

ALLMÄNNA RÅD 97:4

Varmförzinkning

NATURVÅRDSVERKET

Beställningsadress:
Naturvårdsverket
Kundtjänst
106 48 Stockholm
Tel 08-698 10 00
Fax 08-698 15 15
E-post kundtjanst@environ.se
Internet-hemsida <http://www.environ.se>

ISBN 91-620-0099-3
ISSN 0282-7271

© Naturvårdsverket
Grafisk form: Typisk Form
Prepress: Hunting Flower
Fotografier: Zinc Info Norden AB
Tryck: Norstedts tryckeri, Stockholm 1997
Upplaga: 2 000 ex

Förord

Dessa Allmänna råd har utarbetats av Naturvårdsverket och är avsedda att fungera som vägledning för företag vid utformning av varmförzinkningsanläggningar samt för tillstånds- och tillsynsmyndigheter i deras arbete.

Genom remissförfarandet har följande intressenter givits möjlighet att lämna synpunkter:

- Riksrevisionsverket
- Kemikalieinspektionen
- Arbetskyddstyrelsen
- Länsstyrelser
- Kommunförbundet
- Branschorganisationer
- Branschforskningsinstitut
- Svenska arbetsgivareföreningen
- Företagens uppgiftslämnardelegation

Beslut om utgivning av dessa Allmänna råd har fattats av Naturvårdsverkets ställföreträdande generaldirektör.

Huvudansvarig inom Naturvårdsverket för utformningen av dessa Allmänna råd har varit Magnus Klingspor.

Stockholm i juli 1997
Naturvårdsverket

Innehållsförteckning

Förord	3
Inledning	7
Sammanfattning	9
Summary in English	10
Förzinkningsprocessen	11
Varmförzinkningsmetoder	11
Allmän förzinkning	12
Förzinkning av smågods	12
Bandförzinkning	12
Trådförzinkning	12
Rörförzinkning	12
Produktionsgång	13
Avfettning	13
Betning	13
Flussning	14
Våta metoden	14
Torra metoden	15
Torkning vid torra metoden	15
Doppning i zink	16
Zinkbadets innehåll	16
Badtemperatur	17
Degelmaterial och uppvärmning	17
Hårdzink	18
Zinkaska och svärta	19
Efterbehandling	19
Kylning	19
Skydd mot vitrost	19
Avzinkning	20
Utsläpp	21
Utsläpp till vatten	21
Avloppsvatten	21
Dagvatten	22
Utsläpp till luft	22
Syraemissioner från betbad	22

Renblåsning av rör	23
Flussrök	23
Utlakning av zink och andra metaller	24
Målning av zink	24
Minimering av bly och kadmium	25
Avfall	26
Branschspecifikt avfall	26
Övrigt avfall	27
Miljö- och hälsoeffekter	28
Väteklorid	28
Zinkklorid och ammoniumklorid	29
Zinkoxid	29
Zink	29
Bly och kadmium	30
Möjligheter att begränsa utsläppen till vatten	32
Avloppsvatten	32
Dagvatten	33
Möjligheter att begränsa utsläppen till luft	35
Processtekniska åtgärder för att minska utsläppen	36
Syraångor från betning	36
Zinkstoff från rörförzinkning	37
Flussrök från zinkbad	37
Anläggningstekniska åtgärder för att minska utsläppen	38
Uppsamling och rening av syraångor	38
Droppavskiljare	38
Uppsamling och rening av zinkstoff vid renblåsning av rör	38
Cyklon	39
Uppsamling av flussrök	39
Hovar	40
Kantutsug	40
Inkapsling	41
Rening av flussrök	43
Elektrofilter	43
Skrubber	44
Spärrfilter	45

Krav utomlands	48
Tyskland	48
Danmark	49
Naturvårdsverkets allmänna råd	51
Utsläpp till vatten	51
Utsläpp till luft	52
Utsläpp av stoft	52
Utsläpp av försurande gaser	52
Avfallshantering	53
Produkt- och Råvarufrågor	53
Utlakning av zink	54
Kontrollfrågor	54
Litteraturförteckning	55
Ordförklaringar	56

Inledning

EN VANLIG METOD ATT SKYDDA STÅL mot korrosionsangrepp är att belägga stålytan med zink. Beläggningsen skyddar stålet dels genom att avskärma stålytan från fukt och syre och dels genom katodisk skyddsverkan. Det katodiska skyddet träder i kraft när mindre skador uppstår i zinkbeläggningsen. Vid skadorna bildas elektrolytiska celler där zinken fungerar som s.k. offeranod. Stålet skyddas därmed från angrepp till dess zinken förbrukats. Effektiviteten på zinkens skyddsverkan beror bl.a. på skadans storlek, beläggningsens tjocklek och miljöförhållanden.

Det finns ett antal olika förzinkningsmetoder. De i Norden förekommande är varmförzinkning, elektrolytisk förzinkning, sprutförzinkning, mekanisk förzinkning genom trumling samt målning med zinkrik färg.

Varmförzinkning skiljer sig från de övriga metoderna genom att man där får en reaktion mellan stålet och zinken. Beläggningsen består av järn-zinklegeringar, som är metalliskt bundna till stålet, med ett lager ren zink ytterst. Med de övriga metoderna får man en zinkbeläggningsen med mekanisk vidhäftning till underlaget.

(Figur 1. Tvärsnitt genom zinkbeläggningsen på stål.)

I Sverige finns 30-40 varmförzinkningsanläggningar. Några förzinkar enbart eget gods, t.ex. band, rör och spik, men de flesta är legoförzinkare. Intresset för varmförzinkning har ökat de senaste åren. 1995 uppgick förbrukningen av zink för styckvis varmförzinkning till ca. 10 000 ton.

Varmförzinkning medför, till skillnad från de flesta övriga organiska ytbehandlingsmetoderna, främst luftföroreningar och i mindre utsträckning utsläpp till vatten. Luftutsläppen består framför allt av zink, zinkföreningar och klorider.

Naturvårdsverket uppskattar att utsläppet av zink till luft från varmförzinkningsanläggningar i Sverige 1990 var ca. 75 ton, vilket då utgjorde ca 30% av det totala utsläppet av zink från punktkällor i landet. De totala svenska zinkemissionerna till luft beräknas att halveras mellan 1990 och 2000, vilket även inbegriper åtgärder inom varmförzinkningsindustrin. Idag har mer än hälften av varmförzinkningsanläggningarna installerat reningsutrustning för luftutsläpp.

Varmförzinkning kan medföra miljöpåverkan dels vid själva ytbehandlingsprocessen, dels genom utlakning av zink vid användning av förzinkade detaljer och dels vid omsmältning av zinkbelagt skrot. Trots detta innebär varmförzinkning totalt sett både en ekonomisk och miljömässig fördel tack vare det mycket goda korrosionsskyddet som erhålls. Genom korrosionsskyddet förlängs livslängden avsevärt för varmförzinkade produkter; reparations- och underhållsbehovet minskar samtidigt som mindre mängd stål behöver tillverkas. Dessutom finns det ett fungerande system för återvinning av det mesta av det branschspecifika avfallet från varmförzinkning.

De nackdelar varmförzinkning medför kan dessutom minimeras enligt följande:

- vid processen, genom de åtgärder som beskrivs i dessa Allmänna råd,
- vid utlakning av zink från förzinkade detaljer, genom målning,
- vid omsmältning av zinkbelagt stål, genom uppsamling och separering av zinkhaltigt stoft och återvinning av zink.

Sammanfattning

SAMMANSTÄLLNING AV RÅD för varmförzinkning.

1. Stoftutsläpp från varmförzinkningsanläggningar, d.v.s. både flussrök och stoft från renblåsning av rör, bör uppgå till högst 10 mg/m³, ntg som riktvärde.
2. Utsläpp av saltsyra från betbad bör uppgå till högst 10 mg/m³, ntg, oorganiskt klor räknat som HCl som riktvärde.
3. Utsläpp av oorganiska klorföreningar i gasform från förzinkningsbad bör uppgå till högst 20 mg/m³, ntg, oorganiskt klor räknat som HCl som riktvärde.
4. Zinkhaltigt avfall bör gå till återvinning.
5. Bly bör ej tillsättas zinkbadet för att underlätta upptagning av hårdzink.
6. Utlakning av zink bör minimeras genom användning av en eller två av följande åtgärder:
 - lagring av nyförzinkat gods inomhus eller under tak åtminstone de första 2-3 dagarna, se sid 51, Utsläpp till vatten.
 - användning av temporärt korrosionsskydd, se sid 54, Utlakning av zink.
 - lackering av varmförzinkade produkter, s.k. duplexsystem, för att erhålla ett permanent skydd, se sid 54, Utlakning av zink.

Summary in English

SUMMARY OF GUIDELINES for hot dip galvanizing.

