



Vikten av korrekt specifikation för metallbeläggningar på stål

White Paper Januari 2024

Inledning

Stål spelar en stor och viktig roll i dagens samhälle. Broar, vägräcken, högspänningsmaster och solenergianläggningar är bara några exempel på produkter i stål som är nödvändiga för vår vardag.

För att få en lång och underhållsfri livslängd på stålkonstruktioner skyddas de ofta med varmförzinkning. Varmförzinkat stål används inom en mängd olika sektorer och industrier, från byggnadskonstruktioner till jordbruk, och är särskilt viktigt för konstruktioner och komponenter som utsätts för fukt och ogynnsamma väderförhållanden.

Stålkonstruktionernas beständighet och korrosionsmotstånd beror dock helt på vilken typ av varmförzinkning som används, eftersom olika typer av zinkbeläggningar har olika skiktthicklek, och just tjockleken har visat sig ha en direkt inverkan på stålets livslängd och beständighet i olika miljöer. Tillverkare av komponenter som används i dessa olika applikationer har länge insett de betydande fördelarna med att varmförzinka sina produkter efter att de har tillverkats, så kallad styckvis varmförzinkning eller styckeförzinkning, av färdiga produkter. Vid denna typ av förzinkning sänks produkten ned i bad av smält zink, vilket ger en relativt tjock, seg och nötningsbeständig zinkbeläggning.

Eftersom den styckvisa varmförzinkningen innebär en metallurgisk bindning av zink till stål, är fördelarna med denna teknik uppenbara. Exempel på styckvis varmförzinkade konstruktioner med lång livslängd påträffas över hela världen; i transmissionstorn, byggnader, brosektioner och andra kritiska strukturer, där många har mer än 50 år i drift.

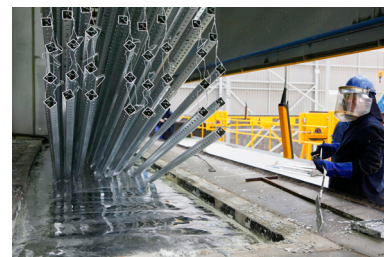
Styckvis varmförzinkning är en relativt enkel process som är lätt att kvalitetskontrollera. Tjockleken på den bildade zinkbeläggningen är regelbunden, förutsägbar och enkel att specificera, samt är en av få beläggningar som helt och hållet definieras av en internationellt väletablerad standard (EN ISO 1461). Förutom att ha en låg livstidskostnad och att vara miljömässigt hållbar erbjuder styckvis varmförzinkning den överlägset största motståndskraften mot mekaniska skador under hantering, lagring, transport och montering - en viktig faktor när stålkonstruktioner ska transporteras till olika platser runt om i världen.

Det har vid olika tillfällen gjorts ett antal initiativ för att utveckla nya typer av zinkbeläggningar, men ingen har visat sig vara lika effektiv eller kunna uppnå livslängder motsvarande de hos styckvis varmförzinkat stål. Skikt bildade vid elförzinkning är till exempel relativt tunna och har ingen metallurgisk bindning mellan zink och stål. Termiskt sprutade zinkbeläggningar är inte helt täta och kan behöva en efterbehandling, medan zinkrika färger har begränsad skyddsförmåga jämfört med metalliska zinkbeläggningar.

Ibland tillverkas stålkomponenter av så kallad förbelagd tunnplåt, ett plåtmaterial där ett tunt zinksikt appliceras genom en kontinuerlig process. Metoden innefattar beläggning med zink eller zinklegeringar och det är möjligt att belägga plåt, band eller tråd. Vid denna teknik passerar stålet kontinuerligt genom ett bad av smält zink, och när produkten svalnar blåses överskotts-zinken bort så att ett tunt lager av zink eller zinklegering kvarstår på ytan.

Användningen av förbelagd plåt för att tillverka komponenter är i allmänhet begränsad till användning i inomhus eller icke-aggressiva miljöer, på grund av att beläggningen är relativt tunn och har en begränsad metallurgisk bindning till stålet. Som en jämförelse tenderar de typiska tjocklekarna på styckvis varmförzinkade produkter att vara mellan 55 och 200 mikrometer, medan skiktthickleken hos de förbelagda produkterna vanligtvis ligger mellan 5 och 25 mikrometer. Detta gäller även för de nyligen introducerade ZM-beläggningarna. Att beläggningen sker före tillverkning av produkten innebär att formning sker efter ytbehandlingen, vilket påverkar skiktet, liksom att skärning och svetsning skapar obelagda och därför oskyddade områden.

På senare år har dock vissa stålproducenter försökt att öka användningen av den förbelagda plåten genom att göra små tillsatser av aluminium och magnesium till beläggningen - så kallade "ZM"-kvaliteter. Tillverkare av ZM-klassade förbelagda stål försöker avleda uppmärksamheten från sina tunnare beläggningar och problemen med obelagda skärkanter genom att hänvisa till accelererad laboratorieprovning och korttidsexponeringar som ger en överskattad bild av prestandan hos dessa typer av beläggningar.



Vid varmförzinkning enligt standarden EN ISO 1461 appliceras zinksiktet efter tillverkning av stålkomponenten, för att säkerställa fullständig täckning både utvändigt och invändigt och på alla kantytor hos produkten.

Det är välkänt att accelererad provning inte är lämpligt vare sig för jämförelser mellan olika typer av zinkbeläggningar eller för att förutsäga den verkliga livslängden vid fullskaleexponeringar. Att inkludera resultat från dessa testmetoder i kommersiell information har lett till felaktig, förvirrande och vilseledande information om ZM-beläggningars livslängd och prestanda.

Syftet med detta dokument är därför att förklara varför styckvis varmförzinkning är det optimala korrosionsskyddet, och att presentera en korrekt och tillförlitlig bild av verklig prestanda och förväntad livslängd, så att slutanvändare kan fatta ett välgrundat beslut gällande korrosionsskydd. I efterföljande avsnitt kommer detta dokument därför att

- 1) korrigerar och förtydliga påståenden kring skärkantensfrågan och "självläkande" effekt hos ZM-beläggningar
- 2) analysera användningen av accelererade testmetoder och utvärdera deras verkliga relevans för korrosionsprestanda, och
- 3) undersöka korrosionsbeteendet och beständigheten för varje beläggningstyp i en rad olika miljöer

Risk för korrosion på skärkanter

Eftersom styckvis varmförzinkning sker efter det att komponenten tillverkats, blir konstruktionen belagd med ett tåligt skikt både utvändigt och invändigt. Detta innebär att konstruktionen är redo för omedelbar användning. Ingen ytterligare behandling som målning, bättring eller inspektion är nödvändig och installationen kan påbörjas omedelbart – vilket förkortar ledtiden vid olika installationsprocesser.

