



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

## مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس

دوره کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد



گروه فنی و مهندسی

مصوب سیصد بیست و چهارمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی

مورخ ۱۳۷۵/۶/۱۸

بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد



گروه: فنی و مهندسی

رشته: مهندسی خوردگی و حفاظت مواد

دوره: کارشناسی ارشد

کمیته تخصصی:

گرایش:

کدرشته:

شورای عالی برنامه ریزی درسیصد بیست و چهارمین جلسه مورخ ۱۳۷۵/۶/۱۸ براساس طرح دوره کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد که توسط گروه فنی و مهندسی تهیه شده و به تأیید رسیده است ، برنامه آموزشی این دوره رادرسه فصل ( مشخصات کلی ، برنامه و سرفصل دروس) به شرح پیوست تصویب کرد و مقرر می دارد:

ماده ۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد 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 بنابر این تابع مصوبات شورای عالی برنامه ریزی میباشند.  
ج: مؤسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

ماده ۲) از تاریخ ۱۳۷۵/۶/۱۸ کلیه دوره های آموزشی و برنامه های مشابه مؤسسات آموزشی در زمینه کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد در همه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی مذکور در ماده ۱ منسوخ می شوند و دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی یاد شده مطابق مقررات می توانند این دوره را دایر و برنامه جدید را اجرا نمایند.

ماده ۳) مشخصات کلی و برنامه درسی و سرفصل دروس دوره: کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد در سه فصل جهت اجرا به وزارت فرهنگ و آموزش عالی ابلاغ می شود.

رأی صادره سیصد و بیست و چهارمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ  
۱۳۷۵/۶/۱۸ در خصوص برنامه آموزشی کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد

(۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی  
و حفاظت مواد که از طرف گروه فنی و مهندسی پیشنهاد شده  
بود با اکثریت آرا به تصویب رسید.  
(۲) این برنامه از تاریخ تصویب قابل اجراست.

رأی صادره سیصد و بیست و چهارمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۵/۶/۱۸ در  
مورد برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد صحیح است بمورد  
اجرا گذاشته شود.

دکتر سید محمد رضا هاشمی گلپایگانی

وزیر فرهنگ و آموزش عالی

مورد تأیید است.

دکتر علیرضا رهایی  
رئیس گروه فنی و مهندسی

رونوشت: به معاونت محترم آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی جهت اجرا ابلاغ می شود.

سید محمد کاظم نائینی

دبیر شورای عالی برنامه ریزی



## دوره کارشناسی ارشد مهندسی خوردگی و حفاظت مواد



### ( مهندسی مواد )

#### ۱- تعریف و هدف :

خوردگی عبارت از تخریب مواد در اثر انجام واکنشهای مختلف با محیط اطرافشان میباشد. مجموعه حاضر که شامل دروس نظری، عملی و پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه خوردگی میباشد، بمنظور آموزش و تربیت افراد متخصص جهت درک مسائل و مشکلات مربوطه و ارائه راه‌حلهای مهندسی مناسب برنامه‌ریزی گردیده است، هدف از ایجاد این دوره تربیت افرادی است که بتوانند بر اساس متون کلاسیک موجود و آخرین دستاوردهای علمی و عملی نیازهای تحقیقاتی، آموزشی، صنعتی و برنامه‌ریزی‌های مربوطه در زمینه خوردگی و حفاظت مواد را برآورده سازند.

#### ۲- طول دوره و شکل نظام :

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

#### ۳- نقش و توانایی :

فارغ التحصیلان این دوره میتوانند مشاغل زیر را احراز نمایند.

- الف : در کلیه صنایع سبک و سنگین وزیربنائی که با مسائل خوردگی روبرو هستند از آن جمله صنایع کشتی سازی و اسکله و بنادر، صنایع هواپیمائی، نیروگاهها، تاسیسات زیرزمینی، شبکه های شهری، صنایع پتروشیمی، صنایع نفت و گاز، صنایع غذایی، شاهراهها، پلها و تاسیسات نفتی و حفاری دریائی فعالیت نمایند.
- ب : در فعالیتهای آموزشی و پژوهشی دانشگاهی شرکت کنند.
- ج : امور پژوهشی را در مراکز تحقیقاتی خوردگی در صنایع عهده دار گردند.

#### ۴- تعداد واحدهای درسی :

تعداد واحدهای درسی این دوره ۳۲ واحد و بشرح ذیل ارائه میگردد:

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| دروس اجباری             | ۹ واحد |
| دروس انتخابی            | ۵ واحد |
| پروژه تحقیقاتی و سمینار | ۸ واحد |

#### ۵- ضرورت و اهمیت :

در رابطه با ساخت و انتخاب مواد مختلف جهت مصارف صنعتی و نیز در طراحی دستگاهها بمنظور کاهش ضایعات، در نظر گرفتن مقاومت مواد در برابر خوردگی از اهمیت ویژه ای برخوردار است، در ضمن حفاظت وسائل ساخته شده، به هنگام بهره برداری، عمر مفید آنها را افزایش داده که از این راه همه ساله از هدر رفتن مقادیر متنابهی سرمایه و نیروی انسانی جلوگیری بعمل می آید. بعنوان نمونه میتوان گفت خسارت سالیانه ناشی از خوردگی در کشورهای پیشرفته صنعتی بمیزان ۳/۵ تا ۵



درصد تولید ناخالص ملی است ، ضمناً علاوه بر خسارات اقتصادی ، خسارات جانی و آلودگیهای محیطی نیز در اثر خوردگی حاصل میشود. در ایران نیز همانند سایر کشورهای صنعتی مسائل خوردگی و حفاظت قطعات در کلیه صنایع وجود دارد که از آن جمله میتوان موارد زیر را نام برد.

- خوردگی و حفاظت دیگهای بخار و تاسیسات حرارتی، توربینها، مبدل‌های حرارتی و... در نیروگاهها و پالایشگاهها و سایر صنایع
- خوردگی و حفاظت دکلها و خطوط انتقال نیرو
- خوردگی و حفاظت مواد شیمیایی و سوختها
- خوردگی و حفاظت لوله های زیرزمینی در صنایع آب، گاز، نفت و کابل‌های زیرزمینی.
- خوردگی و حفاظت تاسیسات دریایی (کشتی سازی ، حفاری ، اسکله و...)
- خوردگی و حفاظت در صنایع مس
- خوردگی و حفاظت دستگاههای آب شیرین کن

در ضمن در رابطه بانگهداری تاسیسات صنعتی انتخاب باتریه مواد کاهش دهنده خوردگی ، مواد پاک کننده ، مواد آبکاری ، پوششها و بهبود کیفیت آنها بسیار مهم میباشد. در سابق ، جهت رفع مشکلات حاصل از خوردگی، با وجود کارشناسان خارجی استفاده میشد یا این مسائل به بوته فراموشی سپرده میشد که از این راه خسارات هنگفتی به صنعت کشور وارد میگردد. با توجه به موارد فوق و لزوم قطع وابستگی و رسیدن به خودکفائی علمی و صنعتی ، اولویت تاسیس این مجموعه به خوبی آشکار است .



## ۶-ارتباط دوره با سایر دوره های تحقیقاتی:

از آنجائی که ساخت قطعات و طراحی صحیح دستگاهها بدون داشتن شناخت کافی از مقاومت مواد در برابر خوردگی و چگونگی حفاظت آنها امکان پذیر نیست ، لذا میتوان این دوره را با دوره های تحقیقاتی مهندسی و علوم مواد غیرفلزی ، شناسائی و انتخاب مواد فلزی ، مهندسی مکانیک و مهندسی شیمی در ارتباط نزدیک دانست .

## ۷- شرایط پذیرش دانشجو:



الف : شرایط عمومی :

جنسیت - مؤنث و مذکر

ب : شرایط اختصاصی

- شرایط اختصاصی گزینش دانشجویان این رشته از بین فارغ التحصیلان دوره های کارشناسی کلیه شاخه های مهندسی مواد و متالورژی ، مهندسی شیمی، شیمی کاربردی ، شیمی رنگ، مهندسی مکانیک و مهندسی کشتی سازی انتخاب گردد

**۸- گزینش: امتحان گزینش علاوه بر شرایط عمومی و اختصاصی ورود به دانشگاه از مواد زیر می باشد:**

۱- زبان خارجه باضریب ۳

۲- خوردگی و اکسیداسیون در سطح خوردگی و اکسیداسیون مجموعه های مواد باضریب ۴

۳- ترمودینامیک در سطح کتاب Gaskell باضریب ۴

- ۴- شیمی فیزیک و الکتروشیمی بر مبنای سیلابس دروس شیمی فیزیک  
مجموعه فلزات غیر آهنی با ضریب ۴
- ۵- متالورژی فیزیکی در سطح دروس متالورژی فیزیکی مجموعه های  
مواد با ضریب ۳
- ۶- متالورژی مکانیکی در سطح درس متالورژی مکانیکی مجموعه های مواد  
با ضریب ۲
- ۷- ریاضیات مهندسی با ضریب ۳
- ۹- برنامه درسی :
- 

۹-۱- عناوین دروس :

- ۹-۱-۱- دروس جبرانی : دانشجویانیکه به دوره کارشناسی ارشد  
پژوهشی مهندسی خوردگی و حفاظت مواد وارد میشوند ،





که باید دروس زیر و پیشنیازهای آنها در دوره های کارشناسی مربوطه گذرانده باشند و در غیر این صورت ، با تشخیص دانشگاه مجری ، باید آنها را قبل از آغاز دوره اخذ و با موفقیت بگذرانند.

