

Valg av stål for varmforzinking

Hvilke stålqualiteter er egnet for å varmforzinkes? Dette spørsmål bør avklares før konstruksjonen produseres. Med et riktig stålvalg kan varmforzinkingens mange fordeler utnyttes, så som lang, vedlikeholdsfri levetid (lav levetidskostnad), og god overflatefinish.

Innvirkning av silisium (kisel) og fosfor på stålets reaktivitet.

Ved fremstilling av stål tilsettes enten silisium eller aluminium for å binde oksygen, stålet tettes. Uten disse tilsatser er stålet uttettet, blir av en dårligere kvalitet, og produseres knapt nok i dag.

Stålets silisiuminnhold har stor betydning for reaktiviteten mellom jern og zink. Silisiuminnholdet bør derfor være kjent for stål som skal varmforzinkes.

Aluminiumtettede stål egnet for varmforzinking må ha lavt innhold av silisium, mindre enn 0,03 vektprosent.

Silisiumtettede stål med silisiuminnhold fra 0,15 vektprosent går bra å varmforzinke, men får noe tykkere belegg enn aluminiumtettede. Fosforinnholdet har også en viss innvirkning på reaktiviteten, spesielt for kaldvalsete stål. Andre legeringselement har ingen avgjørende betydning for belegget.

Sandelinområdet

Det er et område i silisium- og fosfor-innhold som kalles for "Sandelinområdet", (0,03-0,14 vektprosent silisium + fosfor), hvor reaktiviteten ved varmforzinking er kraftig. Belegget blir grovt, og kan ha dårlig vedheft til stålet. Stål innenfor dette område bør ikke velges for konstruksjoner som skal varmforzinkes, med mindre man har legerte zinkbad som motvirker denne effekt.

Undersøkelser gjort ved FORCE TECHNOLOGY i Danmark har vist at den nedre grenseverdi for Sandelinområdet er lavere enn hva som tidligere er angitt.⁶ Det har også vist seg at stålets fosforinnhold har stor effekt på kaldvalset stål.

Generelt kan det sies at ved normale krav til godsets overflatefinish etter forzinking, bør aluminiumtettet stål, både varm- og kaldvalset, ha et

Si+P innhold på < 0,03 vektprosent

Dersom kravene til overflatefinish er ekstra høy, og stålet er **kaldvalset**, bør silisium og fosfor innholdet vær

Si <0,03 og Si + 2,5P <0,04 vektprosent

(OBS. koeffisienten på fosforinnhold)

For **varmvalsetstål** er silisiuminnholdet det mest kritiske. Fosforinnholdet er av mindre betydning. Her bør kravet være:

Si <0,02 og Si + 2,5P <0,09 vektprosent

(OBS. koeffisienten på fosforinnhold)

Sammenhengen mellom stålets kjemiske sammensetning og beleggets tykkelse

Aluminiumtettede stål med et silisium – fosforinnhold under 0,03 vekt % gir, ved varmforzinking, blanke belegg, og tykkelser som angitt i varmforzinkings-standarden NS-EN ISO 1461.

Silisiumtettede stål med Si 0,15 – 0,21 vekt % gir noe tykkere belegg enn hva som kreves etter ovennevnte standard.

Dersom det er ønske om ennå tykkere belegg, f. eks. i aggressive miljøer, velges et stål med Si + 0,22 vekt %.

Det er mulig å varmforzinke stål med Si- innhold opp mot 0,35 - 0,40 vekt %, men disse er meget reaktive, og gir tykke belegg med god korrosjonsbeskyttelse, men beleggene er som regel sprø, og kan skades ved handling av godset. Stål med så høyt Si-innhold bør derfor ikke velges for konstruksjoner som skal varmforzinkes.

Viktig å vite om kaldvalsete stål

Kaldvalset stål blir normalt glødet etter valsingen. Denne varmebehandlingen kan føre til at silisium i stålets overflate oksideres og derved bindes i oksidpartikler. Denne såkalte indre oksidasjon i godsoverflaten medfører at det frie innholdet av silisium, som kan påvirke reaksjonen ved varmforzinkingen, blir lavere enn angitt i stålanalysen.

