

Ultraduurzame toplagen: is er kleur voorbij de polyurethaan horizon?

i SCICON Worldwide
Gunnar Ackx

Tot aan het begin van deze eeuw was er bij veel bouwheren, in Europa dan toch, weinig langetermijnvisie wat betreft de algemene Life Cycle Cost van structuren. Bij de conservering van nieuwbouw- of onderhoudsprojecten werd veelal niet verder gedacht dan de standaard 10 jaar aannemingsgarantie.

Stilaan werd echter een groeiend belang in meer duurzame coatingproducten erkend. De drijvende factoren zijn onder meer strengere gezondheids- en milieueisen (oppervlaktevoorbereiding, applicatie, afvalverwerking, ...). Maar vooral een streven naar het reduceren van (veelal hoge) onderhoudskosten en ook een goede image branding blijft een medebepalende factor.

LANGERE LEVENSDUUR

In het voorbije decennium merkte ook SCICON worldwide een groeiende vraag naar 'optimalisatie van de Life Cycle Cost'. Vragen van levensduurtes voor conserveringssystemen van 20 tot 30 jaar, uiteraard liefst met zo min mogelijk onderhoud, waren daarbij niet vreemd. Met de klassieke epoxy/polyurethaan systemen is die levensverwachting echter nog amper haalbaar. De onderliggende lagen kunnen dan wel helpen om in de buurt te komen, maar zelfs de beste polyurethanen zullen het lastig hebben om dergelijke termijn uit te zingen.

Daarenboven wordt met de nieuwe update van ISO 12944 (2018) nu voor het eerst ook een 'Very High Durability' duurzaamheidsklasse toegekend aan industriële natlaksystemen, wat neerkomt op een 'verwachte levensduur' (tot eerstvolgende groot onderhoud) van maar liefst MEER DAN 25 jaar. Zie figuur 1.

En om dat te kunnen faciliteren erkent de 'Europese bijbel van de corrosiebescherming' nu ook het gebruik van ultraduurzame toplagen: "In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer."

LIFE CYCLE COST

Tegelijkertijd worden bouwheren zich stilaan ook bewuster van de totale Life Cycle Cost van een structuur en dringt het beter door dat "een beter conserveringssysteem vanaf het begin minder onderhoudskosten met zich meebrengt" en dus een verbeterde algehele Life Cycle Cost betekent. Dat zien ook wij elke keer als we de Life Cycle Cost analyse maken voor nieuwe, te bouwen of te ontwerpen infrastructuur.

Zit er dan een tegenstelling tussen deze levensduurverwachtingen (bouwheer/ISO 12944/...) en wat de industrie momenteel kan aanleveren?

Helemaal niet, alleen blijkt men in Europa zeer conservatief wanneer het aankomt

op het toepassen van nieuwe technologieën. Polysiloxanen hebben wel reeds een klein plaatsje in de markt veroverd, maar je kan amper van een doorbraak spreken. Ondertussen zijn (relatief) nieuwe technologieën zoals polyaspartics en zelfs PVDF-en FEVE-toplagen zeker rijp voor toepassing op industriële schaal. Sterker nog, in andere werelddelen worden deze zelfs al ruim 15 jaar met succes toegepast.

We maakten een synthese van diverse technische artikels die in het laatste decennium over dit thema gepubliceerd werden in diverse vakbladen. Blijkt dat er best nog heel wat kleur te vinden is voorbij de polyurethaan horizon.

GESCHIEDENIS EN EVOLUTIE VAN 'ULTRADUURZAME TOPLAGEN'

I. POLYSILOXANEN

Niettegenstaande we voor de ontwikkeling van de eerste polysiloxaanverbindingen helemaal moeten terug gaan naar de negentiende eeuw, is het pas sedert de jaren '90 van de vorige eeuw dat ze opduiken in het werkveld. Al snel werden ze erkend als de betere van de polyurethaan-toplagen met als voornaamste kenmerken:

- Een wat hogere UV-bestendigheid (beter glans- en kleurbehoud)
- High-solids dus meer mogelijkheden m.b.t. de laagdikte (zodat eventueel ook een tussenlaag kan worden geschrapt)
- Uitstekende chemische resistentie
- Isocyanaat-vrij
- Vrij applicatiekritisch en minder makkelijk overschilderbaar
- Tot wel twee keer de prijs van een gemiddelde PU

