Structures, R. W. Messler, Butterworth-Heinemann; 2004. AWS Welding Handbook, 8th Edition, AWS Handbook.
4- Metals Handbook 9th Edition, Volume 6: Welding, Brazing, and Soldering, ASM Handbook.

عنوان درس به فارسی:	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Welding Metallurgy 1		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:		الزامی ■	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی □	عملی □
تعداد واحد:	۲	اختیاری □	نظری-عملی □
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

یافتن دید علمی و صنعتی به ارتباط بین جنبه‌های مختلف فرایند جوشکاری با پدیده‌های مهمی همچون انتقال حرارت، توزیع تنش و اعوجاج، اثرات شیمیایی عوامل پیرامونی جوش، اثرات متالورژیکی و انتقال جرم.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر متالورژی جوشکاری و اهمیت آن

- معرفی مناطق مختلف اتصال جوش ذوبی و غیرذوبی شامل فلز جوش، منطقه متاثر از حرارت (HAZ)، منطقه ذوب جزئی شده (PMZ)، منطقه مخلوط نشده (UZ) و منطقه خمیری (Mushy zone)، و مناطق تغییر شکل پلاستیک، تبلورمجدد، رشد دانه و منطقه متاثر از حرارت در جوشکاری حالت جامد

- انتقال حرارت و چرخه‌های حرارتی در جوشکاری (Weld thermal cycles) شامل منابع حرارتی جوشکاری، راندمان حرارتی، راندمان ذوب، توزیع دانسیته توان، آنالیز حرارت و دما در مناطق مختلف اتصال جوش، معادلات دو بعدی و سه بعدی رزنتال در تحلیل حرارت و توزیع دما، معادلات آدامز در تحلیل و توزیع دما، شبیه‌سازی کامپیوتری توزیع دما، اثر پارامترهای جوشکاری بر شکل حوضچه جوش، نرخ سرمایش و گرادیان حرارتی جوش، اثر تخلیه حرارتی فلز پایه، معرفی شبیه ساز حرارتی گلیبل (Gleeble) و کاربردهای آن

- جریان سیال در حوضچه جوش شامل: جریان سیال در جوش قوسی، نیروی محرکه برای جریان سیال، اثر هندسه نوک الکترود، جریان سیال در حوضچه جوش، نیروی بویانسی، نیروی لورنتز، گرادیان تنش سطحی، جت پلاسما، همرفت، همرفت مارانگونی، مدل هایپل، شبیه سازی فیزیکی همرفت مارانگونی، آنالیز ترمودینامیکی تنش سطحی جوش، تلاطم در جوش

- انتقال جرم و قطرات مذاب ماده پرکننده در جوشکاری شامل: انتقال جرم همرفتی درحوضچه جوش، تبخیر فلز و از دست رفتن عناصر جوش، انفجار قطرات مذاب و پراکنش، اثر فلاکس فعال

- واکنش‌های شیمیایی جوش شامل اثرات کلی نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن بر جوش فلزاتی همچون منیزیم، آلومینیم، تیتانیم مس و فولادها، حفاظت جوش از اتمسفر هوا، واکنش‌های گاز- فلز جوش شامل ترمودینامیک واکنشها، منابع عناصر گازی تک اتمی و ملکولی، واکنش سرباره- فلز جوش شامل تجزیه فلاکس، اکسیداسیون و حذف عناصر از جوش، انواع فلاکس‌های جوشکاری و اندیس بازی، واکنش‌های الکتروشیمیایی جوش، موارد کاربردی در کنترل ترکیب شیمیایی جوشکاری

- تنش‌های باقیمانده، اعوجاج (کرنش و پیچیدگی) و خستگی در جوشکاری شامل: توسعه و عوامل تنشها در جوش، آزمون طرح سه میله برای شبیه سازی فیزیکی تنش در جوش، تحلیل کمّی و کیفی تنش باقیمانده جوش، اعوجاج و علل آن، راه‌های کاهش تنش و کرنش‌های جوش، مکانیزم خستگی در جوش، شکست نگاری، مطالعات موردی صنعتی

- مدلسازی و شبیه سازی تحلیلی در متالورژی جوشکاری

- مفهوم جوش‌پذیری و تقسیم‌بندی عیوب جوش شامل انواع ترکهای سرد، ترک‌های گرم و ترک‌های داغ

- متالورژی جوشکاری و جوش پذیری آلیاژهای آهنی شامل فولادهای کربنی و کم آلیاژ شامل: تبدیل‌های فازی پس از انجماد جوش، تبدیل فاز آستنیت به فریت، فاکتورهای مؤثر بر ریزساختار، بررسی ریزساختار منطقه متاثر از حرارت شامل پدیده تبلور مجدد و رشد دانه

و اثرات چرخه حرارتی جوش بر آنها، بررسی نمودارهای CCT، IT و فازی منطقه متاثر از حرارت، مکانیزم و علل ترک سرد (هیـدروژنی)، روش‌های کنترل ترک سرد، مکانیزم ترک بازگرمایش و راه‌حل‌ها، پاره‌گی ورقه‌ای، بررسی‌های صنعتی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Welding Metallurgy, 3rd Edition, Sindo Kou, John Wiley & Sons Inc., 2020.
2- Welding Metallurgy and Weldability, John C. Lippold, Ohio State University, John Wiley& Sons Inc., 2015.
3- Joining of Materials and Structures, Robert, J. Messler, Elsevier Butterworth–Heinemann, 2003.
4- ASM Handbook, Welding, Brazing and Soldering, Volume 6.
5- Metallurgy and Mechanics of Welding: Processes and Industrial Applications, Regis Blondeau, Wiley, 2008.
6- Introduction to the Physical Metallurgy of Welding, Kenneth E. Easterling, Butterworth-Heinemann, 2013.
7- Fundamental of Metal Joining, D. K. Dwivedi, Springer, 2021.
۸- متالورژی جوشکاری و جوش‌پذیری، نویسنده جان سی لیپولد، مترجم دکتر همام نفاخ موسوی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، چاپ دوم، ۱۳۹۸.

عنوان درس به فارسی:	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Welding Metallurgy 2		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:		الزامی ■	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱	تخصصی □	عملی □
تعداد واحد:	۲	اختیاری □	نظری-عملی □
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

بررسی جوش‌پذیری (مقاومت اتصال جوش به عیوب) در سیستم‌های آلیاژی مختلف آهنی و غیرآهنی با تاکید بر ارتباط بین ترکیب شیمیایی، ریزساختار و تبدیل فازها در فرایند جوشکاری و بهبود جوش‌پذیری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- متالورژی جوشکاری و جوش‌پذیری فولادهای زنگ نزن آستنیتی شامل: تبدیل‌های فازی پس از انجماد جوش، تبدیل فاز فریت به آستنیت، مکانیزم‌های تشکیل فریت، پیش‌بینی مقدار فریت، بررسی اثرات نرخ سرمایش بر ریزساختار، مفهوم ترک داغ انجمادی فلز جوش، مکانیزم و علل، عوامل متالورژیکی مانند بازه دمایی انجماد، مقدار و توزیع مذاب انتهایی، نرمی فلز جوش، فاز اولیه انجمادی جوش، تنش سطحی مرزدانه، ساختار فلز جوش، و عوامل مکانیکی شامل: تنش‌های انقباضی جوش، درجه مهار جوش، روش‌های کاهش ترک انجمادی شامل کنترل ترکیب جوش، بررسی کمّی و کیفی نمودارهای ترکیبی شیفلر، دیلانگ و WRC، کنترل ساختار انجمادی، کنترل شرایط جوشکاری، بررسی موارد صنعتی، ترک ذوبی در این فولادها، پوسیدگی جوش و حمله شیارچاقوئی و مکانیزم‌های تشکیل، ترک خوردن ناشی از خوردگی تنشی در جوش و مکانیزم تشکیل، راه حل‌ها

- متالورژی جوشکاری و جوش‌پذیری فولادهای زنگ نزن فریتی و مارتنزیتی شامل: حساس شدن منطقه جوش به خوردگی، تشکیل مارتنزیت و رشد دانه در منطقه متاثر از حرارت در فولادهای زنگ نزن فریتی، ترک سرد (زیر مهره جوش) در فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی، راه حل‌ها، موارد صنعتی

- متالورژی جوشکاری و جوش پذیری آلیاژهای آلومینیم شامل: بررسی مشکلات جوشکاری آلیاژهای آلومینیم، بررسی ترک داغ انجمادی در آلیاژهای آلومینیم و روش‌های کنترل آن، بررسی شواهد و مکانیزم‌های ترکهای داغ ذوبی در منطقه ذوب جزئی شده، راه‌های کنترل و کاهش ترک ذوبی شامل انتخاب ماده پرکننده، منبع حرارتی، درجه مهار، نوع فلز پایه، تخلخل و حفره‌زائی جوش، نرم شدگی منطقه متاثر از حرارت، پدیده‌های متالورژیکی در جوشکاری اصطکاکی آلیاژهای آلومینیم

- متالورژی جوشکاری و جوش پذیری آلیاژهای پایه نیکل شامل: افت استحکام در منطقه متاثر از حرارت، بررسی ترک‌های داغ انجمادی و ذوبی، ترک ناشی از افت نرمی (DDC)، مکانیزم ترکهای گرم بازگرمایش و راه‌های کنترل

- متالورژی جوشکاری و جوش پذیری آلیاژهای پایه تیتانیم، منیزیم و آلیاژهای دیرگداز

- متالورژی جوشکاری و جوش پذیری آلیاژهای غیرهم‌جنس

- تحلیل متالورژی جوشکاری آلیاژها با توجه به تفاوتهای ماهیتی فرایندهای متداول و مدرن جوشکاری

- متالورژی جوشکاری آلیاژهای انتروپی بالا و مواد نانوساختار

- آزمونهای جوش پذیری شامل: آزمون‌های ارزیابی ترک‌های داغ انجمادی هولد کرافت، واراسترینت، آزمون‌های ارزیابی ترک‌های داغ ذوبی واراسترینت، آزمون تکه مدور، آزمون نرمی داغ، آزمون‌های ارزیابی ترک‌های سرد مانند آزمون ایمپلنت و آزمون لیهای، آزمون وینکلر برای ارزیابی ترک بازگرمایش

- کاربرد متالورژی جوشکاری در تعمیر، جوانسازی و بازسازی قطعات صنعتی

- ارتباط متالورژی جوشکاری با کنترل و تضمین کیفیت، استانداردهای جوش، بازرسی و سرویس قطعات جوشکاری شده در صنعت

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Welding Metallurgy, 3nd Edition, Sindo Kou, John Wiley & Sons Inc., 2020.
2- Welding Metallurgy and Weldability, John C. Lippold, Ohio State University, John Wiley and Sons, Inc., 2015.
3- Joining of Materials and Structures, Robert, J. Messler, Elsevier Butterworth–Heinemann, 2003.
4- ASM Handbook, Welding, Brazing and Soldering, Volume 6.
5- Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels, John C. Lippold, Damian J. Kotecki, Wiley, 2005.
6- Welding Metallurgy and Weldability of Nickel-Base Alloys, John C. Lippold et al, Wiley, 2009.
7- The Welding of Aluminum and Its Alloys, Gene Mathers, Woodhead Publishing, 2002.
8- Welding and Joining of Magnesium Alloys, Liming Liu, Woodhead Publishing, 2018.
۹- متالورژی جوشکاری و جوش‌پذیری، نویسنده جان سی لیپولد، مترجم همام نفاخ موسوی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، چاپ دوم، ۱۳۹۸.