Kaldvalset stål, med et silisiuminnhold i området 0,15 – 0,21 vekt %, kan, etter gløding, lett komme i det uheldige Sandelinintervallet mellom 0,03 – 0,14 vekt %. Stålet blir da meget reaktivt, og får et tykt, sprøtt belegg med dårlig vedheft.

Hvor dypt den indre oksidasjon går avhenger av temperatur, tid, og atmosfære ved glødingen. Vanligvis lar denne sonen seg fjerne ved beising, men den kan i enkelte tilfelle blitt så tykk at godset må sandblåses før varmforzinkingen.

Varmforzinking av andre ståltyper

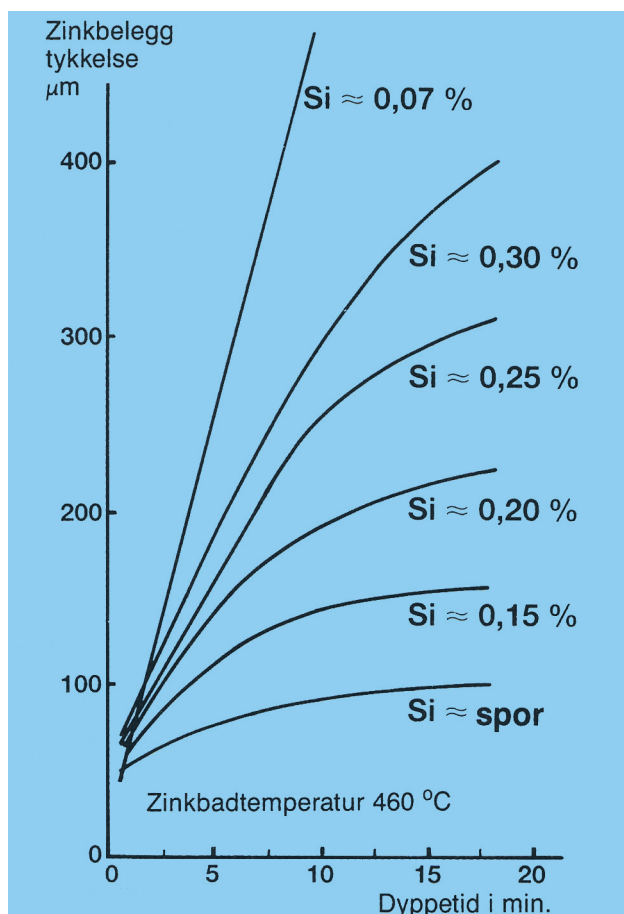
Høyholdfaste stål

Stål med høy holdfasthet brukes stadig mer i konstruksjoner som varmforzinkes.

Etter BSK 99 regnes stål, som plater eller flattjern, med flytegrense på 460 MPa eller høyere, som høyholdfaste. Det er imidlertid ikke gitt en eksakt grense for høyholdfasthet. Denne avhenger av materialleverandørens definisjon av sitt produkt. Erfaringer har vist at visse kvaliteter høyholdfaste stål er mindre reaktive enn forventet ved varmforzinking, slik at beleggtykkelsen ikke

Silisium- og fosforinnholdets innvirkning ved forzinking av kaldvalset / varmvalset stål.