De eerste drie eigenschappen leiden ertoe dat ze tegenwoordig vooral gebruikt worden in 'industriële toepassingen'. Echter, daar waar de polysiloxanen in 2010 nog erkend werden als 'het neusje van de zalm' op het vlak van 'weatherability' worden deze producten sedertdien in een versneld tempo voorbijgestoken door nieuwe ontwikkelingen en technologieën,

For example, the first major maintenance painting would normally need to be carried out for reasons of corrosion protection once about 10 % of the coatings have reached R_i 3, as defined in ISO 4628-3. This requirement may be applied to the whole structure or to representative sections as agreed upon between involved parties, which may then be classified separately.

In this document, durability is expressed in terms of four ranges:

- low (L) up to 7 years;
- medium (M) 7 years to 15 years;
- high (H) 15 years to 25 years;
- very high (VH) more than 25 years.

Very High Durability

The durability range is not a 'guarantee time'. Durability is a technical consideration/planning parameter that can help the owner set up a maintenance programme. A guarantee time is a consideration that is the legal subject of clauses in the administrative part of the contract. The guarantee time is usually shorter than the durability range. There are no rules that link the two periods of time.

Figuur 1 – Uittreksel uit ISO 12944-1 (2018)

die bij ons nog amper hun intrede gedaan hebben, maar niet zelden reeds enkele decennialang in andere werelddelen worden toegepast.

2. POLYASPARTICS

Bayer Materials Science is één van de grote marktspelers die reeds geruime tijd zwaar ingezet hebben op de ontwikkeling van polyaspartics. Deze familie is een afgeleide van de polyurea-producten en valt daar strikt genomen onder:

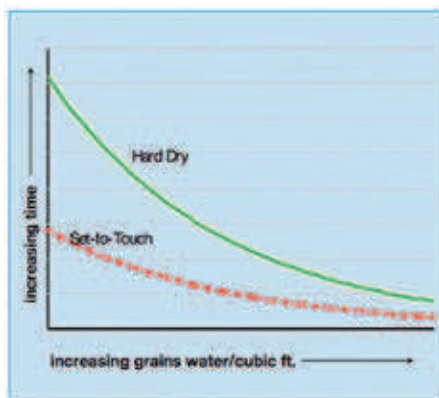
Ter vergelijking:

- Polyurethaan = polyol + isocyaan
- Polyurea = amine + isocyaan
- Polyaspartics = secundaire alifatische diamines + alifatische polyisocyanaten

Ze worden gekenmerkt door:

- Goede weathering resistance, minstens gelijk(w)aardig of beter dan polysiloxanen
- Lange potlife, snelle droogtijden
- Hoge impactweerstand en behoorlijke anti-graffiti-eigenschappen
- High-Solids (70-100 %) = low-VOC of VOC-vrij
- Hoge laagdiktes mogelijk (tot zelfs 300 µm) dus minder lagen in een coatingsysteem mogelijk
- Versnelde uitharding bij hogere relatieve vochtigheid
- Kan airless of elektrostatisch aangebracht worden
- Bevatten wel nog isocyanaten

Deze zijn dus zeker geschikt voor industriële toepassing.



Effect van relatieve vochtigheid op de uithardingssnelheid van polyaspartics

3. POLYVINYLIDENE-FLUORIDE (PVDF)

Afgeleid van de 'gemoffelde PVDF-coatings' bestaan deze momenteel zowel in watergedragen als solventgedragen versies, zij het voor deze laatste wel met hoge

VOC gehalten, dus minder milieuvriendelijk.

Overige kerneigenschappen zijn:

- Uit de wereld van gebakken PVDF coatings (natlak of poederlak) bieden ze een weathering resistance die nog flink opschakelt t.o.v. eerder vernoemde producten
- Ook heldere kleuren en meer glansmogelijkheden
- Iets dunnere laagdiktes (20-40 µm) en daardoor ook iets kwetsbaarder
- Uitstekende chemische resistentie

Deze producten vinden meer toepassing in architecturale toepassingen dan in de algemene industrie.

4. FLUORETHYLENE VINYL ETHER (FEVE)

AGC Chemicals is een vooraanstaande formulator van FEVE-gebaseerde harsen en rapporteert dat deze coatingtechnologie ontwikkeld werd in Japan reeds in de jaren '70-'80 van de vorige eeuw.