- لیست دروس جبرانی برای هردانشجویان توجه به رشته دوره لیسانس تعیین و به شرح زیر می باشد.

| کد درس | نام درس                                    | تعداد واحد | ساعت |           | پیشنیاز زمان ارائه درس                     |
|--------|--|------------|------|-----------|--|
|        |  |            | جمع  | نظری عملی |  |
| A      | الکترو شیمی و سینتیک                       | ۳          | ۵۱   | ۵۱        | -  |
| B      | خوردگی و اکسیداسیون                        | ۳          | ۵۱   | ۵۱        | الکترو شیمی و سینتیک                       |
| C      | خواص فیزیکی مواد I<br>آزمایشگاه متالوگرافی | ۴          | ۸۵   | ۵۱        | ۳۴   |
| D      | خواص مکانیکی I                             | ۳          | ۵۱   | ۵۱        | خواص فیزیکی مواد I<br>آزمایشگاه متالوگرافی |
| E      | متالورژی سطوح و پوششها                     | ۳          | ۵۱   | ۵۱        | خوردگی و اکسیداسیون                        |
| F      | خواص مکانیکی II                            | ۲          | ۳۶   | ۳۶        | خواص مکانیکی I                             |
|        | جمع  | ۱۸         | ۳۲۵  | ۲۹۱       | ۳۴   |

  

| متالورژی و مواد | مهندسی شیمی | شیمی کاربردی، شیمی رنگ | مکانیک مهندسی، کشتی سازی |
|-----------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| A               | C           | C                      | A                        |
| E               | D           | D                      | B                        |
| F               | E, F        | E, F                   | E, F                     |

  

| جمع ۸ واحد | ۱۲ واحد | ۱۲ واحد | ۱۴ واحد |
|------------|---------|---------|---------|
|------------|---------|---------|---------|



۱۰- نمونه هایی از زمینه های تحقیقاتی در مجموعه :

زمینه های تحقیقاتی در این رشته متعدد بوده و از جمله موارد زیر میتوان ذکر نمود:

الف : تحقیق در زمینه اصلاح و بهبود خواص آلیاژهای مورد استفاده در صنعت از نظر خوردگی

ب : تحقیق در زمینه حفاظت فلزات و آلیاژها در محیط های مورد استفاده (مانعت کننده ها )

- تحقیق در امر حفاظت کاتدی و آندی خصوصا " در مورد لوله های زیرزمینی و تاسیسات دریائی

- تحقیق در زمینه کاربرد پوششهای مختلف غیر فلزی در صنایع

ج - تحقیقات بنیادی در گسترش علم خوردگی فلزات .



۱۱ - مشخّمات مدرّسین هرّدرس :

- \* خوردگی پیشرفته و آزمایشگاه
  - \* ممانعت کننده‌های خوردگی
  - \* الکتروشیمی پیشرفته
  - \* جنبه‌های مکانیکی خوردگی
  - \* روشهای نوین مطالعه مواد و آاز
  - \* اکسیداسیون و خوردگی داغ
  - \* آزمایشگاه اصول حفاظت
  - \* حفاظت کاتدی و آندی
  - \* آزمایشگاه بررسی و علل تخریب مواد با مشارکت کلیه اساتید دانشگاه
  - \* حفاظت از طریق رنگ و پوششهای تبدیلی و آالی
- دکتری خوردگی یا الکتروشیمی با حداقل ۳ سال سابقه تدریس و تحقیق در رشته خوردگی
- دکتری خوردگی و یا شیمی با دارا بودن ۲ سال سابقه کار تحقیقاتی در زمینه ممانعت کننده‌ها
- دکتری الکتروشیمی ، شیمی فیزیکی با حداقل ۳ سال سابقه تحقیق و تدریس در رشته خوردگی
- دکتری خوردگی و یا مواد با حداقل ۳ سال سابقه تدریس در زمینه خوردگی و شکست فلزات
- دکتری خوردگی با حداقل ۳ سال سابقه کار با وسایل مربوطه
- دکتری خوردگی با حداقل ۲ سال سابقه کار در زمینه مربوطه
- دکتری خوردگی و یا فوق لیسانس خوردگی یا الکتروشیمی با ۵ سال سابقه کار آزمایشگاهی یا صنعتی در زمینه مربوطه
- دکتری مواد، الکتروشیمی با ۲ سال سابقه کار در زمینه حفاظت کاتدی، فوق لیسانس مواد، خوردگی، الکتروشیمی با ۵ سال سابقه در زمینه حفاظت کاتدی
- فوق لیسانس شیمی رنگ با حداقل ۳ سال سابقه کار در صنعت مربوطه



\* ترمودینامیک پیشرفته مواد

\* خوردگی در محیطهای طبیعی

\* خوردگی در محیطهای صنعتی

\* خطا در اندازه‌گیری

\* مهندسی سطوح

\* سینتیک پیشرفته

۱۲- تجهیزات مورد نیاز :

دکتری شیمی ، مواد با حداقل ۳ سال سابقه تدریس در ترمودینامیک جامدات

دکتری خوردگی با حداقل ۲ سال سابقه تدریس

دکتری مهندسی شیمی - خوردگی مواد و شیمی با ۲ سال سابقه کار صنعتی فوق لیسانس رشته‌های فوق با ۵ سال سابقه کار صنعتی

دکتری مکانیک یا مواد با ۲ سال سابقه صنعتی در زمینه مربوطه

دکتری مهندسی سطوح یا فیزیک حالت جامد با سابقه تدریس در زمینه مربوطه

دکتری مواد شیمی با حداقل سه سال سابقه تدریس در سینتیک مواد



## ۱۲- تجهیزات مورد نیاز:

الکترودهای مرجع - PH متر - پتانسیوستات - نرخ سنج خوردگی - میکروسکوپ متالورژیکی - منبع تغذیه ( Power Supply ) وسایل پولیش ، چ ، Hull cell ، وسایل آزمایش نمکپاشی Humidity chamber Permascope ( برای اندازه گیری ضخامت ) - وسایل آزمایش ضربه مخصوص رنگ - آزمایش خمش روی رنگ - وسایل آزمایش در برابر خراش - وسایل دیگر مربوط به آزمایشگاه رنگ ( وسایل اندازه گیری سختی و انعطاف پذیری انواع ویسکومتر ) abrasive resistance machine میکروسکپهای نوری میکروسکوپ الکترونی ( SEM ) - میکروسکوپ TEM دستگاه اشعه X و وسایل رادیوگرافی - وسایل التراسونیک - وسایل اندازه گیری که در حفاظت کاتدی به کار می رود - دتکتورها مختلف ( هیدروژن - تدری ، اکسیژن ) - اینسترون - دستگاه S.C.C. - دستگاه C.F ، کوره های معمولی و با اتمسفر کنترل شده ، سختی سنج ، ترازو ، مواد شیمیائی ، وسایل آزمایشگاهی شیشه ای ، ترمومتر - ترموکوپل - بن ماری - تنظیم کننده درجه حرارت - سیلندرهای انواع گازها با شیرهای مربوطه



لیست دروس کارشناسی ارشد خوردگی و حفاظت مواد

دروس اجباری:

|                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| ۲ واحد             | ۱- خوردگی پیشرفته                |
| " ۱                | ۲- آزمایشگاه خوردگی پیشرفته      |
| " ۲                | ۳- حفاظت کاتدی و آندی            |
| " ۲                | ۴- الکتروشیمی پیشرفته            |
| " ۲                | ۵- سینتیک پیشرفته                |
| " ۲                | ۶- اکسیداسیون و خوردگی داغ       |
| " ۲+۱              | ۷- روشهای نوین مطالعه مواد و آاز |
| " ۱                | ۸- آاز اصول حفاظت                |
| " ۲                | ۹- جنبه های مکانیکی خوردگی       |
| " ۲                | ۱۰- ترمودینامیک پیشرفته          |
| " ۲                | ۱۱- سمینار                       |
| " ۶                | ۱۲- پروژه                        |
| <b>جمع ۲۷ واحد</b> |                                  |



