

۴۴۸



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

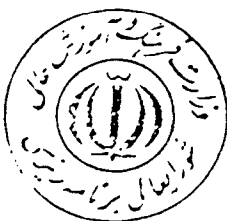
۵

۱

✓

## 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

## 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 هسا، اتحال مایع و پیل نمکی، پیل های غلظتی، پیل های برگشت پذیر و پتانسیل استاندارد، تغییرات پتانسیل پیل با غلظت، رابطه بین اختلاف پتانسیل و مقادیر 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 و دوم و سوم ، زمان نیمه عمر و استفاده از آن برای  
تعیین معادله سرعت ، واکنشهای دوطرفه ، موازی ورقابتی، واکنشهای  
پیچیده (چند مرحله ای) و مکانیزم واکنش .

۳- تاثیر درجه حرارت بر سرعت واکنش و معادله آرنیوس ، تئوری  
برخورد و تئوری حالت گذار، مقایسه تئوریهای سینتیک واکنشها،  
اثر کاتالیز در سرعت واکنش ، واکنش های هموزن و هتروژن .

۴- سینتیک انتقال ، مفهوم دیفوزیون ، قانون اول و دوم فیک ، حل  
معادلات فیک ، تغییرات ضریب دیفوزن با غلظت و دما، 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 سل‌های ( 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 ، ممانعت‌کننده‌ها 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 آزمایشگاه متالوگرافی (جبرانی)

تعداد واحد : ۴

نوع واحد : نظری - عملی

پیشنیاز : ندارد

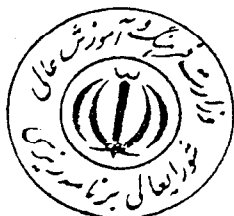
همکنار : ندارد

سرفصل دروس :



- ساختمان اتمی و بلوری فلزات - انواع احتمالات - صفحات و جهات بلوری، عیوب بلوری - مرزدانه و اندازه آن - تغییر شکل الاستیکی و پلاستیکی گرم و سرد و مکانیسم آن - تبلور مجدد - رشد دانه - آلیاژها و طبقه بندی آن - ترکیبات بین فلزی و محمولات جانشینی - سیستم تعادل و انحلال کامل دو فلز درهم و قوانین مربوطه، تغییر حالت پوتکنیکی و پروتکتیکی - انحلال نسبی در حالت جامد و مثالهای مربوطه - منحنی آهن و کربن - منحنیهای T.T. آلیاژ تمپرینگ 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 شیمیایی فولادها - چدن 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 I (جبرانی)



تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : خواص فیزیکی مواد ۱

همپایز : 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

مقاله آموزشی 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 دیفوزیونی -  
پوششهای غیر فلزی ( رنگها ، لاکها ، پلاستیکها ، لاستیکها ، لعابهای زجاجی  
قیراندود کردن ، رزین ها و غیره )

آزمایشگاه خوردگی و پوشش دادن : آشنائی با اصول خوردگی ( سریهای  
کالوانیک ، انواع پیلها ، الکتروود مرجع ) و پدیده پلاریزاسیون - اندازه گیری  
سرعت خوردگی ، بررسی اثر ممانعت کننده ها - پاسیو شدن و آزمایشات  
بتانسیواستاتیک - حفاظت کاتدی - اکسیداسیون - اندود کردن با  $Sn - Zn$   
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- الکترولیت: تحرک یونها - هدایت و هدایت مخصوص الکترولیت ها - هدایت مولی و قانون کولراش (Kchlrash) - 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 غیرایده آل - قدرت یونی الکتروود: فصل مشترک الکتروود و الکترولیت - جذب سطحی - لایه چندگانه مدل های مختلف لایه دوگانه الکتريکی (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 الکتريکی