En produkt tillverkad av förbelagd plåt kommer att ha skurna kanter som inte har skyddats, vilket leder till ett snabbare korrosionsförlopp och ful rödrost runt utsatta och oskyddade områden. Beläggningsskador uppstår med största sannolikhet i kanterna, där skydd ofta behövs som mest.

Vid styckvis varmförzinkning uppstår inte detta problem eftersom processen innebär fullständig täckning genom nedsänkning av produkten i zinksmältan, vilket säkerställer att alla ytor, hål, kanter och inre områden täcks och skyddas, även svåråtkomliga hörn.

Trots påståenden om motsatsen innebär problemet med skärkanter en stor svaghet för användning av ZM-beläggningar och medför i slutändan att användarna kan förvänta sig att se rost på skärkanterna redan vid leveransen av produkten när de specificerar denna beläggningstyp.

För att lugna kundernas oro när det gäller korrosionsangripna skärkanter har leverantörer av ZM-produkter använt sig av ett antal olika förklaringar. Det hävdas till exempel att en "självläkande" effekt uppstår i ZM-beläggningen genom bildandet av en skyddsfilm över ytan, och att denna film gradvis kommer att täcka och skydda den skadade kanten eller området. Dessutom ges ofta försäkringar om att denna självläkande effekt kommer att uppstå i alla typer av naturliga miljöer om det underliggande stålet skärs, perforeras eller repas.

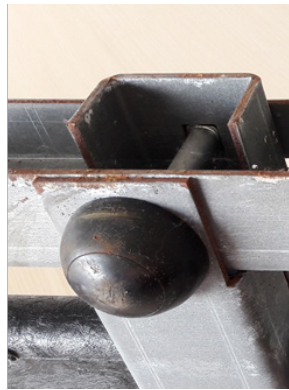
Det finns dock ett antal faktorer som påverkar relevansen av de här påståendena - främst att initieringshastigheten och varaktigheten av den självläkande effekten i hög grad påverkas av miljöns aggressivitet.

I miljöer med begränsad korrosion har liten eller ingen självläkning observerats i många fall. Detta framgår av figur 1 och figur 2, som visar prover av ZM-belagt stål med obelagda skärkanter efter en kort exponeringsperiod.

Figur 1



Figur 2

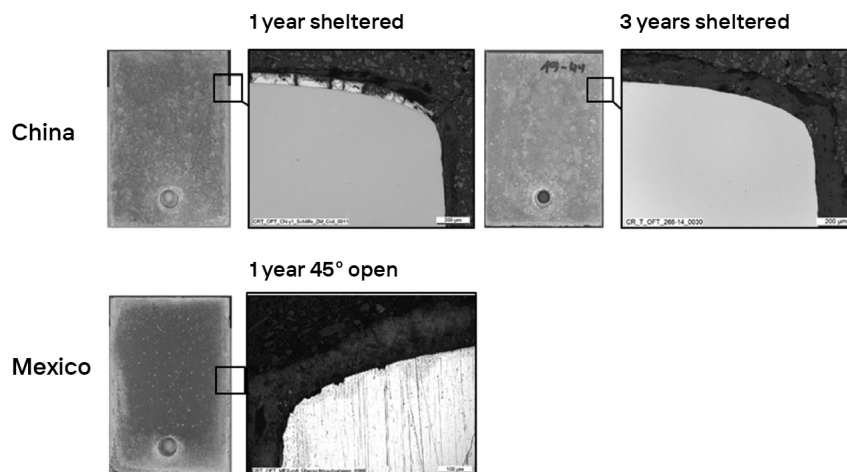


Självläkande effekt för plåttjocklekar större än 2 mm, där den katodiska effekten minskar på grund av den låga tjockleken hos ZM-skitten, är särskilt tveksamt om miljön inte är tillräckligt aggressiv för att skapa en galvanisk cell. Användare av ZM-belagda stål har rapporterat att rödrost fortfarande kan ses efter 25 månader på gods där självläkning förväntats, om produkten är placerad i en miljö med låg korrosionspåskänning.

Mer oroande är kanske att för ZM-stålprodukter i mer aggressiva miljöer, som har mycket skärkanter och begränsad belagd yta, kan zinkförbrukningen som sker för att skydda skärkanterna leda till att beläggningen i stort sett förbrukas. Detta utgör ett betydande problem för produkter med stor oskyddad kanyta och låg skiktjocklek.

I sin studie av korrosion hos ZM-beläggningar i en marin miljö observerade Tomandl et al¹ att ZM-beläggningar intill skurna kanter var helt förbrukade inom tre år på en testplats i Kina och efter ett år på en testplats i Mexiko (Figur 3). Författarna till den aktuella rapporten drog slutsatsen att: "...på prover med en tjocklek av 2 mm existerar inte längre katodiskt skydd vid de skurna kanterna efter omvandling av skiktet 2-3 mm från kanten..." och att "...enligt denna utvärdering kan långtidsskydd vid skärkanterna endast förväntas på prover placerade i områden med mycket låg korrosivitet..."