دروس اختیاری : ۵ واحد

|                       |   |
|-----------------------|---|
| ۲ واحد                | ۱- رنگ و پوششهای تبدیلی                                       |
| " ۲                   | ۲- ممانعت کننده های خوردگی                                    |
| " ۱                   | ۳- آزمایشهای بررسی علل تخریب مواد (عملی)                      |
| " ۱                   | ۴- خطا در اندازه گیری   |
| " ۲                   | ۵- خوردگی در واحدهای صنعتی                                    |
| " ۲                   | ۶- خوردگی در محیطهای طبیعی                                    |
| " ۲                   | ۷- مهندسی سطح   |
| " ۲                   | ۸- پدیده های انتقال پیشرفته                                   |
| " ۲+۴                 | ۹- دروسی از سایر دوره های کارشناسی ارشد (با نظر استاد راهنما) |
| <b>جمع ۱۶-۱۸ واحد</b> |   |

## الکتروشیمی و سینتیک جبرانی



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

سرفصل دروس:

بخش اول الکتروشیمی

---

۱- خواص ترمودینامیکی یونهای محلول: آنتالپی، آنتروپی و انرژی آزاد تشکیل یونهای محلول، فعالیت، ضریب فعالیت و ضریب فعالیت متوسط، معادله دی-هوگل.

۲- پیل های شیمیایی: پیل های گالوانیکی، پیل های الکترولیتی، واکنش های اکسایش و کاهش و واکنش کلی پیل، انواع نیمه پیل ها، اتصال مایع و پیل نمکی، پیل های غلظتی، پیل های برگشت پذیر و پتانسیل استاندارد، تغییرات پتانسیل پیل با غلظت، رابطه بین اختلاف پتانسیل و مقدار ترمودینامیکی واکنش کلی پیل.

۳- کاربرد اختلاف پتانسیل پیل های برگشت پذیر در محاسبات الکترو-شیمیایی: محاسبه PH، ضریب اکتیویته متوسط یونها و ثابت حلالیت.

بخش دوم: سینتیک

---

۱- مقایسه جایگاه ترمودینامیک و سینتیک در فرآیندهای شیمیایی، اهداف مطالعه و بررسی های سینتیکی فرآیندهای شیمیایی، سرعت واکنش و معادله سرعت، عوامل موثر در سرعت واکنش، روش های فیزیکی

وشیمیائی برای تعیین معادله سرعت ، واکنشهای بنیادی و مرتبه  
ومولکولاریته .

۲- واکنشهای مرتبه اول ودوم وسوم ، زمان نیمه عمر واستفاده از آن برای  
تعیین معادله سرعت ، واکنشهای دوطرفه ، موازی ورقابتی، واکنشهای  
پیچیده ( چند مرحله ای ) ومکانیزم واکنش .

۳- تاثیر درجه حرارت بر سرعت واکنش ومعادله آرنوس ، تئوری  
برخوردهاوتئوری حالت گذار، مقایسه تئوریهای سینتیک واکنشها،  
اثرکاتالیزدر سرعت واکنش ، واکنش های هموزن وهتروژن .

۴- سینتیک انتقال ، مفهوم دیفوزیون ، قانون اول ودوم فیک ، حل  
معادلات فیک ، تغییرات ضریب دیفوزن باغلظت ودما، دیفیوژن در -  
آلیاژها .





## خوردگی و اکسیداسیون (جبرانی)



|            |              |
|------------|--------------|
| تعداد واحد | : ۳          |
| نوع واحد   | : نظری       |
| پیشنیاز    | : الکتروشیمی |
| همنیاز     | : ندارد      |

خوردگی فلزات : تعریف خوردگی ، اهمیت خوردگی ، خوردگی الکتروشیمیایی (شامل: اصول ، تعریف و مکانیزم ) ، واکنشهای مهم آندی و کاتدی ، انواع سل های ( Cells ) گالوانیکی و خوردگیهای الکتروشیمیایی ، غیرفعال شدن و اهمیت آن ، سرعت خوردگی ، عوامل موثر در خوردگی ، انواع خوردگی ، اکسیداسیون : مقدمه ، ترمودینامیک اکسیداسیون ، کینتیک اکسیداسیون ، هدایت الکتریکی اکسیدها ، اکسیداسیون فلزات و آلیاژها ، آلیاژهای مقاوم در برابر اکسیداسیون فلزات و آلیاژها ، آلیاژهای مقاوم در برابر اکسیداسیون ، پوششها برای محافظت در مقابل اکسیداسیون ، خواص مکانیکی و شکست فیلمهای اکسیدی ، اثر اکسیداسیون بر روی خواص مکانیکی فلزات و آلیاژها .

حفاظت کاتدی ، ممانعت کننده ها و حفاظت آندی ، پوششها و آزمایشات مربوطه روشهای مطالعه خوردگی ، خوردگی در محیطهای صنعتی ، خوردگی توسط مذاب و سرباره و نمکها .

خواص فیزیکی مواد I و آزمایشگاه متالوگرافی (جبرانی)



تعداد واحد : ۴

نوع واحد : نظری - عملی

پیشنیاز : ندارد

همنیاز : ندارد

سرفصل دروس :

- ساختمان اتمی و بلوری فلزات - انواع اتصالات - صفحات و جهات بلوری، عیوب بلوری - مرزدانه و اندازه آن - تغییر شکل الاستیکی و پلاستیکی گرم و سرد و مکانیسم آن - تبلور مجدد - رشدانه - آلیاژها و طبقه بندی آن - ترکیبات بین فلزی و محصولات جانشینی - سیستم تعادل و انحلال کامل دو فلز درهم و قوانین مربوطه، تغییر حالت پوتکتیکی و پروتکتیکی - انحلال نسبی در حالت جامد و مثالهای مربوطه - منحنی آهن و کربن - منحنیهای T.T.T، مارتمپرینگ و آستمپرینگ، پیر سختی، طرق سخت کردن آلیاژهای آلومینیوم و مس - فولادها و انواع آنها، عناصر آلیاژی موجود در آنها و اثر آنها روی خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیائی فولادها - چدنها و انواع آنها - خواص مکانیکی و عملیات حرارتی - مختصری درباره آلیاژهای مس، آلومینیوم روی، سرب، قلع، نیکل، منیزیم، مولیبدن، تیتانیوم و تنگستن و خواص فیزیکی و مکانیکی و کاربرد آنها.

خواص مکانیکی آ (جبرانی)



تعداد واحد : ۲

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : خواص فیزیکی مواد ۱

همنیاز : ندارد

سرفص دروس :

نواقص شبکه - تغییر فرم بوسیله لغزش - لغزش در شبکه کامل و محاسبه  
تنش پرشی - لغزش بوسیله حرکت نابجائیهها - مولفه تنش بحرانی - تغییر  
شکل تک کریستال - تغییر شکل در کریستالها - تغییر شکل توسط دو قلسو -  
کار سختی - تئوری نابجائیهها - برادر برگر - نابجائیهها در سیستمهای F.C.C ،  
B.C.C و HCP - حوزه های تنش نابجائی - برخورد نابجائیهها، منابع نابجائیهها -  
آزمایش کشش سختی و غیره .

آزمایشگاه : آزمایشهای کشش و بررسی عوامل مختلف بر خواص کشش  
از قبیل اندازه دانه ، درجه حرارت با سرعت ازدیاد طول نسبی ، سطح مقطع  
و اثر عملیات حرارتی - آزمایش فشار - آزمایش سختی - آزمایش  
پیر سختی - تغییر شکل پلاستیکی

متالورژی سطوح و پوششها (جبرانی)



تعداد واحد : ۳  
نوع واحد : نظری  
پیشنیاز : ندارد  
همنیاز : ندارد  
سرفصل دروس :

اهداف حفاظت ( اعمال پوششها، اصول شیمی فیزیکی و ترمودینامیکی ) -  
آماده سازی سطح ( روشهای آماده سازی سطح ، انواع تمیز کردن ) - نشست  
الکتریکی ( تکنولوژی و کنترل ) - سیستمهای مختلف ( الکتروپلیتینگ ) -  
پوشش باروش قلع و روی اندود ( خواص و کاربرد آن ) - پوشش دیفوزیونیسی  
پوششهای غیر فلزی ( رنگها ، لاکها ، پلاستیکها ، لاستیکها ، لعابهای زجاجی  
قیر اندود کردن ، رزین ها و غیره )

آزمایشگاه خوردگی و پوشش دادن : آشنائی با اصول خوردگی ( سریهای  
گالوانیک ، انواع پیلها ، الکتروود مرجع ) و پدیده پلاریزاسیون - اندازه گیری  
سرعت خوردگی ، بررسی اثر مانع کننده ها - پاسیو شدن و آزمایشات  
پتانسیو استاتیک - حفاظت کاتدی - اکسیداسیون - اندود کردن با  $Zn - Sn$   
و اندازه گیری ضخامت پوشش باروشهای مختلف - آزمایشات بر روی رنگ  
و پوشش ، چسبندگی - یکنواختی - الکتروپلیتینگ نیکل و کرم .