De lijst eigenschappen is ongeëvenaard:

- Het summum van UV- en weersbestendigheid met ongenaakbare optische eigenschappen
- Uitstekende chemische en thermische weerstand alsook olie- en waterbestendig
- Ultra vuil- en vochtafstotend
 - o lagere 'time-of-wetness' dus lagere corrosiviteit aan het oppervlak
 - o prima anti-graffiti-eigenschappen
- Lagere laagdikte : 20 – 30 µm, maar verliezen hun laagdikte bijna niet t.g.v. degradatie, erosie, enz.
- Kunnen in meerdere toplagen worden aangebracht om ook op industriële schaal ongekende duurzaamheid te bewerkstelligen
- Kunnen zowel watergedragen als solventgebaseerd geformuleerd worden, beide VOC-vrij.

Enkele ondertussen bekende FEVE-toplagen worden terug gevonden onder de merknamen Lumiflon en CMP Fluorex.

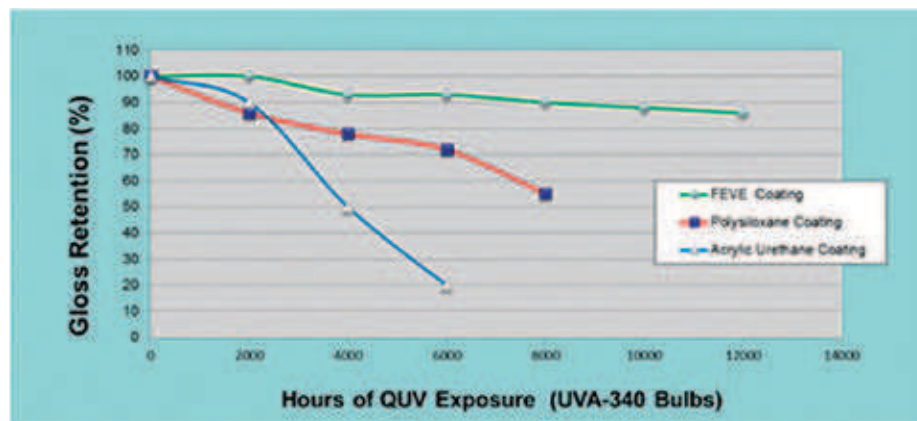
Ondertussen blijken de FEVE-harsen zelfs vrij goed combineerbaar te zijn met andere coatingtechnologieën. Zo zijn er tegenwoordig ook fluorourethanen ontwikkeld waarbij het FEVE-hars crosslinkt met een isocyaan groep om chemisch vernette toplagen te krijgen met gelijkaardige UV-bestendigheid als FEVE-coatings, maar tegelijk ook extra eigenschappen als hardheid en een hogere corrosieweerstand bieden.

FEVE-harsen worden zelfs vernet met silicaangroepen (tot Silanol Functional FEVE-resins) die qua performantie kunnen wedijveren met de fluorourethanen, maar dan zonder de schadelijke isocyanaten. Bijgevoegde grafieken tonen een overzicht van de performance van deze producten (t.o.v. urethanen).

Ook dit zal ongetwijfeld de weg openen naar meer coatingsystemen met een 'zeer hoge duurzaamheid (≥ 25 jaar)', zelfs in de meest corrosieve omgevingen (C5 & CX).

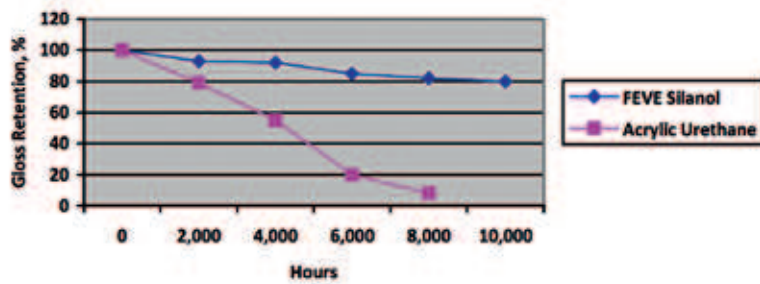
Zo onbekend als ze in Europa zijn, zo bemind zijn ze in Japan. Daar worden ze reeds meer dan 15 jaar met succes aangebracht op vele bruggen, waaronder de Akashi Straits Bridge, de langste hangbrug ter wereld, alwaar meerdere FEVE-toplagen werden aangebracht met het oog op een verwachte duurzaamheid van maar liefst 60 jaar!