Figur 3



Figur 4

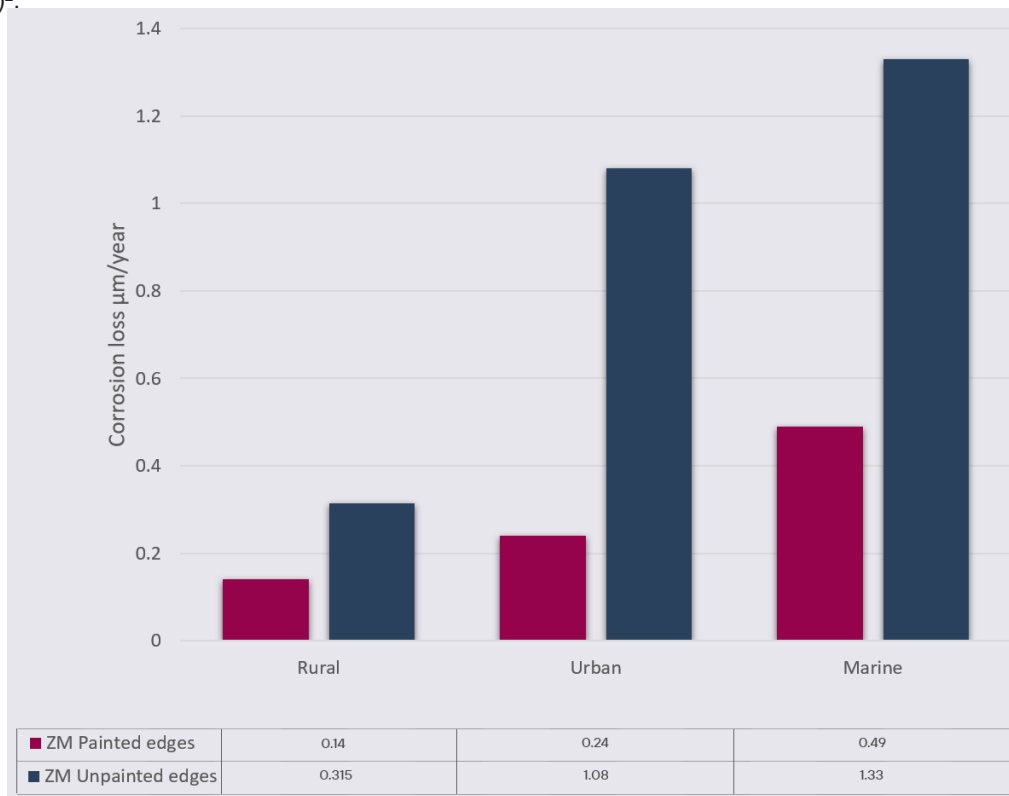


Det är tydligt att oskyddade skurna kanter har en hög inverkan på korrosionshastigheten för ZM-beläggningar i områden som gränsar till snittkanterna (Figur 4).

Dessa effekter är dolda i de flesta av de rapporterade korttidstesterna för ZM-beläggningar. Avskurna kanter och baksidan av testplåtarna som används vid exponeringsprovning utomhus skyddas i allmänhet antingen med tejp eller med färg.

Testmetoden utesluter därmed all inverkan av skurna kanter på korrosionen hos testplåtarna – vilket är en betydande avvikelse från verkligheten för många stålprodukter där ZM-beläggningar används. Den tydliga effekten av skyddade skärkanter har visats i en femårig atmosfärisk exponeringsstudie utförd i Japan, vilken visade en tydlig skillnad i korrosionsprestanda med respektive utan målning av de skurna kanterna (Figur 5)².

Figur 5



Bristande tilltro till den påstådda självläkande effekten återspeglas också i de garantier som erbjuds för ZM-belagda stål, då det ofta anges att den visuella effekten och missfärgningen av ytan på grund av avrinning från skärkanten inte omfattas av garantin, vilket inte heller korrosion i skador som repor eller bucklor som kräver reparation gör.

Missledande resultat vid accelererad provning

Korrosionsprestandan hos styckvis varmförzinkade produkter är omfattande dokumenterad – baserat på både fältexponeringar och erfarenheten av produkter och konstruktioner som har övervakats under hela sin livstid. Livslängden för en styckeförzinkad beläggning är därför mycket förutsägbar och står i direkt proportion till skiktets tjocklek och korrosionshastigheten i en given miljö.

Bristen på långtidsdata för ZM-produktens prestanda i utomhusmiljöer har fått leverantörer att använda sig av accelererade testmetoder, som t ex det kontroversiella neutrala saltspraytestet. Dessa accelererade tester har använts i jämförande syfte – trots tydlig vägledning i ISO-standarder att testerna aldrig ska användas för att jämföra eller rangordna prestanda hos olika materials korrosionsbeständighet, och inte heller som ett sätt att förutsäga långsiktig prestanda.

Dessa tester har ingen relevans för verkliga exponeringsförhållanden och ändå har de använts flitigt för att marknadsföra ZM-belagda stål.

Även mycket små variationer i förhållandena vid den accelererade provningen kan ge upphov till prestandaskillnader mellan beläggningar på upp till 10 gånger. Denna siffra har utnyttjats för att hävda att ZM-beläggningar kan hålla närmare 10 gånger längre än konventionella zinksjikt – ett antagande som är helt felaktigt.

En prestanda som skulle vara "10 gånger bättre" uppnås endast med accelererad provning i miljöer med orealistiskt hög saltkoncentration. Ett helt annat resultat skulle erhållas genom att sänka NaCl-koncentrationen i testet, vilket är anledningen till att ISO-standarderna säger att sådana tester aldrig ska användas för jämförelser mellan material.

Genom att titta närmare på denna orealistiska testmetod avslöjas ytterligare varför resultatet inte överensstämmer med verkligheten. Proverna som testas sätts in i en temperaturkontrollerad kammare där en salthaltig lösning med temperaturen 35°C sprutas ut som en mycket fin dimma. Eftersom sprayningen är kontinuerlig är proverna konstant våta, utan cyklisk torkning. Proverna utsätts därför ständigt för korrosion, vilket inte sker i verkligheten, och förhindrar metaller som zink från att bilda en skyddande passiv film, vilket är fallet vid verklig exponering.

För att ytterligare illustrera denna fenomen genomförde det franska laboratoriet CETIM på uppdrag av EGGA ett accelererat test på både styckvis varmförzinkade och ZM-belagda stålkomponenter. I detta standardtest, ursprungligen utvecklat av Volvo, ingår inte klorider vid exponeringen. Resultaten visade att de styckvis varmförzinkade proverna uppvisade överlägsen korrosionsprestanda i detta test (Figur 6). Detta motiverar naturligtvis inte användningen av accelererad provning för jämförelse av metalliska beläggningar, men det illustrerar tydligt att valet av testbetingelser har mycket stor inverkan på resultaten av sådana tester.

Figur 6.



