

۱۶۹۴۶

۱۶

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

۱۶۹۴۷

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
گرایش مهندسی شناسایی خواص و انتخاب مواد فلزی

بررسی خوردگی آلیاژهای مس و آلومینیم در محیط آب
دریای خزر و خلیج فارس

توسط :

احمد رضا ریاحی

زیر نظر :

جناب آقای دکتر احمد ساعدتی

جناب آقای دکتر محمد علی گل عذار



۱۶۹۴۶

تشکر و قدردانی

بدینوسیله تشکر و قدردانی خود را از کلیه اساتید محترم دانشکده مهندسی مواد بخصوص جناب آقای دکتر احمد ساعتی و جناب آقای دکتر محمد علی گل‌عذار اساتید را هنمای پروژه، همچنین جناب آقای دکتر فخرالدین اشرفی زاده برای راهنمایی‌های ایشان و همچنین از کمک‌ها و راهنمایی‌های صمیمانه جناب آقای دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی استاد تخصصی پروژه، و از کلیه کارکنان و مسئولین دانشکده مهندسی مواد بخصوص آقای داوود هدایتی برای همکاری صمیمانه ایشان در تمام مراحل، آقای اصغر نوروی برای همکاری جهت نوساز و عملیات حرارتی، و همینطور از همکاری مرکز تحقیقات علوم هوایی و دریایی اصفهان جهت قرارداد دادن نمونه‌ها در خلیج فارس، و از کلیه افرادی که در انجام این پروژه کمک کرده‌اند، اعلام مینمایم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان مطالب
	فصل ۱
۲۸	مقدمه
	فصل ۲
۳۴	خوردگی دریایی
۳۴	۲-۱- مقدمه
۳۴	۲-۲- آب دریا
۳۷	۲-۳- غلظت یونهای اصلی
۳۷	۲-۴- میزان شوری آب و کلرینیته
۳۹	۲-۴-۱- اثر تخلیه رودخانه
۳۹	۲-۴-۱- تغییرات میزان شوری
۴۲	۲-۴-۳- تاثیر میزان شور بودن بر خوردگی
۴۵	۲-۵- تغییرات یونهای فرعی
۴۵	۲-۵-۱- دما
۴۹	۲-۵-۲- اثر اکسیژن حل شده
۵۱	۲-۵-۳- تغییرات اکسیژن
۵۳	۲-۵-۴- تاثیر اکسیژن بر خوردگی
۵۸	۲-۵-۵- اثر دی اکسید کربن حل شده و pH
۵۸	۲-۵-۶- ارتباط بین CO_2 ، اکسیژن، و pH
۵۹	۲-۵-۷- اثر تغییرات pH
۵۹	۲-۵-۸- اثر pH در خوردگی و رسوبات آهکی

صفحه	عنوان مطالب
۶۰	۲-۶- اثر مواد آلوده کننده
۶۰	۲-۶-۱- آثار مربوط به اکسیژن حل شده
۶۰	۲-۶-۲- اثر سولفیدها
۶۳	۲-۶-۳- اثر فلزات سنگین
۶۳	۲-۷- تاثیر موجودات زنده
۶۴	۲-۷-۱- پوسته های باکتری
۶۶	۲-۷-۲- اثر لایه های کثافت که در اثر چسبیدن موجودات آبی بر سطح فلز تشکیل شده اند .

فصل ۳

۶۸	خوردگی مس و آلیاژهای مس در آب دریا و نقش عناصر آلیاژی مختلف در این آلیاژها
۶۸	۳-۱- مقدمه
۶۹	۳-۲- تشکیل پوسته محافظ در آلیاژهای مس
۷۱	۳-۳- تاثیر عناصر آلیاژی مختلف در خوردگی آلیاژهای مس
۷۳	۳-۳-۱- مس و آلیاژهای با مس بالا
۷۳	۳-۳-۲- برنجها
۷۴	۳-۳-۳- برنزها
۷۵	۳-۳-۳-۱- برنز آلومینیم
۷۸	۳-۳-۴- آلیاژهای مس - نیکل
۷۸	۳-۳-۵- آلیاژهای نیکل - نقره

