

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

The image displays the Basmala in a stylized, bold Arabic calligraphic font. The text is written in black ink on a white background. Each letter is annotated with small arrows and numbers (1, 2, 3) to indicate the correct stroke order and direction for writing. The calligraphy is highly decorative, with thick, uniform strokes and elegant curves. The word 'Bismillah' is written in a compact, rounded style, while 'Ar-Rahman Ar-Rahim' is more elongated and features a prominent horizontal line across the middle of the letters. The overall composition is balanced and visually appealing, suitable for educational or artistic purposes.



دانشگاه هنر اصفهان
دانشکده مرمت
گروه مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مرمت گرایش اشیاء فرهنگی و تاریخی
بررسی تخریب شیمیایی سه رنگدانه؛ أخرا، زنگار، سفیدآب‌شیخ در تزیینات معماری

استاد راهنما:
مهندس عباس عابد اصفهانی

استاد مشاور:
دکتر غلامرضا وطنخواه

پژوهشگر:
حسین ذهبی

اسفند ماه ۱۳۸۸

اظهارنامه‌ی دانشجو

اینجانب حسین ذهبی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مرمت گرایش اشیاء گروه مرمت اشیاء فرهنگی تاریخی دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان به شماره‌ی دانشجویی ۸۶۱۱۲۰۲۲۰۳ گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه با عنوان؛ بررسی تخریب شیمیایی سه رنگدانه؛ آخرا، زنگار و سفیدآب شیخ در تزیینات معماری، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. همچنین گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق، همچنین چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه کارشناسی ارشد، برای دانشگاه هنر اصفهان محفوظ است. نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.



دانشگاه هنر اصفهان
دانشکده مرمت
گروه مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مرمت، گرایش اشیاء، آقای حسین ذهبی تحت عنوان:

بررسی تخریب شیمیایی سه رنگدانه؛ آخرا، زنگار، سفیدآب شیخ در تزیینات معماری

ارایه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای درجه‌ی کارشناسی ارشد که در تاریخ
توسط هیأت داوران زیر بررسی و با نمره درجه
به تصویب نهایی رسید.

- | | | |
|-----------------------------|---------------|-------|
| ۱- استاد راهنمای پایان نامه | با مرتبه علمی | امضاء |
| ۲- استاد مشاور پایان نامه | با مرتبه علمی | امضاء |
| ۳- استاد داور داخل گروه | با مرتبه علمی | امضاء |
| ۴- استاد داور داخل از گروه | با مرتبه علمی | امضاء |
| ۵- استاد داور خارج از گروه | با مرتبه علمی | امضاء |

امضای مدیر گروه

سپاسگزاری

با تشکر و سپاس فراوان از جناب آقای مهندس عباس عابد اصفهانی و راهنمایی‌های مستمر ایشان، آقای دکتر غلامرضا وطنخواه، مهندس حسام اصلانی و همچنین با تشکر از سرکار خانم قبادی مسئول محترم آزمایشگاه دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان و همکار گرامی‌شان سرکار خانم ریسمانچیان، خانم مهندس خسروفر مسئول آزمایشگاه حفاظت نباتات جهاد کشاورزی استان فارس، برادر ارجمندم جناب آقای دکتر علی ذهبی، و دوستان عزیزم آقایان؛ منوچهر قربان‌پور، وحید پورزرقان، محسن محمدی، مهدی پهلوانی، سیاوش سلیمانیان و اساتید محترم دانشکده مرمت و تمام کسانی که بنحوی از انحاء در طول دوران تحصیل از علم و دانش آنها بهرمنند گردیدم.

