

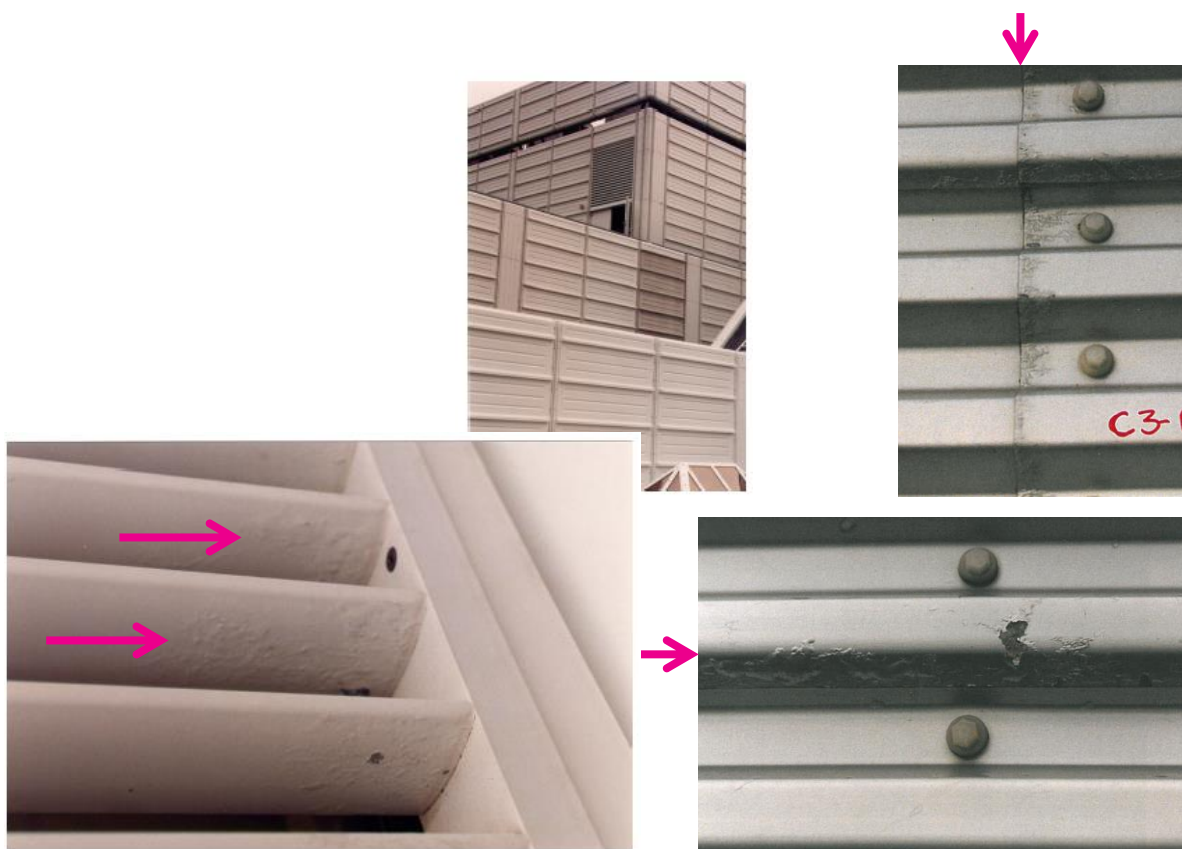
Hvordan unngå korrosjon på pulverlakkert aluminium i bygg?

Astrid Bjørgum, SINTEF Materialer og kjemi

Innledning

En naturlig oksidfilm på overflaten gjør at bart aluminium har generelt god bestandighet, slik at ekstra beskyttelse mot korrosjon ved atmosfæriske forhold normalt ikke er nødvendig. For å oppnå ønsket farge/utseende påføres likevel fasadematerialer i aluminium gjerne lakk- eller maling. Belegg påføres også som ekstra beskyttelse i spesielt korrosive miljø.