عنوان درس به فارسی:	پدیده انجماد در فرآیند جوشکاری		
عنوان درس به انگلیسی:	Solidification in the Welding		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			الزامی ■ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

افزایش دانش دانشجویان رشته کارشناسی ارشد جوشکاری با ماهیت پدیده انجماد در روش‌های جوشکاری ذوبی شامل شناخت مبانی، عوامل موثر و روش‌های کنترل و بهینه ساری ساختار دانه‌ای و درون دانه‌ای در منطقه جوش و اثرات آن بر ساختار و خواص نهایی منطقه جوش هدف اصلی سرفصل درس حاضر است.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

مبانی ترمودینامیکی انجماد فلزات

تحلیل انجماد در سامانه ریخته‌گی، سامانه رشد بلور، ریخته گری مداوم و انجماد سریع

شناخت ساختار مایع

شناخت مادون انجماد و انواع آن

جوانه زنی همگن، ناهمگن و تئوری‌های جدید

مبانی رشد و تشکیل انواع ساختارهای انجمادی

توزیع عنصر محلول در پدیده انجماد و تاثیر آن بر ریزساختار انجمادی

مدل های انجمادی و انواع مادون انجماد موثر بر مدل‌های انجماد

جدایش‌های ماکروسکپی، میکروسکپی و ساختارهای نواری

تاثیر سرعت انجماد برمشخصه‌ها و ساختار حاصل از انجماد

ساختار دانه در منطقه جوش

انواع مکانیسم‌های رشد در فرایندهای جوشکاری

رشد آپیتکسال در منطقه جوش

رشد غیر اپیتکسال در منطقه جوش

عوامل موثر در ساختار دانه پس از عملیات جوشکاری

مکانیسم‌های جوانه زنی در حوضچه جوش در حین فرایند انجماد

روش های کنترل ساختار دانه در جوشکاری

ساختار درون دانه‌ای در ناحیه جوش

تاثیر مدل‌های انجماد در ساختار درون دانه‌ای

فاصله بین سلولی و دندریتی

تاثیر عوامل و فاکتورهای فرایند جوشکاری بر روی مشخصه‌های ساختار درون دانه‌ای

روش‌های کنترل و بهینه‌سازی ساختار درون دانه‌ای در فرایندهای جوشکاری

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Sindo Kou, Welding Metallurgy, second edition, A JOHN WILEY & SONS, INC., Publication, 2003.
2- Flemings M, Solidification Processing, MIT Publisher, 1974.
3- F Kurz W., Fisher D.J., Fundamentals of solidification, Enfield Publishing & Distribution Company, 1992.
4- Dantzig J.A., Rappaz M. Solidification, EPFL Press, 2009.

عنوان درس به فارسی:	بازرسی و کنترل کیفی جوش		
عنوان درس به انگلیسی:	Inspection and Quality Control	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		الزامی ■	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی □	عملی □
تعداد واحد:	۲	اختیاری □	نظری-عملی □
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

هدف از این درس ایجاد توانایی در دانشجویان کارشناسی ارشد جهت تشخیص الزامات کیفی جوش و طرح‌ریزی کنترل آنان می‌باشد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

تعریف فرایندهای ویژه و جایگاه جوشکاری و اهمیت شناسایی صحیح الزامات کیفی جوش در ساخت و بازسازی تجهیزات صنعتی. دسته-بندی الزامات کیفی جوش در قالب الزامات طراحی جوش، الزامات کنترل فرایندهای جوشکاری، الزامات بازرسی جوش و الزامات مدیریت کیفیت جوش در سازمان‌ها. مروری بر نقش اتصالات جوشکاری شده و استانداردهای مربوطه از نقطه نظر کنترل طراحی و ساخت در برخی از سازه‌های مهم صنعتی از قبیل ساختمان‌های فولادی (به خصوص بحث پایداری در مقابل زلزله با توجه به اهمیت آن در ایران)، حسب مورد پل‌ها، ظروف تحت فشار، لوله‌کشی‌های فرایندی در پالایشگاه‌ها، خطوط انتقال نفت و گاز، مخازن ذخیره، تجهیزات نیروگاهی(بویلرها)، تجهیزات صنعت هوا فضا، مدیریت پروژه‌های ساخت و فازهای مختلف فعالیت‌های مهندسی و ارتباط آن با مهندسی جوش. نحوه تدوین دستورالعملهای جوشکاری و شناسایی و تعیین متغییرهای فرایندهای جوشکاری مختلف. روش‌های مختلف تایید صلاحیت روش-های جوشکاری و روکش‌دهی، شامل عملیات تنش‌زدایی. آزمون‌های مکانیکی جوش. تایید صلاحیت جوشکاران. بازرسی‌های قبل از شروع کار، در حین فرایند جوشکاری، و پس از اتمام جوشکاری. ابزارهای اندازه‌گیری و نظارت بر فرایندهای جوشکاری. کاربرد آزمون‌های غیر مخرب در بازرسی جوش شامل قابلیت و محدودیت‌ها. انواع عیوب جوش و سطح پذیرش آنان در انواع سازه‌های مهم. سیستم‌های مدیریت کیفیت جوش برای سازندگان و نقش مهندسین ارشد جوش در هماهنگی امور. بازرسی و ارزیابی عیوب جوش بر اساس رویکردهای تحقیقاتی نوین شامل مناسب بودن برای منظور. کاربرد نرم‌افزارها در بازرسی و کنترل کیفی جوش. اخلاق حرفه‌ایی در بازرسی فنی. انجام بازدیدهای صنعتی از کارخانجات و پروژه‌ها.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- BURGESS, N.T. “Quality Assurance of Welded Construction” ELSEVIER APPLIED SCIENCE, 2nd Edition , 1989
2- American Welding Society, “Welding Inspection Handbook”, AWS, 3rd Edition, 2020
3- Hughes, S.E. “ A quick guide to welding and weld inspection”, Woodhead Publishing, 2009
4- Stenberg, T. “Quality control and assurance in fabrication of welded structures subjected to fatigue loading”, Weld World (2017) 61:1003–1015.

۵- مقررات ملی ساختمان ، مبحث دهم (طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی) با تاکید بر فصل سوم: طراحی لرزه ایی، آخرین ویرایشهای معتبر.

۶- استانداردهای مربوط به طراحی، ساخت، و بازرسی سازه های جوشکاری شده مهم صنعتی از قبیل پلها، ظروف تحت فشار، خطوط انتقال نفت و گاز، تجهیزات هوا فضا، و تجهیزات نیروگاهی، آخرین ویرایشهای معتبر

۷- مقالات و کتب روز در زمینه های بازرسی و آزمون غیر مخرب در قالب پروژه های کاربردی که در طول نیمسال با دانشجویان پیگیری خواهد شد.

عنوان درس به فارسی:	**آزمایشگاه جوشکاری پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Welding Lab**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**الزامی** ■ **نظری** ☐
دروس هم‌نیاز:	متالورژی جوشکاری پیشرفته ۱		**تخصصی** ☐ **عملی** ■
تعداد واحد:	**۱**		**اختیاری** ☐ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۳۲**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ■ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:** .....

هدف کلی:

آشنایی عملی و عینی دانشجویان مهندسی جوشکاری با فرایندهای جوشکاری و لحیم‌کاری (و همچنین ساخت افزایشی درصورت امکان) و بررسی اثرات آن‌ها بر مناطق مختلف اتصال، مشخصات متالورژیکی و مکانیکی آلیاژها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- آشنایی با دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری متداول مانند جوشکاری قوس دستی (SMAW)، جوشکاری آرگون (GTAW)، جوشکاری زیرپودری (SAW)، و جوشکاری CO_2 (GMAW). آشنایی با نحوه راه انداختن و تنظیم پارامترهای دستگاه‌های مربوطه، بررسی عملی اثر پارامترهای فرایند جوشکاری بر مناطق مختلف اتصال جوش ریزساختار، تبدیل‌های فازی، سختی و استحکام اتصال جوش

- آشنایی با دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری پیشرفته مانند جوشکاری لیزر (LBW) و جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی (FSW)، و ساخت افزایشی (Additive Manufacturing). آشنایی با نحوه راه انداختن و تنظیم پارامترهای دستگاه‌های مربوطه، بررسی عملی اثر پارامترهای فرایند جوشکاری بر مناطق مختلف اتصال جوش، ریزساختار، تبدیل‌های فازی، سختی و استحکام اتصال جوش

- آشنایی با دستگاه‌ها و تجهیزات لحیم کاری سخت و نرم مانند لحیم کاری دستی (Torch Brazing) و لحیم کاری کوره‌ای (Furnace Brazing)، و همچنین فلاکس‌های لحیم کاری. آشنایی با نحوه راه انداختن و تنظیم پارامترهای دستگاه‌های مربوطه، بررسی عملی اثر پارامترهای فرایند لحیم کاری بر مناطق مختلف اتصال لحیم، ریزساختار، تبدیل‌های فازی، سختی و استحکام اتصال لحیم

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

اجرای آزمایش‌های عملی در آزمایشگاه‌های مرتبط

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

شرکت دانشجویان در جلسات آزمایشگاه و نگارش گزارش کار	۱۰۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

آزمایشگاه‌های مرتبط

چ) فهرست منابع:

- تمامی منابع ذکر شده برای درس‌های متالورژی و تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۱و۲، ساخت افزایشی و لحیم کاری سخت و نرم