Figur 6: Resultat av accelererad korrosionsprovning (i frånvaro av klorider) av ett styckvis varmförzinkat prov (vänster) och ZM-belagt stål (höger) efter 10 cykler.

Tyvärn utgör användningen av saltspraytest som utgångspunkt för valet av skyddande beläggningar för stål fortfarande ett allvarligt problem. Trots att begränsningarna hos testet är välkända hos dem som är insatta i korrosionsprovning används det fortfarande för att främja användningen av beläggningar med egenskaper som ger gynnsamma resultat vid den här typen av provning. Även om snabba testmetoder kan verka lockande så finns det inget substitut för korrosionsdata som genereras från långtidsexponering och fullskalestudier.

Korrosionsbeteende och korrosionsbeständighet

Som förklarats ovan skiljer sig beteendet hos metallbeläggningar under verkliga förhållanden avsevärt från deras beteende vid accelererad provning, eftersom laboratorieförhållanden aldrig speglar den verkliga miljön och specifika testförhållanden kan vara särskilt aggressiva (eller icke-aggressiva) för en viss typ av beläggning.

I verkligheten kan varierande temperaturer, nederbördsvolym, luftfuktighetsnivåer, föroreningsbelastningar eller avstånd till havet alla ha en avgörande effekt på det totala korrosionsbeteendet. Dessa parametrar är nästan omöjliga att återskapa vid accelererad provning.

Eftersom allt fler användare har börjat inse att accelererad provning är missvisande när man jämför ZM-stål med skikt bildade genom styckvis varmförzinkning, har kortvarig fullskaleexponering utförd under ett fåtal år använts för att kommunicera relativ prestanda. Men även dessa studier kan vara mycket missvisande om de extrapoleras för att motsvara en långvarig exponering. För att ge tillförlitliga resultat är ett eller två år långt ifrån representativt för att återspegla långsiktig prestanda.

I tester som ofta åberopas vid marknadsföring av ZM-beläggningar är korrosionshastigheten för skikt bildade vid styckvis varmförzinkning betydligt högre under det första året. Det är viktigt att vara medveten om att detta inte är ett korrekt sätt av återge långtidsprestanda eftersom styckeförzinkningen under efterföljande år av exponering har mycket lägre korrosionshastigheter och förblir mer stabila än ZM-beläggningar, främst på grund av att en stabil patina bildas på ytan.

Studier visar att under de första åren av provning är korrosionen hos det styckeförzinkade skiktet betydligt högre än hos det ZM-belagda stålet, något som ändras när ett stabilt korrosionsförhållande har uppnåtts. Detta beror på att under det första exponeringsåret kommer ett styckeförzinkat skikt inte att ha utvecklat sin skyddande patina. Omvänt kommer magnesiumfasen hos ZM-beläggningarna att bli utarmad med tiden, men ge ett positivt bidrag under de första åren. Det mest vetenskapligt korrekta tillvägagångssättet skulle vara att utelämna de första årens data i alla långtidstest för zink och zinklegeringar, och istället fokusera på senare data som ger en bättre indikation på verklig prestanda i ett längre perspektiv.

Det som beskrivits ovan är entydigt accepterat inom korrosionsvetenskapen och stöds av en mängd långtidsdata gällande atmosfärisk exponering av styckeförzinkade produkter. Att inkludera de första årens exponeringsresultat återspeglar inte verkligheten i ett längre perspektiv, vilket leder till missvisande slutsatser vid jämförelse mellan styckeförzinkade produkter och ZM-beläggningar.

I en artikel av Thierry et al (2019) beskrivs ett världsomspännande exponeringsprogram med resultat för en 4-årig exponering, vilket har använts vid marknadsföring av ZM produkter. Tyvärr inkluderar dessa resultat även första- och andraårsdata. Dock rapporteras korrosionshastigheter för enskilda år i samma publikation, vilket möjliggör omräkning av korrosionshastigheterna för styckeförzinkning och ZM-beläggningar för de mer relevanta senare exponeringsåren. Dessa beräkningar indikerar att prestandaförhållandet mellan styckvis varmförzinkning och ZM-belagt stål förändras markant när jämförelsen baseras på de senare två åren och inte de första två åren. Det finns en betydande risk att förvränga den långsiktiga prestandan när sådana studier inte tolkas och kommuniceras på rätt sätt.

Styckeförzinkning efter tillverkning enligt EN ISO 1461 säkerställer fullständigt skydd av alla ytor hos en konstruktion med en skiktjocklek som är optimal för ett långvarigt skydd av produkten.



Exponeringsprogrammet som det rapporteras om i artikeln av Thierry et al (2019)⁵ indikerar också att för några av platserna är korrosionsprestandan för ZM-belagda stål under de senare två årens tester mycket lik den för HDG-belagda stål vilket framgår av tabell 1.

Tabell 1: HDG/ZM-prestandaförhållande (korrosionshastighet) beräknat för utvalda platser från det världsomspännande exponeringsprogrammet, baserat på Thierry et al (2019)

Exposure sites	After 1 st year	After 2 years	After 4 years	Last 3 years	Last 2 years	Classification
Cadiz	2.4	2.3	1.6	1.4	1.3	Marine/Urban
Kvarnvik	2.5	4.3	2.1	2.0	1.1	Marine
Singapore	2.7	2.5	2.0	1.7	1.5	Marine/Urban
Wanning	2.8	3.2	1.9	1.6	1.1	Marine
Average	2.6	3.07	1.9	1.67	1.25	