1. Dust emissions from hot dip galvanizing plants including flux fumes and zinc particles from galvanizing of tubes should not exceed a target value of 10 mg/m^3 , ndg (normal dry gas).
2. Emissions of hydrochloric acid from pickling baths should not exceed a target value of 10 mg/m^3 , ndg, inorganic chlorine calculated as HCl.
3. Emissions of gaseous, inorganic chlorine from zinc bath should not exceed 20 mg/m^3 , ndg, calculated as HCl.
4. Waste containing zinc should be recovered.
5. Lead should not be added to zinc bath to facilitate hard zinc removal.
6. Leaching of zinc from hot dip galvanized products should be avoided by one or two of the following measures:
 - dry storage of hot dip galvanized products, at least the first two or three days, to avoid forming of white rust (wet storage stain).
 - use of temporary corrosion products.
 - painting of hot dip galvanized products, a duplex system, to achieve permanent protection.

Förzinkningsprocessen

Varmförzinkningsmetoder

Varmförzinkning är en mycket gammal process vars ursprung kan spåras ända till 1700-talet. Metoden patenterades av den franske ingenjören Stanislaus Sorel år 1837 och än i dag varmförzinkar man i huvudsak enligt samma princip.

Man skiljer mellan styckvis varmförzinkning och kontinuerliga metoder. Dessutom finns hel- eller halvautomatiskt arbetande anläggningar för t.ex. rör och smågods.

Vid styckvis varmförzinkning blir zinkskiktet normalt ca. 80 μm , men variationer mellan 50 och 200 μm kan förekomma beroende bl.a. på stålets sammansättning och kundens önskemål. Vid kontinuerlig varmförzinkning av tunnplåt kan skikt på ner till 15 μm erhållas. Som jämförelse kan nämnas att man vid elektrolytisk förzinkning normalt ligger på skiktjocklekar mellan 3 och 15 μm .

(Figur 2. Styckvis förzinkning.)

Allmän förzinkning (styckvis förzinkning)

Det stora flertalet anläggningar förzinkar godset styckvis. Detaljerna doppas ett och ett, eller flera åt gången, ned i zinkgrytan. Godset transporteras med travers eller telfer, hängande i ståltrådar, krokar eller fastsatt i någon typ av fixtur.

Förzinkning av smågods

Många varmförzinkningsanläggningar har utrustning för att förzinka "smågods". Små detaljer som t.ex. spikar, skruvar och beslag m.m. placeras i perforerade korgar som doppas ned i zinksmältan. Efter förzinkningen centrifugeras korgarna varvid överskottszink slungas av. Förzinkningen av smågods sker oftast manuellt, men hel- eller halvautomatiska anläggningar förekommer.

Bandförzinkning

Varmförzinkning av breda band (kallvalsad tunnplåt) utföres endast vid en anläggning i Sverige. Vid den kontinuerliga processen svetsas bandrullar ihop till ett ändlöst band som löper genom anläggningen. Processen inleds med alkalisk avfettning. Oxider avlägsnas i en ugn med reducerande atmosfär och sedan löper det varma bandet i skyddsgas ner i zinkgrytan.

Trådförzinkning

Även trådförzinkning, som utföres på några enstaka anläggningar, sker kontinuerligt. Tråden löper efter förbehandling (avfettning, betning, flussning, se avsnitt Produktionsgång nedan) ner i zinkbadet. Vid utdragsstället täcks zinken vanligen med ett ca 50 mm tjockt skikt av ett avstrykningsmedel, t.ex. kvartssand.

Rörförzinkning

Rörförzinkning utföres liksom trådförzinkning endast vid några enstaka anläggningar i Sverige. Vid förzinkningen transporteras rören genom zinkbadet i hel- eller halvautomatiskt arbetande anläggningar. När rören tagits upp ur zinken blåses de rent, utvändigt med tryckluft och invändigt med vattenånga.

Produktionsgång

Nedan följer en närmare beskrivning av de olika processteg som kan ingå vid varmförzinkning.

Avfettning

Vid varmförzinkning liksom vid all annan ytbehandling är det av yttersta vikt att godset är helt fritt från olja och andra föroreningar vid behandlingen. Är godset helt rent är det även lättare att ha kontroll över efterföljande processteg vilket bidrar både till mindre utsläpp och bättre kvalitet.

Det gods som skall förzinkas är ofta nedsmutsat av olja, fett, sot och metallstoft m.m. För att efterföljande betning skall ske snabbt och jämnt är det nödvändigt att smutsen först avlägsnas. Detta görs effektivast i ett separat avfettningssteg. Vid varmförzinkning används vanligen någon typ av vattenbaserad avfettning; alkalisk, sur eller neutral.

För att öka livslängden på ett avfettningsbad bör den olja och de föroreningar som hamnar i badet avlägsnas. Fri olja flyter upp till ytan där den bör avlägsnas med en oljeavskiljare, för att inte åter fastna på godset när det lyfts upp ur badet efter avfettningen. Emulgerad olja kan antingen spräckas så att den flyter upp till ytan där den kan avskiljas, eller separeras med t.ex. ultrafiltrering.

En annan metod som används vid några varmförzinkningsanläggningar är s.k. biologisk avfettning. Vid biologisk avfettning tillsättes bakteriekulturer som bryter ner oljan i badet. Oljehalten hålls på en kontinuerligt låg nivå, men i badet erhålls ett slam som måste avskiljas.

Efter avfettningen bör godset sköljas så att överdrag från avfettningsbadet inte förorenar eller neutraliserar betbadet. För ytterligare information om avfettning hänvisas till Naturvårdsverkets Allmänna råd 93:9, "Avfettning av metall".

Betning

Betningens uppgift är att avlägsna glödskal, valshud, rost och andra typer av oxidskikt från stålytan. Stålet betas vanligen i saltsyra (HCl), men även svavelsyra (H₂SO₄) kan användas.

Saltsyra används normalt vid rumstemperatur medan svavelsyra måste värmas till 60-80 för att bli effektiv.

Vid beredning av ett betbad med saltsyra blandas vanligen en del syra och en del vatten. Med saltsyra av teknisk kvalitet ger detta ett bad med ca 16% HCl. Till badet sätts ibland även en inhibitor* för att förhindra överbetning och vätgasutveckling. Vätmedel kan tillsättas för att förbättra betsyrens vätande förmåga. Badet kan användas tills syrahalten minskat till ca 4% (ca 40 g HCl/l) och järnhalten ökat till ca 140 g Fe/l. För att förlänga badets livslängd är det emellertid vanligt att man minskar järnhalten och höjer syrahalten genom att fylla på koncentrerad syra.

En annan metod är att beta godset i bad med låg syrahalt, 2-6% HCl, och med hög halt av järnklorid (FeCl_3), optimalt ca. 180 g Fe/l. Vid så låga saltsyrahalter är det inte nödvändigt att tillsätta någon inhibitor. Järnklorid avlägsnar effektivt glödskalet utan att stålytorna angrips. Betningen blir därför snabb och jämn i dessa bad. Saltsyra är visserligen effektivare mot rost, men är också aggressivare mot själva stålet.

Efter betningen brukar stålet sköljas så att så lite järnsalter som möjligt förs vidare till flussbadet. Ibland sker betningen i två steg, där det sista badet har en lägre koncentration av betkemikalier. Därmed minskar överdraget av järnsalter till sköljbadet.

Flussning

Flussmedlets uppgift är att vid neddoppningen i zinkbadet rengöra godsets yta från de oxider som hinner bildas under tiden mellan betningen och förzinkningen. Flussmedlet löser också upp de oxider som bildas på zinksmältans yta. Varmförzinkning kan delas upp i två metoder baserat på hur flussningen utföres: enligt "våta" och enligt "torra" metoden.

Våta metoden

Vid den våta metoden ligger flussmedlet som ett täcke direkt på zinkbadets yta. Metoden har fått sitt namn av att godset efter föregående betning, utan torkning, kan föras i fuktigt tillstånd genom flusstäcket ner i zinkgrytan. Efter förzinkningen tas detaljerna upp genom en flussfri del av zinkytan.

Flussmedlet består av ammoniumklorid (NH_4Cl) och zinkklorid (ZnCl_2). Vid kontakt med den varma zinksmältan sönderdelas salterna och klorvätegas bildas. Gasen är mycket aggressiv och löser snabbt upp oxider på stål- och badytan.

Vid den våta metoden räcker det ofta att tillföra enbart ammoniumklorid till badytan, zinkklorid bildas genom reaktion med zinken. Fabriksfärdiga blandningar som även innehåller exempelvis kaliumklorid och zinkklorid finns också att tillgå. Ibland tillsätts även glycerol ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$) till flussen. Glycerolen gör att flusstäcket på zinksmältan får en fluffig konsistens som gör det mer lättillgängligt för godset.

Torra metoden

Vid den torra metoden doppas godset i ett bad med en vattenlösning av flussmedel. När godset sedan torkar bildas en hinna av flussmedel på dess yta, som ger flusseffekt vid neddoppningen i zinkbadet. Flussmedlet består även här av en blandning av zinkklorid och ammoniumklorid, ca. hälften av vardera.

Om lösningen innehåller för höga halter zinkklorid kan problem uppstå med sprut och stänk vid neddoppningen i zinksmältan. Zinkkloriden är nämligen mycket hygroskopisk och det vatten som tagits upp förångas explosionsartat vid kontakten med den heta smältan.

För att förbättra flussvätskans vätning av stålytorna och avrinning efter godsets upptagning, kan vätmedel tillsättas.

