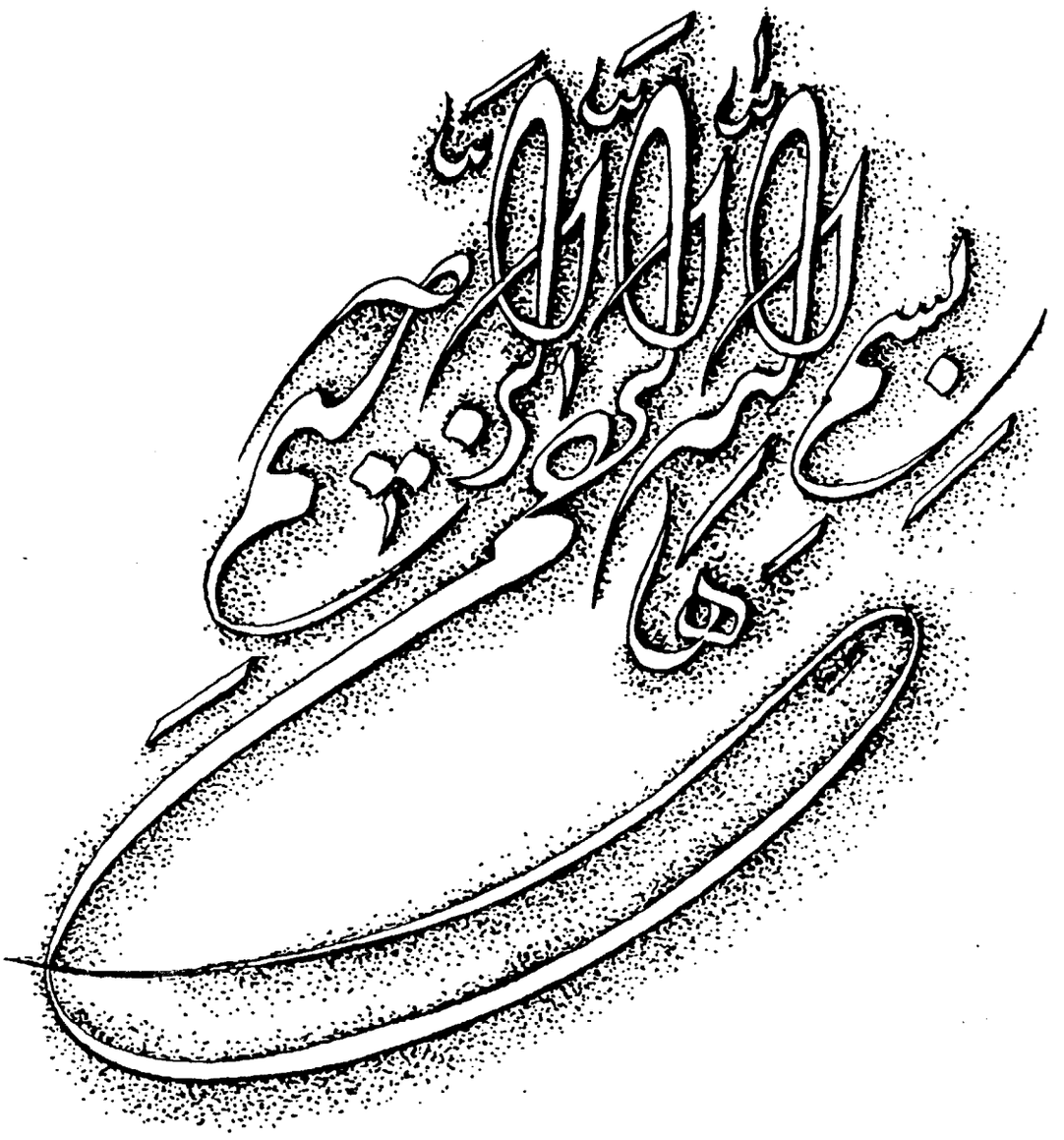

٧٩٤٥٢

۱۳۸۰ /۴/ ۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی ـ بخش مهندسی متالورژی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشتهٔ مهندسی متالورژی

تحت عنوان

بررسی اثر نحوهٔ آماده سازی سطح، بر دوام رنگهای سیلیکونی درکوره آهک پزی مجتمع مس سرچشمه

مؤلف:

مصطفی راستگو

012194

استاد راهنما:

دکتر عبدالحمید جعفری

استاد مشاور:

دکتر مرتضی زندرحیمی

۲۵۶۶۸

اسفند ۱۳۷۹

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی متالورژی دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دورهٔ مزبور شناخته نمی‌شود.