Niet enkel op laboschaal maar in reallife toepassingen worden ze reeds ruim 15 jaar nauwlettend gevolgd en blijken ze geen enkele concurrentie te dulden. Zo werd vastgesteld hoe een fluoropolymer slechts 1,1 µm laagdikte verloor (door

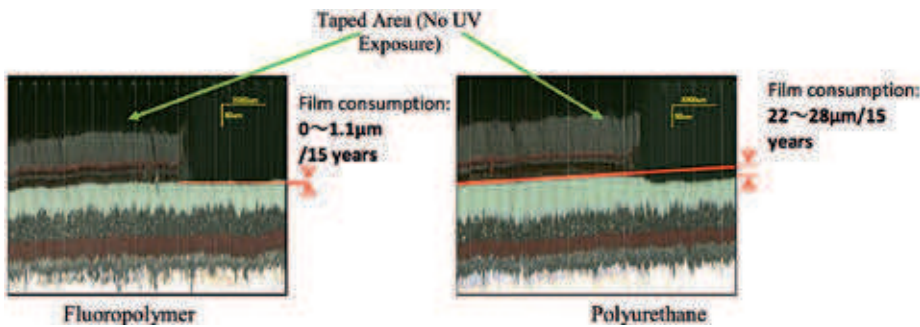


Vergelijking UV-weerstand FEVE-coating t.o.v. een Polysiloxaan en Polyurethaan

Figure 9: QUV-B Accelerated Weathering of Silanol Functional FEVE Resin



uv-weerstand van een FEVE-Silanol t.o.v. Polyurethaan



Materialverlies van een FEVE-toplaag t.o.v. Polyurethaan t.g.v. weathering

weathering) over een periode van 15 jaar t.o.v. 22-28 µm voor de daarmee vergeleken polyurethaan.

Het vertrouwen is zelfs dermate hoog dat het in Japan ondertussen een nationale eis is om alle bruggen te schilderen met FEVE-gebaseerde top lagen, ook wel fluoropoly-mers genoemd.

UITDAGINGEN

Het artikel van Kurt Wood haalt alvast aan dat wellicht een volgende grote uitdaging zal liggen in het specificeren van dergelijke 'very high durability top lagen'.

Een uitdaging zal zeker ook zijn om de kwaliteit en vereiste levensduur alsook de daaraan verbonden parameters (kleur- en glansbehoud, ...) te specificeren, waarvoor er momenteel nog geen echte industriënormen voor handen zijn. Veel huidige 'accelerated performance testen' zijn op heden nog gebaseerd op het testen van een wit gekleurde toplaag en zijn amper representatief voor andere kleuren.

Voorlopig stelt ook ISO 12944 geen extra eisen aan conserveringssystemen met zogenaamde ultraduurzame top lagen, toch niet op het vlak van weathering-resistance, glans- of kleurbehoud. Voor een CX (off-shore) omgeving worden de performance

requirements uit Norsok M-501 & ISO 20340 wel doorgetrokken of overgenomen, echter blijft dit nog steeds op basis van een 'high durability' (15-25 jaar) maar echter nog geen 'Very High Durability' (≥ 25 jaar).

En daar zitten nog geen specifieke eisen of selectiecriteria ingebouwd die deze producten extra in de markt helpen zetten.

VAN WELKE DUURZAAMHEID MOGEN WE STIL-AAN DROMEN?

Materials en Performance gaf in 2003 reeds aan dat levensduurtes van 20 tot 30 jaar al geen uitzondering meer waren met de destijds beschikbare technologieën (Polysiloxanen). Ondertussen is dit met de nieuwere technologieën zoals polyaspartics, PVDF-coatings en FEVE-toplagen reeds aantoonbaar geëvolueerd tot verwachte levensduurtes tussen 30 à 60 jaar. Dit laat volledig nieuwe strategieën toe m.b.t. nieuwbouw- en/of onderhouds-conserveringswerk.