| | Kaldvalset stål | Varmvalset stål |
|--------------------|---|---|
| Si+P < 0,03 | OK ved normale krav. Tykkelse etter standard, blanke belegg. Ved høye krav til overflatefinish gjelder: Si < 0,03 och Si+2,5P < 0,04 | OK ved normale krav. Tykkelse etter standard, blanke belegg. Ved høye krav til overflatefinish gjelder: Si < 0,02 och Si+2,5P < 0,09 |
| 0,03 < Si+P ≤ 0,14 | Ikke egnet | Ikke egnet |
| 0,15 ≤ Si ≤ 0,21 | Tykkere belegg enn standard (Ca 115 µm på 6 mm godstykkelse) Vær obs på at indre oksidasjon endrer reaktiviteten | Tykkere belegg enn standard (Ca 115 µm på 6 mm godstykkelse) |
| 0,22 ≤ Si ≤ 0,28 | Betydelig tykkere belegg enn standard. (ca. 165 µm på 6 mm godstykkelse.) Grå belegg. | Betydelig tykkere belegg enn standard. (ca. 165 µm på 6 mm godstykkelse.) Grå belegg. |
| 0,29 ≤ Si ≤ 0,35 | Tykke belegg med fare for sprøhet. (ca. 215µm på 6 mm godstykkelse). Grå belegg. | Tykke belegg med fare for sprøhet. (ca. 215µm på 6 mm godstykkelse). Grå belegg. |



tilfredsstillere kravene i NS-EN ISO 1461. Andre kvaliteter er derimot meget reaktive, og kan gi tykke belegg med dårlig vedheft og overflatefinish.

Generelt kan det sies at de samme regler gjelder for valg av høyholdfaste stål, som for valg av vanlig lavlegert konstruksjonsstål, dvs at silisium- og fosforinnholdet må kontrolleres.

Noen høyholdfaste stål har et silisium innhold på 0,10 vektprosent, midt i Sandelinområdet. Disse er selvsagt ikke egnet for varmforzinking, men det kan bestilles stål med høyere silisiuminnhold, 0,20 vektprosent, dersom konstruksjonen, produktet, skal varmforzinkes.

Produkter av høyholdfaste stål gjennomgår ofte ulike typer av varmebehandling, og kan derfor få endret silisiuminnholdet i overflaten på grunn av indre oksidasjon som vil påvirke reaktiviteten. Innen varmforzinkingsbransjen pågår stadig forskning og utvikling for å klar-

Figur 1. Forholdet dyppetid/beleggstykkelse for stål med forskjellige silisiuminnhold. Middelerverdier basert på undersøkelser og praktiske erfaringer. Betydelige variasjoner kan forekomme mellom stål med likt silisiuminnhold, men fra forskjellige charger.

legge hvordan høyholdfaste stål reagerer ved varmforzinking.

Høyholdfaste stål med flytegrense (ReH) > 650 MPa får redusert utmatnings-holdfasthet etter varmforzinking. Reduksjonen kan være opptil 35 %. For stål med holdfasthet < 650 MPa er reduksjonen marginell. Ubelagt stål, eller med dårlig korrosjonsbeskyttelse, kan imidlertid bli utsatt for groptæringer som vil gi en dramatisk reduksjon av utmatnings-holdfastheten. Varmforzinket stål får derfor, i korrosiv miljø, ganske raskt en bedre utmatnings-holdfasthet enn stål uten, eller med dårlig korrosjonsbeskyttelse.

Høyholdfaste stål kan under visse forutsetninger bli sprø ved bearbeiding og/eller varmforzinking. Det er derfor spesielle forskrifter for varmforzinking av høyholdfaste stål. Rådspør varmforzinkingsbedriften, eller kontakt Nordic Galvanizers for nærmere informasjon.

Automat stål med svovel

Automatstål skal normalt ikke varmforzinkes. Svovel-(S)innhold over 0,18 % gjør at stålet etses kraftig ved syrebeising, og at jern-zink reaksjonen kan bli så kraftig at stålet ødelegges.

Rustfrie stål

Rustfrie stål, som f.eks. AISI 304, eller såkalt syrefast rustfritt stål AISI 316, varmforzinkes i enkelte tilfeller når de er sveiset sammen med vanlige konstruksjonsstål. Zinkbelegget blir ofte tykt og grått, hvilket skyldes høyt innhold av silisium, krom, og nikkel. Det kan også forekomme mindre ubelagte partier på det "rustfrie" stålet. Varmforzinking av rustfrie stål kan forårsake zinksprøhet, dvs. zinkinntrengning i stålets korn grenser dersom det er spenninger i stålet etter sveising eller kaldbearbeiding.