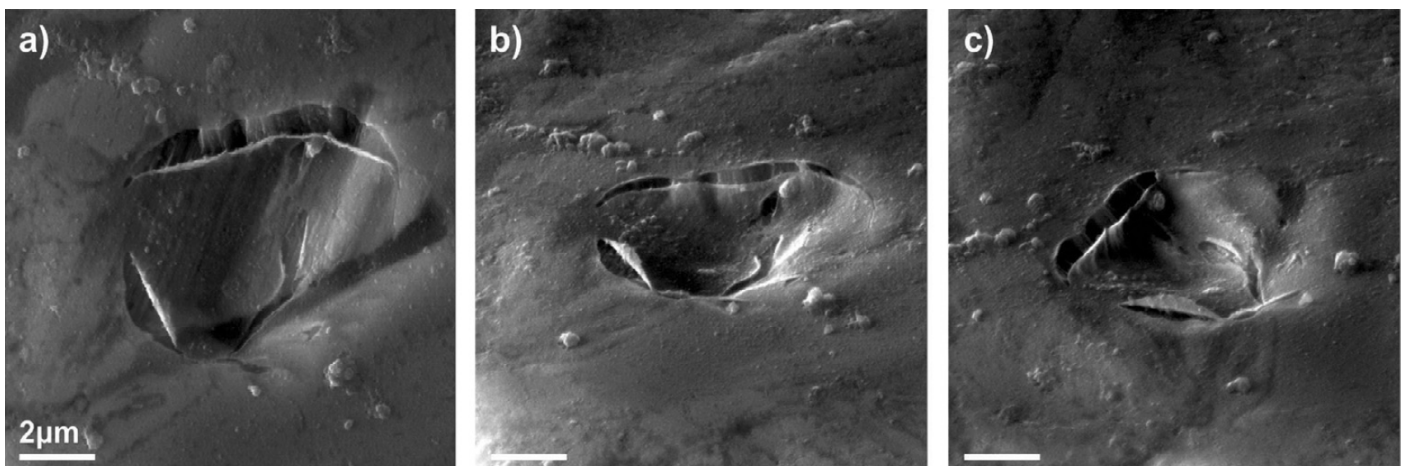
När korrosionen hos ett material ska utvärderas avlägsnas korrosionsprodukten som bildats från materialets yta och vägs, vilket ger ett mått på hur mycket materialet korroderat. Här är det ytterst viktigt att rätt metod används, så att ett representativt resultat erhålls. Det har visat sig att standardproceduren som används för att avlägsna korrosionsprodukten inte ger ett rättvisande resultat när det gäller ZM-beläggningar. Enkelt uttryckt tar den så kallade "glycinmetoden", som vanligen används, inte helt bort de korrosionsprodukter som skapats från belägningens aluminium- och magnesiumfaser. I den senaste versionen av ISO 8407 (den internationella standarden för metoder för att ta bort korrosionsprodukter vid den här typen av tester) uppmärksammas detta problem och det anges att "glycin-metoden" inte är lämplig för att bedöma korrosionsförluster för ZM-belagda stål. Det här innebär att uppskattningarna som visas i Tabell 1 med stor sannolikhet underskattar korrosionen hos ZM-stålen och överskattar dess prestanda jämfört med de styckeförzinkade beläggningarna.

Oförutsägbarheten och osäkerheten över den verkliga korrosionsprestandan hos ZM-belagda stål beror främst på de olika mikrostrukturerna av zink, aluminium och magnesium som finns i dessa beläggningar. Det hävdas att ZM-beläggningarna innehåller zinkdendritter omgivna av en ternär fas av zink, aluminium och intermetallisk $MgZn_2$, som är mer aktiv i den galvaniska serien än zink och som företrädesvis kommer att korrodera för att skydda stålet. I verkligheten finns det ingen enhetlig korrosion av ZM-belagt stål. De magnesium- och aluminiumrika gränsszonerna förbrukas först. I områden med defekter eller i ojämna områden finns en överhängande risk för att groppfrätning uppstår och att skiktet förbrukas fullständigt.

Vid korrosionen angrips först gränsszonerna, som är rika på magnesium och aluminium, följt av de zinkrika kornen. Detta faktum stöds av analys med EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) som visar en allvarlig utarmning av magnesium och zink på ytorna.

Figur 7 visar bilder från svepelektronmikroskop vid olika lutningsvinklar hos en bildad korrosionsgrop som fortfarande är täckt av ett tunt lager av den ursprungliga ZM-beläggningen. När det gäller styckeförzinkat gods är korrosionsprocessen mer stabil och jämn över tiden.

