



بررسی تأثیر عوامل مختلف بر روی کیفیت خواص ظاهری پوشش‌های خودرویی با استفاده از روش شش سیگما

سعید باستانی^{۱*}، علیرضا معصومی^۲، حمید رزمگیر^۲، پرستو زری^۲

۱- استادیار، گروه پژوهشی پوشش‌های سطح و خوردگی، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲- کارشناس ارشد، ایران خودرو-سالن رنگ شماره ۲، صندوق پستی: ۱۱۱-۱۳۸۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۵/۳ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۸/۶/۲۰

چکیده

در این مقاله، با استفاده از روش شش سیگما، تأثیر عوامل مختلف مانند لایه‌های پوششی، موقعیت سطحی، شرایط فرآیندی و ضخامت لایه‌ها بر روی کیفیت ظاهر پوشش‌های خودرویی (عدد NAP، میزان کشش و غیره) بررسی و تحلیل شد. با استفاده از روش شش سیگما، کیفیت فاکتورهای مذکور بهینه شده که منجر به بهبود سطح سیگما از ۰,۴ به ۱,۸ و متعاقب آن کیفیت محصول گردید. نهایتاً بهینه مقادیر ضخامت لایه‌ها، زمان اقامت قبل از پخت، دمای اعمال، نوع سنباده زنی، وضعیت قرارگیری سطح و بهینه خواص لایه الکتروپوشانش ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌های خودرویی، ظاهر، مقدار NAP، بهینه‌سازی، روش شش سیگما.

Study of Effective Factors on Instrument Characteristic Quality of Automotive Coating Appearance by Six-sigma Methodology

S. Bastani^{*1}, A. Masoumi², H. Razmgir², P. Zari²

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

² Paint Shop, Iran Khodro Co. P.O. Box: 13895-111, Tehran, Iran

Abstract

In this paper, the influence of various factors on the quality of automotive coating appearance (NAP No., tension value, etc) such as coating layers, surface position, process conditions and film thickness were studied. Six-sigma method was employed to investigate and analyze the effect of the above mentioned factors. Via six-sigma methodology, the quality of factors was improved which in turn leads to improve the sigma level from 0.4 to 1.8 as well as increasing the quality of the product. Finally, the films thickness, flash off time, application temperature, grade of sanding and surface position were optimized. J. Color Sci. Tech. 3(2009), 65-72. © Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Automotive coatings, Appearance, NAP value, Optimization, Six sigma methodology.

۱- مقدمه

مرحله تحلیل: هدف مرحله تحلیل مشخص کردن علل ریشه‌ای و اطمینان از آنها از طریق جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد. خروجی، یک تئوری مشخص است که آزمایش و تأیید شده است. علل تحقیق شده، پایه حل مشکل در مرحله بعدی را شکل می‌دهد.

مرحله بهبود: هدف مرحله بهبود سعی و کوشش و اجرای راه‌حلی است که علل ریشه‌ای به آن اشاره می‌کند. خروجی، فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده و آزمایش شده است که باید شدت علل ریشه‌ای معین شده را حذف یا کاهش دهد. علاوه بر آن، نقشه‌ای ایجاد می‌شود که چگونه نتایج در مرحله بعدی ارزیابی گردد.

مرحله کنترل: هدف مرحله کنترل ارزیابی راه حل و نقشه می‌باشد که بهبودها را به وسیله استاندارد کردن فرآیند حفظ می‌کند. خروجی این مرحله عبارتست از:

(الف) تحلیل قبل و بعد فرآیند

(ب) پایش سیستم

(ج) مستندسازی کامل نتایج، یادگیری و پیشنهادات

عدد NAP و دستگاه اندازه‌گیری QMS – BP: شاخصی است که سه عامل مهم رنگ یعنی براقیت، وضوح تصویر و پوست پرتقالی را به طور همزمان اندازه‌گیری و تحت عدد NAP نشان می‌دهد. عملکرد دستگاه بدین صورت است که نور با طول موج مشخص بر روی سطح تابانده می‌شود و در ۲۶ نقطه مشخص از بدنه اندازه‌گیری انجام می‌شود. در هر نقطه سه عامل براقیت، وضوح تصویر و پوست پرتقالی ثبت می‌شود و با استفاده از فرمول‌هایی که بحث در مورد آن در این مقاله نمی‌گنجد عدد NAP را با تلفیقی از این سه عامل و در نظر گرفتن ضرایبی تعریف شده با توجه به محل نقطه مورد نظر و ... محاسبه می‌کند [۲، ۳، ۵].

در این مقاله، عوامل مؤثر بر روی شاخص کیفی دستگاهی ظاهر پوشش خودرویی، میزان پراکندگی و بهبود فرآیند از طریق روش‌های آماری موجود در شش سیگما شناسایی و مورد بحث و بررسی قرار گرفت و سعی گردید که با بهبود شرایط سطح سیگما افزایش پیدا کند.

ظاهر خودرو یکی از مهمترین ویژگی‌های پوشش‌های خودرویی است. روش‌های مختلف آماری برای بررسی اثر عوامل مختلف بر خصوصیات ظاهری پوشش‌ها استفاده می‌شوند.