For omlag 25 år siden ble det i kystnære og tettbefolkede områder lenger sør i Europa, spesielt i BeNeLux-landene, erfart at lakkert aluminium i bygg ofte var utsatt for korrosjon under lakken. Som bildene nedenfor viser, hadde korrosjonsangrepene et trådformet utseende og har av den grunn fått betegnelsen *filiformkorrosjon* – *FFK*. For å forstå hvorfor filiformkorrosjon skjer, og hvordan denne korrosjonsformen kan unngås ble det på 1990-tallet satt i gang omfattende studier på SINTEF/NTNU i samarbeid med Hydro Aluminium. Denne artikkelen oppsummerer de viktigste erfaringene/konklusjonene fra dette arbeidet.



Filiformkorrosjon på lakkert aluminium i to forskjellige bygg

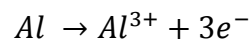
Erferinger fra inspeksjon av bygg

Innledningsvis ble det foretatt inspeksjoner av en rekke bygg i Europa der aluminium var benyttet som fasadematerialer. Resultatene viste filiformkorrosjon som utviklet seg fra bart metall i klippekanter, bend, skrue- og dreneringshull, og eventuelle mekaniske skader i lakken. De grunne angrepene viste at filiformkorrosjon først og fremst er et visuelt problem. I noen tilfeller ble det observert blærer/avskalling av lakken i større eller mindre områder.

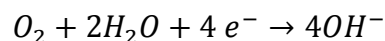
Det ble generelt sett at i ett og samme bygg kunne omfanget av filiformkorrosjon på lakkert aluminium variere sterkt. Sammenhengen mellom korrosjonsomfang og direkte tilgang på salt/klorider (om siden av bygget vender mot sjøen eller ikke), fuktighet og direkte sollys var tydelig. Omfang av filiformkorrosjon var mindre der sola i perioder tørker overflaten. På steder der salt og andre forurensninger avsatt fra atmosfæren ikke vaskes bort med regnvann var det lakkerte materialet generelt mer utsatt for filiformkorrosjon. Dette gjelder spesielt under overbygg ved dører, vinduer og lignende.

Hva skjer når aluminium korroderer?

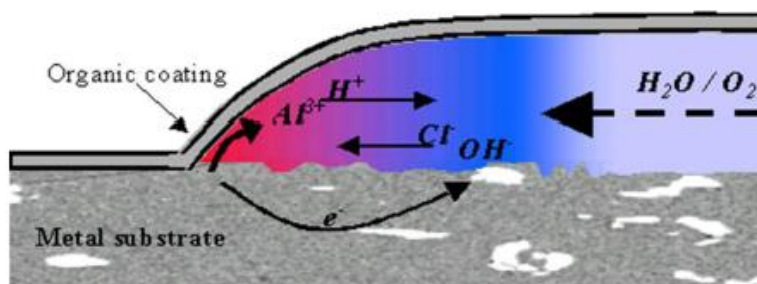
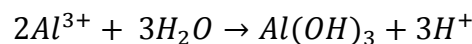
Når aluminium korroderer, løses aluminium og det dannes positive aluminiumioner:



Dette er en elektrokjemisk oksidasjonsprosess. Elektronøytralitet avhenger av at det samtidig foregår en reduksjonsprosess, det vil si at en annen reaksjon danner negative ioner. For aluminium som eksponeres mot luft skjer dette ved at oksygen spaltes:



Denne reaksjonen skjer først og fremst på jernholdige intermetalliske partikler i aluminiumslegeringen. Filiformkorrosjon på lakkert aluminium foregår ved at aluminium løses i spissen av de trådformede korrosjonsangrepene (filament), som illustrert i skissen nedenfor. Aluminiumionene reagerer med vann og fører til en lokal forsuring:

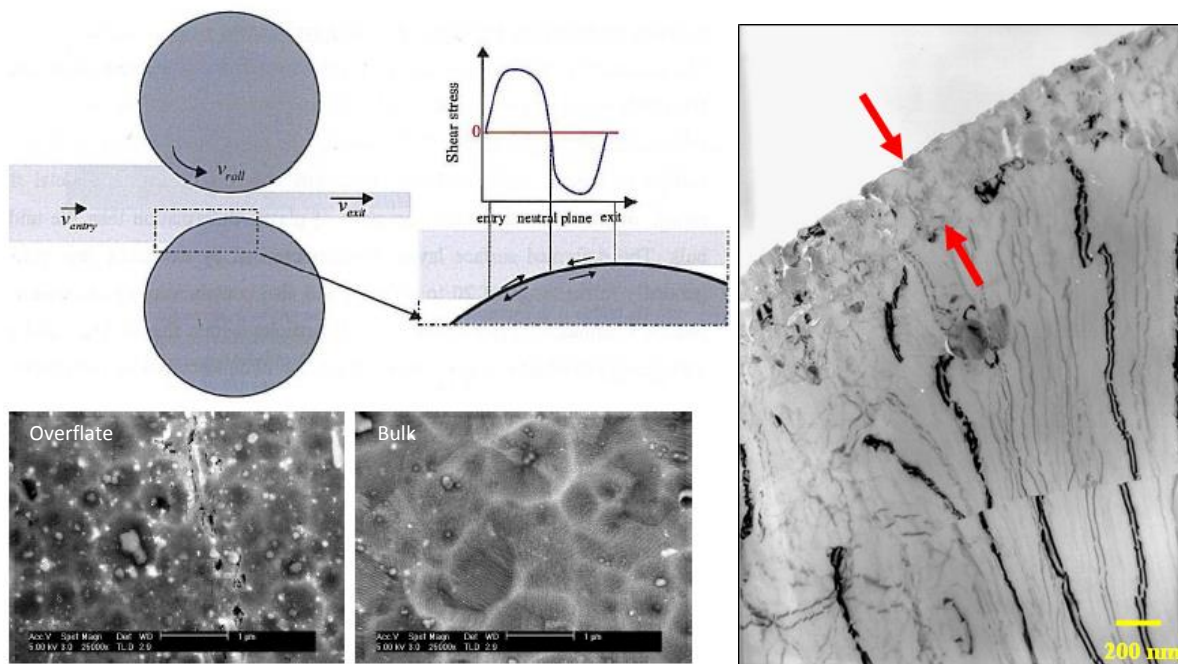


Samtidig fører katodereaksjonen til lokal pH-økning rundt de intermetalliske partiklene. Den naturlige oksidfilmen på aluminium som er ustabil i sure ($\text{pH} < 4$) og alkaliske ($\text{pH} > 9$) løsninger, mister derved sin beskyttende egenskap. I spissen av et filament løsner lakken fra aluminiumoverflaten slik at bart metall blottlegges og korrosjonsangrepet kan utvikle seg videre.

Hvorfor utsettes pulverlakkert aluminium for filiformkorrosjon?

Studiene ved SINTEF/NTNU viste at det lakkerte produktets tilbøyelighet til filiformkorrosjon var avhengig av et sjikt med "deformert" aluminium i overflata. Dette sjiktet blir dannet under "termomekanisk" prosessering av materialet, det vil si valsing og/eller ekstrudering og varmebehandling. Under varmvalseprosessen brytes mikrostrukturen i overflata ned. Det dannes en finfordelt overflatestruktur som inneholder både intermetalliske utfellinger og små oksidpartikler. Oksidpartiklene skyldes at den naturlige oksidfilmen knekkes opp og knas inn i overflata under valsinga. Etter varmvalsing er det dannet et omlag $1 \mu\text{m}$ tykt overflatesjiktet, som avtar i tykkelse for hvert påfølgende kaldvalsetrinn. Erfaringer har vist at for ferdig valset materiale har sjiktet ofte en tykkelse på omlag $0,2 \mu\text{m}$. Dette sjiktet er vesentlig mer reaktivt og mer utsatt for korrosjon enn legeringen ellers.

For å sikre gode korrosjonsegenskaper for det lakkerte produktet, er det avgjørende at det reaktive sjiktet fjernes i forbehandlingsprosessen.



Varmvalsing fører til nedbryting og dannelse av et finfordelt nano-krystallinsk overflatesjikt på aluminium

Hvordan oppnå gode korrosjonsegenskaper for pulverlakkert aluminium?

Før lakkering må aluminium gjennom en forbehandlingsprosess der tilstrekkelig av den ytterste overflaten og det reaktive sjiktet fjernes eller omdannes slik at filiformkorrosjon kan unngås. Både kjemiske og elektrokjemiske (anodisering) forbehandlingsprosesser kan benyttes. Avfetting kombinert med beising/etsing og deoksidering gir oftest tilstrekkelig avvirking av aluminium, men et konversjonssjikt (som kromat eller nyere og mer miljøvennlige sjikt) er normalt nødvendig for å oppnå tilfredsstillende vedheft for lakken. Maskinering eller sliping for å fjerne den ytre overflaten er derimot ikke anbefalt, da mekanisk bearbeiding ofte fører til at nye deformerte og reaktive sjikt dannes.