نام و نام خانوادگی	امضاء
دانشجو: مصطفی راستگو	
استاد راهنما: عبدالحمید جعفری	
استاد مشاور: دکتر مرتضی زندرحیمی	
داور ۱: دکتر محمّد کرمی نژاد	
داور ۲: دکتر شهریار شرفی	

حق چاپ محفوظ و مخصوص مؤلف است.

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

تقـدیم

به پدر بزرگوارم

که هر آنچه دارم از اوست و وجودم در وجودش معنا می‌یابد.

به مادر مهربانم

که پرمعناترین واقعیت هستی‌ام و دلسوزترین چهرهٔ زندگیم است.

به همسر عزیزم

که با نهایت گذشت و فداکاری در تهیه و تنظیم این پایان‌نامه یاریم نمود.

تشکر و قدردانی

خداوند منّان را سپاس می‌گویم که قادرم گرداند تا این نوشتار را به پایان برم. حال که با عنایت الهی موفق به ارائه پایان‌نامهٔ حاضر شده‌ام، بر خود لازم می‌دانم تا از کسانی که به نحوی در تهیه و تکمیل آن مرا یاری نمودند، تقدیر نمایم.

از استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر عبدالحمید جعفری که در کلیهٔ مراحل مختلف این تحقیق و پژوهش بار اصلی را بر عهده داشتند، کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورم. همچنین از جناب آقای دکتر مرتضی زندرحیمی استاد مشاور اینجانب و ریاست محترم بخش مهندسی متالورژی دانشگاه شهید باهنر کرمان به خاطر راهنمائیها و همکاریهای بی‌دریغشان تشکر می‌کنم.

از هیئت محترم داوران آقایان دکتر محمّد کرمی‌نژاد و دکتر شهریار شرفی که بنده را مورد لطف خود قرار دادند قدردانی می‌نمایم.

از مدیریت محترم مرکز تحقیقات و مطالعات مجتمع مس سرچشمه جناب آقای مهندس نوبری، که با درایت خویش راهی تازه در ایجاد ارتباط میان صنعت و دانشگاه گشودند، سپاسگزاری می‌نمایم. همچنین از ریاست محترم تحقیقات پیرومتالورژی جناب آقای مهندس نیکنژاد که حمایتهای لازم را از اینجانب به عمل آوردند تشکر و قدردانی می‌کنم.

از جناب آقای مهندس خوشنیاز مشاور صنعتی پروژه به خاطر راهنماییها در طول پروژه، سپاسگزاری می‌نمایم. از جناب آقای دکتر سعیدرضا الله‌کرم استاد گروه متالورژی و مواد دانشگاه تهران به خاطر همکاریهای فراوان تشکر می‌کنم.

از ریاست محترم تحقیقات هیدرومتالورژی جناب آقای مهندس حسنی و نیز از جناب آقایان مهندس ملایری و مهندس آتش دهقان به منظور راهنماییهای ارزنده در طول پروژه، تقدیر می‌نمایم.

از سرکار خانم پرتو آذر رئیس محترم تحقیقات و فرآوری مواد معدنی و سرکار خانم مانی مسئول بخش اطلاع رسانی مرکز علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان تشکر می‌کنم.

از جناب آقایان مهندس مجید زارع و فریدون دریانورد و موسی ترکمانی به خاطر حمایتهای فراوان تشکر به عمل می‌آورم.

