

# VOC-reduktion og UV-stabilitet i nye industrielle harpikser

Af Bruce M. Mulholland, Ticona, Florence, Kentucky, USA

## Resumé

Det er fortsat oppe i tiden at bruge metalliske nuancer der traditionelt kommer fra malinger og forkromninger. Maling og metallisering er processer der gør det muligt at opnå det ønskede look; men begge er relativt bekostelige. Derudover er de ikke miljøvenlige, og ud fra et miljømæssigt perspektiv er man nødt til at tage højde for fx VOC (flygtige organiske forbindelser), kemisk bortskaffelse og det faktum at det ikke er muligt at genbruge emnet når det først er blevet malet eller metalliseret. Udover det generelle ønske om at eliminere VOC fra maleprocessen er der i dag krav om at reducere VOC-andelen inde i biler.

Der er blevet udviklet nye industrielle harpikser som eliminerer behovet for at male og som bidrager til at reducere VOC-andelen. Traditionelle accelererede testmetoder har dog afsløret et potentielt problem med UV-stabiliteten.

Denne artikel ser nærmere på udviklingen af disse harpikser og på hvordan man kan overvinde evt. problemer med UV-stabiliteten.

## Baggrund

For at kunne opfylde de æstetiske krav er visse harpikser, inklusive industrielle harpikser, nødt til at gennemgå en sekundær behandling (fx maling eller metallisering) efter de er støbt. Efterbehandlingen kan bestå af flere trin før funktion og udseende er acceptable. Behovet for efterbehandling kan skyldes forskellige omstændigheder inklusive:

- Den ønskede farve er ikke opnåelig i harpiksen.
- Den ønskede farve er opnåelig, men overfladen har fejl.
- Den ønskede farve er opnåelig, men UV-stabiliteten er for lav.
- Den ønskede farve er opnåelig, men glansen er forkert (for høj eller for lav).
- Den ønskede effektfarve (metallic, perlemor osv.) er ikke opnåelig i harpiksen.

Ofte vil maling eller metallisering ses som en mulig løsning på ovennævnte problemer. Det kan dog være vanskeligt at fastholde omkostningerne til disse processer. Der er ikke blot de indlysende udgifter forbundet med materialerne og selve påføringen af laget; det kan også være nødvendigt at behandle emnerne yderligere enten før eller efter påføringen. Ætsning af overfladen; påføring af en grundmaling; flamme-, plasma- eller gammabehandlinger, varmhærdning, dækmaling osv. er alt sammen med til at øge omkostningerne. Endvidere er det sjældent at udgifterne til bortskaffelse af opløsningsmidler og andre kemiske produkter medregnes i de samlede procesomkostninger. Malede/metalliserede emner der kasseres (fx pga. overfladefejl), er dyrere at bortskaffe end ubelagte emner. Dertil kan de ikke efterslibes eller genbruges, og er således mindre miljøvenlige.

En anden ulempe er at mange typer harpiks slet ikke kan males eller metalliseres; og de harpikser som kan, vil ofte have en modificeret formulering som gør prisen på selve basismaterialet højere. Det vil således være langt mere hensigtsmæssigt at løse problemet ved at bruge harpikser som har det ønskede udseende fra starten af og dermed ikke behøver efterbehandling.

I SPE ANTEC® 2010 diskuterede forfatteren [1] temaerne farveevne, konventionel UV-stabilitet, glanskontrol og metalliske effektfarver. I denne artikel vil vi fokusere på metalliske harpikser der overflødiggør maling, testmetoder til bestemmelse af VOC i bilinteriør, udvikling af formuleringer til reducere VOC i kabinen samt problemer ved UV-test af disse formuleringer.