Figur 7



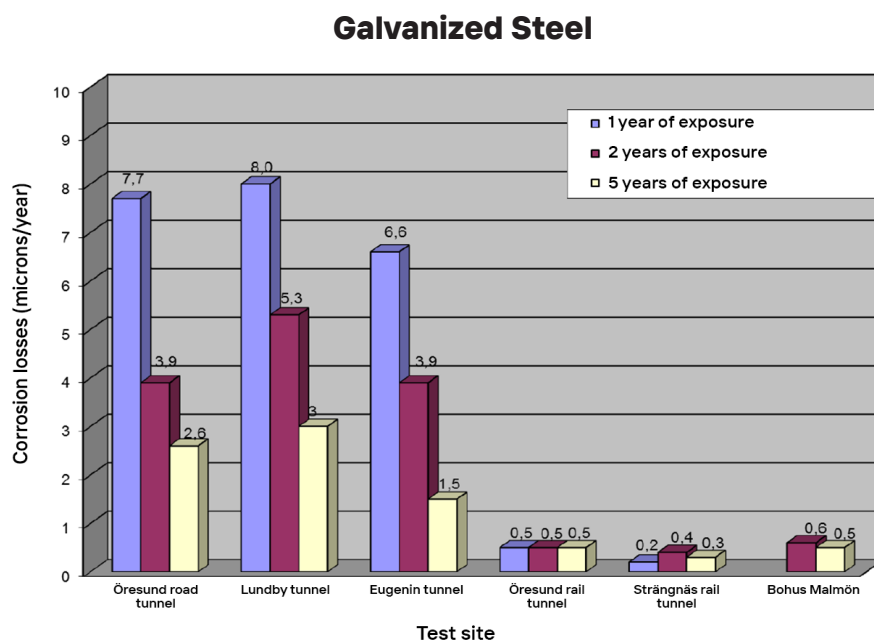
Korrosion i specifika miljöer

Tunnlar

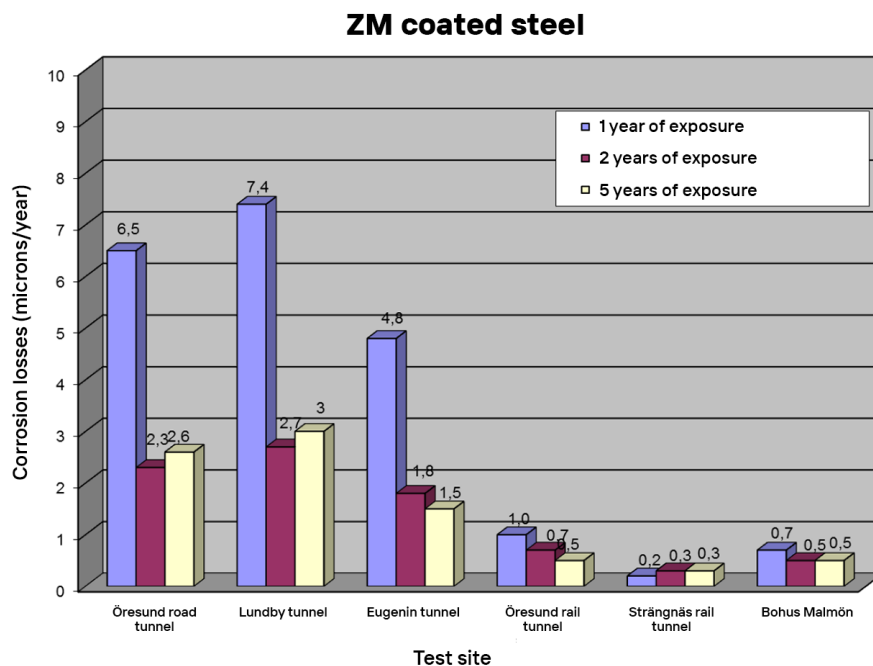
I ett uppdrag för infrastrukturprojektet "Förfärd Stockholm" bistod forskningsinstitutet RISE Trafikverket med utarbetandet av korrosionsrelaterade krav på material och beläggningar för användning i vägtunnlar.

Resultaten av utförda tester visas i figur 8 och figur 9.

Figur 8



Figur 9



Dessa tester visade ingen signifikant skillnad i korrosionshastigheten för styckevis varmförzinkat respektive ZM-belagt stål. Den förväntade prestandan bestämdes därför av beläggningstjockleken, vilket visas i tabell 2.

Tabell 2

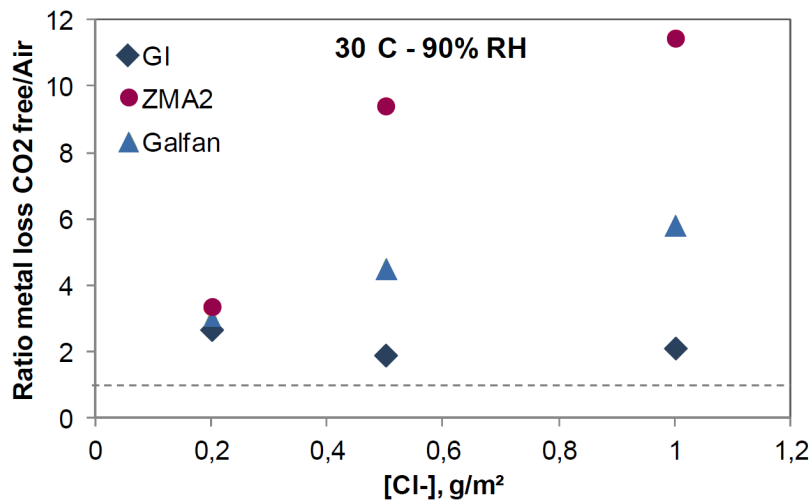
Microns/yr based on 5 yr exposure	Road Tunnel 1	Road Tunnel 2	Road Tunnel 3
Galvanized	2.6	3.0	1.5
ZM Steel	2.6	3.0	1.5
Expected life (yrs) Galvanized (85 microns)	33	28	57
Expected life (yrs) ZM 310 (24 microns)	9	8	16

Instängda utrymmen och överlappande ytor

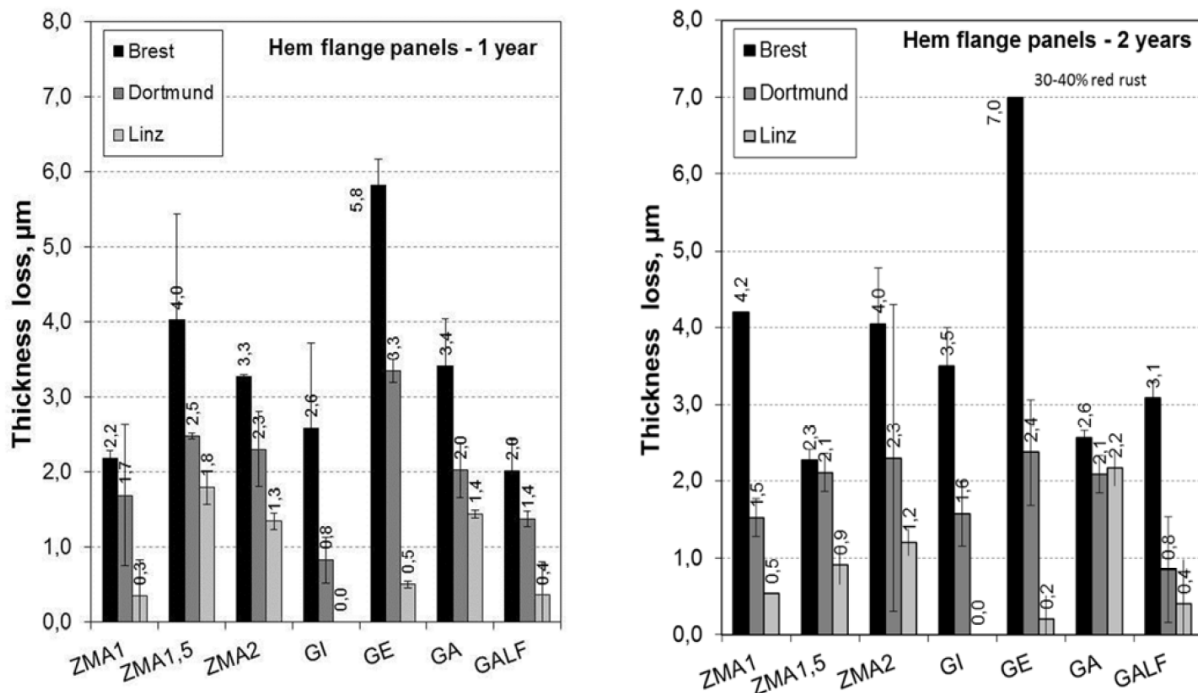
Korrosionsförlusten hos konventionella zinkbeläggningar på produkter i trånga utrymmen, eller med överlappande ytor, är ungefär dubbelt så hög jämfört med en öppen exponering. Detta förhållande har dock visat sig vara betydligt högre för ZM-beläggningar, som har visat en metallförlust som är upp till 12 gånger högre under samma omständigheter. Detta illustreras i figur 10.