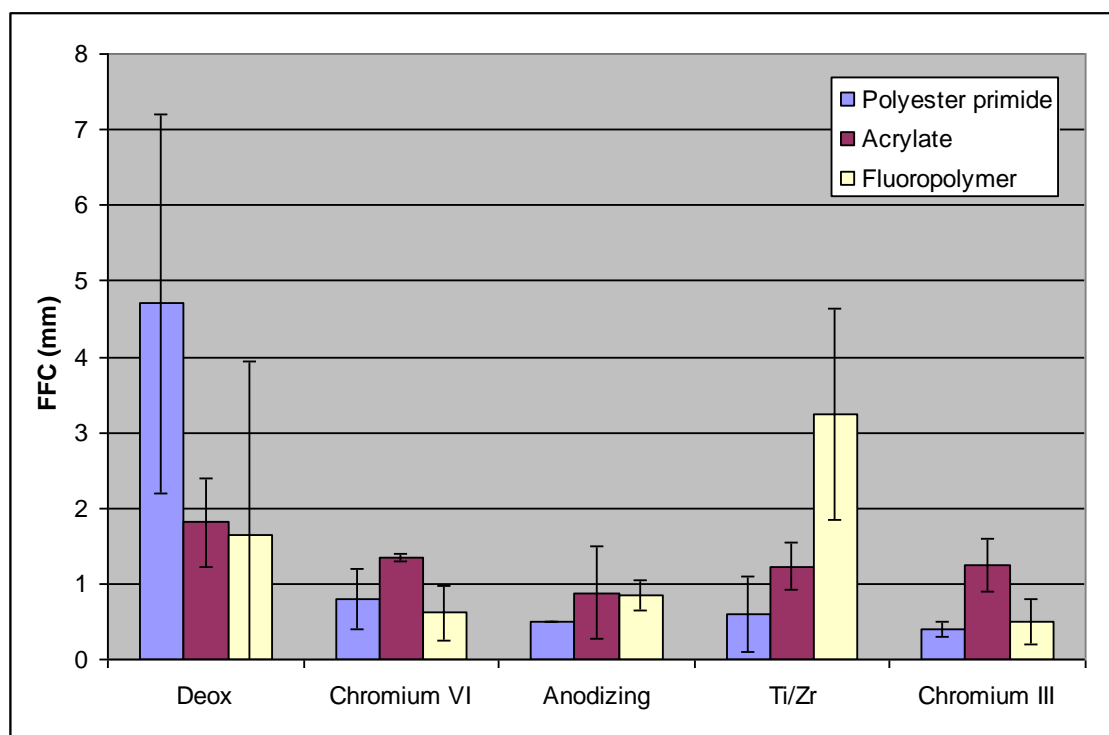
Kromatering er en enkel og robust forbehandlingsprosess som både gir god vedheft og gode korrosjonsegenskaper for det lakkerte produkt. Dette skyldes at aluminium reagerer med seksverdig krom og danner en kromoksidfilm som er stabil både ved svakt sure og alkaliske forhold. Oksidfilmen dekker både aluminium matriks og intermetalliske faser i legeringen. Seksverdig krom er imidlertid både giftig og kreftfremkallende. Av den grunn er det ikke lenger tillatt å benytte seksverdig krom verken i bil- eller elektronikkindustrien. Kromatfrie forbehandlingsprosesser eller anodisering kan være gode alternativ.

Kjemiske forbehandlingsprosesser basert på for eksempel treverdig krom, titan/zirkon (Ti/Zr), fosfat, silan, cerat, molybdat, og permanganat er utviklet. Som ved kromatering, må metallet først igjennom en forbehandling som inkluderer avfetting, etsing og deoksidering. Våre erfaringer har vist at alle prosessene ikke er like godt egnet for lakkert aluminium som skal eksponeres i korrosive strøk, men både treverdig krom- og Ti/Zr-baserte prosesser kan gi svært gode egenskaper. Disse benyttes i dag kommersielt i stadig større grad som erstatning for kromatering. Forbehandlingsprosesser basert på Ti/Zr beskytter ikke aluminium matriks mot korrosjon, men reduserer katodereaksjonen ved at en Ti/Zr holdig film utfelles på intermetalliske faser i legeringen. Sjiktet fungerer først og fremst ved at lakken får bedre heft til aluminiumslegeringa. Ved forbehandling med treverdig krom dannes et oksidsjikt på aluminium som både beskytter substratet mot korrosjon og gir god adhesjon for lakk.