Zo berekent Winn Darden (AGC Chemicals) in een artikel hoe de Life Cycle Cost voor coatingsystemen afgewerkt met één of meerdere FEVE-toplagen kunnen gereduceerd worden met 33 tot 66 procent

t.o.v. de klassieke systemen afgewerkt met een polyurethaan-toplaag.

Zelf stelde SCICON worldwide reeds diverse technische specificaties op waarin dergelijke ultraduurzame top lagen gespecificeerd werden. In één geval viel de keuze op een nog redelijk klassieke polysiloxaan, waarmee toch verwacht wordt een duurzaamheid van 15 tot 20 jaar te bereiken.

Op een ander (renovatie)project (brug van 1400 m²) momenteel nog in tenderfase werd een FEVE-toplaag aangeboden voor ± 7 euro/m² extra kost (t.o.v. de minimum vereiste polysiloxaan). Voor het totale oppervlak van ± 1400 m² levert dit een meerkost op van bijna 10.000 euro, maar in het licht van:

- Een geschat totaal renovatiebudget van 750-900k euro
 - ondertussen gekende en verwachte levensduurtes van 30-60 jaar
- kan met een meerkost van 1 tot 1,5 procent van het totale renovatiebudget meer dan waarschijnlijk een (dure) 'grote onderhoudsbeurt' integraal vermeden worden voor de komende 40-50 jaar.

Enkele voorbeelden waar SCICON worldwide 'ultraduurzame top lagen' specificerde en/of inspecteerde:



Een oude spoorwegbrug uit WOII werd recent gerenoveerd als fietsbrug met een Polysiloxaan als toplaag



Teflon top lagen staan reeds 10 jaar borg voor een Ferrariode signature kleur op ruim 100.000 m² dak in Abu Dhabi

WAT MAAKT EEN TOPLAAG ULTRA DUURZAAM?

1) Harstypen

- a. Thermohardende harsen: doorgaans een hoge initiële weathering resistance, maar vertonen uiteindelijk een plotse degradatie (gelinkt aan de crosslinking die door UV-licht wordt afgebroken)
 - i. polyurethaan (PU)
 - ii. polysiloxaan (PSX)
 - iii. polyaspartic (PASC)
- b. Thermoplast harsen: leveren doorgaans een lichtere en meer stabiele degradatie op (gelinkt met ontwikkelde oppervlaktetenspanning over tijd → pigmenten gaan verkrijgen)
 - i. Polyvinylidene-fluoride (PVDF)
 - ii. Fluorethylene vinyl ether (FEVE), ...

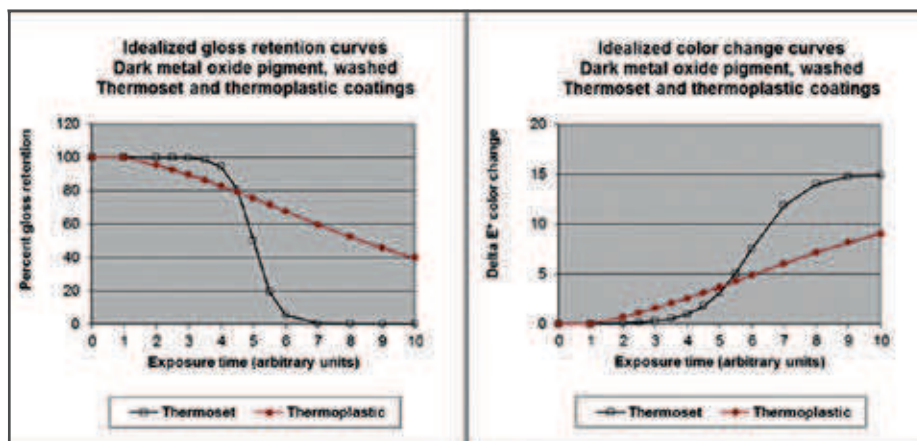
2) Pigment

- a. Organische pigmenten bieden de meeste mogelijkheden tot helder kleurenpalet, vooral populair bij architecturale toepassingen of zogenaamde 'signature buildings' (landmarks), doch zijn minder UV-resistent dan de anorganische pigmenten
- b. Anorganische pigmenten bieden een flinke boost in UV-resistentie (puur op basis van pigmentatie), doch zijn niet altijd in even levendige kleuren verkrijgbaar. Dus ook beter geschikt voor meer industriële toepassingen waar specifieke kleurhelderheid doorgaans ondergeschikt is aan duurzaamheid.