I ett liknande test av prestandan hos beläggningar i ett instängt utrymme (kallas nedan i figur 11 för "hem flang panels"), förlorade ZM-beläggningar 4 av totalt 7 mikrometer på två år.

Figur 10



Figur 11



Kontakt med betong

Även prestandan för ZM-beläggningar i betong har överskattats baserat på tester utförda i laboratorier. Ett exempel på ett icke-representativt test av korrosionsförloppet i betong är ett fall där en mycket låg beläggningstjocklek, 20 mikrometer, på ett styckvis varmförzinkat skikt valdes för jämförelse, vilket exponerades i en lösning med hög alkalinitet under 12 veckors laboratorieprovning. I verkligheten är alkaliniteten i betong endast hög under de första 24-48 timmarna, tills det att betongen härdat, därefter sjunker pH-värdet. När vi tittar på beteendet hos styckvis varmförzinkade produkter i betong kan vi se att en liten del av beläggningen förbrukas under de första timmarna tills betongen härdat, men eftersom skiktjockleken normalt är hög så är den återstående beläggningen mer än tillräcklig för att ge ett långvarigt skydd. När det gäller ZM-beläggningar innebär dock den låga beläggningstjockleken att den återstående tjockleken, efter den initiala korrosionen, kan vara otillräcklig för att ge skydd under längre tider.

Nötningsbeständighet i ökenmiljöer

Även när det gäller nötningsbeständighet refereras det till korttidstester (tvååriga), där nötningen hos ett styckeförzinkat skikt visat sig vara högre jämfört med en ZM-beläggning. Skikt bildade vid styckvis förzinkning är normalt välkända för sin höga nötningsbeständighet tack vare de hårda, kompakta järn-zinklegeringsfaserna i beläggningen. Dessa järn-zinklegeringsskikt sitter dock under ett mjukare yttre lager av ren, metallisk zink. I ett korttidstest är det inte troligt att de nötningsståligena legeringsskikten exponerats, utan enbart den mjukare renzinken, vilket innebär att legeringsskiktets bidrag till god nötningsbeständighet inte kunnat tillgodoräknas. Återigen ger ett korttidstest en missvisande indikation på den långsiktiga prestandan.

Intressant nog har det rapporterats att korttidstester av ZM-stål i ökenmiljöer har visat ovanligt höga korrosionsförluster under perioder som inkluderar betydande sandstormar. Detta har tillskrivits den relativt mjuka ZM-beläggningen.

Jordbruksmiljöer

Korttidstester på ZM-stål för att bedöma korrosionsprestanda i stallmiljöer har återopats i marknadsföringsmaterial för ZM-stål. Testerna har utförts i en "basisk" miljö med ett pH-värde på 11,7. Men pH-värdet som förekommer i en stallmiljö skiljer sig väsentligt från dessa antaganden och är mycket närmare en sur miljö, där ZM-beläggningar inte skulle fungera annorlunda än det styckeförzinkade skiktet. Dessutom genomfördes även dessa tester under en kort period, 24 timmar, vilket är otillräckligt för att en skyddande patina ska hinna utvecklas på en styckeförzinkad produkt.

Formning

Formningen av de ZM-belagda stålen som sker under produkttillverkningen innebär också vissa begränsningar. ZM-beläggningar erbjuder för närvarande sämre formbarhet jämfört med den förbelagda tunnplåt där skiktet enbart består av zink. Detta på grund av att de spröda faserna i ZM-beläggningsen kan leda till sprickbildning i kraftigt deformerade områden.

Det finns en risk att korrosionsbeständigheten försämras när sprickorna öppnar upp plåtytan. För att minska risken kan formningsverktyget behöva anpassas till materialet. Figur 12 illustrerar dessa problem mer i detalj.

Figur 12

Effect of forming on ZM coated steels

Zn-Al-Mg coating after bending through 2 x section thickness



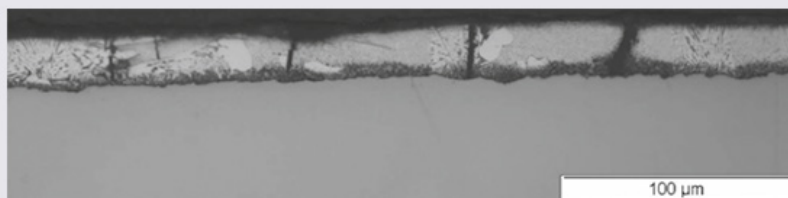
Source: Nisshin Steel, Galvatech 2011

Zn-Ai-Mg coating after 180° bending (without mandrel)



Source: CENIM, Spain

Zn-Ai-Mg coating at formed area of typical highway guard rail



Source: CENIM, Spain

Schuerz¹⁰ et al visade att vid en nivå på 5 % plastisk deformation är sprickor synliga på ytan i en ZM-beläggning. Vid 10 % deformation passerar sprickorna genom beläggningen och når stålet. Längden och öppningen hos dessa sprickor ökar med deformationsgraden och är förknippade med närvaron av den ömtåliga intermetalliska fasen MgZn₂ i ZM-beläggningarna.