تقدیم به خانواده عزیزم که در همه زمان یار و یاورم بودند

چکیده

این تحقیق در مورد تخریب أُخرا، زنگار و سفیدآب‌شیخ می‌باشد. این رنگدانه‌ها بطور متداول در تزیینات معماری استفاده شده‌اند و تخریب آنها در شرایط مختلف بررسی شده است اما تاکنون کمتر به تخریب آنها بوسیله نمک‌های محلول پرداخته شده. نمونه‌های با سه تکنیک رنگ روغن، تمپرا و آبرنگ از هر رنگدانه ساخته شد و توسط رطوبت و نمک‌های محلول (NaCl , Na_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KCl) پیرسازی آنها تسریع شد. مراحل پیرسازی شامل رطوبت محیطی و رطوبت صعودی بود و نتایج تخریب مورد مطالعه قرار گرفت. این نتایج شامل تبلور نمک‌ها و رشد قارچ‌ها روی سطح به مقدار متفاوت و با توجه به نوع نمک‌ها و مواد لایه تدارکاتی بود. زنگار دچار تغییرات شدید ظاهری شده و خواص بصری خود را بکلی از دست داده است. تغییر ساختار زنگار بوسیله XRD مشهود بود. سفیدآب‌شیخ تغییرات بصری و شیمیایی را نشان نداده است. تغییرات رخ داده در هر یک از نمونه‌ها توسط آزمایش FTIR و XRD بررسی گردید.

کلید واژه‌ها: أُخرا، زنگار، سفیدآب‌شیخ، تزیینات، رطوبت، نمک‌های محلول.

فهرست مطالب

۱	فصل اول- کلیات
۲	مقدمه
۳	۱-۱- پیشینه تحقیق
۵	۲-۱- رطوبت
۶	۱-۲-۱- انتقال رطوبت
۶	۱-۲-۱- رطوبت نزولی
۷	۲-۱-۲-۱- رطوبت صعودی
۹	۳-۱-۲-۱- رطوبت محیطی
۱۰	۳-۱- نمک‌ها
۱۰	۱-۳-۱- انحلال
۱۱	۲-۳-۱- رطوبت نسبی تعادلی نمک‌ها
۱۳	۴-۱- مکانیسم نمک‌های محلول در حضور رطوبت
۱۴	۱-۴-۱- نمک‌ها در خلل و فرج تکیه‌گاه‌ها
۱۶	۲-۴-۱- نهان شکفتگی
۱۶	۳-۴-۱- شکفتگی
۱۸	۵-۱- رنگدانه‌ها
۱۹	۱-۵-۱- آخرا
۲۰	۲-۵-۱- زنگار
۲۱	۳-۵-۱- سفیدآب‌شیخ
۲۲	فصل دوم- بخش عملی
۲۳	مقدمه
۲۴	۱-۲- نمونه‌سازی
۲۴	۱-۱-۲- تکیه‌گاه
۲۵	۲-۲- تکنیک‌ها
۲۵	۱-۲-۲- تمپرا
۲۶	۲-۲-۲- رنگ روغن
۲۶	۳-۲-۲- آبرنگ
۲۶	۳-۲- لایه‌ها
۲۶	۱-۳-۲- لایه تدارکاتی
۲۸	۲-۳-۲- لایه رنگ
۳۰	۳-۳-۲- ورنی
۳۱	۴-۲- پیرسازی
۳۱	۱-۴-۲- رطوبت محیطی
۳۲	۲-۴-۲- رطوبت صعودی