در نهایت از مسئولین محترم مرکز علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان که در طول انجام پروژه با ما همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

مصطفی راستگو

اسفندماه ۱۳۷۹

چکیده

رنگهای مقاوم به حرارت از نوع سیلیکونی جهت حفاظت سطوح کوره‌ها، مبدّلهای حرارتی و سایر قسمتهایی که دمای بالا دارند، بکار برده می‌شوند. در این میان نحوهٔ آماده‌سازی سطح اثر مهمّی در دوام و بقای پوشش دارد. جهت بررسی تأثیر نوع ذرّات مورد استفاده در آماده‌سازی سطح از دو نوع مادهٔ ساینده، متشکل از سربارهٔ جامد خرد شده کوره ریورب مجتمع مس سرچشمه و ماسه سیلیسی استفاده شد. این مواد با دانه‌بندی مشخص برای ایجاد سطح Sa3 تحت شرایط یکسان، به سطح فولاد کربنی DIN:St 37-3 که از جنس مواد مصرفی در ساخت کوره آهک پزی مجتمع می‌باشد، پاشیده و سطوح به کمک تصاویر میکروسکوپی و نیز نمودارهای بدست آمده از دستگاه Perthometer M4P مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. محاسبهٔ طول منحنی‌ها به عنوان مقیاس سطح، به کمک Curve meter نشان دهنده آن است که سطح مؤثر ایجاد شده به کمک سربارهٔ جامد خرد شده حدود ۱/۳۷ برابر بیشتر از ماسهٔ سیلیسی است. در آزمایشهای دیگر بلافاصله پس از آماده سازی سطوح به وسیله دو مادهٔ ساینده، رنگهای آلکیدسیلیکون آلومینیومی و سیلیکون آلومینیومی را با ضخامت ۱۵ تا ۲۰ میکرون ایجاد کردیم و سیکل حرارتی مطابق با ASTM D2485-84 بر روی پوشش نمونه‌ها اعمال گشتند. با استفاده از آنالیزهای SEM و EDAX مشخص شد که رنگ سیلیکون آلومینیومی در مقابل حرارت پایداری بیشتری نسبت به رنگ آلکیدسیلیکون آلومینیومی دارد. این امر به دلیل آن است که رنگ سیلیکون آلومینیومی بیشتر ساختمان معدنی دارد. بعلاوه تعیین گردید که رنگ آلکید سیلیکون آلومینیومی روی سطحی که به وسیلهٔ سربارهٔ جامد، آماده شده تا حدود ۳۱۵°c پایدار است. در صورتیکه همین رنگ روی سطحی که بوسیلهٔ ماسهٔ سیلیسی مورد پاشش قرار گرفته است، دچار جدایش در فصل مشترک می‌شود. از طرف دیگر مشخص شد رنگ سیلیکون آلومینیومی نیز روی سطحی که بوسیلهٔ سرباره جامد آماده شده تا نزدیک ۴۸۰°c پایدار می‌باشد. ولی رنگ مذکور روی سطح آماده شده به کمک ماسهٔ سیلیسی دچار انهدام و از هم پاشیدگی می‌گردد.

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصـــل اوّل ـ کلیّات

۱-۱- مشخصات کلی از کوره آهک پزی مجتمع مس سر چشمه کرمان ۲

فصـــل دوّم ـ مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- رنگدانه‌ها (Pigments) ۷