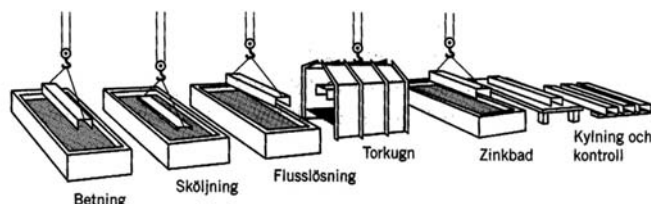
Efter hand stiger järnhalten i flussbadet. Järnhalten kan bli relativt hög utan att flussmedlets verkan försämras märkbart, men det ökar överdraget av järn till zinkgrytan, där det bildar s.k. hårdzink. (Se sid 18.)

Torkning (vid torra metoden)

Vid torkningen avlägsnas vattnet i flusslösningen och flussalternan stannar kvar på godset yta. Vanligtvis sker torkningen i cirkulerande varmluft. Temperaturen får emellertid inte överstiga 120°C , ty då "bränns" flussen och blir inaktiv. Om flussbadet värms till ca. 70°C underlättas efterföljande torkning; är luftcirkulationen någorlunda god avdunstar fukten relativt snabbt från de varma stålytorna.

Doppning i zink

När stålet kommer i kontakt med den smälta zinken sker en reaktion där en beläggning bestående av järn-zinklegeringar bildas på stålytan. Vid upptagningen ur zinksmältan fastnar dessutom ett lager ren zink ytterst.



Figur 3. Varmförzinkning enligt torra metoden.

Reaktionsförloppet mellan järn och zink bestämmer beläggningens tjocklek och utseende. Denna reaktion styrs av en mängd olika parametrar, bl.a. stålets sammansättning, zinksmältans sammansättning och temperatur samt doppningstiden.

Ur miljösynpunkt är zinksmältans sammansättning av speciellt intresse.

Zinkbadets innehåll

Zink kan tillverkas i en elektrolytisk eller smältmetallurgisk process. Sverige har flera zinkgruvor, men har ingen egen tillverkning av zink. Zinkmalm exporteras och zinkmetall importeras. Merparten av den zink som importeras är elektrolytiskt framställd i Norge eller Finland.

Elektrolytzink är mycket ren och innehåller normalt över 99,99% zink. Smältmetallurgiskt framställd zink innehåller alltid högre föroreningshalter. Exempel på denna typ av zinkkvaliteter är Good Ordinary Brand (GOB) och Prime Western. Dessa kvaliteter används dock i mindre omfattning i Sverige. Se tabell 1. Zinkkvaliteter.

Metaller som alltid förekommer i zinkmineraler är kadmium (Cd) och bly (Pb) och dessa metaller finns därför även alltid som föroreningar i zink.

Både kadmium och bly är mycket giftiga. Kadmiumhalten i zinkbeläggningen på stålrör för installationsändamål får enligt svensk

standard inte överstiga 0,01 %. Se vidare kapitlet om Miljö- och hälsoeffekter.

Tabell 1. Zinkkvaliteter

Kvalitet	Zn, min (%)	Pb, max (%)	Cd, max (%)
Special High Grade (SHG)	99,995	0,003	0,003
High Grade (HG)	99,95	0,03	0,02
Good Ordinary Brand (GOB)	98,5	1,35	0,15
Prime Western	98,0	1,4	0,2

Bly tillsätts ibland till zinkbadet av produktionsteknisk anledning. Se vidare sid 18, Hårdzink.

Vanligtvis tillsätts också aluminium (Al) till zinkbadet för att minska oxidationen av zink på badytan och för att ge de varmförzinkade föremålen en blankare yta. Vid styckvis förzinkning räcker en aluminiumhalt på 0,007% för att få den önskade effekten.

För att minska reaktionshastigheten mellan järn och zink vid vissa stålqualiteter, och därigenom få tunnare zinkskikt, har tillsatser av olika legeringsmetaller prövats. Hittills är det främst nickel (Ni) som fått praktisk användning. Badet innehåller då max. 0,07% nickel. Vid kontinuerliga metoder, bandförzinkning och trådförzinkning, sätts även bl.a. aluminium, kisel (Si) och magnesium (Mg) till zinksmältan.

Badtemperatur

Temperaturen i zinkbadet är normalt ca. 460 °C. Vid s.k. högtemperaturförzinkning ligger temperaturen på ca. 560 °C. Vid den högre temperaturen är det lättare att åstadkomma jämna och tunna zinkskikt. Denna metod används ofta på smågods som centrifugeras (se avsnitt Förzinkning av smågods, sid 12).

Degelmateriel och uppvärmning

Zinkdegeln, d.v.s. behållaren för den smälta zinken är normalt tillverkad av tjock stålplåt (ca. 50 mm). Zinken reagerar dock med

stålet i degeln vilket medför en långsam avfrätning av degelmaterial. Avfrätningshastigheten beror bl.a. på temperaturen. Vid 560 °C (högtemperaturförzinkning) är reaktionshastigheten och därmed också avfrätningshastigheten så hög att en ståldegel inte fungerar och i stället används en degel av keramiskt material.

Keramiska deglar är ofta toppeldade, vilket innebär att de värms med olje- eller gasbrännare, alternativt elektriska element, från ovansidan. Även keramiska deglar med doppvärmare förekommer.

Tidigare värmdes ståldeglar med brännare som var placerade på undersidan av grytan. För att undvika den snabba sönderfrätning av botten, som den höga temperaturen medförde, placerades ett lager smält bly på botten av grytan. Bly bildar inga legeringsfaser med järn och reagerar därför inte med stålet.

Idag värms en ståldegel oftast med direktverkande el-element på behållarens sidor. På detta sätt kan temperaturen regleras så att avfrätningshastigheten minimeras.

Bly används sällan i keramiska förzinkningsgrytor därför att blyet sänker viskositeten på smältan som då tränger in i det keramiska materialet och kan förorsaka läckage.

Hårdzink

Hårdzink består av en järn-zinklegering som bildas i zinksmältan vid närvaro av järn. Järnet som orsakar hårdzinkbildningen kan komma från:

- degeln, om ståldegel används
- godset som skall förzinkas
- krokar, verktyg, ståltråd etc. för upphängning av gods
- tappade detaljer
- överdrag av järn från betbad eller flussbad.

Då 1 kg järn bildar 25 kg hårdzink, kan det bli stora mängder. Hårdzinkpartiklar kan ibland sväva omkring i zinkbadet, vilket kan ge kvalitetsförsämring i form av knottig yta på godset. Detta kan t.ex. förekomma vid höga aluminiumhalter eller kraftig omrörning i badet. Normalt sjunker hårdzinken långsamt till botten, där ett lager

hela tiden växer och regelbundet måste tas upp för att inte inkräkta på utrymmet i grytan.

Många varmförzinkare har fortfarande bly på botten av grytan för att underlätta upptagning av hårdzink. Hårdzinken flyter på blyet, vilket gör det lättare att få tag i den med en skopa.

Lösligheten för bly i zink är ca. 1 % vid 460 °C, vilket medför att om bly finns i grytan så följer den även med i zinken till den förzinkade produkten, och hamnar genom urlakning slutligen i naturen. Se vidare kapitlet om Miljö- och hälsoeffekter.

Zinkaska och svärta

Zink oxiderar snabbt vid 460 °C vilket innebär att det hela tiden bildas ett oxidskikt på zinkbadets yta. Före upptagning av gods ur grytan skummas ytan för att inte zinkoxid skall hamna på det nyförzinkade föremålet.

Det avskummade materialet, zinkaskan, samlas upp i en behållare och returneras vanligen till zinktillverkaren för återvinning av zink.

Brända flussmedelsrester som skummas från ytan vid den våta metoden kallas svärta. Svärtan kan p.g.a. sin höga kloridhalt medföra problem vid zinkåtervinning. Se vidare kapitlet om Avfall.

Efterbehandling

Kylning

Efter upptagning ur zinkbadet kyls godset i luft eller vatten. Stora föremål kyls vanligen i luft medan små ofta kyls i vatten för att få en snabbare nedkylning och därigenom ett snabbare produktflöde.

Skydd mot vitrost

Vitrost (zinkhydroxid) är en korrosionsprodukt som kan bildas på nyförzinkade ytor vid lagring under fuktiga förhållanden. Se figur 4. För att förhindra uppkomst av vitrost under lagring och transport brukar kontinuerligt varmförzinkad tunnplåt kromateras eller inoljas. Styckgods brukar sällan kromateras på grund av hälsorisker vid kontakt med sexvärt krom. Se vidare Dagvatten, sid 22.

(Figur 4. Vitrost på förszinkat gods.)

Avzinkning

Galgar, krokar, verktyg m m som används för upphängning och transport av godset inom varmförzinkningsanläggningen, beläggs med zink eller smutsas av zinkstänk vid doppningen i zink och måste därför ibland rengöras. Avzinkningen, s.k. zinkavbränning, sker oftast i ett separat saltsyrabad.

Avzinkningsbad får en hög halt av zinkklorid och kan efter avskiljning av järninnehållet användas vid beredning av flussbad, vid den torra metoden.

Utsläpp

Utsläpp till vatten

Avloppsvatten

Vid en varmförzinkningsanläggning kan avloppsvatten uppstå vid följande steg:

- avfettning
- sköljning
- betning
- flussning
- kylning
- avzinkning.