## الکتروشیمی پیشرفته

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: الکتروشیمی جبرانی یا معادل آن -

- ۱- الکتروولیت: تحرک یونها - هدایت و هدایت مخصوص الکتروولیت ها - هدایت مولی و قانون کولراش (Kchraush) - تحرک یونها - (mobility) - عدد انتقال (Transport NO) و رابطه آنها با هدایت مخصوص - معادله دبی هوکل جهت اندازه گیری  $\kappa$  و کاربردهای آن - اندازه گیری عدد انتقال - اثر متقابل یونها و مولکولهای حلال - اثر متقابل یون - یون - اثر الکتروفوریک - محلول های ایده آل و غیر ایده آل - قدرت یونی
- ۲- الکتروود: فصل مشترک الکتروود و الکتروولیت - جذب سطحی - لایه چندگانه مدل های مختلف لایه دوگانه الکتریکی (Helmholtz, Gouy-Chapman, Stern, Bockris) - تغییرات پتانسیل و غلظت در لایه دوگانه - مقاومت و خازن الکتروود - مدار مشابه - نقطه بار صفر

(PZC, Point of set Charge) ، کشش سطحی و

Electrocapillary ، پتانسیل الکتروشیمیایی و پتانسیل

الکتروود - سرعت انتقال بار الکتریکی

- ۳- واکنش ها: شدت جریان تبادلی - واکنش های آندیک و کاتدیک - پولاریزاسیون، الکترودهای قابل پولاریزه شدن و الکتروود غیر قابل پولاریزه شدن - پولاریزاسیونهای اکتیواسیون غلظتی و اهمی و روابط تافل برای آنها لایه دیفوزیونی نرس و شدت جریان حدی، رابطه کلی باتلرولمر برای پتانسیل شدت جریان - اثر یون و کمپلکس کننده ها بر شدت جریان واکنش ها

الکترودی - کاربرد مابانی الکتروشیمی در صنعت ، پوشش دهی - رنگها ،  
صنعت باتری و پیل های سوختی .

#### References

- 1- Bockris J.O'M. and Reddy A.K.N. "Modern Electrochemistry" vol I **II** plen 1970.
- 2- principles and application of electrochemistry, by D.R. Krow.
- 3- Industrial Electrochemistry.



## خوردگی پیشرفته



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: الکتروشیمی پیشرفته

سرفصل دروس:

۱- تکنولوژی وارزیابی خوردگی: تعاریف و هزینه خوردگی - طبیعت

الکتروشیمیائی خوردگی و واکنش های آن

۲- ترمودینامیک خوردگی: رابطه انرژی آزاد گیبس - دیاگرامهای پوربه -

روش رسم دیاگرام برای آهن - آلومینیم - کروم و مس و نیکل - روش های

اندازه گیری پتانسیل الکتروود و انواع الکترودهای مرجع

۳- سینتیک خوردگی: روابط تافل - قانون Stern & Geary

دیاگرامهای Evans برای حالات مختلف آب خالص - درمجاورت

موادکنندکننده و درحالت خوردگی موضعی - پتانسیل مخلوط روشهای

مطالعه سینتیک خوردگی (پلاریزاسیون - امپدانس برای مطالعه سرعت

روش Scanning Rotating Electrode) روش

نویز- طرزکارپتانسیواستات - وگالوانواستات - پاسیویته و مکانیزم های

آن درمحیط های خنثی وقلیائی و درمحیط های اسیدی واکسید کننده .

مکانیزم های حلالیت فلزات درمحیط های مختلف - انتقال جرم و

اثرات آن برسرعت واکنش ها، و مکانیزم عملکردممانعت کننده های

معدنی و آلی و فابخار- مکانیزم انواع خوردگی - روش های اندازه گیری

مقدارخوردگی

( Planned Interval Test ) - پروب های مقاومتی ، روش های نمونه سازی ، پروب های نشان دهنده خوردگی - روش های اندازه گیری خوردگی از طریق الکتروشیمیائی ( پولاریزاسیون مقاومتی - تافل و اندازه گیری امپدانس) - روش های نوین مطالعه خوردگی .

۴ محیط : خوردگی بیولوژیکی - انواع - مکانیزم ها و راههای جلوگیری از آن  
مکانیزم خوردگی در Liquid Metal .

۵ - مکانیزم انواع خوردگی : خوردگی حفره ای ، خوردگی شکافی ، جدایش انتخابی ، خوردگی در بتن ، خوردگی کامپوزیت ها ، اتصالات الکترونیکی .



- 1- Principles and Prevention of Corrosion; by D.A.Jones  
MacMilan. 1992.
- 2- Corrosion Mechanisms, by F. Mansfeld . Marcel Dekker Inc.  
1987.
- 3- Basic Corrosion Oxidation , by J.M.West, Ellis Horwood Ltd  
1986.
- 4- Advances in Corrosion Science and Technology.  
- L.L . Shrier, Corrosion ,1980.  
- Von Fraunhofer and j.Anthony ; Concise Corrosion Science.



## آزمایشگاه خوردگی پیشرفته

تعداد واحد: ۱

همزمان: خوردگی پیشرفته

- مروری بر انواع پیلها ( جلسه )
- اندازه گیری سرعت خوردگی به روشهای مختلف ( غوطه وری - روش تافل - پلاریزاسیون خطی ) ( ۲ جلسه )
- مطالعه کنیتیک اکسیداسیون و مکانیزم خوردگی داغ ( باکمک روشهای میکروسکپی ) ( جلسه )
- مطالعه خوردگی موضعی ( شکافی، حفره دار شدن، جدایش روی ) - روشهای الکتروشیمیایی ( ۲ جلسه )
- بررسی خوردگیهای توام باتنش ( C.F, S.C.C ) و مطالعه سطوح شکست با میکروسکپ الکترونی ( جلسه )
- تعیین حساسیت به خوردگی مرز دانه‌ای ( ۱ جلسه )
- تست لوپ و کوپنهای خوردگی ( ۱ جلسه )
- خوردگی در شرایط دینامیکی و روش دیسک دوار ( ۱ جلسه )
- استفاده از A.C امپدانس برای اندازه گیری سرعت خوردگی و مطالعه مکانیزم آن ( ۱ جلسه )
- خوردگی بیولوژیکی ( ۱ جلسه )



## حفاظت کاتدی و آندی



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

همنیاز: آزمون اصول حفاظت

### سرفصل دروس:

تعریف، تاریخچه، چگونگی عملکرد حفاظت کاتدی (از نظر الکتروشیمیایی) - انواع منابع جریان حفاظت کاتدی: آندهای گالوانیکی، سایر منابع انرژی (باتریها، یکسو کننده ها، ژنراتورها و ...) کاربرد اطلاعات بدست آمده از محیط (مقاومت خاک، pH و ...)، بررسی-ها و اندازه گیری مقاومت (روش دو میله ای - روش ۴ میله ای - روشهای دیگر) تعیین نقاط داغ - حفاظت نقاط داغ. معیار حفاظت: پتانسیل سازه به محیط و اندازه گیری آن، کوپن تست - حفاظت اضافی. فاکتورهای مؤثر در طراحی حفاظت کاتدی: کل جریان مورد نیاز تغییرات محیط، پوششهای محافظ، شیلد الکتریکی، بررسیهای اقتصادی، جنس فلز محافظت شونده، عمر مورد نظر، اثرات ناشی از جریان های سرگردان، ردیابی جریانهای سرگردان، رفع اشکالات، قابلیت تغییرات درجه حرارت، جنس آندهای فدا شونده (Sacrificial Anodes) یا گالوانیکی و موارد مصرف آنها، جنس آندهای Impressed Current و موارد مصرف آنها، اتصالات الکتریکی، پشت بندهای شیمیایی اطراف آند، اطلاعات طراحی و تشریح آن، فاکتورهای مورد بررسی به هنگام اعمال حفاظت کاتدی (پدیده های خرابی پوشش، احیاء فیلم اکسیدی و ...) مقدمه ای بر چگونگی طراحی، مثالهای مربوط به طراحی نصب و بررسی سیستمهای حفاظت کاتدی، وسایل و آزمایشات مربوط به محیط کار: وسایل آزمایشهای مربوط به جریان، خطوط پوشش دار، خطوط بدون پوشش، اندازه گیری مقاومت پوشش، منحنی های پلاریزاسیون، موقعیت الکتروود رفرنس، شرایط موضعی مؤثر در طرح، آنالیز و بررسی اطلاعات بدست آمده از محیط طراحی از نظر بستر (آندها، محل و مشخصات آنها، مقاومت بستر و ...) معیارهای حفاظت کاتدی عوامل متاثر کننده خارجی، اجراء و تعمیرات: اشکالات ناشی از آن، حفاظت برای مقاصد خاص (خطوط لوله، تاسیسات ثابت مستقر در دریا، مخازن و ...) کاربردهای

دیگر حفاظت کاتدی (جلوگیری از خوردگی شکافی، جلوگیری از  
جلوگیری از s.c.c و ...).

