وزارت علوم تحقیقات و فناوری
مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۶ (۱۳۹۱)، ۱۷۶- ۱۷۱

نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

# مقایسه اثر پایدارکننده نوری و جاذب فرابنفش بر دوام پوشش‌های خودرویی

زهرا رنجبر[۱،۲*]، شبنم اشهری[۳]

۱- دانشیار، گروه پژوهشی پوشش‌های سطح و خوردگی، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۲- قطب علمی رنگ، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۳- کارشناس ارشد، گروه پژوهشی پوشش‌های سطح و خوردگی، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۲۴ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۱/۶/۲۰

## چکیده

با وجود اینکه اخیراً صنعت خودرو پیشرفت قابل توجهی در تولید پوشش‌های خودرویی با کارایی بسیار خوب داشته است، در حال حاضر تقاضای جامعه برای پوشش‌هایی با پایداری نوری خوب و ظاهری بهتر بیشتر شده است. از این رو در تحقیق حاضر از دو پایدارکننده فرابنفش بر پایه یکی از انواع ترکیبات HALS ((Hindered Amine Light Stabilizer) و همچنین نوعی جاذب بر پایه هیدروکسی‌فنیل- تری‌آزین در لایه‌های رویه یک پوشش خودرویی استفاده شد. برای این منظور مقدار ۱٪ وزنی از این افزودنی‌ها با استفاده از همزن مکانیکی به ماده شفاف پوشه اضافه و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، اثر مواد جاذب بر روی ظاهر و پایداری جوی و خواص ضد خوردگی پوشش‌های خودرویی تحت شرایط جوی شتابیده از قبیل آزمون‌های مه نمکی و زنون مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که حضور ۱٪ وزنی این جاذب‌های پرتو فرابنفش باعث بهبود پایداری جوی پوشش‌های خودرویی می‌شود و پایدارکننده نوری بر پایه هیدروکسی فنیل تری آزین در مقایسه با ترکیبات HALS عملکرد بهتری نشان داده است. این رفتار را می‌توان به ماهیت قلیایی ترکیبات HALS و دخالت احتمالی آن در انجام واکنش‌های پخت نسبت داد.

**واژه‌های کلیدی: پایدارکننده‌های نوری، پوشش‌های خودرویی، هیدروکسی فنیل تری‌آزین، HALS.**

# The Effect of UV Absorber and Hindered Amine Light Stabilizer on Durability and Protective Properties of Automotive Coatings

**Z. Ranjbar[*1,2], Sh. Ashhari[1]**

[1] Department of Surface Coatings and Corrosion, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran
[2] Center of Excellence for Color Science and Technology, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran

Received: 01-05-2011 Accepted: 16-10-2011 Available online: 10-09-2012

## Abstract

*Since the automotive industry has been developed in producing high performance automotive coatings recently, demands for automotive coatings with high UV stability and good appearance in addition to low costs have been increased. For this purpose, in this research two different kinds of UV stabilizers, one hydroxyl phenyl triazine and the other based on Hindered Amine Light Stabilizer (HALS)components were used in clear coats of automotive coatings system. 1 Wt% of these additives were added to the clear coats using mechanical mixer device thereafter the effects of the absorbers on the appearance and some properties of the automotive coatings system were evaluated after exposing the coatings to accelerated weathering in a salt spray and also running a xenon test. Results showed that the presence of small amounts of the UV absorbers can improve the weathering resistance of the automotive coatings, besides it was found that hydroxyl phenyl triazine absorber had better effects than HALS. This can be related to alkaline nature of HALS and retarding effect in curing reactions. J. Color Sci. Tech. 6(2012), 171-176© Institute for Color Science and Technology.*

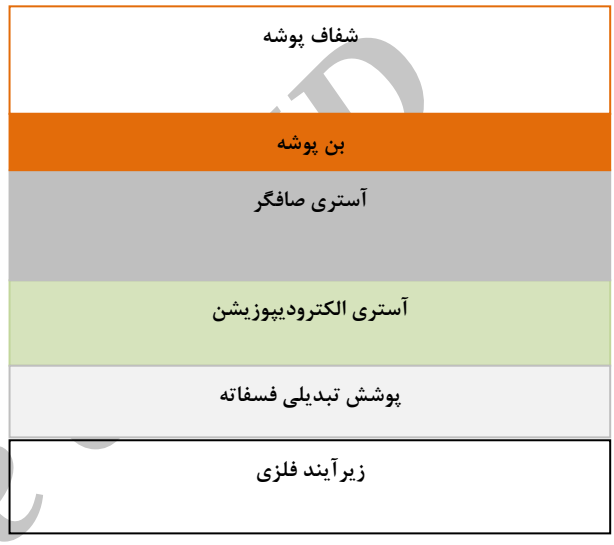
**Keywords: Light stabilizer, Automotive coatings, Hydroxyl phenyl thriazine, HALS.**

***Corresponding author: ranjbar@icrc.ac.ir**

Archive of SID
www.SID.ir

## ۱ـ مقدمه

سامانه‌های پوشش خودرویی اکثراً از چهار لایه تشکیل می‌شوند. این لایه‌ها به صورت آستری‌های الکترودیپوزیشن برای حفاظت بدنه در برابر خوردگی، آستری‌های صافگر برای افزایش چسبندگی بین لایه‌ای و ایجاد پوششی صاف و هموار و بهبود خواص مکانیکی، بن پوشه برای حصول فام و رنگ مورد نظر و در نهایت شفاف پوشه به عنوان پوششی مقاوم در برابر مواد شیمیایی و شرایط جوی ایفای نقش می‌نمایند. شکل ۱ ساختار یک سامانه پوشش خودرویی چهار لایه را نشان می‌دهد [۱].

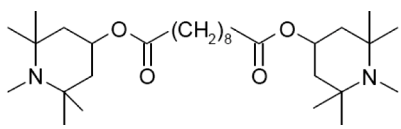



**شکل۱:** ساختار یک سامانه پوشش خودرویی.

یکی از انتظارات حائز اهمیت از یک سامانه پوششی، مقاومت در برابر نور خورشید و شرایط برونگاهی است. پرتو فرابنفش بخشی از طیف الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه‌تر از نور مرئی و بلندتر از پرتو ایکس با انرژی از ۱۲-۳ الکترون ولت است. پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج کمتر از ۲۰۰ nm توسط جو زمین (لایه ازن) جذب می‌شوند. پرتو فرابنفشی که به زمین می‌رسد حدود ۶ درصد کل نوری است که به زمین می‌رسد. انتشار پرتو فرابنفش خورشید را می‌توان بر اساس طول موج در سه ناحیه مختلف با نام‌های UVA, UVB, UVC تقسیم‌بندی نمود. اما به علت جذبی که در لایه ازن صورت می‌گیرد، بیش از ۹۸ درصد پرتوهای فرابنفش که به سطح زمین می‌رسد در محدوده UVA قرار می‌گیرند. شیشه معمولی UVA را عبور می‌دهد، اما طول موج‌های کوتاه‌تر را عبور نمی‌دهد شیشه‌های معمولی بیش از ۹۰ درصد از تابش الکترومغناطیسی با طول موج بیش از ۳۵۰ nm را عبور می‌دهند [۲].

شفاف پوشه‌ها وظیفه جذب پرتوهای فرابنفش و حفاظت از کل سامانه پوششی را به عهده دارند. این لایه از پوشش نقش مؤثری در کیفیت ظاهری خودرو دارد به گونه‌ای که حفظ براقیت و عدم تغییر رنگ پس از قرارگیری در شرایط جوی نامناسب و طول موج‌های مضر از وظایف بسیار مهم آن می‌باشد [۳]. تا کنون تحقیقات زیادی بر روی اثر برخی جاذب‌های فرابنفش جهت افزایش پایداری نوری انجام شده است [۷-۴]. اثر حضور این جاذب‌ها بر روی پایداری و مقاومت جوی یک پوشش خودرویی مورد بررسی قرار گرفته است. سازوکار عملکرد این جاذب‌ها به گونه ای است که با قرار گرفتن در شفاف پوشه و جذب پرتو فرابنفش مانع از رسیدن آن به لایه ی زیرین خود یعنی بن‌پوشه می‌شوند. عبور پرتو فرابنفش از شفاف پوشه و مجاورت آن با بن‌پوشه در برخی مواقع باعث اکسیداسیون بن‌پوشه و در نتیجه پوسته پوسته شدن و ترک خوردن شفاف پوشه می‌شود که این به معنی ایجاد پوششی با خواص ظاهری نامناسب است [۸]. افت خواص ظاهری باعث افت پایداری جوی یک سامانه پوشش خودرویی نیز می‌شود و در نتیجه پایداری پوشش در برابر شرایط جوی مختلف افت خواهد کرد. مهم‌ترین ویژگی‌هایی که مواد جاذب پرتو فرابنفش باید دارا باشند پایداری گرمایی، پایداری نوری و بی‌رنگ بودن آنها است، تا بتوانند در مقابل تابش نور خورشید پایدار بوده و هم زمان بر روی رنگ، براقیت و خواص ظاهری پوشش خودرویی اثر منفی نگذارند [۹].

در این تحقیق از UVa که یکی از انواع ترکیبات HALS می‌باشد، با ساختار نشان داده شده در شکل ۲، استفاده شده است همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، این ماده ترکیبی از دو جزء مختلف است. برخلاف دی‌استرهای خالص که تمایل دارند حتی در دمای اتاق به صورت جامد باشند، UVa به صورت مایع است. اضافه کردن این افزودنی به پوشش به دلیل کاهش نقص‌هایی از قبیل ترک و یا افت براقیت، باعث افزایش طول عمر پوشش می‌شود [۱۰]. تا به حال تحقیقات زیادی بر روی بررسی اثر جاذب پرتو فرابنفش این مواد انجام شده است [۱۶- ۱۱]. مک کاسکر[1] در تحقیق خود به صورت تئوری نشان داد که حضور این افزودنی‌ها در پوشش‌های خوردوریی باعث بهبود خواص پایداری جوی آنها می‌شود [۱۵].




**شکل ۲:** ساختار شیمیایی UVa ( Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate [۱۰].

1- McCusker


Archive of SID
SID.ir

UVb افزودنی دیگری که در این پروژه استفاده می‌شود یک محلول مایع جاذب فرابنفش با نام هیدروکسی‌فنیل-تری‌آزین(HPT) می‌باشد که کارایی خوبی در پوشش‌ها به دلایل زیر دارد:

- پایداری گرمایی خیلی بالا
- عاملیت هیدروکسی که مهاجرت را به حداقل می‌رساند
- پایداری نوری بالا در مدت زمان‌های طولانی

ساختار مولکولی و طیف انتقالی (در کلروفرم و ضخامت سل ۱ cm) این پایدارکننده نوری در شکل ۳ آورده شده است.

تاکنون تحقیقی در زمینه اثر پایدارکننده‌های نوری بر خواص پوشش‌های خودرویی گزارش نشده است در نتیجه در تحقیق حاضر دو ماده جاذب و پایدارکننده پرتو فرابنفش و مقایسه اثر حضور آنها در یک شفاف پوشه بررسی شده و اثر آن‌ها بر روی خواص و ظاهر پوشش‌ها قبل و بعد از قرارگیری در شرایط جوی شتابیده در یک سیستم پوششی خودرویی مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲ـ بخش تجربی

### ۲ـ۱ـ مواد

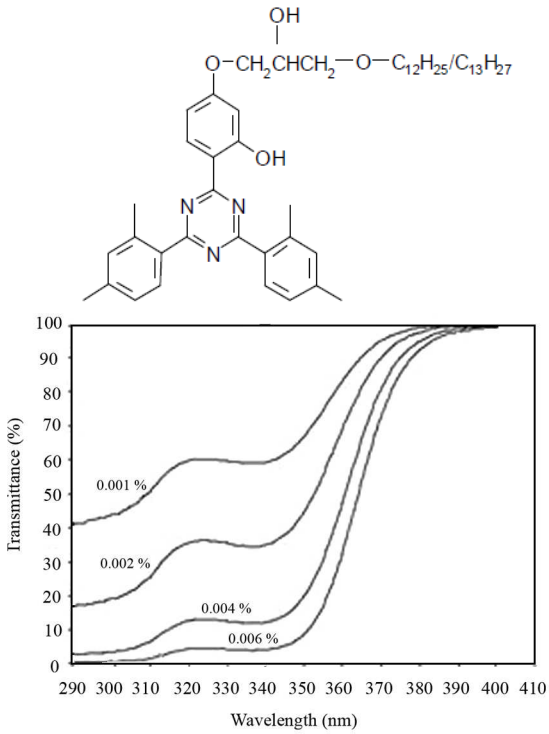
ترکیبات UVa و UVb از شرکت سیبا تهیه شدند. لایه‌های مختلف سامانه پوشش خودرویی شامل زیرآیند آستری ضدخوردگی الکتروپوشانشی آستری صافگر، بن پوشه بوده است که از شرکت خودروسازی سایپا تهیه شده است. شفاف پوشه مرجع (بدون پایدارکننده) و حاوی پایدارکننده نوری (به میزان ۱ درصد وزنی) جداگانه تهیه گردید [۱۷]. شفاف پوشه مورد استفاده برپایه رزین اکریلیک ـ ملامین بوده است (شکل‌های ۲ و ۳).

### ۲ـ۲ـ روش کار

#### ۲ـ۲ـ۱ـ تجهیزات

آزمون زبری توسط دستگاه Roughness tester TR 100 ساخت شرکت Qualitest و براساس استاندارد ASTM F 1048-87 انجام شد. براقیت نمونه‌ها توسط دستگاه Gloss meter micro-tri-gloss ساخت شرکت Byk-gardner و براساس استاندارد ASTM D523 اندازه‌گیری شد. آزمون مه نمکی توسط دستگاه Salt spray ساخت شرکت Biazma و بر طبق استاندارد ASTM B117 به مدت ۱۰۰۰ ساعت انجام شد. آزمون زنون توسط دستگاه XENOTEST BETA LM ساخت شرکت ATLAS کشور آلمان و طبق استاندارد ASTM D 6695-01 صورت پذیرفت.

سختی‌سنجی نمونه‌ها با استفاده از سختی‌سنج کونیگ ساخت شرکت Sheen و بر طبق استاندارد ASTM D4366 و رنگ‌سنجی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر ساخت شرکت Macbeth انجام گرفت.




**شکل ۳:** ساختار شیمیایی و طیف انتقالی UVb [۱۰].

پس از قرارگیری نمونه‌ها در دستگاه زنون ظاهر نمونه‌ها توسط آزمون‌های زبری‌سنجی و براقیت‌سنجی مورد بررسی قرار گرفت.

محاسبه اختلاف رنگ با فرمول CIE Lab1976 و تحت استاندارد نوری D65 صورت گرفت.

#### ۲ـ۲ـ۲ـ آماده‌سازی نمونه

ابتدا شفاف پوشه‌های خودرویی تهیه و سپس بر روی صفحات فلزی افشانده شدند.

نامگذاری نمونه‌های تهیه شده به شرح زیر می‌باشد:

B : سامانه پوشش خودرویی بدون پایدارکننده نوری

C : سامانه پوشش خودرویی شامل ماده جاذب UVa در لایه شفاف پوشه

G : سامانه پوشش خودرویی شامل ماده جاذب UVb در لایه شفاف پوشه

ضخامت اعمالی و شرایط پخت هر لایه در این سیستم پوششی در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

Archive of SID

**جدول ۱:** ضخامت‌های لایه‌های مختلف پوشش خودرویی مورد استفاده.

| نام لایه | ضخامت (µ) |
|---|---|
| آستری | ۴۰-۵۰ |
| بن‌پوشه | ۱۵-۲۰ |
| شفاف پوشه | ۴۵-۵۵ |

**جدول ۲:** شرایط پخت لایه‌های مختلف پوشش خودرویی مورد استفاده.

| نام لایه | دمای پخت (°C) | زمان لازم برای پخت (min) |
|---|---|---|
| آستری | ۱۴۰ | ۲۰ |
| بن‌پوشه | ۸۰ | ۱۰ |
| شفاف پوشه | ۱۴۰ | ۲۵ |

**جدول ۳:** نتایج مربوط به اختلاف پارامترهای رنگی قبل و بعد از آزمون زنون تحت نوراستاندارد D65.

| مشخصات نمونه | $\Delta L^*$ | $\Delta E^*$ |
|---|---|---|
| B | ۱,۰۶ | ۲,۳۵ |
| C | ۰,۱۶ | ۰,۴۳ |
| G | ۰,۰۵ | ۰,۳۵ |

**جدول ۴:** نتایج آزمون سختی کونیگ (ثانیه).

| نمونه | سختی کونیگ (ثانیه) |
|---|---|
| B | ۶۰±۵ |
| C | ۵۰±۵ |
| G | ۶۷±۵ |

## ۳ـ نتایج و بحث

### ۳ـ۱ـ بررسی خواص ظاهری پوشش

اثر جاذب‌های فرابنفش بر خواص ظاهری پوشش خودرویی قبل و بعد از قرارگیری نمونه‌ها در شرایط جوی شتابیده مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا نمونه‌های تهیه شده به مدت ۵۰۰ ساعت در دستگاه زنوتست تحت نور روز قرارگرفتند. پس از خارج کردن نمونه‌ها از دستگاه میزان پارامترهای رنگی $\Delta L^*$ و $\Delta E^*$ سامانه‌های پوششی مختلف در دو قسمت نور دیده و نور ندیده به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد (جدول ۳). همان‌گونه که مشاهده می‌شود تغییرات $\Delta E^*$ که پارامتر اختلاف رنگ پوشش می‌باشد در نمونه‌های حاوی پایدارکننده در مقایسه با نمونه مرجع کمتر می‌باشد که این اعداد نشانگر پایداری بالای نمونه‌های حاوی افزودنی جاذب است. پایدارکننده‌های نوری در پوشش باعث جذب طول موج‌های مربوط به پرتو فرابنفش می‌شود و درنتیجه مانع از عبور این امواج از شفاف پوشه و رسیدن به بن‌پوشه می‌شود و در نتیجه احتمال تخریب و تغییر رنگ بن‌پوشه کمتر است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد میزان اثربخشی ترکیبات هیدروکسی فنیل تری آزین بیش از ترکیبات HALS بوده است، این مطلب را به خاصیت بازی ترکیبات HALS می‌توان نسبت داد. در واقع حضور این ترکیب در فرمولاسیون شفاف پوشه می‌تواند واکنش‌های پخت را تحت تأثیر قرار داده و از میزان شبکه‌ای شدن و لذا پایداری پوشش بکاهد. اندازه‌گیری سختی نمونه‌ها موید این مطلب است (جدول ۴).

#### ۳ـ۱ـ۱ـ بررسی زبری سطح

زمانی که فیلم پوششی تحت تأثیر شرایط جوی (طبیعی، شتابیده) قرار می‌گیرد دچار تغییرات ساختاری می‌شود که می‌تواند ناشی از تخریب پیونده و یا سایر اجزای پوشش مثل رنگدانه و دیگر افزودنی‌ها باشد.

تغییرات فیزیکی مثل تغییر در زبری سطح، رنگ و براقیت جزء اولین آثار قابل مشاهده و لمس هستند که ناشی از تغییرات شیمیایی در ساختار پوشش می‌باشند. پوششی که دارای جزء آروماتیک است زمانی که در معرض تابش UV و رطوبت قرار می‌گیرد به شدت تخریب می‌شود. با تابش UV زنجیرهای پیونده پاره شده و با پاره‌شدن زنجیرها، رنگدانه‌ها و دیگر افزودنی‌ها که توسط زنجیرهای پیونده در داخل پوشش نگه داشته شده‌اند از هم باز می‌شوند، چنانچه اجزای تخریب شده قابل حل در آب باشند، در رطوبت محیط حل شده و از توده پوشش با ایجاد ترک خارج و بر روی سطح قرار می‌گیرند و در نتیجه باعث افزایش زبری سطح خواهد شد.

جدول ۵ نتایج بررسی‌های ظاهری سامانه‌های پوششی مختلف به کمک آزمون زبری سنجی قبل و پس از قرارگیری در محیط شتابیده زنون به مدت ۵۰۰ ساعت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود زبری نمونه‌های مختلف در مقایسه با نمونه مرجع تغییر کرده است. این امر بیانگر اثر مطلوب این افزودنی‌ها بر خواص ظاهری پوشش‌های خودرویی است.

درواقع در نمونه‌های حاوی پایدارکننده نوری میزان تخریب کمتری صورت گرفته است که این امر را می‌توان به تأثیر مثبت پایدارکننده در حفاظت از رزین نسبت داد. تأثیر پایدارسازی ترکیب هیدروکسی فنیل تری آزین بیش از ترکیبات HALS است که این موضوع را نیز می‌توان به ماهیت قلیایی ترکیب HALS نسبت داد.

همانطور که ملاحظه می‌شود، قرار گرفتن نمونه در معرض شرایط جوی تشدید شده منجر به تخریب سطح پوشش در اثرجدا شدن و شکست اتصالات رزین شده و در نتیجه زبری سطح را افزایش می‌دهد.

Archive of SID


SID.ir

**جدول ۵:** تغییرات زبری پس از قرارگیری در محفظه زنون.

| کد نمونه | $R_a(\mu)$ | $R_z(\mu)$ |
|---|---|---|
| B | ۰,۶۸±۰,۰۳ | ۴,۸±۰,۲۴ |
| C | ۰,۳۴±۰,۰۲ | ۲,۷±۰,۱۳۵ |
| G | ۰,۲۵۵±۰,۰۱ | ۱,۷±۰,۰۸۵ |

* Ra میانگین زبری سطح در محدوده مورد آزمون، Rz فاصله عمیق‌ترین دره از بلندترین قله زبری موجود بر روی سطح می‌باشد.

### ۳ـ۱ـ۲ـ بررسی براقیت سطح

جدول ۶ نتایج بررسی ظاهری سامانه‌های پوششی مختلف به کمک آزمون براقیت‌سنج را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود با حضور ماده جاذب UVb در پوشش خودرویی به میزان براقیت پوشش در مقایسه با نمونه مرجع افزوده شده است در صورتی که حضور پایدارکننده UVa نه تنها باعث کاهش افت براقیت شده است بلکه براقیت شفاف پوشه قبل از قرارگیری در معرض جو شتابیده کاهش محسوسی نکرده است. این نتایج ملاحظات قبلی را نیز تأیید می‌کند.

### ۳ـ۲ـ نتایج آزمون مه نمکی

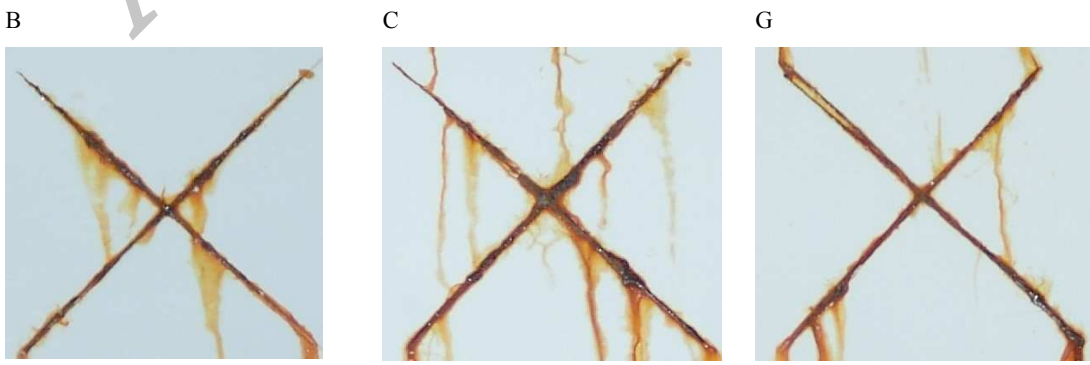
شکل ۴ تصاویر نمونه‌های مختلف قرار گرفته در دستگاه مه نمکی پس از ۱۰۰۰ ساعت طبق استاندار ASTM B117 را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشخص است نمونه B که نمونه بدون جاذب فرابنفش می‌باشد از تمامی نمونه‌ها وضعیت ظاهری بدتری داشته است و نمونه‌های حاوی UVb نیز در مقایسه با سایر نمونه‌ها از همه بهتر و دارای مقاومت بالاتری می‌باشند. با توجه به این تصاویر می‌توان نتیجه گرفت که نمونه حاوی هیدروکسی فنیل تری آزین که دخالتی در واکنش پخت ندارد از نمونه‌ای که حاوی ترکیب HALS است مقاومت به خوردگی بیشتری نشان داده است. چگالی شبکه‌ای‌شدن کمتر این نمونه یکی از دلایل این امر است.

**جدول ۶:** نتایج آزمون براقیت تحت زاویه $20^{\circ}$ (بر روی زیرآیند فلزی).

| کد نمونه | براقیت پس از آزمون زنون (±۵) | براقیت قبل از آزمون زنون (±۵) | اختلاف براقیت |
|---|---|---|---|
| B | ۶۵,۹ | ۹۱,۷۵ | ۲۵,۸۵ |
| C | ۷۳,۵ | ۸۶ | ۱۲,۵ |
| G | ۸۲,۶ | ۹۲ | ۹,۴ |

**جدول ۷:** نتایج آزمون نمونه‌های قرار گرفته در دستگاه مه نمکی بر طبق استاندارد ASTM D1654.

| کد نمونه | Rating number |
|---|---|
| B | ۷ |
| C | ۶ |
| G | ۸ |




**شکل ۴:** تصاویر نمونه‌های B ) نمونه بدون پایدارکننده نوری، C ) نمونه حاوی پایدارکننده نوری UVa، G ) نمونه حاوی پایدارکننده نوری UVb پس از قرارگیری در دستگاه مه نمکی به مدت ۱۰۰۰ ساعت.

Archive of SID

## ۴ـ نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت حضور پایدارکننده‌های نوری *Bis*(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate و هیدروکسی فنیل-تری‌آزین(HPT) اثر قابل توجهی بر خواص سامانه‌های پوششی خودرویی دارد. نشان داده شد ترکیبات هیدروکسی فنیل تری آزین اثربخشی بالاتری نسبت به ترکیبات HALS دارند. این امر را می‌توان به خاصیت و ماهیت قلیایی ترکیبات HALS و احتمال دخالت آنها در انجام و تکمیل واکنش پخت اکریلیک ملامین که واکنش اسید کاتالیست است نسبت داد که نتایج سختی‌سنجی نیز این موضوع را تأیید می‌کنند. تغییرات ظاهری مثل براقیت، زبری و رنگ‌سنجی در مورد نمونه‌های حاوی پایدارکننده نوع UVb بسیار کمتر از نمونه مرجع بوده است. همچنین نتایج آزمون مه نمکی نیز اثربخش‌تر بودن افزودنی UVb نسبت به UVa را نیز تأیید می‌کند.

## ۵ـ مراجع

1. H. J. Streitberger, Automotive paints and coatings,VCH, Germany, 2005.
2. M. E. Nichols. Anticipating paint cracking: the application of fracture mechanics to the study of paint weathering. *J. Coat. Technol. Res*. 74 (2002), 39-46.
3. M. Fratri. Cova, P. Simon, P. Schwarzer, H. W. Wilde, Residual stability of polyurethane automotive coatings measured by chemiluminescence and equivalence of Xenotest and Solisi ageing tests. *Polym. Degrad. Stab*. 91(2006), 94-100.
4. C. Schaller, D. Rogez, A. Braig, Hydroxyphenyl-s-triazines: advanced multipurpose UV-absorbers for coatings. *J. Coat. Technol. Res*. 5( 2008), 25-31.
5. J. Pospisil. S. Nespurek, Photostabilisation of coatings mechanisms and performance. *Prog. Polym. Sci*. 25(2000), 1261–1335.
6. A. Stahrfeld, A. Braig, Advanced UV Protection of Automotive Clear Coatings, Proceedings from XXVI FATIPEC Congress. Dresden, Germany, 2002.
7. R. Iyengar, B. Schellenberg, Loss rate of UV absorbers in automotive coatings. *Polym. Degrad. Stab.* 61(1998), 151-159.
8. C. A. Smith, J. L. Gerlock, R. O. Carter, Determination of ultraviolet light absorber longevity and distribution in automotive paint systems using ultraviolet micro-spectroscopy. *Polym. Degrad. Stab.* 72(2001), 89-97.
9. A. Valet, Light stabilizers for paints. Hannover, Germany: Vincentz Verlag, 1997. P. 45-51.
10. Ciba Specialty Chemicals,Coating Effects segment,Cibahttp www.icis.com/v2/companies/9145172/ciba-specialty-chemicals/structure.html
11. V. B. Bojinov, N. I. Georgiev, N. V. Marinova, Design and synthesis of highly photostable fluorescence sensing 1,8-naphthalimide-based dyes containing s-triazine UV absorber and HALS units , Sens. Actuators, B, 148(2010), 6-16.
12. V. B. Bojinov, I. P. Panova, D. B. Simeonov, N. I. Georgiev, Synthesis and sensor activity of photostable blue emitting 1,8-naphthalimides containing s-triazine UV absorber and HALS fragments, J. Photochem. Photobiol., A, 210(2010), 89-99.
13. M. McCusker, A UVA/HALS Primer: Everything you've ever wanted to know about light stabilizers-Part I, Met. Finish, 97(1999), 51-53
14. M. McCusker, A UVA/HALS Primer: Everything you've ever wanted to know about light stabilizers—part II, Met. Finish, 97(1999), 83-86.
15. M. McCusker, A uva/hals primer: everything you've ever wanted to know about light stabilizers—part iii , Met. Finish, 97(1999), 51-53.
16. V. B. Bojinov, D. B. Simeonov, Synthesis of novel bifunctional polymer stabilizers—A combination of HALS and UV absorber. *J. Photochem. Photobiol,* A. 180(2006), 205-212.
17. Z. Ranjbar, effect of primer surfacer on the properties of automotive coatings and possibility of its' elimination, academic research, institute for color science and technology, 2010 (in Persian).

Archive of SID


SID.ir