Förutom badens ursprungliga innehåll av kemikalier tillförs dessa främst olja och smuts från godset, samt metaller; främst järn, mangan och zink, som löses upp vid betning och avzinkning. Om bly används i zinkgrytan kan även denna metall förekomma i avloppsvattnet. Kylbadet förorenas av zink som sakta anrikas i badet, samt zinkhydroxid som kan fällas ut och samlas på botten.

Dessutom uppstår förorenat vatten vid rening av flussrök med skrubber*, se sid 44. Spolvatten från rengöring av verkstadsgolvet kan också innehålla höga halter zink, järn och i förekommande fall bly.

Många varmförzinkare har egna reningsanläggningar för behandling av avloppsvattnet. Andra har slutna system där sköljvattnet

renas och återanvänds och där förbrukade bad, främst avfettningsbad och betbad, renas eller skickas bort för destruktion.

Dagvatten

Regnvatten kan få förhöjda zinkhalter dels från zinkhaltigt stoft (se Utsläpp till luft nedan) som hamnat på anläggningens tak eller i dess närhet, dels genom utlakning av zink från nyförzinkade produkter, zinklager, zinkskrot etc. som lagras utomhus. Speciellt nyförzinkade ytor är mycket reaktiva och där bildas lätt zinkhydroxid (vitrost, vitblemma, se sid 19). Vitrosten är en mycket voluminös och dåligt vidhäftande reaktionsprodukt som kan sköljas av vid regn.

Regnvatten med förhöjda zinkhalter hamnar antingen i degvattenledningarna eller i grund- eller ytvatten i närheten av anläggningen. Vattensamlingar med metallhalter som är toxiska för vattenlevande organismer har påträffats vid varmförzinkningsanläggningar (se Zink, sid 29 och Dagvatten, sid 33).

Utsläpp till luft

De luftföroreningar som kan uppkomma vid varmförzinkning är främst:

- syraångor från betbad
- zinkstoft från renblåsning av rör
- flussrök från zinkbad

Syraemissioner från betbad

Vid betning i saltsyra avgår väteklorid i form av gas. Storleken av emissionen beror på badets syrahalt och temperatur. Vid betning i svavelsyra är syraemissionen försumbar.

Om vätgas utvecklas vid betningen kan vätgasbubblor dra med sig syradroppar till luften ovanför betbadet.

Renblåsning av rör

Varmförzinkade rör renblåses vanligen invändigt med högtrycksånga och utvändigt med tryckluft för att ytorna skall bli släta och fria från överflödigt zink. Vid renblåsningen bildas zinkstoft som huvudsakligen består av metalliskt zink och zinkoxid. Stofthalterna kan bli mycket höga, över 30 000 mg/m³ ntg (normal torr gas).

Flussrök

Flussrök uppstår när flussmedlet kommer i kontakt med den heta zinksmältan. Vid den torra metoden sker detta när godset doppas ner i zinkgrytan. Vid den våta metoden, med flussmedlet liggande direkt på zinksmältan, sker en kontinuerlig avgång, men med ökade emissioner vid doppningarna samt då nytt flussmedel tillsätts.

Ibland sprutas flusspulver direkt på godset sedan det tagits upp ur zinkbadet för att zinkbeläggningen skall få en jämnare yta. Även vid detta moment utvecklas rök.

Flussrökens sammansättning beror på vilket flussmedel som används. I tabell 2. ges ungefärliga halter av ingående komponenter i röken från ett flussmedel baserat på ammoniumklorid, vilket är den vanligaste typen. Även vanligaste förekomstform anges.

Tabell 2. Flussrökens ungefärliga sammansättning

Ämne	Viktprocent	Form
NH ₄ Cl	65-70	partiklar
ZnO	5-15	partiklar
ZnCl ₂	3-5	partiklar
Zn	0-5	partiklar
NH ₃	1-3	gas
H ₂ O	1-3	vattenånga
Olja	0-3	oljedimma

Utgående stoftmängder och stofhalter varierar kraftigt, beroende på frånluftsvolym, flussmetod, flussmedlets sammansättning,

typ av gods, godshanteringen m.m. Dessutom påverkas utfallet av stoftmätningarna av produktionsförhållandena under mätperioden; om mätning sker kontinuerligt eller endast under dopplingarna, om diffusa utsläpp förekommer etc. Stofthalten ligger vanligtvis i intervallet 20-250 mg/m³ ntg.

Stoftpartiklarna är mycket små. Diametern är i genomsnitt ca 2 µm, och 30% av partiklarna har en diameter understigande 1 µm. Partiklarna kan dock klumpa ihop sig och man har funnit stoftdiametrar på upp till 250 µm.

En typisk medelstor anläggning kan släppa ut 2-7 ton stoft per år om inte flussröken renas.

Utlakning av zink och andra metaller

Vid användning av förzinkade föremål sker en korrosion av zinken som medför att zink, och de metaller som ingår i zinken, långsamt lakas ut och sprids till omgivningen. Denna spridning sker främst i tätorter och längs vägar, p.g.a. förzinkade föremål främst används där. I tätorter är det bl.a. förzinkade tak och byggnadskonstruktioner, stuprännor, lyktstolpar och räcken, längs vägar är det t.ex. vägbalkar, vägmärken och fordon.

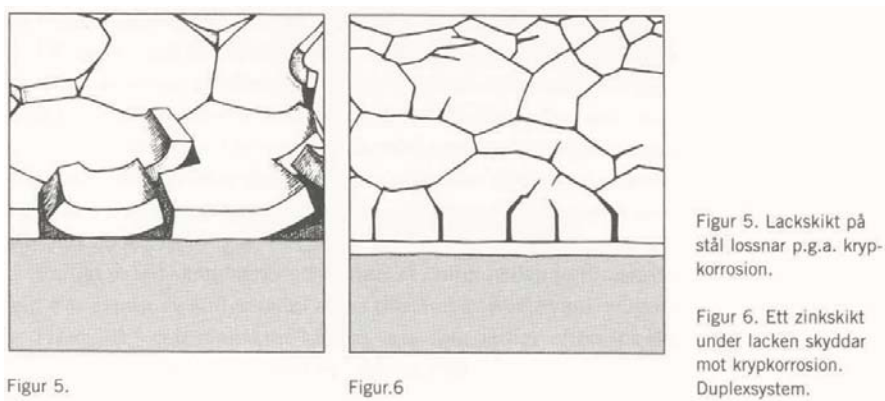
De övriga metaller som kan spridas genom zinken är framför allt bly och kadmium.

För att förhindra denna spridning kan man dels måla zinken och dels minimera innehållet av bly och kadmium i zinken.

Målning av zink

Zink går utmärkt att måla. Noggrannhet vid rengöring, eventuell förbehandling samt vid val av lacktyp är dock viktig för ett bra resultat. Genom målning på zink erhålls ett s.k. duplexsystem med normalt en mycket lång livslängd; lacken skyddar zinken mot korrosion och zinken skyddar lacken från att lossna p.g.a. kryptokorrosion.

Målning på zink är vanligt idag, t.ex. förzinkat stål i takplåt, i byggnadssmide och på bilar. Se vidare sid 54, Utlakning av zink.



Minimering av bly och kadmium

Halten av bly och kadmium i zinken kan minimeras dels genom val av en zinkkvalitet med låga föroreningshalter, se sid 16, Zinkbadets innehåll. Dels genom att undvika att tillsätta bly till zinksmältan. Upptagning av hårdzink underlättas av att hårdzinken flyter på ett blylager varvid man lättare får tag i den med t.ex. en skopa. Se även sid 18, Hårdzink.

Vid upptagning av hårdzink utan blylager kan problem uppstå genom att det legeringsskikt, som bildas på insidan av ståldegeln skrapas bort, varvid nytt stål friläggs och reagerar med zinken. Om detta sker regelbundet kan degelns livslängd förkortas.

Det är därför viktigt att hanteringsrutiner, teknik och utformning av skopor och andra verktyg för upptagning av hårdzink kontrolleras och utvecklas för att minimera påverkan på grytan. Upptagning av hårdzink sker idag på många varmförzinkningsanläggningar, utan bly på botten av grytan.

Avfall

VARMFÖRZINKNING GENERERAR många olika typer av avfall. De flesta typerna klassas som farligt avfall (FA) enligt Förordningen om Farligt Avfall, SFS 96:971.

FA-klassningen kan t.ex. bero på att avfallet är starkt surt eller alkaliskt, eller på dess innehåll av olja eller metaller.

Branschspecifikt avfall

Av de avfallstyper som är specifika för varmförzinkning bedöms följande som farliga:

- Zinkaska* från zinkbad
- Zinkstoft från renblåsning av rör
- Svärta* från zinkbad
- Stoft från rening av flussrök
- Skrubberväska från rening av flussrök

Zinkaska och zinkstoft köps vanligen tillbaka av zinkleverantören som sekundära råmaterial vid framställning av zink och zinkoxidpigment för färgtillverkning. Svärta kan på grund av sitt kloridinhåll ibland vara svårt att återvinna.

Stoft och skrubberväska från rening av flussrök kan ofta återanvändas till en viss del vid beredning av flussbad, vid förzinkning enligt den torra metoden. För den mängd som inte kan återanvändas

bör möjligheten till zinkåtervinning undersökas.

