© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

COMBI COAT- KORROSJONVERN FØR BERGBOLTAR

Kåre Johan Eikrem, ØRSTA Stålindustri A/S, Örsta.
Kennert Röshoff, BEMEK AB, Vällingby.

Sammendrag

I de senere år er det blitt fokusert mer i bruk av korrosjonsvern på bergbolter p.g.a. økte krav til levetid og kvalitet på anleggene.

Det er gjenomført en del langtidstester slik at man etterhvert vet forholdsvis mye om forskjellige korrosjonsvern. Imedlertid mangler det en kartleggningsmanual på miljøsiden.

Sammenligner en de ulike former for vernesystem, viser det seg at en varmforsinket endeforankret bolt, er rimeligere enn å benytte en ubehandlet sementgyst bolt. En bør derfor bli mer bevisst når det gjelder bruk av sementmørtel slik at dette i hovedsak benyttes når det ligger geologiske forhold til grunn for støpe inn hele bolten.

I rapporten beskrivs COMBI COAT- et korrosjonsvern bestående av varmforsinket og termoherdande plast belegg. Resultatet blir et mekaniskt solid belegg med stort motstand mot korrosjon.

Korrosjon generelt

Store verdier går tapt hvert år p.g.a. korrosjon.
Enkelte har antydet 10-15 milliarder bare i Norge. Det er derfor selvsagt at gode vernesystemer vil ha stor betydning for å redusere disse tapene.

Korrosjon oppstår fordi malmen er omdannet til metall ved energitilførsel, og den får derfor en ustabil tilstand i et høyere energinivå. I korrosjonsprosessen forsøker metallet å frigjøre tilført energi og gå tilbake til den stabile tilstand. Et fuktig miljø er nødvendig for at dette skal skje.

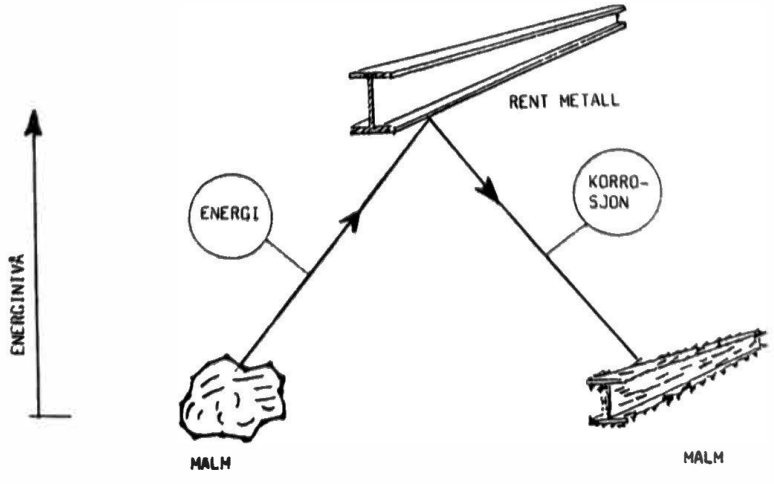


Fig. 1. Fra malm til stål og tilbake til malm.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

For å hindre korrosjon på stål, er det nyttet forskjellige metoder ofte motivert av å hindre tilgang av fuktighet, f.eks. fett, voks, maling, pulverlakk m.v., eller ved overtrekk av et metall med høy korrosjonsmotstand. Katodisk vern kan og brukes, men er lite aktuelt på bergbolter

Korrosjonsvern av bergbolter

Det mest vanlige vernesystem på bergbolter er idag varmforsinking. Varmforsinking er en utbredt prosess som ble patentert så tidlig som 1837. Sinken legges på med en tykkelse på ca. 0,1 mm (100 µm), den er relativt billig, ca. 7-8 kr/kg, og den har stor motstand mot korrosjon i de fleste miljø.

Det er en kjensgjerning at en del miljø med høy fuktighet og stor konsentrasjon av svoveldioksyd og klorider, er svært korrosive. Disse korrosjonselementer finnes i alle sjøtunneler, men også i en del andre fjellanlegg. I tillegg kan spesielle bergarter gi svært alkaliske eller sure miljø.

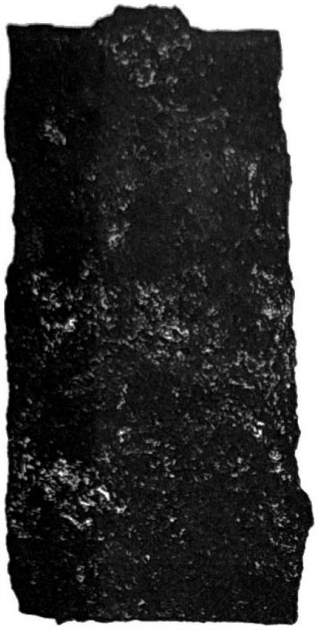
I disse miljø kan det anbefales et tilleggsvern som virker sammen med grunnsystemet (VZn) ved å gi dette et stabilt, tett og isolerende belegg. Tradisjonelt er maling brukt til dette, men den har for dårlige mekaniske egenskaper samtidig som at den er for lite bestandig og tett.