## Metallisk støbefarve Eliminer VOC fra malingen

Maling og metallisering er de mest anvendte metoder til at opnå en metalglansfinish på dekorative dele, og især på krævende dekorative dele som fx bilinteriør eller husholdningsapparater. Plastik med metallisk støbefarve er oftest brugt til mindre betydningsfulde dele såsom flaskecapsler, pennehætter, engangsartikler osv. Plastik med metallisk støbefarve kendetegnes generelt ved at have en lidt kedelig metalgrå farve som ser mere skinnende end egentlig metallignende ud, og som kan have meget synlige mørke pressefolder og svejselinjer alt afhængigt af emnets geometri.

**Tabel 1**

UV-resistens hos metalliske UV-acetalharpiks-copolymer  
Eksponeret efter solmetoden ASTM G 147 (GM9538P)

Prøve	Eksponeringsniveauer			
	30 kL	55 kL	80 kL	105 kL
Satinkrom	0,58	0,97	1,21	0,89
Krom 2	0,20	0,23	0,19	0,11
Sølv 1	0,21	0,21	1,26	0,38
Sølv 2	0,34	0,52	0,28	0,33
Zink 1	0,20	0,95	0,99	0,20
Zink 2	0,33	0,55	0,35	0,10

I acetalcopolymer har man arbejdet på at forbedre de metalliske støbefarvers udseende for på den måde at reducere de synlige svejselinjer og til gengæld øge farvens refleksion. Dette er lykkedes via pigmentteknologi og ved hjælp af formens design samt selve støbe-processen. Aluminiumspigmenter fås typisk i 3 forskellige former: flageformet, linseformet og sfærisk. Flageformede pigmenter karakteriseres ved at have en flad pigmentgeometri med en uregelmæssig kant. Linseformede pigmenter har en fladere geometri med en glat kant, og er, netop pga. den glatte flade overflade, generelt lysere end de flageformede. Lysheden kan øges yderligere ved at polere aluminiumspigmenterne. Sfæriske pigmenter er runde, og giver en mere skinnende end ægte metallisk effekt.

**Tabel 2**

UV-resistens hos metalliske UV-acetalharpiks-copolymer  
Udendørs direkte eksponering SAE J1976

Satinkrom-eksponering	Florida DE*	Arizona DE*
1 år	1,51	1,38
2 år	1,50	1,72

Pressefolder eller svejsesøm opstår når to parallelle polymere flydefronter samles i én del. Svejselinjer opstår når polymere flydefronter mødes frontalt. Disse flydefejl er tilstede pga. emnets design og indløbsposition, og forekommer i såvel ufarvede som farvede harpikser. Overfladefejl er muligvis ikke synlige på de pågældende materialer, men pressefolder og svejselinjer kan forringe kvaliteten. Metalliske pigmenter danner generelt tydelige pressefolder og svejselinjer som forårsager overfladefejl. Metalflagernes orientering kan ændre refleksionsevnen og gøre pressefolder/svejselinjen mere iøjefaldende. Pigmenter med store partikler giver generelt mindre synlige pressefolder/svejselinjer. En bredere partikelstørrelsesfordeling kan også skabe mere markante pressefolder/svejselinjer da de mindre partikler kan være mere koncentreret ved flydefronterne.

**Tabel 3**

Målforbinding til luftkvalitet hos køretøjer

Forbindelse	Målområde ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Ethylbenzen	< 4.000
Xylen	< 900
Tetradecan	< 350
Toulen	< 270
Styren	< 250
Dibutyl phthalat	< 240
Diethylhexylphthalat	< 130
Formaldehyd	< 100
Acetaldehyd	< 150

Når man kombinerer hensynet til metalflagerne med det optimale værktøjsdesign, kan man opnå en matforkromet (satinkrom) finish som efterligner udseendet af malede eller metalliserede dele. I acetalcopolymer kan tonepigmenter også indarbejdes for at opnå en mat krom-, nikkel-, sølv- eller aluminiumsfinish. Disse farver har metallisk glans med eller uden det spættede udseende. Pressefolder/svejselinjer er stadig synlige, men de er ikke mørke, og har typisk samme farve som baggrunden hvilket gør dem mere passable.