Då ingen zinktillverkning sker i Sverige exporteras det mesta av det zinkhaltiga avfallet till Norge. Det finns dock några anläggningar i Sverige för återvinning av zinkaska. Detta kan ske bl.a. genom malning av askan och gravimetrisk separering vilket ger ett zinkgranulat som kan återföras till zinkbadet. En annan metod innebär att zinken i zinkaskan smälts och gjuts till tackor som kan tillföras badet.

Farligt avfall skall lagras och hanteras enligt gällande föreskrifter. För export av farligt avfall krävs tillstånd av Naturvårdsverket.

Hårdzink* och zinkskrot klassas inte som farligt eftersom de föreligger i en form som inte lätt lakar ut zink.

Övrigt avfall

Det övriga avfallet är sådant som normalt kan uppkomma vid ytbehandling. Av detta bedöms följande vara farligt avfall:

- Avskild olja från avfettningsbad
- Slam från bakteriell nedbrytning av olja i avfettningsbad
- Förbrukade processbad (t.ex. avfettning, betning, avzinkning, flussning, kylning) som inte renas i intern reningsanläggning
- Första sköljvattnet efter processbad, som inte renas i intern reningsanläggning
- Övriga metallhaltiga eller starkt sura eller alkaliska vatten, t.ex. kylbad och skrubbeväska som inte renas i intern reningsanläggning
- Metallhydroxidslam från rening av metallhaltigt avloppsvatten
- Övrigt metallhaltigt koncentrat, slam, eluat etc. från renings- eller regenereringsprocesser

För material- eller energiåtervinning ur, alternativt minimering av uppkomsten av ovanstående övriga avfallsslag hänvisas till kapitlet om Möjligheter att begränsa utsläpp till vatten.

Miljö- och hälsoeffekter

MILJÖSTÖRANDE ÄMNEN I VATTENUTSLÄPP utgörs av tungmetaller och organiska ämnen. Metallerna är toxiska, stabila och ackumuleras i miljön. De organiska ämnena är t.ex. olja och fett från godset som hamnar i avfettningsbadet eller tensider, komplexbildare och andra ämnen som ingår i processkemikalierna. De organiska ämnena kan vara stabila, toxiska och/eller bioackumulerbara.

När det gäller effekter på omgivningen vid varmförzinkning är det dock främst luftutsläppen som är av betydelse. De karakteristiska föroreningarnas egenskaper och verkningar beskrivs kort nedan.

Allmänt gäller att flussröken har en skarp, stickande lukt som verkar irriterande på slemhinnor. Emissionerna är i många fall besvärande för de människor som bor eller vistas i närheten av en varmförzinkningsanläggning. Föroreningarna är dessutom försurande och frätande och kan orsaka skador på såväl material som växtlighet.

Väteklorid, HCl

Väteklorid i gasfas verkar irriterande på slemhinnorna i ögon och andningsvägar. Det hygieniska gränsvärdet är 7 mg/m^3 ntg. Utsläpp av väteklorid är mycket korrosiva och bidrar till försurningen.

Zinkklorid, $ZnCl_2$ och Ammoniumklorid, NH_4Cl

Zinkklorid är den farligaste luftföroreningen som uppkommer vid varmförzinkning. Det hygieniska gränsvärdet är 1 mg/m^3 . Föreningen är frätande, irriterar andningsvägarna och kan även orsaka magkatarr. Inandning av höga halter zinkklorid ger lungskador, som kan vara dödliga. Några dödsfall på grund av inandning av zinkklorid i samband med varmförzinkning har dock ej rapporterats.

Ammoniumklorid (salmiak) kan irritera hud och slemhinnor, och kan i stora doser orsaka illamående och kräkningar. I Sverige finns inget hygieniskt gränsvärde för ammoniumklorid. I USA finns ett värdesatt till 10 mg/m^3 .

Både zink- och ammoniumklorid är vattenlösliga och starkt korrosiva. Utsläppen kan orsaka ökade korrosionsangrepp på material i t.ex. byggnader och bilar i närheten av varmförzinkningsanläggningen. Det kan inte heller uteslutas att skador kan uppkomma på växtligheten, särskilt barrträd, i det omedelbara närområdet. Några undersökningar av eventuella vegetationsskador har emellertid inte utförts i landet. För zinkklorid löst i vatten, se även effekter av zink, nedan.

Utsläpp av ammoniumklorid bidrar till försurningen och kvävet kan lokalt ge en gödningseffekt.

Zinkoxid, ZnO

Inandning av zinkoxid kan ge s.k. zinkfrossa med feber och muskelsmärta. Zinkfrossa kan förekomma vid svetsning och gasskärning av förzinkat material, men har inte rapporterats vid varmförzinkning. Det hygieniska gränsvärdet är 5 mg/m^3 .

Zink, Zn

Zink är en av de vanligaste tungmetallerna i naturen. Höga halter har giftverkan, men ämnet är också en livsnödvändig beståndsdel i olika enzymer.

Vid måttlig zinkdeposition har inga negativa effekter i markmiljö konstaterats. Biologiska störningar har med dagens teknik inte kunnat iaktas förrän vid koncentrationer motsvarande tio gånger bakgrundshalten, som i ytjordar varierar mellan 20 och 100 mg Zn/kg.

Zink har en förhållandevis låg växttoxicitet och symptomen på zinköverskott hos växter är ospecifika och svåra att diagnostisera.

Zinken är emellertid en mycket rörlig metall. Lösligheten är starkt pH-beroende. I försurade jordar frigörs zink som till viss del återutfälls vid större markdjup. Resten transporteras vidare till grundvattnet eller vattendrag. Bakgrundshalten i svenska sötvatten ligger i intervallet 0,5-5 µg/l. I försurade vatten uppgår halterna ofta till 5-25 µg/l.

I sura vatten och markvätskor är fria zinkjoner den vanligaste förekomstformen. Dessa är lätt upptagbara för de flesta organismer. Zinkjonen ($Zn(H_2O)_6^{2+}$) och suspenderat zinkkarbonat ($ZnCO_3$) är de potentiellt mest toxiska formerna av zink i naturvatten.

I vattenmiljö har biologiska störningar på olika vattenlevande organismer påvisats redan vid zinkhalter på 10-50 µg/l. Zinkkoncentrationer på ca 100 µg/l har i försök med näringslösningar resulterat i mindre rottillväxt hos plantor av vissa känsliga trädslag.

Zinkens giftighet i vattenmiljö påverkas i hög grad av olika omgivningsfaktorer. Vattnets hårdhetsgrad är en mycket viktig faktor som inverkar på zinkens toxiska verkningar. Vid ökad hårdhet motverkar kalcium och magnesiumjonerna zinkens toxicitet, medan en bildning av zinkkarbonat i stället kan verka i motsatt riktning. Andra faktorer som påverkar är pH, syre- och salthalter. Zinkhalter på 15-40 µg/l och därutöver kan, med ledning av dagens kunskap, förväntas innebära en ekologisk risk i försurade och andra mjuka vatten.

Bly, Pb och kadmium, Cd

Bly och kadmium förekommer naturligt som föroreningar i zink (Zinkbadets innehåll, sid 16) och bly tillsätts ibland till zinksmältan (Hårdzink, sid 18). Dessa metaller hör tillsammans med kvicksilver (Hg) till de giftigaste tungmetallerna och de är dessutom bioackumu-

lerbara. Alla metaller är stabila och denna kombination av toxicitet, bioackumulerbarhet och stabilitet har medfört att Riksdagen har ställt sig bakom förslaget (Prop. 1990/91:90) att användningen av dessa metaller på sikt skall upphöra. Naturvårdsverket och Kemikalieinspektionen arbetar sedan flera år med dessa frågor.

Små mängder bly och kadmium kan eventuellt spridas med flussröken. Den stora spridningen sker dock genom utlakning från förzinkat gods om inte innehållet av bly och kadmium i zinken hålls på en mycket låg nivå.

Bly och kadmium kan ge njurskador hos människor. Bly kan även ge nervskador, vid dagens exponeringar rör det sig vanligen om lätta effekter, som kan vara övergående eller kvarstående

Möjligheter att begränsa utsläpp till vatten

Avloppsvatten

Förorenat avloppsvatten från varmförzinkningsanläggningar kan beroende på sin sammansättning behandlas enligt de metoder och riktlinjer som beskrivs i Allmänna råd 97:5, "Oorganisk ytbehandling".

Många internationella överenskommelser, som Sverige anslutit sig till, rekommenderar olika mål och åtgärder för att minska miljöpåverkan från bl.a. ytbehandlingsbranschen.

Nordsjökonferensen och Helsingforskommissionen (HELCOM) anger bl.a. halverade metallutsläpp. Pariskommissionens (PARCOM:s) rekommendation 92/4, "Reducering av utsläpp från ytbehandlingsindustrin" anger både riktvärden för metaller samt beskriver metoder för vattenbesparande åtgärder, rening och avfallsminimering.