صفحه	عنوان مطالب
۸۰	۳-۴-۱ انواع خساراتی که می توانند بر مس و آلیاژهای مس وارد شود .
۸۰	۳-۴-۱-۱ خوردگی عمومی
۸۰	۳-۴-۱-۲ خوردگی گالوانیکی
۸۳	۳-۴-۱-۳ خوردگی حفره ای
۸۴	۳-۴-۱-۴ خوردگی شیاری
۸۵	۳-۴-۱-۵ خوردگی تصادمی
۸۵	۳-۴-۱-۶ خوردگی سایشی
۸۵	۳-۴-۱-۷ خوردگی بین دانه ای
۸۶	۳-۴-۱-۸ زدايش آلیاژی
۸۷	۳-۵ خوردگی آلیاژهای مس در محیطهای آبی
۸۷	۳-۵-۱ در آب تازه
۸۸	۳-۵-۲ در آب نمکدار
۸۸	۳-۵-۲-۱ تاثیر سرعت
۹۰	۳-۵-۲-۲ تاثیر اکسیژن، عمق، و دما در خوردگی آلیاژهای مس در آب دریا
۹۱	۳-۵-۲-۳ تاثیر کلر
۹۱	۳-۵-۳ آبهای سردکننده آلوده
۹۲	۳-۵-۳-۱ ممانعت از خوردگی
۹۳	۳-۵-۴ کثیف شدن توسط موجودات زنده

۹۴	خوردگی آلومینیم و آلایا ژهای آن در آب دریا و نقش عناصر آلایا ژی مختلف در این آلایا ژها
۹۴	۴-۱- مقدمه
۹۶	۴-۲- تاثیر عناصر آلایا ژی مختلف بر خوردگی آلایا ژهای آلومینیم
۱۰۲	۴-۳- دسته بندی خوردگی و تمپر آلایا ژهای آلومینیم
۱۰۳	۴-۴- انواع معمول خوردگی آلایا ژهای آلومینیم در محیطهای آبی
۱۰۳	۴-۴-۱- خوردگی حفره ای در آلایا ژهای آلومینیم
۱۰۴	۴-۴-۲- خوردگی لکه ای
۱۰۷	۴-۴-۳- خوردگی بین دانه ای
۱۰۸	۴-۵- خوردگی آلومینیم و آلایا ژهای آن در محیطهای آبی
۱۰۸	۴-۵-۱- خوردگی در آب با خلوص زیاد
۱۰۸	۴-۵-۲- خوردگی آلومینیم و آلایا ژهای آن در آبهای طبیعی
۱۰۸	۴-۵-۳- خوردگی آلومینیم و آلایا ژهای آن در آب دریا

فصل ۵

۱۱۳	روشهای آزمایش مناسب برای ارزیابی خوردگی یکنواخت و حفره ای
۱۱۳	۵-۱- آزمایش خوردگی یکنواخت
۱۱۴	۵-۱-۱- اندازه گیریهای تجربی
۱۱۵	۵-۱-۲- تهیه نمونه
۱۱۶	۵-۱-۳- روش آزمایش
۱۱۷	۵-۱-۴- متغیرهای آزمایش

صفحه	عنوان مطالب
۱۱۸	۵-۱-۵- تمیزکردن نمونه‌ها پس از آزمایش
۱۱۹	۵-۲- روش انجام آزمایش خوردگی درمحل دریا (آبهای سطحی دریا)
۱۱۹	۵-۲-۱- محل‌های آزمایش
۱۱۹	۵-۲-۲- شاسی نگهدارنده نمونه‌ها
۱۲۰	۵-۲-۳- نمونه‌ها
۱۲۰	۵-۲-۴- تمیزکردن نمونه‌ها
۱۲۰	۵-۳- خوردگی حفره‌ای و ارزیا بی آن
۱۲۰	۵-۳-۱- شناسائی و آزمایش حفره‌ها
۱۲۰	۵-۳-۱-۱- آزمایش با مشاهده چشم
۱۲۱	۵-۳-۱-۲- آزمایش با متالوگرافی
۱۲۱	۵-۳-۱-۳- بررسی غیرمخرب
۱۲۱	۵-۳-۲- تعیین گسترش حفره‌ها
۱۲۱	۵-۲-۲-۱- کاهش وزن
۱۲۱	۵-۳-۲-۲- اندازه‌گیری عمق حفره‌ها
۱۲۳	۵-۳-۳- ارزیا بی حفره‌ها
۱۲۳	۵-۳-۳-۱- نقشه‌های استاندارد
۱۲۳	۵-۳-۳-۲- روش نفوذدرفلز
۱۲۴	۵-۳-۳-۳- آنالیزآماری
۱۲۴	۵-۳-۳-۴- کاهش در استحکام مکانیکی
۱۲۵	۵-۴- روشهای الکتروشیمیایی آزمایش خوردگی

صفحه	عنوان مطالب
۱۲۶	۱-۴-۵ اصول
۱۲۸	۲-۴-۵ انجام آزمایش پولاریزاسیون الکتروشیمیایی
۱۳۰	۳-۴-۵ تبدیل جریان الکتروشیمیایی بدست آمده ، به سرعت خوردگی
۱۳۳	۴-۴-۵ روشهای الکتروشیمیایی برای مطالعه خوردگی یکنواخت و مزایا و معایب آنها
۱۳۳	۱-۴-۴-۵ روش پولاریزاسیون
۱۳۴	۳-۴-۴-۵ اکسترا پولاسیون تافل
۱۳۴	۳-۴-۴-۵ مشکلات روش پولاریزاسیون در رابطه با مقاومت محلول
۱۳۵	۴-۴-۴-۵ مشکلات مربوط به پولاریزاسیون غلظتی
۱۳۵	۵-۴-۴-۵ مشکلات دیگر در رابطه با اکسترا پولاسیون تافل
۱۳۶	۶-۴-۴-۵ روش پولاریزاسیون خطی (پولاریزاسیون مقاومتی)