3) Pigment Volume Concentratie (PVC)

- a. De hoeveelheid van het toegevoegde kleurpigment is ook van belang, maar een extra moeilijkheidsgraad hier is dat de optimale hoeveelheid pigmentatie durft te variëren van kleur tot kleur en zelfs tussen verschillende pigmentproducten van eenzelfde kleur.

- 4) Belangrijk om in acht te houden is dat de te verwachten hoeveelheid verkleuring en glansafname ook nog eens behoorlijk kleurafhankelijk is (dus kan men niet alle kleuren over één kam scheren, zelfs niet binnen eenzelfde product of harstypen).



▲ Thermoharders en thermoplasten hebben een ongeveer gelijkwaardige veroudering na 5 cycli, maar daarna wordt het verschil goed merkbaar

Veel gebruikte benamingen voor dergelijke toplagen zijn:

- Super-durable (ultraduurzaam)
- Supergloss-Retentive (ultra glansbehoudend)
- Super-weatherable (ultra weersbestendig)

Er bestaat momenteel echter geen definitie of norm die bepaalt wat deze termen nu juist inhouden.

BIBLIOGRAFIE

- [1] SSPC 2012 Conference: Factors influencing the stay-clean properties and service life of new fluoropolymer coatings; Kurt Wood, Arkema inc.
- [2] Materials Performance September 2003: A Comparison of Supergloss-Retentive Coatings; MATTHEW V. VEAZEY
- [3] Bayer MaterialScience: Polyaspartic; An

- Aliphatic Coating Technology for High Productivity Applications; Edward P. Squiller, Ph.D., Carl Angeloff, P.E., Kurt E. Best, Scientist
- [4] SSPC 2017 Conference: FEVE Fluoropolymer Coatings for high performance waterbased applications; Kristen Blankenship, Business Development Manager AGC Chemicals Americas, Inc. Exton, PA USA
- [5] SSPC 2006 + 2010 Conference: Advances in Fluoropolymer resins for long life coatings; Winn Darden and Bob Parker, AGC Chemicals Americas Exton, PA, USA
- [6] SSPC 2013 Conference: Bridge coating in Japan: Doing it right the first time; Winn Darden and Robert Parker, AGC Chemicals Americas Exton, PA, Takashi Takayanagi, AGC Chemicals Tokyo, Japan
- [7] SSPC 2006 Conference: Repainting Monumental Buildings; Paul P. Greigiger, Ph.D., PPG Industries Springdale, PA, USA
- [8] IPCM 2018 nr. 49 January-February: Fluoropolymer Coatings for High Capital Cost Infrastructure; Ben Gillies
- [9] SSPC 2017 Conference: Environmentally Friendly Protective Coating system using water-borne Fluoropolymer Topcoat; Tsuyoshi Matsumoto*, Kenichiro Yamachia, Naoki Yabumia, Tsuyoshi Miyashitaa, Hiroyuki Tanabe
- [10] JPCL April 2005: Polyaspartic Coating Hits Home Run at Florida Baseball Stadium
- [11] VOM info 05-2010: Polysiloxanen in coatings; Patrick Plessers
- [12] Coatings Pro 05-2009: Revisiting the San Mateo-Hayward Bridge (Polurea & Polyaspartic after 5 years); Jennifer Kramer
- [13] SSPC 2010 Conference: Selection of Protective Coatings for Aesthetic Properties W. Doni Riddle The Sherwin-Williams Company
- [14] VOM info 08-2006: Speciale polyurethanen; Patrick Plessers
- [15] SSPC TU12 05-2015: SSPC Technology Update 12 - Ambient-Curing Fluoropolymer Finish Coats Applied to Metal Substrates
- [16] JPCL May 2008: Fluoropolymer topcoats show promise for durability; Winn Darden
- [17] Windmills – Fast production schedules with novel Zinc primers and Polyaspartic Ester topcoats; Mike O'Donoghue, Ph.D., Ron Garrett, V.J. Datta, Stan Osborne, and Peter Roberts ICI Devoc Coatings
- [18] SSPC 2017 Conference: Estimating color fade of PVDF-based topcoats for "Bright color" architectural restoration and protective coating applications; Kurt Wood
- [19] ISO 12944 (2018) Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems (delen 1 t.e.m. 9)