Ved anodisering omdannes aluminium metall elektrokjemisk til aluminiumoksid som avsettes på metalloverflaten. Oksidfilmen beskytter mot korrosjon samtidig som den gir vedheft for lakk. Hot AC anodisering (varm vekselstrømanodisering) er en spesielt effektiv forbehandling for aluminium båndmaterialer. Prosessen kan kjøres ved båndhastigheter på over 100 m/min og kombinerer avfetting, omdanning av det reaktive sjikt og oppbygging av en tynn oksidfilm på aluminiumoverflaten i samme prosesstrinn.

Forbehandling av aluminium som skal pulverlakeres

På SINTEF og NTNU har vi undersøkt egenskapene til ulike aluminiumslegeringer med forskjellige forbehandling og typer lakk med tanke på filiformkorrosjon og lakkens adhesjon. I et tidligere prosjekt ble tre ulike pulverlakker (polyester primide, akryl og en fluorbasert polymer) påført prøver av en AA6060 legering forbehandlet på fem ulike måter (Deox, Cr(VI), Anodizing, Ti/Zr og Cr(III)). Figuren nedenfor viser lengde filiformkorrosjon fra en lakkskade for de ulike prøvevariantene etter testing i laboratoriet. Figuren viser at det er mulig å oppnå god FFK-motstand med de fleste forbehandlingsprosesser, også de nye kromatfrie prosessene. Deox-prøver (kun deoksidert før lakkering, ikke påført konversjonssjikt) viste som forventet størst tendens til FFK. Resultatene viser at prøvene som var forbehandlet med Ti/Zr prosessen, var mer avhengig av lakkens egenskaper enn de andre variantene. Fluorpolymerlakken hadde i utgangspunktet dårligere heft til underlaget enn de to andre lakkene, og var derfor mer avhengig av en robust forbehandling for å gi et godt resultat.



Resultater av FFK-testing av AA6060 med ulike typer lakk og ulike typer forbehandling

Konklusjon

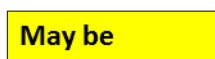
Pulverakkerte fasadematerialer i aluminium kan utsettes for filiformkorrosjon i korrosive områder langs kysten dersom ikke forbehandlingsprosessen før lakkering er tilfredsstillende.

Før lakk påføres, er viktig at forbehandlingen omdanner eller fjerner et tynt, reaktivt overflatesjikt som dannes ved mekanisk prosessering/varmebehandling av aluminium.

Avfetting kombinert med beising/etsing og deoksidering er normalt tilstrekkelig for å fjerne det reaktive overflatesjiktet. For å få tilfredsstillende vedheft må et konverteringssjikt påføres før lakkering. Kromatering er en forbehandlingsprosess som normalt gir både god beskyttelse mot korrosjon og god lakkadhesjon. Siden kromatering er basert på seksverdig krom som både er giftig og kreftfremkallende, har det vært nødvendig å utvikle alternative forbehandlingsprosessen. Vår erfaringer med effekten av ulike forbehandlingsprosesser på lakkert aluminium i miljø med forskjellig korrosivitet er oppsummert i tabellen nedenfor.

Anbefalt bruk av ulike forbehandlingsmetoder i miljø med forskjellig korrosivitet

Pre-treatment	Corrosion class according to ISO 12944				
	1	2	3	4	5
Chromate	OK	OK	OK	OK	OK
Chromium III	OK	OK	OK	OK	OK
Ti/Zr	OK	OK	OK	OK	May be
Cerate	OK	OK	OK	OK	May be
HMF phosphating	OK	OK	OK	OK	May be
Degreasing + deox	OK	OK	OK	May be	No
SAM	OK	OK	OK	May be	No
ZnMn/Fe phosphating	OK	OK	May be	No	No
Silanes	OK	OK	May be	No	No
Altisation	OK	OK	May be	No	No



Artikkelen er laget på oppdrag av Norsk Pulverlakkteknisk Forening – NPLF