عنوان درس به فارسی:	سمینار		
عنوان درس به انگلیسی:	Seminar	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		الزامی ■	نظری■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۱	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۱۶	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با روش‌های جمع‌آوری اطلاعات علمی و تخصصی در راستای یک موضوع مشخص از منابع معتبر علمی و تلاش برای طبقه‌بندی و تحلیل این اطلاعات و تبدیل آن‌ها به یک گزارش مدون و قابل ارائه

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

در این درس، دانشجو پس از انتخاب استاد سمینار، موضوعی را با هماهنگی استاد مربوطه انتخاب کرده و به جستجو و بررسی در منابع علمی معتبر مرتبط می‌پردازد. دانشجو در طول نیمسال از راهنمایی استاد مربوطه استفاده کرده و در نهایت مطالب را در قالب یک گزارش کتبی و شفاهی بر اساس اصول صحیح و تعیین شده نگارشی و ارائه شفاهی آماده کرده و به استاد درس تحویل می‌نماید. گزارش شفاهی در حضور استادان گروه و دیگر دانشجویان بصورت شفاهی ارائه شده و ارزیابی صورت می‌گیرد.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

راهنمائی‌های مستمر استاد سمینار در طول نیمسال

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌ها و مطالعات طول نیم‌سال، گزارش کتبی و ارائه شفاهی ۱۰۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع: بر اساس موضوع و نظر استاد سمینار

عنوان درس به فارسی:	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Welding Technology 2	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		الزامی ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	تکنولوژی جوشکاری پیشرفته ۱	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی با مفاهیم و روش‌های پیشرفته جوشکاری و روش انتخاب این روش‌ها در صنعت به همراه آشنایی با روش‌های میکرو و نانوجوشکاری و کاربرد آن‌ها.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- بخش اول: اتصال مواد در مقیاس ماکرو
  - مقدمه ای بر روش‌های اتصال مواد و طبقه بندی روش‌های جوشکاری
  - جوشکاری و برشکاری با قوس پلاسما
  - جوشکاری و برشکاری با پرتو لیزر
  - جوشکاری اصطکاکی
  - جوشکاری نفوذی
  - اتصال از طریق فاز مایع گذرا (TLP)
  - جوشکاری انفجاری
  - جوشکاری پالس (ضربان) مغناطیسی
  - جوشکاری با امواج ماوراء صوت
  - جوشکاری مایکروویو
  - جوشکاری و برشکاری در زیر آب
  - جوشکاری و ماشین‌کاری با پرتو الکترونی
  - جوشکاری رباتیک و اتوماسیون جوشکاری
- بخش دوم: اتصال مواد در مقیاس میکرو و نانو
  - اصول میکروجوشکاری ذوبی
  - اتصال سیم در میکروالکترونیک
  - اتصال با استفاده از نانوذرات
  - میکروجوشکاری لیزر
  - میکروجوشکاری مقاومتی
  - مقدمه‌ای بر نانواتصال
  - نانو جوشکاری نانو تیوب‌های کربنی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Nanowelded Carbon Nanotubes, Ch. Chen, Y. Zhang, Springer, 2008.
2- Microjoining and Nanojoining, Y. Zhou, CRC Press, 2008.
3- Advanced Welding Processes, J. Norrish, CRC Press, 2006.
4- New Developments in Advanced welding, N. Ahmed, CRC Press, 2005.
5- Joining of Materials and Structures, R. W. Messler, Butterworth-Heinemann; 2004.
6- Specifications for Underwater Welding, ANSI/AWS D3.6M:1999, AWS, 1999.
7- Laser Welding, C. Dawes, Mcgraw-Hill, 1993.
8- AWS Welding Handbook, 8th Edition, AWS, 1991.
9- Recommended Practices for Plasma-Arc Welding, AWS A5.12, 1988.
10 - Diffusion Bonding of Materials, N. F. Kazakov, Mir Publishers, 1985.
11- Metals Handbook 9th Edition, Volume 6: Welding, Brazing, and Soldering, ASM Intl., 1983.
12- Explosive Welding of Metals and its Applications, B. Crossland, Clarendon Press, 1982.
13- Advanced Welding Processes, G. Nikolaiev, N. Olshansky, Mir Publishers, 1977.
14- Journals: Advanced welding technology (2010 to 2021).
۱۵- تکنولوژی جوشکاری (جلد اول): فرآیندها، امیرحسین کوکبی، مجید محمودی غزنوی، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ چهارم ۱۳۹۰.

عنوان درس به فارسی:	روش‌های پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Analysis and Characterization of Materials		
دروس پیش‌نیاز:			نوع درس و واحد
دروس هم‌نیاز:			الزامی☐ نظری ■
تعداد واحد:	۲		تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
			رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

در این درس روش‌ها و تکنیک‌های شناسایی و مشخصه‌یابی مواد مورد بررسی قرار می‌گیرد. این دانش می‌تواند دانشجو را در استفاده از روش و فرایند مناسب برای شناسایی ترکیب شیمیایی، فازها، ریزساختار در ابعاد میکرو و نانو، مشخصات سطحی و عمقی مواد، خصوصیات فیزیکی و حرارتی جهت استفاده در مهندسی معکوس قطعات و ساختارها و همچنین شناسایی و مشخصه‌یابی مواد، آلیاژها و ترکیبات جدید و سنتز شده در حین فرایند تولید یاری کند.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه ای بر شناسایی و مطالعه مواد: معرفی مراحل عملیات مشخصه‌یابی مواد، شناسایی اولیه مواد بر اساس مشخصات ظاهری
- روش‌های شناسایی عنصری و ترکیب شیمیایی مواد بصورت حجمی (بالک) و سطحی/ موضعی (microanalysis) شامل فرایندها و تکنیک‌های مشخصه‌یابی AAS، ICP(OES,MS)، GDMS، EPMA، XPS، SIMS، LEXES، و حالت‌های مختلف XRF شامل EDS و WDS، آماده‌سازی نمونه، مزایا و محدودیت‌ها، کاربردها
- روش‌های شناسایی دماهای مهم مواد (دمای ذوب و انجماد، تبدیل فاز، تبلور مجدد، اکسیداسیون و مانند آن) شامل تکنیک‌های TGA، DTA و DSC
- روش‌های شناسایی فازی شامل تکنیک‌های مبتنی بر تفرق و پراش پرتو ایکس (XRD)، معرفی فرایند تولید پرتو ایکس، اصول برهم کنش پرتو ایکس و مواد، ساختمان لامپ اشعه ایکس، قانون براگ، فاکتور ساختار، فاکتور پلاریزاسیون، فاکتور تعدد، فاکتور لورنتز و دیگر فاکتورهای مؤثر بر الگوهای تفرق، پراش سنجی، تشخیص شبکه کریستالی، روش هاناوالت، معرفی نرم‌افزار XPert برای شناسایی فازی، کاربرد تفرق پرتو ایکس در رسم نمودارهای فازی، تعیین بافت (Texture) مواد و تعیین تنش‌های باقیمانده
- روش‌های شناسایی ریزساختاری (مورفولوژی، توزیع و فراوانی فازها و رسوبات، مرزها و نابجائی‌ها، کریستالوگرافی، بافت و تنش‌های باقیمانده) و سطح مواد (توپوگرافی، ترکیب شیمیایی و ریزساختار) شامل تکنیک‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM و مدهای مختلف آن (SE, BSE)، میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM، میکروسکوپ پروب روبشی SPM، میکروسکوپ نیروی اتمی AFM، میکروسکوپ تونلی روبشی STM، و تفرق الکترون بازگشتی EBSD، ساختمان و مکانیزم عملکرد میکروسکوپ‌ها، تعامل پرتوی الکترونی با مواد، محاسبات و الگوهای مربوط به تشخیص صفحات و جهت‌های کریستالی و ناهمسانگردی، تفرق مناطق انتخابی (SAD)، مدهای مختلف میکروسکوپی، آماده‌سازی نمونه‌ها، مزیتها و محدودیت‌ها، کاربردها در مشخصه‌یابی مواد مختلف مهندسی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1. Elements of X-Ray Diffraction, B.D. Cullity, S.R. Stock, Third Edition, 2014.
3. Materials Characterization Techniques, Sam Zhang, Lin Li, Ashok Kumar, 2008.
4. Surface Analysis–The Principal Techniques, 2nd Edition, Ltd., John C. Vickerman and Ian S. Gilmore, John Wiley & Sons, 2009.
5. Materials Characterization, ASM Handbook, volume 10, 2019.
6. X-Ray Diffraction Crystallography, Introduction, Examples and Solved Problems, Yoshio Waseda, Eiichiro Matsubara, Kozo Shinoda, Springer, 2011.
7. Modern Physical Metallurgy, R.E. Smallman, A.H.W. Ngan, Elsevier, 2014.
8. Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods, Second Edition, Yang Leng, Wiley, 2013.
9. Handbook of Materials Characterization, S. K. Sharma, Springer, 2018.
10. Transmission Electron Microscopy of Materials, G. Thomas and M. J. Goring, John Wiley and Sons, 1979.
11. Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, 3rd Edition, by J.I. Goldstein, Springer, 2003.