Metalliske farvers UV-stabilitet er ligeledes vigtig både i forbindelse med bilinteriør og til eventuelle udvendige applikationer i såvel bilindustrien som andre industrier. UV-teknologi af høj kvalitet kombineret med metalliske formuleringer giver i acetalcopolymer metalliske støbefarver der opfylder OEM-kravene for bilinteriør. Test udført i Atlas' xenonapparat Weather-Ometer® ved hjælp af testmetoderne SAE J2412/J1885, Ford FLTM BO116 – 01 og VW PV1303, udviser alle en fremragende ydeevne over en lang række farver med farvedifferensværdier efter eksponeringen på mindre end 3,0 CIELab-enheder og en AATCC-gråskalacapacitet på 4 eller derover.

**Tabel 4**

Sammenligning mellem UV-testmetoder

	General Motors, Chrysler, andre		Ford U.S.		VW	Honda	Toyota
Testmetode	SAE J2412/1885		BO 116-01		PV1303	HES D6601	TSL0601G
Testudstyr	Xenonlys		Xenonlys		Xenonlys	Xenonlys	Xenonlys
Inderfilter til lampe	Kvarts		Kvarts		Borosilikat	Borosilikat	Borosilikat
Yderfilter til lampe	Borosilikat		Borosilikat		Sodalime	Sodalime	Sodalime
Filterlanterne	Ingen		SF-5		Ingen	Ingen	Ingen
Eksponeringsenergi	1.240,8 kJ/m <sup>2</sup>		3.609,6 kJ/m <sup>2</sup>		1.400 kJ/m <sup>2</sup>	Variierer	800 kJ/m <sup>2</sup>
Eksponeringstid	Ca. 800 timer		Ca. 1.200 timer		Ca. 750 timer 10 cyklusser	Variierer	Op til 1.000 timer
Overflade	Kornet/stiplet		Kornet/stiplet		Kornet	Kornet	Højglans
Bølgelængde	> 270 nm		> 335 nm		> 320 nm	> 320 nm	> 320 nm
Bestrålingskontrol	@ 340 nm		@ 420 nm		@ 420 nm	@ 340 nm	@ 340 nm
Cyklus	Lys	Mørke	Lys	Mørke	Kun lys	Kun lys	Kun lys
Bestrålning	0,55 W/m <sup>2</sup>	–	1,06 W/m <sup>2</sup>	–	1,2 W/m <sup>2</sup>	0,55 W/m <sup>2</sup>	0,55 W/m <sup>2</sup>
Sortpladetemperatur	89 °C	38 °C	89 °C	38 °C	Ikke relevant	89 °C	89 °C
Sort standardtemperatur	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	100 °C	Ikke relevant	Ikke relevant
Tør temperatur	62 °C	38 °C	62 °C	38 °C	65 °C	62 °C	62 °C
Relativ fugtighed	50 %	95 %	50 %	95 %	20 %	50 %	50 %
Cyklustid	3,8 timer	1,0 time	3,8 timer	1,0 time	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
Referencemetode	GM 9538 P		Ingen		Ingen	Ingen	Ingen

For at bekræfte resultaterne i marken foretog man en udendørs accelereret ældning under glas efter testmetoden ASTM G147 (GM 9538P). Til denne test anvendes en sporingsskive, der følger solens bane på himlen over Arizona, hvori prøveemnerne er monteret under uglaseret, lamineret glas. Temperaturen i kassen blev ikke kontrolleret, men der blev registreret en maksimumtemperatur på 102 °C. Der blev testet efter denne metode til en samlet eksponering på 105 kL (kilo Langley). Efter de 105 kL eksponering var de testede prøveemner praktisk talt uændrede. Data ses i Tabel 1.

For til fulde at forstå UV-resistensen hos metalliske acetalcopolymer-farver, eksponerede man satingkrom for direkte sollys i Florida og Arizona ved hjælp af teststandard SAE J1976. Den direkte eksponering blev gennemført ved en vinkel på 5° syd på et prøvestativ uden bagplade. Testforløbet varede 2 år. Efter 2 års eksponering i begge klimaer udviste de eksponerede prøveemner kun små ændringer. Data for farveforskelle ses i Tabel 2.