شش سیگما یک برنامه بهبود هدایت شده از سوی مدیریت سازمان است که تمرکز آن بر استفاده از استراتژی بهبود جهشی^۱ در جهت رضایت مشتری و عملکرد مالی سازمان استوار می‌باشد. همچنین این روش یک روش نظام‌مند برای بهبود فرآیندها و محصولات و تمرکز آن بر کسب و کارهای اصلی، ارزیابی عملکرد کیفی و نیازهای مشتری است. اهداف شش سیگما بر روی کاهش نوسانات، کاهش عیوب، بهبود بازدهی فرآیند، افزایش رضایت مشتری و بهبود نتایج نهایی متمرکز می‌گردد. پروژه‌های شش سیگما از دو روش DFSS و DMAIC که اولی برای توسعه فرآیندها یا محصولات جدید و دومی یک سیستم بهبود برای فرآیندهایی که خارج از محدوده مشخصات قرار دارند استفاده می‌نماید. روش DMAIC یک فرآیند بهبود ۵ مرحله‌ای شامل مراحل تعریف، اندازه‌گیری، تحلیل، پیشرفت و کنترل می‌باشد که هر مرحله به صورت منطقی به مرحله قبل و بعد خود مرتبط می‌باشد [۱].

مرحله تعریف: اولین مرحله تعریف می‌باشد. منظور و محدوده پروژه در این مرحله تعریف می‌گردد. اطلاعات قبلی بر روی فرآیند و مشتری در این مرحله جمع‌آوری می‌گردد. خروجی‌های آن عبارتست از (الف) توصیف دقیقی از بهبود خواسته شده (ب) تعریف مشخص از دامنه فرآیند (ج) لیستی از آنچه که برای مشتری با اهمیت می‌باشد. این اطلاعات به مرحله بعدی پیوند خواهد خورد (شکل ۱).

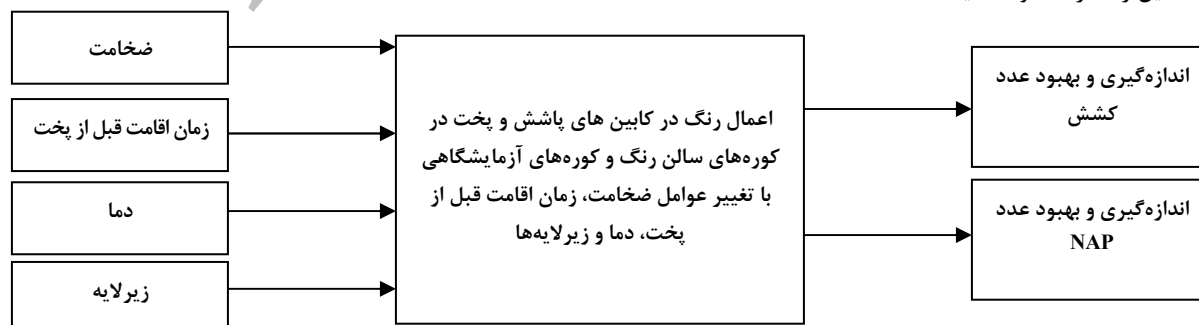
مرحله اندازه‌گیری: هدف مرحله اندازه‌گیری، تمرکز بر نیازهای بهبود با استفاده از جمع‌آوری اطلاعات موقعیت و شرایط فعلی فرآیند می‌باشد. خروجی‌های این مرحله شامل موارد زیر است:

(الف) اطلاعات پایه‌ای برای محاسبه کارایی فعلی فرآیند

(ب) اطلاعاتی که موقعیت دقیق مشکل و یا تعداد رخداد را مشخص می‌کند

(ج) تمرکز بیشتر بر روی مشکل. این خروجی‌ها اطلاعات پایه‌ای برای مرحله تحلیل را تدارک خواهد دید.

1- Breakthrough improvement



شکل ۱: طرح‌واره مرحله تعریف.

۲- بخش تجربی

۱-۲- مواد و وسایل

در این تحقیق از مواد پوششی شرکت دوپونت برای لایه الکتروپوشانش استفاده گردید. برای لایه آستری از مواد شرکت تابا و گاماتینر و از مواد پوششی شرکت تابا برای لایه بن پوشه و شفاف پوشه استفاده شد.

به منظور بررسی خواص ظاهری از دستگاه NAP^۱ استفاده شد.

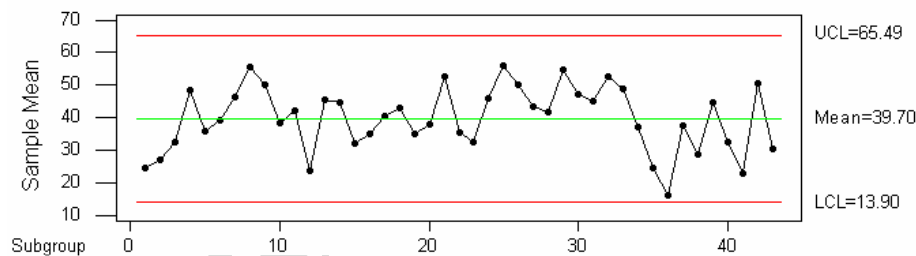
۲-۲- روش کار

همان گونه که به اختصار در تئوری شش سیگما ارائه شد در مرحله‌های اندازه‌گیری و تحلیل، ابتدا روند موجود و سطح سیگمای شاخص کیفی دستگاهی ظاهر فیلم پوشش محاسبه شده و در ادامه عوامل مؤثر بر روی این شاخص شناسایی و از نظر میزان تأثیرگذاری مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد تا اینکه عوامل اصلی که بهبود بر روی آنها صورت می‌گیرد، حاصل شوند. از طریق یکی از ابزار شش