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه روش‌های پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Analysis and Characterization of Materials-Lab		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			الزامی ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	روش‌های پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد		تخصصی ☐ عملی ■
تعداد واحد:	۱		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

در این درس روش‌ها و تکنیک‌های شناسایی و مشخصه‌یابی مواد به صورت عملی در آزمایشگاه‌های مربوطه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

دانشجویان این درس به صورت عملی با تکنیک‌های آزمایشگاهی مشخصه یابی زیر آشنا می‌شوند:

۱- شناسایی اولیه مواد بر اساس مشخصات ظاهری

۲- شناسایی عنصری و ترکیب شیمیایی مواد بصورت حجمی (بالک) و سطحی/ موضعی (microanalysis) شامل فرایندها و تکنیک‌های مشخصه‌یابی EDS و XRF، آماده سازی نمونه، مزایا و محدودیتها، کاربردها

۳- شناسایی فازی شامل تکنیک‌های مبتنی بر تفرق و پراش پرتو ایکس (XRD)، معرفی فرایند تولید پرتو ایکس، اصول برهم کنش پرتو ایکس و مواد، ساختمان لامپ اشعه ایکس، قانون براگ، روش هاناوالت، معرفی نرم افزار XPert برای شناسایی فازی

۴- شناسایی ریزساختاری (مورفولوژی، توزیع و فراوانی فازها و رسوبات، مرزها) شامل تکنیک میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM و مدهای مختلف آن (SE, BSE)

۵- شناسایی سطح مواد (توپوگرافی، ترکیب و ریزساختار) با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی AFM، ساختمان و مکانیزم عملکرد میکروسکوپ، مدهای مختلف میکروسکوپی، آماده‌سازی نمونه‌ها

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

اجرای آزمایش‌های عملی در آزمایشگاه‌های مرتبط

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

شرکت دانشجویان در جلسات آزمایشگاه و نگارش گزارش کار	۱۰۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

آزمایشگاه‌های مرتبط

چ) فهرست منابع:

منطبق با منابع درس روش‌های پیشرفته مطالعه و آنالیز مواد

عنوان درس به فارسی:	**مکانیک شکست و خستگی در مواد**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Fracture Mechanics and Fatigue of Materials**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**الزامی☐** **نظری ■**
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی ☐** **عملی ☐**
تعداد واحد:	**۲**		**اختیاری ■** **نظری-عملی ☐**
تعداد ساعت:	**۳۲**		**رساله / پایان‌نامه ☐**

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

از مهم‌ترین و مخاطره آمیزترین مکانیزم‌های تخریب سازه‌های جوشی شکست و خستگی می‌باشند. هدف از این دوره ایجاد آگاهی در مورد پدیده‌های شکست و خستگی در جوش، فرایندهای مرتبط با آن‌ها و روش‌های تحلیل حالت‌های مختلف بروز آن‌ها در قطعات جوشکاری شده می‌باشد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تجمع نقص در جامدات، تعریف انواع شکست، میکرو مکانیزم شکست‌های ترد و نرم، شکست رشته‌ای (Fibrous) شکست تورقی (Cleavage)، مشخصه‌های انواع سطوح شکست، مفاهیم انرژی کرنشی و انرژی پتانسیل و تئوری گریفیث (Griffith).

- بررسی نرخ رهائی انرژی کرنشی در حالت‌های کنترل نیرو و تغییر مکان، پایداری و ناپایداری رشد ترک از دیدگاه انرژی،انالیز تنشی ترک‌ها در حالت الاستیک خطی، مفهوم فاکتور شدت تنش (Stress intensity factor).

- فلسفه طراحی جوش بر اساس مکانیک شکست خطی، مفهوم الاستیسیته نوک ترک، تعیین اندازه منطقه پلاستیک به روش ایروین (Irwin) و روش‌های داگدیل (Dugdale)، بررسی تاثیر ضخامت بر مقاومت به شکست، روشهای اندازه گیری مقاومت به شکست در دو حالت تنش صفحه‌ای و کرنش صفحه‌ای، معرفی پارامترهای مکانیک شکست الاستوپلاستیک، انتگرال J، معیار باز شدگی دهانه ترک CTOD، مروری بر کدها و استانداردهای مکانیک شکست درقطعات جوشکاری شده، ملزومات طراحی جوش و انتخاب مواد بر اساس فلسفه طراحی تحمل آسیب و مکانیک شکست.

- تعریف خستگی و بررسی رشد ترک خستگی ازدیدگاه مکانیک شکست در سازه‌های جوشکاری شده، قانون پاریس (Paris) ، اثر بارگذاری متناوب بر خواص داخلی و ساختاری مصالح مهندسی (فلزات خالص، آلیاژها و جوش)، جوانه زنی ترک خستگی، اثر عوامل مختلف بر جوانه‌زنی و گسترش ترک، اثر محیط های خورنده بر جوانه‌زنی و گسترش ترک، اثر عملیات سختی سطحی بر خستگی (جوانه-زنی و گسترش ترک) شامل: نیتریده کردن، کربوریزه کردن، نیتراسیون و شن پاشی. جنبه‌های مهندسی خستگی در جوش: تغییر فرم الاستیک و پلاستیک در خستگی، اثر شکل و اندازه دانه و دیگر متغیرهای مهندسی جوش بر خستگی، محاسبه رشد ترک، تعیین تنش آستانه‌ای، طراحی در مقابل خستگی، دستگاه‌های اندازه‌گیری خستگی، مثال‌های کاربردی در زمینه شکست و خستگی قطعات و همچنین اتصالات جوشی، شکست‌نگاری قطعات جوشکاری تخریب شده در صنعت

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Journals: Fracture Mechanics and Fatigue (2010 to 2021).
2- Elastic and Plastic Fracture: Metals, Polymers, ceramics, composits, Biological Materials", Anthony G.Atkins, Y.W.Mai, 1985.
3- Fracture Mechanics, Fundamental and Applications, T.L. Anderson. Second Edition, 1994.
4- Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Material, Fichard W. Hertzberg, Fourth Edition. March, 1996.
5- Fatigue of Materials (Cambridge Solid State Science), S, Suresh, Second Edition, 2001.
6- Dislocation Based Fracture Mechanics, J. Weertman, 1998.
7- Metal Fatigue in Engineering, Ralph I. Stephens, Ali Fatemi, Robert R. Stephens, Henry O. Fuchs, 2nd Edition, 2000.
8- Shigley's Mechanical Engineering Design, Richard Budynas, Keith Nisbett, 10th Edition, 2011.
9- Materials Selection in Mechanical Design, Michael F. Ashby, Third Edition, 2005.
10- Failure Analysis of Engineering Materials, Charles Brooks, Ashok Choudhury, Charlie R. Brooks, 1st Edition, 2002.

عنوان درس به فارسی:	خطا و عدم قطعیت در اندازه‌گیری و تحقیق مواد		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Errors and Uncertainty in Measurement and Research of Materials		نظری ■ الزامی☐
دروس پیش‌نیاز:			عملی ☐ تخصصی ☐
دروس هم‌نیاز:			نظری-عملی ☐ اختیاری ■
تعداد واحد:	۱		رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۱۶		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

هدف این دوره ایجاد توانایی تحلیل عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها و قضاوت‌های مرتبط با علم و مهندسی مواد می‌باشد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

مسیر کسب دانش تا توانایی قضاوت و خلاقیت، تفکر سنجش‌گرانه، روش علمی آزمون فرضیه، فرضیه خنثی و فرضیه جایگزین، خطای نوع اول و نوع دوم، اهمیت دوری از پیش قضاوتی و زود قضاوتی و سوی گیری در تحقیق، نقش آزمون‌های تکمیلی در کنترل ریسک خطا در قضاوت، خطاها با ریشه های آماری و خطاهای غیر آماری، توابع توزیع آماری، نرم‌افزارهای متداول برای محاسبات آماری، استنتاج در مورد جامعه بر اساس نمونه، خطاهای نمونه‌گیری ، مزایا و محدودیت‌های افزایش تعداد نمونه در کاهش خطا، اندازه‌گیری و خطاهای غیر آماری در اندازه گیری‌ها، منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری، خطاهای سیستماتیک و اتفاقی در اندازه گیری‌ها، تفاوت عدم قطعیت و خطا، انتشار عدم قطعیت، محاسبه عدم قطعیت ترکیبی، آنالیز نتایج، ثبت نتایج آزمایش وارقام معنی‌دار، ضریب همبستگی و محاسبه آن. نوار خطا و مبناهای مختلف در محاسبه و نمایش آن، خوراندن منحنی و خطاهای احتمالی در خوراندن منحنی، نحوه کالیبراسیون انواع وسایل اندازه‌گیری، مراجع و رده‌بندی‌های کالیبراسیون، استانداردهای بین‌المللی مدیریت کیفیت در آزمایشگاه‌ها، مطالعات بین آزمایشگاهی و اهمیت آشنایی با مقادیر مورد انتظار برای تکرار پذیری و تجدید پذیری در اندازه‌گیری‌ها، اندازه‌گیری متداول در تحقیقات مهندسی مواد و الزامات استانداردها برای کالیبراسیون، عدم قطعیت مورد انتظار در اندازه‌گیری‌ها شامل سختی سنجی مواد فلزی و سرامیکی، آزمون کشش، آزمون چقرمگی و آنالیز شیمیایی مواد به روش‌های مختلف.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Guidance on uncertainty in Measurements, National Physical laboratory, UK, 1999.
2- Grabe, M. , "Meassurement Uncertainties in Science & Technology", 2006
3- Lau, Joe Y. F, “An introduction to critical thinking and creativity”, JOHN WILEY PUBLICATION, 2011
4- ASTM, Standards for Testing of Materials, latest editions

عنوان درس به فارسی:	ساخت افزایشی		
عنوان درس به انگلیسی:	**Additive Manufacturing**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			☐ پایه ■ نظری
دروس هم‌نیاز:			☐ تخصصی ☐ عملی
تعداد واحد:	**۲**		■ اختیاری ☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	**۳۲**		☐ رساله / پایان‌نامه

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

در این درس دانشجویان مهندسی جوشکاری با فرایندهای ساخت افزایشی مواد به ویژه فلزات و آلیاژها آشنا می‌شوند. همچنین بررسی متالورژیکی مواد سنتز شده در این فرایند از نظر ریزساختاری، فصل مشترک، تنش‌های باقیمانده، تبدیل فاز، قابلیت چاپ (Printability) در سیستمهای آلیاژی هم‌جنس و غیر هم‌جنس از جمله اهداف مهم این درس است. مزایا، محدودیت‌ها و دورنمای ساخت افزایشی در این درس مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

مقدمه‌ای بر ساخت افزایشی مواد شامل: مقایسه با ساخت کاهشی، تعریف ساخت افزایشی (چاپ ۳ و ۴ بعدی مواد)، تفاوت‌ها و شباهت‌ها با جوشکاری