## Formuleringer med lavt VOC-indhold

Op til dette punkt har diskussionen været fokuseret på at overflødig gøre maling og metallisering af dekorative emner. En del af motivationen for dette er at blive "grøn" ved at fjerne VOC fra malingsprocessen. Især når det drejer sig om bilinteriør, kan vi blive endnu mere miljøvenlige ved også at reducere VOC fra materialer der bruges inde i bilen. VOC fra disse materialer bidrager til "lugten af ny bil", og er muligvis medvirkende årsag til at vinduerne dugger. De fleste OEM-producenter har i årevis haft testmetoder og krav til karakterisering af dug.

Interessen for og efterfølgende test af luftkvaliteten inde i biler startede hos de europæiske OEM-producenter for over 10 år siden. Det er denne forfatters opfattelse at interessen ikke var relateret til en eventuel sundhedsrisiko men nærmere til forsøget på at eliminere lugten af ny bil i kabinen. Dette ses også på indførelsen af adskillige kvalitative luftprøver som fx VDA 270 fra sammenslutningen af tyske bilproducenter. Denne test vurderer materialernes lugt med kategoriseringer som fx "mærkbar, ikke generende" og "meget generende."

Bestemmelse af luftkvaliteten i opholdsrum har i løbet af de sidste 10 år vundet momentum i Japan. Som følge af "de syge bygningers syndrom" udformede det japanske ministerium for sundhed, arbejde og velfærd (MHLW) retningslinjer for indendørs koncentration af 13 VOC'er. Følgende citat definerer denne indeklimasyge:

"Der har været talrige rapporter om beboere i nybyggede eller nyrenoverede huse og bygninger som er ramt af fysiske lidelser forårsaget af den øgede lufttæthed samt brugen af byggematerialer og overfladebehandlingsmaterialer til diverse interiør som indeholder kemiske stoffer der fordampes og forurener luften i rummene. Selvom dette fænomen medfører forskellige symptomer tillige med at mekanismerne, som fx deres opståen, stort set er ukendte og faktorerne er mange og komplekse, kaldes sådanne symptomer med et fælles navn "de syge bygningers syndrom."

**Tabel 5**

**GM 9538P soltest kontra xenonbue SAR J2412**  
**Lav emission, UV-stabiliseret acetalcopolymerharpiks**

Farve	GM-kode	GM9538P 105 kL	SAE J2412 1.240,8 kJ m <sup>2</sup>
Grå	310 N	1,34 / bestået	3,10 / dumpet visuelt
Grå	311 N	0,53 / bestået	2,57 / dumpet visuelt
Grå	312 N	0,58 / bestået	3,87 / dumpet visuelt
Grå	313 N	0,58 / bestået	2,35 / dumpet visuelt
Elfenben	314 N	0,81 / bestået	2,41 / dumpet visuelt
Gulbrun	830 K	0,38 / bestået	2,23 / dumpet visuelt
Gulbrun	831 K	0,54 / bestået	3,16 / dumpet visuelt
Brun	413 K	0,39 / bestået	4,43 / dumpet visuelt
Blå	400 G	2,86 / bestået	2,50 / dumpet visuelt
Rød	4595	0,60 / bestået	4,75 / dumpet visuelt
Rødbrun	108 S	2,30 / bestået	8,81 / dumpet visuelt
Sort	848	1,12 / bestået	0,65 / dumpet visuelt

Sammenslutningen af japanske bilproducenter (JAMA) betragtede bilkabiner som opholdsrum, og arbejdede frivilligt på at definere og reducere VOC-andelen i kabinen endnu før lovgivningen blev vedtaget af MHLW. JAMA's frivillige indsats begyndte med modelårgang 2007. Andre asiatiske lande, inklusive Kina og Korea, fulgte snart Japans eksempel. Amerikanske OEM-producenter evaluerer tingene efterhånden som kravene udvides til også at omfatte køretøjer der eksporteres til disse områder.

