

# Korrosionsbeskyttelse med zink

## Stykvis varmforzinkning (stykkforzinkning)

Ved stykvis varmforzinkning dyppes stålkonstruktionerne ned i et bad af smeltet zink, og der opstår en kemisk reaktion mellem stålet og zinken. Der opbygges et legeringslag, som sikrer en yderst god vedhæftning. Det heldækkende lag dannes på alle konstruktionens overflader, både udvendige og indvendige. Laget har en yderst god modstandsdygtighed og giver konstruktionen en stærkt forøget levetid. Lagtykkelsen styres af valget af stål og dyppetid og ligger normalt i området 55-215 µm. Lag, der er dannet ved denne proces, må bruge kvalitetsmærket i figur 1, som angiver, at belægningen er dannet i overensstemmelse med EN ISO 1461-standardens.



## Kontinuerlig varmforzinkning af tyndplader

I den kontinuerlige proces passerer en tyndplade gennem et zinkbad, og der opbygges et lag på stålet, som senere anvendes til at fremstille produkter. Zinkbadet kan enten bestå af i princippet ren zink med meget små legeringstilsætninger, eller det kan være legeret med højere niveauer af andre metaller, såsom f.eks. aluminium.



EN ISO 1461  
Figur 1.

## ZM-stål

De seneste år er mængden af varmforzinkede materialer i bade løbende steget, som udover zink indeholder cirka 3,5 % aluminium og 3 % magnesium. Disse kaldes normalt ZM-stål og sælges under forskellige mærkenavne. Da belægningen påføres i en kontinuerlig proces, inden produkterne fremstilles, skal laget modstå en vis deformation, hvilket kan være problematisk, hvis det er legeret med stoffer, der danner sprøde intermetalliske faser. Derudover er alle skære- og skærekanter af et sådant produkt ubelagte uden et beskyttende lag.

## Selvhelende effekt

Det siges ofte, at zink som korrosionsbeskyttelse har den fordel, at det giver katodisk beskyttelse i tilfælde af skader i zinklaget, en fordel, som vi ofte ser fungere godt ved mindre skader på et produkt, der har gennemgået stykvis varmforzinkning. I dette tilfælde er der på grund af den massive lagtykkelse masser af zink på produktet, og det område, der skal beskyttes, er ligeledes begrænset i størrelse.

Det er imidlertid mere tvivlsomt, om man udelukkende kan stole på den selvhelende effekt til at beskytte alle afskårne kanter og huller ved et kontinuerligt belagt produkt. For at den selvhelende effekt, som er baseret på galvanisk korrosion, skal fungere, kræves der en vis korrosivitet i det miljø, hvor produktet bruges. I et mindre korrosivt miljø opbygges der ikke et passivt lag inden for rimelig tid, og der kan evt. konstateres rød rust på de ubelagte overflader, figur 2. Hvis miljøet derimod er mere aggressivt, opstår den galvaniske korrosion som forventet, men på bekostning af beskyttelsen af pladeoverfladen nær de ubelagte områder, hvilket bevirker, at disse mister zink og begynder at korrodere.

## Accelereret korrosionstest

ZM-stålets korrosionsegenskaber rapporteres ofte ud fra resultaterne af en accelereret korrosionstest, normalt i salttåge. Materialer, der testes med denne metode, placeres i et temperaturkontrolleret kammer, hvor en saltopløsning med en temperatur på 35°C sprøjtes ud som en meget fin tåge.

Da sprøjtningen sker kontinuerligt, er prøverne konstant våde og uden cyklisk tørring. Prøverne udsættes derfor konstant for korrosion, hvilket ikke sker i den virkelige verden, og forhindrer metaller som zink i at danne en beskyttende passiv film, som det er tilfældet ved reel eksponering.



Figur 2. ZM-stål med ubelagte skærekanter, hvor den selvhelende effekt ikke har kunnet beskytte overfladerne.

På grund af magnesiumtilsætningen i ZM-stålet udviser det større modstandsdygtighed over for denne kunstige eksponering, hvilket er blevet brugt til at markedsføre det som "bedre end varmforzinket stål" og til at begrunde, at det giver tilsvarende eller bedre beskyttelse på trods af den lave lagtykkelse.

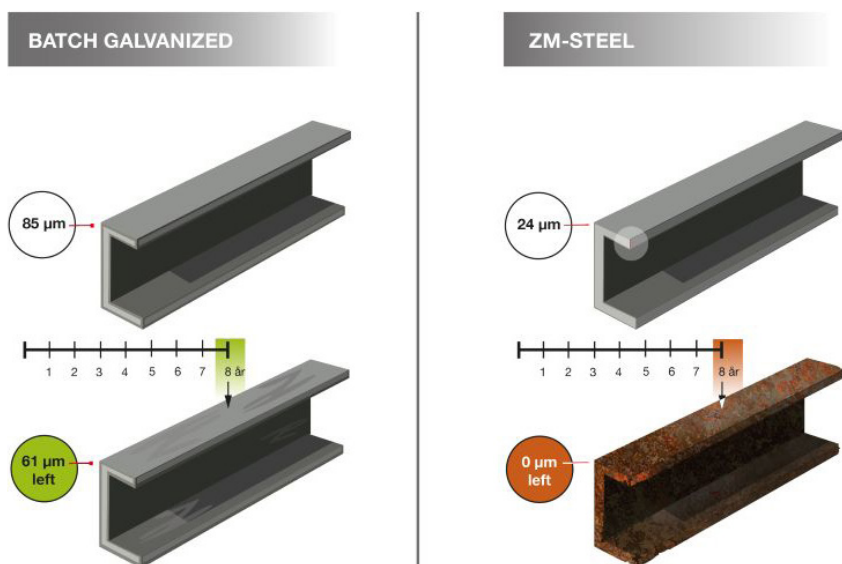
## Studier i fuld skala fra den virkelige verden