۲-۲-۱- خصوصیات عمومی رنگدانه‌ها ۷

۲-۲-۱-۱- قدرت همرنگ کنندگی (Tinting Strength) ۷

۲-۲-۱-۲- پایداری در مقابل نور (Ligth Fastness) ۸

۲-۲-۱-۳- قدرت پوشانندگی (Opacity Strength) ۸

۲-۲-۱-۴- اندازه ذرات (Particle Size) ۹

۲-۲-۱-۵- سطح تماس ذرات (Surface Area of Particles) ۱۰

۲-۲-۱-۶- جذب روغن (Oil Absorption) ۱۰

۲-۲-۱-۷- شکل ذرات (Shapes of Particle) ۱۱

۲-۲-۱-۸- فعالیت شیمیایی (Chemical Reactivity) ۱۱

۲-۲-۱-۹- پایداری گرمایی (Thermal Stability) ۱۲

۲-۲-۲- رنگدانه‌های معدنی ۱۲

۲-۲-۲-۱- دی اکسید تیتانیوم (Titanium Dioxde) ۱۲

۲-۲-۲-۲- اکسید روی (Zinc Oxide) ۱۴

۲-۲-۲-۳- اکسید آنتیموان (Antimony Oxide) ۱۴

۲-۲-۲-۴- پلمبات کلسیم (Calcium Plumbate) ۱۴

۲-۲-۲-۵- لیتوپون (Lithopone) ۱۵

۲-۲-۲-۶- سرب (White Lead) ۱۵

عنوان | صفحه

۲-۲-۲-۷- آلومینیوم (Aluminium) ۱۶
۲-۲-۲-۸- فولاد زنگ نزن (Stainless Steel) ۱۶
۲-۲-۲-۹- تری‌هیدرات آلومینا (Alumina Trihydrate) ۱۷
۲-۳- رزینها (Resins) ۱۷
۲-۳-۱- رزینهای آلکید (Alkyd Resins) ۱۸
۲-۳-۲- رزینهای اپوکسی (Epoxy Resins) ۱۹
۲-۳-۳- رزینهای پلی امید (Polyamide Resins) ۲۱
۲-۳-۴- رزینهای سیلیکونی (Silicone Resins) ۲۱
۲-۳-۵- رزینهای آکریلیک (Acrylic Resins) ۲۶
۲-۳-۶- رزینهای آمینه (Amino Resins) ۲۸
۲-۴- حلالها (Solvents) ۲۸
۲-۴-۱- خصوصیات عمومی حلالها ۲۹
۲-۴-۱-۱- قدرت حلالی (Solvent Power) ۲۹
۲-۴-۱-۲- امتزاج پذیری حلالها (Miscibility of Solvents) ۲۹
۲-۴-۱-۳- ارزش کایوری بوتانول (Kauri-Butanol Value) ۳۰
۲-۴-۱-۴- سرعت تبخیر (Rate of Evaporation) ۳۱
۲-۴-۱-۵- نقطه اشتعال و قابلیت شعله‌وری (Flammability Flash Point and) ۳۲
۲-۴-۱-۶- سمیّت حلالها (Toxicity of Solvents) ۳۳
۲-۴-۲- طبقه‌بندی حلالها (Classification of Solvents) ۳۳
۲-۴-۲-۱- حلالهای هیدروکربنی (Hydrocarbon Solvents) ۳۴
۲-۴-۲-۱-۱- هیدروکربنهای آلیفاتیکی (Aliphatic Hydrocarbons) ... ۳۴
۲-۴-۲-۱-۲- هیدروکربنهای آروماتیکی (Aromatic Hydrocarbons) . ۳۵
۲-۴-۲-۱-۳- هیدروکربنهای نفتنیکی (Naphthenic Hydrocarbons) . ۳۷