VOC-andelen i bilkabiner stammer fra en række forskellige kilder inkl. plastikdele, tæpper, sædebetræk, skum, klæbestoffer, læder, træ, isolering osv. Specifikke forbindelser der bidrager til VOC-andelen inkluderer toluen, xylene, styren, ethylbenzen, formaldehyd, vinylmonomer osv. Bemærk at alle OEM-producenter højst sandsynligt har deres egen liste over relevante forbindelser og niveauer.

VOC-test af bilinteriør er som oftest en tredelt proces. Det vigtigste krav, og det der behandles af JAMA, er test af luftkvaliteten ved køretøjets niveau. I disse test anbringes færdigsamlede biler i et kammer hvorefter der indsamles og analyseres luftprøver som er taget hvor chafførens ansigt ville være (der hvor han trækker vejret). Tabel 3 viser en liste over de mest almindelige forbindelser som indsatsen målrettes mod samt de niveauer der typisk findes ved test af biler. Testvariablerne omfatter temperaturen inde i bilen, tid ved pågældende temperatur og om prøvetagningen foregår med eller uden ventilation.

Testens andet trin udføres på komponent- eller delniveau. Det foregår ved at komponenten eller delen placeres i et kammer eller en pose som herefter varmes op. Prøver af headspace i kammeret eller posen indsamles og analyseres. En almindelig anvendt metode til test i kammer er VDA 276. Test i pose udføres ofte iht. den japanske automobilstandard (JASO) M902. Ved begge metoder opvarmes prøverne til 65 °C i 2 timer. Den opsamlede luft analyseres for VOC.

Det tredje testlag foregår på materialeniveau. Her anvendes test som fx VDA 277 (VOC ved headspace GC) og VDA 278 (VOC ved termisk desorption) til at måle den samlede VOC-andel fra specifikke materialer.

VDA 275 fra sammenslutningen af tyske bilproducenter er en speciel test til måling af formaldehydudledningen fra acetalharpikser. Den udføres ved at der hænges 2 sprøjtetøbte acetalprøver op i en glasbeholder over noget vand der skal absorbere den formaldehyd der afgives fra prøverne. Beholderen opvarmes i en ovn i 3 timer ved 60 °C. Efter afkøling analyseres vandet for formaldehyd ved hjælp af lutidinmetoden, og resultaterne angives som ppm (milliontedel) formaldehyd.



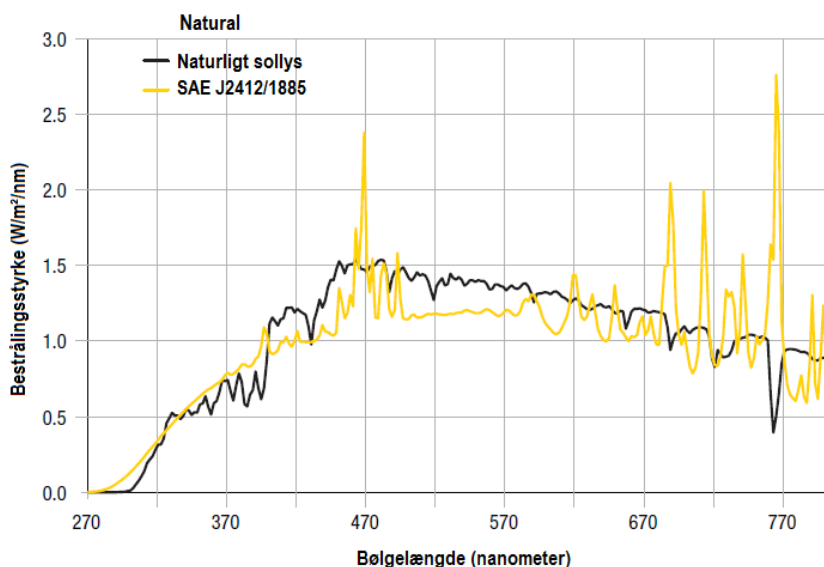
## UV-stabiliseret acetalcopolymer med lav emission