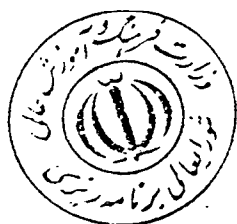
- ۲- واکنش ها: شدت جریان تبادل - واکنش های آندیک و کاتدیک - پولاریزاسیون، الکترودهای قابل پولاریزه شدن و الکتروود غیر قابل پولاریزه شدن - پولاریزاسیونهای اکتیواسیون غلظتی و اهمی و روابط تافل برای آنها لایه دیفوزیونی نرس و شدت جریان حدی، رابطه کلی باتلرولمر برای پتانسیل شدت جریان - اثر یون و کمپلکس کننده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



الکترودی - کاربرد مابانی الکتروشیمی در صنعت ، پوشش دهی - رنگها ،  
صنعت باطری 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 و ارزیابی خوردگی: تعاریف و هزینه خوردگی - طبیعت

الکتروشیمیایی 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 انواع الکتروودهای 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

نوین - طرزکار پتانسیواستات - وگالوانواستات - پاسیویته و مکانیزم های

آن در محیط های خنثی و قلیائی و در محیط های اسیدی و اکسید کننده .

مکانیزم های حلالیت فلزات در محیط های مختلف - انتقال جرم و

اثرات آن بر سرعت واکنش ها . و مکانیزم عملکرد ممانعت کننده های

معدنی و آلی و فاز بخار - مکانیزم انواع خوردگی - روش های اندازه گیری

مقدار خوردگی

(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 راه های 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 ، احتمالات 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 میکروسکوپی ) ( جلسه )
- مطالعه خوردگی موضعی ( شکافی، حفره دار شدن، جدایش روی ) - روشهای الکتروشیمیائی ( 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 کوپنهاي 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

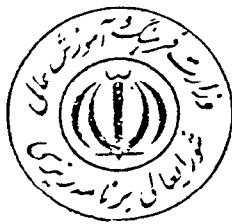
همین‌باز: آ‌ز اصول حفاظت

سرفصل دروس:

تعریف، تاریخچه، چگونگی عملکرد حفاظت کاتدی (از نظر الکتروشیمیایی) - انواع منابع جریان حفاظت کاتدی: آندهای کالوانیکی، سایر منابع انرژی (باتریها، یکسوکننده ها، ژنراتورها و ...) کاربرد اطلاعات بدست آمده از محیط (مقاومت خاک، pH و ...)، بررسی‌ها 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 کالوانیکی و موارد مصرف آنها، جنس آندهای Impressed Current و موارد مصرف آنها، احتمالات الکتریکی، پشت بندهای شیمیایی اطراف آند، اطلاعات طراحی و تشریح آن، فاکتورهای مورد بررسی به هنگام اعمال حفاظت کاتدی (پدیده های خرابی پوشش، احیا، 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 (آنها، 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 متقعر 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 :

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

امول 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<sup>لیک</sup> - بررسی تئوری واکنش 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 یکبارگیزرا (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 مواقع 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

موضوعی ، باردارندگی 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 - ایوکسی ، اورتان ) مواد بازدارنده موقت - مواد ضد باکتری و جلبک - پوششهای مرکب یا چند فازی ،

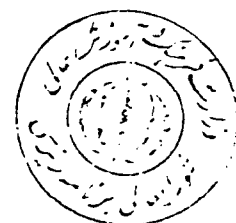
مکانیزم حفاظت از خوردگی توسط رنگ - معایب رنگ ها - رنگهای صنعتی و مقاوم در درجه حرارتهای بالا - پوششهای محافظ برای تاسیسات زیرزمینی و لوله ها - پوششهای پودری - پوششهای سرامیکی - روکشهای لاستیکی و پلاستیکی - روشهای اعمال پوششها . روشهای آزمایش پوششها .

آنودایزینگ : تئوریهای آنودایزینگ ، Porousfilm, Barrierfilm ، مکانیزم تشکیل لایه اکسیدی - تغییرات ضخامت لایه اکسیدی با شرایط آنودایزینگ - خواص فیلمهای اکسیدی و کاربرد صنعتی آنها .