۳۴	فصل سوم- تحلیل نتایج.....
۳۵	مقدمه
۳۷	۱-۳- نمک در لایه تدارکاتی
۳۷	۱-۱-۳- رنگ روغن
۳۷	۱-۱-۳- (گل سفید+سریش +NaCl) +أخرا(نمونه A-5)
۳۷	۱-۱-۳- (گل سفید+سریش +NaCl) + زنگار(نمونه Z-4)
۳۸	۱-۱-۳- (گل سفید+سریش +Na ₂ SO ₄) +أخرا(نمونه A-6)
۳۸	۱-۱-۳- (گل سفید+سریش +Na ₂ SO ₄) + زنگار(نمونه Z-5)
۳۹	۱-۱-۳- (گل سفید+سریش +Ca(NO ₃) ₂) +أخرا(نمونه A-7)
۳۹	۱-۱-۳- (گل سفید+سریش +Ca(NO ₃) ₂) + زنگار (نمونه Z-6)
۴۰	۱-۱-۳- (روغن بزرک +NaCl) +أخرا(نمونه A-12)
۴۱	۱-۱-۳- (روغن بزرک +NaCl) + زنگار (نمونه Z-7)
۴۱	۱-۱-۳- (روغن بزرک +Na ₂ SO ₄) +أخرا(نمونه A-13)
۴۲	۱-۱-۳- (روغن بزرک +Na ₂ SO ₄) + زنگار(نمونه Z-8)
۴۲	۱-۱-۳- (روغن بزرک +Ca(NO ₃) ₂) +أخرا (نمونه A-14)
۴۳	۱-۱-۳- (روغن بزرک +Ca(NO ₃) ₂) + زنگار(نمونه Z-9)
۴۳	۱-۱-۳- (کتیرا+NaCl) + سفیدآب شیخ (نمونه S-1)
۴۴	۱-۱-۳- (کتیرا+Na ₂ SO ₄) + سفیدآب شیخ (نمونه S-2)
۴۶	۱-۱-۳- (کتیرا+KCl) + سفیدآب شیخ (نمونه S-3)
۴۶	۱-۱-۳- (کتیرا+Ca(NO ₃) ₂) + سفیدآب شیخ (نمونه S-4)
۴۸	۲-۱-۳- تمپرا
۴۸	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+شکر+NaCl) +أخرا(نمونه A-18)
۴۸	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+شکر+Na ₂ SO ₄) +أخرا(نمونه A-19)
۴۹	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+شکر+Ca(NO ₃) ₂) +أخرا(نمونه A-20)
۴۹	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+شکر+KCl) +أخرا(نمونه A-21)
۴۹	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+NaCl) +أخرا(نمونه A-26)
۵۰	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+NaCl) + زنگار (نمونه Z-17)
۵۰	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+NaCl) + سفیدآب شیخ(نمونه S-5)
۵۱	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+Na ₂ SO ₄) +أخرا(نمونه A-27)
۵۱	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+Na ₂ SO ₄) + زنگار(نمونه Z-18)
۵۳	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+Na ₂ SO ₄) +أخرا(نمونه S-6)
۵۳	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+Ca(NO ₃) ₂) +أخرا(نمونه A-28)
۵۴	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+Ca(NO ₃) ₂) +أخرا(نمونه Z-19)
۵۴	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+KCl) +أخرا(نمونه A-29)
۵۵	۱-۲-۱-۳- (کتیرا+KCl) + سفیدآب شیخ (نمونه S-7)
۵۵	۳-۱-۳- آبرنگ
۵۵	۱-۳-۱-۳- (کتیرا+NaCl) +أخرا (نمونه A-34)

۵۵	..... ۳-۱-۲-۳- (کتیرا+Na ₂ SO ₄) + (نمونه A-35) آخرا
۵۵	..... ۳-۳-۱-۳- (کتیرا+Ca(NO ₃) ₂) + (نمونه A-36) آخرا
۵۵	..... ۳-۲-۲- نمک در لایه رنگ
۵۵	..... ۳-۲-۱-۱- رنگ روغن
۵۵	..... ۳-۲-۱-۱- (آخر+NaCl) - لایه تدارکاتی گل سفید+سریش (نمونه A-1)
۵۶	..... ۳-۲-۱-۲- (آخر+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی گل سفید+سریش (نمونه A-2)
۵۶	..... ۳-۲-۱-۳- (آخر+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی گل سفید+سریش (نمونه A-3)
۵۶	..... ۳-۲-۱-۴- (آخر+KCl) - لایه تدارکاتی گل سفید+سریش (نمونه A-4)
۵۷	..... ۳-۲-۱-۵- (آخر+NaCl) - لایه تدارکاتی روغن بزرک (نمونه A-8)
۵۷	..... ۳-۲-۱-۶- (آخر+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی روغن بزرک (نمونه A-9)
۵۷	..... ۳-۲-۱-۷- (آخر+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی روغن بزرک (نمونه A-10)
۵۷	..... ۳-۲-۱-۸- (آخر+KCl) - لایه تدارکاتی روغن بزرک (نمونه A-11)
۵۸	..... ۳-۲-۱-۹- (زنگار+NaCl) - لایه تدارکاتی گل سفید+سریش (نمونه Z-1)
۶۰	..... ۳-۲-۱-۱۰- (زنگار+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی گل سفید+سریش (نمونه Z-2)
۶۱	..... ۳-۲-۱-۱۱- (زنگار+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی گل سفید+سریش (نمونه Z-3)
۶۳	..... ۳-۲-۲- تمپرا
۶۳	..... ۳-۲-۱-۱- (آخر+NaCl) - لایه تدارکاتی کتیرا+شکر (نمونه A-15)
۶۳	..... ۳-۲-۲-۲- (آخر+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی کتیرا+شکر (نمونه A-16)
۶۳	..... ۳-۲-۲-۳- (آخر+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی کتیرا+شکر (نمونه A-17)
۶۴	..... ۳-۲-۲-۴- (آخر+NaCl) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-22)
۶۵	..... ۳-۲-۲-۵- (آخر+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-23)
۶۶	..... ۳-۲-۲-۶- (آخر+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-24)
۶۶	..... ۳-۲-۲-۷- (آخر+KCl) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-25)
۶۷	..... ۳-۲-۲-۸- (زنگار+NaCl) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه Z-14)
۶۸	..... ۳-۲-۲-۹- (زنگار+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه Z-15)
۶۹	..... ۳-۲-۲-۱۰- (زنگار+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه Z-16)
۶۹	..... ۳-۲-۳- آبرنگ
۶۹	..... ۳-۲-۱-۳- (آخر+NaCl) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-30)
۷۰	..... ۳-۲-۲-۳- (آخر+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-31)
۷۰	..... ۳-۲-۲-۳- (آخر+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-32)
۷۰	..... ۳-۲-۲-۴- (آخر+KCl) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه A-33)
۷۰	..... ۳-۲-۲-۵- (زنگار+NaCl) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه Z-10)
۷۱	..... ۳-۲-۲-۶- (زنگار+Na ₂ SO ₄) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه Z-11)
۷۲	..... ۳-۲-۲-۷- (زنگار+Ca(NO ₃) ₂) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه Z-12)
۷۲	..... ۳-۲-۲-۸- (زنگار+KCl) - لایه تدارکاتی کتیرا (نمونه Z-13)
۷۳	..... ۳-۳- نتیجه گیری
۷۳	..... ۳-۳-۱- رنگدانه ها