مرکز تحقیقات صنایع رنگ ایران

عنوان	صفحه

۲-۴-۲-۱-۴- ترپنها (Terpenes)..... ۳۸

۲-۴-۲-۲- حلالهای اکسیژن‌دار (Oxygenated Solvents)..... ۳۹

۲-۴-۲-۲-۱- کتونها (Ketones)..... ۳۹

۲-۴-۲-۲-۲- الکلها (Alcohols)..... ۴۰

۲-۴-۲-۲-۳- اترها (Ethers)..... ۴۲

۲-۴-۲-۳- سایر حلالها..... ۴۲

۲-۴-۲-۳-۱- هیدرو کربنهای کلردار (Chlorinated Hydrocarbons). ۴۲

۲-۴-۲-۳-۲- هیدروکربنهای نیتروژن‌دار (Nithrated Hydrocarbons) ۴۳

۲-۵- آماده سازی سطح..... ۴۳

۲-۵-۱- چسبندگی و ارتباط آن با آماده سازی سطح..... ۴۴

۲-۵-۱-۱- پیوندهای شیمیایی..... ۴۴

۲-۵-۱-۲- پیوندهای قطبی..... ۴۵

۲-۵-۱-۳- پیوندهای مکانیکی..... ۴۵

۲-۵-۲- درجات مختلف زنگ زدگی..... ۴۷

۲-۵-۳- درجات مختلف تمیز کردن سطح..... ۴۹

۲-۵-۳-۱- تمیز کردن بصورت پاشش خفیف (Light Blast-Cleaning) ... ۴۹

۲-۵-۳-۲- تمیز کردن بصورت پاشش کامل (عمیق)..... ۵۰

۲-۵-۳-۳- تمیزکردن بصورت پاشش کاملاً عمیق..... ۵۱

۲-۵-۳-۴- تمیز کردن بصورت پاشش تا درجه‌ای که تمیزی فولاد با چشم دیده شود ۵۲

۲-۵-۴- تمیز کردن سطح بوسیله مواد ساینده (تمیزکاری سایشی) ۵۲

۲-۵-۴-۱- وسیله ماسه پاشی روباز (Open Cleaning) ۵۳

۲-۵-۴-۲- وسیله‌ای که از راه ایجاد خلاءمواد سایشی را روی سطح پرتاب می‌کند .. ۵۴

۲-۵-۴-۳- موادساینده (Abrasives)..... ۵۵

عنوان	صفحه

۲-۵-۵- نقش پروفیل ایجاد روی سطح ۵۶
۲-۶- آزمایشهای فیلم خشک شده رنگ ۵۸
۲-۶-۱- اندازه‌گیری ضخامت ۵۸
۲-۶-۲- آزمایش خمش ۶۰
۲-۶-۳- آزمایش چسبندگی ۶۰
۲-۶-۴- اندازه‌گیری سختی ۶۰
۲-۷- مروری بر تحقیقات گذشته ۶۱

فصل سوّم - روش پژوهش

۳-۱- تهیه نمونه‌های فولادی و مواد ساینده ۷۵
۳-۲- مشخصات فنی رنگهای تهیه شده ۷۵
۳-۳- نحوه آماده سازی سطوح ۷۶
۳-۴- ایجاد پوششها روی سطوح آماده سازی شده ۷۶
۳-۵- روش اعمال حرارت و تعیین ضخامت پوششها ۷۷
۳-۶- جداکردن رنگدانه از رنگها ۷۷
۳-۷- بررسی دستگاههای Perthometer M4P و Curvemeter ۷۸
۳-۸- بررسی‌های میکروسکوپ نوری (O.M) ۷۸
۳-۹- بررسی میکروسکوپ الکترونی (SEM) ۷۸

فصل چهارم - نتایج

۴-۱- نتایج ۸۱

فصل پنجم - بحث و بررسی نتایج

۵-۱- بحث و بررسی نتایج ۱۱۵
۵-۲- نتیجه‌گیری ۱۳۰
۵-۳- پیشنهادات ۱۳۲
فهرست منابع و مراجع ۱۳۳

فصل اول

کلیات

معدن مس سرچشمه در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان و ۵۵ کیلومتری جنوب رفسنجان قرار دارد. ذخیره کل معدن بالغ بر یک میلیارد و دویست میلیون تن سنگ سولفوری با عیار ۰/۷ درصد مس است. تاریخ راه اندازی واحدهای مختلف مجتمع مس سرچشمه از سال ۱۳۵۳ با شروع عملیات استخراج تا سال ۱۳۶۵ زمان راه‌اندازی واحد ریخته‌گری بوده است. عملیات بهره‌برداری در مجتمع شامل استخراج، تغلیظ، ذوب، پالایش و ریخته‌گری می‌باشد [۱].