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

کرومات: تئوری کرومات کردن کردن - عوامل موثر بر کرومات فلزات مختلف Ag, Sn, Zn اثر کرومات 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 امیدانرودینستدوار (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 (الکترونها برگشتی، الکترونها جذب

شده الکترونها ثانویه، الکترونها اوزه، پدیده دیفراکسیون، پدیده کاتو

دولومنیسانس)، میکروسکوپ الکترونی (عبوری) Transmission

میکروسکوپ الکترونی SEM-Scanning، الکترون پروب مایکروآنالیز

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)، دوربین‌های

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

تابدار (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 ( اجلسه )
- تهیه نمونه های TEM باروشهای مختلف ( ۱ جلسه )
- مطالعه سطوح شکست با SEM ( ۱ جلسه )
- مطالعه سطوح خوردگی وپوششها SEM ( اجلسه )
- تویوگرافی سطح سایش ( اجلسه )
- آنالیزمواد باروش EDX و EPMA ( ۱ جلسه )
- بررسی مورفولوژی سطح پوششها ( ۱ جلسه )
- تفرق اشعه الکترونی جهت تشخیص شبکه وجبات کریستالی ( اجلسه )
- اندازه گیری ضخامت پوشش وخواص مکانیکی ( اجلسه )
- آنالیزمواد با RBS
- مطالعه نمونه های منتخب بامیکروسکپ TEM ( اجلسه )
- آنالیزسطوح بااوزه اسپکتروسکپی و SIMS ( ۱ جلسه )
- \* درهریک ازدوره های کارشناسی ارشد باتوجه به رشته وامکانات 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 "بامشکلات صنایع رودررو قرار گرفته، بدین ترتیب که قطعات مختلفی را که بنا به 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)

ساعت تدریس :

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.



شدت‌ردی هیدروژنی (Hydrogen Embrittlement) مقدمه، رفتار عمومی،

روشهای تست، محاسبات عمر و طول ترک.

Cavitation, Fretting, Impingement attack ع

(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.



## مهندسی سطوح



تعداد واحد: ۲

گرایش: خوردگی و حفاظت مواد

سرفصل دروس:

پدیده سطح

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

مکانیک تماس

انواع تماس ، تماس یک کره بایک صفحه ، تماس دو کره ، 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 ورقه ای شدن ، سایش نوسانی ، سایش فرسایشی و سایش تریبوشیمیایی ، 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 پوشش‌های مقاوم به سایش ، طبقه‌بندی فرآیندهای متالورژی سطح ، مقدمه‌ای بر تکنولوژی خلاء ، کاربرد پلاسما در فرآیندهای سطحی ، پلاسمانیتراسیون ، پوشش‌های مدرن ، رسوب فیزیکی و شیمیایی بخار ، پوشش‌های 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 مشخصه‌های لایه‌های سطحی

سطح سختی ، شیب سختی و سختی لایه ، تعیین سختی ذاتی لایه ، اندازه‌گیری ضخامت لایه ، آزمایشات سایش ، آزمایشات تعیین استحکام چسبندگی ، روشهای اندازه‌گیری تنش‌های باقیمانده در لایه سطحی ، اندازه‌گیری بارپذیری دینامیکی و استاتیکی لایه‌های سطحی ، اثر مشخصه‌های ذاتی لایه‌های سطحی بر رفتار فیزیکی ، مکانیکی و تریبولوژی ماده

منابع و مراجع:

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

۱۳۷۲

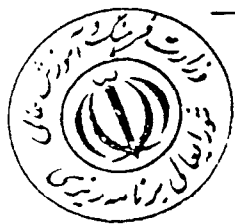
2- Friction and Wear, B. Pugh Butterworth , 1993.



- 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 الکترودی - 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.