Imidlertid har pulverlakk-prosessen og ikke minst forbehandlingssystemene, blitt videreutviklet de siste år til å bli et svært aktuelt alternativ på stykkgods. Dette belegget består av en termoherdende plast som danner et mekanisk solid belegg med svært stor motstand mot korrosjon. Kombinert med sink kan det antydes levetider på 1,5 til 3 x ($L_{VZn} + L_{pl}$) der L_{VZn} og L_{pl} er de separate levetidene på varmforsinking og pulverlakk hver for seg. Dette gunstige resultatet oppnås fordi pulverlakken isolerer sinken slik at fuktighet ikke slipper til; og dermed hindres underkorrosjonen. Dette fenomenet er også kjent ved maling på sink, men maling er et mer porøst og svakt belegg enn pulverlakk.

Varmforsinking med tilleggsvern av pulverlakk har fått benevnelsen Combi Coat - og for å få bekreftelse på hvilken kvalitet dette belegget har som korrosjonsvern, er det utført en akselerert korrosjonstest ved SINTEF avd. Marintek.
Testen er utført i salttåkekammer (ASTM-standard B-1117) og gikk over 12 mndr. (ca. 9000 timer).

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Bildene viser prøveplater fra korrosjonstesten.



Ubehandlet

Varmforsinket

Combi Coat
(Varmforsinket og pulverlakkert)

Kommentar til bildene.

Ubehandlet plate	: Sterkt korrodert, ca. 50% tykkelses-reduksjon, d.v.s. 1,5 mm.
Varmforsinket plate	: Sinken er tært opp (ca. 90 µm sink).
Combi Coat-behandlet plate	: Det ble på forhånd laget et riss (skade) i belegget. Dette har ført til en viss oppblæring rundt risset, mens det øvrige belegget er inntakt.

Konklusjon:

Sammenligner vi tilstanden til den varmforsinkede platen og platen med Combi Coat, må vi kunne konkludere med at levetiden økes 2-3 ganger for Combi Coat selv med skade i belegget. En plate uten skade vil ha betydelig lengre levetid.

På de fleste undersjøiske prosjekter i Norge er det benyttet Combi Coat belegg (VZn + pulverlakk) på bergsikringsutstyret.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Et annet system som har vært benyttet som korrosjonsvern, er sementmørtel d.v.s. fullt innstøpt bolt.
Det har vært en generell oppfatning av at sementmørtel er tilstrekkelig som korrosjonsvern av bolter.

Erfaringer viser dessverre at kvaliteten på gysingen ofte er dårlig slik at sementmørtelen ikke gir det tiltenkte korrosjonsvernet.

De vanligste årsakene til kvalitetsavvik er følgende:

1) Delvis utvasking av mørtel i vannførende hull.

2) Boltene vil aldri ligge sentrisk i hele hullets dybde, slik at store areal av bolten vil være uten mørteloverdekning.

3) Operatørfeil som fører til luftlommer og redusert fyllingsgrad av mørtel.

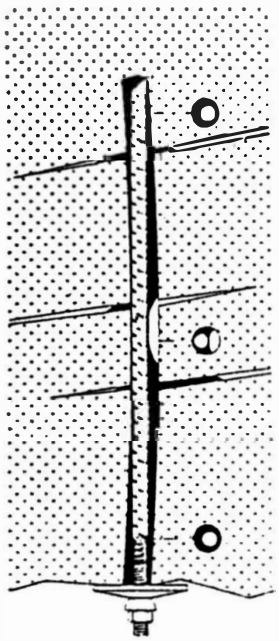


Fig. 2

Korrosjon på bergbolter

I Norge er bergbolter av stål benyttet i ca. 35 år.
I denne tiden er det ikke foretatt særlig kartlegging av korrosjon på boltene.

Imidlertid kan en utfra sporadisk ettersyn og noen få mer systematiske undersøkelser, fastslå at korrosjon på bolter i høyfjellstunneler og andre mer tørre tunneler ikke er særlig stor.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

I Vardø-tunnelen som er en undersjøisk tunnel bygt i 1982, ble det utført målinger av sinkbelegg i november 1989. Målingene ble utført på 3,0 m lang kamstålbolt som var montert 1-1,5 m over pumpekum. Det ble foretatt flere målinger av ulike parti på bolten.
Måleresultatene viser en korrosjonshastighet på 5,5-6,0 µm pr. år. Ved 80 til 100 µm beleggtykkelse vil dette gi en levetid av sinken på ca. 15 år.