Några av de viktigaste punkterna för att begränsa utsläpp till vatten enligt PARCOM och Allmänna råd: Oorganisk ytbehandling är:

- Förlängning av livslängd på processbad.
- Minimerat utdrag.
- Flerstegs motströmssköljning ev. med sparskölj.
- Rening och recirkulering av sköljvatten.
- Separering av vattenflöden innehållande olika metaller.
- Avfallsminimering genom återvinning/återanvändning av metaller och kemikalier.

- Separat rening av processbad och sköljvatten.
- Separat rening av vatten innehållande avfettningkemikalier och metallinnehållande vatten.

För avfettningsbad beskrivs olika metoder för förlängning av livslängden i Allmänna råd 93:9, "Avfettning av metall".

Vid betning i saltsyra eller svavelsyra kan betbaden regenereras.

Under förutsättning att galgar, krokar och fixturer avzinkas separat (se sid 20, Avzinkning) och att godset avfettats före betningen, så att inte zink och andra föroreningar hamnar i betbaden, kan förbrukade saltsyrabad ibland avyttras för tillverkning av järnklorid (FeCl_3), som används som fällningskemikalie vid vattenreningsverk.

Avbränningsbad innehåller zinkklorid och kan återanvändas vid beredning av flussbad.

Flussbad kan regenereras genom att järn fälls ut i form av järnhydroxid genom pH-justering med ammoniak och tillsats av väteperoxid (H_2O_2). Bildad järnhydroxid kan avlägsnas, kontinuerligt eller satsvis, genom behandling med filterpress, vacuumfilter eller centrifug. Det avvattnade järnhydroxidslammet klassas som farligt avfall.

Kylbad kan hålla höga zinkhalter och skall renas i intern reningsanläggning, alternativt behandlas som farligt avfall.

Skrubbervätska från rening av flussrök kan eventuellt användas vid beredning av flussbad eller renas och recikuleras.

Dagvatten

Regnvatten med förhöjda zinkhalter från zinkhaltigt stoft eller från utlakning av zink från bl.a. nyförzinkat gods hamnar i dagvattenledningarna eller i grund- eller ytvatten i närheten av varmförzinkningsanläggningen (se sid 22, Dagvatten).

För att förhindra detta kan åtgärder vidtagas dels för att förhindra utsläpp till luft av flussrök och zinkstoft (se nästa kapitel), och dels för att förhindra att reaktiva zinkytor utsätts för regn.

Nyförzinkade ytor är mycket reaktiva. Zinkhydroxid bildas lätt vid närvaro av fukt för att sedan sköljas av och lösas upp om det utsätts för regn. För att förhindra detta kan nyförzinkat gods lagras torrt och

luftigt; inomhus eller under tak, de första 2-3 dagarna. På den tiden hinner ett tunt lager zinkoxid bildas, som bromsar fortsatt utlakning. Alternativt kan de förzinkade produkterna få en temporär eller slutlig ytbehandling, som skyddar zinken mot korrosion. Se sid 54, Utlakning av zink.

Även zinklager, hårdzink och zinkskrot kan laka ut zink och bör lagras skyddat för regn.

Möjligheter att begränsa utsläpp till luft

LUFTUTSLÄPP FRÅN varmförzinkningsanläggningar kan reduceras dels genom processtekniska åtgärder, vilket innebär att man gör ändringar i varmförzinkningsprocessen så att mindre föroreningsmängd genereras och dels genom anläggningstekniska åtgärder, d.v.s. installation av reningsutrustning etc. Av dessa två typer av åtgärder är de processtekniska alltid att föredra; de angriper problemet "vid källan" och förhindrar uppkomsten av föroreningar. Dessutom är de billigare att införa än de anläggningstekniska åtgärderna och medför oftast att varmförzinkaren får bättre kontroll över sina processer och därigenom även bättre kvalitet på ytbehandlingen.

Luftföroreningarna från varmförzinkning som beskrivits på sid 22, Utsläpp till luft är följande:

- syraångor från betbad
- zinkstoft från renblåsning av rör
- flussrök från zinkbad

Uppkomsten av flussrök är det som framför allt skiljer varmförzinkning från annan typ av ytbehandling. Reducering av denna emission behandlas mycket utförligt i dessa Allmänna råd. När det gäller flussrök är det oftast befogat med åtgärder av både process- och anläggningsteknisk natur.

Processtekniska åtgärder för att minska utsläppen

Syraångor från betning

Syraemissioner från betbad kan dels bestå av syradroppar som rycks med vid vätgasavgång från badet och dels uppstå genom förångning av betsyra.

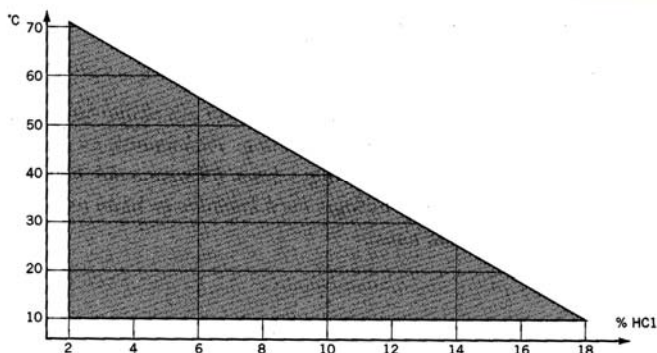
Vätgasutveckling sker då betsyran kommer i kontakt med ren metall, d.v.s. då rost och glödska har avlägsnats från stålytan. Genom tillsats av inhibitor* till betbadet kan vätgasutvecklingen reduceras och därmed minskar avgång av syradroppar till luften ovanför badet.

Vid betning i saltsyra ligger halten väteklorid i gasfasen över badet, på grund av förångning, erfarenhetsmässigt under 10 mg/m^3 om betbadets temperatur och syrakoncentration ligger inom det markerade området i figur 7.

Under senare år har som tidigare beskrivits (Betning, sid 13) även betning i sur lösning av järnklorid införts. Saltsyrahalten är då endast några procent och badet används vid rumstemperatur. Avrykningen från dessa bad är ofta så låg att kantutsug inte behövs. Dessutom sker ingen vätgasutveckling varför det inte är nödvändigt att tillsätta inhibitor.

För att betning i järnklorid skall fungera måste halten hållas inom ett snävt koncentrationsintervall. Detta kräver regelbunden kontroll och underhåll, samt kringutrustning i form av pumpar, kylare och separator.

Figur 7. Gränskurva för saltsyrabad.



Zinkstoff från rörförzinkning

Kvalitetskrav vid rörförzinkning gör det svårt att processmässigt ändra metoden med renblåsning av rören invändigt med högt trycksånga; för dessa anläggningar återstår bara reningsåtgärder.

Flussrök från zinkbad

Utveckling av flussrök sker vid kontakt mellan flussmedlet och den smälta zinken, d.v.s. i första hand vid neddoppningen av gods i zinkgrytan.

Flussröken består till största delen av ammoniumklorid (NH_4Cl) som är mycket flyktig, se avsnitt Flussrök, sid 23. För att minska rökavgången kan s.k. rökfattiga flusskemikalier användas. De mest framgångsrika resultaten har hittills uppnåtts där en del av ammoniumkloriden bytts ut mot kaliumklorid (KCl). Ett sådant flussmedel kräver emellertid en mycket noggrann förbehandling av godset. I Sverige används rökfattiga flussmedel endast i liten utsträckning.

Generellt gäller att emissionerna av flussrök är väsentligt mindre vid flussning med den torra metoden än med den våta metoden.

Vid torra metoden påverkar skötseln av flussbadet mängden flussrök. Ett flussbad bör hållas rent och vid rätt koncentration för att fungera tillfredsställande.

Vid våta metoden är det viktigt att tillförseln av flussmedel sker så skonsamt som möjligt. Rökgasutvecklingen blir mindre om flussmedlet tillsätts i små portioner då och då, gärna i form av korn eller bitar.

Även hanteringen av godset vid förzinkningsoperationen är viktig för att minimera uppkomsten av flussrök. Genom att vid den våta metoden föra ner godset i grytan med mjuka, lugna rörelser minskar omrörningen mellan flusstäcket och zinksmältan och därigenom rökutvecklingen.

Påsprutning av flussmedel på en nyförzinkad yta i samband med upptagning av gods ur grytan kan ge en jämnare och blankare zinkbeläggning. Eftersom det mesta av detta flussmedel ryker av, ger förfarandet upphov till stora emissionsmängder. I många fall sker denna typ av påsprutning av flussmedel slentrianmässigt och orsakar därmed onödiga utsläpp.

Anläggningstekniska åtgärder för att minska utsläppen

De anläggningstekniska åtgärder man kan vidta för att minska utsläppen från varmförzinkning är uppsamling och rening av emissionerna.

Uppsamling och rening av syraångor vid betning

Uppsamling av syraångor vid betning sker enklast med någon form av kantutsug på betbaden.

Vidare kan betbadet täckas för att minska spridning av syraångor i lokalen. Täckning av badet kan ske t.ex. med ett lock som öppnas eller lyfts av när gods skall doppas ner i eller tas ur betbadet. Andra sätt att täcka badet är med plastbollar eller ett skumtäck som flyter på ytan.

Rening av syraångor sker effektivast med en skrubber. Om andelen syradroppar är stor i den utsugna luften kan en droppavskiljare vara tillräcklig för rening. Droppavskiljare beskrivs i avsnittet nedan. Skrubber beskrivs i avsnittet på sid 44.