Indtil nu har vi vist at det er muligt at eliminere VOC fra maling og at reducere VOC-andelen i bilkabiner ved at bruge metalliske acetalcopolymer-støbefarver. Det er også vigtigt at reducere VOC-andelen fra konventionelle farver i UV-stabile acetalcopolymer. Man kunne forvente at det ville være en lettere opgave i forhold til de metalliske UV-stabiliserede acetalcopolymer-støbefarver med lav emission. Mens det var forholdsvis simpelt at opnå lave emissioner som testet af VDA 275, var det derimod vanskeligt at vurdere UV-stabiliteten hos disse kvaliteter.

Der er mange forskellige patenterede formuleringer på UV-acetalcopolymer med lav emission. En formulering vil typisk indeholde UV-absorber, ubevægelige amine lysstabilisatorer, antioxidanter, hjælpestoffer, formaldehydmidler og andre co-stabilisatorer. Ved VOC-reduktion iht. VDA 275 ligger emissionen fra konventionelle UV-farver, som tidligere refereret, i området 30-50 ppm eller derover. Ved UV-acetalcopolymer med lav emission i konventionelle farver kan man opleve en reduktion der er 10 gange større med værdier der typisk ligger omkring 3 ppm eller derunder.

### Figur 1

SAE J2412/1885 kontra naturligt sollys



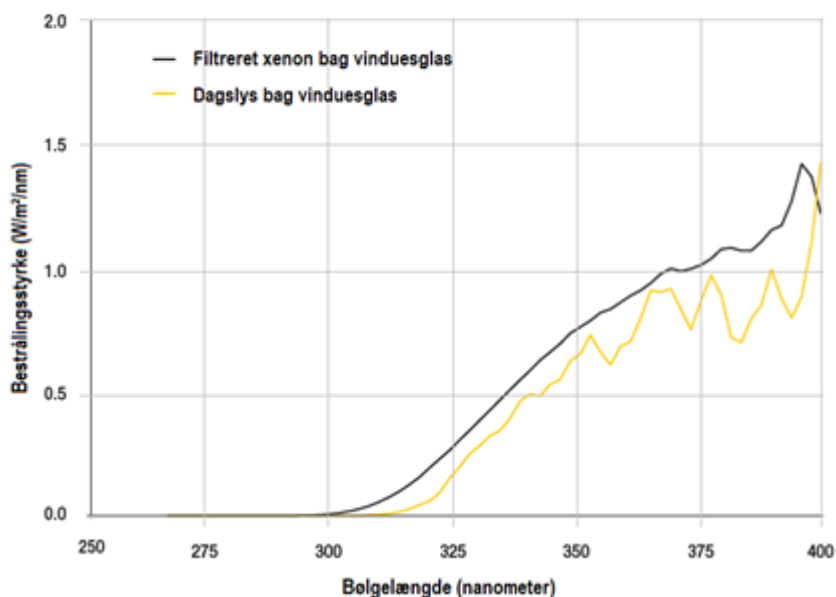
Efter det er lykkedes at begrænse VOC-andelen, er næste skridt at se på farvernes UV-resistens. Testen blev udført med accelereret eksponering for xenonlys indtil 1.240,8 kJ/m<sup>2</sup> efter standardmetoden SAE J2412. Til vores overraskelse var UV-resistensen lav ved brug af denne testmetode, og efter eksponeringen var der en væsentlig farveændring samt forekomst af krakeleringer/mikrorevner ved helt ned til 200 kJ/m<sup>2</sup> eksponering. Herefter fulgte et betydeligt udviklingsarbejde der skulle munde ud i en forbedret UV-resistens efter SAE J2412 uden at VOC-andelen samtidig øgedes. Dette var vigtigt for de amerikanske OEM-producenter som er afhængige af denne testmetode og dens ændringer. Vi opdagede hurtigt at der ikke fandtes en kombination af UV-stabilisatorer og co-stabilisatorer der både kunne optimere UV-resistensen og samtidig holde VOC-andelen nede.