فصل ۶

۱۳۸	روشهای آزمایشات انجام شده در این بررسی
۱۳۸	۱-۶-۱ مقدمه
۱۴۰	۲-۶-۱ جزئیات آزمایش
۱۴۰	۱-۲-۶-۱ تهیه ذوب و ریخته‌گری شمش
۱۴۰	۱-۱-۲-۶-۱ برنز آلومینیم
۱۴۰	۲-۱-۲-۶-۱ آلیاژ آلومینیم- منیزیم
۱۴۰	۲-۲-۶-۱ تهیه شمش

صفحه	عنوان مطالب
۱۴۲	۳-۲-۶- نور
۱۴۳	۴-۲-۶- تهیه نمونه‌ها
۱۴۳	۱-۴-۲-۶- نمونه‌های کشش
۱۴۳	۲-۴-۲-۶- نمونه‌های غوطه‌وری در آب دریا در محل
۱۴۵	۳-۴-۲-۶- نمونه‌های غوطه‌وری در آب دریا در آزمایشگاه
۱۴۶	۴-۴-۲-۶- نمونه‌های آزمایش پولاریزاسیون
۱۴۶	۵-۲-۶- روش انجام آزمایش
۱۴۶	۱-۵-۲-۶- آزمایش غوطه‌وری در آب دریا در محل
۱۴۸	۲-۵-۲-۶- آزمایش غوطه‌وری در آب دریا در آزمایشگاه
۱۴۹	۶-۲-۶- روش اندازه‌گیری سرعت خوردگی از طریق الکتروشیمیایی
۱۴۹	۱-۶-۲-۶- رسم منحنی پولاریزاسیون آندی و کاتدی
۱۴۹	۱-۱-۶-۲-۶- روش آزمایش
۱۵۰	۲-۶-۲-۶- رسم منحنی پولاریزاسیون خطی
۱۵۰	۱-۲-۶-۲-۶- روش آزمایش

فصل ۷

نتایج آزمایشات انجام شده در محیطها و شرایط مختلف

۱۵۲

صفحه	عنوان مطالب
	فصل ۸
	بحث در نتایج
۱۸۷	۸-۱- وضعیت سطحی نمونه‌ها
۱۸۷	۸-۲- خوردگی عمومی
۱۸۷	۸-۲-۱- آلومینیم و آلومینیم - منیزیم
۱۹۰	۸-۲-۲- برنز آلومینیم
۱۹۲	۸-۲-۳- نتیجه
۱۹۲	۸-۳- خوردگی حفره‌ای
۱۹۲	۸-۳-۱- آلومینیم و آلومینیم - منیزیم
۱۹۳	۸-۳-۲- برنز آلومینیم
۱۹۳	۸-۳-۳- نتیجه
۱۹۴	۸-۴- بررسی الکتروشیمیایی
	فصل ۹
	نتیجه‌گیری
۱۹۵	۹-۱- آلیاژهای آلومینیم
۱۹۶	۹-۲- برنز آلومینیم
۱۹۷	۹-۳- مقایسه آلیاژ
۱۹۸	مراجع

فهرست جدا ول

صفحه	شماره وزیرنویس جدول
۳۷	جدول ۱-۲: غلظت فراوانترین یونها و ملکولها در آب دریا با شوری ۳۵ قسمت در هزار (چگالی آب دریا در ۲۵ درجه سانتیگراد برابر ۰/۰۲۳ گرم بر سانتیمتر مکعب است) [۴]
۴۲	جدول ۲-۲: غلظت فراوانترین یونها و ملکولها در آب رودخانه حاوی ۰/۴ میلی مولار کربنات کلسیم. [۴]
۴۳	جدول ۳-۲: هدایت ویژه آب دریا بصورت تابعی از دما و کلرینیت. (بر حسب سانتی متر، اهم) [۴].
۵۰	جدول ۴-۲: شواهد مورد استفاده در رابطه (۳-۲)، [۴]
۵۱	جدول ۵-۲: حلالیت اکسیژن در آب دریا به صورت تابعی از دما و شوری. (این مقادیر با استفاده از رابطه (۳-۲) بدست آمده اند) [۴]
۶۱	جدول ۶-۲: حفره ای شدن فولاد کربنی غوطه ور شده در آب دریای تمیز و آلوده (زمان ۴۶ روز) [۴].
۶۲	جدول ۷-۲: خوردگی لوله های آلایاژ مس در آبهای دریای تمیز و آلوده (زمان آزمایش ۶۴ روز) [۴].
۶۲	جدول ۷-۲: خوردگی لوله های آلایاژ مس در آبهای دریای تمیز و آلوده (زمان آزمایش ۶۴ روز) [۴].