شیوه های نصب انواع آنها - نظارت و نگهداری - عیوب سیستمهای

Sacrificial Anodes , Impressed Current . -

حفاظت آندی - اصول و کاربرد .

1. Ashworth Cathodic Protection of Metals.
2. J.H. Morgan: Cathodic Protection.
3. L.M. Applegate: Cathodic Protection.
4. U.S. Army : Cathodic Protection Calculation.
5. Code of Practice for Cathodic Protection, British Standards Institution, C.P. 1021. 1973.



## اکسیداسیون و خوردگی داغ



تعداد واحد : ۲

پیش نیاز : ندارد

هم نیاز : خوردگی پیشرفته

سرفصل دروس :

متدهای ارزیابی اکسیداسیون - روش پیوسته ارزیابی - روش غیر پیوسته ارزیابی - بررسی قوانین سرعت اکسیداسیون - سرعت خطی اکسیداسیون - سرعت پارابولیک اکسیداسیون - سرعت لگاریتمی اکسیداسیون - بررسی متدهای مطالعه بر روی مورفولوژی لایه های اکسیدی.

اصول ترمودینامیک در مطالعات اکسیداسیون در دماهای بالا - مکانیزمهای اکسیداسیون لگاریتمی - فاکتورهای اکسیداسیون -

نیمه هادی منفی یا N-type - نیمه هادی مثبت یا P-type - مکانیزم اکسیداسیون پارابولیک  
بررسی تئوری واکنر در اکسیداسیون پارابولیک - مکانیزم اکسیداسیون خطی - مکانیزم اکسیداسیون لگاریتمی - فاکتورهای مؤثر بر سرعت اکسیداسیون - اکسیداسیون فلزات خالص.

سیستمهای فلزی که تولید یک لایه در حین اکسیداسیون میکنند.

سیستمهای فلزی که تولید چند لایه در حین اکسیداسیون می کنند.

سیستمهای فلزی که تولید لایه های فرار در حین اکسیداسیون میکنند.

سیستمهای فلزی که تولید لایه های ترد در حین اکسیداسیون میکنند.

اکسیداسیون ناگهانی

اکسیداسیون آلیاژها

سینتیک اکسیداسیون داخلی - انتقال از اکسیداسیون داخلی به خارجی

بررسی اثر ناخالص ها در اکسیداسیون فلزات - اکسیداسیون آلیاژهای نیکل - کرم

اکسیداسیون آهن - کروم

سولفیداسیون در دمای بالا - کربوراسیون در دمای بالا - متد پودر شدن فلزی در اثر

کربوراسیون (Metal dusting) روشهای کنترل کربوراسیون - نیتريداسیون در دمای بالا.

هالوژنیزاسیون در دمای بالا

خوردگی داغ - فلاکسینگ بازی - فلاکسینگ اسیدی

خوردگی وانادیک یا خوردگی خاکستر سوخت - روشهای کنترل خوردگی داغ

بررسی جنبه های مکانیکی اکسیداسیون در دمای بالا



منابع :

1. Corrosion of alloys at high temp. by P. Hancock.
2. Oxidation of Metals by K. Hanffe.
3. High temp. oxidation of Metals, by P. Kofstad.
4. High temp. corrosion, ed. R. A. Rapp, NACE publication, Houston - Texas (1983).
5. International Symposium on Molten Salts, 1976.
6. K. Kauffe: Oxidation of Metals.
7. P. Kofstad: High Temperature Oxidation of Metals.
8. O. Kubaschewski and B.E. Hopkins: Oxidation of Metals and Alloys.
9. D. Douglas: Oxidation of Metals and Alloys.
10. P. Hancock: Corrosion of Alloys.
11. Evans: Oxidation of Metals.

## ممانعت کننده‌های خوردگی



تعداد واحد : ۲

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : خوردگی پیشرفته

سرفصل دروس :

تعریف ممانعت کننده‌ها، انواع ممانعت کننده‌ها، اثرات مختلف محیطی بر عمل بازدارندگی (درجه حرارت ، غلظت ، سرعت سیال و...) ، مکانیزم بازدارندگی در محیط‌های خنثی و اسیدی و پدیده غیر فعال شدن در فلزات (روئین شدن) بازدارندگی در آب‌های آشامیدنی و آب‌های صنعتی (خشک کن های باز، بسته و یکبارگنبدرا (Once-Through) ممانعت کننده ها در صنایع نفت و گاز، بازدارندگی در رنگها و روغن ها، ممانعت کننده‌های سوخت های سنگین (کنترل خوردگی داغ) ، بازدارندگی از خوردگی اتمسفری با استفاده از ممانعت کننده‌های فاز بخار و حفاظت تجهیزات صنعتی در زمان توقف های کوتاه و بلند مدت (روش تر، خشک ، گازهای خنثی) ، شستشوی شیمیایی در تجهیزات صنعتی (اسید شوئی ها و قلیا شوئی ها) ، نحوه انتخاب مواد شوینده و بازدارنده جهت انجام شستشوی شیمیایی ، نحوه نمونه برداری از رسوب ، نحوه تشکیل لایه حفاظتی پس از اسید شوئی ها، رعایت دستورالعمل های لازم در موقع شستشوی شیمیایی ، بازدارندگی از خوردگی و رسوبگذاری در دیگهای بخار و آب تغذیه (نحوه کنترل خوردگی لوله‌های آهنی و لوله‌های مسی مبدل ها) بازدارندگی برای سیستم های گالوانیکی ، بازدارندگی برای کنترل خوردگی

موضعی ، بازدارندگی برای کنترل خوردگی حفره ای ، بازدارندگی برای فلزات غیرآهنی ( مس ، آلومینیم ، روی و قلع و.... )  
خوردگی میکروبی ونحوه کنترل آن با استفاده از مواد بازدارنده ، روشهای تست بازدارندگی ( تقلیل وزن ، روش های پلاریزاسیون ، روش های دیسک دوار، روش A.C امپدانس ) .

References:

- 1- Rozenfeld, I.L. "Corrosion Inhibitors"  
McGraw Hill International Book Company.  
U.S.A(1981).
- 2- Shreir, L.L. "Corrosion" vol II. Newnes-  
Butterworths. London 1968.
- 3- Nathan, C.C. "Corrosion inhibitor" NACE 1982
- 4- BETZ Laboratories, Inc. BETZ HAND BOOK of  
Industrial water conditioning" 6th Ed.  
Pliladelphia .P.A. 1962.
- 5- METALS HAND BOOK. A.S.M Vol 13 "Corrosion"  
1986.
- 6- Corrosion and Prevention in water, G. Butler  
and H.C.K. ISON.



## رنگ و پوشش های تبدیلی



تعداد واحد : ۲

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : ندارد

سرفصل دروس :

اجزاء تشکیل دهنده رنگ و پوشش ( پیگمنت ها- رزین ها- پرکننده - مواد افزودنی و حلالها ) و خواص آنها- چگونگی تشکیل فیلم رنگ ( پلی مریزاسیون - پلی کندانزاسیون - پلی ادیسیون ) - تئورهای چسبندگی رنگ ( طبله شدن رنگ و قابلیت نفوذ رنگ ، خلاصه ای بر روشهای آماده سازی سطح - آماده سازی سطوح معدنی ( بتن - گچ - سنگ ) - اهمیت رعایت اصول فنی در کاربرد پوششها ( ویسکوزیته ، مخلوط کردن قبل از استفاده از رنگ - فواصل زمانی اعمال لایه های مختلف آستری ، میانی و رویه و شرایط پخت ) .