۷۳	..... ۱-۳-۳-آخر
۷۶	..... ۲-۳-۳-زنگار
۷۸	..... ۳-۱-۳-۳-سفیدآب شیخ
۷۸	..... ۲-۳-۳-تبلور سطحی
۷۸	..... ۱-۲-۳-۳-تبلور در شیارها با تست رطوبت محیطی
۸۰	..... ۲-۲-۳-۳-عدم تبلور در شیارها در تست رطوبت صعودی (با ورنی)
۸۱	..... ۳-۲-۳-۳-تبلور در ناحیه ورنی دار با تست رطوبت صعودی
۸۲	..... ۴-۲-۳-۳-عدم تبلور در ناحیه بدون ورنی با تست رطوبت صعودی
۸۲	..... ۳-۳-۳-امکان سنجی تخریب
۸۵	..... ۴-۳-۳-آینده تحقیق
۸۶	..... پیوست‌ها
۸۷	..... پیوست ۱: کلرید سدیم
۸۸	..... پیوست ۲: سولفات سدیم
۸۹	..... پیوست ۳: نیترات کلسیم
۹۰	..... پیوست ۴: کلرید پتاسیم
۹۱	..... پیوست ۵: آخر
۹۴	..... پیوست ۶: زنگار مس
۹۷	..... پیوست ۷: سفیدآب شیخ
۹۹	..... پیوست ۸: جدول مشخصات کامل نمونه‌ها
۱۰۵	..... پیوست ۹: تهیه زنگار
۱۰۷	..... پیوست ۱۰: تهیه سفیدآب شیخ
۱۰۸	..... پیوست ۱۱-جدول نمونه‌های تست شده با رطوبت صعودی
۱۰۹	..... پیوست ۱۲: کشت قارچ
۱۱۱	..... پیوست ۱۳: خانواده پنی سیلیوم
۱۱۱	..... پیوست ۱۴: خانواده کلادوسپوریوم
۱۱۲	..... فهرست منابع و ماخذ

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲: مشخصات نمونه‌های تمپرا ۲۸
- جدول ۲-۲: مشخصات نمونه‌ها ۲۹
- جدول ۱-۳: نتایج واکنش دو نمک محلول بر سفیدآب سرب و درصد محصولات متفاوت آن ۴۶
- جدول ۲-۳: رطوبت نسبی در موزه پارس ۸۳
- جدول ۳-۳: رطوبت نسبی ایستگاه هوا شناسی شرق اصفهان در سال ۸۶ ۸۳
- جدول ۴-۳: رطوبت نسبی تعادلی کلرید سدیم ۸۴
- جدول ۵-۳: رطوبت نسبی تعادلی سولفات سدیم ۸۴
- جدول ۶-۳: رطوبت نسبی تعادلی نیترات کلسیم ۸۴
- جدول ۷-۳: رطوبت نسبی تعادلی کلرید پتاسیم ۸۵