- ۶۲ جدول ۸-۲: تاثیر سولفید هیدروژن موجود در آب دریا بر خوردگی لوله‌های کنده‌سورا زآلیاژهای مس [۴].
- ۷۲ جدول ۱-۳: آلیاژهای با پایه مس که معمولاً "مصارف دریا یی دارند [۹].
- ۷۶ جدول ۲-۳: آلیاژهای نوردی مس-آلومینیم ۱۱.
- ۷۹ جدول ۳-۳: نمونه‌ای از میزان تغییرات ترکیب آب برای ناحیه‌ای در داکوتای جنوبی [۹].
- ۷۹ جدول ۴-۳: سرعت خوردگی برای نمونه‌های کوپنی بر حسب هزارم اینچ در سال بر اساس کاهش وزن ۱۱.
- ۸۱ جدول ۵-۳: راهنمای خوردگی آلیاژهای مس [۱۴].
- ۸۳ جدول ۶-۳: شتاب در سرعت خوردگی فلزآندی زوج شده برای زوج شدن مس با فلز در آب جاری دریا پس از یکسال غوطه‌وری [۹].
- ۸۹ جدول ۷-۳: تنش برشی بحرانی برای آلیاژهای با پایه مس در آب دریا [۹].
- ۹۷ جدول ۱-۴: علامتگذاری گروههای آلیاژی آلومینیم [۱۲].
- ۱۰۳ جدول ۲-۴: دسته‌بندی نسبی مقاومت آلیاژهای نوردی آلومینیم نسبت به خوردگی عمومی و خوردگی تنش [۱۴].

- جدول ۳-۴: کاهش وزن متوسط وحداکثر عمق حفره‌ها برای نمونه‌های ورق آلومینیم پس از غوطه‌وری در آب دریا [۱۴].
- ۱۱۱
- جدول ۴-۴: کاهش وزن متوسط وحداکثر عمق حفره‌ها برای نمونه‌های اکستروژن آلایا ژهای آلومینیم بعد از غوطه‌وری در آب دریا [۱۴].
- ۱۱۱
- جدول ۵-۴: کاهش وزن متوسط (میلی گرم در متر مربع) برای آلایا ژهای آلومینیم در آب دریا. (از جدول (۳-۴) و (۴-۴)) [۱۴].
- ۱۱۲
- جدول ۱-۶: ترکیب شیمیایی فلزات و آلایا ژهای مورد بررسی
- ۱۳۹
- جدول ۲-۶: خواص مکانیکی و دما و زمان عملیات آنیل آلایا ژهای برنز آلومینیم و آلومینیم-منیزیم.
- ۱۴۴
- جدول ۳-۶: ابعاد نمونه‌های مختلف در محیط‌های مختلف.
- ۱۴۵
- جدول ۱-۷: نتایج خواص مکانیکی آلایا ژهای مورد استفاده در آزمایش غوطه‌وری.
- ۱۵۳
- جدول ۲-۷: تغییرات دمای محیط‌های آزمایش
- ۱۵۳
- جدول ۳-۷: وضعیت سطحی نمونه‌های غوطه‌وری برای دوره‌های مختلف در محیط‌های مختلف پس از آزمایش.
- ۱۵۴

- ۱۵۵ جدول ۴-۷: سرعت خوردگی آلیاژهای مورد آزمایش در دوره‌های مختلف در آزمایش غوطه‌وری در آب دریا ی خزر در محل.
- ۱۵۶ جدول ۵-۷: سرعت نفوذ حفره‌ها در آلیاژهای مورد آزمایش در آب دریا ی خزر در محل .
- ۱۰۷ جدول ۶-۷: سرعت خوردگی آلیاژهای مورد آزمایش در دوره‌ها ماهه در عمقهای مختلف در آب خلیج فارس در محل .
- ۱۵۷ جدول ۷-۷: سرعت نفوذ حفره‌ها در آلیاژهای مورد آزمایش در آب دریا ی خزر در محل .
- ۱۵۸ جدول ۸-۷: سرعت خوردگی آلیاژهای مورد آزمایش در دوره‌های مختلف آزمایش غوطه‌وری در آب دریا ی خزر در آزمایشگاه .
- ۱۵۹ جدول ۹-۷: نتایج سرعت خوردگی برای آلیاژهای جدول (۶-۱).
بطریق الکتروشیمیایی با استفاده از روش پولار-یزاسیون خطی