مواد متشکله پوششها ( قیرها- روغنها- فنل ها- آلکیدها- آکریلیک - وینیل - اپوکسی ها و رتان ) مواد بازدارنده موقت - مواد ضد باکتری و جلبک- پوششهای مرکب یا چند فازی ،

مکانیزم حفاظت از خوردگی توسط رنگ - معایب رنگ ها- رنگهای صنعتی و مقاوم در درجه حرارتهای بالا - پوششهای محافظ برای تاسیسات زیرزمینی و لوله ها- پوششهای پودری - پوششهای سرامیکی - روکشهای لاستیکی و پلاستیکی - روشهای اعمال پوششها ، روشهای آزمایش پوششها .



**آنودایزینگ : تئوریهای آنودایزینگ، Porousfilm, Barrierfilm ، مکانیزم تشکیل**

لایه اکسیدی - تغییرات ضخامت لایه اکسیدی با شرایط آنودایزینگ - خواص فیلمهای اکسیدی و کاربرد صنعتی آنها .

**فسفاتہ : تئوری فسفاتہ، مکانیزم و چگونگی رشد لایه فسفاتہ، تغییرات پتانسیل در حین فسفاتہ - اثر عوامل مختلف بر پروسه فسفاتہ، فسفاتہ با اسپری و غوطه وری، فسفاتہ نمودن آهن، روی، خواص پوششهای فسفاتہ، کاربرد صنعتی این پوششها در صنایع اتومبیل و کشش سیم، و آسترهای فسفاتی.**

**کروماتہ: تئوری کروماتہ کردن کردن - عوامل موثر بر کروماتہ فلزات مختلف Ag, Sn, Zn اثر کروماتہ در جلوگیری از سولفیداسیون فلزات در اتمسفر بررسی اقتصادی پوششها - رعایت اصول ایمنی و محیط زیستی در کاربرد پوششها .**

1. PAYAN: Organic Coating.
2. GABE: Principles of Metal surface Treatment and protection.
3. David Fishlock: Metal Colouring 1970.
4. Marjorie A. Brimi, James R. Luck: "Electrofinishing".
5. E. W. Mulcahy: The Pickling of steels 1973.
6. James A. Murphy: Surface Preparation and Finishes for Metals (SME) 1971.
7. Artur Kutzilni: Testing Metallic Coating.
8. Hot Dip Galvanizing Conferance.
9. Intergalva 76 11 Th. International Galvanizing Conferance Madrid 1976.
10. Fredrick A. Lowenheim: Modern Electroplating 3 rd Edition.
11. General Galvanizing Practice Published by the Galvaniziers association.





## آزمایشگاه اصول حفاظت

تعداد واحد: ۱

پیشنیاز: خوردگی پیشرفته و آذ

همزمان: حفاظت کاتدی و آندی، ممانعت کننده های خوردگی

سرفصل دروس:

- آزمایشات مربوط به حفاظت کاتدی در خاک ( روشهای تعیین مقاومت - پتانسیل قطعه - مقاومت پوشش - اثر پشت بند ) (۲ جلسه)
- آزمایشات مربوط به حفاظت کاتدی در محیطهای آبی ( معیار حفاظت - اثر اندازه آند - فاصله آند، توزیع پتانسیل در قطعه حفاظت شونده ) (۱ جلسه)
- حفاظت آندی ( تعیین شرایط پسیویته - اثر پارامترهای محیطی - پتانسیل و جریان پسیو ) ( ۱ جلسه)
- مطالعه تاثیر ممانعت کننده باروشهای الکتروشیمیائی ( ۱ جلسه)
- بررسی اثر ممانعت کننده ها باروشهای A.C امپدانس و دیسک دوار (۱ جلسه)
- آزمایش پوششهای آلی ( تعیین کیفیت پوشش - اندازه گیری ضخامت پوشش باروشهای مختلف، آزمایشات چسبندگی - یکنواختی - تخلخل - آزمایشهای مکانیکی روی پوشش ها و تنشهای داخلی - قابلیت انعطاف پوششها ) ( ۲ جلسه)
- آزمایشات نمکپاشی و رطوبت بر روی پوششها ( ۱ جلسه)
- آنودایزینگ آلومینیم و تشکیل فیلمهای ( فشرده و متخلخل ) (۱ جلسه)

## روشهای نوین مطالعه مواد



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

همزمان: آزمایشگاه روشهای نوین مطالعه مواد

سرفصل دروس:

مقدمه‌ای بر اهمیت روشهای مطالعه سطوح در علم مواد- روشهای

بمباران سطوح ( اشعه الکترونی، فوتونها، یونهای شتابدار و...)

تولید اشعه الکترونی ( نشر ترمیونیکی )، طرح الکترون اپتیک )، پدیده‌های

ناشی از برخورد الکترونها با سطوح ( الکترونهای برگشتی، الکترونهای جذب

شده الکترونهای ثانویه، الکترونهای اوزه، پدیده دیفراکسیون، پدیده کاتو

دولومنیسانس)، میکروسکوپ الکترونی (عبوری) Transmission

میکروسکوپ الکترونی SEM-Scanning، الکترون پروب میکروآنالیز

EPMA اسپکتروسکوپی اوزه ( AES )، روش تهیه نمونه -

مطالعه سطوح توسط فوتونها: تولید فوتونها ( اشعه مرئی، اشعه UV،

اشعه X -، اشعه مادون قرمز )، استفاده از ( اشعه مرئی- میکروسکوپ

نوری )، استفاده از اشعه ( دیفراکتومتراشعه X - ) ( XRF )، دوربین های

مختلف اشعه X

اسپکتروسکوپی فلورسانس اشعه X ( XRF )، اسپکتروسکوپی

فوتوالکترون اشعه ایکس ( ESCA یا XPS )، اسپکتروسکوپی

فوتوالکترون اشعه ماوراء بنفش . ( U.P.S ) U.V.

روش تهیه نمونه - مطالعه سطوح توسط یونهای

شتابدار: ( پدیده برخورد یونهای شتابدار با سطوح جامدات، اسپکترومتری

جرمی یونهای ثانویه ( SIMS ) اسپکتروسکوپی پلاسمایی ( GDS )

مطالعه خوردگی با استفاده از ردیابهای رادیواکتیو آنالیز مواد باروش RBS •

## آزمایشگاه روشهای نوین مطالعه مواد

تعداد واحد: ۱



همزمان: روشهای نوین مطالعه مواد

- X.R.D نمونه های منتخب ( ۱ جلسه )
  - تهیه نمونه های TEM باروشهای مختلف ( ۱ جلسه )
  - مطالعه سطوح شکست با SEM ( ۱ جلسه )
  - مطالعه سطوح خوردگی ویا پوششها SEM ( ۱ جلسه )
  - توپوگرافی سطح سایش ( ۱ جلسه )
  - آنالیز مواد باروش EDX و EPMA ( ۱ جلسه )
  - بررسی مورفولوژی سطح پوششها ( ۱ جلسه )
  - تفرق اشعه الکترونی جهت تشخیص شبکه و جهات کریستالی ( ۱ جلسه )
  - اندازه گیری ضخامت پوشش و خواص مکانیکی ( ۱ جلسه )
  - آنالیز مواد با RBS
  - مطالعه نمونه های منتخب بامیکروسکپ TEM ( ۱ جلسه )
  - آنالیز سطوح با اوژه اسپکتروسکپی و SIMS ( ۱ جلسه )
- \* در هر یک از دوره های کارشناسی ارشد با توجه به رشته و امکانات حداقل ۸ آزمایش انجام می گردد.



## آزمایشهای بررسی علل تخریب مواد

تعداد واحد: ۱

نوع واحد: عملی

پیشنیاز: حداقل ۱۶ واحد از واحدهای اجباری اختصاصی را گذرانده باشد.

هدف:

سرفصل دروس:

دانشجویان در این آزمایشگاه مستقیماً با مشکلات صنایع رودررو قرار گرفته، بدین ترتیب که قطعات مختلفی را که بنابه عللی در صنایع از کار افتاده و قبلاً توسط کارشناسان علل تخریب آنها تشخیص داده شده است، مورد بررسی قرار میدهند. دانشجویان موظفند که بعد از شناسایی علل تخریب راه حل های منطقی برای این گونه قطعات را پیشنهاد و بصورت یک گزارش تهیه و تنظیم نمایند و در جلسه دفاعیه ارائه نمایند. این گزارش ها برای هر قطعه مختلف گردآوری شده و بصورت تاریخچه آن قطعه در این آزمایشگاه ثبت می گردد.