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: طرح شماتیک از سه رطوبت نزولی، صعودی و محیطی در یک نقاشی دیواری ۵
- شکل ۲-۱: طرح شماتیک رسیدن نمک‌های محلول از خلل و فرج به سطح و تخریب سطحی ۵
- شکل ۳-۱: نحوه عمل رطوبت با توجه به نوع نمک محلول ۸
- شکل ۴-۱: تاثیر رطوبت. پایین: ابتدای تاثیر. بالا مرحله پیشرفته تاثیر رطوبت. ۱۴
- شکل ۵-۱: فرم کریستال در خلل و فرج دیوار در اثر کشش سطحی و شعاع کریستال ۱۵
- شکل ۶-۱: طرح شماتیک تغییرات شعاع نمک‌های محلول بعد از محلولیت در خلل و فرج ۱۵
- شکل ۱-۲: نسبت تعداد نمونه‌ها نسبت به هم ۲۵
- شکل ۲-۲: نسبت تعداد نمک‌های مورد آزمایش نسبت به هم ۲۹
- شکل ۱-۳: طیف FTIR نمونه Z-6 ۴۰
- شکل ۲-۳: پیک FTIR نمونه S-2 ۴۴
- شکل ۳-۳: پیک XRD نمونه S-2 ۴۵
- شکل ۴-۳: نمودار XRD واکنش سفیدآب شیخ با Na_2SO_4 ۴۵
- شکل ۵-۳: پیک XRD نمونه S-4 ۴۷
- شکل ۶-۳: پیک FTIR نمونه S-6 ۵۳
- شکل ۷-۳: طیف FTIR نمونه A-1 بعد از پیرسازی ۵۶
- شکل ۸-۳: طیف FTIR نمونه Z-1 ۵۸
- شکل ۹-۳: پیک آنالیز XRD نمونه Z-1 قبل از پیرسازی ۵۹
- شکل ۱۰-۳: پیک آنالیز XRD نمونه Z-1 بعد از پیرسازی ۶۰
- شکل ۱۱-۳: طیف FTIR نمونه Z-2 ۶۱
- شکل ۱۲-۳: طیف FTIR نمونه Z-3 ۶۲
- شکل ۱۳-۳: طیف FTIR نمونه Z-14 ۶۸
- شکل ۱۴-۳: طرح شماتیک شوره زنی ۷۴
- شکل ۱۵-۳: آسیب قارچی به تفکیک تکنیک اجرا به درصد کل نمونه‌های قارچ‌زده ۷۵
- شکل ۱۶-۳: میزان قارچ‌زدگی با ۴ نمک در نمونه‌های آخر ۷۵
- شکل ۱۷-۳: آسیب قارچی در دو لایه تدارکاتی مختلف همراه ۴ نمک ۷۶
- شکل ۱۸-۳: رطوبت محیطی با تاثیر بر سطح و جذب سطحی به مقدار کمی در عمق لایه‌های نقاشی ۷۹
- شکل ۱۹-۳: طول یکسان دو قسمت D و B ۸۰
- شکل ۲۰-۳: نیم دایره ایجاد شده توسط شیار به قطر D ۸۰
- شکل ۲۱-۳: سطح نمونه در معرض رطوبت کم هوا و در نتیجه تبخیر رطوبت به عمق نفوذ کرده ۸۰
- شکل ۲۲-۳: تبخیر بیشتر و سریع‌تر رطوبت صعودی در شیار ۸۱
- شکل ۲۳-۳: سمت چپ لایه رنگ بدون ورنی، سمت راست لایه رنگ با ورنی ۸۱
- شکل ۲۴-۳: جذب دمای محیط توسط لایه رنگ، ایجاد فشار تبلور، ایجاد روزنه در لایه رنگ و تبلور سطحی ۸۱
- شکل ۲۵-۳: سهولت تبخیر رطوبت از سطح در قسمت بدون ورنی و نهان شکستگی ۸۲

فهرست تصاویر

- تصویر ۱-۱: تخریب فیزیکی سطحی بوسیله رطوبت در عمارت کلاه فرنگی شیراز..... ۶
- تصویر ۱-۲: نقاشی‌های دیواری ساسانی..... ۷
- تصویر ۱-۳: نقاشی‌های دیواری ساسانی..... ۷
- تصویر ۱-۴: رطوبت صعودی در ازاره‌ها سنگی به دلیل وجود حوض و باغچه (عمارت کلاه فرنگی شیراز)..... ۸
- تصویر ۱-۵: شوره بر سطح لایه رنگ..... ۱۸
- تصویر ۱-۶: شوره بر سطح لایه رنگ..... ۱۸
- تصویر ۱-۷: رنگ‌های متفاوت کاتیون‌های آهن III..... ۲۰
- تصویر ۱-۸: رنگ‌های متفاوت اکسیدهای آهن III..... ۲۰
- تصویر ۲-۱: نمونه قبل از رنگ..... ۲۴
- تصویر ۲-۲: نمونه بعد از رنگ..... ۲۴
- تصویر ۲-۳: مراحل جدا کردن یک قطعه از نمونه‌ها..... ۳۰
- تصویر ۲-۴: مراحل جدا کردن یک قطعه از نمونه‌ها..... ۳۰
- تصویر ۲-۵: مراحل جدا کردن یک قطعه از نمونه‌ها..... ۳۰
- تصویر ۲-۶: مراحل جدا کردن یک قطعه از نمونه‌ها..... ۳۰
- تصویر ۲-۷: مراحل جدا کردن یک قطعه از نمونه‌ها..... ۳۰
- تصویر ۲-۸: قسمت‌های ورنی خورده با فلش مشخص شده‌اند..... ۳۱
- تصویر ۲-۹: قسمت‌های ورنی خورده با فلش مشخص شده‌اند..... ۳۱
- تصویر ۲-۱۰: مرحله خشک نمونه‌ها..... ۳۱
- تصویر ۲-۱۱: نمونه‌ها در محفظه به همراه رطوبت سنج..... ۳۲
- تصویر ۲-۱۲: نمونه‌ها در محفظه به همراه رطوبت سنج..... ۳۲
- تصویر ۲-۱۳: نمونه‌ها با رطوبت صعودی..... ۳۳
- تصویر ۳-۱: نمونه A-5..... ۳۷
- تصویر ۳-۲: شاهد (بالا راست) در کنار قسمت پیرسازی شده..... ۳۷
- تصویر ۳-۳: قسمت بدون ورنی..... ۳۷
- تصویر ۳-۴: قسمت با ورنی..... ۳۷
- تصویر ۳-۵: نمونه A-6..... ۳۸
- تصویر ۳-۶: نمونه شاهد (بالا راست) در کنار قسمت پیرسازی شده..... ۳۸
- تصویر ۳-۷: شکستگی سولفات سدیم از زیر لایه رنگ به سطح..... ۳۸
- تصویر ۳-۸: سطح نمونه قبل از پیرسازی..... ۳۸
- تصویر ۳-۹: نمونه A-7..... ۳۹
- تصویر ۳-۱۰: شاهد (بالا، راست) در کنار قسمت پیرسازی شده..... ۳۹
- تصویر ۳-۱۱: تبلور نیترات کلسیم به همراه رنگدانه زنگار در سطح لایه رنگ..... ۳۹
- تصویر ۳-۱۲: سطح پرزدار شده نمونه Z-6..... ۳۹
- تصویر ۳-۱۳: نمونه A-12..... ۴۰
- تصویر ۳-۱۴: نمونه Z-7..... ۴۱

۴۱	.....	تصویر ۳-۱۵: سطح پرزدار نمونه Z-7
۴۱	.....	تصویر ۳-۱۶: نمونه A-13
۴۲	.....	تصویر ۳-۱۷: شاهد(بالا راست) در کنار قسمت پیرسازی شده
۴۲	.....	تصویر ۳-۱۸: قسمت کاملاً تخریب شده در کنار رنگدانه درون بست روغنی
۴۲	.....	تصویر ۳-۱۹: قسمت تخریب شده در ناحیه بدون ورنی
۴۲	.....	تصویر ۳-۲۰: نمونه A-14
۴۳	.....	تصویر ۳-۲۱: قسمت بالا راست شاهد در کنار قسمت پیرسازی شده
۴۳	.....	تصویر ۳-۲۲: سست شدگی لایه رنگ
۴۳	.....	تصویر ۳-۲۳: نمونه S-1
۴۴	.....	تصویر ۳-۲۴: نمونه S-2
۴۶	.....	تصویر ۳-۲۵: سطح نمونه S-3
۴۷	.....	تصویر ۳-۲۶: سطح نمونه S-4
۴۸	.....	تصویر ۳-۲۷: نمونه A-18
۴۸	.....	تصویر ۳-۲۸: بخش کوچک قارچی شده در نمونه A-19
۴۹	.....	تصویر ۳-۲۹: یک لکه قارچ زده نمونه A-20
۴۹	.....	تصویر ۳-۳۰: ورقه و پوسته شدن در نمونه A-21
۵۰	.....	تصویر ۳-۳۱: نمونه A-26
۵۰	.....	تصویر ۳-۳۲: تبلور در ناحیه با ورنی
۵۰	.....	تصویر ۳-۳۳: ترک‌ها و تبلور کم در ناحیه بدون ورنی
۵۱	.....	تصویر ۳-۳۴: نمونه S-5
۵۱	.....	تصویر ۳-۳۵: نمونه A-27، قسمت بالا راست قسمت ورنی خورده
۵۲	.....	تصویر ۳-۳۶: شاهد قسمت راست بالا در کنار قسمت‌های پیرسازی شده
۵۲	.....	تصویر ۳-۳۷: قسمت بدون ورنی پیرسازی شده
۵۲	.....	تصویر ۳-۳۸: قسمت با ورنی پیرسازی شده
۵۳	.....	تصویر ۳-۳۹: نمونه A-28
۵۴	.....	تصویر ۳-۴۰: شاهد قسمت بالا راست در کنار قسمت پیرسازی شده نمونه Z-19
۵۴	.....	تصویر ۳-۴۱: جزییات نمونه Z-19
۵۴	.....	تصویر ۳-۴۲: قسمت بدون ورنی
۵۴	.....	تصویر ۳-۴۳: قسمت با ورنی
۵۷	.....	تصویر ۳-۴۴: سطح متخلخل نمونه A-11
۵۸	.....	تصویر ۳-۴۵: نمونه Z-1
۵۸	.....	تصویر ۳-۴۶: بدون پیرسازی
۵۸	.....	تصویر ۳-۴۷: قبل و بعد از پیرسازی
۶۱	.....	تصویر ۳-۴۸: قسمت ورنی خورده
۶۱	.....	تصویر ۳-۴۹: قسمت بدون ورنی
۶۱	.....	تصویر ۳-۵۰: شاهد در کنار نمونه پیرسازی
۶۲	.....	تصویر ۳-۵۱: شاهد قسمت بالا راست در کنار قسمت پیرسازی شده

- تصویر ۳-۵۲: سطح لایه رنگ..... ۶۲
- تصویر ۳-۵۳: پرزدار و دانه‌ای شدن سطح نمونه ۶۲
- تصویر ۳-۵۴: قارچ‌زدگی بر سطح نمونه A-15 ۶۳
- تصویر ۳-۵۵: قارچ‌زدگی بر سطح نمونه A-16 ۶۳
- تصویر ۳-۵۶: قارچ‌زدگی بر سطح نمونه و اختلاف رنگ با ناحیه کناری ۶۴
- تصویر ۳-۵۷: نمونه A-20 بعد از تست رطوبت قسمت پایین چپ قسمت دارای ورنی روغنی..... ۶۴
- تصویر ۳-۵۸: شوره سطحی بر روی لایه رنگ ۶۴
- تصویر ۳-۵۹: نهان شکفتگی در مرحله زیر لایه رنگ ۶۵
- تصویر ۳-۶۰: نهان شکفتگی در مرحله ظهور سطحی ۶۵
- تصویر ۳-۶۱: شاهد، سمت راست بالا در کنار نمونه مورد تست، شوره سطحی در قسمت چپ و بالا ۶۶
- تصویر ۳-۶۲: قارچ زدگی در شیارها ۶۶
- تصویر ۳-۶۳: قسمت پیرسازی شده در کنار قسمت کوچک بدون پیرسازی در بالا سمت راست ۶۷
- تصویر ۳-۶۴: قبل از پیرسازی، ترک‌های ریز در سطح ۶۷
- تصویر ۳-۶۵: بعد از پیرسازی و باز شدن ترک‌ها ۶۷
- تصویر ۳-۶۶: شاهد سمت راست بالا در کنار قسمت پیرسازی شده ۶۸
- تصویر ۳-۶۷: ریزترک‌ها و شکفتگی کم در ناحیه با ورنی ۶۸
- تصویر ۳-۶۸: ریزترک‌ها و تبلور سطحی در قسمت بدون ورنی ۶۸
- تصویر ۳-۶۹: شاهد بالا راست در کنار قسمت پیرسازی شده ۶۹
- تصویر ۳-۷۰: تبلور در قسمت با ورنی ۶۹
- تصویر ۳-۷۱: پودر شدگی در قسمت بدون ورنی ۶۹
- تصویر ۳-۷۲: نمونه A-30 ۶۹
- تصویر ۳-۷۳: نمونه A-31 ۷۰
- تصویر ۳-۷۴: نمونه A-33 ۷۰
- تصویر ۳-۷۵: نمونه شاهد بالا سمت راست در کنار قسمت پیرسازی شده ۷۱
- تصویر ۳-۷۶: سطح لایه رنگ شاهد ۷۱
- تصویر ۳-۷۷: سطح لایه رنگ پیرسازی شده ۷۱
- تصویر ۳-۷۸: شاهد سمت راست بالا در کنار قسمت پیرسازی شده ۷۱
- تصویر ۳-۷۹: قسمت با ورنی ۷۱
- تصویر ۳-۸۰: قسمت بدون ورنی ۷۱
- تصویر ۳-۸۱: شاهد سمت راست بالا در کنار قسمت پیرسازی شده ۷۲
- تصویر ۳-۸۲: قسمت بدون ورنی ۷۲
- تصویر ۳-۸۳: قسمت با ورنی، شکفتگی سطحی ۷۲
- تصویر ۳-۸۴: نمونه Z-13 ۷۲
- تصویر ۳-۸۵: جدا شدگی لایه رنگ ۷۲
- تصویر ۳-۸۶: لایه رنگ با ورنی ۷۲
- تصویر ۳-۸۷: نمونه A-20 شاهد قسمت بالا راست در کنار قسمت پیرسازی شده ۷۳
- تصویر ۳-۸۸: نمونه A-19 شاهد قسمت بالا راست در کنار قسمت پیرسازی شده ۷۳

- تصویر ۳-۸۹: شوره سطحی، نمونه A-22 ۷۴
- تصویر ۳-۹۰: تفاوت رنگ در نمونه Z-1، سمت راست شاهد، سمت چپ بعد از پیرسازی ۷۷
- تصویر ۳-۹۱: سطح لایه رنگ بعد از پیرسازی با سولفات سدیم ۷۷
- تصویر ۳-۹۲: سطح لایه رنگ بعد از پیرسازی با کلرید سدیم ۷۷
- تصویر ۳-۹۳: تبلور متمرکز و انباشته شده در شیار، نمونه Z-26 ۷۹

فصل اول

کلیات

مقدمه

مباحث این فصل در چند بخش مطرح می‌گردد که در ابتدا بطور اجمالی پیشینه تحقیق، به مطالعات انجام گرفته در مورد تخریب رنگدانه‌ها، رطوبت و نمک‌های محلول می‌پردازد. بطور کلی بعلت بررسی پارامترهای گوناگون، این فصل به بررسی رطوبت، نمک‌های محلول و مختصری در مورد سه رنگدانه مورد آزمایش می‌پردازد. با توجه به اینکه تاثیر مشترک رطوبت و نمک‌های محلول همراه با هم مخرب‌تر و همزمان است این دو مبحث در هم ادغام شده است و بیشتر به نحوه عمل مکانیسم نمک‌های محلول به همراه رطوبت، تبلور و باز تبلور آنها پرداخته شده است در بخش بعدی این فصل به چهار نمک محلول و سه رنگدانه مورد بحث می‌پردازد و اطلاعات کامل‌تر آنها تا حد لزوم در پیوست ذکر شده است.