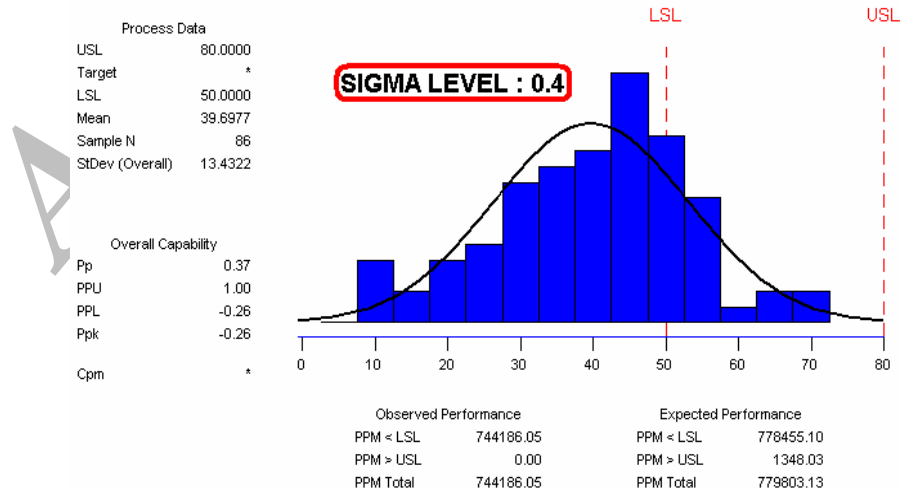
سیگما به نام نمودار علت و معلول^۲ وجود بیش از ۵۳ عامل که بر خواص ظاهری فیلم پوشش تأثیر می‌گذارد، شناسایی گردید و با استفاده از یکی دیگر از ابزارهای شش سیگما به نام FMEA^۳، مهمترین و مؤثرترین آنها انتخاب و آزمایشات و بررسی‌ها بر روی آنها متمرکز شد. محدوده‌ها بر اساس تحقیقات قبلی و شرایط و تجربیات بخش رنگ شرکت ایران خودرو تعیین شده است [۱،۵،۱۲].

عدد NAP و دستگاه اندازه‌گیری QMS - BP شاخصی است که سه عامل مهم پوشش یعنی براقیت، وضوح تصویر و پوست پرتقالی را به طور همزمان اندازه‌گیری و به عنوان عدد NAP (بدون بعد) نشان می‌دهد. وضعیت و شرایط اولیه قبل از بهبود در شکل ۲ نشان داده شده است:

- 1- Niveau aspect peinture
- 2- Cause & effect diagram
- 3- Failure mode and effect analysis



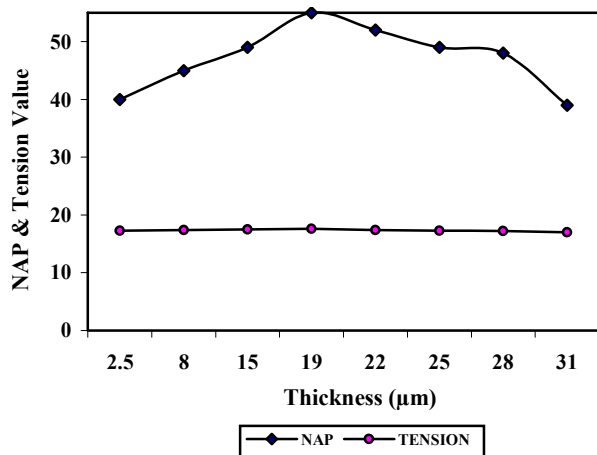
Process Capability Analysis for BEFOR



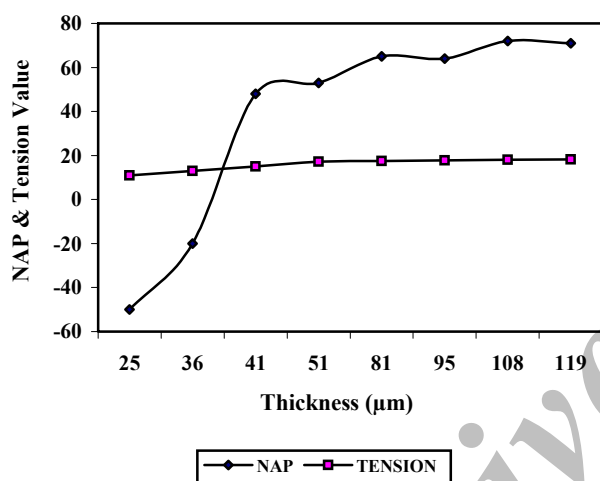
شکل ۲: وضعیت و شرایط اولیه قبل از بهبود.

۳- نتایج و بحث

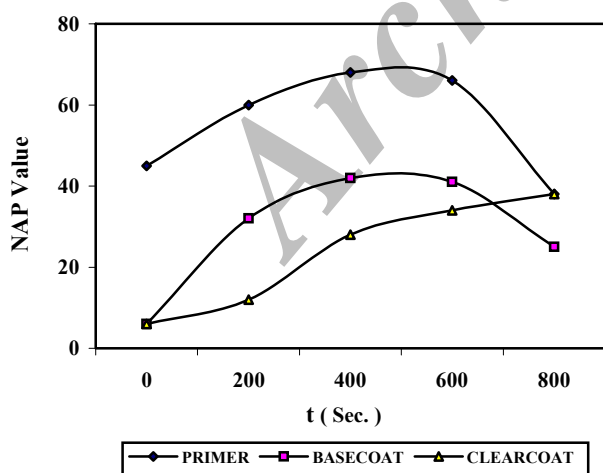
۳-۱- اثر ضخامت



شکل ۴: تاثیر ضخامت بن پوشه بر خواص ظاهری.



شکل ۵: تاثیر ضخامت شفاف پوشه بر خواص ظاهری.



شکل ۶: تاثیر زمان اقامت قبل از پخت بر روی عدد NAP.

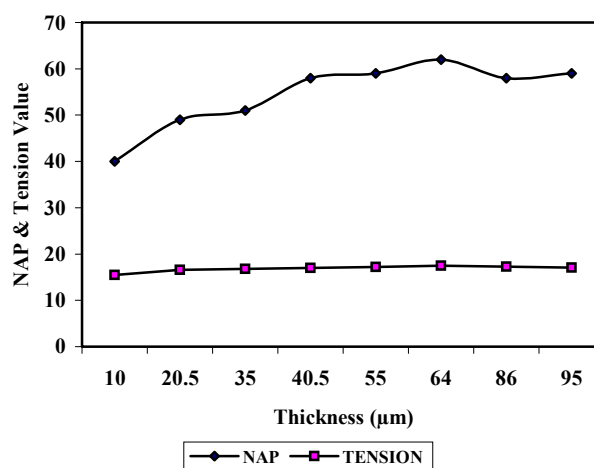
عامل ضخامت به عنوان یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر روی خواص ظاهری فیلم رنگ می باشد [۱۱، ۴]. در این بررسی، ضخامت لایه آستری، بن پوشه و شفاف پوشه در هشت سطح مد نظر قرار گرفت که در شکل های ۳ تا ۵ ارائه شده اند.

در تغییر ضخامت آستر، افزایش خواص ظاهری فیلم رنگ با افزایش ضخامت مشاهده می شود که از مقداری در محدوده ۵۰ میکرون به بالا تقریباً ثابت می گردد. هنگامی که لایه های بعدی روی آستری اعمال می گردد ایرادات لایه زیرین پوشیده شده و خواص ظاهری رنگ نهایی مطلوب تر به نظر می رسد. با تغییر ضخامت بن پوشه، تغییر چندانی در خواص ظاهری فیلم رنگ مشاهده نمی شود.

از آنجا که شفاف پوشه آخرین لایه می باشد، بیشترین تأثیر را بر روی خواص ظاهری فیلم رنگ دارد و هرگونه ایراد در این لایه مستقیماً قابل مشاهده خواهد بود. روند نتایج و مشاهدات به این صورت است که در ضخامت های پایین، کاهش شدید خواص ظاهری فیلم رنگ وجود دارد که این امر با افزایش ضخامت و پس از رسیدن به مقداری در محدوده ۶۵-۶۰ میکرون، تقریباً ثابت می گردد [۶].

۳-۲- بررسی اثر زمان اقامت قبل از پخت

بررسی اثر زمان اقامت قبل از پخت بر روی خواص ظاهری رنگ برای هر سه لایه به طور جداگانه با مقادیر، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ ثانیه انجام شد (شکل های ۶ و ۷).



شکل ۷: تاثیر ضخامت آستر بر خواص ظاهری.

شفاف‌پوشه سبب می‌شود که لایه بن‌پوشه زمان لازم برای خروج حلال و افزایش گرانبوی قبل از اعمال لایه بعدی داشته باشد که در نتیجه آن بایندر و حلال لایه بعدی اجازه نفوذ در حجم آزاد بن‌پوشه را نداشته و ایجاد فیلمی یکنواخت و افزایش بهبود خواص ظاهری نماید. همچنین دادن زمان بهینه اقامت قبل از پخت به هریک از لایه‌ها، اجازه شکل‌گیری زنجیرها را به فیلم رنگ می‌دهد که این امر منجر به ایجاد همترازی^۲ مناسب و افزایش در خواص ظاهری فیلم رنگ می‌گردد.

۳-۳- اثر دما

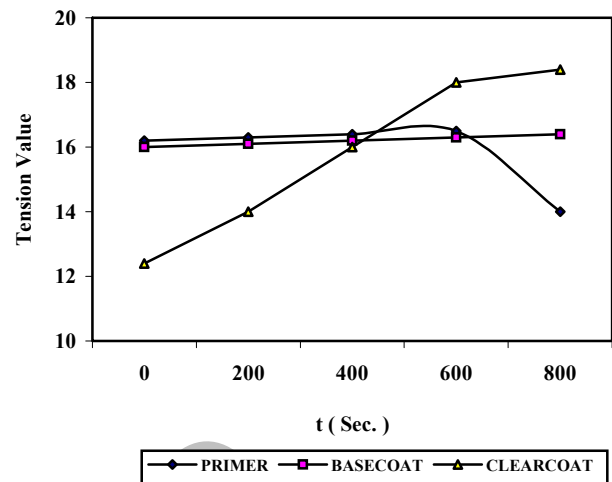
از آنجایی که گرانبوی مواد پلیمری به شدت تابع دما می‌باشد، گرانبوی پوشش با تغییرات دما به شدت تغییر می‌کند که این امر در میزان جریان‌پذیری مؤثر خواهد بود. بررسی اثر دمای پوشش و دمای بدنه به طور جداگانه در مقادیر ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ °C انجام شد (شکل ۸). در دمای پایین افزایش گرانبوی اجازه همترازی مناسب نخواهد داد و این امر بر روی خواص ظاهری رنگ تأثیر خواهد گذاشت. همچنین اگر دما بالا باشد، حلال سریع‌تر تبخیر شده و فرصت همترازی شدن را نخواهد داشت [۷، ۸، ۱۰، ۱۲].

با توجه به نتایج به دست آمده در محدوده دمایی ۲۳-۳۳ °C و جایی که دمای بدنه از دمای رنگ حدوداً ۸ °C کمتر باشد بهترین نتیجه حاصل می‌شود. در این حالت رنگ بر روی سطحی با دمای کمتر از خود می‌نشیند و حلال‌ها فرصت کافی دارند تا به آرامی خارج شده و در زمان طولانی‌تری انجام پذیرد که بنوبه خود عدم پوست پرتالی را به دنبال دارد. همچنین با افزایش همترازی انعکاس منظم نیز افزایش می‌یابد و براقیت بیشتری حاصل می‌شود که تمامی موارد فوق منجر به افزایش خواص ظاهری فیلم رنگ می‌گردد.

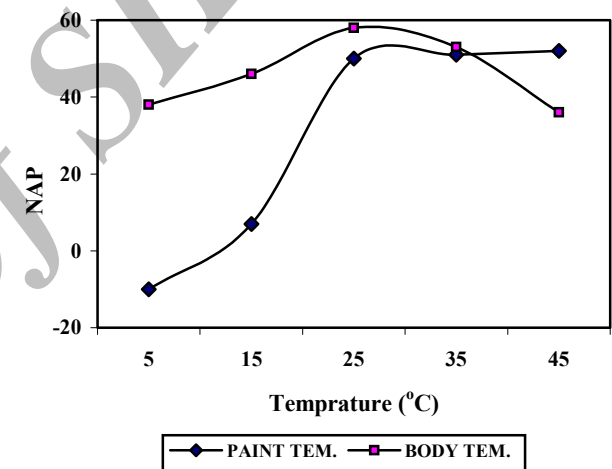
۴-۳- لایه الکتروپوشان (اثر خواص آستر)

به منظور بررسی اثر خواص آستری بر روی خواص ظاهری فیلم رنگ، عوامل مختلف آستر مورد بررسی قرار گرفت و از میان آنها زبری، براقیت و ضخامت که قابل اندازه‌گیری بودند برای دو نوع آستر مختلف مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۹). در این بخش به منظور طراحی آزمایش و با توجه به وجود سطوح مختلف، از نرم‌افزار Minitab استفاده گردید.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که عدد NAP اندازه‌گیری شده برای نمونه‌های سری ۹ و ۱۰ که نقاط میانی عوامل (ضخامت ۳۵ میکرون، زبری بین ۰.۶-۰.۳۷ میکرومتر و براقیت ۰.۶۰) و سری ۴ که دارای مشخصه زبری کم (۰.۴-۰.۲۵) و براقیت بالاتری (۰.۸۰) می‌باشد، بهترین نتایج را ارائه می‌دهند. این روند در نمودار کشش که مشخصه‌ای از پوست پرتالی است، نیز قابل مشاهده است. این نتایج



شکل ۷: تأثیر زمان Flash-off بر روی کشش.

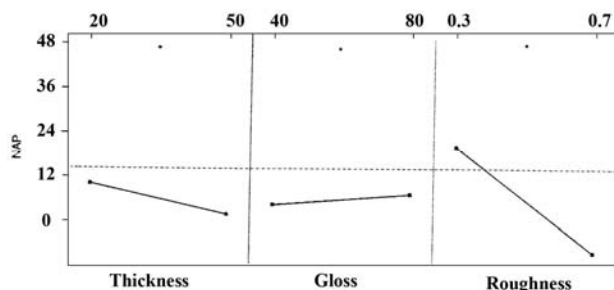


شکل ۸: تأثیر دما بر روی عدد NAP.

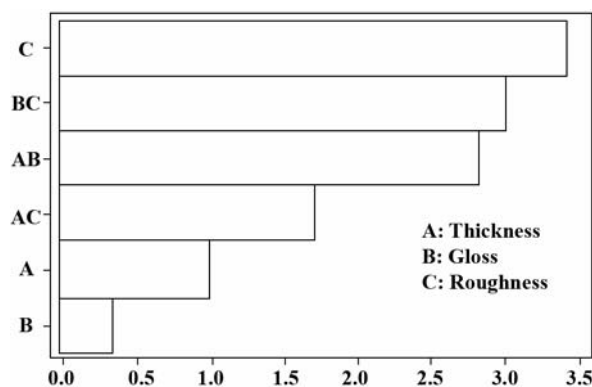
بهینه زمان به دست آمده برای اقامت قبل از پخت برای آستری کمتر از ۹ دقیقه، برای بن‌پوشه ۶ دقیقه و برای شفاف‌پوشه ۷ دقیقه می‌باشد. کمترین تغییرات خواص ظاهری با تغییر زمان اقامت قبل از پخت مرتبط با لایه بن‌پوشه و بیشترین تغییرات در لایه شفاف‌پوشه اتفاق می‌افتد. با کاهش زمان اقامت قبل از پخت از مقادیر بهینه به دست آمده، حلال فرصت کافی برای خروج از سطح فیلم را ندارد و در نتیجه خروج نایکنواخت آن، گرادیان گرانبوی را ایجاد می‌کند. بر اثر این گرادیان، انتقال حرارت نایکنواخت خواهد بود. بدین صورت که در قسمت‌های با گرانبوی بالاتر انتقال حرارت مشکل‌تر است. گرادیان دمایی ایجاد شده نایکنواختی در جریان‌پذیری^۱ را به دنبال خواهد داشت که این نایکنواختی در طول عمل پخت فیلم رنگ سبب موجی شدن سطح و افت خواص ظاهری فیلم رنگ می‌شود [۸، ۱۰]. در سیستم تر روی تر، دادن زمان اقامت قبل از پخت کافی بین بن‌پوشه و

2- Leveling

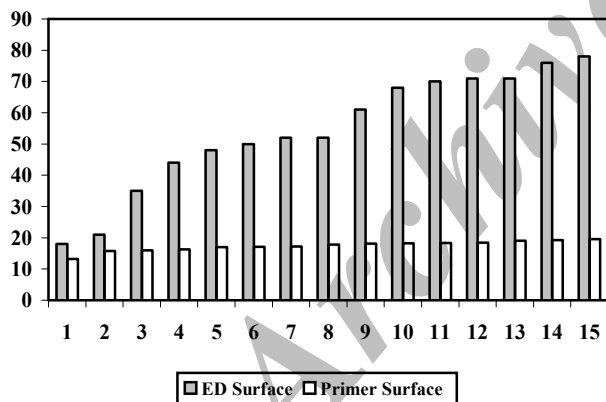
1- Flow



شکل ۱۰: بررسی اثر متقابل عوامل بر عدد NAP.



شکل ۱۱: بررسی اثر متقابل عوامل بر عدد NAP.

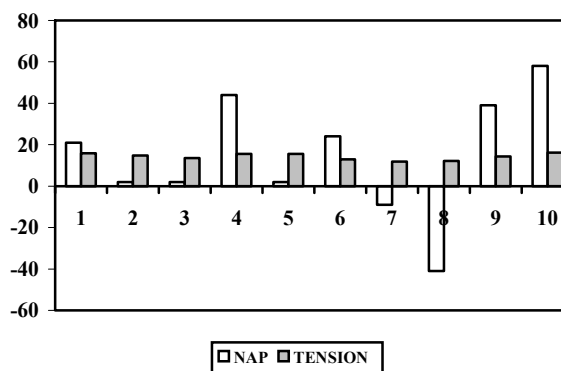


شکل ۱۲: تأثیر سمباده‌زنی و نوع آن بر روی خواص ظاهری.

در تحقیقات دیگری نیز تأیید شده است [۱۲]. همچنین بررسی اثر متقابل عوامل بر عدد NAP حاصله، همان گونه که در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است، نشان می‌دهد که با افزایش زبری لایه الکتروپوشانش میزان عدد NAP به شدت کاهش می‌یابد. با افزایش زبری سطح الکتروپوشانش، توانایی آستر برای پوشاندن سطح زیرین کاهش یافته و لایه آستری پروفایل سطح را به لایه بالایی منتقل می‌نماید و باعث ناصافی پوشش نهایی و کاهش عدد NAP می‌شود. بررسی براقیت پوشش نشان می‌دهد که با افزایش میزان براقیت پوشش آستر، میزان عدد NAP افزایش می‌یابد ولی اثر این افزایش کمتر از تأثیر میزان زبری است. با افزایش براقیت پوشش، سطح پوشش هموارتر و اعمال لایه بعدی بر روی سطح هموارتر باعث افزایش عدد NAP می‌شود. همچنین با توجه به این که یکی از عوامل مؤثر بر پوست پرتقالی شدن، ضخامت فیلم پوشش می‌باشد، با افزایش ضخامت، عدد NAP کم می‌شود که شدت حساسیت عدد NAP به ضخامت نیز کمتر از حساسیت آن به زبری است.

۳-۵- اثر سمباده زنی و نوع آن

از سمباده به منظور حذف ذرات خارجی جذب شده از محیط و یا درون رنگ بر روی سطح به صورت موضعی استفاده می‌شود. سمباده‌ها با گونه‌های مختلفی از زبر تا نرم در صنعت خودرو استفاده می‌شود. در انجام آزمون از گونه‌های ۴۰۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ استفاده شده است (جدول ۱ و شکل ۱۲).



شکل ۹: بررسی اثر آستر بر روی خواص ظاهری.

جدول ۱: انواع سمباده‌های مورد مصرف.

نوع کاغذ سمباده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
برای سطح ED	۴۰۰	۴۰۰	NOT USED	۸۰۰	۸۰۰	۵۰۰	NOT USED
برای سطح آستری	۴۰۰	۸۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۵۰۰

جدول ۱: ادامه.

نوع کاغذ سمباده	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
برای سطح ED	۴۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۸۰۰	۵۰۰	NOT USED	۸۰۰
برای سطح آستری	۵۰۰	NOT USED	۵۰۰	۸۰۰	۸۰۰	NOT USED	۸۰۰	NOT USED

الکتروپوشانش که حاوی مقدار پیونده به رنگدانه کمتر می‌باشد و همچنین از آنجا که سطوح عمودی مشکلات بیشتری برای همترازی دارند، در نقاط عمودی خواص ظاهری افت بیشتری را در مقایسه با نقاط افقی دارا می‌باشند.

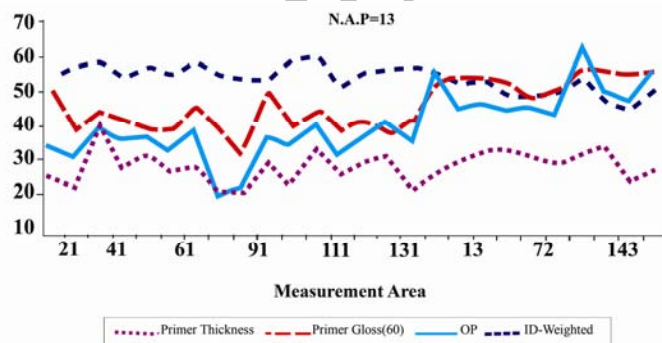
۳-۷- مرحله بهبود

با توجه به اینکه ضخامت، لایه آستری و سنباذه‌زی مؤثرترین عوامل ایجاد نوسانات در خواص ظاهری فیلم رنگ بودند از طریق تنظیم و بهینه کردن ضخامت‌ها، تعویض آستر و بهبود شرایط سنباذه‌زی (سنباذه‌زی دورانی و با نوع نرم آن) میزان خواص ظاهری فیلم رنگ به شکل مطلوبی بهبود یافته و سبب افزایش سطح سیگما گردید (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).

با توجه به نمودارها بهترین نتایج زمانی حاصل می‌شود که از سنباذه با نوع ۸۰۰ و عدم سنباذه کاری در یکی از لایه‌های آستری و الکتروپوشانش، استفاده شود. سنباذه‌زی همچنین باعث افت خواص ظاهری فیلم رنگ می‌گردد و بجز در مواردی که مورد لزوم است، نباید استفاده شود.

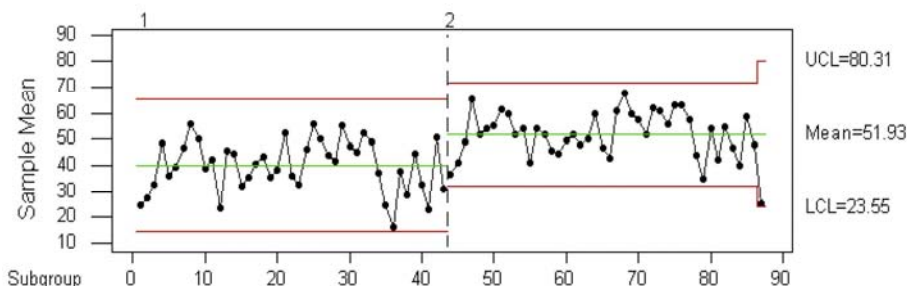
۳-۶- وضعیت قرارگیری سطح

خواص ظاهری فیلم رنگ تابعی از ضخامت و همترازی سطح می‌باشد. این وابستگی بخصوص در نقاط عمودی بدنه بیشتر قابل مشاهده است و در نقاط افقی این وابستگی کمتر است. همان‌گونه که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود، سطوح عمودی به دلیل زبری بالاتر ناشی از فرآیند

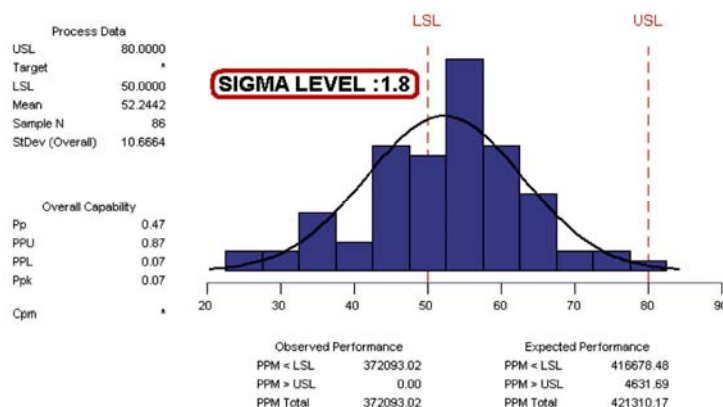


شکل ۱۳: تأثیر وضعیت قرارگیری سطح بر روی خواص ظاهری.

- اعداد ۱۳، ۷۲، ۱۴۳: سطوح افقی
- اعداد ۲۱، ۴۱، ۶۱، ۹۱، ۱۱۱، ۱۳۱: سطوح عمودی
- مقادیر بالاتر OP: وضعیت پوست پرتقالی بهتر



شکل ۱۴: وضعیت قبل (۱) و بعد از بهبود (۲).



شکل ۱۵: وضعیت و شرایط پس از بهبود.

دمای رنگ حدوداً ۸ درجه کمتر باشد بهترین نتیجه حاصل شده است. بررسی اثر متقابل عوامل بر عدد NAP حاصله، نشان می‌دهد که با افزایش زبری لایه الکتروپوشانش میزان عدد NAP به شدت کاهش می‌یابد. با افزایش زبری سطح الکتروپوشانش، توانایی آستر برای پوشاندن سطح زیرین کاهش یافته و آستر پروفایل سطح را به لایه بالایی منتقل می‌نماید و باعث ناصافی پوشش نهایی و کاهش عدد NAP می‌شود. بهترین نتایج هنگامی حاصل می‌گردد که از سنباده با درجه ۸۰۰ و عدم سنباده کاری در یکی از لایه‌های آستری و الکتروپوشانش، استفاده شود. سنباده‌زنی همچنین باعث افت خواص ظاهری فیلم رنگ می‌گردد و بجز در مواردی که مورد لزوم است، نباید استفاده شود. سطوح عمودی به دلیل زبری بالاتر ناشی از فرآیند الکتروپوشانش که حاوی مقدار پیونده به رنگدانه کمتر می‌باشد و همچنین از آنجا که سطوح عمودی مشکلات بیشتری برای همترازی دارند، در نقاط عمودی خواص ظاهری افت بیشتری را در مقایسه با نقاط افقی دارا می‌باشند.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، با استفاده از روش شش سیگما، تأثیر عوامل مختلف بر روی کیفیت ظاهر پوشش‌های خودروبی (عدد NAP، میزان کشش و غیره) مانند لایه‌های پوششی، موقعیت سطحی، فرآیند، ضخامت لایه‌ها و غیره بررسی و تحلیل شد. افزایش خواص ظاهری فیلم رنگ با افزایش ضخامت مشاهده می‌شود. با تغییر ضخامت بن‌پوشه، تغییر چندانی در خواص ظاهری فیلم رنگ مشاهده نمی‌شود. روند نتایج و مشاهدات در شفاف‌پوشه به این صورت است که در ضخامت‌های پایین، کاهش شدید خواص ظاهری فیلم رنگ وجود دارد. بهینه زمان به دست آمده برای اقامت قبل از پخت برای آستری کمتر از ۹ دقیقه، برای بن‌پوشه ۶ دقیقه و برای شفاف-پوشه ۷ دقیقه می‌باشد. کمترین تغییرات خواص ظاهری با تغییر زمان اقامت قبل از پخت مرتبط با لایه بن‌پوشه و بیشترین تغییرات در لایه شفاف‌پوشه اتفاق می‌افتد. با توجه به نتایج به دست آمده در محدوده دمایی °C ۲۳-۲۳ بهترین نتیجه حاصل می‌گردد. زمانی که دمای بدنه از

۵- مراجع

1. B. Dodson, P. A. Keller, T. Pyzdek, Six sigma guide (Spiral-bound). Rath & Strong's, October (2001).
2. R. S. Hunter, R. W. Harold, The measurement of appearance. John Wiley & Sons, New York, 2nd Ed, (1987).
3. ASTM Committee E-12 on Appearance of Materials, ASTM standards on color and appearance measurement. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, sixth edition, (1996).
4. Z. W. Wicks, F. N. Jones, Organic coating science and technology. 2nd Ed. Wiley, (1999).
5. Paint appearance quality measurement product description. Autospect, Perceptron (2001).
6. F. Lee, R. A. Ryntz, D. Britz, J. Summerville, Analysis of coatings appearance and durability testing induced surface defects using image capture/processing/analysis. SAE technical papers, (2001).
7. W. S. Overdiep, The leveling of paints. *Prog. Org. Coat.* 14(1986), 159-175.
8. O. Cohu, A. Magnin, Leveling of thixotropic coating. *Prog. Org. Coat.* 28(1996), 89-96.
9. G. Fettis, Automotive paint & coating (first Ed.), Wiley-VCH Verlag GmbH (1995).
10. M. H. Eres, D. E. Weindner, L. W. Schwartz, Three-dimensional direct numerical simulation of surface-tension-gradient effects on the leveling of an evaporating multicomponent fluid. *Langmuir.* 15(1999), 1859-1871.
11. N. Board, Modern Technology of Surface Coating with Formulae and Their Applications. Asia Pacific Business Press Inc., (2003).
12. S. Bastani, A. Massoumi, P. Qodsi, A. Karbasi, Studying the effects of primer surfacer properties on the automotive coating appearance by DOE, Colour & Appearance of Paint, Copenhagen, 10-11 May, (2006).