## خطا در اندازه گیری

تعداد واحد : ۱

پیشنیاز: ندارد

مقدمه : آنالیز نتایج، ثبت نتایج آزمایش، دقت در اندازه گیری، موارد غیرممکن - بودن اندازه گیری مقدار حقیقی، روند کردن مقادیر تجربی، تقریب، خطاها، مقدمه ای بر احتمالات، نمودار همبسته، تطابق منحنی - خطاها و عدم اطمینان: خطاهای سیستماتیک، توزیع متعادل، خطاهای ثبت نتایج در حد قابل قبول - روشهای تجربی: تحقیقات تئوری و تحقیقات تجربی، برنامه ریزی آزمایش، برنامه ریزی کلاسیک و پارامترهای مختلف موثر، برنامه ریزی تحقیق، مثالهای برنامه ریزی - روشهای اندازه گیری: خطاهای دستگاههای اندازه گیری، اندازه گیری مقدار انرژی حرارتی، اندازه گیری درجه حرارت، صوت - اندازه گیری های استاتیک: اندازه گیری تغییر- مکان، اندازه گیری نیرو و خطاهای اندازه گیری.

## جنبه های مکانیکی خوردگی



تعداد واحد : ۲

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : خواص مکانیکی II (جبرانی)

سر فصل دروس:

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 وسترگارد، تجزیه و تحلیل از شدت تنش، تخمین ناحیه پلاستیکی در نوک ترک، انتقال در نوع شکست، تنش صفحه ای نسبت به کرنش صفحه ای، آزمایشات تافنس شکست مواد مهندسی، آزمایشات روش تعیین تافنس شکست و آنالیز الاستیکی - پلاستیکی با انتگرال J

۳- خوردگی توام با تنش (Stress Corrosion Cracking)

- مقدمه، روش و نحوه برخورد از دیدگاه مکانیک شکست، روش های آزمایش،  $K_{I,SCC}$  یک خاصیت ماده، صحت اطلاعات  $K_{I,SCC}$  ملاحظات عمومی، آزمایشات سرعت رشد ترک، تاثیر ترکیب شیمیائی و پتانسیل اعمال شده.

۴- خوردگی خستگی (Corrosion Fatigue)

- مقدمه، رفتار عمومی، رفتار خوردگی خستگی در پائین تراز  $K_{I,SCC}$ ، مکانیزم های خستگی در محیط های خورنده، مکانیزم رشد ترک، جوانه زنی، خستگی در محیط های خورنده، اثر محیط های خورنده در  $\Delta K_{th}$  و پارامترهای یاریس.

هدتردی هیدروژنی (Hydrogen Embrittlement) مقدمه، رفتار عمومی،

روشهای تست، محاسبات عمر و طول ترک.

Cavitation, Fretting, Impingement attack

(شرایط منجر به این نوع خوردگیها، موارد، اثر متغیرها، مکانیزم)

#### References:

- 1- Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials ,  
R.W. Hertzberg, 1983.
- 2- Fracture and Fatigue Control in Structure, Rolfe & Barsom, 1977.
- 3- H.L. Logan, The Stress Corrosion of Metals, 1966.
- 4- Stress Corrosion Testing, ASTM STP425, 1967.
- 5- Fundamental Aspects of SCC, NACE1, 1969.
- 6- Advances in Corrosion Science and Technology, R.W. Staehle,  
M.G. Fontana, 1980.
- 7- R.B. Waterhouse: Fretting corrosion.
- 8- A.S. Tetelman and A.I. Mc Evily: Fracture of structural Materials.
- 9- J.C. Scully: The Theory of stress Corrosion cracking in Alloys.
- 10- R.W. Staehle, D. van Rooien and A.S. Forty: Fundamental Aspect of  
stress - corrosion Cracking.
- 11- P. Greenfield: Stress - Corrosion Failure.
- 12- N.S. Stoloff and A.R. Westwood: Environmental - Sensitive  
Mechanical Behavior.
- 13- R.W. staehle nad A.E. Mc Ebily: Proceedings of International  
conference on Corrosion Fatigue.
- 14 - B.F. Brown: stress - corrosion Cracking in High strength steels  
and in Titanium and Aluminium Alloys.







## خوردگی در محیط‌های طبیعی

خوردگی اتمسفری: آلودگی‌های موجود در اتمسفر و تاثیر آن بر خوردگی (اکسیدهای سولفور، هیدروژن سولفید، ترکیبات نیتروژن، کربن دی-اکسید و هیدروکربورها- ذرات گردوغبار و نمک)، فاکتورهای موثر در خوردگی اتمسفری در درجه حرارت، درصد رطوبت، نمک‌های پراکنده در هوا، باد، طوفان).

مکانیزم وسینتیک خوردگی اتمسفری: مکانیزم اکسیداسیون فلزات در اتمسفر بدون رطوبت و آلودگی در دماهای معمولی اثر رطوبت نسبی و تشکیل و تخریب لایه الکتروولیت بر روی سطح فلز در مکانیزم واکنش‌های آندی و کاتی، خواص و اثر محصول خوردگی بر روی سطح فلز.

روش‌های بررسی خوردگی اتمسفری: آزمایشات در اتمسفر آزاد (طبیعی) طبقه بندی نوع، اتمسفر (شهری، صنعتی، روستائی، دریائی)، تعیین و انتخاب محل آزمایشی و انتخاب و تهیه نمونه فلز، لوازم مورد نیاز ارزیابی علمی نتایج حاصل، بررسی آزمایشگاهی خوردگی اتمسفری، آزمایشات سریع (Accelerated tests)، انتخاب مدت آزمایش کنترل و مقدار آلودگی‌های تحت بررسی، ارزیابی مشاهدات و نتایج آزمایشگاهی، دقت در تطبیق و مقایسه با خوردگی در محیط اتمسفری طبیعی.

خوردگی در آبها: ناخالصی‌های آب و تاثیر آن بر خوردگی (نمک‌های محلول و مواد معلق، گازها، مواد آلی، سرعت درجه حرارت، PH آب، حد اشباع کربناتی آلاینده‌ها)، خوردگی در آب دریا (تاثیرات عمق، سرعت، درجه حرارت) نحوه کنترل خوردگی در آبها.

خوردگی در خاکها: تاثیرات و طبیعت خاک، میزان هوا دهی،

مقدار آب ، تاثیرات جریانهای سرگردان وسایر پارامترها )  
بر خوردگی خاک ، خوردگی میکروبیولوژیکی (انواع میکروبها و باکتریها  
هوایی و غیرهوازی ونحوه کنترل آنها) ، مکانیزم خوردگی ومشکلات  
حاصله ، روش های مقابله با خوردگی در خاکها .  
خوردگی فلزات غیر آهنی در محیطهای طبیعی : خوردگی آلومینیوم و  
آلیاژهای آن ، خوردگی مس وآلیاژهای آن خوردگی روی ، خوردگی نیکل  
وآلیاژهای آن .  
خوردگی در ادوات وابنيه های تاریخی

Reference:

- 1- Protection against atmospheric Corrosion,  
K.Barton, translation by J.R.Duncan,  
John Wiley,1976.
- 2- Marine Corrosion, T.H.Rogers.1968 London.
- 3- Corrosion and Prevention in Water, G.  
Butler, and H.C.K. Ison Leonard Hill,  
London 1966.
- 4- Corrosion, Shreir, L., Second edn. Newnes-  
Butterworth London, 1976.
- 5- Control of Pipeline Corrosion , A.W.Peabody,  
NACE, Houston, 1971
- 6- Rozenfeld, I.L. "Atmospheric Corrosion of  
Metals. (English Translation by NACE) 1972.





## خوردگی در واحدهای صنعتی

مقدمه : خوردگی و اهمیت اقتصادی آن - روشهای ارزیابی خسارات خوردگی  
خوردگی از نظر ابعاد ایمنی و کاهش ضایعات - مقررات و استانداردهای  
خوردگی ، خوردگی و رسوبدهی ازدیکهای بخار، سمت آب ( علت خوردگی،  
انواع و روشهای کنترل آن )

سمت شعله ( خوردگی در درجه حرارت بالا ) سوپرهیترها، ری هیترها  
خوردگی در درجه حرارت پائین ( و روشهای کنترل آن ، مشکل  
Carry over دردیگهای بخار و نحوه کنترل آن ،

خوردگی در کندانسورها و مبدلهای حرارتی سیستمهای خنک کننده :  
علت خوردگی سمت آب و بخار و نحوه کنترل آن ، خوردگی در توربین های  
بخار و گاز و پمپها .  
خوردگی در صنایع نفت :

تأثیرات عوامل خوردنده در نفت ( گوگرد،  $CO_2$  ، اکسیژن ، هیدروژن  
سولفید ، میکروارگانیزمها و ..... ) بر خوردگی تجهیزات حفاری و استخراج  
ذخیره سازی ، انتقال و تصفیه و روشهای کنترل آن ، خوردگی در صنایع  
پتروشیمی : تأثیرات عوامل خوردنده ( آمونیاک ، کلرید، قلیا (سود  
سوزآور) ، آمین ها ، اسیدهای نفتتیک و پلی نیئونیک ( بر خوردگی  
تجهیزات صنایع پتروشیمی و نحوه کنترل و تقلیل آن ، خوردگی در  
ماشین آلات و واحدهای سفیدکنندگی صنایع کاغذ سازی و بررسی اثرات  
( گاز کلراین ، کلراین دی اکسید  $ClO_2$  ، سولفیت ، تیوسولفات ، درجه  
حرارت و PH بر خوردگی ) و نحوه کنترل آن .