- بیان مزایا و محدودیت‌های فرایند ساخت افزایشی، کاربردها، دورنمای فرایند
- تقسیم‌بندی جامع فرایندهای ساخت افزایشی مواد (پلیمری، فلزی و سرامیکی) بر اساس حالت و شکل ماده اولیه (جامد پودری، سیم، ورق و مایع)
- تقسیم‌بندی کلی فرایندهای ساخت افزایشی فلزات مبتنی بر ذوب (و تف جوشی) بستر پودر (PBF) شامل: ذوب و تف جوشی انتخابی با لیزر(SLS,SLM)
- تقسیم‌بندی کلی فرایندهای ساخت افزایشی مواد مبتنی بر رسوب مستقیم فلز (DMD) شامل: مهندسی دقیق با لیزر (LENS)، رسوب فلز توسط لیزر (LMD)، ساخت فرم آزاد پرتو الکترونی (EBFFF)، ساخت افزایشی با پرتوالکترونی (EBAM)
- فرایندهای ساخت افزایشی مبتنی بر تغذیه سیم (WAAM)
- پارامترهای مؤثر در کنترل فرایند ساخت افزایشی مانند سرعت روبش، توان، اندازه ذرات پودر، مدل روبش
- منابع حرارتی در ساخت افزایشی شامل: پرتوهای پرانرژی لیزر و پرتوی الکترونی، قوس الکتریکی، پرتوهای الکترومغناطیس
- سیستم‌های مواد و آلیاژها در ساخت افزایشی شامل: مواد پلیمری، کامپوزیتها، آلیاژهای آهنی (انواع فولادها) و غیر آهنی (آلیاژهای تیتانیم، پایه نیکل، آلومینیم، مس)
- ساخت افزایشی مواد گرادیانی شامل مفهوم گرادیانی کردن، انواع گرادیانی کردن (ترکیبی، ساختاری، ریزساختاری، هندسی) و سیستمهای فلز- فلز، فلز- سرامیک، فلز- بین فلز
- انتقال حرارت و تنش‌های پسماند در ساخت افزایشی فلزات
- کنترل ریزساختار، تبدیل فازها و فصل مشترک در لایه‌های ساخت افزایشی شده
- مفهوم قابلیت چاپ (Printability) و عیوب در ساختارهای ساخت افزایشی شده (شامل تنش‌های باقیمانده، ریزجدایش، ترک‌ها، حفره‌ها، ناپیوستگی‌ها و به هم ریختگی ابعادی) فلزات و آلیاژها و روش‌های رفع آن‌ها
- بهبود خواص نهایی سطحی و حجمی (بالک) ساختارهای ساخت افزایشی شده با عملیات تکمیلی

- معرفی استانداردهای ساخت افزایشی
- ساخت افزایشی بافت‌های زنده
- شبیه‌سازی کامپیوتری و مدل‌سازی تحلیلی در ساخت افزایشی مواد

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Additive Manufacturing, Jouan Pou et al, Elsevier, 2021.
2- Additive Manufacturing Technologies and Applications, Salvatore Brischetto et al, MDPI, 2017.
3- Additive Manufacturing 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Andreas Gebhardt and Jan-Steffen Hotter, Elsevier, 2016.
4- Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Ian Gibson et al, Springer, 2014.
5- Additive Manufacturing Applications and Innovations, Rupinder Singh, J. Paulo Davim, CRC Press, 2019.
6- Materials Science and Technology of Additive Manufacturing, Vasily Ploshinkhin et al, Trans. Tech. Publications, 2021.
7- Additive Manufacturing: Breakthroughs in Research and Practice, Information Resources Management Association (IRMA), IGI Global Publisher, 2020.
8- Additive Manufacturing of Functionally Graded Metallic Materials: A Review of Experimental and Numerical Studies, Reza Ghanavati, Homam Naffakh-Moosavy, Journal of Materials Research and Technology, 2021.

عنوان درس به فارسی:	مکانیک جوش محاسباتی		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Weld Mechanics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه☐ سمینار ☐ کارگاه☐ موارد دیگر: آموزش نرم افزار

هدف کلی:

آشنایی با تعاریف، اصول و روش‌های طراحی مورد استفاده در جوشکاری با تکیه بر استفاده از نرم‌افزارها، به همراه ایجاد مهارت‌های مرتبط، شامل برنامه‌سازی و کار با نرم افزار در طراحی و تجزیه و تحلیل حرارتی-مکانیکی-ریزساختاری جوش‌ها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

فصل اول:

- آشنایی با علائم سمبل‌ها و نقشه خوانی جوش، جوشکاری بر مبنای استانداردهای بین‌المللی طراحی جوش
- طراحی جوش، تجزیه و تحلیل تنشی جوش، پیچیدگی جوش و کنترل آن، محاسبه اندازه و استحکام جوش، برآورد هزینه و زمان جوشکاری.
- سیستم‌های حمل و نقل پیشرفته برای استفاده از کامپیوتر در کنترل کیفی و اتومات کردن جوشکاری.
- رباتها، ساختار و آناتومی ربات، فضاهای کاری ربات‌ها، انواع ساختار ربات پنجه و قدرت تفکیک، نرم‌افزارهای زبان‌های ربات سطح بالا، طراحی سلول ربات، کاربردهای ربات‌ها در جوشکاری.

فصل دوم:

- آموزش و ایجاد مهارت در یکی از نرم افزارهای طراحی نظیر CATIA، SOLIDWORKS و AutoCAD با تأکید بر طراحی جوش
- آموزش و ایجاد مهارت در نرم‌افزار عمومی ABAQUS برای تجزیه و تحلیل حرارتی- مکانیکی جوشهای ذوبی و حالت جامد با تأکید بر سابروتین نویسی در آباکوس
- آموزش و ایجاد مهارت در نرم‌افزارهای تخصصی جوشکاری نظیر SYSWELD و Simufact Welding برای تجزیه و تحلیل حرارتی-مکانیکی-ریزساختاری جوش

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Journals: Welding design, Computer-aided design in welding, Residual stress and distortion in Welding (2010 to 2021)
2- Shigley's Mechanical Engineering Design, Richard Budynas, Keith Nisbett, 10th Edition, 2011.
3- Finite Element Procedures, Klaus-Jurgen Bathe, 1996.
4- Computer-Aided Design, Engineering, and Manufacturing: Systems Techniques and Applications, Volume VI, Manufacturing Sys 1st Edition, Cornelius Leondes, 2019.
5- Robotic Welding, Intelligence and Automation, Editors: Tarn, Tzyh-Jong, Chen, Shan-Ben, Zhou, Changjiu (Eds.), 2007.
6- Welding Robots, Technology, System Issues and Application, J. Norberto Pires, Altino Loureiro, Gunnar Bölmsjo, 2006.
7. User manuals of the relevant software.

عنوان درس به فارسی:	لحیم‌کاری سخت و نرم		
عنوان درس به انگلیسی:	Brazing and Soldering	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان مهندسی جوشکاری با اصول لحیم کاری، فرایندهای مختلف لحیم کاری سخت و نرم، متالورژی و قابلیت لحیم‌کاری سیستم‌های آلیاژی مختلف و مورد استفاده در صنایع

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر مفهوم و تعریف لحیم‌کاری سخت و نرم، مقایسه با جوشکاری، اصول لحیم‌کاری
- کاربردهای صنعتی اتصال لحیم‌کاری سخت و نرم، مزایا و محدودیت‌ها
- آشنایی با فرایندهای لحیم‌کاری سخت موضعی و کلّی شامل: لحیم‌کاری شعله‌ای، کوره‌ای، مقاومتی، القایی، غوطه وری، ماکروویو، فروسرخ، نفوذی، لیزر و ...)
- آشنایی با متالورژی تشکیل اتصال لحیم‌کاری سخت و اتصال فاز مایع گذرا (TLP)
- معرفی متالورژی و خصوصیات مکانیکی و ترکنندگی سیستم‌های دو و چندتایی آلیاژی مهم متداول و پیشرفته لحیم سخت (به عنوان پرکننده) بر پایه آلیاژهای مس- نقره، آلومینیم-سیلیسیم، مس- روی، مس-فسفر، آلیاژهای نیکل و ...، و سیستم‌های آلیاژی خاص لحیم سخت شامل آلیاژهای انتروپی بالا
- بررسی لحیم‌کاری سخت آلیاژهای آهنی و غیرآهنی (مس، آلومینیم، نیکل، طلا و ...) به صورت هم‌جنس و غیر هم‌جنس
- بررسی لحیم‌کاری سخت مواد غیرفلزی مانند سرامیک‌ها، شیشه‌ها و کامپوزیت‌ها به صورت هم‌جنس و غیر هم‌جنس به خود و به فلزات
- معرفی اتمسفرها و فلاکس‌های (روان‌سازهای) مهم در لحیم کاری سخت آلیاژها
- آشنایی با فرایندهای لحیم‌کاری نرم موضعی و کلّی شامل: لحیم کاری شعله‌ای، هویه‌ای، کوره‌ای، مقاومتی، القایی، موجی، غوطه‌وری، لیزر و ...)
- آشنایی با متالورژی فیزیکی تشکیل اتصال لحیم‌کاری نرم شامل ترشوندگی، ذوب، انحلال، نفوذ و تشکیل فازهای بین فلزی
- معرفی متالورژی و خصوصیات مکانیکی و ترکنندگی سیستم‌های دو و چندتایی آلیاژی مهم متداول و پیشرفته لحیم نرم (به عنوان پرکننده) بر پایه آلیاژهای قلع با سرب، روی، آنتیموان، نقره، بیسموت، آلومینیم، کادمیم و ...، و سیستم‌های آلیاژی غیر سمّی بدون سرب بر پایه آلیاژهای قلع با ایندیم، نقره و ...، معرفی سیستم‌های لحیم نرم خاص و انتروپی بالا
- بررسی لحیم‌کاری نرم آلیاژهای آهنی و غیرآهنی (مس، آلومینیم، نیکل، طلا و ...) به صورت هم جنس و غیر هم جنس
- بررسی لحیم‌کاری نرم مواد غیرفلزی مانند سرامیک‌ها، شیشه‌ها و کامپوزیت‌ها به صورت هم جنس و غیر هم جنس به خود و به فلزات
- معرفی اتمسفرها و فلاکس‌های (روان‌سازهای) مهم در لحیم کاری نرم آلیاژها
- طراحی اتصال در لحیم کاری
- آماده‌سازی و تمیزکاری سطح قبل و بعد از لحیم‌کاری
- بازرسی و کنترل کیفیت اتصال لحیم

- آزمون‌های ارزیابی قابلیت لحیم کاری شامل روش‌های بالانس ترشوندگی، روش گلبول، آزمون توزیع

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Joining of Materials and Structures, Robert, J. Messler, Elsevier Butterworth–Heinemann, 2003.
2- Welding, Brazing and Soldering, ASM Handbook, Vol. 6.
3- Brazing and Soldering, Richard Lofting, Crowood Press, 2015.
4- Selected Soldering and Brazing Systems, Materials Science International Team, Springer, 2007.
5- The Fundamentals of Welding, Cutting, Brazing, Soldering and Surfacing of Metals, Almon Inc. et al, John Deere Publishing, 2008.
6- Industrial Brazing Practice, Philips Roberts, CRC Press, 2013.
7- Transient Liquid Phase Bonding, David J. Fisher, Materials Research Foundations, 2019.