Droppavskiljare

Utsläpp av väteklorid från betbad kan reduceras med en droppavskiljare. Denna kan exempelvis bestå av en behållare med en veckad insats. Vid passage reduceras vätekloridhalten dels genom att droppar faller ut p.g.a. minskad flödes hastighet, dels genom kondensering av gasen på de stora avskiljningsytorna. Avskiljningseffekten kan ökas genom att droppavskiljaren tillförs vatten genom dysor.

Om vätekloriden föreligger i droppform, kan avskiljningsgraden förväntas bli relativt hög även med denna typ av enklare avskiljningsteknik. Verkningsgraden är dock lägre än för en skrubber, vars verkningsgrad m.a.p. avskiljning av väteklorid uppgår till 97-98%. Installationskostnaden för en skrubber blir emellertid 5-10 ggr högre.

Uppsamling och rening av zinkstoff vid renblåsning av rör

Renblåsning av rör vid rörförzinkning sker normalt med vattenånga. Den förorenade ångan kan lätt fångas upp med ett trattformat utsug i ena änden av röret.

De flesta zinkpartiklarna vid rörlåsning har en diameter över 15 μm . Partiklar av denna storlek kan fångas upp i en cyklon. Rölförzinkare har ofta cykloner som grovavskiljare av zinkstoff före ett spärrfilter. Cyklon beskrivs i avsnittet nedan.

Stoffet innehåller huvudsakligen metalliskt zink, som efter hand oxiderar i den fuktiga vattenången. Reaktionen sker under värmeutveckling och vid större stoftansamlingar kan värmeutvecklingen orsaka självantändning och dammexplosioner.

För att minimera risken för igensättningar vid rörlåsning bör temperaturen i kanaler och filter väl överstiga daggpunkten. Detta kan åstadkommas genom tillförsel av hetluft.

Avskilt stoft klassas som farligt avfall, se avsnitt Branschspecifikt avfall, sid 26.

Cyklon

En cyklon består av en stående cylinder där den förorenade luften blåses in tangentiellt. Genom den tangentiella inblåsningen får luften i cyklonen en rotation varvid centrifugalkraften slungar partiklar mot cylinderväggen där de kan avskiljas. Den reade luften tas ut i cyklonens mitt. Cykloner fungerar bäst för partiklar med en diameter överstigande 15-20 μm , varför den inte är lämplig för rening av flussrök.

Uppsamling av flussrök

För att förhindra diffusa utsläpp är det nödvändigt med en effektiv uppsamling av flussröken. Då röken bör renas är det också viktigt att luftvolymen begränsas. Stora luftflöden leder dels till att föroreningarna späds ut vilket innebär ett försämrat reningsresultat och dels till att reningsanläggningen måste dimensioneras för ett större luftflöde, vilket medför högre installations- och driftskostnader. Stora frånluftsvolymer innebär också betydande energiförluster i och med att den uppvärmda luft som ventileras bort måste ersättas.

Fläktar för utsug körs vanligen vid maximal effekt endast under själva neddopningen av godset i grytan, då den mesta flussröken avgår.

Flussrök från zinkgrytor kan samlas upp med:

1. Huvar
2. Kantutsug
3. Inkapsling

Dessa system kan också kombineras. I slutet av avsnittet återfinns en sammanställning av erforderlig luftmängd och verkningsgrad för de olika metoderna.

Zinkgrytor för rörförzinkning, liksom för band- och trådförzinkning, är oftast täckta vilket medför att flussröken lättare kan samlas upp. För att få en tillfredställande verkningsgrad uppskattas den nödvändiga frånluftsvolymer till $1.800 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}^2$ badyta för rörförzinkning och $1.000 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}^2$ badyta för band och trådförzinkning.

Huvar

För att inte minska tillgängligheten till zinkgrytan måste huvar med utsug placeras en bit ifrån denna, t.ex. ovanför traversen eller snett ovanför grytan.

Ett sådant uppsamlingsystem är relativt billigt att bygga. För att få en någorlunda god verkningsgrad måste emellertid stora luftvolymers sugas ut, mellan $5.000-10.000 \text{ m}^3/\text{h},\text{m}^2$ badyta.

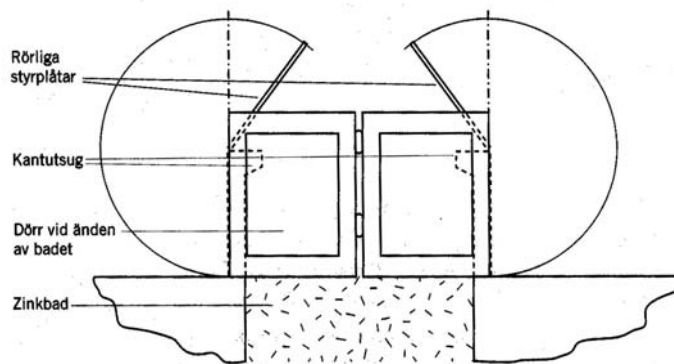
Kantutsug

Vid kantutsug bör utsugsslitsarna vara placerade på en höjd av ca. 0,5 m ovanför badytan. Härigenom undviks igensättningar av stänkande zink, samtidigt som verkningsgraden bibehålls. Slitsarna bör sträcka sig längs hela badlängden och vara dimensionerade så att de vid själva inloppsarean ger en lufthastighet av minst 10 m/s. Strömningshastigheten minskar mot badets mitt och är där av samma storleksordning som luftströmmarna i verkstadslokalen, ca. 1 m/s.

Kantutsug vid enbart ena långsidan har god effekt vid bad på upp till 0,6 meters bredd, förutsatt att det gods som skall behandlas tillåter luftgenomströmning. Vid bredare bad bör antingen båda långsidorna förses med kantutsug, eller ett kantutsug kombineras med påblås-

ning. Påblåsning ökar uppsamlingsgraden men också frånluftvolymen. Dessutom anses påblåsning både öka oxidationen av ytan på zinkbadet och öka zinkförbrukningen. Vid påblåsning kyls godset ner vilket medför att zinken stelnar snabbare och avrinningen minskar. Påblåsningen kan eventuellt stängas av vid upptagning av gods ur grytan.

För att öka uppsamlingsgraden med kantutsug och samtidigt minska frånluftsvolymer kan rörliga styrplåtar användas. Se figur 8.



Figur 8. Kantutsug med rörliga styrplåtar

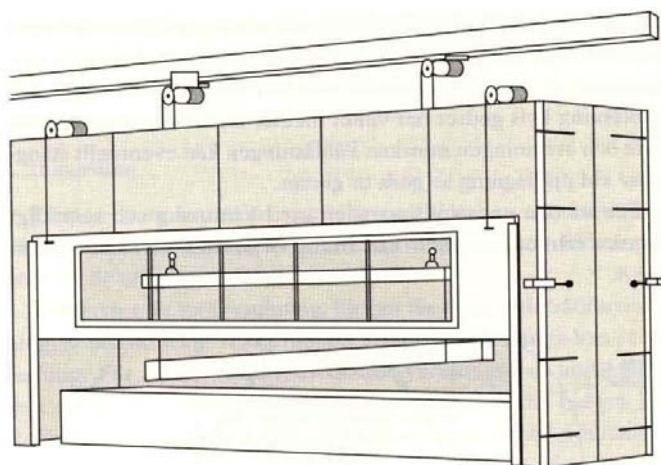
Inkapsling

Vid inkapsling av zinkgrytan kan nästintill 100 % av flussröken samlas in. Samtidigt kan frånluftsmängden hållas låg, ned till ca. $1.000 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$ badyta.

Om godsflödet kommer in längs med grytan kan den oftast enkelt byggas in med väggar längs badets sidor, dörrar på vardera kortsida, samt med höj- och sänkbara luckor på långsidorna för att göra badet åtkomligt. Dörrar och luckor kan manövreras manuellt eller med t.ex. hydraulik. Se figur 9.

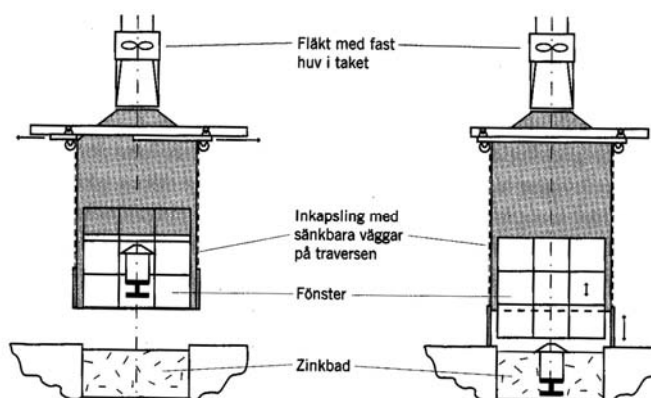
Om godset förs in tvärs mot grytans längdriktning blir en inbyggnad mer komplicerad. Väggarna måste då föras fram efter det att godset kommit på plats, t.ex. skjutas upp underifrån eller in från sidan. Sådana system innebär extra arbetsmoment. Komplicerade system är också mer känsliga för mekanisk åverkan, metallstänk och korrosiva ångor.