- خوردگی در صنایع غذایی و صنایع فولاد

- خوردگی در صنایع شیمیایی : واحدهای تولید و انتقال ( اسید

سولفوریک ، اسید نیتریک ، اسیدهای آلی ، اسید کلریدریک ،

گاز کلر ، هیپوکلریت ، سود سازی و اسیدهای آلی ، مواد سمی و

خطرناک ، مواد کشاورزی ) .

- monitoring خوردگی در صنعت : کوپن گذاری و

پروب های مختلف پروب های هیدروژنی و روشهای

A-C impedance و پلاریزاسیون و آنالیز نوین .

- External corrosion and deposits in boiler and gas turbine, W.T. Reid. Elsevier. Amsterdam, 1971,
- The mechanism of corrosion by fuel impurities, H.R. Tohson and D.J. Litter London 1963.
- Prevention of condenser failures-state of the art, EPRI. Report No. RD-2282-SR.1982.
- Metals Handbook Ninth ed. Vol 13 "corrosion" ASM International 1987.
- Corrosion control in petroleum production. NACE. 1979.
- Corrosion of oil and gas equipment NACE & API 1958.
- Betz Handbook of water conditioning 7th ed. 1980.

## مهندسی سطوح



تعداد واحد: ۲

گرایش: خوردگی و حفاظت مواد

سرفصل دروس:

پدیده سطح

بافت سطح و سطوح مهندسی و ایده آل ، کیفیت پرداخت سطوح ، اندازه‌گیری زبری سطوح ، توپوگرافی سطح ، پدیده جذب فیزیکی و شیمیایی ، آزمایشات بررسی کیفیت سطوح ، پدیده های استهسلاک سطوح ، معرفی روشهای آماده سازی و تمیزکاری سطح نمونه

مکانیک تماس

انواع تماس ، تماس یک کره بایک صفحه ، تماس دوکره ، محاسبه تماس واقعی و ظاهری ، تغییر شکل پلاستیک و الاستیک سطوح

تریبولوژی

سایش ، اصطکاک و روانکاری ، مروری بر طبیعت سایش ، مکانیزمهای سایش ، سایش خراشان ، سایش چسبندگی ، سایش ورقه‌ای شدن ، سایش نوسانی ، سایش فرسایشی و سایش تریبولوشیمیایی ، فرآیندهای سایش ، لغزشی ، لغزشی / چرخشی و فرسایشی ، سایش در قطعات مهندسی ، تشخیص منشاء سایش و انتخاب مواد مقاوم به سایش .

### تعاریف اصطکاک

مکانیزم اصطکاک ، قوانین اصطکاک ، اندازه‌گیری اصطکاک ، مکانیزمهای روانکاری ، مواد اصطکاکی و ضد اصطکاکی

### عملیات سطحی

سطوح و پوشش های مقاوم به سایش ، طبقه بندی فرآیندهای متالورژی سطح ، مقدمه‌ای بر تکنولوژی خلاء ، کاربرد پلاسما در فرآیندهای سطحی ، پلاسمانیتراسیون ، پوشش های مدرن ، رسوب فیزیکی و شیمیایی بخار ، پوشش های الماسی و شبه الماسی و دیفوزیونی کاربرد پرتوهای پرانرژی در لایه‌های سطحی ، سطح سختی با استفاده از پرتوهای لیزر و الکترون ، آلیاژی نمودن سطوح با استفاده از پرتوهای لیزر و الکترون •

### تعیین مشخصه های لایه های سطحی

سطح سختی ، شیب سختی و سختی لایه ، تعیین سختی ذاتی لایه ، اندازه‌گیری ضخامت لایه ، آزمایشات سایش ، آزمایشات تعیین استحکام چسبندگی ، روشهای اندازه‌گیری تنش های باقیمانده در لایه سطحی ، اندازه‌گیری بارپذیری دینامیکی و استاتیکی لایه های سطحی ، اثر مشخصه های ذاتی لایه های سطحی بر رفتار فیزیکی ، مکانیکی و تریبولوژی

ماده

منابع و مراجع:

۱- متالورژی سطح و تریبولوژی ، مهدی صالحی ، فخرالدین اشرفی زاده ،

۱۳۷۲

2- Friction and Wear, B. pugh Butterwerth ,  
1993.



- 3- Materials to Resist Wear, A.R. Lansdown and A.L. Price. Pergamon Press, 1986.
- 4- Principles of Metal Surface Treatment and Protection; D.R. Gabe, Pergamon Press, 1978.
- 5- Surface Engineering Practice, K. Stratford et al/ 1989.



## ترمودینامیک پیشرفته مواد



تعداد واحد : ۲

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : ندارد

مروری بر ترمودینامیک مواد شامل روابط بین توابع ترمودینامیکی - ترمودینامیک محلولها - محاسبه کمیت های مولی و اکتیویته - انواع محلولها - معادله گیبس دوهم در سیستم دوتائی و سه تائی - تغییر دادن حالت استاندارد - محلولهای رقیق چند جزئی.

نمودارهای انرژی آزاد مولی - مول جزئی و نمودارهای اکتیویته - مول جزئی و ارتباط آنها با نمودارهای فاز سیستم دوتائی - تعادل بین فازها - ترمودینامیک آماری - انتروپی و احتمالات معادله بولتزمن - انواع انتروپی.

مدل شبه شیمیائی و سایر مدل ها برای محلولها - تئوری مولکولی - تئوری یونی - نظم کم دامنه و نظم پردامنه در محلولها - ترمودینامیک محلولهای آبی - رابطه انرژی شیمیائی و الکتریکی تاثیر غلظت بر نیروی الکتروموتیو - تشکیل پیل ها - پیل های غلظتی - ضریب درجه حرارت پیل اثرات حرارتی - اصول نمودارهای پوربه - بررسی ترمودینامیکی فرایندهای خوردگی و حفاظت فلزات - ترمودینامیک سطوح - انرژی سطحی و کشش سطحی - ناهمسوئی انرژی سطوح - مرز داخلی و انفصال شیمیائی - انفصال ساختاری در مرزها - ترمودینامیک عیوب کریستالی.  
مراجع :

1. Introduction to Metallurgical thermodynamics D.R. Gaskell.
2. Thermodynamics of Solids R.A. Swalin.
3. Chemical thermodynamics of Materials C.H. Lupis.



## سینتیک پیشرفته مواد



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

مروری بر قوانین سینتیک شیمیائی و انتقال - پیدا کردن مکانیزم واکنشهای همگن - انتقال ماده در حضور جریان سیال - مدل‌های انتقال ماده در سیال - واکنش در مرز فازها - انتقال در فصل مشترک - سینتیک واکنشهای الکتروودی - مهاجرت الکتریکی در محلولها - الگوهای سینتیکی برای واکنشهای غیرهمگن - سینتیک فرایند تبخیر - سینتیک جذب سطحی - حل کامپیوتری تحولات سینتیکی همگن و غیرهمگن.

### مراجع:

1. Chemical reaction Engineering by : Levenspiel.
2. Transport phenomena in Metallurgy by : Geiger & Porier.
3. Rate phenomena in process Metallurgy by : Szekely.
4. Diffusion in solids by : Schuman.
5. The Mathematics of Diffusion by : Crank.
- ۶ - فرایندهای سینتیکی در مهندسی مواد و متالورژی - خطیب الاسلام صدرنژاد.

### پدیده های انتقال پیشرفته



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

سیالات نیوتنی و غیرنیوتنی، جریان آرام و جریان متلاطم، موازنه های انرژی در حرکت سیال، هدایت حرارتی، هدایت حرارت در حالت ثبات و عدم ثبات، جابجایی اجباری و طبیعی. مروری بر مکانیک سیالات، انتقال حرارت و انتقال جرم، حل معادلات انتقال برای فرایندهای متالورژی و مواد، اصول الگو سازی، الگوهای ریاضی و فیزیکی، اعمال معیار تشابه در ساختن مدل‌های فیزیکی و ریاضی. روش تجزیه و تحلیل الگو برای یافتن فرایند بهینه، مثالهایی از الگوهای ریاضی، الگوهای فیزیکی و طرح نیمه صنعتی.