۱-۱- مشخصات کلی از کوره آهک پزی مجتمع مس سر چشمه کرمان

کنترل قلیائیت محیط شناور سازی مس، یکی از فاکتورهای مهم در عملیات تغلیظ بوده که این امر به کمک افزودن شیر آهک صورت می‌پذیرد. برای تهیه شیر آهک، سنگ آهک توسط دو سنگ شکن فکی و مخروطی، خرد شده و به وسیله الک دانه بندی می‌گردد تا جهت پخت وارد کورهٔ پخت آهک شود. آهک آنگاه به آسیاب گلوله‌ای وارد گشته و به همراه آب، آسیاب می‌شود. شیر آهک تهیه شده پس از دو مرحله دانه بندی توسط پمپ به مخازن ذخیره، جهت مصرف کارخانه تغلیظ، منتقل می‌شود [۱].

کوره آهک پزی مجتمع مس سرچشمه به طول ۷۶ متر و قطر ۲/۷ متر از فولاد مقاوم در برابر حرارت ساخته شده است. ضخامت فولاد در قسمتهای اصلی ۲۰، در انتهای خنک کننده ماهواره‌ای ۲۸ تا ۳۲، در زیر رینگهای اتکا ۵۵ و در زیر دنده‌های محیطی ۳۲ میلیمتر می‌باشد. در هر ساعت ۱۱ الی ۱۲ تن سنگ آهک وارد کوره می‌گردد. این کوره با سوخت مایع کار می‌کند که در هنگام روشن کردن از گازوئیل و پس از آن مازوت می‌باشد. سرعت دوران آن بین ۰/۵ تا ۱/۵ دور در دقیقه است که غالباً سرعت معمولی آن ۱ دور در دقیقه می‌باشد. زمان ماندن مواد در کوره بستگی به سرعت کوره و دانه بندی مواد داشته و حدود ۵ تا ۱۰ ساعت طول می‌کشد.دانه بندی خوراک ۶ تا ۱۹ میلیمتر و خلوص آهک پخته ۷۳ تا ۷۷ درصد می‌باشد. کوره در محل تغذیه، مجهز به یک سیستم پروانه بالا برنده داخلی به طول ۲/۵ متر و یک مبدّل حرارتی به طول تقریبی ۱۴ متر می‌باشد [۲].

دمای داخل و همچنین پوسته کوره در نقاط مختلف طولی آن به صورت جدول زیر است.

جدول ۱-۱- دمای داخل و پوسته کوره در نقاط مختلف طولی آن [۴].

وضعیت	ابتدای کوره	میانه کوره	انتهای کوره
داخل کوره	۹۰۰-۱۳۰۰°c	۴۵۰-۶۰۰°c	۳۵۰°c
پوسته کوره	۳۵۰-۴۰۰°c	۲۰۰-۲۵۰°c	۹۰-۱۱۰°c

استفاده از رنگ و پوششهای آلی می‌تواند روش مطمئنی برای جلوگیری از خوردگی و خسارت ناشی از آن باشد [۳]. علیرغم کاربرد وسیع، زمینه تکنولوژی رنگ پیچیده است و کاربرد غلط آن می‌تواند منجر به انهدام زود رس شود.پوششهای آلی حتی اگر به طرز صحیح اعمال شده باشند، به مرور زمان از بین می‌روند و تعمیرات و نگهداری متناوب آنها ضروری به نظر می‌رسد[۴].

رنگ کردن در مقایسه با سایر روشهای حفاظت، در صورت انتخاب صحیح و مناسب رنگ در هر مورد می‌تواند بسیار اقتصادی باشد. چنانچه دما در محیط عمل بالا باشد، مسئله دوام و ثبات پوشش بر روی سطح، مهم می‌شود چرا که دمای بالا باعث افزایش خوردگی و اکسیداسیون می‌گردد. در دماهای بالا پیوند بین اجزای رنگ به هم خورده و در برخی موارد شکسته می‌شود. بعضی از رنگدانه‌ها در درجه حرارتهای بالا تغییر رنگ می‌دهند که این امر می‌تواند بر رنگ (لون) نهائی فیلم اثر بگذارد. تمام عوامل مذکور باعث می‌شوند که مسئله رنگ در دماهای بالا مسئله اساسی باشند [۳].