I denne periode markedsførte vi i begrænset omfang en lavemissions-UV kvalitet til én af de asiatiske OEM-producenter på grundlag af deres interne test samt godkendelse i Japan. Der blev ikke rapporteret problemer med UV-resistensen. Baseret på dette blev der foretaget en evaluering af accelererede metoder til UV-test. I Tabel 4 ses en sammenfatning af denne evaluering. SAE J2412/J1885 var den første udbredte accelererede xenonmetode til dekorative dele til bilinteriør. Metoden blev udviklet i slutningen af 1980'erne af fortrinsvis General Motors, og blev hurtigt adopteret af Ford og Chrysler. Eftersom andre OEM-producenter i årenes løb har udviklet deres egne xenonmetoder, har trenden, som det ses i Tabel 4, været at bruge alternative lysfiltreringsmetoder til stort set at eliminere bølgelængder der er kortere end 320 nm. I modsætning til dette har

lyskilden iht. SAE J2412/J1885 bølgelængder helt ned til 270 nm. Brugen af en 320 nm cut-off understøttes af fraværet af kortere bølgelængder i naturligt sollys samt brugen af UV-bilglas som er blevet bedre og bedre i årenes løb. Figur 1 viser den spektrale energifordeling i xenonkilden iht. SAE J2412/J1885 kontra naturligt sollys [3]. Den viser xenonmetodens større mængde og kortere bølgelængder i forhold til sollys. Figur 2 viser den spektrale energifordeling i en xenonlampe med borosilikat inderfilter og sodalime-yderfilter kontra vinduesfiltreret dagslys. Ud fra disse grafer er det tydeligt at se at SAE J2412/J1885 hverken matcher naturligt sollys inde i bilen eller metoderne med 320 nm cut-off.

**Figur 2**

**Borosilikat/sodalime-filtreret xenon kontra vinduesfiltreret dagslys**



De fleste OEM-producenter er afhængige af den accelererede xenonmetode de har valgt til test af bilens langsigtede ydeevne. General Motors validerer dog resultaterne fra den accelererede xenontest med referencemetoden GM 9538P. Denne referencemetode er udendørs eksponering under glas i Arizona, og udføres ved hjælp af en solsporingsskive der accelererer eksponeringen ved at følge solens bane hele dagen. Denne referencemetode korrelerer med det ultimative kriterium for UV-resistensen, og underkender resultaterne fra accelereret xenontest iht. SAE J2412/J1885.

Baseret på hele denne gennemgang stod det klart at vi var nødt til at teste ydeevnen hos den kandiderende UV-stabiliserede lavemissions-acetalcopolymer i en accelereret xenontest med 320 nm cut-off samt GM 9538P. Accelereret xenoneksponering blev udført efter metoderne Ford FLTM BO116 - 01 og VW PV1303. Som forventet iht. den asiatiske OEM-godkendelse var resultatet en fremragende UV-resistens. Farveændringen ( $DE^*$ ) efter eksponeringen var mindre end 1,0 CI-ELab-enheder, og der var ingen krakeleringer/mikrorevner. Dette forklarede hvorfor de asiatiske OEM-producenter, der selv gennemførte UV-test, ikke havde problemer med produktets UV-stabilitet.

Desuden blev GM 9538P gennemført på 12 udvalgte GM-farver som ligeledes blev testet efter SAE J2412/J1885. Tabel 5 viser at mens den accelererede xenonmetode forudså svigt pga. høj  $DE^*$  eller ringe visuel ydeevne, udviser solmetoden en fremragende ydeevne. Resultatet blev forelagt GM-teknikere som forklarede at den accelererede xenonmetode SAE J2412/J1885 i sjældne tilfælde har prognosticeret en falsk fejl efter at man havde fået resultaterne fra soltesten. De indvilligede i ikke at stille krav om en accelereret xenontest og udelukkende forlade sig på data fra GM 9538P. Chrysler fulgte trop med henvisning til ASTM G147. Accelereret UV-test er ikke et problem ved andre OEM-producenter.