عنوان درس به فارسی:	نفوذ در جامدات		
عنوان درس به انگلیسی:	Diffusion in Solids	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

بررسی مفهوم و اصول پدیده نفوذ در جامدات به خصوص فلزات و آلیاژها و اثرات آن بر دیگر فرایندها و پدیده های مهم متالورژیکی مانند تبدیل فازها، مرزها و فصل مشترکها و همچنین بررسی کاربردهای مبتنی بر نفوذ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تعریف مفهوم نفوذ و بررسی اهمیت علمی و کاربردی آن
- انواع گرادیان غلظتی (افزایشی و کاهشی) در نفوذ
- بررسی شار اتمی و نفوذ بین نشینی در فلزات و قوانین اول و دوم فیک در حالتهای پایدار و ناپایدار
- تاثیر دما، انرژی فعال سازی، فرکانس پرش و فرکانس ارتعاش و تابع احتمال بر ضریب نفوذ
- بررسی نفوذ جانشینی در فلزات، نفوذ درخود، نفوذ جای خالی، نفوذ درهم و قوانین اول و دوم دارکن
- اثر کرکندال و ارتباط دمای ذوب فلزات با ضریب نفوذ درهم
- مقایسه نفوذ در مواد تک کریستال و مواد حاوی عیوب کریستالی مرزدانه و نابجایی (مسیرهای با قابلیت نفوذ بالا)
- کاربرد نفوذ در تحلیل فرایندهای همگن سازی ساختارهای ریختگی، کربن دهی و دکربوره شدن سطحی و همچنین مکانیزم خزش در دمای بالا
- ارتباط نفوذ با تبدیل‌های فازی نفوذی مانند تشکیل محلول جامد، تشکیل فاز جدید، رسوبگذاری و انحلال رسوب، واکنش‌های متالورژیکی یوتکتوئیدی و پریتکتوئیدی، تجزیه اسپینودال، تشکیل بین فلزها
- ارتباط نفوذ با تغییر حالتهای متالورژیکی مانند بازیابی، تبلور مجدد و رشد دانه ها، سینتیک حرکت مرزهای فرعی، اصلی و مرزهای بین فازی
- مدل‌سازی و شبیه سازی نفوذ در جامدات با استفاده از کالفد(CALPHAD)، میدان فازی (Phase Field) و مونته کارلو (Monte Carlo)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Diffusion in Solids, 2nd Edition, Paul Shewmon, Springer, 2016.
2- Diffusion in Solids: Fundamentals, Methods, Materials, Diffusion-controlled processes, Helmut Mehrer, Springer, 2009.
3- Handbook of Solid State Diffusion: Volume 1, Diffusion Fundamentals and Techniques, Aloke Paul, Sergiy Divinski, Elsevier, 2017
4- Phase Transformations in Metals and Alloys, 4th Edition, D.A. Porter, K.E. Easterling and M.Y, Sherif, CRC Press, 2021.
5- Surface Diffusion Metals, Metal Atoms, and Clusters, Grazyna Antczak and Gert Ehrlich, Cambridge University Press, 2010.
6- Self-diffusion and Impurity Diffusion in Pure Metals, Handbook of Experimental Data, Gerhard Neumann and Cornelis Tuijn, Elsevier, 2008.
7- Diffusion Processes, Structure, and Properties of Metals, S. Z. Bokshtein, Springer, 2013.

عنوان درس به فارسی:	مهندسی سطح پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Surface Engineering	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

این آشنایی با ویژگی‌های سطح خارجی، عوامل تخریب سطح خارجی، روش‌های ایجاد کیفیت مطلوب در سطح خارجی و ارتقای آن و همچنین روش‌های ارزشیابی بر سطح خارجی.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تعریف مهندسی سطح، تشریح اهمیت کیفیت سطح خارجی و درجه تاثیرگذاری آن در کارایی و طول عمر قطعات، ماشین‌ها، تجهیزات و سازه‌ها، تاریخچه کار بر سطح خارجی، معرفی مکانیزم‌های تخریب سطح و در آخر، تقسیم‌بندی محتوایی برای مهندسی سطح، که شامل موارد ذیل می‌باشد:

الف) علم و مهندسی سطح

ب) مواد مورد استفاده، جهت ارتقا و کیفیت سطح

ج) تکنولوژی‌های موجود، جهت تغییر خواص سطح

د) روش‌های ارزشیابی خواص سطح.

۲. بررسی مکانیزم‌های تخریب سطح، که شامل مکانیزم‌های مجرد و مکانیزم‌های مرکب هستند. مکانیزم‌های مجرد، عمدتا شامل سایش و انواع آن و اندرکنش معیارهای تاثیرگذار از قبیل ضرایب اصطکاک، سرعت، میزان بار، نوع حرکت نسبی، شتاب، دما، رطوبت و...، بر کمیت و کیفیت سایش می‌باشند. از دیگر مکانیزم‌های مجرد، پدیده خوردگی است که انواع آن، بررسی و معیارهای تاثیرگذار اصلی آن، معرفی می‌شوند. به عنوان مکانیزم تخریب مجرد سوم، پدیده خستگی مطرح می‌باشد که در این مورد نیز انواع آن، بررسی و عوامل تاثیرگذار بر آن، بحث می‌شود.

تاثیر چند مکانیزم تخریب، به صورت همزمان به عنوان مکانیزم‌های مرکب، تعریف می‌شود که در این حالت شرایط جدیدی برای تخریب سطح علاوه بر شرایط هر یک از مکانیزم‌های درگیر شده، اضافه می‌شود.

۳. مروری بر علم و مهندسی سطح، که شامل بررسی و نحوه تاثیرگذاری بر خواص هندسی، شیمیایی، فیزیکی، مکانیکی، بیولوژیکی و ساختار سطح و کاربردهای نانوتکنولوژی در مهندسی سطح می‌باشد.

۴. موارد مورد استفاده جهت کاربردهای سطحی، که شامل موارد ذیل می‌باشد:

الف) جهت تامین مقاومت به سایش

ب) جهت تاثیرگذاری بر روی ضرایب اصطکاک (کاهش یا افزایش)

ج) جهت تامین مقاومت به خوردگی

د) جهت ایجاد خواص فیزیکی مطلوب (به عنوان مثال مرتبط با هدایت حرارتی، هدایت الکتریکی، جذب یا بازتاب نور و سایر امواج الکترومغناطیسی و...)

ه) جهت خواص مکانیکی مطلوب

و) جهت ایجاد خواص بیولوژیک مورد نظر

ز) جهت ایجاد خواص تلفیقی مطلوب از موارد قبل.

۵. تکنولوژی‌های مورد استفاده جهت:

الف) تغییر ساختار سطحی (میکرو، نانو، آمورف)

ب) تغییر شیمی سطح

ج) ایجاد پوشش‌ها

د) ایجاد توپولوژی‌های میکرو و نانوساختار.

همچنین فرآیند آماده‌سازی سطح، جهت انواع عملیات فوق، معرفی می‌شود.

۶. مروری بر انواع فرآیندهای مهندسی سطح:

فرآیندهای متالورژیکی: فرآیندهای ذوب سطحی مانند پرتو لیزر، پرتو الکترونی

فرآیندهای حرارتی- شیمیایی: کربوراسیون، نیتریداسیون، نیتروکربوراسیون و...

فرآیندهای مکانیکی: روش‌های تغییر شکل پلاستیک شدید سطح جهت نانوبلوری کردن سطح مانند ساچمه‌زنی، سایش مکانیکی سطح (SMAT)، برسکاری و...

فرآیندهای رسوب‌نشانی و پوشش‌دهی سطح: رسوب‌نشانی فیزیکی(PVD)، رسوب‌نشانی شیمیایی(CVD)،

پاشش حرارتی (روش‌های مبتنی بر پلاسما، High Velocity Oxy-Fuel Spraying، Cold Spray و...)،

لایه‌نشانی با لیزر (Laser Cladding).

۷. مروری بر روش‌های ارزشیابی در مهندسی سطح، که شامل موارد ذیل می‌باشد:

الف) خواص هندسی و توپولوژی سطح و انواع معیارهای زبری سنجی

ب) خواص شیمیایی سطح که شامل روش‌های مختلف آنالیز سطح و بررسی تغییر تدریجی ترکیب شیمیایی در عمق سطح و یا همچنین تعیین نوع پیوند بین اتمی

ج) خواص مکانیکی و استحکام چسبندگی پوشش‌ها

د) ضرایب اصطکاک و خواص سایشی

ه) خواص فیزیکی سطح

و) خواص بیولوژیکی سطح

ز) خواص خوردگی سطح.

۸. معرفی برخی از عملیات سطحی جدید پوشش‌ها، مانند ایجاد پوشش‌های خود ترمیم شونده، پوشش‌های آب گریز یا آب دوست، پوشش‌های رادار گریز و... .

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1. D.K. Dwivedi, "Surface Engineering: Enhancing Life of Tribological Components", Springer, 2018.
2. P.A. Dearnley, "Introduction to Surface Engineering", Cambridge University Press, 2017.
3. J. Ruzbarsky, A. Panda, "Plasma and Thermal Spraying", Springer, 2017.
4. A. Tiwari, R. Wang, B. Wei (Editors), "Advanced Surface Engineering Materials", John Wiley & Sons, 2016.
5. P.L. Fauchais, J.V.R. Heberlein, M. Boulos, "Thermal Spray Fundamentals: From Powder to Part", Springer, 2014.
6. S. Hosmani, P. Kuppusami, R.K. Goyal, "An Introduction to Surface Alloying of Metals", Springer, 2014.
7. R.C. Tucker (Editor), "ASM Handbook, Volume 5A: Thermal Spray Technology", ASM International, 2013.
8. M. Roy (Editor), "Surface Engineering for Enhanced Performance Against Wear", Springer, 2013.
9. P. Martin, "Introduction to Surface Engineering and Functionally Engineered Materials", John Wiley & Sons, 2011.

10. J. Takadoum (Editor), "Nanomaterials and Surface Engineering", John Wiley & Sons, 2010.
11. J. Takadoum, "Materials and Surface Engineering in Tribology", John Wiley & Sons, 2008.
12. L. Pawlowski, "The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings", 2rd Edition, John Wiley & Sons, 2008.
13. F.W. Bach, K Möhwald, A. Laarmann, Th. Wenz (Editors), "Modern Surface Technology", John Wiley & Sons, 2006.
14. R. Chattopadhyay, "Advanced Thermally Assisted Surface Engineering Processes", Springer, 2004.
15. J.R. Davis, "Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance", ASM International, 2001.
16. R. Chattopadhyay, "Surface Wear: Analysis, Treatment, and Prevention", ASM International, 2001.
17. T. Burakowski, T. Wierzchon, "Surface Engineering of Metals: Principles, Equipment, Technologies", CRC Press, 1999.