موارد مختلفی می‌تواند در انهدام و از بین رفتن پوشش (رنگ) موثر باشد. مهمترین آنها عبارتند از:

عدم آماده سازی صحیح سطح فلز، عدم انتخاب صحیح آستری، عدم انتخاب صحیح پوشش یا رنگ رویه، درست به کار نبردن رنگ بر روی سطح و...[۳و۴].

با توجه به دمای بالای پوسته کوره آهک پزی و زیاد بودن طول آن و همچنین ضخامت فولاد به کار برده شده در سطح خارجی کوره، مشکلات مربوط به ریخته گری قطعات بزرگ، تراشکاری این نوع قطعات، هزینه‌های جنبی همچون حمل و نقل و نصب و هزینه‌های غیر مستقیم مانند از کار افتادن کوره و یا احتمالاً سایر واحدهائی که وابسته به آن هستند، لازم است دقت بیشتری جهت محافظت این سطوح مبذول شود.

در بین انواع رنگهای صنعتی، رنگهای مقاوم در برابر حرارت (Heat Resistance) جایگاه ویژه‌ای دارند. این رنگها قادرند، دماهای بالا را تحمل نمایند.

از میان عوامل مختلفی که می‌توانند در از بین رفتن پوشش یا رنگ موثر باشند، عدم آماده سازی صحیح سطح فلز یکی از مهمترین موارد است.ایجاد سطحی مناسب و آماده، ثبات و پایداری پوشش را افزایش می‌دهد. همچنین انتخاب صحیح پوشش یا رنگ رویه و به کار بردن درست آن بر روی سطح نیز بسیار مهم است [۴].

سابقه پوشش بدنه کوره آهک پزی مجتمع مس سرچشمه کرمان نشان دهنده ۳ (سه) بار رنگ‌آمیزی آن تا کنون می‌باشد. اولین بار پوشش در هنگام راه اندازی کوره بر روی بدنه ایجاد شد. پس از ۶ تا ۷ سال توسط پرسنل و کارگران واحد کوره آهک پزی مجدداً بدنه کوره رنگ‌آمیزی شد. در بین سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۶ به دلیل آنکه قسمتهایی از رنگ بدنه از بین رفته بود، رنگ‌آمیزی کوره تجدید شد که متاسفانه تنهاپس از گذشت حدود دو ماه حدود ۹۰-۸۰ درصد رنگ تخریب شد. از آن سال تا کنون بدنه کوره رنگ نشده است. این امر علاوه بر افزایش خوردگی، ظاهر بد و نا مناسبی را ایجاد می‌کند.

با توجه به موارد فوق، هزینه‌های مربوط به خرید رنگ، آماده سازی سطح، کارگران، حمل و نقل مواد و تجهیزات و... بسیار بالا است.

با انجام آزمایشها و مطالعاتی که در مورد نحوه عملکرد رنگهای حرارتی به کار برده شده و نیز نحوه آماده سازی سطح انجام می‌شود، می‌توان به هدف نزدیکتر شد.

در این راستا ابتدا آماده سازی صحیح سطوح فولادی که از جنس بدنه کوره آهک پزی مجتمع بودند را به دقت مورد بررسی قرار دادیم. سپس رنگها مقاوم به حرارت سیلیکون آلومینیومی و آلکید سیلیکون آلومینیومی را روی آن سطوح به روشی که در استاندارد ASTMذکر شده بود آزمایش کردیم. نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپی الکترونی (SEM)،میکروسکوپی نوری (O.M)، EDAX و نمودارهای بدست آمده از دستگاه M4P Perthometer، نشان دهندهٔ آن بود که با استفاده از ماده سایینده مناسب جهت آماده سازی سطوح، می‌توان ثبات و پایداری رنگ به کار برده شده را تضمین نمود. همچنین توانستیم مکانیزمی را برای شکست و از بین رفتن این نوع رنگها بیان کنیم.

فصل دوم

مروری بر تحقیقات گذشته