## Konklusion

Generelt maler eller metalliserer delleverandører deres produkter hvis det ikke er muligt at opnå den ønskede farve; hvis farven kan opnås men har overfladedefekter; hvis UV-stabiliteten er ringe; hvis glansen er forkert eller hvis metaleffekten ikke kan opnås. Maling eller metallisering kræver en eller flere efterbehandling(er) som gør det nødvendigt at håndtere delene og giver ekstra omkostninger. Malede eller metalliserede dele kan ikke længere efterslibes eller genbruges, og anses ikke for at være "grønne." Det har vist sig at industrielle harpikser kan formuleres på en måde der overflødiggør behovet for maling eller metallisering.

Hvad angår metalliske farver, er det muligt at opnå et matmetallisk udseende der allerede bruges til krævende dekorative emner som fx bilinteriør. Delene inkluderer dørhåndtag, trimkanter, højtalergitre og drejeknapper. Det er kombinationen af formuleringen, støbeformens design og selve processen der gør dette muligt. Besparelserne ligger i området \$ 1-4 pr. del hvilket for én enkelt anvendelse nemt kan løbe op til over \$ 1 million i samlede besparelser. Yderligere har vi vist at det er muligt at fremstille UV-stabiliserede metalliske acetalcopolymer-støbefarver som i væsentlig grad reducerer VOC-andelen i selve materialet. Disse alternativer giver OEM-producenter mulighed for at blive og forblive "grønne" ved at bruge lavemissions-acetalcopolymerformuleringer der overflødiggør maling og for at reducere omkostningerne. Derudover har det vist sig at den konventionelle UV-test af UV-stabiliseret lavemissions-acetalcopolymer med xenonlys SAE J2412 forudsiger falske fejl og derfor ikke er egnede til test af UV-resistensen. Til vurdering af disse kvaliteters UV-resistens anvendes i stedet xenonmetoder med en bølgelængde cut-off på 320 nm eller derover hhv. test med naturlig sol.

## Referencer

- [1] B. Mulholland, *Get Green Without Paint: Molded-in-Metallic Engineering Resins Appearance Applications*, Society of Plastics Engineers, forhandlingsprotokol, ANTEC® 2010.
- [2] *JAMA Voluntary Action Program to Reduce VOCs in Passenger Compartment*, JAMA-rapport nr. 98, JAIA-oversættelse (år ukendt).
- [3] *Sunlight vs. Artificial Light Sources*, brochure, Atlas Material Testing Solutions.

## Datatabeler

Værdierne for produktets ydeevne samt materialedata i denne artikel er enten baseret på en evaluering af prøveemner til laboratorietest, og repræsenterer data som ligger inden for normalområdet af egenskaber, eller de er indsamlet fra forskellige offentliggjorte kilder. Så vidt vi ved, er oplysningerne i denne artikel korrekte; men der er ikke fremsat en erklæring om deres egnethed til specifikke anvendelser til fastsættelse af maksimumværdier, minimumværdier eller værdiområder til specifikke formål.

Farvedata der ses i tabellerne, er beregnet under lystypen "D-65," 10° observatør, spejlgans inkluderet og vist som CIELab-enheder, medmindre andet er angivet.

---

Det føromtalt repræsenterer "proof-of-concept"-data på små reproduktioner, og er tilnærmelsesvis i naturen. Støbte deles egenskaber påvirkes af en lang række forskellige faktorer inklusive, men ikke begrænset til, materialevalg, formuleringer, emnets design, bearbejdningsbetingelser og miljømæssig eksponering. Det er udelukkende brugerens ansvar at bestemme hvorvidt et materiale, en sammensætning eller et design er egnet til et givet formål.