Figur 13

Fig 13a : Surface image of sample 3 at 7% elongation

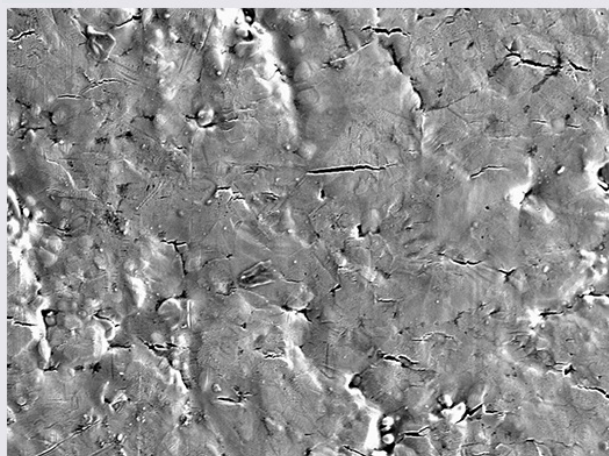
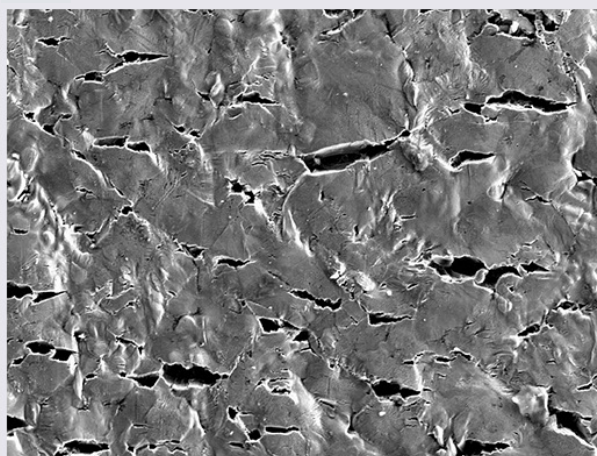


Fig 13b : Surface image of sample 3 at 27% elongation



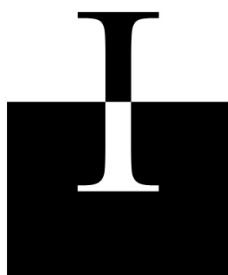
Sammanfattning

I detta dokument har ett flertal tester, data, forskning och kommersiell information gällande styckvis varmförzinkning samt ZM-beläggningar utförligt undersökts och utvärderats.

Vi har beskrivit de många fördelar som styckvis varmförzinkning innebär, och bemött merparten de påståenden som framförts angående ZM-belagda stål, för att förtydliga och korrigera marknadsföringsinformation som under en tid varit vilseledande och förvirrande för beställare och slutanvändare.

Efter utvärderingen är det tydligt att prestanda, beteende, livslängd och korrosionsbeständighet hos styckvis varmförzinkade produkter är överlägsen förbelagd tunnplåt i en mängd olika tillämpningar — även när tunnplåten är belagda med den senaste serien av ZM-beläggningar.

Vi anser att transparens och tillförlitlighet i alla forsknings- och testprocesser som används för att utvärdera beläggningsprestanda är ytterst viktigt. Syftet är att säkerställa att beställare och slutanvändare har tillgång till pålitlig, korrekt, beprövad och heltäckande information för att kunna fatta ett välgrundat beslut när det gäller att välja rätt korrosionsskydd för stålkonstruktioner som exponeras i olika miljöer.



EN ISO 1461

Referenser

Figure 1	Associazione Italiana Zincatura, Italy
Figure 2	Galvazinc, France
Figure 3	Reference 1, Figure 9, page 1291
Figure 4	Reference 1, Figure 10, page 1291
Figure 5	Japan Galvanizers Association (Reference 2)
Figure 6	EGGA-CETIM study results
Figure 7	Reference 7, Figure 6, page 331
Figure 8	Reference 8, Figure 45, page 51
Figure 9	Reference 8, Figure 46, page 52
Figure 10	Reference 3, Figure 73, page 83
Figure 11	Reference 3, Figure 36, page 47
Figure 12	Reference 9, Fact 4
Figure 13	Reference 11, Figures 8, 9 17, 18, 19, Pages 338 and 340

References

1. A. Tomandl, E. Labrenz, The corrosion behavior of ZnAlMg alloys in maritime Environments, *Materials and Corrosion* 2016, 67, No. 12, p. 1286
2. H. Shibayama, Y. Takedomi, Comparative performance of galvanizing with continuously applied Zn-Al-Mg coatings. Results of exposure tests in Japan, 24th International Galvanizing Conference Intergalva, Liverpool, 2015
3. European Commission, EUR 26323 – Advanced zinc-based hot dip coatings for the automotive application (AUTOCOAT), Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-34587-6, Luxembourg, 2013
4. Research report VOLVO VCS 1027:33719 (2005) Climate ageing test for various zinc and zinc alloy coatings (CET0144715_PV_FINAL_01_b_EN), CETIM, 2017
5. D. Thierry, D. Person, G. Luckeneder, K.H. Stellnberger, Atmospheric corrosion of hot dip galvanised steel and zinc magnesium aluminium coated steel, 11th International Conference on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet (Galvatech), Tokyo, 2017
6. European Commission, EUR 27718 - Durability of adhesively bonded surfaces finished galvanised steels in corrosive environments (DURADH), Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-54690-7, Luxembourg, 2014
7. J. Duchoslav, M. Arndt, R. Steinberger, T. Keppert, G. Luckeneder, K.H. Stellnberger, J. Hagler, C.K. Riener, G. Angeli, D. Stifter, Nanoscopic view on the initial stages of corrosion of hot dip galvanized Zn-Mg-Al coatings, *Corrosion Science*, Volume 83, 2014, 327–334
8. Research report Corrosion and corrosion protection of metallic materials in tunnels (KIMAB-2014-113), KIMAB, 2014
9. Technical Factsheet Batch hot dip galvanizing and continuously coated ZM grade steels – a true comparison, EGGA, 2013
10. Susanne Schürz, Korrosionsverhalten von Zn-Al-Mg-beschichtetem Stahlband, PhD thesis, Montanuniversität Leoben, 2010
11. H. Zunko, A. Hackl, H. Antrekowitsch, R. Ebner, R. Brisberger, F. Priewasser, C.K. Riener, Analyse des Umformverhaltens von Zn-Al-Mg-Beschichtungen, Springer-Verlag, BHM, 154. Jg. (2009), Heft 7, 334-341
12. Commercial brochure, PosMAC® 3.0 POSCO Magnesium Aluminium alloy Coating product, Published August 2018

European General Galvanizers Association

14-16 Reddicroft
B73 6AZ
United Kingdom

www.egga.com
Email: mail@egga.com



© 2024 EGGA

22/01/2024