Herdede eller kaldbearbeidede stål

Herdede eller sterkt kaldbearbeidede stål kan oppta atomært hydrogen ved syrebeising, og få hydrogensprøhet.

Hydrogen kan riktignok drives ut ved oppvarming til 275° C i minst 4 timer, men da slike stål også kan bli utsatt for zinksprøhet frarådes varmforzinking av slike stål.

Beleggykkelser

Beleggykkelsen avhenger primært av

- Stålets silisiuminnhold
- Stålets fosforinnhold
- Dyppetiden i zinkbadet
- Stålets overflateruhet og godstykkelse
- Eventuell varmebehandling

I tabell 1 angis beleggykkelseskravene etter varmforzinkingsstandarden NS-EN ISO 1461:1999.

Tabell 2 angir beleggykkelseskrav etter det nasjonale vedlegget NA.

Stålets overflateruhet har en betydelig innvirkning på beleggykkelsen. Undersøkelser har vist at sandblåsing eller slyngerensing gir en betydelig økning i beleggykkelsen på de fleste stål (80 – 100 %).^{4,5} Riper og lokale deformasjoner i overflatesjiktet etter kaldbearbeiding, kan gi store variasjoner i beleggykkelsen. Dette kan også gi grå felter i en ellers blank overflate.

Flamme-, plasma-, eller laser skjæring på silisiumtettete stål vil, slik som varmebehandling, innvirke på beleggykkelsen. Lett oksiderbare elementer, som silisium, i overflaten, vil oksideres. Dette kan medføre at skjærkanten, avhengig av stålets silisiuminnhold, kan få tynnere eller tykkere belegg enn det som forventes.

| Godstykkelse i mm | Lokal belegg-tykkelse i µm | Gjennomsnitts-tykkelse i µm |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Stål ≥ 6 mm | 70 | 85 |
| Stål ≥ 3 - < 6 mm | 55 | 70 |
| Stål ≥ 1,5 - < 3 mm | 45 | 55 |
| Stål < 1,5 mm | 35 | 45 |
| Støpegods ≥ 6 mm | 70 | 80 |
| Støpegods < 6 mm | 60 | 70 |

Tabell 1. Beleggykkelser i henhold til standard NS EN ISO 1461:1999. Om ikke annet angis ved bestilling leveres beleggykkelser etter ovenstående tabell.

| Godstykkelse i mm | Fe/Zn 115 | | Fe/Zn 165 | | Fe/Zn 215 | |
|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| | Min lokal verdi | Min gj.snitts verdi | Min lokal verdi | Min gj.snitts verdi | Min lokal verdi | Min gj.snitts verdi |
| Stål ≥ 6 mm | 100 | 115 | 145 | 165 | 190 | 215 |
| Stål ≤ 3 - < 6 mm | 85 | 95 | 100 | 120 | 115 | 140 |
| Stål ≤ 1 - < 3 | 60 | 70 | 70 | 95 | | |

Tabell 2. Beleggykkelser i µm etter nasjonalt vedlegg NA til standarden NS-EN ISO 1461: 1999. Ønsker kunden tykkere belegg enn standard gitt i tabell 1, skal dette avtales med varmforzinkingsbedriften. For at stålet skal være tilstrekkelig reaktiv må stål med høyere silisiuminnhold velges, se tabell 3.

| | Retningsverdi (%) | Områder (%) |
|-----------|-------------------|-------------|
| Fe/Zn 115 | 0,18 | 0,15-0,21 |
| Fe/Zn 165 | 0,25 | 0,22-0,28 |
| Fe/Zn 215 | 0,32 | 0,29-0,35 |

Tabell 3. Silisiuminnhold for å oppnå de beleggykkelser angitt i tabell 2.

Etter varmförzinkingsstandarden, NS EN ISO 1461, skal beleggykkelsesmålinger ikke gjøres på skjærte flater, eller på flater mindre enn 10 mm fra kanter / hjørner.

Zinkbeleggets utseende

Varmförzinkede belegg på stål uten, eller med lavt silisium- og fosforinnhold er normalt lyse med metallisk blank overflate. Ved utendørs eksponering blir de med tiden lyse grå og matte.