عنوان درس به فارسی:	چسب و اتصال مواد غیرفلزی		
عنوان درس به انگلیسی:	Adhesives and Non-Metallic Joining	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با فرایندهای اتصال چسبی و مکانیزم ایجاد اتصال آشنا می‌شوند. همچنین انواع مواد پلیمری چسبی، طراحی اتصال چسبی، و عیوب احتمالی این گونه اتصالات و روش رفع آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

مقدمه و تاریخچه اتصالات چسبی، شیمی و خصوصیات چسب‌ها

- کاربرد چسب‌ها در صنعت الکترونیک، هوافضا، خودرو، کفش، ساختمان و پزشکی
- تئوری و مکانیزم پیشرفته چسب‌ها (قفل داخلی مکانیکی، تئوری الکترونیک، تئوری جذب)،
- پارامترهای آماده‌سازی سطحی قبل از اتصال چسبی
- انواع چسب‌های جدید (اپوکسی، پلی استرها، RTV سیلیکون، انوروبیک Anaerobic فنولیک، Urethane، Phenolic، Ackrylic، ذوب گرم و...) و چگونگی آماده‌سازی آنها
- مکانیزم های سخت شدن چسبها (با حلال‌ها، با سردشدن، با واکنش‌های شیمیایی)
- کاربرد چسب‌ها در اتصالات مواد (Elastomeric، چوب، شیشه، سرامیک، مواد پلاستیکی، کمپوزیت‌ها و بعضی فلزات)
- بررسی‌های خاص رفتار مکانیک و آنالیز شکست اتصالات چسبی
- آزمایشات کنترل کیفی و مشخصات چسب‌ها بر حسب استاندارد
- اتصال چسبی هم جنس و غیر هم‌جنس مواد
- اثر عوامل محیطی بر عمر اتصالات چسبی
- طراحی اتصال چسبی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1. Adhesive Bonding Science, Technology and Applications, Robert Adams, Elsevier, 2021.
2. Joining of Materials and Structures, Robert, J. Messler, Elsevier Butterworth–Heinemann, 2003.
3. Adhesion science and engineering, Edited by A.V. Pocius and D.A. Dillard, volume I & II, Elsevier, 2002.
4. Adhesive Bonding: Materials, Applications and Technology, Walter Brokmann et al, Wiley-VCH Verlag GmbH, 2009.
5. Applied Adhesive Bonding in Science and Technology, Halil Ozer, Intech Open Books, 2018.
6. Using Lasers as Safe Alternatives for Adhesive Bonding: Emerging Research and Opportunities, IGI Global Publisher, 2020.

عنوان درس به فارسی:	تجزیه و تحلیل تنش در جوشکاری		
عنوان درس به انگلیسی:	Stress Analysis in Welding		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

توانایی دانشجویان در تجزیه و تحلیل محاسباتی تنش و کرنش (پیچیدگی) در قطعات و ساختارهای جوشکاری شده

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- آنالیز ریاضی پیشرفته جریان حرارت و مطالعات تجربی روی پارامترهای جوشکاری،
- تجزیه و تحلیل پیشرفته تنش‌های به وجود آمده و تأثیر آن‌ها در تغییر شکل قطعه جوشکاری شده،
- طبقه بندی و کاربردهای روش‌های اندازه‌گیری تنش‌ها در قطعات جوش داده شده،
- روش‌های آنالیز عددی تنش‌های اعمالی و عکس‌العملی آن‌ها (انواع اتصالات در سازه‌ها)،
- محاسبه توزیع تنش‌ها در شرایط کاربردی فلزات صنعتی مختلف، بررسی اصول ریاضی و روش‌های مختلف آنالیز - پیچیدگی (زاویه ای و Buckling)،
- تحلیل تنش باقیمانده در روش‌های مختلف اتصال ذوبی و حالت جامد
- تأثیر پیچیدگی و تنش‌های پسماند روی مقاومت استحکام (Buckling)،
- تأثیر پیچیدگی و تنش‌های پسماند روی مقاومت خستگی و شکست،
- تأثیر تنش‌های پسماند روی خوردگی تحت تنش و هیدروژن تردی در منطقه جوش،
- آنالیز و تجزیه و تحلیل انواع ترک‌ها و اشاعه آن در قطعات جوشکاری شده تحت تنش.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1) Residual Stress Analysis on Welded Joints by Means of Numerical Simulation and Experiments, Paolo Ferro and Filippo Berto, Intech Open, 2018.
2) Koichi Masubuchi, Analysis of welded structures: residual stresses, distortion, and their consequences, Pergamon Press, 1980.

3) Finite Element Analysis of Weld Thermal Cycles Using ANSYS, Ravichandran G., Ravichandran G., CRC Press, 2020.
4) Residual Stress Analysis of Pipeline Girth Weld Joints, Djarot B. Darmadi et al, Lambert Publishing, 2015.

عنوان درس به فارسی:	ترمودینامیک پیشرفته مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Materials Thermodynamics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی با ترمودینامیک محلول‌ها، ترمودینامیک آماری و تعریف انتروپی در مواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

مروری بر ترمودینامیک مواد: روابط بین توابع ترمودینامیکی- ترمودینامیک محلول‌ها – محاسبه کمیت‌های مولی و اکتیویته محلول‌های ایده آل- محلول‌های با قاعده توابع اضافی – محلول‌های رقیق: معادله گیبس دوهم در سیستم دوتایی – 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 سیستم‌های 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 – آنتروپی وضعیتی و آنتروپی حرارتی – محلول‌های منظم (Ordered) – نظم پردامنه در محلول ها و نظم کم دامنه ترمودینامیک سطوح و مرز بین سطوح – انرژی سطحی و کشش سطحی – ناهمسویی انرژی سطوح – انرژی سطحی فلزات و ترکیبات – مرز داخلی و انفعال شیمیایی – انفصال ساختاری در مرزها – انرژی نابجایی‌ها – ترمودینامیک عیوب کریستالی.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1) Introduction to the Thermodynamics of Materials, David R. Gaskell and E. Laughlin, CRC Press, 2017.
2) Metallurgical Thermodynamics Kinetics and Numericals, S.K. Dutta and A. B. Lele, S. Chand Publishing, 2012.
3) Thermodynamics of Materials, Qing Jiang and Zi Wen, Springer, 2011.
4) Materials Thermodynamics, Hae-Geon Lee, Word Scientific, 2012.
5) Principles of Metallurgical Thermodynamics, S. K. Bose and S. K. Roy, Routledge, 2014.

عنوان درس به فارسی:	جنبه‌های مکانیکی خوردگی در جوشکاری		
عنوان درس به انگلیسی:	Mechanical Features of Corrosion in Welding		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با ارتباط بین خوردگی و شکست در قطعات جوشکاری شده

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱- مروری بر شکست (Fracture)

تمرکز تنش در نوک ترک، تئوری Inglis

۲- مبانی مکانیک شکست (Fracture Mechanics)

تئوری گریفیت، آنالیز تنش در ترک‌ها، رابطه بین سرعت آزاد شدن انرژی و میدان‌های تنش، تئوری و سترگارد، تجزیه و تحلیل از شدت تنش، تخمین ناحیه پلاستیکی در نوک ترک، انتقال در نوع شکست، تنش صفحه‌ای نسبت به کرنش صفحه ای، آزمایشات تافنس شکست مواد مهندسی، آزمایشات روش تعیین تافنس شکست و آنالیز الاستیکی – پلاستیکی با انتگرال J

۳- خوردگی توأم با تنش (Strees Corrosion Cracking)

مقدمه، روش و نحوه برخورد از دیدگاه مکانیک شکست، روش‌های آزمایش، KISCC خاصیت یک ماده، صحت اطلاعات KISCC ملاحظات عمومی، آزمایشات سرعت رشد ترک، تأثیر ترکیب شیمیایی و پتانسیل اعمال شده.

۴- خوردگی و خستگی (Corrosion Fatigue)

مقدمه، رفتار عمومی، رفتار خوردگی خستگی در پایین تر از KISCC، مکانیزمهای خستگی در محیط های خورنده، مکانیزم رشد ترک، جوانه‌زنی، خستگی در محیط‌های خورنده، اثر محیط‌های خورنده در ΔK_{th} و پارامترهای پاریس.

۵- ارتباط بین خوردگی و اکسیداسیون دما بالا و شکست قطعات جوشکاری شده

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Preferential Weld Corrosion of Carbon Steels, Dale McIntyre and Mohsen Achour, NACE International, 2016.
2- "Fatigue of Materials (Cambridge Solid State Science)", S, Suresh, Second Edition, 2001.
3- "Corrosion of Weldments", Davis J. R., ASM International, 2006.
4- "Corrosion Engineering", Mars G. Fontana, Tata McGraw-Hill, 2005.
5- Hot Corrosion of Weldments, M. Arivarasu et al, Intech Open, 2016.

عنوان درس به فارسی:	روش‌های اجزای محدود		
عنوان درس به انگلیسی:	Finite Element Methods		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: آموزش نرم افزار

هدف کلی:

آشنایی با محاسبه کامپیوتری توزیع دما، تنش و کرنش جوش با استفاده از روش اجزای محدود (FEM)

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی روش اجزاء محدود در مسائل مهندسی،
- مقدمه‌ای بر الاستیسیته دو بعدی،
- مروری در مفاهیم تحلیل ماتریس‌ها، تحلیل همه جایی (GLOBAL) در تجزیه ماتریس سختی (Substructuring)، روشهای مستقیم،
- کار مجازی و پسماند متعادل شده در فرموله کردن یک جزء (Element Formalation)، اصول فرموله کردن به روش تغییر (Variational Method)،
- مینیمم انرژی پتانسیل، روش‌های تقریبی شامل: ریلی – ریتزروگالارکین،
- کاربرد روش اجزاء محدود در محاسبه تنش و کرنش رفتار و هندسه، یک جزء جزءهای صفحه‌ای،
- ملاحظات در تعیین مدل: خمش صفحه‌ها، روش‌های مخلوط (Mixed) و هیبرید(Hybrid) در خمش صفحه‌ها. -- مثال‌های کاربردی در زمینه متغیرهای در فرآیندهای جوشکاری به منظور بهینه سازی کیفیت جوش انتخاب گردند.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1) Finite Element Analysis of Weld Thermal Cycles Using ANSYS, Ravichandran G., Ravichandran G., CRC Press, 2020.
2) Finite Element Analysis: Fundamentals, by: R. H. Gallegher, pub Prentice Hill.
3) Numerical Method in Finite Element Analysis, by: K. J. Bathe & E. Wilson pub. Englewood Cliffs.
4) The Finite Element Method, by: O. C. Zienkiewicz third, pub. Mc Graw Hill.
5) Finite Element Analysis for Engineers: Basics and Practical Applications, F. Rieg et. al., Hanser Publications, 2014.