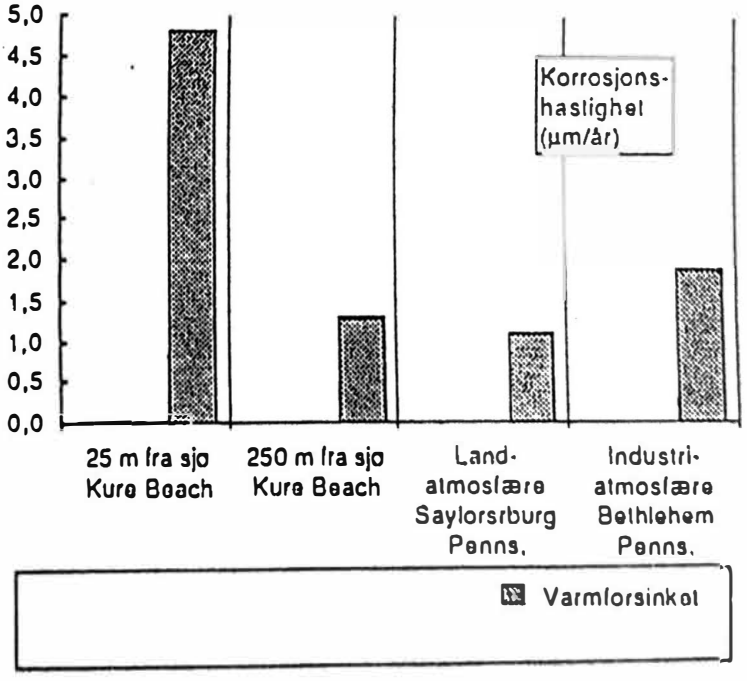
Etter 6 års brukstid for de undersjøiske Karmøy/Kårstø-tunnelene, ble det i 1990 gjennomført inspeksjon av en utført sikring. Konklusjonen viser at et stort antall av boltene er dårlig gyst. Det ble ikke foretatt korrosjonsmålinger på boltene.

Klassifisering av miljø

Et naturlig spørsmål å stille, er om ikke leverandørene kan angi levetiden av produktene. De fleste leverandører vil nok svare at dersom byggherren oppgir hvor korrosivt miljøet er, kan han få svar på sitt spørsmål. Imidlertid er det svært vanskelig å klassifisere miljøet. Man kan teoretisk måle våttiden og deponeringen av svoveldioksyd og klorider over en periode slik at målingene blir representative over året og for anlegget.

Det er gjennomført en del langtidstester slik at man etterhvert vet forholdsvis mye om forskjellige system. Imidlertid mangler det en kartleggingsmal på miljøsiden.

Fig. 3



Atmosferisk korrosjon av belegg (USA). Middel korrosjon pr. år etter 13 års eksponering

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Økonomi

Er det lønnsomt å rustbeskytte sikringsproduktene?
Målet med dette vernet er å forlenge levetiden på produktene og dermed brukstiden av anlegget før kostbart vedlikehold må iverksettes.

I vanntunneler medfører ikke nedfall-risiko for personskader i driftsperioden. Derimot i vegtunneler og fjellhaller vil nedfall kunne få de alvorligste konsekvenser i så måte. Det bør derfor stilles strenge krav til sikringens pålitelighet i disse bergrommene.

Som eksempel på hva de ulike former for korrosjonsvern koster i forhold til hverandre, viser vi til nedenforstående tabell.

Tallene gjelder for en gjennomsnittlig vegtunnel 50 m².

Fig. 4

	Umontert		Montert	
Korrosjons-vern	Endefor-ankret	Fullt inn-støpt	Endefor-ankret	Fullt inn-støpt
Ubehandlet	107,-	99,-	306,- (4,9%)	338,- (5,4%)
Varmforsinket	126,-	118,-	325,- (5,2%)	357,- (5,7%)
Combi Coat	146,-	138,-	345,- (5,5%)	377,- (6,0%)

Det er benyttet følgende data som grunnlag for tabellen:

- 2,4 m komplette kamstålbolter for ø45 mm borhull.
- endeforankrede bolter er basert på polyesterforankring.
- tall i parantes viser sikringens andel av totalkostnad pr. meter tunnel som er satt til kr 25.000,- pr. meter.
- det er kalkulert med 4 bolter pr. meter tunnel.

REFERANSER:

Varmforsinking: Nordisk Förzinkningsförening

Fig. 4 Mont.kostnader: Vegkontoret Sogn og Fjordane
Fig. 4 Mont.kostnader: Selmer Anlegg AS