Stål med silisiuminnhold på 0,15 -0, 25 % vil også normalt få belegg som er ensartet lyse, dersom ikke silisiuminnholdet ligger opp mot øvre grense. Silisiuminnhold opp mot øvre grense kan gi delvis helt grå partier, eller et grått nettverk i en ellers lys flate.

Nikkellegert zinkbad vil gi blanke belegg på stål med silisiuminnhold opp til 0,22 %.

Stål med høyere silisiuminnhold (>0,25 %) gir generelt mørkere grå zinkbelegg, og mørkere med økende silisiuminnhold. Beleggets utseende, dvs omde er lyse eller mørke, har ingen betydning for korrosjonsbeskyttelsen, kun estetisk. Korrosjonsbestandigheten for mørke, grå, belegg er faktisk noe bedre enn for de lyse. (Lengre levetid ved samme tykkelse). Grå belegg er normalt tykkere enn lyse, og vil også derfor ha lengre levetid.

Det grå belegget dannes når jern-zink fasen går helt ut i overflaten av belegget. Når overflatesjiktet korroderer vil jern frigis og oksidere. Dette vil, etter en tid, gi overflaten rustbrun fargenyanse. Brunfargen vil øke etter hvert som jern-zink legeringene korroderer. Brunfargen betyr ikke at zinkbelegget har korrodert bort.

Lyse zinkbelegg har et ytre sjikt av ren zink med ubetydelig innhold av jern. Etter hvert som renzinksjiktet tæres bort vil jern-zink sjiktet frilegges og brunfarging oppstå også her. Brunfargingen her kommer imidlertid mye senere på grunn av renzink sjiktets tykkelse. På stål med silisium + fosforinnhold < 0,03% er renzinksjik-

tet normalt 30 - 50 % av den totale beleggykkelsen. Kjenner man ikke stålets silisiuminnhold, og dermed usikker på hvilket utseende belegget vil få, anbefales at det gjøres en prøveförzinking.

Bestilling av stål

For å få et godt resultat ved varmförzinking er det ikke nok å kun angi stålbetegnelsen (CEN- standard eller handelsnavn) ved bestilling og innkjøp av stål. Det må også angis grenser for silisiuminnhold, og fosforinnhold.

Dessverre har man ikke alltid fritt valg ved bestilling av stål. Ved bestilling av større partier er det som oftest ikke noe problem, men ved kjøp av lagervare kan det være vanskelig å få ønsket kvalitet. Bestilling bør derfor gjøres i god tid slik at leverandøren får tid til å frem-skatte ønsket materiale.

Leveringstilstand for stålet bør også være kjent. Konstruksjonsstål leveres ofte beiset og oljet. Ved f.eks. sveising kan oljerester bindes hardt til stålet, og være vanskelig å få vekk ved normal avfetting. Oljen må fjernes for ikke å få problemer med svarte flekker på godset etter varmförzinkingen. Ekstra rengjøring kan derfor være nødvendig.

Referanser

1. R Thomas, T Wallin, H Eriksson och A Hirn "Handbok i varmförzinking", Stockholm (2005).
2. G Hänsel, 13th International Galvanizing Conference, European General Galvanizers Association, London (1989)
3. General Galvanizing Practice, The Galvanizers Association, London (1989)
4. O Borring Sørensen, "Varmförzinking af sandblæst stål", Rapport nr. 80/04 d-e, Korrosionscentralen, København (1980).
5. A Hirn, "Varmförzinking av svåra stål", Institutet för Metallforskning, Stockholm (1994)
6. T Jensen "Koldvalsede/koldformede stål med lave siliciuminnhold, retningslinier for valg af stål. K5 17607/TJ. FORCE Technology, Danmark, 2006.

Vil du vite mer om varmförzinking, eller diskutere et spesifikt problem?

Ta kontakt med Nordic Galvanizers, bransjeorganisasjonen for varmförzinkingsbedrifter i Norden.