عنوان درس به فارسی:	ریاضیات مهندسی پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Engineering Mathematics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با اصول ریاضیات مهندسی پیشرفته جهت تحلیل و درک بهتر پدیده‌های متالورژیکی و مهندسی مواد کمّی و محاسباتی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- جبر خطی

- مروری بر ماتریس ها، دترمینان و خواص آنها
- حل سیستم معادلات خطی (روش کرامر)
- مقادیر ویژه، بردار ویژه و قضیه کیلی-هامیلتون

- مروری بر توابع متعامد، سری فوریه و تبدیل فوریه

- اورتوگونالیتی توابع
- توابع مثلثاتی و تعامد
- بسط فوریه و قضایا
- تبدیل فوریه

- معادلات دیفرانسیل معمولی

- معادلات همگن، کامل و معادلات خاص
- معادلات فافین
- اپراتور دیفرانسیل و حل دستگاه
- روش سری فروبنیوس در حل معادلات دیفرانسیل
- معادلات خاص (بسل و لژاندر) و خواص آنها

- معادلات دیفرانسیل پاره ای

- معرفی معادلات درجه دوم
- تعیین نوع معادلات و مقادیر ویژه
- معادلات لاپلاس، پواسون، دیفیوژن و موج
در حل معادلات SOV روش
- قضیه اشتورم لیوویل
- استفاده از تبدیل های انتگرالی
- متغیرهای مختلط
- توزیع مختلط و خواص آنها

- انتگرال مانده و استفاده از آن در تبدیل معکوس
- نگاشت همدیس و حل معادله لاپلاس با استفاده از آن

- تابع گرین

- تابع دلتای دیراک
- تابع گرین و روش گرین در حل معادلات دیفرانسیل

- حساب تغییرات

- اکسترمم یک تابع چند متغیره
- اکسترمم یک تابع همراه با محدودیت
- اکسترمم انتگرال
- اکسترمم انتگرال همراه با محدودیت

- حل معادلات انتگرالی

- معرفی معادلات انتگرالی فردهولم
- روشهای حل معادلات انتگرالی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1- Mathematical Methods for Physicists, George B. Arfken, Hans J. Weber, and Frank E. Harris Seventh edition, Elsevier, 2012.
2- An Introduction to Orthogonal Polynomials, Theodore S. Chihara, Dover Publications, 2014.
3- Advanced Engineering Mathematics, 10th Edition, Erwin Kreyszi, Wiley, 2011.
4- Advanced Engineering Mathematics, Alan Jeffrey Academic Press, 2001.
5- Fourier Series and Boundary Value Problems", 8th edition, James Ward Brown and Ruel V. Churchill, McGraw-Hill, 2011.
6- Elementary Differential Equations, 9th Edition, Boyce, W.E., and R.C. Diprima, Wiley, 2008.

عنوان درس به فارسی:	مباحث ویژه		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Studies		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مباحث و مطالعات ویژه و تخصصی در حوزه مهندسی مواد و جوشکاری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

این درس بر حسب نیاز برای نیمسال تحصیلی تعریف می‌شود و شامل موضوعات جدیدی می‌شود که به طور مستقیم در جدول درس-های تخصصی الزامی و اختیاری رشته تعریف نشده باشد.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

بر اساس موضوع درس

عنوان درس به فارسی:	کارآفرینی در مهندسی جوشکاری		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Entrepreneurship in Welding Engineering		
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

هدف از ارائه این درس، آشنایی دانشجویان مهندسی مواد- جوشکاری با موضوعات کارآفرینی، مدیریت کسب و کار، راه‌اندازی کسب و کارهای کوچک و توسعه آن به سمت کسب و کارهای بزرگ، مباحث فروش خدمت و سرمایه‌گذاری و مانند آن می‌باشد. این درس یک دید جامع، برای عملیاتی کردن ایده‌های پژوهشی و نمونه‌سازی به سمت تجاری سازی و اشتغال دانش بنیان در حوزه جوشکاری و اتصال به دانشجویان ارائه می‌دهد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تاریخچه کارآفرینی، مفاهیم کارآفرینی وانواع آن
- معرفی انواع کسب و کار و مبانی و اصول آن (کسب وکار در حوزه مهندسی جوشکاری و نوآوری در زمینه کارآفرینی مرتبط با رشته)
- مبانی بازار و مدیریت بازار
- داستان‌های موفقیت و شکست کارآفرینان و قهرمانان توسعه
- نحوه‌ی ارزیابی، امکان‌سنجی و انتخاب ایده کارآفرینی
- چارچوب طرح کسب و کار
- طراحی جداول و محاسبات طرح کسب وکار (تمرین عملی)
- مراحل ثبت و تاسیس شرکت و آشنایی با انواع شرکت ها
- مبانی کسب و کار در اقتصاد ایران و کلیات قوانین تجارت در ایران
- آشنایی با تجربیات موفق کارآفرینان ایران در حوزه مهندسی مواد- جوشکاری
- ارائه نمونه‌های کارآفرینی موفق در حوزه مهندسی مواد- جوشکاری
- مهارت‌های کارآفرینی: تیم سازی، کارگروهی، مدیریت منابع، مدیریت مالی و ارتباطات
- برنامه‌ریزی و سازماندهی کسب و کار
- راه اندازی کسب وکار، تولید، کنترل کیفیت و کنترل هزینه‌ها
- بازاریابی، فروش و ارتباط با مشتری

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

تدریس کلاسی، حل تمرین، پروژه و ارائه کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

ملزومات متعارف تدریس در مقاطع تحصیلات تکمیلی

چ) فهرست منابع:

1. Eisenmann, Thomas. 2014. Business Model Analysis for Entrepreneurs. Harvard business school 9-812-096. 10
2. Facione, Peter A. 2011. Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. Measured Reasons and the California Academic Press, Millbrae, CA.
3. Greenbank, P. 2010. Developing Decision-making Skills in Students: an active learning approach. Teaching and Learning Development Unit. Edge Hill University
4. McGraw-Hill Companies. 2011. Small Business Ideas (Creativity, Opportunity, and Feasibility). McGraw-Hill Companies
5. Smith. P. 2006. Starting My Own Small Business. Assistant Director-General for Education UNESCO. A training module on entrepreneurship for students of technical and vocational education and training at secondary level. Participant's workbook and Facilitator's guide
6. York, J. G., & Venkataraman, S. 2010. The entrepreneur–environment nexus: Uncertainty, innovation, and allocation. 25(5), 449-463.
۷- کارآفرینی برای دانشمندان و مهندسین، آلن کاتلین آر، مترجم: کیا پارسا، انتشارات شرکت چاپ، ۱۳۹۱.
۸- کارآفرینی در ۸ گام، مهندس سید علیرضا محمدزاده، انتشارات فکر بکر، ۱۳۹۵.

عنوان درس به فارسی:	کارورزی		
عنوان درس به انگلیسی:	Internship	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ■
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۱۲۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: حضور در صنعت

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با محیط کار صنعتی مرتبط با مهندسی جوشکاری جهت مهارت آموزی و فراهم شدن مقدمات ورود فارغ‌التحصیلان این رشته به اشتغال در زمینه جوشکاری.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

در این درس لازم است دانشجو با راهنمایی اساتید و مدیرگروه مربوطه و همچنین دفتر ارتباط با صنعت دانشکده و دانشگاه، صنعت مناسب و مرتبط با جوشکاری را انتخاب نموده و توسط مدیرگروه مربوطه به صنعت پیشنهادی معرفی شود. دانشجو در یک نیمسال تحصیلی به صورت حضوری در صنعت مربوطه به کارورزی و کسب تجربه می‌پردازد. در نهایت دانشجو باید گزارش مشاهدات و تجربیات خود را در پایان دوره در قالب یک گزارش کتبی به تائید مدیر صنعتی رسانده و به مدیرگروه جهت ارزیابی نهایی ارائه نماید. جزئیات اداری و اجرائی این درس تابع آئین نامه‌ها و دستورالعمل دانشگاه تربیت مدرس است.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

حضور دانشجو در محل کارورزی تحت نظر استاد کارورزی و استاد صنعت

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های عملی در محل کارورزی و ارائه گزارش نهایی ۱۰۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

تعیین محل مناسب کارورزی

چ) فهرست منابع:

مستندات و منابع علمی و صنعتی مرتبط با کارورزی دانشجو

عنوان درس به فارسی:	پایان‌نامه		
عنوان درس به انگلیسی:	Thesis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		الزامی ■	نظری □
دروس هم‌نیاز:		تخصصی □	عملی ■
تعداد واحد:	۶	اختیاری□	نظری-عملی □
تعداد ساعت:	۲۰	رساله / پایان‌نامه ■	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه ■ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

محتوای پروژه‌های تحقیقاتی در رابطه با اتصال، جوشکاری، لحیم‌کاری، ساخت افزایشی قطعات و ساختارهای مهندسی است که در آن به فرایند، مواد، پدیده‌های متالورژیکی و مکانیکی مرتبط و سرویس توجه می‌شود. دانشجو در پایان نامه سعی می‌کند با استفاده از دانش فراگرفته شده در درس‌های این مقطع به تحقیق در یک موضوع در حوزه دانش جوشکاری و اتصال با تاکید بر جنبه‌های نوآورانه و به روز سطح دنیا جهت به دست آوردن نتایج و تحلیل جدید بپردازد. نتایج حاصل از پروژه به صورت یک مقاله جهت ارائه در حداقل یک کنفرانس علمی و یا یک مجله معتبر علمی- پژوهشی به چاپ خواهد رسید. موضوع پروژه‌ها می‌تواند در راستای حل مشکلات صنعت و جامعه و یا در مرزهای دانش باشد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

گزارش‌های کتبی ۳ماهه و شفاهی ۶ماهه، جلسه نهایی دفاع	۱۰۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع: