مرفق البيئة العالمية (GEF) 9771: أفضل الممارسات العالمية بشأن قضايا سياسة المواد الكيميائية الناشئة التي تثير القلق في إطار النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية

المبادئ التوجيهية الفنية لإعادة تركيب الطلاء المحتوي على الرصاص

برنامج الأمم المتحدة للبيئة

Photo: www.pixabay.com

© برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2021
ISBN: 978-92-807-3940-4
Job number: DTI/2438/GE

إعادة الإنتاج

يجوز إعادة إنتاج هذا المنشور كليًا أو جزئيًا وبأي شكل من الأشكال من أجل الخدمات التعليمية أو غير الهادفة للربح من دون إذن خاص من صاحب حقوق الطبع والنشر، بشرط الإقرار بالمصدر. يقدّر برنامج الأمم المتحدة للبيئة تلقي نسخة من أي منشور يستخدم هذا المنشور كمصدر.

لا يجوز استخدام هذا المنشور لإعادة البيع أو لأي غرض تجاري آخر على الإطلاق من دون إذن كتابي مسبق من برنامج الأمم المتحدة للبيئة. يجب أن توجه طلبات الحصول على هذا الإذن، مع بيان الغرض من الاستنساخ ومداها، إلى مدير شعبة الاتصالات، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، ص.ب. 30552، نيروبي 00100، كينيا.

إخلاء المسؤولية

التسميات المستخدمة وطريقة عرض المواد في هذا المنشور لا تعبر بالضرورة عن رأي الأمانة العامة للأمم المتحدة فيما يتعلق بالوضع القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو سلطاتها، أو بشأن تعيين حدودها أو حدودها. للحصول على إرشادات عامة بشأن المسائل المتعلقة باستخدام الخرائط في المنشورات، يرجى التوجه إلى http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm

لا يشير ذكر شركة تجارية أو منتج في هذا المستند إلى موافقة برنامج الأمم المتحدة للبيئة أو المؤلفين. لا يُسمح باستخدام المعلومات الواردة في هذا المستند للدعاية أو الإعلان. تُستخدم أسماء العلامات التجارية ورموزها بطريقة تحريرية مع عدم وجود نية لانتهاك قوانين العلامات التجارية أو حقوق النشر.

الآراء الواردة في هذا المنشور هي آراء المؤلفين ولا تعكس بالضرورة آراء برنامج الأمم المتحدة للبيئة. نحن نأسف لأية أخطاء أو سهو قد حدث عن غير قصد.

© الخرائط والصور والرسوم التوضيحية كما هو محدد

Layout and graphic design: Mile Losic

Suggested citation: United Nations Environment Programme (2022). Lead Paint Reformulation Technical Guidelines, Geneva, Switzerland.

This document was prepared under the Global Environment Facility (GEF) full sized project 9771: Global best practices on emerging chemical policy issues of concern under the Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM). This project is funded by the GEF, implemented by UNEP and executed by the SAICM Secretariat. NCPC Serbia acknowledges the financial contribution of the Global Environment Facility for the development editing and design of the document.

مرفق البيئة العالمية (GEF) 9771: أفضل الممارسات العالمية بشأن قضايا سياسة المواد الكيميائية الناشئة التي تثير القلق في إطار النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية

العنصر 1: تشجيع العمل التنظيمي والطوعي من قبل الحكومة والصناعة للتخلص التدريجي من الرصاص في الطلاء

المبادئ التوجيهية الفنية لإعادة تركيب الطلاء المحتوي على الرصاص

برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي

Photo: © Kansai Helios

شكر وتقدير

قاد فوبيسلافكا ساتريك وبرانكو دونييتش من المركز الوطني للإنتاج الأنظف في صربيا تطوير هذه المبادئ التوجيهية التقنية، بتوجيه ودعم من نيكولين لافانشي وكينيث ديفيس وميهيلا باون من برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) وأنجيلا باندیمیر من وكالة حماية البيئة الأمريكية (US EPA).

لم يكن من الممكن وضع هذه المبادئ التوجيهية التقنية لولا مساهمات العديد من الشركاء وأصحاب المصلحة، بما في ذلك المراكز الوطنية للإنتاج الأنظف في كولومبيا، وبيرو، والإكوادور، والصين، والأردن، والمؤسسة الفكرية "البحث والعمل المستدام من أجل التنمية البيئية" (SRADEV) في نيجيريا، وبرنامج (Nexus3) في إندونيسيا، والشبكة الدولية للقضاء على الملوثات (IPEN). وقدمت مدخلات إضافية من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO)، ومبادرة سيادة القانون لرابطة المحامين الأمريكية (ABA ROLI)، ومجلس الطلاء العالمي (WCC)، ومعهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث (UNITAR). كما نُفّذ التخطيط والتصميم (الجرافيكي) عبر شركة (Mile Losic). يود برنامج الأمم المتحدة للبيئة والمركز الوطني للإنتاج الأنظف في صربيا توجيه الشكر إلى جميع الأفراد والمنظمات الذين قدموا تعليقاتهم على هذا الدليل.

ونود أن نشكر مورّدي الخضابات المذكورين في ما يلي: (BASF Colors & Effects و Ferro و Pyosa و Mathisen و The Clariant و Yingze New Material و Jiangsu Shuangle Pigment)، الذين ساهم دعمهم للشركات الصغيرة والمتوسطة في نجاح هذا المشروع.

بالإضافة إلى ذلك، نود أن نعرب عن تقديرنا لمنتجي الطلاء المذكورين أدناه، الذين شاركوا في الاختبار التجريبي لإعادة تركيب الطلاء المحتوي على الرصاص في إطار هذا المشروع:

Zhejiang Utop New Material Co.,Ltd,, Zhejiang) Tiannu Group Paint Co., Ltd, Hunan Xiang Jiang Paint Group Co.,Ltd, Jiangsu Lanling Polymer Material Co., Ltd, Jiangsu Changjiang Paint Co., Ltd (China), Icelltex, Pintuland, Pinturas Multitonos, Pinturas Supratech (Colombia), four companies from Ecuador, PT Mataram Paint, PT Bital Asia, PT Rajawali Hiyoto, PT. Sigma Utama (Indonesia), Golden Chemicals Company, Jordan Sipes Paints, Tameer Paints industry, (Jordan), Blentech Ltd, Precious Paints Nigeria Limited, Integrated Paints and Allied Products Ltd, Lean-on Chemical and Allied Products Nig. Ltd, Olabi Paint, President Paint, Havela Coatings and Paint Ltd (Nigeria), Envasadora San Gabriel, Soprin, J&S Ferretería Industrial (Universal Colors) and (Larpaint (Colombia)).

لمزيد من المعلومات، يرجى الاتصال بـ
lead-cadmiumchemicals@un.org

مدعوم من:

GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY

قائمة الاختصارات

American Bar Association Rule of Law Initiative	**ABA-ROLI**
(Chemical Abstracts Service (Division of the American Chemical Society	**CAS**
Color Index	**CI**
Critical Pigment Volume Concentration	**CPVC**
Emerging Policy Issues	**EPI**
Global Environment Facility	**GEF**
Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals	**GHS**
Health and Environmental Alliance	**HEAL**
International Agency for Research on Cancer	**IARC**
The International Conference on Chemicals Management	**ICCM**
International Pollutants Elimination Network	**IPEN**
International Organization for Standardization	**ISO**
National Cleaner Production Centre	**NCPC**
Non-governmental Organization	**NGO**
Pigment Brown	**PBr**
Pigment Orange	**PO**
Pigment Red	**PR**
Pigment Yellow	**PY**
Pigment Volume Concentration	**PVC**
Pigment White	**PW**
Pollution Prevention Options Analysis System	**P2OASys**
Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals	**REACH**
Strategic Approach to International Chemicals Management	**SAICM**
Safety Data Sheet	**SDS**
Small and Medium-sized Enterprise	**SME**
Toxics Use Reduction Institute	**TURI**
United Nations Environment Programme	**UNEP**
United Nations Industrial Development Organization	**UNIDO**
United States Environmental Protection Agency	**US EPA**
World Coatings Council	**WCC**
World Health Organization	**WHO**
X-Ray Fluorescence Spectrometry	**XRF**

المحتوى

شكر وتقدير IV
قائمة الاختصارات V

المقدمة 8

1 ملخص 10

2 الخلفية 13

3 الشروط والتعاريف 15

4 الرصاص في الطلاء 17

5 عملية الاستبدال 22

5.1 تحديد البدائل الممكنة 23
5.2 تقييم البدائل المحتملة 24

6 استبدال الخضابات المحتوية على الرصاص 26

6.1 نظرية اللون 27
6.2 مؤشر اللون 28
6.3 عملية التشتيت 29
6.4 استبدال خضاب الرصاص الأحمر المقاوم للتآكل (PR 105) 32
6.4.1 تقييم البدائل 34
6.5 استبدال بدائل الرصاص الأبيض (PW1) 36
6.6 استبدال كرومات الرصاص الثنائي (PY 34) و كبريتات مولبيدات كرومات الرصاص (PR 104)[7] 36
6.6.1 تقييم البدائل غير العضوية الممكنة 37
6.6.2 تقييم بدائل الخضابات العضوية المحتملة 39
6.6.3 مستحضرات الخضابات الجافة والخضابات الهجينة ومعاجين الخضابات 43
6.6.4 إعادة صياغة تركيبة الطلاء مع الخضابات 44

7 استبدال المجففات المحتوية على الرصاص 47

7.1 دور وتركيب المجففات 47
7.2 خصائص المجففات المختارة 48
7.3 فقدان القدرة على الجفاف 50
7.4 تقييم البدائل 51
7.5 إعادة صياغة تركيبة الطلاء 53

الخاتمة 56

المراجع 59
الملحق 1 – نصائح لإيجاد معلومات عن البدائل الأقل خطورة 61
الملحق 2 – أمثلة على التركيبات 62
الملحق 3 – أمثلة على إعادة صياغة الطلاء 64
الملحق 4 – مجموعة مختارة من المواصفات العالمية لطرق فحص الطلاء والورنيش 75
الملحق 5 – قائمة المزودين 78

"...Colour expresses something in itself. One can't do without it; one must make use of it. What looks beautiful, really beautiful — is also right..."

Letter from Vincent van Gogh to his brother Theo

Photos: www.pixabay.com

Photos: www.pixabay.com

المقدمة

حدد المؤتمر الدولي المعني بإدارة المواد الكيميائية (ICCM) في دورته الثانية في عام 2009 الطلاء المحتوي على الرصاص باعتباره قضية سياسات ناشئة في إطار النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية (SAICM). وواصل المجلس الدولي لإدارة المواد الكيميائية في دورتَيه الثالثة والرابعة (2012 و 2015)،التأكيد على هدف التخلص من الطلاء المحتوي على الرصاص، وفي عام 2011، أُنشئ التحالف العالمي للتخلص من الطلاء المحتوي على الرصاص. وفي عام 2017، اعتمدت جمعية الأمم المتحدة للبيئة القرار 3/9 للحد من التعرض للدهان المحتوي على الرصاص وتعزيز الإدارة السليمة بيئياً لنفايات بطاريات الرصاص الحمضية. وكرر القرار الالتزام بالتخلص من الطلاء المحتوي على الرصاص، ودعا أصحاب المصلحة المهتمين للانضمام إلى تحالف الطلاء المحتوي على الرصاص، وطلب من برنامج الأمم المتحدة للبيئة مساعدة البلدان في التخلص من استخدام الرصاص في الطلاء من خلال توفير الأدوات وبناء القدرات لتطوير التشريعات الوطنية.

إنّ التحالف عبارة عن شراكة طوعية يقودها برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) ويهدف لمنع التعرض للرصاص من الطلاء بتوجيه من مجلس استشاري تترأسه وكالة حماية البيئة الأمريكية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2022). ويتمثّل الهدف العام للتحالف بمنع تعرض الأطفال للرصاص من الطلاء وتقليل التعرض المهني للطلاء المحتوي على الرصاص. كما يسعى التحالف إلى تحقيق هذا الهدف من خلال الترويج لإدخال قوانين للتخلص التدريجي من تصنيع واستيراد وبيع الطلاء المحتوي على الرصاص في جميع البلدان. ويعمل التحالف مع الحكومات وقطاع صناعة الطلاء والمنظمات غير الحكومية وغيرها من الجهات لزيادة الوعي وتعزيز العمل على التخلص من الطلاء المحتوي على الرصاص، وهو أمر يمكن تحقيقه تقنياً ويحمي صحة الإنسان، وخاصة الأطفال.

هذا الدليل هو نتاج مشروع مرفق البيئة العالمية (GEF: 9771) أفضل الممارسات العالمية بشأن قضايا السياسات الناشئة ذات الاهتمام في إطار النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية (SAICM)، والذي يهدف إلى تسريع تبني المبادرات الوطنية وسلسلة القيمة للتحكم في قضايا السياسات الناشئة (EPIs) والمساهمة في هدف النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية لعام 2020 وخطة التنمية المستدامة لعام 2030. يُموّل من قبل مرفق البيئة العالمية، ولمزيد من المعلومات يمكن زيارة موقع المشروع على الشبكة العالمية:

* لمزيد من المعلومات عن تحالف الطلاء المحتوي على الرصاص الرجاء زيارة الموقع الإلكتروني لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة: https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/emerging-issues/global-alliance-eliminate-lead-paint.

يقوم المشروع على ثلاثة مكونات رئيسة:

- تعزيز الإجراءات التنظيمية والطوعية من قبل الحكومات والصناعة للتخلص التدريجي من الرصاص في الطلاء (مكون الطلاء المحتوي على الرصاص).
- إدارة دورة حياة المواد الكيميائية الموجودة في المنتجات.
- إدارة المعرفة وإشراك أصحاب المصلحة.

لدعم هدف التحالف المتمثل في تعزيز قوانين الدهان المحتوي على الرصاص، فإن النتيجة المخطط لها لمكون الرصاص في الدهان هي أن تقوم 40 دولة بتشريع وتنفيذ تشريعات لتقييد استخدام الدهان المحتوي على الرصاص، ولما لا يقل عن 30 شركة صغيرة ومتوسطة الحجم (SMEs) صانعة للدهان في سبعة بلدان للتخلص التدريجي من الرصاص من عمليات الإنتاج الخاصة بهم. يتضمن مكون الدهان المحتوي على الرصاص العمل مع الحكومات لدعم تطوير قوانين الدهان المحتوي على الرصاص، والعمل مع الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم لتعزيز التخلص التدريجي من استخدام المواد الخام المحتوية على الرصاص. تم تطوير المبادئ التوجيهية الفنية (الدليل) لدعم إعادة صياغة تركيبة الدهان المحتوي على الرصاص من خلال توفير إرشادات لإعادة الصياغة وعرض بعض الأمثلة من إعادة الصياغة الطلاء المحتوي في شركات صغيرة ومتوسطة مختارة. بدأ المشروع في كانون الثاني 2019 في ورشة عمل افتتاحية ومن المقرر أن ينتهي في عام 2022.

وفي إطار مخرجات "المشاريع التوضيحية التجريبية مع مصنّعي الطلاء في الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم (SMEs)"، تركّز العمل على مساعدة الشركات الصغيرة والمتوسطة في التحول إلى مواد الطلاء الخالية من مركبات الرصاص. عمل المركز الوطني للإنتاج الأنظف في صربيا مع الشركات الصغيرة والمتوسطة في مشاريع توضيحية تجريبية لإعادة صياغة تركيبة الطلاء في خمسة بلدان، بما في ذلك الأردن والإكوادور وبيرو وكولومبيا والصين. كما عملت الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات (IPEN) مع شركائها في إندونيسيا ونيجيريا لتحقيق الهدف نفسه. وطُوّرت المبادئ التوجيهية الفنية بشأن إعادة صياغة تركيب الطلاء المحتوي على الرصاص من قبل المشروع لاستخدام الشركات الصغيرة والمتوسطة وتشمل دراسات حالة لأفضل الممارسات من المشاريع التوضيحية التجريبية للشركات الصغيرة والمتوسطة.

عمل شركاء المشروع (وهم: المركز الوطني للإنتاج الأنظف بالصين، والمركز الوطني للإنتاج الأنظف في كولومبيا، والمركز الوطني للإنتاج الأنظف في إكوادور، ووحدة الانتاج الأنظف في الأردن، والمركز الوطني للإنتاج الأنظف في بيرو، وبرنامج (Nexus3) في إندونيسيا، والمؤسسة الفكرية "البحث والعمل المستدام من أجل التنمية البيئية" (SRADEV) في نيجيريا) مع شركات صغيرة ومتوسطة مختارة في مشاريع تجريبية لاستخدام المركبات غيرالمحتوية على الرصاص. اختارت الشركات الصغيرة والمتوسطة المشاركة في المشروع طواعية. بالإضافة إلى ذلك، قدم عدد من مورّدي المواد الخام العالميين خضابات خالية من الرصاص والمساعدة الفنية للشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم لتحقيق تركيبة جديدة من الدهانات الخالية من مركبات الرصاص المضافة عمدًا. وقد أثّرت عمليات الإغلاق الناتجة عن جائحة (Covid-19) تأثيراً كبيراً على العمل مع الشركات حيث أنإعادة صياغة تركيبة الطلاء المحتوي على الرصاص يجب أن يُحضّر عمليًا في المختبرات. وقد منع هذا الأمر أيضاً الشركاء من القدرة على العمل مع عدد آخر من الشركات الصغيرة والمتوسطة. ومع ذلك، فإن الخبرات المكتسبة من إعادة الصياغة في العديد من الشركات الصغيرة والمتوسطة مدرجة كدراسات حالة في هذه الوثيقة.

وقد أختُبرت النسخة الأولية من المبادئ التوجيهية بشكل تجريبي أثناء العمل على إعادة الصياغة بمساعدة المراكز الوطنية للإنتاج الأنظف والشبكة الدولية للقضاء على الملوثات في شركات صغيرة ومتوسطة مختارة، ومن خلال الاجتماعات التشاورية مع جمعيات صناعة الطلاء ومؤسسات وضع المواصفات والمقاييس والهيئات الحكومية في البلدان المشاركة. وقُدّمت عدة تعليقات واتُّخذ بها من أجل صقل المبادئ التوجيهية. وأخيراً، صُدّقت المبادئ التوجيهية في ورشة عمل التصديقات،التي عقدت في نيسان 2021

نأمل أن تشكّل هذه المبادئ التوجيهية أداة مفيدة لمساعدة الشركات الصغيرة والمتوسطة في جميع أنحاء العالم على إعادة صياغة تركيبة منتجات الطلاء المحتوية على الرصاص بنجاح وأن تكون دراسات الحالة أمثلة مقنعة لكيفية الحصول على دهانات خالية من مكونات الرصاص بخصائص مماثلة أو أفضل (كمقاومة الضوء أو الحرارة والخصائص الميكانيكية والمضادة للتآكل والزخرفية).

* لمزيد من المعلومات عن النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية التابع لمرفق البيئة العالمي الرجاء زيارد الموقع التالي: https://www.saicm.org/Implementation/GEFProject/tabid/7893/language/en-US/Default.aspx

** مزيد من المعلومات على الموقع التالي: https://www.saicm.org/Implementation/GEFProject/tabid/7893/language/en-US/Default.aspx

*** المواد والعروضات التقديمية من المنظمات المشاركة متاحة هنا: https://saicmknowledge.org/event/validation-workshop-paint-reformulation-guidelines

Photos: www.pixabay.com

ملخّص

تمت ملاحظة النتائج التالية أثناء الاختبار التجريبي لإعادة صياغة تركيبة الطلاء مع الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم في إطار مشروع النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية التابع لمرفق البيئة العالمية.

يُعرَّف الطلاء بأنه مادة طلاء خضابية، تشكّل عند دهنها على الأسطح غشاءً جافاً معتماً له خصائص تقنية وقائية و زخرفية محددة. توفر هذه المبادئ التوجيهية التقنية معلومات عامة فقط عن عمليات إعادة صياغة تركيبة الطلاء. وقد توفّرت تحليلات متعمقة وبيانات أكثر تحديداً عبر المشاريع التوضيحية التجريبية كمشروع الطلاء المحتوي على الرصاص التابع لمرفق البيئة العالمية للشركات المشاركة، وفقًا لاحتياجاتها الخاصة (راجه المرفق 3).

تتوافق المصطلحات المتعلقة بالطلاء الواردة في هذه المبادئ التوجيهية التقنية مع مصطلحات وتعاريف المعيار الدولي حول الطلاء والورنيش ISO 4618: 2014.

تتكون تركيبة الطلاء من عدد كبير من المكونات مثل المجلدات والمذيبات والمواد المضافة والمواد البلاستيكية والحواشي والأصباغ. ويتم تحديد أداء الطلاء بشكل أساسي من خلال المواد الخام لعملية التغليف. وتبقى الأصباغ والموسعات والمواد المضافة وعمليات الإنتاج السليمة وطرق التطبيق من العوامل الأساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار. ومن أهم المتطلبات لهذه المكونات ألاّ تشكل خطراً على صحة الانسان والبيئة.

تلبي مركبات الرصاص في الطلاءات (في الغالب خضابات ومجففات) متطلبات تقنية صارمة، ولكنها مع ذلك تشكل خطرًا على البيئة وصحة الإنسان. وينبغي للشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم أن لا تستخدم أي مواد خام تحتوي على الرصاص، ويجب أن تسعى لضمان مستويات منخفضة من الرصاص في مكونات المواد الخام. ومع ذلك، ينبغي أن يكون لبدائل مركبات الرصاص المستخدمة أقل الخصائص الخطرة الممكنة.

ويشير الدليل الفني إلى مخاطر مركبات الرصاص وبدائلها وذلك حسب اتفاقيات النظام العالمي المتوافق لتصنيف وترميز المواد الكيميائية (GHS). يسهل هذا النظام تعريف وتصنيف أخطار المواد الكيميائية، كما يوفر المعلومات المتعلقة بالصحة والسلامة باستخدام بيانات السلامة الموجودة على الملصقات ووثيقة بيانات سلامة المادة. تم وضع هذا النظام تحت رعاية الأمم المتحدة، والهدف من ذلك هو إنشاء نظام متوافق لتصنيف الأخطار، ووضع الملصقات وورقة بيانات السلامة (SDS) على الصعيد العالمي.

تُستخدم اتفاقيات النظام العالمي المتوافق لوضع الملصقات لبيان الأخطار وتمكين الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم من الاختيار من بين البدائل المتاحة.

ويبدأ الدليل الفني بوصف موجز للخصائص الخطرة للرصاص ومركبات الرصاص المستخدمة في تركيبات الطلاء (الفصل الرابع، القسم 1-4).

تعتبر مركبات الرصاص المستخدمة في الطلاءات خطرة للغاية على صحة الإنسان والبيئة وينبغي أن تكون لها الأولوية في عملية الاستبدال. كما ينبغي أن يؤدي التحول إلى البدائل إلى تقليل المخاطر الكلية على صحة الإنسان والبيئة. ويقدم الفصل الخامس إرشادات بشأن النهج العام والخطوات في عملية الاستبدال لمساعدة الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم على اختيار بدائل ليست خطرة أو أقل خطورة من مركبات الرصاص التي ترغب في استبدالها.

بالإضافة إلى توفير اللون وتشكيل المؤثرات وتوفير قوة التغطية، هنالك مطالب فنية أخرى يجب أن يلبيها الخضاب، بما في ذلك عدم القابلية الكاملة للذوبان في البيئة المحيطة، وثبات جيد للتعرض للضوء والظروف الجوية، ومقاومة الحرارة، وعدم التأثر بالمواد الكيميائية وكذلك خصائص السلامة البيئية والصحية. يعرض الفصل السادس خصائص الخضابات البديلة، على سبيل المثال تتم مقارنة الخصائص المضادة للتآكل للخضابات البديلة مع الخصائص المضادة للتآكل لأكسيد الرصاص. **يقدّم الفصل السادس** خصائص بدائل الصباغ. تتم مقارنة خصائص مضادات الجراثيم للأصباغ البديلة المضادة للتجدد بأكسيد الرصاص الرباعي (الصبغة الحمراء 105).

تتطلب عملية إعادة صياغة الطلاء النهائي عادةً مطابقة الألوان حيث تُقدّم معلومات موجزة عن نظرية اللون. ولتوفير التوجيه بشأن الوظيفة (الديمومة، والتشتت، واستقرار الحرارة، والنضوح، والاحتفاظ باللمعان)، وخصائص البيئة والصحة والسلامة، والجدوى الاقتصادية، وتوافر بدائل لـ PY.

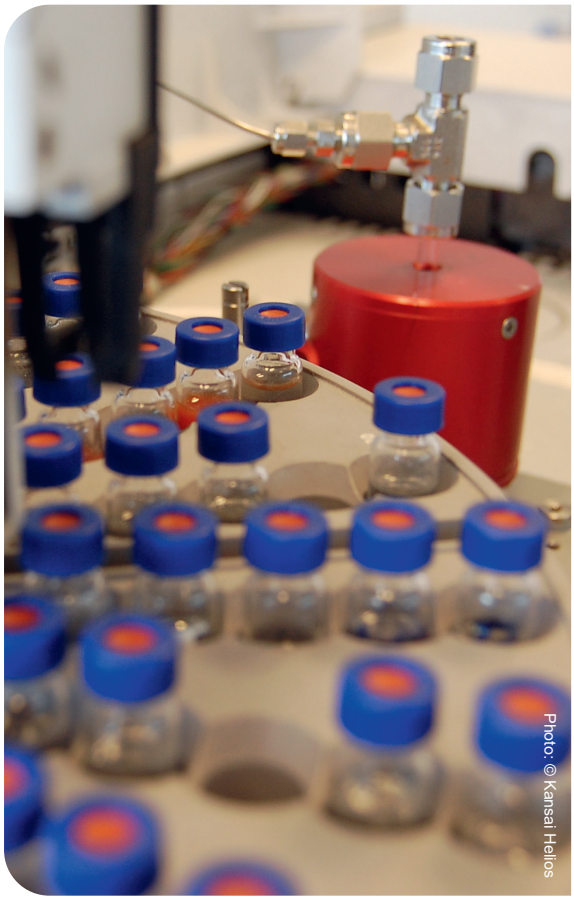
نظراً لأن لون الطلاء وخصائصه تعتمد إلى حد كبير على عملية التشتت والمواد المضافة للتشتت، تُقدّم كذلك معلومات حول هذا الأمر باختصار في هذا الفصل.

وأخيرًا، يقدم الفصل السابع معلومات عن وظيفة وأنواع المجففات، وبدائل المجففات المحتوية على الرصاص.

بالإضافة إلى ذلك، يقدم الملحق 1 نصائح للعثور على معلومات عن البدائل الأقل خطورة، وتتوفر أمثلة على إعادة الصياغة ودراسات الحالة من مشاريع إعادة الصياغة التجريبية مع شركات صغيرة ومتوسطة مختارة في الملحقين 2 و3 على التوالي. أما في الملحق 4، فتوجد قائمة بمعايير ISO المختارة لطرق الاختبار العامة للطلاء والورنيشات. تتضمن القائمة طرقاً لاختبار خصائص أداء الطلاء. وأخيراً، يضم الملحق 5 قائمة غير شاملة بالموردين اعتباراً من أيار 2021.

ووفقًا لصناعة الطلاء، فإن إعادة صياغة تركيبة الطلاء للتخلص من مركبات الرصاص أمر ممكن، ويمكن التحكم في الآثار الفنية والتكلفة.

الشكل 1 – مكينة أخذ العينات



قد يوفر التخلص من مركبات الرصاص أيضًا مزايا اقتصادية محتملة. من خلال إنتاج أو استخدام مواد الطلاء غير المحتوية على مركبات الرصاص، يمكن لمصنعي الطلاء والمستخدمين (مثل مصنعي الألعاب) ضمان الوصول إلى الأسواق التي تم فيها تقييد محتوى الرصاص في الطلاء بالفعل.

* لمزيد من المعلومات قم بزيارة: https://www.osha.gov/dsg/hazcom/ghsguideoct05.pdf

ركن النص 1: النتائج الأساسية

تمت ملاحظة النتائج التالية أثناء الاختبار التجريبي لإعادة صياغة تركيبة الطلاء مع الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم في إطار مشروع النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية التابع لمرفق البيئة العالمية.

- في معظم الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم العاملة في المشروع، لا تستخدم مجففات الرصاص وجميع دراسات الحالة تتعلق باستبدال خضاب الرصاص..
- علمنا خلال المشروع أن خضابات الرصاص تستخدم في الطلاء القائم على المذيبات أو الماء
- لا تمتلك بعض الشركات الصغيرة جميع المعدات اللازمة لإجراء اختبار أداء الطلاء وتوسيع نطاقه. يمكن معالجة النقص في معدات الطحن باستخدام معاجين الخضاب.
- لدى الموردين اهتمام تجاري أقل بالأسواق الصغيرة (المستخدمين) وتوافر الخضابات الخالية من الرصاص محدود (الأردن، الإكوادور). أبطأ هذا العامل المشروع في هذه البلدان، بالإضافة إلى جائحة (COVID) .
- اتفق جميع المشاركين على أهمية الدعم الفني المقدم من قبل الموردين. نظم بعض شركاء المشروع اجتماعًا مع فنيي المشروع، مما أدى إلى فهم أفضل لعملية إعادة الصياغة وتسريع اختيار الخضاب الصحيح.
- خفضت الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم بنجاح وبشكل ملحوظ تركيز الرصاص في الطلاء المعاد صياغته - كما هو موضح في دراسة الحالة 3 (الملحق 3). ينخفض محتوى الرصاص من 34.689 جزء في المليون في الصيغة المرجعية إلى أقل من 56 جزء في المليون في دهان الألكيد المعاد صياغته.
- تفاوتت التكاليف الاقتصادية لإعادة الصياغة. في بعض الحالات، كانت المادة الخام البديلة أقل تكلفة مما أدى إلى خفض التكلفة كما هو موضح في دراسة الحالة 1 (الملحق 3). في حالات أخرى، ارتفع سعر الطلاء بشكل كبير.
- أعادت الشركات صياغة تركيبة الطلاء المحتوية على الرصاص الخاصة بها بنجاح، ولكن هناك حاجة إلى مزيد من العمل على صقل الظلال والوصول للتكلفة المثلى.

راجع الملحق 3 لمزيد من المعلومات حول دراسات الحالة للشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم.

2 الخلفية

يقوم التحالف العالمي للقضاء على الطلاء المحتوي على الرصاص على شراكة طوعية يقودها برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومنظمة الصحة العالمية لمنع التعرض للرصاص من خلال تشجيع التخلص التدريجي من الطلاء المحتوي على الرصاص. يسترشد تحالف الطلاء المحتوي على الرصاص بمجلس استشاري ترأسه وكالة حماية البيئة الأمريكية (US EPA) ويتألف من ممثلين حكوميين من كولومبيا ومولدوفا وكينيا وتايلند وممثلين من الشبكة الدولية للقضاء منعلى الملوثات (IPEN), وتحالف الصحة والبيئة (HEAL)، ومجلس الطلاء العالمي (WCC)، ومبادرة رابطة المحامين الأمريكية لسيادة القانون (ABA-ROLI)، والشركة المتعددة الجنسيات لصناعة الطلاء Ak-zoNobel، ومصنع الدهان الآسيوي Boysen، ومنظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO).

وتكمن الغاية الأساسية للتحالف في منع تعرض الأطفال للطلاء المحتوي على الرصاص والتقليل إلى أدنى حد ممكن من الطلاء المحتوي على الرصاص في بيئة العمل. ويقوم الهدف العام على التخلص التدريجي من تصنيع وبيع الطلاء المحتوي على الرصاص والقضاء على مخاطر التسمم بالرصاص. وفي سبيل تحقيق هذا الهدف يركز التحالف جهوده على تشجيع إنشاء الأطر التنظيمية الوطنية المناسبة التي من شأنها إيقاف تصنيع واستيراد وتصدير وبيع منتجات الطلاء المحتوي على الرصاص والمنتجات المطلية بالطلاء المحتوي على الرصاص. ويهدف التحالف إلى أن يكون لدى مائة دولة تشريعات من شأنها أن تعمل على حظر الطلاء المحتوي على الرصاص بحلول عام 2023

وفقًا للتحالف، واعتباراً من أيار 2021، وضعت 82 دولة ضوابط ملزمة تشريعياً تحد من إنتاج واستيراد وبيع الطلاء المحتوي على الرصاص، وهو ما يمثل حوالي 42٪ من كافة دول العالم. ومن المتوقع أن يستمر هذا الرقم في الارتفاع. ولكن، هنالك ما يصل إلى 100 دولة من الدول ذات الدخل المنخفض والمتوسط لم تضع بعد قيوداً تشريعية على مستويات الرصاص في الطلاء، و بعض الدول الأخرى لديها حدود مرتفعة جداً لمستويات الرصاص في الطلاء لا تحمي البيئة ولا الصحة العامة أو لديها ثغرات في تطبيق القانون.

وبهدف المساعدة في تعزيز التشريعات المتعلقة بمستويات الرصاص في الطلاء، يدعم مرفق البيئة العالمية مشروع النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية (SAICM) بشأن أفضل الممارسات العالمية لقضايا السياسات الكيميائية الناشئة المثيرة للقلق. ويتعلق المكون الأول من المشروع بالتخلص التدريجي من الرصاص (المشار إليه فيما بعد باسم مشروع الطلاء المحتوي على الرصاص التابع لمرفق البيئة العالمية). ويعمل المشروع مع الحكومات على تشجيع وضع تشريعات الرصاص في الطلاء ومع الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم (SMEs) للعمل على إعادة صياغة تركيبة الطلاء المحتوي على الرصاص.

* الإضافة على خطة العمل التابعة لتحالف الطلاء المحتوي على الرصاص (حزيران / يونيو 2021) ستصدر قريباً https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/emerging-issues/global-alliance-eliminate-lead-paint

وقد طُوّر هذا الدليل الفني لإعادة صياغة نسب الرصاص في الطلاء كجزء من أعمال مشروع الطلاء المحتوي على الرصاص في الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم التابع للإدارة الدولية للمواد الكيميائية ومرفق البيئة العالمية لتوفير المعلومات حول إعادة صياغة تركيبة الطلاء. كما يتضمن هذا الدليل الفني معلومات عن المواد الأخرى التي طوّرها التحالف العالمي للقضاء الطلاء المحتوي على الرصاص لتشجيع تشريعات تمنعى الطلاء المحتوي على الرصاص، مثل القانون النموذجي والإرشادات بشأن تنظيم استخدام الطلاء المحتوي على الرصاص. . لمزيد من المعلومات عن القانون النموذجي يمكن زيارة الموقع التالي:

https://wedocs.unep.org/bitstream/han-)
dle/20.500.11822/22417/Model_Law_Guidance_%20
(Lead_Paint.pdf?sequence=7

طُوّر القانون النموذجي لتزويد الدول بالإرشادات حول كيفية تطوير تشريعات جديدة أو تعديل التشريعات الحالية. كما يمكن للدول استخدام القانون النموذجي للمساعدة في تطوير تشريعاتها الخاصة، وفقًا للأطر التشريعية القائمة والظروف الوطنية الأخرى.

استخدمت الدول التي سنت تشريعات للحد من محتوى الرصاص في الطلاء بشكل عام أحد النهجين التاليين: (1) وضع مجموعة من الحدود التنظيمية الخاصة بالمواد الكيميائية استناداً إلى مخاطر مركبات الرصاص الفردية التي تستخدم كخضابات أو مضافات في الطلاء (تستخدم حالياً في نظام تسجيل وتقييم وترخيص وحظر المواد الكيميائية (REACH) التابع للاتحاد الأوروبي) أو (2) وضع حد تنظيمي واحد للتركيز الكلي للرصاص في الطلاء من جميع المصادر، وقد نجح كلا النهجين في الحد من محتوى الرصاص في الطلاء.

ويوصي القانون النموذجي بوضع حد تنظيمي واحد للتركيز الكلي للرصاص في الطلاء. كما يحدد الأهداف الرئيسة التالية لتشريع عملي للطلاء المحتوي على الرصاص:

- منع تصنيع وبيع واستيراد الطلاء الذي يحتوي على مستويات رصاص فوق الحد التشريعي المحدد؛
- تطوير طرق للامتثال والإنفاذ؛
- تحديد المسؤوليات والترتيبات المؤسسية لإدارة وإنفاذ تشريع الطلاء المحتوي على الرصاص.

ينص القانون النموذجي على أحكام تشريعية لحظر بيع الطلاء أوعرضه أو صنعه للبيع وتوزيعه والاتجار به واستيراده في حال تجاوزه الحد التشريعي المقرر لمستويات الرصاص. ويشكّل الحد التشريعي المقترح ما نسبته 90 ملغم/كغم، بناءً على وزن المحتوى غير المتطاير للطلاء (وزن طبقة الطلاء الجافة). اقتُرح هذا الحد لكونه يوفر أفضل حماية صحية ممكنة، إضافة لكونه ممكناً من الناحية التقنية. ويوصي القانون النموذجي بأن يضمن قطاع الصناعة (المصنعون والموزعون والمستوردون) أن مستوى الرصاص في الطلاء أقل من الحد المسموح به. وينبغي على الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم ألّا تستخدم أي مضافات تحتوي على الرصاص ويتوجّب عليها السعي لضمان مستويات منخفضة من الرصاص في المواد الخام.

وبما أن المزيد من الدول تسعى إلى تطوير وتنفيذ تشريعات الطلاء المحتوي على الرصاص، يوفر هذا الدليل الفني المساعدة للشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم للامتثال بحد تشريعي منخفض للمحتوى الكلي للرصاص في الطلاء من خلال تطوير تركيبات لا تستخدم عن قصد أي من مركبات الرصاص، كما تأخذ بعين الاعتبار محتوى الرصاص المتبقي المحتمل في المواد الخام.

* ُقصد بقانون الطلاء المحتوي على الرصاص بأوسع معانيه تضمين أي شرط قانوني إلزامي يعاقب عدم الامتثال. يمكن أن يكون نظامًا أساسيًا أو لائحة أو معيارًا، طالما أنه يتضمن إنفاذًا

3
الشروط والتعاريف

المضاف (ISO 4618: 2014) (Additive) أي مادة، تضاف بكميات صغيرة إلى مادة طلاء، لتحسين أو تعديل خاصية من الخصائص أو أكثر

النضوح (ISO 4618:2014) (Bleeding) - نقل مادة ملونة من مادة إلى أخرى على اتصال بها، مما قد ينتج عنه تلطيخ أو إزالة للون (تغير باللون) غير مرغوب

مواد الطلاء (ISO 4618: 2014) (Coating material) - منتج في صورة سائلة أو عجينة أو مسحوق، يشكّل عند تطبيقه على الأسطح (الركائز) طبقة لها خصائص واقية و / أو زخرفية و / أو غيرها من الخصائص المحددة.

صفاء اللون (Chroma) نقاء أو كثافة اللون الذي يمكن وصفه أو رؤيته على أنه ألوان: " متسخة" أو "مغسولة" في المظهر العام.

اللون (ISO 4618: 2014) (Colour)) - الإحساس الناتج عن إدراك ضوء تكوين طيفي معين من قبل العين البشرية (ملاحظة: يتميز اللون بالدرجة، والصفاء، والإضاءة (الضياء)).

التآكل (ISO 8044:2015) (Corrosion)) التفاعل الكيميائي الفيزيائي بين المعدن وبيئته مما يؤدي إلى تغييرات في خصائص المعدن، قد تؤدي بدورها إلى إعاقة كبيرة في وظيفة المعدن أو البيئة أو النظام التقني والتي تشكل جزءاً منها.

مثبطات التآكل (ISO 8044:2015) (Corrosion inhibitor) - مادة كيميائية عندما تكون موجودة في نظام التآكل بتركيز مناسب تقلل من معدل التآكل، من دون تغيير كبير في تركيز أي عامل تآكل.

Critical pigment volume concentration) (CPVC) (ISO 4618: 2014) - قيمة تركيز حجم الخضاب الذي تمتلئ فيه الفراغات بين الجزيئات الصلبة بالرابط، و فوق هذا التركيز يتم تغيير خصائص معينة من الشريط بشكل ملحوظ.

اللون المتسخ أوالباهت (Dirty or dull colour) لون بصفاء منخفض.

الديمومة(ISO 4618:2014) (Durability) - قدرة الطلاء على مقاومة الآثار البيئية الضارة.

الأصباغ (Dyestuff) (ISO 4618: 2014) مواد التلوين، والقابلة للذوبان في وسط التطبيق.

الطفو (Floating) (ISO 4618: 2014) - فصل واحد من الخضابات أو أكثر من مواد الطلاء الملونة مما يتسبب في ظهور خطوط أو مناطق ذات لون غير متساو (غير منتظم) على سطح الطلاء.

التلبد (Flocculation)(ISO 4618: 2014) - تشكيل خضابات ومواد مالئة ضعيفة التماسك تظهر كتكتلات في مادة طلاء.

فيضان الطلاء (Flooding)(ISO 4618:2014) - حركة جزيئات الخضاب في طلاء سائل ينتج لوناً، على الرغم من كونه موحداً على السطح كله، إلا أنه يختلف اختلافاً ملحوظاً عن لون الشريط الرطب المطبق حديثاً.

مادة مالئة (Extender)مادة على شكل حبيبيات أو مسحوق، غير قابلة للذوبان في الوسط وتستخدم لتعديل بعض الخصائص الفيزيائية أو التأثير عليها.

مادة مالئة (Filler) مادة طلاء ذات نسبة عالية من المواد المالئة، تهدف في المقام الأول إلى تمهيد عدم الانتظام في الأسطح ليتم دهنها وتحسين مظهرها السطحي.
ملاحظة 1 للتوضيح : يستخدم مصطلح "مالئ" على نطاق واسع أيضاً بمعنى المادة المالئة.

قوة التغطية (Hiding power)(ISO 4618: 2014) - قدرة الطلاء على طمس اللون أو اختلافات اللون على السطح.

تشدف (Metamerism) (ISO 4618:2014) - ظاهرة يتم إدراكها عند وجود عينتين لهما نفس اللون تحت مصدر إضاءة، ولكن لهما انعكاسات طيفية ومنحنيات إرسال مختلفة.

الطلاء (Paint)(ISO 4618: 2014) مادة طلاء مخضبة والتي عند تطبيقها على السطح، تشكل شريطاً معتماً وجافاً له خصائص واقية أو زخرفية أو تقنية محددة.

الخضاب (Pigment)(ISO 4618: 2014) ملون يتكون من جزيئات غير قابلة للذوبان في وسط التطبيق (مثل مواد الطلاء أو البلاستيك).

التركيز الحجمي للخضاب (Pigment volume concentration) (PVC)) (ISO 4618: 2014) - يعبر عنها كنسبة مئوية، من إجمالي حجم الخضاب و/ أو المادة المالئة و / أو غيرها من الجزيئات الصلبة التي لا تشكل الشريط في المنتج إلى الحجم الإجمالي للمادة غير المتطايرة.

المواد الخام (Raw material)المواد التي تستخدم كمدخلات في التصنيع.

ملاحظة: يرجى الاطلاع على الشرح أدناه حول استخدام بعض المصطلحات المذكورة أعلاه في الدليل:

- مادة مضافة – بما يتوافق مع (ISO 4618: 2014)، المصطلح المستخدم لأي مكون طلاء يضاف بكميات صغيرة (مجففات، عامل تشتيت، إلخ.)
- مركب الرصاص - مصطلح يستخدم للخضابات التركيبية (PY 104 ،34 PO) وللمجففات التي هي مركبات "نقية" من مادة كيميائية معينة، على عكس الخضابات الطبيعية والموالئ التي هي عبارة عن خليط غير معروف من المركبات.
- المواد الخام - بما يتوافق مع (ISO 4618: 2014)، المصطلح المستخدم لأي نوع من المواد غير المعالجة المستخدمة في التصنيع (خضابات طبيعية أو تركيبية، وجميع أنواع المواد المضافة، والراتنجات، والمذيبات، والموالئ الاصطناعية أو الطبيعية)

4 الرصاص في الطلاء

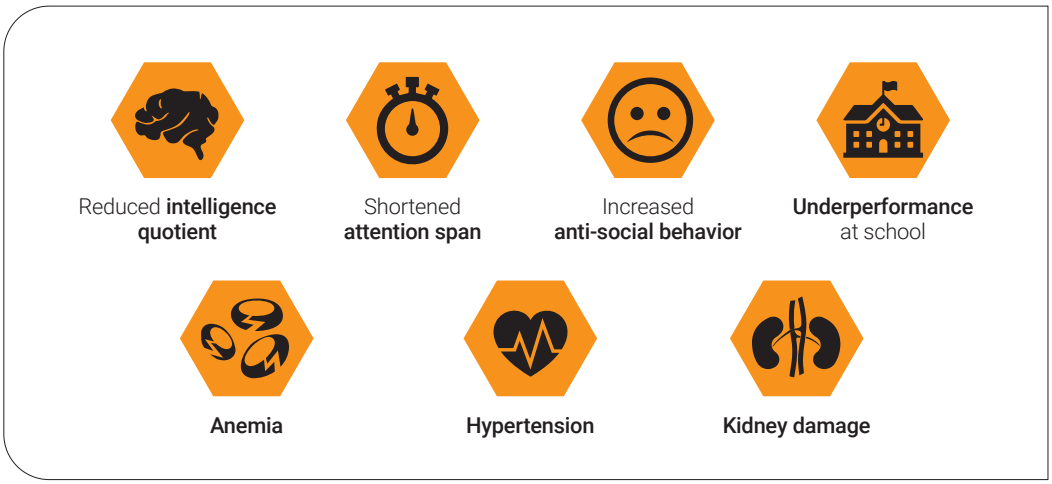
إنّ الرصاص هو معدن سام موجود بشكل طبيعي في القشرة الأرضية، وقد أدى استخدامه على نطاق واسع إلى تلوث بيئي شامل، وإلى تعرض البشر له وإلى بروز مسائل هامة تتعلق بالصحة العامة في أجزاء كثيرة من العالم. وقد حددت منظمة الصحة العالمية الرصاص كواحد من عشر مواد كيميائية على أنه مصدر قلق رئيس للصحة العامة.

لا يمكن اعتبار أي مستوى من التعرض للرصاص على أنه مسوى آمنٌ. إذ يمكن للرصاص أن يسبب ضرراً دائماً للدماغ والجهاز العصبي، مما يؤدي إلى انخفاض معدل الذكاء وازدياد المشاكل السلوكية. كما وقد يسبب التعرض للرصاص فقر الدم أيضاً، ويزيد من مخاطر تلف الكلى وارتفاع ضغط الدم، ويضعف الوظيفة الإنجابية. ويعتبر الأطفال الصغار والنساء الحوامل (وأجنتهن في مرحلة النمو) معرضين بشكل خاص للآثار الضارة للرصاص. حتى أن مستويات التعرض المنخفضة نسبياً يمكن أن تسبب أضراراً عصبية خطيرة غير قابلة للشفاء. إلى ذلك، يتم توزيع الرصاص في الجسم على الدماغ والكبد والكلى. ويخزّن في الأسنان والعظام، حيث يتراكم مع الأيام. وعادة ما يُقاس تعرّض الأشخاص للرصاص من خلا فحص الدم. وعادة ما يتسرّب الرصاص من العظام إلى الدم خلال فترة الحمل وبالتالي قد يصل إلى الجنين.

قدّر معهد القياسات الصحية والتقييم، بناءً على بيانات عام 2019، أن التعرض للرصاص تسبب في 901700 حالة وفاة و 21.6 مليون سنة ضائعة بسبب الإعاقة والوفاة بسبب المشكلات الصحية طويلة الأمد (معهد القياسات الصحية وتقييم عبء المرض العالمي).

كما أن الرصاص المنبعث في البيئة من أي مصدر كان، بما في ذلك من الطلاءات المحتوية على الرصاص، سام أيضًا للنباتات والحيوانات والكائنات الحية المجهرية. وقد تبيّن في جميع الحيوانات التي خضعت للدراسةأن الرصاص يسبب آثاراً ضارة في عدد من الأعضاء وأجهزة الجسم، بما في ذلك الدم والجهاز العصبي المركزي، والكلى، والجهاز التناسلي والجهاز المناعي. يتراكم الرصاص حيوياً في معظم الكائنات الحية، مع التعرض البيئي الذي يحدث من خلال مصادر ومسارات متعددة.

الشكل 2 – الآثار الصحية لتعرض الأطفال للرصاص

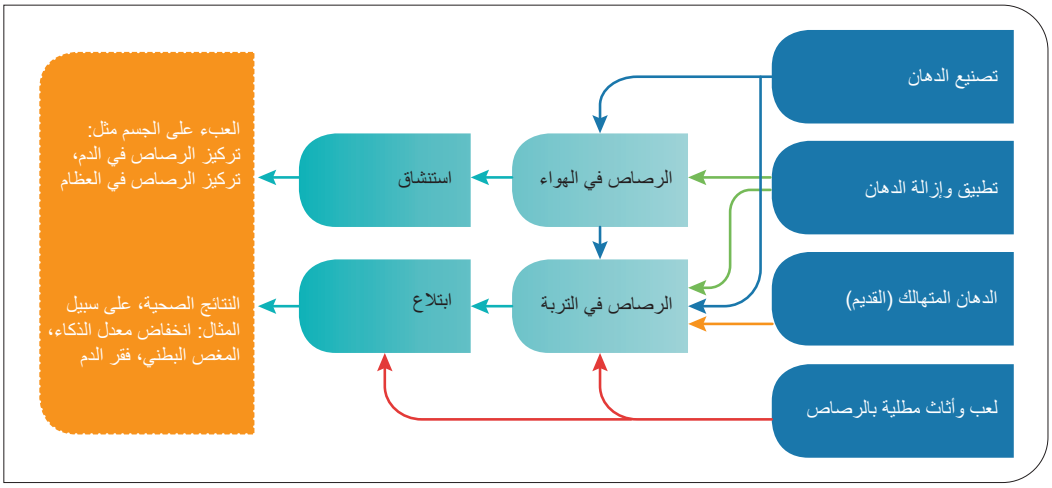


المصدر: برنامج الأمم المتحدة للبيئة (2020)، التحديث على الحالة العامة للحدود القانونية المفروضة على الطلاء المحتوي على الرصاص، https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35105/GS-2020.pdf?sequence=3. Accessed on September 2021

وُثّق الرصاص توثيقاً جيداً على أنه مادة سامة بيئيًا، وتشكل تهديداً لكل من النظم الإيكولوجية المائية والبرية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2010). وقد أظهرت الدراسات أن الغابات تعمل كمصارف للجسيمات الجوية. يترسب الرصاص في الغلاف الجوي على أوراق الشجر وينتقل إلى التربة في مياه الأمطار أو عند تساقط أوراق الشجر. وبالتالي، يمكن أن تتعرض الكائنات الحية في النظام الإيكولوجي للغابات لتركيزات عالية من الرصاص بشكل خاص (زو وآخرون، 2019). من المعروف أيضًا أن التلوث بالرصاص يؤثر على مجموعة متنوعة من أنواع الطيور ويشكل تهديداً للتنوع الحيوي (هيغ وآخرون، 2014). كما تبين أن النظم الإيكولوجية المائية، بما في ذلك النباتات المائية واللافقاريات والأسماك، تعمل على امتصاص الرصاص من المياه الملوثة. في الأسماك، على سبيل المثال، يمكن أن يكون للرصاص تأثيرات سامة على الجهاز الدموي والعصبي ويمكن أن يعطل وظيفة الإنزيمات، وبالتالي يقلل من فرص البقاء على المدى الطويل و يؤثر على الإنجاب (ديمايو وآخرون، 1982).

تاريخيًا، أُضيفت مركبات الرصاص إلى الطلاءات الزخرفية والصناعية وغيرها من الطلاءات لتعزيز اللون، والحد من التآكل على الأسطح المعدنية أو تقصير زمن الجفاف. اليوم، أصبحت الخضابات والمجففات غير المحتوية على الرصاص متاحة على نطاق واسع للاستخدام في الطلاءات. ويمكن أيضاً أن تحتوي بعض المواد الخام في الطلاء على مستويات عالية من الرصاص الموجودة فيها بشكل طبيعي. فبعد تطبيق الطلاء المحتوي على الرصاص، تؤدي عمليات التجوية والتقشر أو التنشية للدهان إلى إطلاق جزيئات الرصاص في الغبار والتربة داخل وحول المنازل والمدارس والملاعب والمواقع الأخرى. وحُدّد الطلاء الزخرفي المستخدم منزليًا بوصفه المصدر الرئيس لتعرض الأطفال للرصاص الموجود في الطلاءات.و يعتبر القضاء على التعرض للرصاص من مصدره من خلال وضع تشريعات تعزز إعادة الصياغة إلى مواد خام خالية من الرصاص في إنتاج الطلاء، الإجراء الأكثر فعالية لحماية الناس والبيئة من الآثار الضارة للرصاص.

الشكل 3 – مسارات وطرق تعرض الإنسان للرصاص من الطلاء. المرجع: منظمة الصحة العالمي، 2020



فمن السهولة بمكان أن يتناول الأطفال الصغار التربة والغبار الملوثان بالرصاص واستنشاقهما أثناء اللعب على الأرض أو في الهواء الطلق وذلك عندما يضعون أيديهم أو أشياء أخرى في أفواههم. كما يمكن للأطفال التعرّض للرصاص من خلال اللُعب المطلية بالطلاء المحتوي على الرصاص. قد يتعرض كل من الأطفال والبالغين للرصاص الموجود في رقائق الطلاء والغبار عند إزالة الطلاء القديم المحتوي على الرصاص. يعتبر الرصاص ضاراً بشكل خاص للأطفال الصغار لأنهم يمتصون 5-4 أضعاف كمية الرصاص بالمقارنة مع البالغين من مصدر معين.

إن التأثير السلبي على نمو أدمغة الأطفال الناتج عن التعرض للرصاص له تكاليف اقتصادية باهظة يتحملها الأطفال المتضررون وأسرهم ومجتمعاتهم ككل. وتشمل هذه التكاليف: تكاليف الرعاية الصحية، والخسائر في الإنتاجية، والإعاقة الذهنية. وتتحمل البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل أكبر عبء اقتصادي للتعرض للرصاص. تقدر التكاليف السنوية (بالدولار العالمي) للتعرض للرصاص في العالم، استناداً إلى فقدان معدل الذكاء، بما يلي: أفريقيا: 134.7 مليار دولار؛ أميريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي: 142.3 مليار دولار؛ وآسيا: 699.9 مليار دولار.

يمكن أن يحدث التعرض المهني للرصاص أثناء تصنيع الطلاء وتطبيقه وإزالته إذا لم تكن الضوابط الهندسية المناسبة وتدابير الصحة المهنية في مكانها الصحيح، وفي حال لم يكن لدى العمال معدات حماية شخصية كافية (ويو وآخرون، 2014)، (رودريغز وآخرون، 2010). أثناء مرحلة التصنيع، يمكن أن يتعرض العمال لمكونات تحتوي على الرصاص، وهي غالبًا ما تكون في صورة مسحوق. أما عندما يتم تطبيق الطلاء بالرش أو إزالته من خلال الكشط أو التنظيف بالسفع أوالحف الجاف أو الحرق، فيُطلق جزيئات الرصاص والأبخرة التي تشكل مصدراً للتعرض عن طريق الاستنشاق [4]. تستقر الجزيئات أيضاً على جلد العمال وملابسهم ويمكن أن تصبح مصدراً للابتلاع، فضلاً عن التعرض لأسر العمال في المنزل، إذا لم تكن المرافق متوفرة في مكان العمل لتغيير الملابس والغسيل. (منظمة الصحة العالمية، 2020)

قد تصل تكلفة إزالة الطلاءات الزخرفية المحتوية على الرصاص عن الأسطح في المنازل والمدارس والمباني الأخرى إلى مسوى عال. وفي المقابل، فإن التكلفة الاقتصادية للتخلص من استخدام مركبات الرصاص في انتاج الطلاءات الزخرفية الجديدة منخفضة. في الواقع، نجحت العديد من الشركات المصنعة بالفعل في إعادة صياغة تركيبات منتجات الطلاء الخاصة بها لتجنب الإضافة المتعمدة للرصاص. ووفقاً لصناعة الطلاءات، فإن إعادة صياغة تركيبة الطلاءات المنزلية والزخرفية للتخلص من مركبات الرصاص أمر قابل للتنفيذ، ويمكن إدارة الآثار التقنية والتكاليف. وعلى نحو متزايد فإن منتجي الطلاءات يصرحون للعموم بأنه بات من الممكن إزالة مركبات الرصاص من جميع أنواع الطلاءات.

وتتطلع الحكومات في جميع أنحاء العالم بشكل متزايد إلى وضع قوانين للقضاء على الرصاص في الطلاء. وينبغي أن يكون مصنعو الطلاء على علم بهذه الأنشطة في بلدانهم أو في البلدان التي يصدرون إليها منتجاتهم، من أجل توجيه قراراتهم بشأن إعادة صياغة تركيبة الطلاءات.

يعرض الجدول التالي المواد الخام المستخدمة في الطلاء والتي قد تحتوي على الرصاص.

الجدول 1: المواد الخام التي قد تحتوي على مركبات الرصاص

نوع الطلاء	الخضابات	الموالئ	المجففات
طلاء أساس وطلاء نهائي يجف في الهواء* (قد تكون راتنجات الألكيد مصدراً للرصاص بسبب محفز الرصاص المستخدم في تركيبها.)	●	●	●
طلاء أساس، وقواعد أخرى	●	●	
معجونة أساس		●	
طلاء نهائي وقواعد اخرى	●	●	

* لمزيد من المعلومات: https://med.nyu.edu/departments-institutes/pediatrics/divisions/environmental-pediatrics/research/policy-initiatives/economic-costs-childhood-lead-exposure-low-middle-income-countries

الشكل 4 - فحص الطلاء المحتوي على الرصاص من خلال محلل طيف الأشعة السينية XRF

Photo: www.istockphoto.com

تجدر الإشارة إلى أن الموالئ الاصطناعية لا تحتوي على الرصاص، ولكن الموالئ غالباً ما تكون مواد خام طبيعية وقد تحتوي على الرصاص. وباستخدام هذه الموالئ، يمكن إضافة الرصاص من غير قصد. وقد تكون الطلاءات أيضاً ملوثة عن غير قصد بالرصاص عندما تحتوي الخضابات الطبيعية على الرصاص، مثل أكاسيد الحديد.

وهناك إمكانية لتلوث الطلاء بالرصاص أثناء الإنتاج أيضاً، وذلك إذا استخدمت نفس المعدات لإنتاج طلاء خال من الرصاص بعد إنتاج الطلاء الذي يحتوي على الرصاص من دون تنظيف المعدات.

توجد طرق تحليلية مختلفة لقياس الرصاص في الطلاء. يقدم دليل منظمة الصحة العالمية الموجز للطرق التحليلية لقياس الرصاص في الطلاء نظرة عامة على الطرق الرئيسة، بما في ذلك الطرق المخبرية، وقياس طيف الأشعة السينية الثانوية بالأجهزة الثابتة أو المحمولة (XRF)، و تحليل الطيف الضوئي (منظمة الصحة العالمية، 2020).

يعرض الجدول التالي الخصائص الخطرة لأكثر مواد الطلاء الخام استخداماً والتي تحتوي على الرصاص.

الجدول 2 – الخصائص الخطرة لمركبات الرصاص المستخدمة في الطلاء

رقم المادة الكيميائية (CAS #)	مؤشر اللون*	بيانات الأخطار حسب النظام العالمي المتوافق لتصنيف وترميز المواد الكيميائية (GHS)
الخضابات (منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، 2021 أ)		
كرومات الرصاص كبريتات المولبيدات الحمراء ($PbCrO_4$ (CrH2O4.Pb) (12656-85-8)	خضاب أحمر 104	H350: قد يسبب السرطان H360 Df: قد يضر بالخصوبة أو بالجنين H373: قد يضر بالأعضاء من خلال التعرض الطويل أو المتكرر H400: شديد السمومة للحياة المائية H410: شديد السمومة للحياة المائية مع تأثيرات طويلة الأمد
كرومات الرصاص ($PbCrO_4$)/(7758-97-6)	خضاب أصفر 34	
كروم أخضر (خليط من كرومات الرصاص و الحديد الأزرق)		
رابع أكسيد الرصاص - (Pb_3O_4) (1314-41-6)	خضاب أخضر 15	H302: ضار إذا تم ابتلاعه H332: ضار إذا تم استنشاقه H351: يشتبه في تسببه بالسرطان (يذكر سبيل التعرض إذا ثبت بشكل قاطع أنه لا توجد سبل تعرض أخرى تسبب الخطر). H360: قد يضر بالخصوبة أو بالجنين (يذكر التأثير المحدد إذا كان معروفاً- يذكر سبيل التعرض إذا ثبت بشكل قاطع أنه لا توجد سبل تعرض أخرى تسبب الخطر). H360Df: قد يلحق الضرر بالجنين. يشتبه في أنه يؤثر على الخصوبة. H362: قد يضرّ بالأطفال الذين يرضعون رضاعة طبيعية. H372: يضر بالأعضاء (أو اذكر جميع الأعضاء المصابة، إذا كانت معروفة) من خلال التعرض المطول أو المتكرر (يذكر سبيل التعرض إذا ثبت بشكل قاطع أنه لا توجد سبل تعرض أخرى تسبب الخطر.) H372: يتسبب في تلف الجهاز العصبي المركزي والدم والكلى من خلال التعرض المطول أو المتكرر عن طريق الاستنشاق أو الابتلاع. H410: شديد السمية للحياة المائية مع تأثيرات طويلة الأمد
أول أكسيد الرصاص (PbO) (1317-36-8)	خضاب أصفر 46	H316: يسبب تهيجاً خفيفاً في الجلد H341: يشتبه في تسببه في عيوب وراثية H351: يشتبه في تسببه في الإصابة بالسرطان H360: قد يضر بالخصوبة أو بالجنين H373: قد يضر بالأعضاء من خلال التعرض الطويل أو المتكرر (نظام الدم والجهاز العصبي والكلى) H413: قد يسبب تأثيرات ضارة طويلة الأمد للحياة المائية
الرصاص الأبيض ($2PbCO_3 \times Pb(OH)_2$) (37361-76-5)	خضاب أبيض 1	H350: قد يسبب السرطان H360: قد يضر بالخصوبة أو الجنين H370: يتسبب في تلف الأعضاء (الجهاز العصبي المركزي والدم والكلى). H372: يتسبب في تلف الأعضاء من خلال التعرض المطول أو المتكرر (الجهاز العصبي المركزي والدم والكلى). H413: قد يسبب تأثيرات ضارة طويلة الأمد للحياة المائية
المجففات (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية، 2021 أ)، (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية، 2021 ب)		
أوكتات الرصاص ($C_{16}H_{30}O_4Pb$) (7319-86-0)	/	H302: ضار إذا تم ابتلاعه H332: ضار إذا تم استنشاقه H360: قد يضر بالخصوبة أو بالجنين H373: قد يضر بالأعضاء من خلال التعرض الطويل أو المتكرر H400: شديد السمية للحياة المائية H410: شديد السمية للحياة المائية مع تأثيرات طويلة الأمد
نفثينات الرصاص ($C_{22}H_{14}O_4Pb$) (61790-14-5)	/	

*يحدّد مؤشر اللون كل خضاب من الأخضبة عبر إعطائه اسم فريد ورقم مؤشر لون.

هناك العديد من المنتجات في السوق التي يمكن أن تحل محل هذه المواد الخام لإنتاج الطلاء.

5 عملية الاستبدال

وقد اعترفت الشركات بأن إنفاذ القانون هو المحرك الرئيس لضمان استبدال المواد الكيميائية الخطرة. ومع ذلك، فإن العديد من الشركات والمنظمات الأخرى قد ذهبت إلى أبعد من هذا الأمر بحيث قامت بإدخال معايير أخرى، مثل: مستوى المعرفة الفنية لدى الموردين وسياسة المؤسسة ومتطلبات سلسلة التوريد وتكاليف الرعاية الصحية وحماية العمال وحماية البيئة والضغط من الجمهور أو الضغط من العمال، وغير ذلك.

ويعتبر الاستبدال مبدأً أساسياً للإدارة الجيدة للمخاطر الكيميائية. وينص مبدأ الاستبدال للمواد الكيميائية على ضرورة استبدال المواد الكيميائية الخطرة ببدائل أقل خطورة وذلك بصورة ممنهجة، والأفضل ألا تحتوي هذه البدائل على أي مخاطر محددة حتى الآن (أولوفسون وآخرون، 2011). كما أن الاستبدال لا يؤدي عادة إلى مجرد استبدال مادة كيميائية بأخرى. وقد يؤدي الاختلاف في خصائص المادتين الكيميائيتين (المادة البديلة والمادة الأصيلة) إلى نشوء حاجة إلى تغييرات أخرى (كالتغييرات التقنية، وربما التنظيمية أيضاً).

وقد تشمل عملية الاستبدال، استبدال المادة الخطرة، أو استخدام بديل تكنولوجي بدلاً من المادة الأولية، أو استخدام تدبير تنظيمي كبديل لمادة خطرة أو إعادة التصميم الكلي للمنتج.

بالإضافة إلى مركبات الرصاص، هناك العديد من المواد الخام الخطرة الأخرى المستخدمة في صناعة الطلاء ؛مثل: المذيبات (مذيبات النفثا، والتولوين)، والمضافات (الملدنات: فثالات ثنائي بيوتيل، الفورمالديهايد وهي المادة الحافظة الموجودة في الطلاء الذي يخفف بالماء)، وخضابات الكروم سداسي التكافؤ (كرومات الزنك)، ومركبات البروم الموجودة في الطلاء المقاوم للحريق، إلخ.

وقد تساعد المعلومات المقدمة في هذا القسم الشركات من حيث الأنشطة الأخرى المتصلة بإحلال المواد الكيميائية الخطرة.

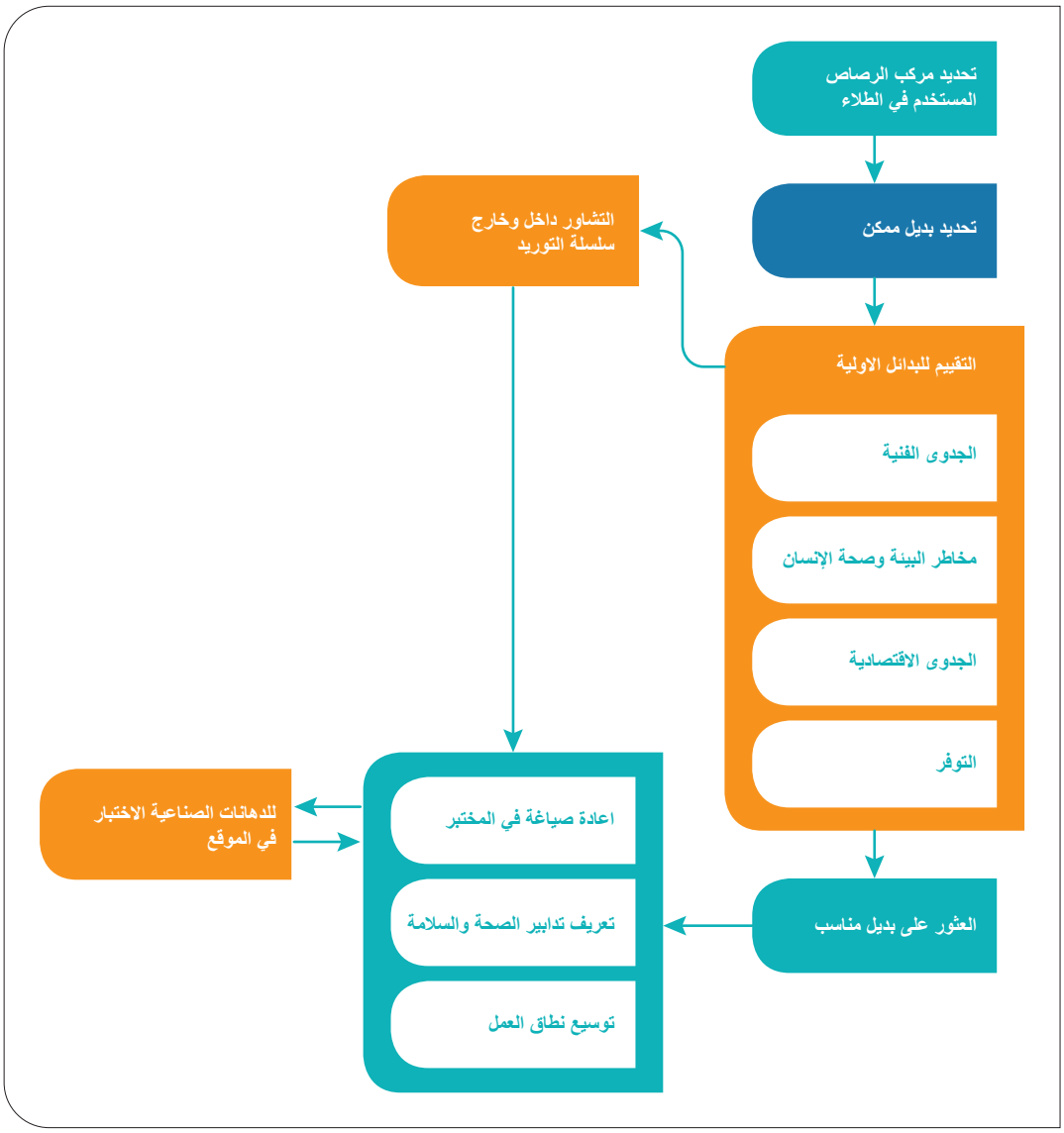
يقدم الرسم البياني التالي الخطوات اللازمة لاستبدال المكونات المحتوية على الرصاص في الطلاء. و تنطبق هذه الأنشطة على أي مادة كيميائية خطرة ذات خصائص خطرة معروفة تتوافر لها بدائل في السوق، ولهذا السبب لا توجد حاجة إلى أي بحث إضافي يتعلق بهذه الخصائص. ستساعد هذه العملية بأن تقوم الشركات طوعياً باستبدال المواد الخام المحتوية على الرصاص أو الوصول إلى حدود تركيز الرصاص القائمة أو المتوقعة (مثلاً، على النحو الموصى به في القانون النموذجي أو كما هو مطلوب من قبل بلدان مثل أوروغواي، وكينيا، والفلبين وغيرها) أو لتلبية متطلبات التخلص التدريجي

من مركبات الرصاص المحددة (مثل نظام تسجيل وتقييم وترخيص وحظر المواد الكيميائية في الاتحاد الأوروبي EU REACH).

ويعد التواصل الفعال في سلسلة التوريد أمراً أساسياً لتحديد المواد البديلة والاستخدام العملي لها. كما يمكن أيضاً الحصول على معلومات عن البدائل الممكنة من خارج سلسلة التوريد.

تبدأ عملية تحديد البدائل من خلال النظر في وظيفة المادة. إن المعرفة المفصلة والمحددة بالوظيفة الدقيقة لاستخدام معين، ستسمح للشركة بالبحث

الرسم البياني 1: الأنشطة في عملية استبدال مركّبات الرصاص



5-1 تحديد البدائل الممكنة

ومن الحلول البديلة استخدام بديل لمادة خطرة بحيث تكون قادرة على الاحلال محل الوظيفة التي تؤديها المادة الأصلية.

عن طرق أخرى لأداء نفس الوظيفة. ومن الضروري النظر في كيفية تأثير استخدام البديل على المنتجات النهائية من حيث الوظيفة المقصودة. وقد يلزم النظر في خصائص المنتجات النهائية على مدى فترة زمنية أطول. على سبيل المثال، قد تحتاج بعض الطلاءات إلى توفير مقاومة للظروف الجوية على مدى عمر المنتج المعين.

كما من المهم تحديد جميع وظائف المادة لكل استخدام (صناعة معينة أو عميل معين، في بعض الحالات)، بحيث يمكن تحديد البدائل المحتملة التي قد تكون قادرة على استبدال مكافئ للوظيفة المقصودة. و بمجرد تحديد الوظيفة وظروف الاستخدام المحددة بدقة، تصبح المشاورات داخل وخارج سلسلة التوريد أكثر نجاحاً.

هذا ويعد التواصل خلال سلسلة التوريد عملية تفاعلية وقد يشمل جميع الأجزاء ذات الصلة من سلسلة التوريد. وهذا أمر مهم في تحديد البدائل الممكنة لجميع الاستخدامات. فمصادر المعلومات المتعلقة بالبدائل الممكنة ضمن سلسلة التوريد، على سبيل المثال، هي: المعرفة الخاصة بالشركة (مواصفات المنتج ومتطلبات المستخدم، ومستوى معرفة الموظفين)، والموردون، والمستخدمون، والصناعة أو الجمعيات المهنية. وسيساعد التواصل خلال سلسلة التوريد الشركة على تحديد البدائل الممكنة، وفهم الجدوى التقنية والاقتصادية، والحصول على معلومات عن السلامة وتوافر البدائل.

ويمكن أن يكون من المفيد جمع معلومات عن البدائل الممكنة خارج سلسلة التوريد، مثل المجلات المهنية، ومنظمات البحوث، والمجموعات البيئية، والمنظمات غير الحكومية، والمؤسسات الأكاديمية، وقواعد البيانات [مثل:البوابة الإلكترونية لدعم استبدال المواد الكيميائية الخطرة (SUBSPORT)، ونظامتكنولوجيا المعلومات التابع لنظام تسجيل وتقييم وترخيص وحظر المواد الكيميائية(REACH-IT) والمعلومات غير السرية من ملف المرفق الخامس عشر لنظام تسجيل وتقييم وترخيص وحظر المواد الكيميائية؛ وقواعد بيانات براءات الاختراع] أو الخبراء في هذا المجال.

5-2 تقييم البدائل المحتملة

وعندما تُحدّد البدائل الممكنة، فإن التحليل هو الخطوة الأولى في عملية تخطيط الاستبدال. (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية، 2011)

ويعتبر البديل مناسباً إذا كان:

- يوفر وظيفة مكافئة لتلك التي يوفرها مركّب الرصاص (عندما تكون الخضابات في الطلاء النهائي هي موضوع البحث، فعادة لا يمكن الحصول على بديل وحيد مناسب، وبالتالي فإن أكثر من بديل مناسب يمكن استبدالها بالخضاب الأصلي).
- يقلل المخاطر الإجمالية على صحة الإنسان والبيئة، مع مراعاة ملاءمة وفعالية تدابير إدارة المخاطر للشركة.
- مجدياً تقنياً واقتصادياً.
- متوفراً في السوق.

وتتمثل المرحلة الأولى من التحليلات في تقييم الجدوى التقنية. وعند تحديد بدائل ممكنة تحقق المتطلبات الوظيفة، فإنه من الضروري تحديد فيما إذا كانت عمليات التكيف أو التغييرات ضرورية أم لا. في بعض الأحيان لتحقيق نفس الوظيفة، يجب معالجة البديل في ظل ظروف مختلفة (انظر القسم 2-6-6).

إذا كان البديل مقبولًا من الناحية الفنية، فإن المرحلة التالية هي تقييم الأخطار والمخاطر على صحة الانسان والبيئة7. يرتكز هذا التقييم على وضع معايير للأخطار والمخاطر المقبولة ومقارنة الخواص الخطرة بين المادة الخطرة (أو الخليط، مثل المجففات) وبدائلها المحتملة. إن مقارنة الخصائص المتشابهة والتأثيرات بين المواد أو المزائج من تلك المواد لا يكون دائماً مباشراً ولا بسيطاً. وعندما تصبح الاهتمامات متعلقة بوصف الأخطار أو نقص البيانات، فإن ذلك قد يحتاج إلى تقييم مفصل.

وفي ما يتعلق ببيانات الأخطار، ينبغي تحديد الآثار الصحية والبيئية الرئيسة للبدائل، وذلك لتجنب مخاطر معينة لا يمكن السيطرة عليها، نتيجة لعملية الإحلال. تعد ورقة بيانات السلامة (SDS) مصدراً جيداً (هاماً) للمعلومات حول الخواص الكيميائية الخطرة. وتعتبر ورقة بيانات السلامة (SDS) وسيلة للتزود بمعلومات شاملة عن المواد أو المزائج المستخدمة كبدائل. ويستخدمها كل من الموظف والعامل كمصدر للمعلومات عن الأخطار التي تشمل كذلك الأخطار البيئية، وكمصدر للإرشادات حول احتياطات السلامة.

هنالك العديد من الطرق المتطورة لتقييم البدائل، تقسم تلك الطرق إلى فئتَين (إدوارد، روسي وسيفي، 2016):

أ. الطرق التي تجمع بيانات الأخطار، وهي التي تفحص الخواص الخطرة للمواد الكيميائية والتي يجب وضعها في مصفوفة. وينبغي للشركات أن تضع قواعدها الخاصة لتحليل البدائل المختلفة ومقارنتها. ومن هذه الطرق على سبيل المثال: نظام تحليل خيارات منع التلوث (P2OASYS) (https://p2oasys.turi.org/GetStarted/p2oasys.php)، وطريقة النظام العالمي المتوافق لتصنيف وترميز المواد الكيميائية https://www.dguv.de/medien/ifa/en/pra/ghs_spaltenmodell/spaltenmodell_2017_en.pdf))، وطريقة تقييم بدائل المواد الكيميائية التابعة لمعهد تخفيض استخدام المواد السامة TURI) (https://www.yumpu.com/en/document/view/7083577/turi-5-chemicals-alternatives-assessment-study-high-priority)

ب. تستخدم طرق الفحص لتحليل المواد الكيميائية بالاعتماد على أولوية الأخطار المحددة مسبقاً. وهذه تشمل توصيات إنهاء استخدام مواد كيميائية خطرة معينة وضارة جداً. و تتضمن طرق الفحص هذه أيضاً أدوات لعملية اتخاذ القرار بشأن البدائل. تشمل هذه الطريقة في هذا التصنيف ما يعرف بالشاشة الخضراء للمواد الكيميائية الأكثر أمناً . لمزيد من المعلومات يرجى زيارة الموقع التالي: (https://www.greenscreenchemicals.org/)

* الملحق 1 - نصائح لعملية البحث على الإنترنت

** يقوم الخطر على عاملين، الأول يتمثل بالخصائص الكامنة في المادة الكيميائية والثاني في الطريقة التي يتم التعامل بها مع هذه المادة

يعتبر نقص البيانات أو محدوديتها حول خصائص الخطورة لمعظم المواد الكيميائية المستخدمة التحدي الأساسي لمثل هذه الأدوات.

وقد يكون البديل أكثر أمنا (والمقصود غير مسرطن ولا يسبب الطفرات)، ولكن قد يكون له أخطار أخرى، مثل: التآكل أو القابلية للاشتعال. هذه الأخطار يسهل التحكم بها، حيث أنه من الضروري وصف التدابير اللازمة لإدارة وضبط هذه الأخطار أثناء التطبيق.

كما يجب أن تُقيّم البدائل بشكل متكرر، حيث أن نتائج التقييم التي حصلنا عليها اليوم، قد تتغير مع اكتساب معرفة جديدة بشأن الخواص الخطرة ومخاطر المادة الكيميائية.

وتحدد الجدوى الاقتصادية الخيار الأقل كلفة بين مجموعة من الخيارات البديلة التي تحقق جميعها الأهداف. وقد يشمل التقييم مجموعة من تكاليف الإنتاج المباشرة وتكاليف الإنتاج غير المباشرة الملموسة، بدلاً من مجرد مقارنة سعر المنتج المحتوي لبدائل المادة الكيميائية وسعر المادة المستبدلة.

وتتمثّل الخطوة الأولى في تحديد مدى توافر وتكلفة البدائل المحددة، بناءً على المعلومات المتوفرة لمقارنة التكلفة. ومن أجل التحقق من ملائمة البدائل، فإنه من الضروري تقييم في ما إذا كان الاستبدال باستخدام بديل محدد يضيف تكاليف أخرى مثل زيادة استهلاك المواد الكيميائية أو زيادة تكاليف التصنيع أو شراء معدات جديدة. كما يجب أيضاً مراعاة أن الأسعار ليست ثابتة دائماً، وقد يتم خفضها. ومع ازدياد الطلب على البدائل نتيجة منع أو حظر استخدام مواد كيميائية معينة، فسيزيد عرض البدائل، والذي قد يؤدي إلى تناقص الأسعار.

* لمزيد من المعلومات قم بزيارة: https://www.turi.org/Our_Work/Alternatives_Assessment/Alternatives_Assessment/Tools_and_Methods/P2OASys_Tool_to_Compare_Materials

** لمزيد من المعلومات قم بزيارة: https://www.yumpu.com/en/document/view/7083577/turi-5-chemicals-alternatives-assessment-study-high-priority

*** لمزيد من المعلومات قم بزيارة: https://www.greenscreenchemicals.org/

Photo: www.istockphoto.com

إستبدال الخضابات المحتوية على الرصاص

من الضروري اختيار المواد الأولية المناسبة لتحقيق الأداء الأمثل للطلاء، مثل: آلية التطبيق (كالرش، والغمس، الخ)، ومدى الالتصاق على سطح محدد، وعملية التفاعل (التصلب)، والحماية الميكانيكية و/أو الكيميائية المطلوبة والمتطلبات الزخرفية.وتعتبر تكنولوجيا الطلاء من العمليات المعقدة التي تتضمن متغيرات كيميائية، وفيزيائية، و بيئية، واقتصادية، وهندسة العمليات، والصحة والسلامة.

وتحتوي مكونات الطلاء على الروابط، والمذيبات، والخضابات، والموالئ، والمضافات المختلفة. وفي ما يلي، يبين الجدول رقم (3) معلومات حول متطلبات المهام والأداء للخضاب والموالئ (غولدسميث وسانت ريت بيرجر، 2007).

الجدول 3: متطلبات الأداء والمهام في الخضابات والموالئ

مهام الخضاب	المتطلبات للخضاب والمواد المالئة	المهام الخاصة للمواد المالئة
• الامتصاص الاختياري • تشتت الضوء • التأثيرات البصرية من جهة الانعكاس أو التداخل • الحماية من الأشعة فوق البنفسجية • الحماية من التآكل	• التشتيت • غير قابل للذوبان • مقاوم للضوء ومقاوم للظروف الجوية • مقاومة للحرارة • مقاوم للمواد الكيميائية • التوافق الفسيولوجي	• الحشو • القابلية للحف • تحسين الخصائص الميكانيكية التكنولوجية للطلاء • تحسين خصائص مقاومة التآكل

يؤثر حجم الجزيئات وتوزيع حجم الجزيئات للخضاب بدرجة كبيرة على اللون، وقوة التلوين، وقوة تغطية الطلاء. كما تعتمد خصائص الطلاء على عوامل أخرى متعلقة بالخضاب، مثل: التركيز الحجمي للخضاب، واختيار المضافات المعنية بالتشتيت، والتفاعل المتبادل بين الخضاب والمبلمر المشتت، وعملية التشتيت. تؤثر عملية التشتيت على درجة اللون، وقوة التغطية، والمظهر العام للمعة وللشريط (كالضباب، والفيضان، والطفو)، واللزوجة، والثباتية، ومقاومة الظروف الجوية.

إن إعادة صياغة تركيبة الطلاء قد لا تتضمن فقط استبدالخضابات الرصاص ببدائل أقل خطورة - بل قد يتطلب ذلك إحداث تغييرات في الطحنة الأساسية، والترطيب، ومضافات التشتيت وعملية التشتيت. بالإضافة إلى ذلك فإن استبدال خضابات الرصاص في طبقة الطلاء النهائي بخضابات أخرى قد يتطلب تعديل اللون من خلال التلوين. ولمعالجة تلك القضايا، سيعرض هذا الفصل العناصر الأساسية لنظرية اللون، وعملية التشتيت، ومضافات التشتيت.

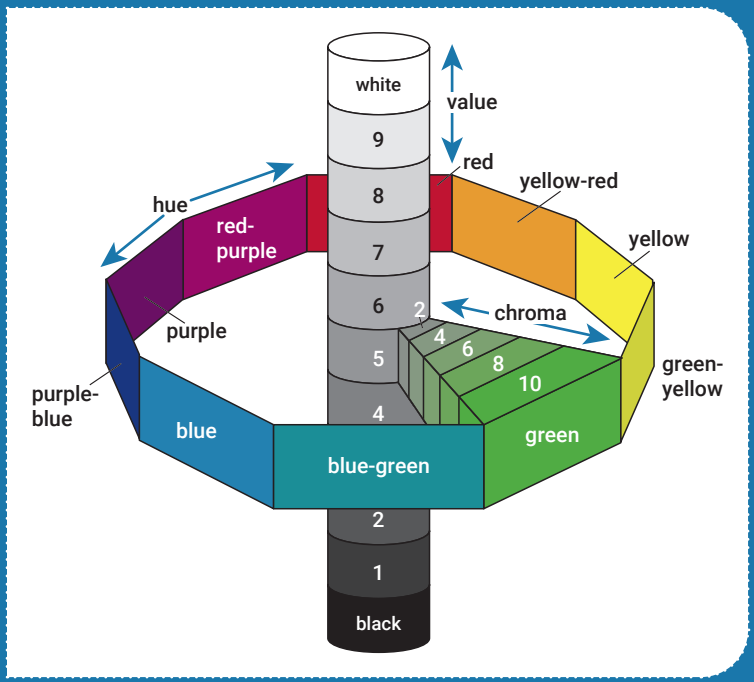
6.1 نظرية اللون

تعتبر قيمة اللون، ودرجة اللون، وصفاء اللون المصطلحات القياسية المستخدمة في صناعة الطلاء لوصف الأبعاد الثلاثة للألوان. إن فهم هذه المصطلحات ضروري للتعديل الناجح للألوان. يمكن أن تكون الألوان مختلفة في بعد واحد أو اثنين أو في الأبعاد الثلاثة.

ركن النص 2 - قيمة اللون ودرجة اللون وصفاء اللون

قيمة اللون (أي فاتح أو غامق) - يشير هذا البعد إلى درجة دكانة اللون. حيث ينتقل مقياس القيمة عمودياً ضمن نطاق الألوان (الشكل 2). يكون اللون الأكثر بياضاً في أعلى العمود، ويكون اللون الرمادي المتدرج في الدكنة في الوسط، والأسود في أسفل العمود. يوصف الفرق في قيمة اللون بأنه أغمق أو أفتح.

الشكل 5 – نطاق الألوان



درجة اللون - يتحرك هذا البعد حول الحافة الخارجية لنطاق الألوان. ينتقل من الأصفر، والأحمر، والأزرق (الألوان الأساسية) إلى الأخضر.

تتغيّر الألوان بحسب مقياس درجة اللون – إذ يمكن أن ينتقل اللون الأزرق نحو التدرج (التباين) الأكثر حمرة ويصبح أرجوانياً أو في اتجاه التدرج (التباين) الأخضر، ويتحول إلى اللون الأزرق المخضّر؛ كما يمكن جعل اللون الأحمر إما أكثر زرقة (الأرجواني أو البنّي) أو أكثر صفاراً (برتقالي)؛ بينما يمكن جعل اللون الأصفر أكثر حمرة أو أكثر خضرة (الألوان الثانوية). وتوصف الاختلافات في درجة الألوان على سبيل المثال على أنها أكثر حمرة أو أكثر خضرة من أي لون آخر.

صفاء اللون(الكثافة، الغنى، التشبع) - يشير هذا البعد إلى مستوى كثافة وغنى الألوان. حيث يتحرك على طول النطاق الذي يشع للخارج من المحور المركزي نحو المحيط. الألوان الضعيفة و الباهتة أو الشاحبة تكون أقل صفاء كلما اقتربنا من مركز نطاق الألوان، بينما الألوان شديدة الصفاء والأكثر كثافة تكون بالقرب من الحافة الخارجية. يوصف الفرق في صفاء اللون بأنه لون أكثر أو أقل إشباعاً.

إن الأسود، والأبيض، والرمادي ألوان لا صفاء (تلون) لها، أي ألوان بدون درجات (achromatic colours).

إن إنتاج ألوان ساطعة (نابضة بالحياة) وكثيفة يتطلب استخدام ألوان أساس نقية لا تحتوي على ألوان أخرى قد تأثر على جودة الألوان المراد إنتاجها. فعلى سبيل المثال؛ من أجل إنتاج اللون الأخضر، والأصفر، والأزرق الكثيف، يجب ألّا يحتوي على اللون الأحمر، لذلك، يجب استخدام اللون الأصفر المخضر، و الأزرق المخضر فقط. يتم إنتاج اللون البنفسجي النقي من الأحمر المزرق والأزرق المحمر، لا ينبغي للأزرق والأحمر أن يحتوي على اللون الأصفر؛ يتم إنتاج اللون البرتقالي الكثيف من اللون الأحمر والأصفر بدون أي محتوى أزرق (بدون لون أزرق)، مع كون الأصفر محمراً والأحمر مصفراً.

يُبهت اللون الأبيض أي لون آخر ولا يجعله ناصعاً، وعندما يضاف لأغراض التلوين، فإنه لا يحدث تغييراً في درجة اللون.

بمقدور كمية صغيرة فقط من اللون التكميلي (الأحمر والأخضر، والأصفر والأرجواني، والأزرق والبرتقالي) أن تزيل تشبع اللون. تبدأ على الفور كثافة اللون (صفاء اللون) في الانخفاض عند إضافة مكمل لها.

لجعل اللون أغمق، تُضاف كمية صغيرة من الأسود. إن إضافة الكثير من اللون الأسود سيجعل اللون أسوداً تقريباً. هناك طريقة أخرى لتغميق اللون، وهي بإضافة بعض الألوان التكميلية مما يؤدي إلى إنتاج لون داكن أغنى من مجرد إضافة الأسود.

6.2 مؤشر اللون

إنّ مؤشر اللون (CI) هو نظام الترميز القياسي المتفق عليه عالمياً للخضابات. نُشر لأول مرة في عام 1925 وتحتفظ به حالياً جمعية الصباغين وعلماء الألوان والجمعية الأمريكية لكيميائيي النسيج وملونيه. يُعرف مؤشر اللون كل ملون من خلال إعطاء كل مركب اسم مؤشر لون ورقم مؤشر لون خاص به. في الجداول التالية، يتم عرض اختصارات مؤشر اللون في الجدول رقم (4) وأرقام التركيب الكيميائي للخضابات في الجدول رقم (5). بالنسبة للخضابات، تكون الأحرف الأولى هي (A) للخضاب الحمضي و (B) للخضاب القاعدي.

في الجدول رقم (4) يمثل الحرفان الأولان لون الخضاب العام، بينما تمثل الأرقام الموضحة في الجدول رقم (5) المعرف الإفرادي لكل خضاب.

الجدول 4: إختصارات مؤشر اللون وأسماء الخضابات

الاختصار	الخضاب	الاختصار	الخضاب
PB	خضاب أزرق	PBk	خضاب أسود
PBr	خضاب بني	PG	خضاب أخضر
PM	خضاب معدني	PO	خضاب برتقالي
PV	خضاب بنفسجي	PR	خضاب أحمر
PW	خضاب أبيض	PY	خضاب أصفر

الجدول 5: الأرقام المرتبطة ببناء الخضاب الكيميائي (مجموعة مختارة)

صنف المادة الكيميائية	أرقام مؤشر اللون	صنف المادة الكيميائية	أرقام مؤشر اللون
Nitroso	102999–100000	Stilbene	407999–400000
Nitro	109999–103000	Diphenylmethane	419999–410000
Monoazo	199999–110000	Triarylmethane	449999–420000
Diazo	299999–200000	Xanthene	459999–450000

* لمزيد من المعلومات قم بزيارة: https://colour-index.com/

6.3 عملية التشتيت

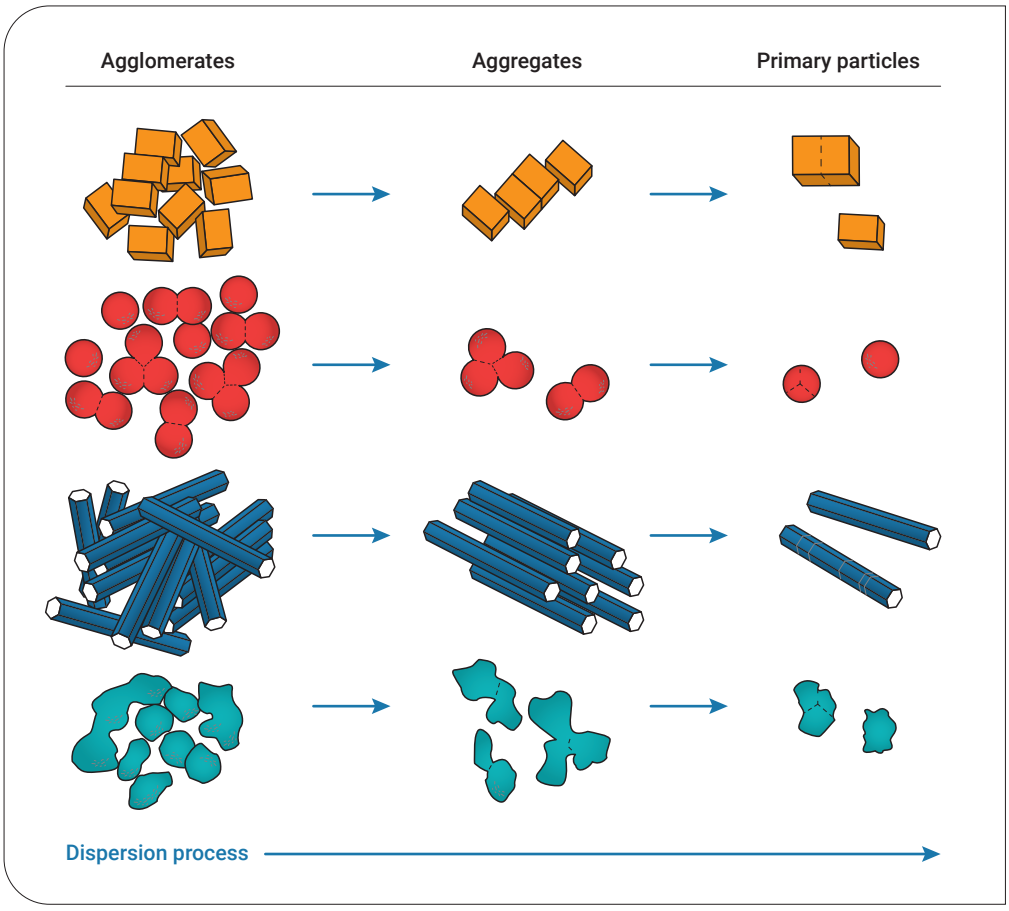
وفقًا لنماذج الخضاب (EN ISO 18451-1)، هناك ثلاثة أنواع من جزيئات الخضاب، موجودة في مسحوق الخضاب: الجزيئات الأساسية، والمجمعات، والمكتلات

الهدف من عملية التشتيت هو إنتاج تشتت مستقر وموحد لجزيئات الخضاب المسحوقة بشكل ناعم (دقيق) (الجزيئات الأساسية والمجمعات)، ضمن سائل حمل الطلاء (الوسط)، انظر الشكل رقم (6).

تتكون عملية التشتيت (الطحن) من المراحل الثلاث التالية:

- التجزئة الميكانيكية للمكتلات في المجمعات والجزيئات الأساسية بواسطة القوى الميكانيكية من خلال الطحن.
- ترطيب الجزيئات المفصولة (يتم استبدال واجهة الخضاب/الرطوبة أو الخضاب/ الهواء بواجهة الخضاب / الوسط).
- التثبيت - منع إعادة تكتل الجزيئات من خلال آلية الإعاقة التجسمية (أثر التوزيع الفراغي للجزيئات في إعاقة التفاعل) وذلك بوساطة امتزاز سلسلة مبلمرات أو تنافر إلكتروني كهربائي ساكن (إلكتروستاتيكي) بين الجزيئات ذات الشحنة المتشابهة. تجمع عوامل التشتيت الحديثة بين آلية التثبيت بالكهرباءالساكنة (إلكتروستاتيكية) وآلية الإعاقة التجسمية. يشار إلى هذا عادة بإسم "التثبيت الكهربائي الساكن (التثبيت الإلكتروستاتيكي)".

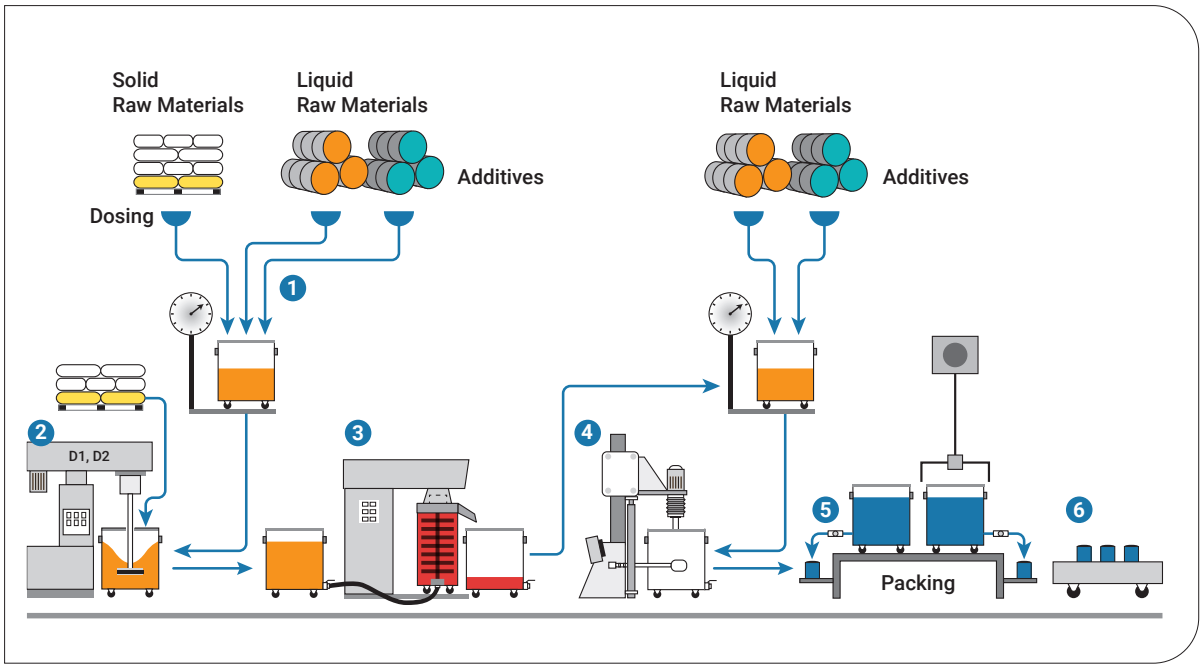
الشكل 6: نماذج الخضاب وفقًا لـ (EN ISO 18451-1)



يوضح المخطط في الشكل رقم (7) عملية إنتاج الطلاء.

بالإضافة إلى كون الخضابات مشتتة بشكل جيد، فإنه من المهم الوصول إلى تثبيت فعال على المدى الطويل لجزيئات الخضاب؛ وذلك لأن التثبيت غير الكافي قد يسبب آثاراً سلبية مثل تحول اللون أو الترسبات أو تغيرات في اللزوجة.

الشكل 7: مخطط عملية إنتاج الطلاء



1. **توزين المواد الخام (الراتنجات، المذيبات، الخضابات، الموالئ والمضافات) وتزويد خطوط الإنتاج بها.**
2. **الخلط بالمذيب (الطحن الأولي) - الترطيب والتجزئة الميكانيكية للتكتلات.**
3. **الطحن (التشتيت) - تجزئة إضافية وتثبيت تشتيت الخضاب.**
4. **الاستمرار – الخلط بخليط معدٍ سلفاً من المواد السائلة الأخرى (الروابط، والمذيبات، والمضافات) لتجانس تشتيت الخضاب.**
5. **الترشيح.**
6. **التعبئة.**

ففي أثناء عملية إنتاج الطلاء، تعد المراقبة ضرورية لضبط لزوجة عجينة الطحن، والتحكم في درجة الحرارة ومعدل التدفق في المطحنة، وحجم جزيئات الطلاء أثناء الطحن وتدرج (تباين) الألوان حسب الطلب.

أما أثناء عملية الطحن (العمليات الفرعية للتجزئة الميكانيكية)، فليس من الضروري أن تتم عملية الترطيب والتثبيت بتتابع زمني، بل تحدث جزئياً على التوالي وجزئياً في وقت واحد.

تصف المواصفة القياسية (ISO 1524: 2013) (الطلاء والورنيش وأحبار الطباعة - وتحديد نعومة الطحن) طريقة لتحديد نعومة طحن مواد الطلاء باستخدام مقياس مناسب مدرج بالميكرومتر. هذه الطريقة قابلة للتطبيق على جميع أنواع الطلاء السائل والمنتجات ذات الصلة، باستثناء المنتجات التي تحتوي على خضاب على شكل قشور (مثل قشور الزجاج، وأكاسيد الحديد اللماعة، وقشور الألومنيوم).

هناك حاجة إلى مضافات متخصصة لترطيب وتشتيت وتثبيت مساحيق الخضاب الجافة في المستحضرات السائلة. تعمل مضافات الترطيب على تسريع ترطيب تكتلات الخضاب بواسطة الراتنجات. هذا وتحسن مضافات التشتيت تثبيت تشتيت الخضاب. وغالباً ما تعمل مادة واحدة كمرطب ومشتت في ذات الوقت. هناك فرق كبير في عملية الترطيب بين النظم التي تخفف بالمذيبات وتلك التي تخفف بالماء. إن الترطيب في الأنظمة التي تخفف بالمذيبات سهل عموماً بسبب التوتر السطحي المنخفض للمذيبات العضوية. ونظراً لإرتفاع التوتر السطحي للماء، فإن التوتر السطحي مرتفع بشكل كبير في الأنظمة ذات الأساس المائي ولذلك هناك حاجة إلى مضافات خاصة أخرى لضمان الترطيب الكافي للخضاب.

ويمكن تثبيت تشتيت الخضاب عن طريق إزالة التلبد أو التحكم بالتلبد. ففي معظم التطبيقات، يكون استقرار حالة إزالة التلبدات أمراً مرغوباً فيه، ولكن في بعض الحالات يكون التلبد المتحكم به هو الأفضل.

بشكل عام تؤدي إزالة التلبد إلى استخدام أكثر كفاءة للخضاب، كما تعمل على تحسين سلوك الانسياب ليصبح الحصول على تحميل خضابي (وهي نسبة الخضاب في الطلاء مقارنة مع كميات الروابط والمكونات الأخرى) أعلى ما يمكن. ونظراً لصغر حجم جزيئات الخضاب المزال منه التلبد، فيتم الحصول على لمعة عالية وتزداد قوة اللون. هذه الخصائص ذات أهمية خاصة في طبقات الطلاء النهائية والتي تتطلب مظهراً عاماً أمثل وخصائص سطحية ممتازة (المقصود دهانات السيارات).

بدون مضافات، تكون جزيئات الخضاب على اتصال مباشر مع بعضها البعض كاندماج غير متحكم به. وعلى النقيض من ذلك، في حالة التلبد المتحكم به، تكون جزيئات المضاف دائماً بين جزيئات الخضاب من دون أي اتصال مباشر.

وكمؤشرات لتحقيق ثبات الطلاء المخضب، فيجب أخذ اللمعة والشفافية بعين الاعتبار. وكمؤشر للمخاليط، يجب تقييم سلوك الفيضان/الطفو باستخدام فحص الحت والترسيب. شريط الطلاء غير المنتظم بعد الحت (الشكل رقم (6)) يشير إلى ضعف ثبات جزيئات الخضاب. ويشير اختلاف اللون بين المنطقة المحتوتة والمنطقة غير المحتوتة إلى درجة التلبد وكذلك مدى الفيضان.

To carry out the sedimentation test the pigment dispersion is diluted, poured into a graduated measuring cylinder and stored for a period of time. A pigment-free layer gradually develops with flocculated systems, and this layer generally exhibits a clear colloidal systems show a الجدولboundary. In contrast, s transition zone between the clear, supernatant binder .solution and the pigmented phase

عندما يبدأ خضاب واحد بالتشتت، يمكن تحسين كمية المضاف وظروف الطحن لتحقيق أفضل جودة ممكنة. وعندما يتم طحن عدة خضابات مختلفة معاً، فمن الضروري التوفيق بين عوامل الطحن. إن عملية الطحن المشترك للخضابات غير موصى بها، وذلك بسبب اختلاف خصائص الخضابات

الشكل 8 – المذيبات

Photo: © Kansai Helios

وتشكل حالة التلبد المتحكم فيها تركيبة شبكية ثلاثية الأبعاد تؤدي إلى سلوك انسياب هلامي للطلاء. من خلال هذه التركيبات، تكون اللزوجة عالية إلى حد ما في حالة السكون. ومع ذلك، عندما تُطبّق قوى القص، فإن تلبدات الخضاب تتحطم وتصبح اللزوجة أقل. من الممكن إعادة بناء التلبدات بعد إزالة قوى القص، وبالتالي فإن سلوك القوام (الارتخاء والترسب والثباتية الممتازة على الأسطح العمودية وبسماكة عالية) يمكن تحقيقه. من خلال التلبد المتحكم به، يمكن أيضاً التحكم بالفيضان والطفو نظراً لأن الخضابات المختلفة مرتبطة ببعضها في التلبدات، وبالتالي لا يمكن فصلها عن الخليط. قد يؤدي التلبد المشترك إلى تقليل اللمعة، وعند ذلك يجب تقييم الطلاء بحثاً عن تأثيرات أخرى محتملة غير مرغوب فيها. إن التطبيقات الأساسية لمضافات التلبد المتحكم بها موجودة في دهانات الأساس، وطبقات الطلاء السفلي، وأنظمة طلاء الحماية.

المختلفة في ما يتعلق بعملية الطحن. يمكن استبدال الخضاب الذي يصعب طحنه، إن أمكن، أو طحنه بشكل منفصل أو إضافته كمركز خضاب.

إن إضافة كميات كبيرة جدًا أو قليلة جدًا من المضاف قد يضرّ بثباتية تشتيت الخضاب. تعتمد الكمية اللازمة من مضافات الترطيب والتشتيت على نوع الخضاب، حيث أن المضافات تلتصق على سطح الخضاب. إذا كانت كمية المشتِت منخفضة للغاية، فلن تتحقق الفوائد الكاملة. بينما إذا كانت الكمية مرتفعة للغاية، فإن سماكة حاجز (حاجب) الحماية تنخفض نتيجة الاكتظاظ على سطح الخضاب والتي تؤثر أيضا على الثباتية. إن التصاق أو صلابة شريط الطلاء قد تتأثر سلبًا بسبب الجزيئات الحرة فيه.

يقدم المنتجون معلومات عن أنواع المضافات والكميات المناسبة لأنواع محددة من الخضابات وأنواع الطلاء (طلاء ذات أساس مائي أو قائم على المذيبات)، ومع ذلك، ينبغي تطوير سلسلة من الفحوصات المخبرية للحصول على الجرعة المثالية.

يعرض الجدول التالي مستويات استخدام المضافات الموصى بها (BNK,ND).

عند تطبيق الفحوصات المخبرية على الإنتاج، فإنه لا يمكن تحقيق نتائج طحن مماثلة، إلا إذا تم تحقيق شروط طحن مكافئة.

6.4 استبدال خضاب الرصاص الأحمر المقاوم للتآكل (PR 105)

يعتبر خضاب الرصاص الأحمر(مينيوم PR 105) واحداً من أقدم وأشهر أنواع الخضابات المقاومة للتآكل ذات الخصائص الممتازة، ويستخدم بشكل رئيس في طلاء الأساس للمعادن. وهو يعمل كمثبط غير مباشر، ويحتاج إلى تفاعل مع نظام الراتنج المختار. عند استخدامه في زيت بذر الكتان أو غيره من الروابط الراتنجية الزيتية، فإنه يتفاعل مع المجموعات الحمضية في الراتنج لتشكيل صابون الرصاص، الذي له تأثير مانع للتآكل.

الجدول 6: مستوى استخدام المضافات الموصى بها.

نوع مضاف الترطيب و التشتيت	الخضاب غير العضوي	الخضاب العضوي	التركيبة الكلية
المبلمرات فائقة الجودة ذات الوزن الجزيئي المنخفض.	المضاف (0.5 – 2 ٪) من وزن الخضاب	المضاف (1 – 5 ٪) من وزن الخضاب	المضاف
المبلمرات ذات الوزن الجزيئي المرتفع.	المضاف (1 – 10 ٪) من وزن الخضاب	المضاف	(0.1 – 1 ٪) من وزن التركيبة الكلية

الشكل 9 – مطحنة بسلّة

ومن الممكن تحقيق الحماية من التآكل بدون تدخل كيميائي إذا قُلّل انتشار ونفاذية العوامل المسببة للتآكل، مثل: الأكسجين، والماء، والأملاح بشكل كبير، وذلك عن طريق صياغة تركيبة مناسبة. إن الخضابات الصفائحية (الرقائقية) مثل سيليكات الألومنيوم، أو أكسيد الحديد الرقائقي، أو معدن اللُّكاثُ (الميكا)، هي الأنسب لتحقيق هذه الخاصية.

كما ويتأثر الأداء المضاد للتآكل لطلاء الأساس بعوامل عديدة، مثل: نوع الراتنج، وعلاقة التركيز الحجمي للخضاب (PVC) بالتركيز الحجمي الحرج للخضاب، ونوع الخضاب المقاوم للتآكل والخضابات الأخرى والموالئ، وظروف التشتيت والتركيبة الكاملة. ويجب أن تُؤخذ جميع تلك العوامل بعين الاعتبار أثناء عملية إعادة صياغة تركيبة الطلاء.

يبين الجدول التالي معلومات عن بدائل خضاب الرصاص الأحمر

يعتبر فوسفات الزنك الخيار الأول لاستبدال خضاب الرصاص المقاوم للتآكل. فهو خالٍ من الرصاص والكروم سداسي التكافؤ، وعلى الرغم من ذلك، فإن أداءه في مقاومة التآكل ليس جيداً كما هو الحال مع الخضابات المحتوية على الرصاص. يعتبر مزيج فوسفات الزنك وأكسيد الزنك خياراً جيداً لخفض الأسعار وتوفير خصائص جيدة لمقاومة التآكل. كما يميل أكسيد الزنك إلى التفاعل مع الأحماض الدهنية الموجودة في الرابط، مما يؤدي إلى تكوين صابون الزنك، الذي يعمل كحاجب للعوامل المسببة للتآكل.

الجدول 7: البدائل المحتملة لخضابات الرصاص المقاومة للتآكل

نوع الخضاب	الخضاب	آلية العمل
خضابات مقاومة للتآكل نشطة كيميائياً	(ZnO) أكسيد الزنك فوسفات الزنك ($ZnPO_4$) فوسفات الزنك المعدل فوسفات الكالسيوم فوسفات الكالسيوم المعدل	ربط محفزات التآكل مثل الكلوريدات أو الكبريتات عن طريق تكوين مركبات غير قابلة للذوبان و/أو تثبيت قيمة الرقم الهيدروجيني للطلاء الذي يكون في اتصال مع وسيط التآكل. لذلك، فإنه من الضروري أن تكون هناك ذائبية طفيفة في وسيط التآكل.
خضابات مقاومة للتآكل نشطة كهروكيميائياً	كرومات الزنك($ZnCrO_3$)* فوسفات الزنك($ZnPO_4$) فوسفات الزنك المعدل فوسفات الكالسيوم فوسفات الكالسيوم المعدل	كبت الفعالية الكيميائية للأسطح من خلال تشكيل طبقات رقيقة، مثل طبقات الكروم أو طبقات الفوسفات. الذائبية والتفاعلية هي العوامل الحاسمة للخضابات النشطة.
الخضاب النشط المقاوم للتآكل والمستخدم في الحماية المهبطية.	غبار الزنك	نوع خاص من الخضاب النشط والذي يعمل من خلال الحماية المهبطية عند تطبيقه على الأسطح الحديدية. يعمل كمصعد ذواب (مصعد فلزي يستخدم في الحماية المهبطية) ويحمي الأسطح المعدنية. يجب صياغة تركيبة الطلاء للحصول على اتصال كهربائي جيد بين أسطح المعادن و جزيئات الخضاب الذوابة. إن أهم مطلب لتمكين خضابات الأساس الغنية بالزنك من توفير الحماية من التآكل للمادة، هي أن يكون التركيز الحجمي للخضاب مقارب أو أعلى من التركيز الحجمي الحرج للخضاب.
الخضابات السلبية (غير الفعالة) المقاومة للتآكل.	أكسيد الحديد اللماع سيليكات الألومنيوم	الخضابات الحاجبة - تعمل من خلال تعزيز شريط الطلاء وتقليل نفاذيته تجاه العوامل المسببة للتآكل. وهذه الخضابات خاملة كيميائياً و تأخذ جزيئاتها شكلاً لويحياً أو صفائحياً. وتشكل هذه الأشكال جداراً من الجزيئات المسطحة التي تحمي الأسطح من ملامسة الماء والمحاليل الكهربائية (الإلكتروليت).

* تحتوي كرومات الزنك على كروم سداسي التكافؤ والذي لا يمكن اعتباره خياراً بديلاً.

وفي ما يلي، يعرض مثال رقم (3) صياغة تركيبة طلاء أساسي ألكيدي مع فوسفات الزنك. في حين يقدم المثال رقم (4)صياغة طلاء أساسي من إيبوكسي إستر مرتبطاً مع فوسفات الزنك وأكسيد الزنك (انظر الملحق رقم (3) – أمثلة على إعادة الصياغات).

أدى إنتاج الخضاب المقاوم للتآكل بالاعتماد على خضابات الأورثوفوسفات المعدلة وخضابات فوسفات الزنك المتعددة إلى تحسن كبير في كفاءة أداء فوسفات الزنك التقليدي (هوباخ 2019). ونظراً لأن فعالية الخضاب تعتمد على المركبة (سائل حمل الطلاء)، يوصي منتجو الخضابات بالعديد من فوسفات الزنك لأنواع مختلفة من المركبات (سوائل حمل الطلاء).

يعتبر الزنك من المعادن الثقيلة، وقد إزداد الطلب في السنوات الأخيرة على الطلاء المقاوم للتآكل الخالي من الزنك. يعتبر فوسفات الكالسيوم بديلاً عن فوسفات الزنك القياسي، حيث يعرض الجدول رقم (8) معلومات حول ملاءمته كخيار بديل للرصاص الأحمر. كما يمكن الحصول على خصائص مقاومة للتآكل بوساطة أورثوفوسفات الكالسيوم المغنيسيوم وفوسفات الكالسيوم المعدل كبدائل خضابية لأداء طويل الأمد في مقاومة التآكل.

كما يعد اختيار المواد المالئة مهماً أيضاً لأن المكونات الرئيسة الموجودة في الطلاء الأساسي مواد مالئة (حوالي 32٪ في المثال رقم (3) انظر الملحق رقم 3). إن الخواص الفيزيائية للمواد المالئة، مثل التوزيع الحجمي والشكلي، ومؤشر الانكسار، والكثافة، والصلابة، واللون، بالإضافة إلى التركيب البلوري والكيمياء السطحية تعطي لهذه المعادن وظائفها (مجلة صناعة الطلاء والتغليف 2001). وتعزز هذه المواد المالئة الخواص الميكانيكية ومقاومة التآكل. إذ أن استخدام مواد مالئة ذات جزيئات لويحية (مفلطحة) الشكل يمنع الماء والأكسجين والمواد الكيميائية الأخرى من الوصول إلى الأسطح وذلك من خلال تداخل الجزيئات في الشريط.

كما أثبت التالك اللويحي (Platy talc) (سيليكات المغنيسيوم المائي) فعاليته كمقاوم للتآكل، وهو مادة مالئة طاردة للماء، مما يحد من تغلغل الماء والعوامل المسببة للتآكل في شريط الطلاء، إضافة إلى ذلك، فإنه يقلل من التآكل، ويقلل من تقشير وتبثر شريط الطلاء. ونتيجة لشكل الجزيئات والخمول الكيميائي، فإن التالك يعزز أيضاً الالتصاق، مما يزيد من ديمومة الطلاء.

Mica and china clay are also functional extenders which, due to their shape, improve anticorrosion properties of base coats.

حيثما أمكن، يمكن استخدام المضافات العضوية غير السامة لتحسين الحماية من التآكل التي يوفرها الطلاء. يوفر هذا المزيج مجموعة ممتازة من خصائص الأداء من حيث التآزر المقاوم للتآكل (هوباخ 2021).

الشكل 10 – خط التعليب

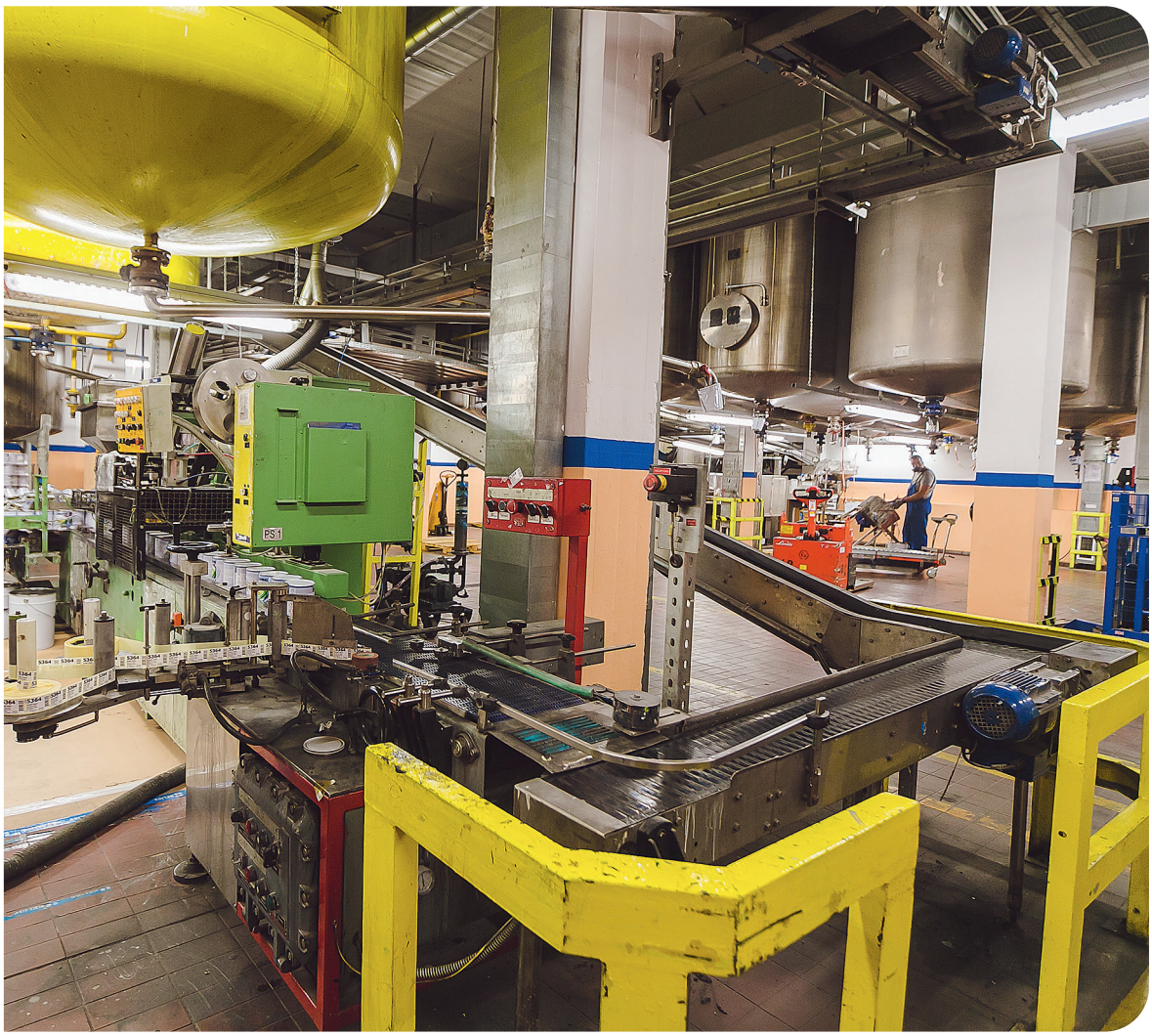


Photo: © Kansai Hellos

يعرض المثال رقم (4) (الملحق رقم (3)) تركيبة طلاء إيبوكسي إستر كأساس مع مثبط التآكل.

6.4.1 تقييم البدائل

إن لون تركيبة الطلاء الأحمر المحتوي على الرصاص والمقاوم للتآكل هو برتقالي. وهو الأمر الذي لا توفره البدائل المتاحة، ولكن بما أن الطلاء المقاوم للتآكل لا يُطبق أبداً بدون طبقة طلاء نهائي لتغطية اللون، فهذا المطلب ليس بتلك الأهمية. يجب على الشركة التواصل مع عملائها الصناعيين لشرح المزايا الصحية والبيئية ومزايا الامتثال المحتملة مقارنة بالتكاليف الإضافية لتركيبة جديدة خالية من الرصاص. علاوة على ذلك، يمكن تحقيق تكلفة أقل عن طريق إعادة الصياغة (انظر الملحق 3، دراسة الحالة 1).

يقدم الجدول التالي تقييمات لبدائل الرصاص الأحمر.

الجدول 8: تقييم البدائل لمادة PO 105

المطلب	الرصاص الأحمر (PR 105)	البديل	
		أورثوفوسفات الزنك (PW 32)	أورثوفوسفات الكالسيوم
الوظيفة	خصائص ممتازة لمقاومة للتآكل	يمتلك فوسفات الزنك وتعديلاته خصائص جيدة مقاومة للتآكل. لا يمكن أن يكون لون طلاء الأساس هو نفسه، لكن الزخرفة ليست وظيفة مهمة في طلاء الأساس.	يمتلك أورثوفوسفات الكالسيوم وتعديلاته خصائص جيدة جداً لمقاومة التآكل. لا يمكن أن يكون لون طلاء الأساس هو نفسه، لكن الزخرفة ليست وظيفة مهمة في طلاء الأساس.
عملية الإنتاج		ليست هناك حاجة لإجراء تغييرات في عملية الإنتاج.	ليست هناك حاجة لإجراء تغييرات في عملية الإنتاج.
الخطر على صحة الانسان والبيئة (منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي 2021 أ والوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية 2021 ج ومجلة صناعة الطلاء والتغليف 2001)	**H302**: مضرّ في حال الابتلاع. **H332**: مضرّ في حال الاستنشاق. **H351**: يشتبه في تسببه بالسرطان (يتم ذكر طرق التعرض في حال ثبت بشكل قاطع أنه لا توجد طرق تعرض أخرى تسبب الخطر). **H360**: يمكن أن يضر بالخصوبة أو يضر الجنين (ذكر تأثير محدد في حال كان معروفا، يتم ذكر طرق التعرض في حال ثبت بشكل قاطع أنه لا توجد طرق تعرض أخرى تسبب الخطر). **H360Df**: يمكن أن يضر بالجنين، يشتبه بإلحاقه الضرر بالخصوبة. **H362**: قد يسبب الضرر للرضع المعتمدين على الرضاعة الطبيعية. **H372**: يسبب ضرراً لأعضاء جسم الإنسان <أو يمكن ذكر كافة الأعضاء المتأثرة في حال معرفتها> عند التعرض المطوّل أو المتكرر< يتم ذكر طرق التعرض في حال ثبت بشكل قاطع أنه لا توجد طرق تعرض أخرى تسبب الخطر>. **H372**: يسبب ضرراً للجهاز العصبي المركزي والدم والكلى من خلال التعرض المطول أو المتكرر عن طريق الاستنشاق أو الابتلاع. **H410**: سام جداً للحياة المائية مع وجود تأثيرات طويلة الأمد.	**H400** - مضرّ جداً بالحياة المائية **H410** - سام جداً للحياة المائية مع وجود تأثيرات طويلة الأمد. المنتج ليس خطرًا على الإنسان عند استخدامه بشكل صحيح (استخدام معدات الحماية الشخصية).	لا يمثل فوسفات ثلاثي الكالسيوم خطراً على صحة الإنسان بسبب قلة مخاطره. لا تحتوي هذه المادة الكيميائية على خصائص تشير إلى وجود خطر على البيئة بناءً على مستوى خطورتها المنخفض (لا توجد سمية مائية في حدود قابلية الذوبان في الماء).
الجدوى الإقتصادية		بديل فعال من حيث التكلفة. اعتماداً على المنتج، قد ترتفع التكلفة قليلاً.	السعر أعلى
التوفُّر		هناك العديد من المزودين لمادة فوسفات الزنك في السوق	يتوفر أورثوفوسفات الكالسيوم في السوق

يعد الفحص الموازي للدهان المقاوم للتآكل المحتوي على الرصاص والطلاء المعاد تركيبه ضرورياً للحكم على فعالية الإحلال. يتم إجراء فحوصات زمن الجفاف، والخواص الميكانيكية، وفحص خصائص مقاومة التآكل. تعد عملية فحص التعرض الخارجي لخصائص مقاومة التآكل عملية طويلة الأمد، ولكن قد تُجرى فحوصات تسريع التآكل، مثل: فحص رش الملح (ASTM B117-11 & DIN EN ISO 9227) وفحص الرطوبة (ISO 6270-1: 2017) بالتعاون مع منتجي الخضابات.

6.5 استبدال الرصاص الأبيض (PW1)

بالرغم من إنخفاض معامل انكساره (1.94)، فقد استُخدم خضاب كربونات الرصاص الأساسية في تركيبات الطلاء لسنوات عديدة. واستُبدل هذا الخاب بخضاب ثاني أكسيد التيتانيوم (PW 6) بنجاح وبكفاءة أكبر مع ما يقارب عشرة أضعاف قوة التغطية (ميلو وبوث 2017). هذه التركيبة القائمة على خضاب ثاني أكسيد التيتانيوم، قد تحتوي على خضاب أبيض بنسبة أقل في الشريط الجاف. ولكن يمكن أن يغطى الفرق باستخدام موالئ أقل كلفة لتحقيق نفس النتائج.

ففي حال تم الاستبدال باستخدام التركيبة ذات الأساس الألكيدي، فيكون من الضروري عندئذ التصرف بحذر في ما يتعلق بالمجففات، لأن الرصاص الأبيض هو بمثابة مجفّف قوي. فيجب زيادة كمية المجفف باستخدام تركيبة جديدة. ويوصى باستخدام مجففات الزركونيوم والسترنشيوم (انظر الفصل رقم 7).

6.6 استبدال كرومات الرصاص الثنائي (PY 34) و كبريتات مولبيدات كرومات الرصاص[7] (PR 104)

إن عملية تركيب الطلاء عملية معقدة، وتعتمد على متطلبات يجب تلبيتها. فبالإضافة إلى الوسيط (سائل حمل الطلاء)، يلعب اختيار الخضاب دوراً مهماً نظراً لأن المؤثرات الزخرفية والخصائص الفنية مرتبطة به مباشرةً.

ولتسهيل عملية الإحلال في الشركات، يقدم هذا الجزء معلومات عن خصائص الخضابات البديلة المختارة.

تتضمن الجدوى الاقتصادية العديد من العوامل الخاصة بالشركة ولا تُضمّن في التقييم. حيث تُعرض التكلفة المباشرة المتعلقة بكلفة الخضاب فقط .

تُستخدم كرومات الرصاص الثنائي (PY 34) وكبريتات مولبيدات كرومات الرصاص (PR 104) في الخصائص التي تلبي الأداء الزخرفي، مثل الألوان الناصعة، وتدرج الألوان النظيفة، والوضوح العالي (وظيفة الإشارة للدهان)، فضلاً عن المعايير التقنية الضرورية مثل قوة التغطية الممتازة ومقاومة الضوء والظروف الجوية، والثباتية الحرارية، بالإضافة إلى خصائص عدم النضوح.

يعرض الجدول التالي الخصائص الفنية لكل من كرومات الرصاص الثنائي (PY 34) و وكبريتات مولبيدات كرومات الرصاص (PR 104)

الجدول 9: خصائص كرومات الرصاص الثنائي (PY 34) وكبريتات مولبيدات كرومات الرصاص (PR 104)

الخصائص	الوصف
وظيفة التدرج (التباين) والصفاء	كرومات الرصاص الثنائي PY34 - من التباين الاخضر الى منتصف فكل التدرج الاصفر المحمر، وكبريتات مولبيدات كرومات الرصاص PR104 من الاصفر الى البرتقالي المزرق.
التشتيت	تتشتت الخضابات بشكل ممتاز. لغايات محددة يمكن تشتيتها بإستخدام المذيبات فقط
قوة التغطية (العتامة)	خصائص تدفق ممتازة، وإمكانية تحميل عالي للخضاب مما ينتج عنه قوة إخفاء جيدة.
الثباتية الحرارية	الثباتية الحرارية ممتازة، يمكن استخدام هذه الخضابات على درجات حرارة أعلى من 200 درجة مئوية.
النضوح	الخضابات لا تلوّح أو تصل إلى الطبقات التحتية أو إلى أجزاء ملوّنة أخرى.
مقاومة الضوء والظروف الجوية والكيميائية	يعتمد الثبات في مواجهة الضوء ومقاومة الظروف الجوية لكرومات الرصاص على الأنواع المستخدمة وثباتيتها السطحية. إن معظم كرومات الرصاص المستخدمة في السوق هي أنواع قياسية تتمتع بخصائص ممتازة في مقاومة الضوء والظروف الجوية (مقاومة ضعيفة للظروف الحامضية والقاعدية).

الشكل 11 – طلاء السيارة في غرفة الطلاء

Photo: www.pixabay.com

إن عملية إحلال أو سحب صنف من الخضابات له أثر مباشر على المستخدمين. يحتاج معدو التركيبات لتغيير التركيبة لمطابقة اللون والمتطلبات الفنية. حتى الآن لا يوجد بديل فردي موازي لخضاب الكروم الأصفر(PY 34) أو خضاب المولبيدات الحمراء (PR 104) . ويُعدّ النهج الأكثر نجاحاً هو استخدام مزيج من الخضاب العضوي وغير العضوي والذي يمكن أن يعطي خليط الخصائص المطلوبة في الشريط النهائي.

هناك العديد من الخضابات البديلة في السوق ولديها جميعها إيجابيات وسلبيات اعتماداً على الاستخدام المقصود. ونتيجةً لذلك، فإن تقييم البدائل معقد ويستند إلى عدة معايير، منها الأداء(كالخصائص الفنية - التشتت ومقاومة الحرارة ومقاومة الظروف الجوية، الخ) والصحة والسلامة والقضايا البيئية، وكلفة الخضاب، وتوفره (انظر مخطط التدفق 1).

ومن الضروري أن يكون هناك دراية بالخصائص المختلفة والأداء والتكلفة للخضابات الخالية من الرصاص مقارنة بخضابات الرصاص.

6.6.1 تقييم البدائل غير العضوية الممكنة

إن الخضابات غير العضوية التي يمكن أن تحل بدلاً من (PY 34) أو (PR 104) هي: فنادات البزموث (PY 184)، وأكاسيد الفلزات المختلطة ((PY 53 و PBr 24))، وأكسيد الحديد الأصفر (PY 42)، وأكسيد الحديد الأحمر (PR 101). هناك خضابات أخرى متوفرة في السوق يمكن استخدامها مع خضابات أخرى لتحقيق مستويات أداء مختلفة، مثل PO 82 (أكسيد الزنك والزنك والقصدير)، و PW 6 (ثاني أكسيد التيتانيوم) و PY 216 (روتيل الزنك والزنك).

جميع بدائل الخضابات غير العضوية لها وظائف مختلفة لصفاء اللون والتدرج اللوني. أفضل بديل ممكن لـ (PY 34) هو فنادات البزموث الذي له صفاء مشابه وخصائص فنية (تقنية) جيدة جداً.

نسبةً لكونها خضابات غير عضوية فإن هذه البدائل لها خصائص مماثلة لـ (PY 34) و (PR 104) في ما يتعلق بالعتامة، ونضوح الألوان، حيث يمكن استخدامها لخلطات الطلاء الخارجي بسبب مقاومتها للضوء والظروف الجوية. تصل الثباتية الحرارية لتلك الخضابات لغاية 200 درجة مئوية، ما عدا أكسيد الحديد الأحمر (PR 101)، حيث أن مقاومته للحرارة أقل من (PR 104).

الجدول 10: تقييم للبدائل الممكنة للخضابات غير العضوية

الخضاب	المقارنة مع الخضاب المحتوي على الرصاص
	بديل محتمل لـ PY 34
فنادات البزموث **PY 184**	**الوظيفة:** خصائص تقنية جيدة جداً - دهانات متينة بخصائص نضوج مماثلة لـ PY 34، مقاومة ممتازة للحرارة. **الجدوى الفنية**: لا حاجة لتغيير عملية الإنتاج. **الأخطار على البيئة وصحة الإنسان**: غير مصنفة على أنها خطرة على صحة الإنسان أو البيئة. **الجدوى الاقتصادية**: هذه الخضابات أغلى ثمناً بشكل ملحوظ، غير أن خصائصها تشبه الخضاب المحتوي على الرصاص. **التوافر**: مصادر محدودة للمواد الخام (Bl, V)
أكاسيد الفلزات المختلطة **PY 53**	الوظيفة: الطلاء ثابت على المدى الطويل، لكن قدرته على الاحتفاظ باللمعان سيئ. لا يمكن تحقيق نفس نطاق الألوان. خصائص النضوج واستقرار الحرارة متشابهة إلى حد كبير مع PY 34. الجدوى الفنية: لا داعي لتغيير عملية الإنتاج. الأخطار على البيئة وصحة الإنسان: غير مصنفة على أنها خطرة على صحة الإنسان أو البيئة. الجدوى الاقتصادية: السعر مشابه لأسعار الخضاب المحتوية على الرصاص. التوافر: متوفر في السوق.
أكسيد الحديد **PY 42**	الوظيفة: الطلاء ثابت على المدى الطويل. إذا كان اللون مهماً، فإن هذا الخضاب ليس خياراً مناسباً لأن الألوان دائماً أغمق وأكثر اتساخاً. خصائص النضوج واستقرار الحرارة ممتازة. الجدوى الفنية: لا حاجة لتغيير عملية الإنتاج. الأخطار على البيئة وصحة الإنسان: غير مصنفة على أنها خطرة على صحة الإنسان أو البيئة. الجدوى الاقتصادية: السعر مقارب لأسعار الخضاب المحتوية على الرصاص. التوافر: متوفر في السوق
	بديل محتمل لـ PR 104
أكسيد الحديد **PR 101**	الوظيفة: الطلاء ثابت على المدى الطويل. إذا كان اللون مهماً، فإن هذا الخضاب ليس خياراً جيداً، فالألوان دائماً ما تكون أغمق وأكثر اتساخاً. خصائص النزيف ممتازة، لكن استقرار الحرارة أسوأ من PR 104. الجدوى الفنية: لا حاجة لتغيير عملية الإنتاج. الأخطار على البيئة وصحة الإنسان: غير مصنفة على أنها خطرة على صحة الإنسان أو البيئة. الجدوى الاقتصادية: السعر مقارب لأسعار الخضاب المحتوية على الرصاص. التوافر: متوفر في السوق
	بديل محتمل لـ PY 34 و PY 34
أكاسيد خليط الفلزات **PBr 24**	الوظيفة: الطلاء ثابت على المدى الطويل. لكن الاحتفاظ باللمعان أسوأ من الخضابات المحتوية على الرصاص. لا يمكن تحقيق نفس نطاق اللون. خصائص نضوج ممتازة واستقرار حراري. الجدوى الفنية: لا حاجة لتغيير عملية الإنتاج. الأخطار على البيئة وصحة الإنسان: غير مصنفة على أنها خطرة على صحة الإنسان أو البيئة. الجدوى الاقتصادية: السعر مشابه لأسعار الخضاب المحتوية على الرصاص. التوافر: متوفر في السوق.

* هناك رأي معاكس حول توافر الصبغة. فبعض الشركات تعتبر أن المشكلة تكمن في عملية توافر الصبغات البديلة.

6.6.2 تقييم بدائل الخضابات العضوية المحتملة

إن قائمة الخضابات العضوية التي من الممكن اعتبارها بدائل لـ (PY 34) و (PR 104) تطول وتشتمل على فصائل الخضابات التالية:

أ. خضابات (Azo Diarylides) مثل: (PO 13) و (PO 34) و (PY 14) و(PY 83).
ب. خضابات (Azo Dianisidine) مثل: (PO 16).
ج. خضابات (Azo Benzimidazolones) مثل: (PO 36) و (PY 151) و (PY 154) و(PY 194).
د. خضابات (Monoazo) مثل: (PY 65) و (PY 74) و (PY 97).
هـ. خضابات (Azo) مثل: (PO 67).
و. خضابات عضوية بديلة أخرى مثل: (PO 73) و (PY 110) و (PY 138) و (PY 189).
ز. خضابات (Diketopyrrolopyrrol Red – PR 254).

هناك خضابات أخرى متوفرة في السوق يمكن استخدامها مع خضابات أخرى لتحقيق مستويات أداء مختلفة، مثل PO 5 (azo) | PO3، PR 112 (naphtol AS-D)، PR 170 (naphtol)، PY 82- (condensation disazo)، و PR 122 (quinacridone).

أ. مجموعة خضابات (Azo Diarylides)

يبين الجدول التالي بعض البدائل المحتملة من مجموعة هذه الخضابات مع خضابات (PY 34) و (PR 104).

إن خضابات (Azo Diarylides) لا توفر وظائف العتامة والتدرج اللوني. تلك الخضابات تكون مناسبة للاستخدامات الداخلية بسبب ضعف ديمومتها وقلة الاحتفاظ باللمعة. كما أن الثباتية الحرارية لها ضعيفة (أي أنها تتفكك وينتج عنها مواد خطرة على درجات حرارة أكثر من 200 درجة مئوية).

الجدول 11: تقييم البدائل المحتملة لخضابات (Azo Diarylides)

الخضاب	المقارنة مع خضابات الرصاص
البدائل المحتملة لـ PY 34	
PY 83	الوظيفة: نسبة الديمومة أقل بالمقارنة مع PY 34، لذلك تركيب دهانات من تلك الخضابات مناسبة للاستخدام الداخلي فقط. قوة التغطية منخفضة والثباتية الحرارية قليلة. لا يوجد نضوح في اللون. يمكن الحصول على ظلال باهتة من اللون الأصفر فقط من هذه الخضابات. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج مزيداً من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: غير مصنف كمادة خطرة على صحة الإنسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: هذه الخضابات أغلى سعراً من PY 34. التوافر: متوفر في الأسواق.
PY 14	
البدائل المحتملة لـ PR 104	
PO 13	الوظيفة: نسبة الديمومة أقل بالمقارنة مع PR 104، لذلك تركيب دهانات من تلك الخضابات مناسبة للاستخدام الداخلي فقط. قوة التغطية منخفضة والثباتية الحرارية قليلة. لا يوجد نضوح في اللون. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج مزيداً من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: غير مصنف كمادة خطرة على صحة الإنسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: هذه الخضابات أغلى سعراً من PR 104. التوافر: محدودية مصادر المواد الخام، مع وجود بعض المصنعيين على مستوى العالم.
PO 34	

ب. مجموعة خضابات (Azo Dianisidine)

هذه المجموعة من الخضابات تمتلك خصائص مشابه لمجموعة خضابات (Azo Diarylides).

يوضح الجدول التالي تقييم (PO 16) كبديل لـ (PR 104).

تمتلك خضابات (Dianisidine) العديد من الخصائص المماثلة لخضابات (Diarylide)، ولكن الثباتية الحرارية لخضابات (Dianisidine) أفضل. كلاهما مناسب للاستخدام الداخلي بسبب ضعف الديمومة، والاحتفاظ باللمعة.

الجدول 12: تقييم البدائل المحتملة لخضابات (Azo Dianisidine)

الخضاب	المقارنة مع خضابات الرصاص
PO 16	الوظيفة: تركيب طلاء من تلك الخضابات مناسب للاستخدام الداخلي فقط. قوة التغطية أقل والثباتية الحرارية ضعيفة. لا يوجد نضوح في اللون. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: لم يلاحظ (يسجل) أي نتائج سلبية في الدراسة الفموية الفرعية في الجرعة المحدودة. إن (PO 16) لا يسبب السمية الجينية. الجدوى الاقتصادية: أغلى سعراً من PR 104. التوافر: محدودية مصادر المواد الخام للإنتاج. هنالك عدد قليل جداً من المصنعين في العالم.

ج. مجموعة خضابات (Azo Benzimidazolones)

على الرغم من القيود المحددة، الا أن هذه المجموعة من الخضابات تعتبر الأفضل كبدائل لـ (PY 34) و (PR 104).

يبين الجدول التالي تقييماً لـ PY 194 PY 154 PY 151, PO 36 مقارنةً مع PY 34 و PR 104.

لا يمكن تحقيق نصوع وصفاء التدرج الأصفر العالي نتيجة لمحدودية التدرج الأخضر للون الأصفر.

الجدول 13: تقييم البدائل المحتملة (Azo Benzimidazolones)

الخضاب	المقارنة مع خضابات الرصاص
	البدائل المحتملة لـ PY 34
PY 151	الوظيفة: هذه الخضابات ذات ديمومة وقدرة على الاحتفاظ باللمعة أقل مقارنة بـ (PY 34)، ولكن من الممكن استخدامها في الطلاءات الخارجية. الثباتية الحرارية تضاهي هذه الخضابات. لا يوجد نضوح للألوان. (PY 194) شفاف وديمومته أقل من بين هذه الخضابات.
PY 154	الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة.
PY 194	الجدوى الاقتصادية: التكلفة المباشرة لتلك الخضابات أعلى. التوافر: متوفر في الأسواق.
	البدائل المحتملة لـ PR 104
PO 36	الوظيفة: هذه الخضابات ذات ديمومة وقدرة على الاحتفاظ باللمعة أقل مقارنة بـ (PR 104)، ولكن من الممكن استخدامها في الطلاءات الخارجية. الثباتية الحرارية تضاهي هذه الخضابات. لا يوجد نضوح للألوان. اللون قريب جداً من لون PR 104، ولكنه أوسخ. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: التكلفة المباشرة لتلك الخضابات أعلى. التوافر: متوفر في الأسواق.

د. مجموعة خضابات (Monoazo)

يبين الجدول التالي تقييم هذه الخضابات مع (PY 34)

إن ثباتية خضابات (Monoazo) في المذيبات متدنية جداً، الأمر الذي يؤدي إلى نضوح الألوان.

الجدول 14: تقييم خضابات مجموعة (Monoazo)

الخضاب	المقارنة مع خضابات الرصاص
PY 65	الوظيفة: هذه الخضابات غير مناسبة للاستخدامات الخارجية بسبب ضعف ديمومتها. كما أن الثباتية الحرارية والاحتفاظ باللمعة أقل من (PY 34). ويحدث النضوح في الطلاء القائم على المذيبات. هذه الخضابات جيدة من حيث اللون، حيث من الممكن تحقيق اللون الأخضر الساطع (اليانع) والتدرج اللوني الأحمر إلى الأصفر. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: التكلفة المباشرة لتلك الخضابات أعلى. التوافر: متوفر في الأسواق.
PY 74	
PY 97	

هـ. خصوصية الآزو (Azo)

الجدول التالي يعرض التقييم بين(PO 67) وبين (PR 104).

الجدول 15: تقييم (PO 67) كبديل لـ (PR 104).

الخضاب	المقارنة مع الخضابات المحتوية على الرصاص
PO 67	الوظيفة: الديمومة والاحتفاظ باللمعة أقل، ولكن الخضاب مناسب للاستعمال الخارجي مقارنة مع PR 104. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: التكلفة أعلى بكثير. التوافر: محدودية التوفر.

و. البدائل العضوية الأخرى

مجموعة البدائل الأخرى لـ (PY 34) و (PY 104) هي الخضابات العضوية، مثل: (PO 73, PY 110, PY 138, PY 139) وهذه المجموعة من الخضابات مختلفة فيما بينها كثيراً ولكن جميعها تصنف بنقص العتامة والصفاء المحدود.

الجدول التالي يعرض تقييماً لهذه البدائل.

الجدول 16: تقييم الخضابات العضوية الأخرى كبدائل لـ PY 34 وPR 104

الخضاب	المقارنة مع الخضابات المحتوية على الرصاص
PO 73	الوظيفة: الديمومة والإحتفاظ باللمعة أقل مقارنة مع (PR 104)، ولكن من الممكن استخدامه خارجياً. الثباتية الحرارية جيدة، ولا يحدث نضوح للون. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: التكلفة أعلى بكثير من PR 104. التوافر: محدودة التوافر.
PY 110	الوظيفة: الديمومة والاحتفاظ باللمعة جيدة، ومناسب للاستخدام الخارجي. الثباتية الحرارية جيدة أيضاً، ولا يحدث نضوح للون. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: التكلفة أعلى بكثير من PY 34. التوافر: محدودة.
PY 138	الوظيفة: الديمومة والاحتفاظ باللمعة أقل مقارنةً مع PY 34 ومناسب للاستخدام الداخلي فقط. الثباتية الحرارية جيدة، ولا يحدث نضوح في اللون. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة. يعتبر الإنتاج شديد الخطورة بسبب المنتجات الوسيطة أو المذيبات السامة. الجدوى الاقتصادية: التكلفة أعلى بكثير من خضابات الرصاص. التوافر: محدودة التوافر.
PY 139	الوظيفة: الديمومة والاحتفاظ باللمعة أسوأ مقارنةً مع PY 34 ويمكن الاستخدام الخارجي. الثباتية الحرارية جيدة، ولا يحدث نضوح في اللون. الجدوى الفنية: لا داعي للتغيير في العمليات الإنتاجية، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الخطر على صحة الإنسان والبيئة: هذه الخضابات ليس لها آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة. الجدوى الاقتصادية: التكلفة أعلى بكثير من خضابات الرصاص. التوافر: محدودة التوافر.

ز. الخضاب العضوي الأحمر (Diketopyrrolopyrrole Red (DPP))

هذا الخضاب يستعمل في دهانات السيارات وله العديد من الصفات الجيدة جداً، شاملة الثباتية الحرارية والاحتفاظ باللمعة.

الجدول التالي يعرض تقييم (PR 254) كبديل لـ (PR 104).

- تُغطي مستويات أداء مختلفة للاستخدام الداخلي والخارجي، ومقاومة عالية للضوء والظروف الجوية.
- تُعطي مقاومة للحرارة تبلغ أكثر من 200 درجة مئوية.
- ليس لها مشاكل نضوح.
- تحقق المتطلبات الفنية المتعلقة بمعدات صناعة الطلاء.

الجدول 17: تقييم (PR 254) كبديل لـ (PR 104).

الخضاب	المقارنة مع الخضاب المحتوي على الرصاص
PR 254	الوظيفة: الثباتية الحرارية والقدرة على الاحتفاظ باللمعة ممتازة. مناسب للاستخدام الخارجي. وخصائص نضوح اللون جيدة. الجدوى الفنية: لا توجد حاجة لتغييرات في عمليات الإنتاج، ولكن بما أن تشتيت الخضابات العضوية أقل، فإن مرحلة الطحن تتطلب وقتاً أكثر وهذا يحتاج المزيد من الطاقة. الأخطار على البيئة وعلى الصحة البشرية: هذا الخضاب ليس له آثار سلبية على الصحة البشرية أو على البيئة. الجدوى الاقتصادية: الخضاب سعره أعلى من (PR 104). التوافر: هناك عدد محدود من المصنعين له في الأسواق.

الخضابات (PY 34) و (PR 104) تستخدم في الطلاء الذي يحقق ديمومة عالية واحتفاظ باللمعة ويمتلك وظيفة الإشارة والتباين اللوني. في تقييم البدائل أُخذت بعين الاعتبار معايير الجودة (مثل: الوظيفة، والجدوى الفنية، وأداء البيئة والصحة والسلامة العامة) والمعايير الكمية (الجدوى الاقتصادية، والتوافر).

جميع البدائل التي أُخذت بعين الاعتبار لم تنجح في تحقيق بعض المتطلبات الفنية التي يحققها (PY 34) و(PR 104).

وتُستخدم خضابات كرومات الرصاص عادة في التطبيقات التي لا تتطلب أداء مرتفعاً لكل سماتها (مثل الاستخدام الداخلي). ولذلك، ليس من الضروري إيجاد خضاب بديل وحيد لها يحتوي على كل المواصفات، ولكن يمكن إيجاد تركيبة بديلة تحقق متطلبات محددة.

بدائل الخضابات المتوفرة ومزائجها تستطيع أن:

- تُغطي مجال الألوان كاملاً (من الأصفر وعبر البرتقالي إلى الأحمر).
- تُزود تدرج لوني نظيف.
- تُحقق متطلبات العتامة بمزيج من الخضابات العضوية وغير العضوية.

6.6.3 مستحضرات الخضابات الجافة والخضابات الهجينة ومعاجين الخضابات

طوّرت صناعة الخضابات حلاً لاستبدال الخضاب (PY 34) والخضاب (PR 104) من خلال مستحضرات خضابات جافة حسب الطلب. وهذه الخضابات هي عبارة عن استبدال مباشر فرديلكل من (PY 34) و (PR 104). وتُنتقى الخضابات التي ستُحضّر بحيث تعطي توازن بين الصفات اللونية وقوة التغطية تقريباً لكل مجال من مجالات التدرجات اللونية. وتُغطي مستحضرات الخضابات مجالات الأصفر من الأخضر حتى تدرجات الأحمر ومجالات البرتقالي من الأصفر إلى تدرجات الأزرق.

كما تمثل الخضابات الهجينة مزيجًا من الجزيئات الخضابية اللونية الأساسية غير العضوية المعقدة المصغر قطرها ذات اللون العضوي المشتت مسبقاً الملتصق بسطح الجزيئات الأساسية. وتعتبر الخضابات الهجينة الطريقة المثلى للحصول على أفضل الخصائص للخضابات العضوية وغير العضوية، حيث يمكن تعديل عتامة الألوان وقوة الألوان لتضاهي الخضابات المحتوية على الرصاص، وهي متوفرة بالأصفر والبرتقالي ومستحضرات تدرجات الأحمر. هذا ويُقدّم تعزيز الصفاء لتكنولوجيا الخضابات الهجينة فرصة عظيمة لتركيب ألوان متألقة جدًا ودهانات تُظهر أداءً مرتفعًا في ما يتعلق بالديمومة والعتامة واللمعة.

المثال رقم (5) – (الملحق رقم 3) يوفر دليل لتركيبات الخضابات الهجينة.

عجينة الخضابات هي مركزات أحادية الخضاب ذات أقصى محتوى ممكن من الخضاب وأقل قدر ممكن من الراتنج المطحون والمتوافق مع مجال عريض من الأوساط (سوائل حمل الطلاء)، حيث يمكن استخدامها للتلوين أو في صناعة الطلاء.

إذا تم استخدام عجينة الخضابات للتعديل الدقيق للألوان، فتُضاف نسب قليلة من عجائن مختلفة ولا يتركالراتنج المطحون أثراً على أداء الطلاء الذي تم تلوينه. كما يمكن استخدام العجائن كتلوين زياتي في إعادة صياغة تركيبة الطلاء المحتوي على الرصاص إذا لم تكن الشركة مزودة بمعدات للطحن.

ويمكن أيضًا إنتاج الطلاء من خليط من مركزات الخضابات (العجائن) واستعمالها مع طلاء أبيض أو شفاف، وفي هذه الحالة تُستخدم كميات أكبر من العجائن، ويكون للعجائن أثراً أكبر على أداء الطلاء، وعندئذ تكون متطلبات عجائن الخضابات أكبر بكثير.

6.6.4 إعادة صياغة تركيبة الطلاء مع الخضابات

لا يوجد خضاب بديل واحد خال من الرصاص ويغطي كل الخصائص الفنية لـ (PY 34) أو (PR 104). هذه الخضابات تجمع الصفاء بمستوى الخضابات العضوية وأفضل الخصائص للخضابات غير العضوية والتي تشمل قوة التغطية، ومقاومة الظروف الجوية والضوء، والثباتية الحرارية ومقاومة النضوح. ولتحقيق هذه الخصائص، فإنه من الضروري استخدام مزيج من الخضابات العضوية وغير العضوية في إعادة صياغة تركيبة الطلاء. تزود الخضابات غير العضوية خاصية قوة التغطية، في حين أن الخضابات العضوية تزود خصائص اللون، والصفاء وقوة التلوين. كما تعتمد مقاومة الظروف الجوية على الخضابات العضوية المستخدمة ويمكن أن تُكيّف حسب متطلبات محددة (انظر الجدول رقم 18). وبمزج هذين النوعين من الخضابات، يمكن تحقيق الأداء المطلوب من الطلاء.

ينبغي تحديد المرحلة الأولى من عملية إعادة صياغة التركيبة بدقة حسب خصائص الأداء التي يجب أن يحققها الطلاء (وظيفة الطلاء)، فبالإضافة إلى اللون:

- هل هو للاستخدام الخارجي أم الداخلي (مقاوم للظروف الجوية والضوء)؛
- هل يتمتع باختلاف تدرج مقبول؛
- هل هناك طلب لمقاومة الحرارة؛
- أيتمتع بقوة تغطية ممتازة عند سماكة الشريط المحددة؛
- هل يتمتع بتدرج ونصوع اللون؛
- هل النضوح مقبول (أيستخدم الطلاء في نظام طبقات لونية مختلفة، وما الهدف منه)

إذا كان الطلاء يُستخدم داخلياً فقط، فلا حاجة لاستخدام خضابات عضوية غالية الثمن وعالية الأداء في ثباتيتها للضوء. وهذا يساعد على تخفيض كلفة إعادة صياغة تركيبات الطلاء.

في المثال التالي لتخضيب (RAL 1021) المتوسط إلى العالي الأداء، تبلغ كلفة الخضابات ضعف الخضابات المحتوية على الرصاص، حيث تصل كلفة تركيبة الخضابات المحتوية على الرصاص إلى 0.35 يورو لكل متر مربع، في حين أن كلفة تركيبة الخضابات الخالية من الرصاص تصل إلى 0.71 يورو لكل متر مربع (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية 2014).

المثال رقم (1): تركيبة (RAL 1021) المحتوية على الرصاص والخالية من الرصاص

الخضاب	التركيبة المحتوية على الرصاص [٪ وزن/وزن]	التركيبة الخالية من الرصاص [٪ وزن/وزن]
PY 151 (عضوي)		81.5
PY 34 (غير عضوي)	85.8	
PBr 24 (غير عضوي)	11.0	17.7
PY 139 (عضوي)	0.8	0.8

في المثال التالي (RAL 3000) المتوسط إلى العالي الأداء، تبلغ كلفة الخضابات الخالية من الرصاص حوالي ٪30 أقل من الخضابات المحتوية على الرصاص بسبب استخدام ٪70 من الخضابات غير العضوية في التركيبة. وتبلغ كلفة تركيبة الخضابات المحتوية على الرصاص 0.31 يورو لكل متر مربع، في حين أن كلفة تركيبة الخضابات الخالية من الرصاص لا تتعدى 0.20 يورو لكل متر مربع (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية 2014).

المثال رقم (2): تركيبة (RAL 3000) المحتوية على الرصاص والخالية من الرصاص

الخضاب	التركيبة المحتوية على الرصاص [٪ وزن/وزن]	التركيبة الخالية من الرصاص [٪ وزن/وزن]
PY 53 (غير عضوي)	21.5	61.1
PR 104 (غير عضوي)	63.3	
PR 254 (عضوي)		27.3
PR 122 (عضوي)	8.0	
PR 101 (غير عضوي)	7.2	11.6

* يعتمد كل من اللون وقوة التغليف على نوع الطلاء ذلك أن الألوان تتبلور بشكل مختلف مع اختلاف المركبات

في غالبية مستويات الأداء المطلوبة، تصل تكلفة التركيبات الخالية من كرومات الرصاص إلى نسبة أعلى بضعفين أو ثلاثة، وفي مستويات الأداء المتوسطة تكون التكلفة متقاربة أما في المستويات الجيدة بشكل كاف فتكون أسعار الخضابات الخالية من الرصاص أسعاراً معقولة أكثر (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية 2014).

الجدول التالي يلخص الخصائص لبدائل الخضابات مقارنة مع (PY 34) و (PR 104).

لا تتطلّب عملية إعادة صياغة تركيبة الطلاء لاستبدال الخضابات المحتوية على الرصاص تعديل اللون فقط، حيث أن هذا التعديل ليس إلا خاصية واحدة فقط من خصائص الطلاء التي تتأثر بالخضابات.

وحسب مزيج الخضابات الموجود في التركيبة الأولية المحتوية على الرصاص وفي التركيبة الجديدة، ينبغي الأخذ بعين الاعتبار موضوع استبدال عامل التشتيت وعملية الطحن (انظر الجزء 3-6).

الجدول 18: خصائص بدائل الخضابات مقارنة مع(PY 34) و (PR 104).

الخضاب	الاستخدام الخارجي	ثباتية أقل للحرارة*	النضوح
PY 184, PY 42, PR 101, PY 110, PR 254, PR 122, PW 1, PY 216, PR 122, PY53, PBr.24, PY 151, PY 154, PY 194, PO 73, PY 139	نعم	لا	لا
PO 36	نعم	نعم	لا
PO 13, PO 34, PY 14, PY 83, PO 16, PO 155	لا	نعم	لا
PY 65, PY 74, PY 97	لا	نعم	نعم
PO 67	نعم	لا	نعم
PY 138	لا	لا	لا

* بالمقارنة مع PY 34 و PR 104

بعد حذف الخضابات التي لا تحقق المتطلبات المطلوبة، تبدأ عملية تعديل اللون باستخدام الخضابات المختارة، مع الأخذ بعين الاعتبار خصائص الخضابات العضوية وغير العضوية.

ويقوم النهج الأساسي على قياس لون الطلاء المحتوي على الرصاص ومن ثم استخدام أدوات مطابقة الألوان (برامج حاسوبية ومعدات) لإنتاج اللون المطابق المطلوب. كما يمكن أن يقوم منتجو الخضابات بالمساعدة باقتراح تركيبات للألوان المحددة. وباستطاعة الأشخاص ذوو الخبرة بالتلوين أن يحددوا الخضابات المطلوبة ويحددوا التركيبة النهائية من خلال عملية تلوين لونية بأسلوب المحاولة والخطأ (عملية مكررة).

وبالعادة لا تُستخدم الخضابات، شاملة (PY 34) و (PR 104)، وحدها في الاستخدام النهائي، ولذلك فإن العوامل التي تؤثر في اختيار ذاك الخضاب أو غيره للحصول على لون محدد وخصائص الأداء المطلوبة تختلف بشكل كبير. كل دهان له خصائصه، ولذلك فإنه من المستحيل إعطاء حل دقيق، ولكن ببساطة يمكن توفير توجيه لكيفية تطبيق نهج الاستبدال الذي يعتمد على تركيبة الطلاء الأولية وعلى المتطلبات.

وفي بعض الحالات وبسبب خاصية التشتت الجيدة جداً للخضابات المحتوية على الرصاص، تشتمل عملية الإنتاج على تشتت باستخدام المذيب فقط. إن إعادة صياغة تركيبة الطلاء المحتوي على الرصاص تتطلب استخدام خضابات عضوية، ولذلك يجب تغيير عملية الإنتاج على أن تشتمل على عملية الطحن.

إذا كانت التركيبة المحتوية على الرصاص تحتوي على خضاب غير عضوي فقط والتركيبة الخالية من الرصاص تحتوي بشكل أساس على خضابات عضوية (مثال 1 و2)، فإن إعادة صياغة التركيبة تتطلب عامل تشتيت جديد وتغيير في عملية الطحن (فترة الطحن يجب أن تكون أطول).

إذا كانت التركيبة المحتوية على الرصاص تضم خضاباً عضوياً، فمن الضروري أخذ موضوع تغيير نوعية وكمية عامل التشتيت بعين الاعتبار، وذلك يعتمد على الخضابات في التركيبة الجديدة.

في حالة اتباع مزيج من الخضابات العضوية وغير العضوية، فيجب تجنّب عملية الطحن المشترك بسبب الخصائص المختلفة للخضابات العضوية وغير العضوية المتعلقة بالطحن. ومن الممكن تجنّب عملية الطحن المشتركمن خلال:

- إنتاج ملون زياتي وخلطه للحصول على التدرج المطلوب؛
- اتّباع عملية طحن منفصلة للخضابات (أي أن تُطحن الخضابات غير العضوية، ومن ثم أن تُستخدم نفس معدة الطحن لطحن الخضابات العضوية بظروف مختلفة، أو العكس). ومثال جيد على هذا النهج هو مزيج الخضابات الذي عُرضفي المثال رقم (2). حيث يجب أولاً أن يتم التشتيت المسبق للخضابات (PY 53) و (PR 101) ومن ثم تشتيتها معًا وبعد ذلك إضافة الخضاب (PR 254) أو العكس. كما ينبغي تعديل ظروف الطحنلكل مرحلة من المراحل؛
- استخدام مشتتات الخضابات الجاهزة (مشتتات عالمية) متوافقة مع مدى واسع من الأوساط (سوائل حمل الطلاء).

ومن منظور عملي، يعتمد الاختيار بين بدائل طرق الإنتاج هذه على الكميات المراد إنتاجها وسعة المعدات، بيد أن التكلفة تلعب دوراً مهماً كذلك.

ولتحقيق نجاح في توسيع النتائج التجريبية على الكميات الصناعية، يجب أن تضاهي ظروف الطحن المخبرية تلك الموجودة في المصنع.

فمن الأهمية بمكان أن يتم التأكد من ثباتية التشتيت (انظر الجزء 3-6). حيث أن عدم استقرار (ثبات) التشتيت قد يؤثر على إعادة إنتاج اللون، وقد يسبب ضبابًا أو عيوبًا (شريطية) وأن يؤدي إلى آثار سلبية في مقاومة الظروف الجوية.

ويمكن فحص مقاومة الظروف الجوية بالتجوية الخارجية، ولكن للحصول على نتيجة ذات معنى، فيحتاج إلى فترة تعرض طويلة. ولذلك، يتم إجراء تجوية صناعية بمساعدة جهاز مسرع للتجوية. وهذه الطرق تشمل استخدام أجهزة مثل:

- QU-V weathering tester
- Weather-O-Meter (xenon or carbon arc lamp)
- Sun test (UV light)

قد تستدعي فحوصات التجوية المسرعة آلاف الساعات، وتعتمد على استخدام الطلاء. فيجب فحص التركيبة الجديدة بالتوازي مع الطلاء المحتوي على الرصاص. وخلال فحص التجوية وبعده يتم قياس: الاحتفاظ باللون، والاحتفاظ باللمعة (أو الفرق بالمقارنة مع دهان غير معرض للتجوية)، والتَجَيُّر (التطبشر).

يحتوي ضوء الشمس على طيف الضوء المرئي بالكامل، فالضوء المتوهج (الساطع) يحتوي على الأصفر والبرتقالي بنسبة أكبر، في حين أن الضوء المتفلور يحتوي على بنفسجي وأحمر بنسبة أكبر. وبما أن الأجسام المطلية تُرى على الأغلب خلال ضوء النهار، فيجب أن يُستخدم لتقييم الألوان. وإذا استُخدمت مقصورة الضوء لمقارنة الألوان، فيمكن استخدام مصادر ضوئية مختلفة.

ركن النص 3 – مقصورة الضوء

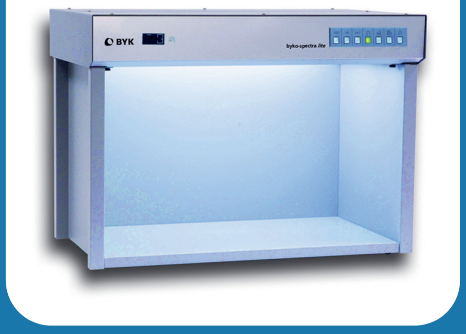


Photo: Courtesy of BYK-Gardner

ولاتخاذ القرار الملائم بخصوص مطابقة الألوان، فمن الضروري أن:

- تُطلى العينات التي يراد فحصها فوق طلاء أساس.
- يُترك الوقت الكافي لطلاء الأساس حتى يجف (إذا كان يجف في الهواء).
- تُطلى عينات الطلاء بنفس التقنية.
- يُترك الوقت الكافي لعينات الطلاء حتى تجف (إذا كانت تجف في الهواء).
- يُطلى اللون القياسي (المعياري) واللون المراد فحصه بنفس السماكة تقريباً.
- تُقارن الألوان باستخدام مقصورة الضوء أو ضوء النهار.

وفي حالة استبدال الخضابات قد يحدث التشدف، والتشدف يحدث عندما يتطابق جسمان تحت مصدر ضوئي محدد ويفشل تحت مصدر ضوئي آخر. والسبب الأكثر شيوعًا لذلك هو عندما تحتوي العينات على خضاب أو خضابات غير موجود في العينة الأخرى. فمثلًا تتطابق العينات تحت ضوء النهار ولا تتطابق تحت الضوء الساطع.

7

إستبدال المجففات المحتوية على الرصاص

يوفر هذا الفصل المعلومات عن المجففات التي تستخدم في الغالب (أوكتات الرصاص ونفثانات الرصاص)، ولكن هناك مراجع متوفرة للقارئ الباحث عن معلومات حول المجففات الأخرى أو المعلومات التفصيلية عن المجففات الأكثر استخداماً.

لا يتطلّب استبدال المجففات التي تحتوي على الرصاص إعادة تركيب معقدة. وكنتيجة، توفر هذه التوجيهات المعلومات عن المبادئ العامة لدور المجففات، والخصائص الفردية ومبادئ التزويد (الجرعات) وفحص الطلاء، وتعتبر توجيهات للاستبدال وللتركيبات المستقبلية للطلاء الذي يجف في الهواء بدون مضافات تحتوي على الرصاص.

7.1 دور المجففات وتركيبها

تُعالج بعض الروابط، مثل الراتنجات ذات أساس زيت التجفيف، أو الراتنجات المعدلة، مثل الألكيدات واسترات الإيبوكسي بوساطة تفاعل تشابكي يُطلق بوساطة أكسجين الجو. وخلال عملية التجفيف، تُحدّد مراحل متعددة مختلفة. وتقوم العملية الأولى على التجفيف الفيزيائي للطلاء، في هذه العملية يتبخّر المذيب وتُشكل طبقة شريطية مغلقة من خلال التحام جزيئات الرابط. بعد ذلك، يحدث تجفيف كيميائي (يسمى أيضاً تجفيف مؤكسد)، أي عملية تأكسد ذاتي للدهون، حيث يجف الطلاء بوساطة تأكسد مركبات الرابط مع الأكسجين الجزيئي الموجود في الهواء. قد تُسرّع هذه العملية باستخدام المجففات التي تعمل كعوامل مساعدة.

تنتمي المجففات إلى صنف الصابون الذي يُضاف إلى نظام الطلاء الذي يجف في الهواء لتسريع أو لتعزيز التحول من شريط سائل إلى الحالة الصلبة في غضون وقت ملائم بعد عملية الطلاء. ويحدث التحولبتفاعل أكسدة متشابك وبعملية تُحفز باستخدام الأيون الموجب (الكاتيون)الفلزي الموجود في المجفف.

وعندما تكون في حالة محاليل، تأتي المجفّفات التي يُطلق عليها كذلك تسمية العامل المجفّف على شكل مركبات فلزات عضوية ذائبة في مذيبات عضوية وروابط. ويحدّد الأيون السالب (الأنيون) في الصابون الفلزي بشكل كبير إذا كان المجفف يحقق الخصائص الأساسية، وهي:

- ذائبية جيدة وثباتية عالية في مختلف أنواع الروابط.
- ثباتية تخزين جيدة للمجففات.
- القدرة على الوجود في تركيز فلزات مرتفع.
- لزوجة منخفضة بشكل كاف، وذلك لجعل مداولة المجففات أسهل.
- أن يكون للمجفف الأثر الأمثل كعامل مساعد.
- العلاقة الأفضل بين السعر والأداء (بيلمان 2000).

كما يمكن تصنيف الفلزات المستخدمة في مركبات المجففات في ثلاث مجموعات: مجففات أولية (تسمى أيضاً مجففات فعالة أو مؤكسدة) مجففات ثانوية (تسمى أيضاً مجففات بينية) مجففات مساعدة. الفلزات المستعملة في المجففات في كل مجموعة مبينة في الجدول التالي.

تصنف الكربوكسيلات الفلزية على أنها:

- متعادلة
- حمضية (مصنفة بشكل شائع على أنها متعادلة)
- قاعدية
- فوق القاعدية، وتشير إلى استخدام ثاني أكسيد الكربون كبديل لجزء من الحمض في المجفف.

7.2 خصائص المجففات المختارة

استُخدِم **الرصاص** على نطاق واسع كمجفف ثانوي. وتُعدّ المجففات الثانوية على أنها فعالة في مرحلة التشابك ضمن خطوات الجفاف، كما أنها مسؤولة عن الجفاف الكلي في جميع أنحاء طبقة الطلاء. إن فعالية مجفف الرصاص وحدها (أي المحتوي على الرصاص) فعالية منخفضة جداً. ويؤدي الرصاص كذلك إلى تحسين مرونة وديمومة شريط الطلاء. وبصرف النظر عن قضية السمية، فإن مجففات الرصاص لها عيوب أخرى، حيث يمكن أن تؤدي إلى زيادة الترسبات في الشريط الذي قد يسبب بدوره الضبابية وفقدان اللمعة. ومن الممكن التقليل من هذا التأثير عند استخدام مجفف الرصاص بالاقتران

الجدول 19: الفلزات المستخدمة في المجففات

المجففات الأولية	المجففات الثانوية	المجففات المساعدة
• كوبلت • منغنيز • حديد • سيروم • فناديوم	• رصاص • زركونيوم • بيزوموث • باريوم • سيروم • سترنشيوم	• كالسيوم • زنك • ليثيوم • بوتاسيوم

وتُنتقى الأحماض العضوية لتحضير مثل هذه الأملاح الفلزية بحيث تكون متوافقة بالشكل الأمثل مع الروابط والذائبية الأمثل.

ارتكزت المجففات الأولى على أساس أحماض دهنية أو قلفونية (مادة راتنجية صلبة تستحصل عادة من الصنوبر ومن بعض أشجار المخروطيات الأخرى)، والتي استُبدلت في ما بعد بحمض النفثنيك، وهي مادة تُستخرج من النفط الخام. وبسبب ندرة حمض النفثنيك، استخدمت المجففات الحديثة أحماض اصطناعية ذات سلسلة متشعبة مثل:

- (octoate acid (2-ethylhexanoic acid
- (isononanoic acid (3,5,5-trimethyl hexanoic acid
- neodecanoic acid (mainly 2,2,3,5-tetramethyl hexanoic acid).

تتمتّع الأحماض الصناعية برائحة خفيفة و بمحتويات فلزية أعلى وجودة متسقة.

مع مجفف الكالسيوم الذي يعمل بمثابة مستحلب ويحسن تشتيت الخضاب وخصائص الترطيب. كما قد تسبّب (المجففات المحتوية على الرصاص) تلطيخ الكبريت، لأنها تتفاعل مع الكبريت لتشكيل كبريتيد الرصاص الأسود. وأثناء تخزين الطلاء، قد يؤدي تفاعل المجفف المحتوي على الرصاص مع الأحماض الدهنية طويلة السلسلة، والتي تشكلت بوساطة التحلل المائي للراتنج الألكيدي، إلى جعل ملح الرصاص غير قابل للذوبان.

تستخدم المجففات المحتوية على الرصاص مع الكوبالت أو المنغنيز. وغالباً ما يضاف الكالسيوم أيضاً، لتجنب ترسب الرصاص والتضبب. إن التكوين المثالي لمزيج المجفف الذي أساسه الرصاص، محسوباً كنسب فلزية من إجمالي المواد الصلبة الراتنجية في الطلاء هو:

- 0.05 ٪ كوبالت
- 0.5 ٪ رصاص
- 0.1 ٪ كالسيوم

يُعدّ الكوبالت مجففاً أولياً، وعلى هذا النحو، يعمل غالباً بمثابة مجفف سطحي باعتباره صابوناً فلزياً بسيطاً، فإنه يُظهر أفضل فعالية في درجة حرارة الغرفة، ويمكن استخدامه في مجموعة واسعة من الطلاء والورنيش. وفي حالة استخدامه بمفرده، قد يؤدي إلى ظهور تجعد سطحي وإضعاف الجفاف بشكل عام. ولهذا السبب، فهو يستخدم مع فلزات أخرى مثل: المنغنيز، والزركونيوم، والسترنشيوم، والرصاص، والكالسيوم ومزيج من المجففات التي تعتمد على تلك الفلزات. وفي حال أضيف الكوبالت كمجفف إلى راتنج غير مخفف، فقد يؤدي ذلك لزيادة كبيرة في اللزوجة. يمكن استخدام مجففات الكوبالت بشكل منفرد في النظام الذي يخفف بالماء، ولكن في أغلب الأحيان يتم مزجه مع مسرع الجفاف.

يحتاج الكوبالت إلى أن يضاف بكميات قليلة جداً فقط، وبالتالي، يميل إلى تقليل إزالة اللون مقارنة بالفلزات المجففة الأخرى. علاوةً على ذلك، فإن الكوبالت لا يزيل لون الطلاء الأبيض بنفس درجة المجففات الأخرى، حيث أن اللون الأزرق الداكن للكوبالت يبطل اللون الأصفر للروابط الزيتية والألكيدية وبالتالي يعزز بياض الطلاء.

قامت الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) بتصنيف الكوبالت ومركباته باعتباره مسبباً محتملاً للسرطان بالنسبة للبشر (المجموعة 2 ب). علاوة على ذلك، قد يسبب الكوبالت التهاب الجلد كنوع من الحساسية بالتلامس، لذا يوصى باستبدال مجففات الكوبالت ان أمكن.

يمكن استعمال مجففات الفناديوم والحديد والمنغنيز كبدائل لمجففات الكوبالت.

ويُعد المنغنيز كذلك مجففاً فعالاً وإن كان أقل فعالية من الكوبالت. وكمسرّع للبلمرة في الطبقات النهائية التي تجف بالحرارة ((baking finishes، يكون المنغنيز عادة أكثر فعالية من الكوبالت. يحسن الكوبالت والمنغنيز بشكل أساسي الجفاف السطحي لشريط الطلاء، إلا أن أداء المنغنيز في الجفاف على درجات الحرارة المنخفضة أفضل من أداء الكوبالت. لا يتعرّض الطلاء المحتوي على المنغنيز للتجعد تحت ظروف الرطوبة العالية كما يحصل لشريط الطلاء المحتوي على الكوبالت وحده. وعموماً، من الأفضل عمل تركيبات الطلاء الأبيض بدون المنغنير أو بنسبة قليلة جداً منه لتجنب تشكل اللون الوردي أو الأصفر الوردي الذي يظهر عند استخدام نسب مرتفعة من المنغنيز. ويتميز المنغنيز كذلك بأنه لا يتسبب في هشاشة شريط الطلاء المجفف بالحرارة، والذي يحدث إذا تم استخدام الكوبالت فقط. بالإضافة إلى ذلك، في النظم المعرضة للتجلّد، مثل الطلاء القائم على أساس زيت اليوريثان، يمكن الحصول على نتائج جيدة مع استخدام المنغنيز. نادراً ما يستعمل المنغنيز بشكل منفرد، لكنه يُضاف للمجففات الأولية المحتوية على الكوبالت لتحسين أدائها. يمكن تحسين أداء المجففات المحتوية على المنغنيز بوساطة محسنات الجفاف العضوية.

أما المجففات المحتوية على الفناديوم فتوفّر جفافاً سطحياً بالإضافة إلى الجفاف عبر طبقة شريط الطلاء. أحد أهم العيوب المعتبرة والتي تؤدي للحد من استخدام الفناديوم بشكل كبير في الطلاء هو ميله لتلطيخ شريط الطلاء. كما يميل الفاناديوم للتسبب بفقدان القدرة على الجفاف. ويمكن استخدامه في الطلاء الذي يخفف بالمذيب ويجف في الهواء أو في الطلاء المحتوي على نسب عالية من المواد الصلبة. وفي شكله المستحلب يمكن استعماله في تركيبات الطلاء التي تخفف بالماء.

وأما الكالسيوم فله فعالية محدودة كمجفف، ولكنه مفيد للغاية في حال استُعمل مع المجففات الفعالة الأخرى. يعمل الكالسيوم على إبقاء نسيج شريط الطلاء متفتحاً، مما يساهم بزيادة تخلل الأكسجين في الشريط وبالتالي التخلص من المذيبات باكراً في عملية التجفيف. إنه فعال للغاية عند استخدامه مع الكوبالت والزركونيوم، لتعزيز الجفاف في ظل الظروف الجوية السيئة مثل درجات الحرارة المنخفضة والرطوبة العالية. وعند استخدام الكالسيوم كمجفف ثانوي أو مساعد، فإن تسببه في فقدان قدرة التجفيف يصبح مشكلة أقل وذلك في حال خُزّن الطلاء لفترات أطول. تساعد مجففات الكالسيوم على تحسين الصلابة (القساوة) واللمعة، كما تقلل من تكوين التجلد أو الظاهرة الحريرية (silk-ing). تُضاف معظم المجففات في مرحلة خلط الراتنج والمذيب والمواد المضافة ((let-down stage خلال عملية تصنيع الطلاء، باستثناء المجففات الإضافية مثل الزنك والكالسيوم، والتي يمكن إضافتها عموماً إلى الطحنة الأساسية نظراً لفعاليتها كعوامل ترطيب وتشتيت.

وبالنسبة إلى المجفف الذي يحتوي على الرصاص، فتكمن البدائل بمجففات الزركونيوم أو السترنشيوم.

يعمل الزركونيوم، مثل الرصاص وفلزات القشرة الأرضية النادرة بمثابة مجفف بيني. ويعدّ الزركونيوم فعال فقط عند استخدامه مع المجففات الأولية (الأساسية). فهو يعزز الجفاف السطحي والجفاف الشامل خلال شريط الطلاء. على عكس الرصاص، فإن الزركونيوم هو عامل ترطيب وتشتيت ضعيف للخضاب، لذلك، من الضروري استعماله مع الكالسيوم. وتأتي خصائص الجفاف لتركيبات المجففات المحتوية على الكوبالت، والزركونيوم، والكالسيوم في ظروف الحرارة والرطوبة المحيطة مشابهة لتركيبات المجففات المحتوية على الرصاص. ومع ذلك، هنالك بعض المشكلات المتعلقة بأدائها في ظل الظروف الحرجة، أقل من 10 درجات مئوية على سبيل المثال.

يمتلك السترنشيوم نفس خصائص التجفيف الشامل للزركونيوم، لكنه يقدم أيضًا خصائص تجفيف إضافية، مما يؤدي إلى تحسين الثباتية للتخزين وتقليل "فقدان الجفاف"، وهو مفيد بشكل خاص في الأنظمة ذات النسب العالية من الخضاب، أو التي تحتوي على مستوى مرتفع من المضافات. ويتخطّى السترنشيوم الأداء الضعيف للزركونيوم، وهو مرشح لأن يكون الخيار الأبرز لاستبدال الرصاص. إضافة إلى ذلك، فإنه عامل ترطيب وتشتيت جيد للخضاب، ويعمل على منع التضبب والتجلد. ومع ذلك، قد يتأثر الأداء للاستعمالات الخارجية سلباً عند استخدام السترنشيوم.

تعد المجففات المحتوية على السترنشيوم بديلاً فعالاً من حيث التكلفة وتوفر أداءَ جفافٍ فائقاً وهي أكثر فعالية من حيث التكلفة من النوعيات المتعادلة (neutral grades).

أصبح من الشائع في صناعة الطلاء استخدام مزائج من الفلزات. تتضمن هذه المزائج مجففاً فعالاً واحداً أو أكثر مع مجفف مساعد واحد أو أكثر. وتتوفّر مزائج المجففات هذه حاليًا بصيغة جاهزة للاستخدام أو كمجففات مركبة مسبقاً.

توفر المجففات المركبة مزايا إضافية بالمقارنة مع المجففات التقليدية المعتمدة على فلز واحد:

- كفاءة أفضل
- تخفيض كمية المواد الخام
- تقليل مخاطر أخطاء الوزن
- النسب الفلزية المثلى
- عملية الإنتاج مبسطة
- جودة موحدة. (ثبات في الجودة)

مسرعات التجفيف أو العوامل المركبة - هي مركبات لا فلزية، تزيد من فعالية الفلزات في المجففات الأولية مما يؤدي إلى جفاف أسرع لشريط الطلاء. وتعمل هذه المسرعات عن طريق التشابك مع ذرات الفلزات لتشكيل مخالب. يتم استعمال نوعين مختلفين من مسرعات التجفيف بشكل كثيف على المستوى التجاري، وهي: (1,10-phenanthroline & 2,2´-bipyridyl). تستخدم مسرعات التجفيف في تركيبات الطلاء التي تخفف بالمذيب أو التي تخفف بالماء وتجف في الهواء. في الطلاء الذي يخفف بالماء، يمكن أن يؤدي التحلل المائي للمجفف الأولي إلى فقدان القدرة على الجفاف عند تخزين الطلاء. عند مزج المجففات الأولية والمسرعات، يتم الحصول على بعض الحماية من التحلل المائي. كما أنه يمكن تقليل فقدان القدرة على الجفاف بسبب امتصاص المجفف الفلزي على سطح الخضاب باستخدام مسرعات الجفاف.

أثناء التخزين، وتحت تأثير الأكسجين، يحدث تشابك غير مرغوب به وسابق لأوانه على السطح المعرض للظروف الجوية. ويمكن للعوامل المانعة للقشرة أن تمنع أو تؤخر عمليات الأكسدة غير المرغوب بها.

7.3 فقدان القدرة على الجفاف

عادةً ما يحتاج الطلاء الذي يجف بوساطة الأكسدة (oxidative-drying) إلى فترة أطول للجفاف بعد فترات التخزين الطويلة. إن فقدان فعالية المجفف يمكن أن تعزى إلى:

- الامتزاز الكيميائي للمجفف على سطح الخضاب على العكس من الامتزاز الفيزيائي، والذي هو عملية يمكن عكسها، فإن الامتزاز الكيميائي يؤدي إلى جمود دائم للمجفف أو إفقاد المجفف القدرة على الفعالية). يحدث الامتزاز الكيميائي مع الخضابات التي تحتوي على مجموعات حمضية على السطح، وبشكل رئيس يحصل مع الخضاب الذي يمتلك مساحة سطحية كبيرة مثل السناج والخضابات العضوية المختلفة. تؤثر تركيبة المذيب على عملية الامتزاز الكيميائي، حيث تحصل أقوى عمليات الامتزاز مع المذيبات ذات الجفاف الضعيف مثل المذيبات الشديدة القطبية أوالمذيبات الشديدة اللاقطبية. تكون النظم التي تحوي مذيبات عطرية معدنية حرة أكثر عرضة للامتزاز الكيميائي من تلك النظم التي يتم تخفيفها بواسطة (التيربنتين).
- تكون الملح: ناتج تفاعل أيونات المجفف مع الأحماض الأليفاتية طويلة السلسة، حيث أن تكوّن هذة الأملاح يحدث بسبب التحلل المائي للرابط أو المكونات الأخرى والتي هي (أي الأملاح) غير ذائبة في الطلاء، وتترسب بعد التبلور مما ينتج عنه فقدان المجفف.
- - تشكيل مركبات غير قابلة للذوبان: هذه الظاهرة تحدث في الطلاءات ذات الرائحة المنخفضة، والتي تخفف بالمذيبات الأليفاتية النقية. إن المركبات من أنواع المجففات المختلفة، والمكونة من أحماض أليفاتية قصيرة السلسة نسبيًا مثل الأوكتانوات، لها قابلية محددة للذوبان في تلك المذيبات وتميل للتبلور. المجففاتالأساسية أكثر حساسية لهذا التاثير (تشكل مركبات غير قابلة للذوبان) من المجففات المتعادلة. تكون المجففات المكونة من أحماض أطول (9 – 11 ذرة كربون) قابلة للذوبان أكثر وأقل عرضة للتبلور في أنظمة الطلاء تلك.
- التحلل المائي للمجففات: هذه العملية هي السبب الرئيس لفقدان القدرة على الجفاف في أنظمة الطلاء التي تخفف بالماء. بوجود الماء، يصبح المجفف رطباً بسرعة. علاوةً على ذلك، فإن المياه تعتبر مجموعة وظيفية جيدة للربط مع الكوبالت، مما يؤدي لتكون مركبات الكوبالت بسهولة. تؤدي الهيدرات المتشكلة غير ثابتة للتحلل المائي للصابون الفلزي، وبالتالي عدم قابلية ذوبان الفلز الأساسي.

يمكن تجنب فقدان القدرة على الجفاف بالوسائل التالية:

- اختيار نظام التجفيف المتوافق مع نظام الطلاء. يجب أن يكون المجفف قابل للذوبان في الرابط ولا يؤدي لتشكل الضباب عند التخزين أو أثناء مرحلة التجفيف. لذا يوصى بعمل فحص للتوافق في الوسط من دون إضافة الخضاب أو المادة المالئة.

الشكل 12 – إنتاج الصمغ

Photo: © Kansai Helios

- إدخال المجفف المضحي (sacrificial) في مرحلة الطحن. يمكن استخدام مجفف مساعد مثل الكالسيوم، خاصة إن كان فقدان القدرة على الجفاف ناتج عن الامتزاز الكيميائي للمجفف الأولي على الخضاب. لكن هذا النهج له حدوده، ولا يمكن استخدامه دائماً؛ لأنه إذا كان هناك جرعة زائدة من المجفف المساعد، فقد تتأثر اللزوجة والصلابة (تأثير التليين) وكذلك الديمومة أو مقاومة اللون بشكل سلبي.

- استخدام المجفف المغذي مثل نفثينات هيدوركسيد الكوبالت. هذا المجفف المغذي متاح كعجينة وغير قابل للذوبان في المحاليل الكحولية المعدنية، هذه المجففات:

  - تعوض الفلزات النشطة الممتزة على الخضاب (الألوان الداكنة)
  - تحرر فلزات إضافية بطريقة مسيطر عليها
  - تتفاعل ببطئ مع حموضة الراتنج المتبقية

7.4 تقييم البدائل للمجففات المحتوية على الرصاص

قد تحتوي المجففات على مكونات (المذيبات العضوية أو مسرعات التجفيف) ذات تأثيرات صحية و/ أو بيئية غير مرغوب فيها. ولذلك فمن الضروري في عملية الاستبدال، النظر إلى المنتج بأكمله وليس فقط المركب الفلزي النشط أو المركب المراد استبداله. يركز هذا الجزء على البدائل لأوكتات الرصاص – المجفف الشائع. يصنف حالياً الحمض الصناعي المستخدم في أوكتات الرصاص والبدائل غير المحتوية على الرصاص [حمض Octoate (2-ethylhexanoic acid)] بأنه خطير، ويشتبه في أنه يسبب أضراراً للأجنة (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية 2021 د). يوصى باستخدام البدائل غير الخطرة مثل المجففات القائمة على حمض (isononanoic) أي حمض (3,5,5-trimethyl hexanoic) أو حمض (neodecanoic) (وبشكل رئيس حمض (2,2,3,5-tetramethyl hexanoic

في الجدول التالي، يتم عرض تقييم لبدائل أوكتات الرصاص:

الجدول 20: تقييم بدائل أوكتات الرصاص

المطلب	أوكتات الرصاص	البدائل		
		أوكتات الزركونيوم	أوكتات السترنشيوم	نيوديكانوات الزركونيوم	نيوديكانوات السترنشيوم
الوظيفة	مجفف شامل (الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية 2021)	مجفف شامل	مجفف شامل	مجفف شامل	مجفف شامل
الجدوى الفنية	يضاف المجفف في مرحلة الخلط التي تسبق مرحلة الترشيح	ليست هناك حاجة لإجراء تغييرات في عملية الإنتاج	ليست هناك حاجة لإجراء تغييرات في عملية الإنتاج	ليست هناك حاجة لإجراء تغييرات في عملية الإنتاج	ليست هناك حاجة لإجراء تغييرات في عملية الإنتاج
الخطر على البيئة وصحة الإنسان	**H226** - قابل للاشتعال في حالة السائل والبخار **H302** - مضرّ في حال الابتلاع **H332** - مضرّ في حال الاستنشاق **H410** - سام جداً للحياة المائية مع وجود تأثيرات طويلة الأمد. **H360** (f,d) - قد يضر بالخصوبة، وقد يضر بالجنين. **H371** - يسبب الضرر للأعضاء من خلال التعرض لفترات طويلة أو متكررة **H336** - يمكن أن يسبب النعاس أو الدوخة	**H302** - مضرّ في حال الابتلاع **H304** - يمكن أن يكون مميتًا في حال الابتلاع والدخول إلى المجاري التنفسية **H318** - يسبب ضرراً شديداً للعين **H361d** - يشتبه بالتسبب بالضرر للجنين **H315** - يسبب تهيّجاً للجلد	**H302** - مضرّ في حال الابتلاع **H304** - يمكن أن يكون مميتًا في حال الابتلاع والدخول إلى المجاري التنفسية **H318** - يسبب ضرراً شديداً للعين **H361d** - يشتبه بالتسبب بالضرر للجنين **H315** - يسبب تهيّجاً للجلد	**H304** - يمكن أن يكون مميتًا في حال الابتلاع والدخول إلى المجاري التنفسية	**H304** - يمكن أن يكون مميتًا في حال الابتلاع والدخول إلى المجاري التنفسية
الجدوى الإقتصادية		الأسعار غير مستقرة .	المواد الخام للسترنشيوم أرخص بشكل عام وأكثر استقراراً مقارنة بالزركونيوم	هذه المجففات أغلى من المجففات القائمة على الأحماض الأخرى	
التوافر	مجففات الرصاص متوفرة في السوق ولكن تم حظرها في الكثير من الدول	تنتج في الغالب في استراليا وغرب أفريقيا والصين رمال الزركون - وهي المادة الخام لجميع مواد الزركونيوم الكيميائية - غير متوفرة بكثرة بسبب قيود التعدين، مما قلل من توافرها وبالتالي أدى إلى ارتفاع الأسعار	لا يوجد مشاكل في الإمداد أو التزويد بالنسبة للسترنشيوم والسعر مستقر حالياً	لا تزال هذه المجففات تنتجها العديد من الشركات، ولكنها غير متوفرة على نطاق واسع	

* الخطر على البيئة وصحة الإنسان بحسب وثيقة بيانات السلامة الصادرة عن شركة درة

** Ibid

7.5 إعادة صياغة تركيبة الطلاء مع المجففات

نظرًا لأن عملية التصلب المؤكسدة هي تفاعل معقد يحدث فيه التشابك والتقطع في الروابط في وقت واحد، فإن تقدير جرعة المجففات أمر بالغ الأهمية. يتطلب التجفيف الفعال الحد الأدنى من المجفف. إن إضافة كمية زائدة من المجفف يضعف تشكل شريط الطلاء وخصائصه، حيث أن الفلزات تعزز استمرار الأكسدة، مما يؤدي إلى تقصف الرابط وبالتالي الطلاء.

إن كميات بعض المجففات، مثل: أملاح الكوبالت العضوية، والمنغنيز، والفاناديوم، والحديد يتم تقييدها لتسببها في تلون شريط الطلاء.

هناك خضابات محددة قادرة أيضًا على تسريع عملية الجفاف المؤكسد، على سبيل المثال أكاسيد الحديد (بشكل أساسي الفئات الشفافة بسبب مساحتها السطحية الكبيرة)، وخضابات الزنك الفلزية، وأكاسيد الزنك، وكربونات الكالسيوم، وخضابات الرصاص. قد تعمل الخضابات الأخرى كمثبطات لعملية التصلب المؤكسدة، على سبيل المثال السناج، وخضاب اللازورد (صبغة زرقاء داكنة اللون) وبعض خضابات الفثالوسيانين. هذه الخضابات تمتز المجففات على سطحها. وبالتالي، يجب زيادة مقدار المادة المجففة قليلاً (بيلمان 2000).

تتميز المجففات المتوفرة تجارياً بمحتواها الفلزي. وتشير صحيفة البيانات الفنية إلى توجيه أو إرشاد حول كميات المجفف، ويشمل ذلك المنتجات المركبة. ستختلف توصيات الطلاء الذي يعتمد على راتنجات الألكيد الزيتية الطويلة القياسية عن تلك التي تعتمد على ألكيد الزيت القصير أو الطلاء المحتوي على تركيز عال من المواد الصلبة، وبالمثل، فإن طبيعة الزيت / الأحماض الدهنية وأي تهجين سيغير نظام الجفاف الأمثل. للحصول على أفضل أداء للدهان، فعلى من يقوم بعملية إعادة صياغة التركيبة إيجاد التوازن الصحيح (النسب الصحيحة) بين أنواع المجففات المختلفة (المجففات الأولية والبينية والمساعدة). يمكن لمعادن (فلزات) محددة تحسين بعض الصفات، مثل: زيادة الصلابة، إعطاء لمعة أفضل وكذلك الحصول على جفاف بيني.

في الجدول التالي يتم عرض مدى نقاط الانطلاق الموصى بها من قبل أحد المنتجين.

الجدول 21: نطاقات مقترحة للاستئناس بها كنقطة انطلاق (دوراشيم، إن دي) لمجففات مختارة

المعدن (الفلز)	المدى محسوب كنسبة الفلز من المواد الصلبة للراتنج				
	ألكيد زيتي طويل	ألكيد زيتي قصير	الجفاف بالحرارة	تخفف بالماء	مركبات عضوية متطايرة فائقة الانخفاض
الرصاص	0.50-0.80	0.35-0.70			
الزركونيوم	0.20-0.40	0.15-0.30		0.10-0.30	0.08-0.15
السترنشيوم	0.20-0.40	0.15-0.30			
الكوبالت	0.04-0.07	0.03-0.06	0.02-0.05	0.04-0.12	0.08-0.15
الكالسيوم	0.15-0.30	0.10-0.20		0.05-0.10	0.15-0.45
المنغنيز	0.06-0.09	0.04-0.09	0.02-0.05	0.06-0.14	0.08-0.15
الفاناديوم	0.08-0.12	0.06-0.09			

ركن النص 4 - كيف تُحسب كمية المجفف المطلوبة؟

يمكن حساب كمية المجفف المطلوبة من خلال المعادلة التالية:

كغم مجفف= (كغم من الراتنج) x (٪المواد الصلبة للراتنج) x (٪من الجرعة) / 100 x (٪الفلز في المجفف)

مثال: لنفرض أن لدينا دهان مع راتنج ألكيدي (50٪ مواد صلبة) محتوى 500 كجم في تركيبة (خلطة) (1000 كغم) ونريد إضافة جرعة 0.3٪ من الزركونيوم (18٪) مجفف

500 x 18 / 100 x 0.3 x 50 = 4.2 كغم من مجفف الزركونيوم (18٪) لكل 100 كغم من الطلاء

لا يمكن إحلال الزركونيوم ببساطة محل الرصاص؛ حيث يجب أن يتم تعديل نسب الكوبالت والكالسيوم كذلك. وفقاً لمصادر مختلفة في المراجع، فإنه يمكن إحلال مجففات الرصاص في التركيبة باستخدام 60-70٪ من مجففات الزركونيوم محسوبة من محتوى المعدن. النهج الأمثل هو البداية بكميات المجففات الموصى بها من قبل المصنعين.

يمكن أستبدال مجففات الزركونيوم بشكل متكافئ بمجففات السترنشيوم محسوبة من محتوى المعدن. إذا حل مجفف السترونشيوم مكان مجفف الرصاص، فلا حاجة لتغيير الكميات بالنسبة لمجففات الكوبالت والكالسيوم.

ومن الضروري فحص الطلاء لتعديل كميات المجففات بهدف الحصول على أفضل النتائج الممكنة، لكن كقاعدة عامة يجب إبقاء المجففات عند الحد الأدنى لتجنب الآثار السلبية.

إذا تم الحصول على وقت التجفيف وخصائص الشريط المماثلة للمنتج المرجعي (المحتوي على مجفف الرصاص)، عندها يجب البحث في مدى تأثير التخزين على التركيبة الجديدة. يحفّز التخزين عند درجة حرارة مرتفعة (40 درجة مئوية لمدة اسبوعين) التخزين لفترة طويلة لحد ما. كما تشير الزيادة في وقت التجفيف بعد التخزين إلى فقدان قدرة الجفاف بالنسبة لنظام التجفيف. إذا لوحظ فصل شديد بين الأطوار المختلفة أو حدوث الترسيب للخلطة البديلة ولم يكن هذا هو الحال بالنسبة للمنتج المرجعي، فإن الخلطة البديلة غير مقبولة، خاصة إذا كانت العينة غير قابلة للمزج بسهولة مرة أخرى عن طريق التحريك. يجب قياس اللزوجة، واللمعة، وصلابة الشريط الجاف قبل وبعد التخزين.

يوفر الجدول التالي التدابير المستخدمة لحل القضايا أو المشاكل المرتبطة بالمجففات [35].

ركن النص 5 - فحوصات وقت الجفاف

بعد اجراء فحص وقت الجفاف الأولي، يجب إجراء فحص الثبات، واللزوجة، وصلابة الشريط، واللمعة والاصفرار (شهر في خزانة مظلمة) لنظام الجفاف لأكثر بديل واعد (محتمل). ينبغي إجراء جميع الفحوصات للتقييم الفني للبدائل بشكل مقارن، أي أن يكون المرجع هو المنتج الذي يحتوي على نظام المجفف المحتوي على الرصاص.

الشكل 11: مسجل وقت الجفاف

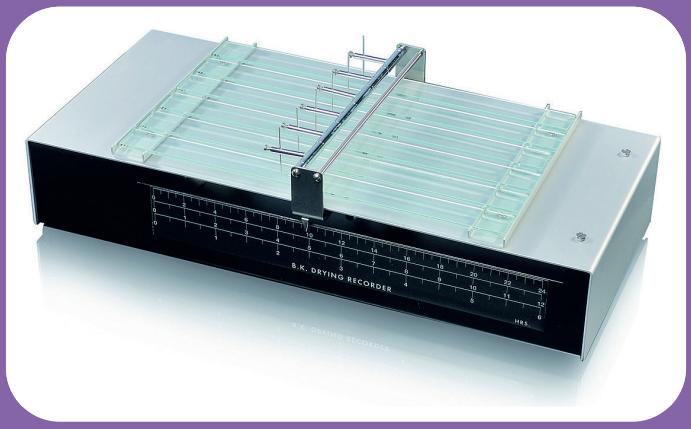


Photo: Courtesy of BYK-Gardner

الجدول 22: استكشاف الأخطاء وإصلاحها في ما يتعلق بالمجفف

المشاكل ذات الصلة بالمجفف	زيادة OR	تقليل OR	إضافة OR	استبدال
الشريط دبق جدا	كوبالت أو منغنيز		كوبالت أو بوتاسيوم	
التزهر	كالسيوم			
الدبقية اللاحقة	زركونيوم		حديد	
ضعف الاحتفاظ باللون			زنك	
لمعة منخفضة			زنك	
جفاف ضعيف في الرطوبة العالية			سيريوم أو لانثانوم	
الطلاء لين جداً			زنك، أو سيريوم أو بزموث	
فقدان الجفاف من خلال امتصاص الخضاب	كالسيوم متعادل		زنك، حديد أو مسرع جفاف	
فقدان الجفاف من خلال ترسب المجفف	كالسيوم قاعدي بشكل زائد		مسرع جفاف	
المجففات بطيئة جداً	كل المجففات			
الطلاء لديه مقاومة ضعيفة للماء				كالسيوم مع باريوم أو سترنشيوم
التجعد	كالسيوم	كوبالت	زنك	زنك مع منغنيز
تجلد في العبوة	العامل المانع للقشرة	كوبالت		
جفاف بيني ضعيف	زركونيوم أو كالسيوم	كوبالت		
اصفرار	كالسيوم أو لانثانوم	سيريوم أو منغنيز		
جفاف سطحي بطئ	كوبالت			كالسيوم أو بوتاسيوم
مصائد الغبار	كوبالت			
جفاف بطيء على درجة حرارة منخفضة				كالسيوم مع باريوم، سترنشيوم أو ليثيوم أو كوبالت مع منغنيز
الشريط هش بشدة	زركونيوم	كوبالت		
التلطخ بالكبريتيد				رصاص مع زركونيوم أو سترنشيوم
تشتيت ضعيف للخضاب	دمج الزنك أو أوكتات الكالسيوم في الطحنة الأساسية			

تعتبر مجففات السترنشيوم حالياً ذات أداء أفضل مقارنةً بمجففات الزركونيوم، لذلك تعتبر مجففات السترنشيوم بديلاً فعالاً من حيث التكلفة لمجففات الزركونيوم وتوفر أداءَ جفاف متميزاً في ظروف درجات الحرارة المنخفضة والرطوبة العالية.

* المصدر مؤسسة تروي

Photos: www.pixabay.com

الخاتمة

يُعتبر الرصاص تقليدياً مادة سامة ذات تأثير مزمن وتراكمي. ويشكّل التعرض للرصاص مصدر قلق كبير في ما يتعلق بالصحة العامة والبيئة. ويُعدّ الرضع والأطفال الصغار (وخاصة من هم دون سن الخامسة) والنساء الحوامل هم أكثر عرضة للآثار الضارة للرصاص، حتى مستويات التعرض المنخفضة نسبياً قد تسبب أضراراً خطيرة على صحتهم.

إن التحول إلى تركيبات الطلاء التي لا تحتوي على مواد خام محتوية على الرصاص عمداً يمثل تحديًا لصناعة الطلاء، حيث يحاول موردو المواد الخام مساعدة مصنعي الطلاء في مواجهة هذه التحديات. بدأت عملية إنتاج تركيب الطلاء الخالي من الرصاص منذ ما يقارب عقد من الزمان، لذا هناك العديد من المواد الخام في السوق التي يمكن أن تشكّل بديلاً عن مركبات الرصاص في الطلاء.

يمتلك خضاب الرصاص (PR 105) المقاوم للتآكل خواص ممتازة في مقاومة التآكل، ولكن يمكن استبداله بفوسفات الزنك، وفي حال الرغبة بالحصول على أداء أفضل في مقاومة التآكل، فيمكن حينها استبدال خضاب فوسفات الزنك المتعدد أو عامل الاورثوفوسفات المحسن. وقد أدت الرغبة في أداء أفضل وفي مزيد من الحماية للبيئة لاستخدام فوسفات الكالسيوم وتحسيناته.

تلبي (PY 34) و (PR 104) المتطلبات الفنية الصارمة وتنتج تدرجات لونية واضحة وداكنة، ولكنها خطرة للغاية. لا يوجد خضاب بعينه يمكن أن يكون بديلاً لتلك الخضابات، لكن مع تحديد المعايير التي يجب على الطلاء أن يفي بها، فمن الممكن استعمال مزيج من الخضابات كبديل.

يمكن استعمال مجففات الزركونيوم أو السترنشيوم كبديل لمجففات الرصاص.

لوحظت النتائج التالية أثناء الاختبار التجريبي لإعادة صياغة الطلاء مع الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم في إطار مشروع النهج الاستراتيجي للإدارة الدولية للمواد الكيميائية التابع لمرفق البيئة العالمية.

ركن النص 6 - النتائج الأساسية لمشروع إعادة التركيب التجريبي

وفي معظم الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم المشاركة في المشروع، لا يتم استخدام مجففات الرصاص وترتبط جميع دراسات الحالة باستبدال خضاب الرصاص.

تعلمنا خلال المشروع أن خضاب الرصاص يستخدم في الطلاء ذات الأساس المذيبي وذات الأساس المائي.

- بعض الشركات الصغيرة لا تمتلك جميع المعدات اللازمة لإجراء اختبار أداء الطلاء وتوسيع نطاق العمل. يمكن معالجة النقص في معدات الطحن باستخدام معاجين الخضابات.
- لدى الموردين اهتمام تجاري أقل بالأسواق الصغيرة (المستخدمين) وهناك توافر محدود للخضابات الخالية من الرصاص (الأردن، والإكوادور). وهو الأمر الذي تسبّب في إبطاء سير المشروع في هذه البلدان، بالإضافة إلى جائحة كورونا.
- اتفق جميع المشاركين على أهمية الدعم الفني للموردين. نظم بعض شركاء المشروع اجتماعاً مع الفنيين القائمين على المشروع، مما أدى إلى فهم أفضل لعملية إعادة الصياغة وتسريع اختيار الخضاب الصحيح.
- خفضت الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم بنجاح وبشكل ملحوظ تركيز الرصاص في الطلاء المعاد صياغته، كما هو موضح في دراسة الحالة 3 (الملحق 3)، حيث ينخفض محتوى الرصاص من 34.689 جزء في المليون في الصيغة المرجعية إلى أقل من 56 جزء في المليون في دهان الألكيد المعاد صياغته.
- تفاوتت التكاليف الاقتصادية لإعادة الصياغة. في بعض الحالات، كانت المادة الخام البديلة أقل تكلفة مما أدى إلى خفض التكلفة كما هو موضح في دراسة الحالة 1 (الملحق 3). وفي حالات أخرى، ارتفع سعر الطلاء بشكل كبير.
- أعادت الشركات صياغة الطلاء الخاص بها والمحتوي على الرصاص بنجاح، ولكن هناك حاجة إلى مزيد من العمل على ضبط الظلال والوصول إلى التكلفة الفضلى.

لمزيد من المعلومات حول دراسات الحالة للشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم انظر الملحق 3.

في هذا الدليل، قُدّمت المبادئ العامة لإعادة صياغة تركيبة الطلاء. بسبب التركيبات المرجعية المختلفة المحتوية على الرصاص في ما يتعلق باللون وخصائص الطلاء الأخرى، تتطلب كل عملية إعادة صياغة نهجاً محدداً. تم توفير تحليلات متعمقة وبيانات أكثر تحديداً للشركات المشاركة وفقاً لاحتياجاتها الخاصة.

ووفقاً لعملية صناعة الطلاء، فإن إعادة صياغة الطلاء للتخلص من مركبات الرصاص أمر ممكن، ويمكن التحكم في الآثار الفنية والتكاليف الإقتصادية.

وقد يوفر التخلص من مركب الرصاص أيضاً مزايا اقتصادية محتملة. من خلال إنتاج أو استخدام مواد الطلاء بدون مركبات الرصاص، يمكن لمصنعي الطلاء والمستخدمين (مثل مصنعي الألعاب) ضمان الوصول إلى الأسواق التي تم فيها فعلياً تقييد محتوى الرصاص في الطلاء.

الشكل 14 – مصنع إنتاج الطلاء في كولومبيا

Photo: NCPC Colombia

المراجع

European Chemical Agency, (2021a). Substance Infocard: Lead naphthenate. https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.051.610. Accessed March 2020

European Chemical Agency (2021b). Substance infocard: Lead bis. https://echa.europa. eu/substance-information/-/substanceinfo/100.005.553. Accessed January 2021

European Chemical Agency (2021c). Substance Infocard: Thallium trifluoride. https://echa.europa.eu/substance-infor- mation/-/substanceinfo/100.029.040. .Accessed January 2021

European Chemical Agency (2021d). Substance Infocard: 2-ethylehexanoic acid. https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.005.222 . Accessed January 2021

European Chemical Agency (2014). Third-Party Submission of Information on Alternatives for Applications for Authorisation (NonConfidential): BASF SA https://echa.europa.eu/documents/10162/17086/instructions_third_parties_afa_en.pdf/7bcfcfc7-e189-4e65-8e95-3c93520344c3?t=1447069994330 . Accessed May 2019.

Goldschmidt A., and Streitberger H.-J. (2007), BASF Handbook Basics of Coating Technology, Second Revised Edition. Hannover: Vincentz Network

Haig S.M., D'Elia J., Eagles-Smith C., Fair J.M., Gervais J. et al. (2014). The persistent problem of lead poisoning in birds from ammunition and fishing tackle. The Condor. 116(3):408–28. https://academic.oup.com/condor/article/116/3/408/5153126.

Heubach, (2019). Lead free for our Environment, https://www.heubachcolor.com/fileadmin/downloads/brochures/Bleifrei_web_1.pdf . Accessed March 2020.

Heubach (2021). Anticorrosives From the Experts, https://www.heubachcolor.com/fileadmin/downloads/brochures/ACO_Broschuere_web.pdf. Access in April 2021

Bieleman J. (ed) (2000). Additives for Coatings. Weinheim: Verlag GmbH. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527613304.

BYK (ND). Wetting and Dispersing Additives. https://ebooks.byk.com/en/wetting-and-dispers- ing/why-do-we-use-wetting-and-dispersing-additives/. Accessed April 2020

Danish Environmental Protection Agency (2003). Substitution of Cobalt Driers and Methyl Ethyl Ketoxime. https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2004/87-7614-097-0/pdf/87-7614-098-9.pdf.

Demayo A., Taylor M.C., Taylor K.M. and Hodson P.V. (1982). Toxic effects of lead and lead compounds on human Health, Aquatic Life, Wildlife Plants, and Livestock. Critical Reviews in Environmental Control, 12, 257-305. http://dx.doi.org/10.1080/1064338820938168.

Durachem (ND). Technical Brief: Typical Drier Dosage and Addition Calculation. http://www.dura- chem.com/docs/Tech_Brief-Drier_Dosage_and_ Addition_Calculation.pdf Accessed January 2021.

Edwards S., Rossi M., and Civie P. (2005). Alternatives Assessment for Toxic Use Reduction: A survey of methods and Tools. Lowells: The Massachusetts Toxic Use Reduction Institute, University of Lowell. https://www.turi.org/content/download/3369/30384/file/2005+M%26P+Report+23+Edwards+Rossi+-Civie+-+Alternatives+Assessment+Survey+of+Methods+and+Tools.pdf.

European Chemical Agency (2011a). Guidance on the Preparation of an Application for Authorisation, Version 1. https://echa.europa.eu/documents/10162/13643/authorisation_application_en.pdf/8f8fdb30-707b-4b2f-946f-f4405c64cdc7. Accessed January 2021.

European Chemical Agency (2011b). Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment. https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-information-re- quirements-and-chemical-safety-assessment. Accessed March 2020.

Organisation for Economic Cooperation and Development (2021b). Existing Chemicals Database. https://hpvchemicals.oecd.org/ui/search.aspx. Accessed January 2021

United Nations Environment Programme (2010). Final Review of Scientific Information on Lead – Version of December 2010. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27635.

United Nations Environment Prorgamme (2021). Addendum to the Global Alliance To Eliminate Lead Paint Business Plan.

Rodrigues E.G., Virji M. A., McClean M. D.M, Weinberg J. et al. (2010). Personal Exposure, Behavior, and Work Site Conditions as Determi nants of Blood Lead among Bridge Painters. Journal of Occupational Environmental Hygiene 7(2):80–7. https://dx.doi.org/10.1080%2F15459620903418316 .

Were F.H., Moturi M.C., Gottesfeld P., Wafula G. et al. (2014). Lead exposure and blood pressure among workers in diverse industrial plants in Kenya. Journal of Occupational Environmental Hygiene 11(11):706–15. https://www.tandfonline.com/ doi/abs/10.1080/15459624.2014.908258.

World Health Organization (2020a). Global Elimination of Lead Paint: Why and How Countries Should Take Action. Technical brief. https://www.who.int/publications/i/item/9789240005143.

World Health Organization, (2020b). Brief Guide to Analytical Methods for Measuring Lead in Paint, Second Edition. https://apps.who.int/iris/handle/10665/332932.

Zhou S., Williams A.P., Berg A.M., Cook B.I., Zhang Y, and Hagemann S. (2019). Land-Atmosphere Feedbacks Exacerbate Concurrent Soil Drought and Atmospheric Aridity. Proceedings of the National Academy of Sciences 116(38):18848–53. https://doi.org/10.1073/pnas.1904955116.

ICL (2021). HALOX Z-PLEX 111, https://www.halox.com/halox-z-plex-111/.
Accessed March 2021

International Pollutants Elimination Network (2015a). Replacement of Lead Pigments in Solvent Based Decorative Paints. England: Safinah https://ipen.org/sites/default/ files/documents/Replacement%20of%20lead% 20pigments%20in%20solvent%20based% 20decorative%20paints.pdf.

International Pollutants Elimination Network (2015 b). Lead Drier Replacement in Solvent-Based Alkyd Decorative Paints) England: Safinah https://ipen.org/sites/default/ files/documents/Lead%20drier%20replace- ment%20in%20solvent%20based%20alkyd%20 decorative%20paints.pdf.

Mannari, V. and Patel C.J., (2015). Understanding Raw Materials, Hanover: Vincentz Network

Müller B. and Poth U. (2017). Coatings Formula tion, An International Textbook, 3rd Completely Revised Edition. Hanover: Vincentz Network

Paint and Coatings Industry Magazine, (2001). Extenders, 26 February https://www.pcimag.com/articles/84133-extenders.
Accessed March 2020

Prospector (2021). Coating and Formulation Search https://www.ulpros- pector.com/en/la/Coatings/Formulation/ search?start=500&sl=123859653.
Accessed January 2021

Olofsson, A.(2011). The Substitution Principle in Chemical Regulation: a Constructive Critique. Journal of Risk Research 17:5, 573-575, DOI: 10.1080/13669877.2013.841739.

Organisation for Economic Cooperation and Development (2021a).The Global Portal to Information on Chemical Substance. https://www.echemportal.org/echemportal/substance-search.
Accessed January 2021

الملاحق

الملحق 1 - نصائح لإيجاد معلومات عن البدائل الأقل خطورة

عند البحث على الإنترنت:

ابحث عن:

- المستبدل .....(اسم المركب الذي يجب استبداله)
- البديل .....(اسم المركب الذي يمكن استعماله كبديل)
- اسم المركب الذي يجب استبداله ..... (اسم المنتَج، مثلًا: طلاء)
- آمن / أكثر أمانًا، منتج أخضر، صحي أكثر، بيئي .....(اسم المنتَج)

أن يتضمن البحث:

- الاسم الكيميائي + طريقة الاستخدام (على سبيل المثال الخضاب في الطلاء)
- كن دقيقاً قدر الإمكان: القطاع، العملية، المنتج، الوظيفة
- المرادفات وأرقام التعريف (CAS، EC، إلخ.)

الشكل 15 – ابدأ بالبحث

Photo: www.pixabay.com

الملحق 2 – أمثلة على التركيبات

ملاحظة: للمثالين رقم 1 و2 يرجى مراجعة الفصل 6.6.4 تركيبات الطلاء

ملاحظة: يعتمد كل من اللون وقوة التغطية على نوع الطلاء ذلك أن الألوان تتبلور بشكل مختلف مع اختلاف المركبات

مثال رقم (3): تركيبة خالية من الرصاص لطلاء أساس (بطانة طلاء) زيتي طويل الألكيد قليل الكلفة

الطحن		
المواد الخام/ المزود	%وزن/وزن	الصنف
70 ٪ راتنج زيتي طويل الألكيد	21.05	سائل حمل الطلاء (الوسيط)
محلول كحول معدني عديم الرائحة / LANXESS	18.71	مذيب
بنتون 34	0.94	عامل تكثيف
ميثانول / LANXESS	0.23	مذيب
Bayferrox 180 M/ Bayer	4.68	خضاب أكسيد الحديد الأحمر الاصطناعي
HALOX® Z-PLEX 111/ICL مضافات متقدمة/ متطورة	9.35	مركب فوسفات الزنك (الترسيب والكبت المصعدي)
لكاث تالك ((Mica Talc AT.1	32.74	مالئ
الخلط (LET DOWN)		
70 ٪ راتنج زيتي طويل الألكيد	2.34	سائل حمل الطلاء (الوسيط)
محلول كحول معدني / LANXESS	8.84	مذيب
زركونيوم 12٪ (OMG (Europe	0.28	مادة مجففة
كوبالت 12٪ (OMG (Europe	0.09	مادة مجففة
زنك 8٪ (OMG Europe)	0.37	مادة مجففة
كالسيوم 4٪ (OMG (Europe	0.19	مادة مجففة
سكينو 1 (OMG Europe)	0.19	عامل مانع للقشرة
المجموع	**100**	

مثال رقم (4): تركيبة طبقة أساس إيبوكسي إستر صناعي خالٍ من الرصاص

الطحن		
المواد الخام/ المزود	%وزن/وزن	الصنف
Uranox EE4 X-50/ DSM راتنج خاص	20.00	سائل حمل الطلاء (الوسيط)
بنتون 34 (10٪ في التيربنتين/ ايثانول، 85/5) Omya	4.7	عامل تكثيف
أسود خاص 100/ Orion	0.30	خضاب
أكسيد الزنك	4.4	خضاب
فوسفات الزنك / ZP 10 Heubach	11.20	خضاب
Fintalc M15/Mondo Minerals B.V.	9.00	مالئ
Barytes EWO/ Sachtleben Minerals	4.40	مالئ (كبريتات الباريوم)
Bayferrox 222 FM	1.70	خضاب
Heucorin RZ/ Heubach	1.20	مثبط تآكل عضوي
الخلط (LET DOWN)		
Uranox EE4 X-50/ DSM Special resins	14.70	سائل حمل الطلاء (الوسيط)
Octa Soligen Co 6/ Borchers	0.10	مجفف
Exkin II	0.20	عامل مانع للتقشر
(Shellsol A (Shell	12.10	مذيب
المجموع	**100**	

هذا الطلاء سريع الجفاف، يصبح جافاً جدّاً خلال 45 دقيقة، جاف بحيث يمكن التعامل معه خلال ساعتين وجاف بشكل تام خلال يوم واحد.

مثال رقم (5): دليل تركيبات خالية من الرصاص (بروسبيكتور 2021)

التدرج اللوني			
RAL 1018	**%وزن/وزن**	**RAL 1021**	**%وزن/وزن**
Brufasol Yellow AL 10	59.708	Brufasol Yellow AL 10	63.290
ثاني أكسيد التيتانيوم	38.800	PY 4	18,987
PY 83	1.194	PY 83	2.532
PY 101	0.298	PY 101	10.126
		PB 15.3	3.165
		PG 7	1.909
RAL 1023	**%وزن/وزن**	**RAL 2000**	**%وزن/وزن**
Brufasol Yellow AL 30	95.487	Brufasol Yellow AL 30	62.651
PY 83	1.909	PR 177	12.048
PY 101	2.604	PY 83	12.048
		PY 101	13.253
RAL 2004	**%وزن/وزن**	**RAL 3000**	**%وزن/وزن**
Brufasol Yellow AL 30	52.175	Brufasol Yellow AL 30	24.795
PO 34	27.536	PR 254	24.793
PY 101	5.797	PY 101	25.619
ثاني أكسيد التيتانيوم	14.492	ثاني أكسيد التيتانيوم	14.049
		أكاسيد حمراء	10.744

مثال رقم (6): دليل تركيبات خالية من الرصاص باستعمال خضابات هجينة لمزيد من الأمثلة

الخضاب	بديل أ	بديل ب
مستوى الخضاب محسوب على الرابط الجاف 23.7٪		
RAL 1003 Signal Yellow	**%وزن/وزن**	**%وزن/وزن**
TICO® Yellow 594	39.80	52.82
TICO® Yellow 622 N	24.90	25.35
®HEUCODUR Yellow 152	13.00	
®HEUCODUR Yellow 151	20.12	19.49
أكسيد الحديد – أصفر	2.8	2.34
RAL 1004 Golden Yellow	**WT/WT%**	**%وزن/وزن**
TICO® Yellow 594	65.15	
HEUCODUR® Yellow 152	19.60	
Iron Oxid Yellow	15.25	
RAL 1007 Daffodil Yellow	**%وزن/وزن**	**%وزن/وزن**
TICO® Yellow 594	13.50	
TICO ®Yellow 622 N	46.79	
HEUCODUR® Yellow 251	39.70	
Carbon black	0.01	
RAL 1023 Traffic Yellow	**%وزن/وزن**	**%وزن/وزن**
TICO® Yellow 594	68.40	96.70
TICO® Yellow 622 N	3.10	3.30
HEUCODUR® Yellow 251	28.50	

* للمزيد من الامثلة يمكن زيارة الرابط التالي: https://www.heubachcolor.com/fileadmin/downloads/guide_formulations/Richtformulierungen_Tico.pdf

الملحق رقم 3: أمثلة على إعادة صياغة الطلاء

في هذا الملحق سيتم استعراض العديد من الحالات الناجحة لإعادة صياغة الطلاء المحتوي على الرصاص. أُجريت المشاريع التجريبية في الشركات الصغيرة والمتوسطة التي تم اختيارها في سبع دول خلال الفترة من 2019-2021

الحالة الاولى – إعادة صياغة دهان الكيدي المقاوم للتآكل الذي يحتوى على الرصاص

عنوان الشركة والموقع الالكتروني: Zhejiang Yutong New Material Co., Ltd., No. 11, Shengyang Road, Shangma Industrial Park, Wenling Economic Development Zone, Zhejiang, China.

مسؤول الإتصال، ووظيفته: Wu Xiaojun, مدير البحث والتطوير

عدد الموظفين : 110

قررت الشركة الإنضمام للمشروع بهدف زيادة التنافسية والوعي البيئي ولأسباب تتعلق بالمسؤولية الاجتماعية

معلومات الإنتاج

الطاقة التصميمية (طن/ السنة)	25000 طن/ السنة
الإنتاج بالطن في 2019	11000 طن/ السنة
أنواع الطلاء التي يتم انتاجها حالياً	طلاء ذائب بالمذيبات، طلاء صناعي ذو اساس مائي
أنواع الطلاءات المحتوية على الرصاص	دهان الكيدي معدّ للصدأ، طلاء نهائي الكيدي
الإنتاج من الطلاء المحتوي على الرصاص لعام 2019 بالطن	900 طن/ السنة
الإستهلاك من المواد الخام المحتوية على الرصاص في 2018 بالطن	73 طن / السنة

اختيار المنتج لإعادة الصياغة

الاسم التجاري للمنتج	**دهان مقاوم للتآكل**
نوع المنتج (base،use)	ذو اساس راتنجي الكيدي، يستعمل كأساس ومقاوم للتآكل على المنشآت المعدنية في الماء أو على اليابسة
الإنتاج من هذا الطلاء في 2018 بالطن	2012 طن
نسبة إنتاج هذا المنتج من المنتجات المحتوية على الرصاص (بالوزن)	44.7%
أسباب اختيار هذا المنتج	في هذه الشركة، تُنتج المنتجات الالكيدية فقط بوساطة خضاب محتوي على الرصاص، وبالتالي فإن إعادة صياغة هذه المنتجات ستمكن الشركة من التخلص من الطلاء المحتوي على الرصاص في إنتاجها

إعادة صياغة المنتج

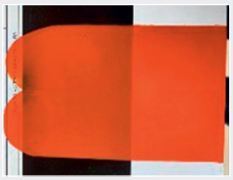
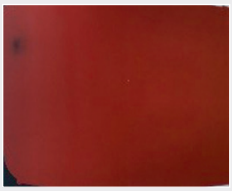
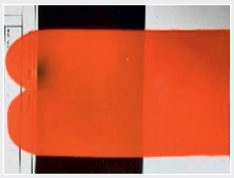
المواد الخام

المركب المحتوي على الرصاص المنوي استبداله	خضالا بـرصاا صلاحمر)PR 105(أ
محتوى مركبات الرصاص في تركيبة المنتج المختار (% محسوبة من التركيبة الكاملة)	أساس 15%، طبقة طلاء نهائي)بالإعتماد على الظلال(:0-20%
مجموع الإستهلاك من المركب المحتوي على الرصاص في 2019 بالطن	73 طن

تقييم البدائل

البدائل المحتملة التي تم تقييمها	أكسيد الحديد الاحمر، مسحوق تيتانيوم الحديد
البدائل المختارة	تم اختيار البديلين للقيام بإختبارهما
السبب الرئيسي لإختيار البديل	عملية الانتاج مماثلة للعملية التي تحتوي الرصاص. لايحتوي البديل على المعادن الثقيلة وسعره أقل
فرصة استعمال هذا البديل في منتجات اخرى (عدد المنتجات وأو الكمية بالطن إن أمكن)	يستعمل فقط في المنتج المختار

نتائج الفحص المخبري المتزامن

الطلب حسب المواصفات الفنية	**دهان خالي من الرصاص (Iron Oxide Red)**	**دهان يحتوي على الرصاص (Iron Oxide Red)**	**دهان خالي من الرصاص (Iron titanium powder)**
اللون			
الحجم الحبيبي (µm)	60µm≥	60µm≥	60µm≥
وقت الجفاف	سطحي 10 دقائق تصلب 6 ساعات	سطحي 10 دقائق تصلب 6 ساعات	سطحي 10 دقائق تصلب 6 ساعات
رش الملح 300 ساعة	h 300	h 300	h 300
الإلتصاق	2	2	2
الصلابة / القساوة	HB	HB	HB

ركن النص 7 – الإستنتاج والخطوات التالية

- إن التركيبات الخالية من الرصاص تحقق المواصفات الميكانيكية والجفاف ومقاومة التآكل بالمقارنة مع الطلاء المحتوي على الرصاص يختلف اللون للمنتج بإستعمال اكسيد الحديد الاحمر قليلاً لكن مع استعمال بديل بودرة حديد التيتانيوم يصبح متطابقاً
- للمنتج المعاد صياغته ذو كلفة أقل بـ 10% من المنتج الاصلي
- على أية حال تبقى هنالك تحديات مرتبطة بتفضيل الزبائن للدهان المحتوي على الرصاص. لا تزال هنالك حاجة للعمل على رفع الوعي للتخلص من الرصاص في الطلاء للزبون المحلي العادي وللعامة كذلك

الشكل 16 – مصنع زيجيانغ يوتونغ نيو ماتيريال لإنتاج الطلاء في الصين

Photo: NCPC China

الحالة الثانية: اعادة تركيب الطلاء المحتوي على الرصاص (طلاء ارضيات ابوكسي)

عنوان الشركة والموقع الإلكتروني : Zhejiang Tiannv Group Paint Co., Ltd., No. 150, Gaoxin West Second Road, Tongxiang Economic Development Zone, Jiaxing City, Zhejiang Province, China; www.tiannucoating.com

مسؤول الإتصال، ووظيفته : Zhang Yarong, مدير فني

عدد الموظفين : 298

قررت الشركة الاشتراك في المشروع لغايات زيادة التنافسية والوعي البيئي والالتزام بالموصفات ولأسباب تتعلق بالمسؤولية الإجتماعية

معلومات الإنتاج

الطاقة التصميمية (طن / السنة)	120000 طن/ السنة
الإنتاج لعام 2019 بالطن	52211 طن
أنواع الطلاء المنتجة حالياً	1) طلاء لفائف مسبقة التغطية طلاء اساسه المذيب: طلاء صناعي مقاوم للتآكل، طلاء لفائف مسبق التغطيه، طلاء العزل الكهربائي طلاء الكيدي، طلاء خاص ... الخ 2) طلاء صناعي أساسه الماء 3) طلاء ديكوري اساسه الماء
انواع الطلاء المحتوي على الرصاص	الطلاء المستعمل في التلوين مثل الأصفر والبرتقالي
الإنتاج من الطلاء المحتوي على الرصاص لعام 2019 بالطن	15000 طن /السنة
الإستهلاك من المواد الخام المحتوية على الرصاص في 2019 بالطن	696.6 طن / السنة

اختيار المنتج لإعادة التركيب

الاسم التجاري للمنتج	**طلاء ارضيات ابوكسي**
نوع المنتج (الأساس والإستخدام)	راتنج ابوكسي وعامل مقسي للمواد الأساسية لتشكيل شريط الطلاء، والتي يتم طلاؤها على سطح الإسمنت، الخرسانة، الحجر أو الصلب بهدف تجميل الارضيات وحمايتها
الإنتاج من هذا الطلاء في 2019 بالطن	860 طن
% نسبة انتاج هذا المنتج من المنتجات المحتوية على الرصاص (بالوزن)	25%
أسباب أختيار هذا المنتج	تم اصدار المواصفات الإلزامية للتحكم بالمواد الخطرة بما فيها الرصاص

إعادة تركيب المنتج

المواد الخام

المركب المحتوي على الرصاص المنوي استبداله	كرومات الرصاص -PY 34
محتوى مركبات الرصاص في صياغة (تركيبة) المنتج المختار (% محسوبة من التركيبة او الصياغة الكاملة)	0-25% بالاعتماد على الظلال
مجموع الإستهلاك من المركب المحتوي على الرصاص في 2019 بالطن	517 طن
الإستهلاك من المركب المحتوي على الرصاص ضمن المنتج المختار لعام 2019 بالطن (%) من الاستهلاك الكلي لهذه المادة الخام	11.2 طن

تقييم البدائل

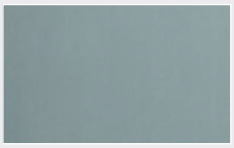
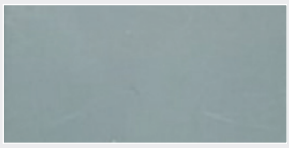
البدائل المحتملة التي تم تقييمها	العضوي الأصفر وأكسيد الحديد الاصفر
البدائل المختارة	العضوي الأصفر (PY 74, PY 83), أكسيد الحديد الأصفر (PY 42)
السبب الرئيسي لإختيار البدائل	بدائل الخضاب المقترحة لا تحتوي على المعادن الثقيلة مثل كرومات الرصاص
فرصة استعمال هذا البديل / البدائل في منتجات أخرى (عدد المنتجات واو الكمية بالطن إن أمكن.	بحاجة للمزيد من الفحوصات المخبرية

نتائج الفحص المخبري المتزامن

الطلب (حسب المواصفات الفنية)	المادة الخام المراد استبدالها – PY 34	البديل اكسيد الحديد الاصفر والأصفر العضوي
وقت المستدعى للجفاف	السطحي 2 ساعة الداخلي 10 ساعة	السطحي 2 ساعة الداخلي 10 ساعة
قساوة او صلابة القلم (الخدش)	2H	2H
مقاومة الصدم / سم	50	50
المرونة/ مم	2	2
Cross-cut test/level	1	1
مقاومة التآكل (750غم / 500 ر) /غم	0.042	0.050
مقاومة الماء (168 ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى
مقاومة الزيت (#120 بنزين 168ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى
مقاومة الأحماض (10% حامض الكبريتيك، 168 ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى
مقاومة القلوية (10% هيدروكسيد الصوديوم، 168 ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى

إعادة تركيب المنتج

نتائج توسيع النطاق

الطلب	دهان خالي من الرصاص	دهان محتوي على الرصاص
اللون		
الوقت المستدعى للجفاف	السطحي 2 ساعة الداخلي 10 ساعة	السطحي 2 ساعة الداخلي 10 ساعة
قساوة او صلابة القلم (الخدش)	2H	2H
مقاومة الصدم / سم	50	50
المرونة/ مم	2	2
Cross-cut test/level	1	1
مقاومة التآكل (750غم / 500 ر) /غم	0.045	0.048
مقاومة الماء (168 ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى
مقاومة الزيت (#120 بنزين 168ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى
مقاومة الأحماض (10% حامض الكبريتيك، 168 ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى
مقاومة القلوية (10% هيدروكسيد الصوديوم، 168 ساعة)	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى	لا تقرح، لا سقوط، تصبغ ضمن الدرجة الأولى

ركن النص 8 – الاستنتاج والخطوات التالية

- جاءت نتائج الفحوصات على مستوى العمل المخبري مماثلة بشكل كبير لنتائج الفحوصات عند العمل على مستوى موسع استعمال الخضاب العضوي الأصفر مع كل من أكسيد الحديد الاصفر وأكسيد التيتانيوم يمكنه ان يكون بديلاً عن الخضاب المحتوي على الرصاص في طلاء الارضيات الابوكسي
- مبدئياً يمكن استبدال المنتج لكن تبقى بعض القضايا:
  1) هنالك فرق في صفاء اللون لكن لا يمكن تعديله ليصبح مثل اللون الأصلي
  2) اداء ضعيف للظلال
- الخطوات القادمة هي العمل على تحسين الاداء للظلال بالنسبة للمنتج الاصفر ومحاولة تقليل الكلف مع المحافظة على الجودة

الشكل 17 – مصنع لإنتاج الطلاء في الصين - زيجيانغ تيانف غروب باينت كو ليميتد

Photo: NCPC China

الحالة الثالثة: اعادة تركيب الطلاء المحتوي على الرصاص (طلاء الكيدي أصفر)

الشركة: LIP-04*, Ecuador

مسؤول الإتصال، وظيفته: Gustavo Argoti, المدير العام

عدد الموظفين : 14

قررت الشركة المشاركة في هذا المشروع لاسباب تتعلق بالتوعية البيئية والمسؤولية الإجتماعية

معلومات الإنتاج

الطاقة التصميمية (طن/ السنة)	775 طن/ السنة (1200 جالون / الشهر)
الإنتاج في 2018 بالطن	38 طن/ السنة الإنتاج على الطلب
أنواع الطلاء المنتجة حالياً	دهان الكيد اينااميل ودهان معماري (منزلي)
أنواع الطلاء المحتوي على الرصاص	طلاء الكيد اينااميل اصفر وأحمر الطلاء الاصفر المطاطي (لاتكس) المعماري
الإنتاج من الطلاء المحتوي على الرصاص لعام 2018 بالطن	1.4 طن / السنة (250 جالون / السنة)
الإستهلاك من المواد الخام المحتوية على الرصاص في 2018 بالطن	0.7 طن/ السنة

اختيار المنتج لإعادة التركيب

الإسم التجاري للمنتج	**اينااميل اصفر لميع**
نوع المنتج (الأساس، الاستخدام)	الكيد اينااميل يستعمل كطبقة طلاء نهائية على الأسطح المعدنية والخشبية
الإنتاج من هذا الطلاء في 2018 بالطن	0.55 طن / السنة
% نسبة انتاج هذا المنتج من المنتجات المحتوية على الرصاص (بالوزن) لعام 2018	8.0%
أسباب اختيار هذا المنتج	الشركة مهتمة جداً بأن يكون لديها تركيبة (صياغة) خالية من الرصاص من عملياتها وموادها الخام

* الشركات الأكوادورية رفضت نشر هويتها

إعادة تركيب المنتج

المواد الخام

المركب المحتوي على الرصاص المنوي استبداله	خضاب الكروم الاصفر المتوسط (PY34)
محتوى مركبات الرصاص في تركيبة المنتج المختار (% محسوبة من التركيبة الكلية)	5.73%
الإستهلاك من المركب المحتوي على الرصاص في 2018 بالطن	0.29 طن / السنة

تقييم البدائل

البدائل المحتملة التي تم تقييمها	تم إرسال عينة من الطلاء لشركة ماثيسان للتحليل وإعطاء التوصيات. وقد كان الخضاب الموصى به هو خضاب هجين LF
البدائل المختارة	أصفر فاتح LF-761
السبب الرئيسي لإختيار البدائل	خصائص نوعية مشابه للمنتج الاصلي
فرصة استعمال هذا البديل / البدائل في منتجات أخرى (عدد المنتجات وأو الكمية بالطن إن أمكن)	منتجات الاستخدام المنزلي

إعادة تركيب المنتج

نتائج الفحص المخبري المتزامن

الطلب (حسب المواصفات الفنية)	الطلاء المحتوي على الرصاص	الطلاء الخالي من الرصاص	NTE INEN 2094*
طريقة الفحص والقيمة			
محتوى الرصاص من الوزن الجاف (NTE-INEN 2093)	34689 جزء بالمليون	اقل من 56 جزء بالمليون	أقل من 600 جزء في المليون محتوى الرصاص المقترح من الاتحاد العالمي اقل من 90 جزء بالمليون
اللمعان على زاوية 60 (NTE-INEN 1003)	UB 5.4	UB 43.8	اللمعان من النوع 2،1: 70 كحد أدني، غير اللامع 15 بحد أعلى
	لم تكن النتائج مطابقة لمواصفة 2094 للاينياميل للامع بينما كانت مطابقة للاينياميل غير اللامع او غير اللامع نسبياً المواصفة 2094 اختيارية وتفضيلية		

* المعايير التقنية للطلاء الإكوادوري INEN 2094: مينا قلوية صناعية تجفف الهواء. المتطلبات: الحالية والمرجعية والطوعية

إعادة تركيب المنتج

نتائج الفحوصات المخبرية المتوازية

الطلب (حسب المواصفات الفنية)	الطلاء المحتوي على الرصاص	الطلاء الخالي من الرصاص	NTE INEN 2094
المواد الصلبة حسب الكتلة (NTE-INEN 1024)	% 40.21	37.68%	35% كحد أدنى
نعومة التشتيت (NTE-INEN 1007)	50ميكروميتر	10 ميكروميتر	20 ميكروميتر كحد اعلى
مقاومة الماء (NTE-INEN 1539)	لا تقرح او تلين او فقدان للإلتصاق او تغير في اللون	لا تقرح او تلين او فقدان للإلتصاق او تغير في اللون	يجب الا يكون هنالك تجاعيد أو تقرح او تغير في اللون أو أي عيب ظاهر للعين المجردة.
الإلتصاق (NTE-INEN 1006)	اقل من 35%	65-85%	النوع اللامع وغير اللامع 90 كحد أدنى
	القيم غير مطابقة للمواصفة 2094 للاينياميل للامع وغير اللامع المواصفة 2094 اختيارية وتفضيلية		
الوقت المستدعى للجفاف للمس بحرية (NTE-INEN 1011)	1.75 ساعة	1.9 ساعة	2 ساعة كحد أقصى.
الوقت المستدعى الجفاف عند المعالجة (NTE-INEN 1011)	10 ساعات	11 ساعة	8 ساعات بحد اقصى.
الطفو (انفصال الطلاء) (NTE-INEN 2088)	لا يوجد اختلاف في اللون	لا يوجد اختلاف في اللون	يجب الا تكون هنالك اختلافات لونية ظاهرة.
مقاومة عوامل التجوية المسرعة (NTE-INEN-ISO 16474-3) **وقت التعرض 100 ساعة**	• الإحتفاظ باللمعان 56% • حدثت تغييرات ملحوظة في اللون • لم يحصل تشقق أو تقرح او فقدان للإلتصاق	• الإحتفاظ باللمعان 36% • حدثت تغييرات ملحوظة في اللون • لم يحصل تشقق أو تقرح او فقدان للإلتصاق	• للنوع الأول (1) الحد الادنى من الاحتفاظ باللمعان 80% من القيمة الاصلية وللدهان شبه النهائي والنوع (2) الحد الادنى للإحتفاظ باللمعان 70 % من القيمة الاصلية. • يجب الا تظهر أية تشققات او تقرحات او فقدان للإلتصاق أو أي تغير ملحوظ في اللون
	النتائج التي تم الحصول عليها كانت مطابقة للمواصفات بشكل جزئي حيث لم تحقق عامل الإحتفاظ باللمعان إضافة لتغيرات طفيفة في اللون		

نتائج توسيع النطاق

الطلب	الطلاء المحتوي على الرصاص	الطلاء غير المحتوي على الرصاص

ملاحظة: نطاق المشروع لايشمل لغاية الان توسيع نطاق الاختبارات، وعلى اية حال فالشركة مهتمة بالقيام بصياغات جديدة مستخدمةً خضابات من مزودين اخرين مثل كلارينت وباسف والتي من الممكن ان تكون مجدية أكثر اقتصادياً

ركن النص 9 – الإستنتاج والخطوات التالية

- اعادة الصياغة بإستعمال الخضاب الأصفر الفاتح LF-761 حقق متطلبات الشركة من ناحية الظلال وقوة التغطية
- ان خضاب LF-761 الأصفر الفاتح والذي تم فحصه من قبل شركة ماثيسيان من اجل طلاء الاينامیل الالكيدي يتطلب اجراء عملية الطحن لاعادة الصياغة التي تحقق المتطلبات الفنية
- حقق خضاب LF-761 الاصفر الفاتح التوقعات في ما يتعلق بمحتوى الرصاص المطلوب في المشروع بتركيز رصاص للوزن الجاف يقل عن 0.056% (اقل من 56 جزء بالمليون)
- حقق الطلاء المعادة صياغته معظم متطلبات المواصفة 2094، متطلبات طلاء مصنع الكيدي اينامیل الذي يجف بالهواء
- ارتفع سعر الطلاء المعادة صياغته بنسبة 42.2% مقارنة مع سعر الطلاء المصنع حالياً في الشركة

الشكل 18 – إنتاج طلاء الألكيد الأصفر في الإكوادور

Photo: NCPC Ecuador

الملحق 4 : مجموعة مختارة من المواصفات العالمية لطرق فحص الطلاء والورنيش

هذه الطرق هي لاختبار خصائص أداء الطلاء ولا تشمل طرق اختبار الرصاص في الطلاء. للاطلاع على طرق أخذ عينات الطلاء المحتوي على الرصاص واختباره، انظر دليل منظمة الصحة العالمية الموجز للطرق التحليلية لقياس الرصاص في الطلاء، الطبعة الثانية

أيزو 2010-1513: فحص وتحضير عينات الإختبار

تحدد المواصفة القياسية ISO 1513: 2010 كلاً من الإجراء الخاص بالفحص الأولي لعينة واحدة، كما وردت للاختبار، والإجراء الخاص بإعداد عينة الفحص عن طريق مزج وتقليل مجموعة من العينات التي تمثل شحنة أو كتلة من الطلاء أو الورنيش أو أي منتج ذو صله

أيزو 2016-1514: لوحات قياسية للفحص

تحدد الأيزو 2016-1514 عدة أنواع من اللوحات القياسية وتصف إجراءات تحضيرها قبل تطبيق الطلاء. تستخدم هذه الألواح القياسية في الطرق العامة لاختبار الطلاء والورنيش والمنتجات ذات الصلة

ايزو 2011-1519 اختبار الانحناء (شياق أسطواني)

أيزو 2011-1519 تحدد طريقة اجراء الاختبار التجريبي لتقييم مدى مقاومة طبقة من الطلاء أو الورنيش أو أي منتج ذي صلة للتشقق وأو الانفصال عن ركيزة من المعدن او البلاستيك عند التعرض للإنحناء حول شياق أسطواني في ظروف قياسية.

لنظام طلاء مكون من عدة طبقات، يمكن فحص كل طبقة بشكل منفصل او فحص جميع الطبقات معاً

يمكن اجراء الفحص على مبدأ النجاح أو الرسوب من خلال استعمال شياق ذو حجم محدد لتقييم المطابقة مع المواصفات المحددة أو بتكرار الفحص بإستخدام شياقات أصغر على التوالي لتحديد حجم المغزل الذي يحدث عنده التشقق او الإنفصال عن الركيزة.

تم تحديد نوعين من الأجهزة، النوع 1 مناسب للاستخدام على ألواح اختبار بسمك يصل إلى 0.3 ملم، والنوع 2 للاستخدام على ألواح اختبار بسمك يصل إلى 1.0 ملم. تم التاكد من أن كلا النوعين من الأجهزة تعطي نتائج متماثلة عند فحص نفس الطلاء، ولكن عادةً ما يتم استخدام جهاز واحد فقط لاختبار منتج معين.

ايزو 2006-1520: إختبار الحجامة

ايزو 2006-1520: تحدد طريقة اجراء الاختبار التجريبي لتحديد مدى مقاومة طبقة الطلاء او الورنيش او أي منتج ذو صله للتشقق وأو الإنفصال عن الركيزة المعدنية عند التعرض للتشوه التدريجي عند التعرض للثلم في ظروف معيارية محددة>

لنظام طلاء مكون من عدة طبقات، يمكن فحص كل طبقة بشكل منفصل أو فحص النظام بالكامل. يمكن تنفيذ الفحص على النحو التالي: إما كاختبار "نجاح / فشل"، عن طريق اختبار الثلم على عمق محدد لتقييم الامتثال لمتطلبات معينة؛ أو عن طريق زيادة عمق الثلم تدريجياً لتحديد الحد الأدنى للعمق الذي يتشقق فيه الطلاء و / أو ينفصل عن الركيزة.

ايزو 2006-1522: اختبار تخميد البندول

تحدد المواصفة طريقتين لعمل فحص تخميد البندول على طبقة من الطلاء او الورنيش او أي منتج ذي صلة. الفحص قابل للتطبيق على طبقة طلاء واحدة أو عدة طبقات من الطلاء

ايزو 2020-1524: تحديد دقة الطحن

تحدد المواصفة طريقة لتقييم دقة طحن مواد الطلاء والأحبار وأية منتجات ذات صلة بإستخدام مقياس مناسب يكون مدرج بالميكرومتر. هذا ينطبق على جميع أنواع الطلاء السائلة والمنتجات ذات الصلة، بإستثناء المنتجات التي تحتوي على خضاب في شكل رقاقات (مثل رقائق الزجاج وأكاسيد الحديد الميكروية ورقائق الألومنيوم).

أيزو 2409-2013: اختبار التقاطع

تحدد هذه المواصفة الدولية طريقة تقييم مقاومة طبقات الطلاء للإنفصال عن الركائز عندما يتم قطع زاوية قائمة بنمط تشابكي في الطلاء بحيث يصل إلى الركيزة. تعتمد الخاصية التي يحددها هذا الاختبار التجريبي على عوامل عدة من بينها مدى التصاق طبقة الطلاء بطبقة طلاء أخرى أو مدى التصاقها بالركيزة. هذه الطريقة لايمكن اعتبارها طريقة لقياس الإلتصاق.

عندما يكون قياس الالتصاق مطلوباً، فيمكن استخدام المواصفة الدولية 4624 . الطريقة المشار اليها غير مناسبة لطلاء تتجاوز سماكتة 250 ميكرو ميتر أو طلاء مركب (ذات سطح غير أملس).

أيزو 2019-2431: تحديد وقت التدفق بإستعمال أكواب التدفق

تحدد هذه الوثيقة طريقة تحديد وقت التدفق للطلاء والورنيش والمنتجات ذات العلاقة والتي يمكن استخدامها للتحكم بالإتساق.

تم تحديد أربعة أكواب ذات أبعاد متشابهة ولكن بفتحة قطرها 3 مم و4 مم و5 مم و6 مم. تم تحديد طريقتين لفحص أكواب التدفق من أجل التآكل والتمزق. لا يغطي هذا المستند أكواب التدفق ذات النفث القابل للاستبدال حيث لم يتم استيفاء التفاوتات القريبة في توريد المواد قيد الاختبار إلى النفث.

أكواب التدفق ذات المنفث القابل للإستبدال غير مغطاة في هذه الوثيقة حيث ان التفاوتات في توريد المواد تحت الفحص للمنفث لم تحقّق.

أيزو 2019-2808: تحديد سماكة الرقاقة

تحدد هذه الوثيقة طريقة قياس سماكة طبقات الطلاء المطبقة على الركيزة. طرق تحديد سماكة الرقاقة الرطبة والرقاقة الجافة والرقاقة الجافة لطبقات البودرة غير المعالجة قد حُدّدت.

أيزو 2810 2004-: الطلاء والورنيش – التجوية الطبيعية للطلاء – التعرض والتقييم

تحدد الموصفة ايزو 2810: 2004 الظروف التي يجب أخذها بعين الإعتبار لإختيار نمط التجوية الطبيعية وطريقة التجوية الطبيعية التي ستستخدم لتحديد مقاومة الطلاء أو نظام الطلاء (تجوية مباشرة او التجوية خلف زجاج النافذه).

تعني التجوية الطبيعية التي تستخدم لتحديد مقاومة الطلاء او نظام الطلاء (والتي يشار إليها بالنص التالي بالطلاء) اشعة الشمس والجو. ولا تؤخذ التأثيرات الجوية الخاصة مثل التلوث الصناعي بعين الإعتبار.

أيزو 2014-2813: تحديد درجة اللمعان على زاوية 20، 60 و85

تحدد مواصفة ايزو 2813: 2014 طريقة تحديد لمعان الطلاء بإستخدام ثلاث زوايا هندسية 20،60 و85. الطريقة مناسبة لقياس اللمعان للطلاء غير الخشن على ركائز مستوية غير شفافة.

أيزو 2003-2815: إختبار بوخهولز للثلم

تصف المواصفة ايزو 2815: 2003 طريقة إجراء فحص الثلم على طبقة طلاء أو طبقات متعددة من الطلاء، الورنيش أو أي منتج ذي صله بإستخدام مثلهم بوخهولز. طول الثلم الناتج مؤشر للتشوه المتبقي للطلاء. فحص الثلم غير مناسب للمنتجات التي تحتوي على ملدن قوي.

أيزو 2016-3248: تحديد أثر الحرارة

تحدد مواصفة ايزو 3248: 2016 طريقة تحديد مقاومة طبقة طلاء منفردة او طبقات من الطلاء، الورنيش أو أي منتج ذي صله للتغيير في اللمعان وأو اللون، أوالتقرح، أو التشقق و/أو الانفصال عن الركيزة تحت ظروف حرارة محددة.

هذه الطريقة قابلة للتطبيق على المنتجات المخصصة للاستعمال على المشعات المحلية أو الأدوات الاخرى التي قد تتعرض لنفس الحرارة.

ايزو 2017-3668: المقارنة البصرية للون الطلاءات

تحدد ايزو 3668:2017 طريقة عمل المقارنة البصرية للون رقائق الطلاء أو المنتجات ذات الصلة حسب مواصفة محددة. (إما حسب معيار مرجعي او مواصفة معدة حديثاً) بإستعمال مصدر ضوء صناعي في حجيرة قياسية.

لا تنطبق هذه الطريقة على الطلاء الذي يحتوي على أصباغ ذات تأثير خاص، على سبيل المثال ميتاليك من دون اتفاق مسبق على كافة تفاصيل شروط الإنارة والمشاهدة.

ايزو 1984-3856: تحديد المحتوى من المعادن الذائبة – الجزء 1: تحديد محتوى الرصاص – طريقة الإمتصاص الذري باللهب وطريقة ديثيزون الطيفي

أيزو 2016-4628: تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر

- **Pالجزء الاول (1): مقدمة عامة ونظام التعريف**
- **Pالجزء الثاني (2): تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – الجزء 2 تقييم درجة التقرح**
- **Pالجزء الثالث (3): تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – تقييم درجة التصدأ**
- **Pالجزء الرابع (4): تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – تقييم درجة التشقق**
- **Pالجزء الخامس (5): تقييم تآكل (تفسخ) الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – تقييم درجة التقشر**

- **PIالجزء السادس (6): تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – تقييم درجة التجير بطريقة الشريط.**
- **PIالجزء السابع (7): تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – تقييم درجة التجير بطريقة القطيفة.**
- **PIالجزء الثامن (8): تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – تقييم درجة التفريغ والتآكل حول علامة محددة أو أي عيب مصطنع.**
- **PIالجزء العاشر (10): تقييم تآكل الطلاء - تحديد كمية وحجم العيوب، وشدة التغيرات المنتظمة في المظهر – تقييم درجة التآكل الخيطي.**

أيزو 6270-1-2017: تحديد مدى المقاومة للرطوبة – الجزء الأول (1): التكاثف (التعرض من جانب واحد)

ISO 6270-1:2017 specifies a method for determining the resistance of paint films, paint systems and related products to conditions of condensation in accordance with the requirements of coating or product specifications.

ISO 6270-2:2017 Determination of resistance to humidity — Part 2: Condensation (in-cabinet (exposure with heated water reservoir

ISO 6270-3:2018 Determination of resistance to humidity — Part 3: Condensation (in-cabinet (exposure with heated, bubbling water reservoir

أيزو 6504-1-2019: تحديد قوة التغطية - الجزء الأول – طريقة كوبلكا مونك للطلاء الأبيض وفاتح اللون

تحدد هذه المواصفة طريقة قياس قوة التغطية (معدل المد 98% لضمان قوة التغطية) للطلاء الأبيض وفاتح اللون. هذه المواصفة تنطبق على رقائق الطلاء التي تمتلك قوة تحفيز ثلاثي تساوي او تزيد عن 70 وقوة تغطية تساوي أو تزيد عن 80%. هذه المواصفة لا تنطبق على الطلاء المعدني أو اللامع.

أيزو 6504-1-2019: تحديد قوة التغطية - الجزء الثالث – تحديد قوة التغطية على الطوب والخرسانة والإستعمال الداخلي

تحدد هذه المواصفة طريقة قياس قوة التغطية لطبقات طلاء بيضاء أو فاتحة اللون ذات قوة تحفيز ثلاثي تزيد عن 25 وتنطبق على اللوحات البيضاء والسوداء أو على الرقائق الشفافة عديمة اللون. في الحالة الأخيرة يُقاس التحفيز الثلاثي عبر ألواح سوداء وبيضاء. وبالتالي، تُحسب قوّة التغطية استناداً إلى قيَم التحفيز تلك.

أيزو 6860-2006: فحص الإلتواء (شياق مخروطي)

أيزو 6860-2006 تحدد طريقة اجراء الاختبار التجريبي لتقييم مدى مقاومة طبقات الطلاء والورنيش وأي منتج ذو علاقة للتشقق و/أو الإنفصال عن ركيزة معدنية عند التعرض للإلتواء حول شياق مخروطي ضمن ظروف قياسية.

لنظام طلاء مكون من عدة طبقات، يمكن فحص كل طبقة بشكل منفصل او فحص جميع الطبقات معًا

أيزو 9117-1-2009: فحوصات الجفاف – الجزء الأول: تحديد الحالة خلال الجفاف ووقت الجفاف

أيزو 9117-2-2010: فحوصات الجفاف – الجزء الثاني (2) فحص الضغط لقابلية التكديس

أيزو 9117-3-2010: فحوصات الجفاف – الجزء (3) الجفاف السطحي بإستعمال بالوتيلي

أيزو 9117-4-2010: فحوصات الجفاف – الجزء (4) الفحص بإستعمال مسجل (مدون) ميكانيكي

أيزو 9514-2019: تحديد العمر الافتراضي (فترة الإستخدام) لأنظمة الطلاء متعددة المكونات - تحضير وتهيئة العينات وإرشادات الاختبار

أيزو 15528-2020: الطلاء والورنيش والمواد الخام للطلاء والورنيش – أخذ العينات

الملحق رقم 5 – قائمة المزودين

الجدول 23 - القائمة غير المفصلة للموردين اعتباراً من مايو 2021

الشركة	الموقع الإلكتروني
الخضاب	
BASF Colors & Effects	www.colors-effects.com
Mathiesen	https://www.grupomathiesen.com/en/
Ferro	https://www.ferro.com
Pyosa Industrias	https://www.pyosa.com
Clariant	https://www.clariant.com/en/Business-Units/Pigments
Jiangsu Shuangle Pigment	http://www.jsshuangle.com/en
Yingze New Material	
Heubach, Ltd	https://heubachcolor.com/
Sun Chemical Corporation	https://www.sunchemical.com/pigment-products/
Ferro Corporation	https://www.ferro.com/Contact
	https://www.clariant.com/en/Business-Units/Pigments
The Shepherd Color Company	https://www.shepherdcolor.com/
Nubiola	https://www.ferro.com/nubiola
Venator	https://www.venatorcorp.com/
Dominion Colour Corporation	https://www.dominioncolour.com/
Bruchsaler Farben	https://www.bruchsaler-farben.de/en/home.html
Vijay Chemical Industries	http://vijaychemical.com/
.Vibfast Pigments PVT.LTD	http://www.vibfast.com/
Trust Chem	https://www.trustchem.eu/organic-pigments/
.Resins and Chemicals PVT.LTD	http://www.asrresin.com/pro_org_yellow.php
Special-Chem	https://coatings.specialchem.com/product/p-aarbor-colorants-corporation-naphthol-red-pigment-pr-112
Sudarshan	http://www.sudarshan.com/perch/resources/decorative-brochure-feb-2018.pdf
Milano Colori	http://www.milano-colori.com/en/plastics-rubber/pigments/organic-pigments/
Hangzhou Boray Pigments Co LTD	http://bofinepigment.com/
Hangzhou Multicolor Chemical Co LTD	http://www.multicolor-pigment.com/pid10206407/Pigment+Yellow+183.htm

* لا يعني ذكر شركة تجارية أو منتج تجاري في هذه المبادئ التوجيهية إقرارًا من قبل برنامج الأمم المتحدة للبيئة.

الشركة	الموقع الإلكتروني
المجففات	
Venator	https://www.venatorcorp.com/products-and-applications/products/driers_
DURA	http://www.durachem.com/home.html_
American Elements	https://www.americanelements.com/_
DOW	http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_090c/0901b8038090c235.pdf?filepath=productsafety/pdfs/noreg/233-01137.pdf&fromPage=GetDoc_
Comar Chemicals PVT.LTD	https://www.comarchemicals.com/index.php/en/products-en/other-organometallics-en/paint-driers-en
Blackfriar	http://www.blackfriar.co.uk/product/liquid-driers/_
Matrix Universal	http://www.matrixuniversal.com/paint_driers.html
.Silver Fern Chemical Inc	http://www.silverfernchemical.com/product-lines/paint-driers/_
فوسفات الزنك / فوسفات الزنك المعدل	
Shijiazhuang Xin sheng chemical co.,ltd	http://zincphosphatepigment.sell.everychina.com/p-108713315-anti-corrosion-zinc-phosphate-pigment-325-mesh-cas-7779-90-0-white-powder.html
BassTech International	http://basstechintl.com/_
Numinor Chemical Industries Ltd	http://www.numinor.com/_
Pigment Sanayi A.S	http://www.pigment.com.tr/_
SNCZ Société Nouvelle des Couleurs Zinciques	https://www.societe.com/societe/societe-nouvelle-des-couleurs-zinciques-330575887.html_
Dimacolor Industry Group Co., Ltd	http://www.dimacolorgroup.com/news_en.html_
Heubach, Ltd	https://heubachcolor.com/_
Noelson chem	http://www.noelson.com/en/index.html_
Shanghai Ocen Zinc Industry Co., Ltd	https://guide31651.guidechem.com/productlist-c72-p1.html_
عوامل تشتيت	
Byk Additives & Instruments	https://www.byk.com/en_
Evonik Industries AG	https://corporate.evonik.com/en_
Clariant	https://www.clariant.com/en/Business-Units/Industrial-and-Consumer-Specialties/Paints-and-Coatings_
Borchers	http://www.borchers.com/index.php?id=2_
Ester	https://www.esterchem.co.in/paints-inks.html_
BASF	https://www.basf.com/za/en/who-we-are/sites-and-companies.html_
Shah Patil & Company	http://www.shahpatilexports.in/paint_&_ink_additives.htm_
Harmony Additive PVT. LTD	https://www.harmonyadditive.com/paint-dispersing-agent.html_

يمكن إستخدام الموقع الإلكتروني (https://www.ulprospector.com/en/eu/Coatings/search) للعثور على موردي الأصباغ والمجففات والاتصال بهم.