بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه ملایر

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد (گرایش سرامیک)

موضوع:

اعمال پوشش هیبریدی نانوساختار پایه سرامیکی- ممانعت کننده بوسیله فرایند سل- ژل و بررسی رفتار تریبیولوژی آن

استاد راهنما:

دکتر علی شانقی

دانشجو:

علی عبدی

بهمن ۹۲

به نام خدا

اعمال پوشش هیبریدی نانوساختار پایه سرامیکی- ممانعت کننده بوسیله فرایند سل- ژل و بررسی رفتار تریبیولوژی آن

به وسیله ی:

علی عبدی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی

از فعالیت های لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

مهندسی مواد(گرایش سرامیک)

از دانشگاه ملایر

ارزیابی و تأیید شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:

دکتر علی شانقی، استادیار مهندسی مواد(استاد راهنما).....

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به

به پدرم که صداقت، اراده و پشتکار را از او آموختم و چراغ زندگیم از او روشنی گرفت.

و روح مادر مهربانم ((به پاس فداکاری و بردباریش)) که راستی، صبر، تحمل و گذشتش همیشه از ذهنم پاک نخواهد شد و تمامی وجودش را برایم شرحه شرحه

کرد تا از جام دستش جرعه جرعه نوش کنم، او که هستی ام را وامدار دستان ملتمس سرریز از دعایش به پیشگاه الهی هستم.

که در طول تحصیل یاری گرم بودند و همراهیشان مشوق من در تمام زندگی است.

و تقدیم به:

همسر مهربانم

کسانی که همواره در جستجوی راهی نو برای نسلهای هستند که نو می رسند.....

کسانی که به کارهای گذشتگان خرسند نشده و راه بی پایان علم و معرفت را پایان یافته تلقی نمی کنند کسانی که نیک می دانند آیندگان به تلاش امروز آنان

هنرمندانه می نگرند نه بی هنرانه که به جز عیب نبینند.

قدردانی و سپاس

درود و سپاس خداوندی را سزاست که به تن و جان ما نیرو و سلامت بخشید تا در بالابردن سطح دانش و اطلاعات خود کوشا بوده و در خدمت به اجتماع و همنوعان عزیز تلاش وافر داشته باشیم ،همان طور که می دانیم انسان موجودی اجتماعی است بدین معنی که در زندگی خود با دیگر همنوعانش همواره در داد و ستد و تعامل است.

اکنون که کار نگارش این پایان نامه به انجام رسیده است و به به چند سال گذشته می اندیشم و مشکلات و فراز و نشیب تحصیلم را از نظر می گذرانم خود را مدیون انسانهای مهربان و بزرگواری می بینم که یاری و محبت یکایک آنان در به انجام رسیدن این دوره از زندگیم موثر بوده است و جا دارد از آنها برای همه محبت ها و الطاف ایشان نسبت به خود تشکر و قدردانی نمایم اگر چه می دانم مجال اندک این صفحات مراشرمنده بسیاری از آنان می نماید که یا به نامشان اشاره نمی شود و یا این اشاره در خور بزرگواریشان نخواهد بود.

و اینک که به یاری خداوند بزرگ و مساعدت و راهنمائی های استادان ارجمند و فاضل خود توفیق تحصیل در دوره کارشناسی ارشد نصیبم گردید، فرصت را غنیمت شمرده ، سپاس بیدریغ خود را به این بزرگواران تقدیم می دارم . هرچند تشکر از یاری ایشان در توان قلم نمی گنجد و بیم آن می رود که هرگونه توصیفی از عظمت محبتهای مبذوله آنان بکاهد. به امید آنکه قدرشناس حمایت بیدریغ و شایسته عشق بی پایانشان باشم .

در اینجا بر خودم واجب می دانم که از استادار جمند جناب آقای دکتر علی شانقی، دانشمند فرهیخته و دلسوزی که زحمت راهنمایی این مجموعه را تقبل نمودند و با عنایت به همه مشکلات صبورانه همواره مشوق من در ادامه راه بودند و با راهنمایی های فاضلانه خود در این پژوهش مرا همواره مدیون خویش ساختند. تشکر و قدردانی نمایم، که بهره مندی از راهنمایی های روشنگر ایشان در ارائه این پایان نامه برایم افتخاری همیشگی خواهد بود.

و این تحقیق میسر نبود جز با کمک بیدریغ جناب آقای دکتر علی شانقی، استاد فرزانه و دانشمندی که الفبای پژوهش را به من آموخت و سمت استادراهنما را در این پژوهش پذیرفتند، برای هر آنچه که به من آموختند صمیمانه سپاسگذارم .

نام خانوادگی دانشجو : عبدی نام :علی
عنوان پایان نامه : اعمال پوشش هیبریدی نانوساختار پایه سرامیکی- ممانعت کننده بوسیله فرایند سل- ژل و بررسی رفتار تریبیولوژی آن
استاد راهنما : دکتر علی شانقی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی مواد گرایش: سرامیک دانشگاه ملایر-گروه: مهندسی مواد تاریخ فارغ التحصیلی : بهمن ۱۳۹۲ تعداد صفحات:۱۰۹
کلید واژه : پوشش نانوساختار، ممانعت کننده، سل-ژل، ضد سایش-نانو دندانه گذاری-نانو خراش

چکیده

در این تحقیق اعمال پوشش خود ترمیم کننده از روش پوشش دهی سل ژل و مکانیزم کلی این فرآیند مورد بررسی قرار میگیرد سطح زیرلایه آلومینیومی پوشش داده شده بدون عامل ترمیم کننده بنزوتریازول از یک طرف و نیز وبادرصدهای مختلف ۳/٦،۱/۸و۵/٤ درصد بنزو تریازول جهت بررسی خواص تریبیولوژی ، سختی و استحکام توسط تست های مکانیکی نانو دندانه گذاری و نانو خراش مورد ارزیابی قرار میگیرد در ادامه خواص فازی،ساختاری و مورفولوژی پوشش توسط XRD،GIXRD،SEM،FESEMموردبررسی میگیردند.نتایج تمام آنالیزها حاکی از آن میباشد که پوشش خودترمیم کننده حاوی ۳/٦ درصد عامل خود ترمیم کننده بنزو تریازول که در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگرادعملیات حرارتی شده است از نظر مورفولوژی و ظاهر سطح دارای بیشترین میزان خود ترمیم کنندگی و نیز از نظر خواص مکانیکی دارای مناسب ترین میزان سختی و استحکام همزمان بوده، بنابراین پوشش هدف می باشد.

کلمات کلیدی: پوشش خود ترمیم کننده،سل-ژل ، خواص تریبیولوژی،نانو دندانه گذاری،نانو خراش

فهرست مطالب

فصل اول:مقدمه

۱-۱- مقدمه ---------- ۲

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده و پیشینه موضوع پژوهش

۲-۱ مقدمه ---------- ٦

۲-۲- انواع سیستمهای خود ترمیم کننده و مکانیزمهای آنها ---------- ٦

۲-۲-۱- سیستم های خود ترمیم کننده بر اساس رها کردن عامل ترمیم کننده ---------- ٦

۲-۲-۱-۱- جاسازی میکروکپسولها ---------- ۷

۲-۲-۱-۲- جا سازی الیاف توخالی ---------- ۹

۲-۲-۱-۳- سیستم میکروکانال ---------- ۱۰

۲-۲-۲- سیستم های خود ترمیم کننده بر اساس اتصال عرضی برگشت پذیر ---------- ۱۲

۲-۲-۲-۱- واکنش های دیلز-آلدر و واکنش های معکوس دیلز- آلدر ---------- ۱۳

۲-۲-۳- سیستم های خود ترمیم کننده بر اساس فناوری های متفرقه ---------- ۱۵

۲-۲-۳-۱- فناوری الکترو هیدرو دینامیک ---------- ۱٦

۲-۲-۳-۲- فناوری رسانایی ---------- ۱۷

۲-۲-۳-۳- فناوری مهاجرت نانو ذرات ---------- ۱۹

۲-۳- انواع روش‌های اعمال پوشش خود ترمیم‌کننده پایه سرامیکی و مقایسه انواع پوشش پایه سرامیکی ۲۰

۲-۳-۱- مقدمه ---------- ۲۰

۲-۳-۲- تولید پوششهای خود ترمیم کننده با استفاده از فرآیند سل-ژل ---------- ۲۰

۲-۳-۳- فرایند سل-ژل ---------- ۲۱

۲-۳-٤- انواع ژل ها ---------- ۲۲

۲-۳-٥- انواع مسیرهای فرآیند سل-ژل ---------- ۲۳

۲-۳-٦- مراحل فرآیند سل-ژل ---------- ۲٥

۲-۳-۷- مزایای فرآیند سل-ژل ---------- ۲٦

۲-۳-۸- معایب فرآیند سل-ژل ---------- ۲۷
۲-۳-۹- نکاتی در مورد فرآیند سل-ژل ---------- ۲۷
۲-٤- تولید پوششهای خود ترمیم کننده با استفاده از فرآیند آندایزینگ ---------- ۲۹
۲-٥- تولید پوششهای خود ترمیم کننده با استفاده از فرآیند آبکاری ---------- ۳۰
۲-٦- مقایسه انواع پوششهای سرامیکی و بیان ویژگی های آلومینا ---------- ۳۰
۲-۷- کاربرد پوششهای خود ترمیم کننده ---------- ۳۲
۲-۷-۱- کاربرد پوششهای خود ترمیم کننده در صنایع نظامی ---------- ۳۲
۲-۷-۲- کاربرد پوششهای خود ترمیم کننده در صنایع غیر نظامی ---------- ۳۳
۲-۷-۳- صنایع دریایی ---------- ۳٤
۲-۷-٤- صنایع نفت و گاز ---------- ۳٤
۲-۷-٥- حوزه انرژی ---------- ۳٥
۲-۷-٦- صنعت هوا فضا ---------- ۳٥
۲-۷-۷- صنعت خودرو ---------- ۳٦
۲-۷-۸- صنعت الکترونیک ---------- ۳٦
۲-۷-۹- صنعت چوب ---------- ۳٦
۲-۸- مکانهای ضروری برای استفاده پوششهای خود ترمیم کننده ---------- ۳۷
۲-۹- تحقیقات انجام شده در رابطه با بررسی خواص تریبیولوژی پوشش ایجاد شده به روش سل-ژل- ۳۸

فصل سوم: روش انجام آزمایش

۳-۱- تهیه محلول پوشش دهی ---------- ٤۹
۳-۱-۱- مواد اولیه ---------- ٤۹
۳-۱-۲- روش تهیه محلول ها ---------- ٤۹
۳-۲اعمال پوشش ---------- ٥۳
۳-۲-۱- نحوه پوشش دادن ---------- ٥۳
۳-۲- ۲- مراحل پوشش کاری و سیکل عملیات حرارتی ---------- ٥۳
۳-۳- روش های ارزیابی پوشش ---------- ٥٦

۳-۳-۱- آنالیز XRD ---------- ۵۷
۳-۳-۲- آنالیز SEM ---------- ۵۷
۳-٤ آزمونهای سایش ---------- ۵۸
۳-٤-۱- آزمون نانو دندانه گذاری ---------- ۵۸
۳-٤-۲-آزمون نانو خراش ---------- ۵۸
۳-٤-۲-۱- روش انجام آزمون ---------- ۵۹

فصل چهارم: نتایج و بحث

٤-۱- مقدمه ---------- ٦۱
٤-۲- سنتز پوشش نانو ذرات آلومینا ---------- ٦۲
٤-۳- بررسی خواص فازی و ساختاری پوشش خود ترمیم کننده پایه آلومینایی ---------- ٦۷
٤-٤- بررسی خواص نانو مکانیکی و نانو خراش پوشش خود ترمیم کننده ---------- ۷۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری ---------- ۸۹
منابع و ماخذ ---------- ۹۱
چکیده انگلیسی ---------- ۹٤

فهرست جداول

جدول ۲-۱- افزایش سختی با افزایش ضخامت پوشش ----------۳۹

جدول ۲-۲- سحنی و مدول یانگ در درصدهای مختلف پوشش سیلیکا ----------٤٠

جدول ۲-۳- سختی بر حسب مدول یانگ برای سه ماده مختلف پرکننده----------٤٣

جدول ۳-۱- نام تجاری، درصد خلوص، فرمول شیمیایی و شرکت سازنده مواد مورد استفاده -------٥٠

جدول ٤-۱- خواص نانو مکانیکی پوشش خودترمیم کننده ---------- ۸۲

فهرست اشکال

۲-۱.شماتیکی از مفهوم خودترمیم کنندگی با استفاده از میکرو کپسولهای جاسازی شده ---------- ۸

۲-۲. شماتیکی از مفهوم خود ترمیم کنندگی با استفاده از جاسازی الیاف تو خالی ---------- ۱۰

۲-۳ .تصویرSEMالیاف شیشه ای تو خالی نمونه وار ---------- ۱۰

۲-٤.خود ترمیم کنندگی میکرو کانالی زیست تقلیدی---------- ۱۱

۲-۵ .ترمیم شوندگی ترکهای پوشش بواسطه مواد ترمیم کننده موجود در شبکه زیرلایه---------- ۱۲

۲-٦ .اتصالات عرضی غیر کووالانسی زنجیره ای پلی امید ---------- ۱٤

۲-۷.تشکیل پلیمر اتصال عرضی شده ---------- ۱۵

۲-۸ .واکنش های دیلز آلدر ---------- ۱۵

۲-۹.نمایش تجمع الکترو هیدروستاتیک ذرات ---------- ۱۷

۲-۱۰.نمایش مواد خود ترمیم کننده رسانا ---------- ۱۹

۲-۱۱. فناوری سل ژل ---------- ۲۱

۲-۱۲. مراحل انجام فرآیند سل ژل ---------- ۲٦

۲-۱۳ . نانو دندانه گذاری با سه ماده مختلف پرکننده در حداکثر بار ۱۰ میکرو نیوتن ---------- ٤۱

۲-۱٤. تصاویر AFMاز تست نانو دندانه گذاری ---------- ٤۲

۲-۱۵.تصاویر AFM از تست نانو خراش ---------- ٤۲

۲-۱٦.تصاویر حاصل از میکرو سختی بیرینگ فولادی و پوششDLC ---------- ٤٤

۲-۱۷ . سختی بر حسب جابجایی ---------- ٤۵

۲-۱۸ . ضریب اصطکاک بر حسب جابجایی ---------- ٤٦

۳-۱ . فلوچارت مراحل تهیه محلول شماره یک ---------- ۵۱

۳-۲ . فلوچارت مراحل تهیه محلول شماره دو ----------۵۲

۳-۳ . فلوچارت مراحل تهیه محلول شماره پنج ----------۵٤

٤-۳ . سیکل عملیات حرارتی مورد استفاده در مرحله اول پوشش دهی ----------۵۵

۵-۳ . سیکل عملیات حرارتی مورد استفاده در مرحله دوم پوشش دهی ----------۵۵

٦-۳ . سیکل عملیات حرارتی مورد استفاده در مرحله پنجم پوشش دهی ----------۵٦

٤-۱.الگوی پراش پودرهای سنتز شده در دمای ۱۲۰و۱۵۰و۱۸۰و۹۰۰°C ----------٦۳

٤-۲. الگوی پراش پودر سنتز شده در دمای ۹۰۰°C ----------٦٤

٤-۳. تصاویر FESEMمربوط به پودر آلومینای تهیه شده در دمای۱۲۰°C ----------٦۵

٤-٤. تصاویر FESEMمربوط به پودر آلومینای تهیه شده در دمای۵۰۰°C ----------٦٦

٤-۵. تصاویر SEM مربوط به پوشش های عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۰°C با درصدهای مختلف بنزوتریازول ----------٦۷

٤-٦. تصاویر FESEM پوشش‌های عملیات حرارتی شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد با درصد های مختلف بنزوتریازول ----------٦۸

٤-۷.الف و ب)تصاویر FESEM مربوط به عدم ترمیم شدن ترک ها در پوشش بدون عامل ترمیم کننده -٦۹

٤-۸.منحنی XRDپوشش بدون عامل ترمیم کننده ----------٦۹

٤-۹. الف و ب)تصاویر SEM ، ج) و د) تصاویر FESEM مربوط به ترمیم جزئی ترک ها در پوشش حاوی ۱/۸درصد بنزوتریازول ----------۷۰

٤-۱۰.منحنی GIXRD پوشش خود ترمیم کننده پایه آلومینیومی حاوی ۱/۸درصد بنزوتریازول -------۷۱

٤-۱۱. منحنی XRD پوشش خود ترمیم کننده پایه آلومینیومی حاوی ۱/۸درصد بنزوتریازول --------۷۲

٤-۱۲. الف وب)تصاویر SEM ، ج، د و ه)تصاویر FESEM مربوط به ترمیم ترک ها در پوشش حاوی ۳/٦درصد بنزوتریازول----------۷۳

٤-١٣. منحنی GIXRD پوشش خود ترمیم کننده پایه آلومینیومی حاوی ٣/٦درصدبنزوتریازول -------٧٤

٤-١٤. منحنی XRD پوشش پایه آلومینیومی حاوی ٣/٦درصدبنزوتریازول ----------٧٤

٤-١٥. الف، ب، ج و د)تصاویر SEM ، ه و و)تصاویر FESEM مربوط به ترمیم ترک ها در پوشش حاوی ٥/٤درصدبنزوتریازول ----------٧٥

٤-١٦. منحنی GIXRD پوشش خود ترمیم کننده پایه آلومینیومی حاوی ٥/٤درصدبنزوتریازول -------٧٦

٤-١٧. منحنی XRD پوشش پایه آلومینیومی حاوی ٥/٤درصدبنزوتریازول ----------٧٧

٤-١٨. تصاویر SEM مربوط به پوشش با درصد مناسب بنزوتریازول تحت عملیات حرارتی شده در سه دمای مختلف ----------٧٧

٤-١٩.منحنی GIXRD پوشش خود ترمیم کننده پایه آلومینیومی حاوی ٣/٦درصدبنزوتریازول عملیات حرارتی شده در دمای ١٥٠°C ----------٧٨

٤-٢٠. منحنی GIXRD پوشش خود ترمیم کننده پایه آلومینیومی حاوی ٣/٦درصدبنزوتریازول عملیات حرارتی شده در دمای ١٨٠°C ----------٧٩

٤-٢١. منحنی نانو دندانه گذاری،الف) آلومینیوم بدون پوششوب)پوشش خود ترمیم کننده حاوی درصدهای مختلف بنزوتریازول ----------٨١

٤-٢٢. ضریب اصطکاک پوشش خود ترمیم کننده در درصدهای مختلف بنزوتریازول ----------٨٤

٤-٢٣.منحنی تغییرات نیروی مماس سطح بر حسب زمان پوشش خود ترمیم کننده ----------٨٥

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

مواد خود ترمیم کننده موادی با قابلیت ترمیم در مقابل خراش و خمش می‌باشند که امروزه توجه زیادی را در علم مواد به خصوص در مواد پلیمری با این خاصیت به خود جلب کرده‌اند. با استفاده از این مواد هواپیماها می‌توانند ایمنی سفر خود را حتی در صورت آسیب دیدن حفظ کنند، ، کشتی‌ها می‌توانند با وجود صدمه دیدن در دریاهای بزرگ شناور بمانند، تجهیزات نفتی و خط لوله‌ها می‌توانند در برابر آسیب های طبیعی مقاومت کنند. به علت نیاز به ارتقاء پایداری، ایمنی و زیبایی محصولات، بازارهای آینده بیشتر نیازمند این مواد خواهد بود.

مفهوم مواد پلیمری خود ترمیم کننده برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ میلادی به عنوان روشی که میکروترک های نامرئی را ترمیم کرده و عمر و ایمنی سازه های پلیمری را توسعه می دهد، پیشنهاد گردید. در سال ۱۹۹۳ مقالاتی با این موضوع بوسیله آقایان درای[1] و سوتوس[2] منتشر شد وپس از آن در سال ۲۰۰۱ آقای وایت[3] توجه دنیا را به این مواد جلب کرد. در حقیقت نخستین تجربه عملی مواد خود ترمیم کننده بوسیله ایشان انجام شد.به نحوی که عمل خود ترمیم کنندگی مواد با جا دادن عوامل ترمیم کننده کپسوله شده در زمینه پلیمری حاوی کاتالیزگرهای پراکنده شده به دست آمد.

---

[1] Dry

[2] Sottos

[3] White

مکانیزم کلی پوشش های خود ترمیم کننده که در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفته است به این صورت می باشد که اتم ها یا مولکول‌ها از موقعیت اولیه شان در همسایگی ناحیه آسیب دیده به سمت ترک موجود حرکت کرده و هرگاه آنجا رسیدند، تماس فیزیکی بین دو طرف ترک را برقرار میکنند به نحوی که ماده ای که به تازگی در ترک رسوب کرده توانایی تحمل بار را بالا خواهد برد. نتیجه اصلی، بازیابی خواص مکانیکی اولیه و دیگر خواص فیزیکی می باشد.

هدف از ساخت پوشش های خود ترمیم کننده، ایجاد حفاظت فعال در سیستم پوشش است. به این صورت که نه تنها سطح مورد نظر با روشی پوشش داده می شود که خواص حفاظتی پوشش های غیر فعال را دارد، بلکه ایجاد ویژگی خود ترمیم کنندگی را نیز دارد و حفاظت از فلز، بعد از تخریبات جزیی در پوشش همچنان ادامه می یابد.

سالانه مبالغ هنگفتی از طرف دولت ها صرف ترمیم و بازسازی خسارات ناشی از سایش میشودکه میتوان با انجام تحقیقات مناسب و صرف هزینه هایی پژوهشی راه حل مناسبی برای غلبه بر این مشکل پیدا کرد.

مشکل سایش امروزه به شکلهای مختلف باعث تخریب قطعات میگردد که در این بین سایش خراشان به خاطر ماهیتش بیشترین تاثیر را در تخریب قطعات دارد که با طراحی مناسب قطعات،میزان بار اعمالی،سرعت حرکت مناسب و... میتوان تا حدود زیادی از وقوع این نوع سایش جلوگیری کرد.

تکنولوژی از روزهایی که مواد ساخته شده به دست بشر می توانند هنگام شکست ساختار خود را باز یابند دور نیست. برای مثال ترک های در ساختمان ها می توانند در روی خودشان بسته شوند یا خراش های روی بدنه ماشین ها می توانند به وسیله خودشان به ظاهر براق خودشان باز گردند. این شبیه همان چیزی است که هر کسی می تواند درزندگی شخصی خویش به هنگام ترمیم خودبخود و طبیعی زخم ها ببیند. واقعا همه مواد با گذشت زمان در

معرض از بین رفتن طبیعی یا مصنوعی هستند. در مورد مواد ساختمانی فرآیند تخریب طولانی مدت منجر به میکروترک هایی می شود که باعث شکست خواهد شد. بنابراین برای اینکه قابلیت اطمینان و عمر مواد را بالا ببریم نیازمند تعمیر و نگهداری آنها هستیم. اگرچه دانشمندان با فرآیندهای طبیعی لخته شدن خون یا ترمیم استخوان های شکسته شده آشنا هستند با این حال تعمیم این فرآیند به مواد مهندسی به خاطر طبیعت پیچیده فرآیند های ترمیم در بدن انسان ها و حیوانات شاید دور از ذهن باشد. اما خبر اخیرشرکت نیسان در مورد پخش تجاری رنگ های ترمیم کننده خراش برای استفاده در بدنه های ماشین ها در مورد چنین خاصیت شگفت انگیزی از مواد توجه عموم را به خود جلب کرده است.

خاصیت خود ترمیم کنندگی می تواند به عنوان توانایی یک ماده در ترمیم کردن آسیب به طور اتوماتیک و بدون هیچ مداخله خارجی تعریف شود. از عباراتی مثل "خود تعمیرکنندگی"، "ترمیم کنندگی اتوماتیک"، هم برای تعریف چنین خاصیتی در مواد استفاده می شود. البته در برخی موارد خاصیت خود ترمیم کنندگی بوسیله یک محرک خارجی به دست می آید.

بنابراین خود ترمیم کنندگی دو نوع می باشد:

۱- اتوماتیک (بدون هیچ مداخله ای)

۲- غیر اتوماتیک (نیاز به مداخله انسان یا محرک خارجی دارد).

تحقیق حاضر پوشش خودترمیم شونده از نوع اتوماتیک را اعمال کرده و درنهایت خواص تریبیولوژی[1] آنرا مورد ارزیابی قرار می دهد.

[1]Tribiology

فصل دوم:

مروری بر مطالعات انجام شده و

پیشینه موضوع پژوهش

۲-۱ مقدمه

سیستم های خود ترمیم کننده دارای انواع مختلفی میباشند که برحسب محل مورد استفاده ،دمای کاری،ضخامت مورد نیازپوشش و اتوماتیک یا غیر اتوماتیک بودن روش ، روش مناسب انتخاب میگردد.تلاش بر این است که جهت اعمال یک پوشش مناسب و عاری از ترکهای ناشی از پوشش دهی در مرحله اولیه انتخاب روش اعمال پوشش، با مطالعه کافی روش مناسب انتخاب گردد.

۲-۲-انواع سیستم های خود ترمیم کننده و مکانیزم های آنها

۲-۲-۱-سیستم های خود ترمیم کننده بر اساس رها کردن عامل ترمیم کننده

عوامل فعال مایع نظیر مونومرها[1]،رنگینه ها[2]،کاتالیزگرها[3] و سختگرهای[4] اعمال شده درمیکروکپسول ها،الیاف توخالی یا کانالهای توخالی همزمان با تولیدشان در سیستم های پلیمری جا داده می شوند. وقتی که ترکی در روی سطح بوجود آمد، این مخازن گسیخته می شوند و عوامل واکنشی بوسیله نیروی موئین در داخل ترکها ریخته می شوندو آنها در حضور کاتالیزگرهای قبلا پراکنده شده منجمد شده و ترک ترمیم می شود. نیروی محرکه اصلی در این فرآیند انتشار ترکها می باشد. از سوی دیگر انتشار ترک ها به تنش ناشی از ترک نیاز دارد تا

---

[1] Monomers
[2] Dyes
[3] Catalysts
[4] Hardners