I en opgave for infrastrukturprojektet "Förbifart Stockholm" hjalp forskningsinstituttet RISE den svenske trafikstyrelse, Trafikverket, med at udvikle korrosionsrelaterede krav til materialer og belægninger til brug i vej tunneler. I denne undersøgelse blev der monteret testpaneler af forskellige materialer i en række vej tunneler, som anses for at udgøre et aggressivt miljø for de fleste metaller og overfladebelægninger. Der blev taget prøver til videre analyse efter 1, 2 og 5 år. Som det fremgår af figur 4 og 5, viste disse tests ingen større forskel i korrosionshastigheden for hhv. stykvis varmforzinket og ZM-belagt stål. Det stykvis forzinkede stål har et lidt højere korrosionstab i begyndelsen af eksponeringsperioden, før den beskyttende patina er opbygget, men efter 5 års eksponering er korrosionshastigheden den samme for begge materialer, og den forventede levetid vil derfor afhænge af lagtykkelsen, som det fremgår af tabel 1.

| Microns/yr based on 5 yr exposure           | Öresund tunnel | Lundby tunnel | Eugenia tunnel |
|---------------------------------------------|----------------|---------------|----------------|
| Batch galvanized steel                      | 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 micron)      | 9              | 8             | 16             |

Tabel 1. Forholdet mellem korrosionshastighed, lagtykkelse og levetid for hhv. varmforzinket og ZM-belagt stål<sup>1</sup>.

Corrosion rate 3 µm/year



Figur 6. Undersøgelsen viste, at korrosionshastigheden for det stykvis forzinkede stål og ZM-stålet var den samme efter et par års eksponering, og at det, der bestemmer belægningens levetid, er lagtykkelsen<sup>1</sup>.

### Formning

Formningen af det ZM-belagte stål, som finder sted under produktfremstillingen, medfører også visse begrænsninger. ZM-belægninger giver i øjeblikket dårligere formbarhed sammenlignet med den forbehandlede tyndplade, hvor laget kun består af zink. Det skyldes, at de sprøde faser i ZM-belægningen kan føre til revnedannelse i stærkt deformerede områder.



Figur 7. Da formningen af produktet finder sted efterfølgende, er der risiko for revner i ZM-laget.

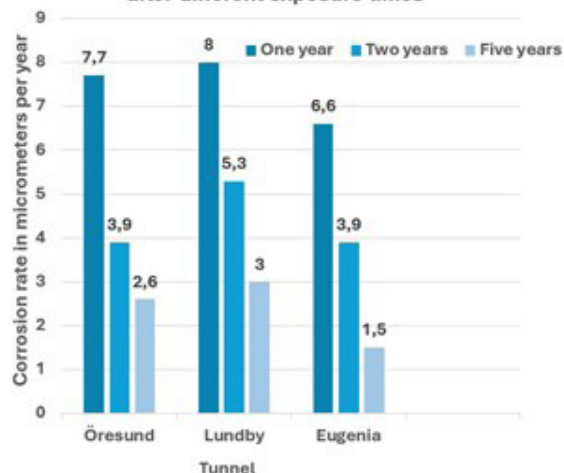
### Nogle af de mange fordele ved stykvis varmforzinket stål:

- Stykvis varmforzinkning giver en korrosionsbeskyttelse, der er veldokumenteret gennem en stor mængde pålidelige data fra eksponeringer i mange forskellige typer af miljøer over meget lange tidsperioder. Disse resultater er betydeligt mere informative end dem, der er indhentet fra accelererede tests, da disse ikke afspejler virkelige forhold.
- Stykvis varmforzinkning giver en fuldstændig dækning, både udvendigt og indvendigt, på alle overflader af en konstruktion.
- Stykvis varmforzinkning giver katodisk beskyttelse ved mindre skader, hvilket betyder, at det ikke er nødvendigt at udføre reparationer.
- Stykvis varmforzinkning gør det muligt at belægge alt fra små befæstningselementer til store, kraftige konstruktioner.
- Stykvis varmforzinkning giver et modstandsdygtigt, slidstærkt lag.
- Stykvis varmforzinket stål er et robust materiale, der kan demonteres, lægges på lager og derefter bruges i nye konstruktioner.
- Stykvis varmforzinket stål kan forzinkes igen, når det oprindelige lag er brugt op, såkaldt genbrug, hvilket i stigende grad efterspørges i den cirkulære økonomi.
- Ved genbrug af en varmforzinket konstruktion genvindes zink og stål i én og samme proces.

<sup>1</sup>References:

EGGA, "The Importance of the Correct Specification of Metallic Coatings for Steel" White Paper 2024, J. Engblom, B. Sederholm "Recommendations for material selection in tunnel environments – Final report" KIMAB – 2020 – 12408-6, L. Sjögren, J. Engblom and B. Sederholm, "Inspection of tunnels as a basis for corrosion-related material requirements for the Stockholm Bypass" - Swerea KIMAB 12371:2".

Corrosion rate for batch galvanized steel after different exposure times



Figur 4.

Corrosion rate for ZM steel after different exposure times