En annan typ av inkapsling sätts direkt på traversen och sänks



Figur 9. Inkapsling av zinkgryta

ned över grytan vid neddopningen. Se figur 10. En fast huv i taket, med utsug, sluter tätt ovanför inkapslingen när traversen befinner sig ovanför grytan. En variant av denna typ är att förse zinkgrytan med en inkapsling av fasta väggar upp till en höjd på ca. 2,5 m. När traversen befinner sig över badet sluter inkapslingen tätt med gummiläppar mellan huvan i taket och väggarna runt grytan.



Figur 10. Rörlig inkapsling med sänkbara väggar och fast utsug.

Om det inte är möjligt att åstadkomma en fullständig inkapsling av zinkgrytan där godsflödet förs in tvärs grytans längriktning,

finns det olika lösningar med draperier, delinkapslingar och skjutbara huvar, kombinerat med styrplåtar, påblåsning och/eller kantutsugning.

Tabell 3 ger en sammanställning av kapaciteten för olika uppsamlingssystem.

Tabell 3. Sammanställning; uppsamlingssystem

Uppsamlingssystem m³/h,m² badyta	Frånluftsvolym	Verkningsgrad
Huvar med varierande utformning och placering	5 000-10 000	10-70
Kantutsug	3 000- 4 000	30-80
Kantutsug och påblåsning	4 000- 5 000	40-90
Kantutsug med styrplåtar	1 500- 3 000	80-95
Inkapsling	1 000- 1 500	95-100

Rening av flussrök

Följande avskiljningsmetoder för flussrök används inom varmförzinkningsbranschen:

1. Elektrofilter 2. Skrubber 3. Spärrfilter

En sammanställning av de olika metodernas egenskaper följer i slutet av kapitlet

Elektrofilter

I ett elektrofilter passerar den förorenade luften först en joniseringszon där partiklarna laddas upp. Därefter passerar luften en avskiljningszon där de laddade partiklarna faller ut på jordanslutna elektrodplattor. Elektrodena rengörs regelbundet genom vattenspolning eller mekaniskt genom skrapning.

Vid våt rengöring av elektrofilter förs föroreningarna över i vatten-

fas vilket fordrar ytterligare ett reningssteg. Se vidare hantering av skrubbervätska i avsnittet nedan, Skrubber. För stoft som erhålls vid torr rengöring av elektrofilter, se hantering av filterstof i avsnittet Spärrfilter, sid 45.

Investeringskostnaden för elektrofilter är hög, men tack vare den mycket låga tryckförlusten i filtret blir driftkostnaden låg.

Skrubber

En skrubber renar ett luftflöde från gas eller partiklar genom avskiljning med en vätska, som vanligen är vatten. Det finns många olika typer av skrubbar, t.ex. packad bäddskrubber och plattskrubber. Principen är dock densamma; att genom turbulent strömning åstadkomma fina vätskedroppar samt god kontakt mellan dropparna och gasen eller partiklarna.

En packad bäddskrubber är mest lämpad att rena luftflöden som innehåller föroreningar i gasfas, t.ex. saltsyraångor från betning. I en packad bäddskrubber, som normalt är uppbyggd som en kolonn, förs den förorenade luften in i skrubbers nedre del och får sedan passera en tvättzon med någon typ av fyllkroppar, som t.ex. kan ha sadelform. Över bädden spolas tvättvätskan genom dysor. Ett gott reningsresultat kräver att luftströmmen ges en hög hastighet med hjälp av en högtrycksfläkt. Verkningsgraden för rening av saltsyraångor med skrubber är 97-98%

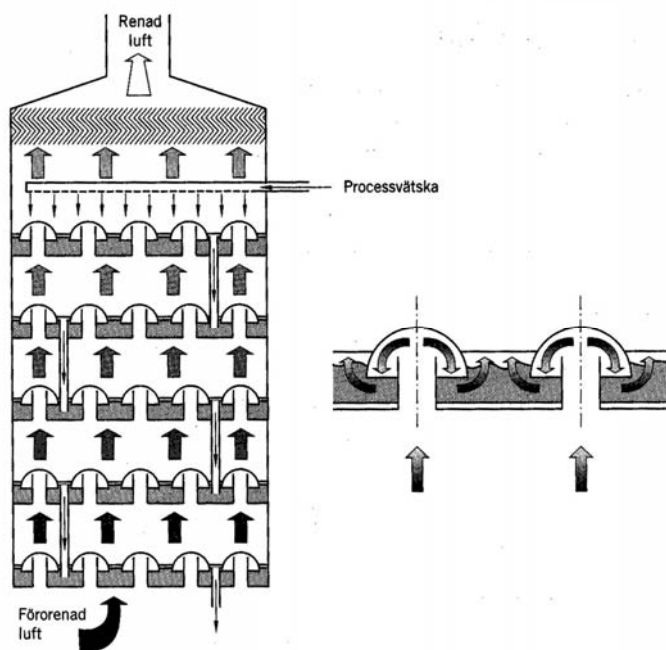
För ett luftflöde som innehåller små partiklar, som t.ex. flussrök, kan en plattskrubber användas. En plattskrubber är uppbyggd som ett torn med horisontella plattor där luften med hjälp av tvätt-dysor förs ner i tvättvätskan. Se figur 11i på nästa sida. I en plattskrubber för flussrök får luften passera tre till fem plattor.

En skrubbers reningsförmåga är begränsad när det gäller små partiklar. Ju mindre partikelstorleken är desto högre tryckfall över skrubbern krävs, vilket medför att driftskostnaderna ökar. Därtill kommer kostnaden för rening av tvättvätskan och deponering av slam. Verkningsgraden för rening av flussrök med skrubber är ca. 90%.

Vid en skrubberanläggning för flussrök kan värme från varm-förzinkningsprocessen återvinnas ur skrubbervätskan. Med hjälp av en värmepump kan t.ex. lokalen samt avfettnings- och flussbad värmas upp. Skrubbervätskan kan liksom vatten från rengöring av

elektrofilter, eventuellt användas för beredning av flussbad, se vidare avsnitt Avloppsvatten, sid 32.

I Sverige har våtskrubbar funnits i drift för rening av flussrök vid varmförzinkningsanläggningar sedan i början av 1980-talet. Antalet är dock begränsat och anläggningarna har svårt att nå det rekommenderade riktvärdet för stoft på 10 mg/m^3 ntg.



Figur 11. Plattskrubber

Spärrfilter

Spärrfilter för flussrök kan vara tillverkade av textilt eller sintrat plastmaterial.

Textila filter består av vävd eller filtad duk, normalt i form av slangar, men även platta filter förekommer. För rening av flussrök från varmförzinkningsanläggningar används ofta polypropylen som filtermaterial.

Ett slangfilter för flussrök är normalt konstruerat så att luften passerar filterslangarna utifrån och in. Partiklarna avsätts på utsidan av slangarna som hålls utspända av trådkorgar.

Textila spärrfilter är oftast djupfiltrerande, vilket innebär att partiklarna delvis tränger in i filtermaterialet och bygger upp en filterkaka, som bidrar till filtreringseffekten. Tryckfallet över filtret ökar med filterkakans tjocklek och för att inte tryckfallet skall bli för stort måste filtret efterhand rengöras. Detta sker genom tryckluftstötter som får filterkakorna att lossna och falla ned i en uppsamlingsbehållare på botten. Impulser till tryckluftstötter ges vid ett visst tryckfall eller med regelbundna tidsintervall.

I sintrade spärrfilter är filterelementen självbärande. De är tillverkade av plastgranulat med en teflonbeläggning. Teflonbeläggningen gör filtret ytfiltrerande, d.v.s. ytskiktet har mindre porstorlek än filtermaterialet i övrigt, vilket innebär att partiklar inte tränger in i filtret i någon större omfattning, utan avsätts på filterytan. Liksom vid textila spärrfilter avlägsnas stoffet med hjälp av tryckluftstötter.

Ett problem vid filtrering av flussrök är de hygroskopiska egenskaperna hos framför allt zinkkloriden, vilket kan medföra att filterstoffet blir en kladdig massa som sätter igen filtret. Textila filter som blir igensatta måste demonteras, tvättas och torkas innan de kan användas igen. Sintrade filter behöver normalt bara spolras av och torka, på plats, för att åter kunna sättas i drift.

Igensättning av filter p.g.a. de hygroskopiska egenskaperna kan undvikas genom uppvärmning eller isolering av filtret. Filtertemperaturen bör hållas väl över 20°C. Temperaturen får emellertid inte bli för hög ty då kondenserar inte alla ammonium- och klorföreningar utan förblir i gasfas, vilket inverkar negativt på avskiljningen.

En annan lösning för att undvika igensättningar med textila spärrfilter är att tillsätta kalk i flussröken. Kalkinjicering medför även en viss avskiljning av väteklorid, samt skyddar filtermaterialet mot för djup inträngning av de allra finaste partiklarna. Kalkinjicering innebär emellertid högre driftkostnader p.g.a. kalkförbrukningen samt större avfallsmängder. Även ytfiltrerande (teflonbelagda) textila spärrfilter förekommer.

Verkningsgraden för spärrfilter är mycket god. För partiklar kan verkningsgraden nå över 99%. Djupfiltrerande textila filter anses även ge en viss gasavskiljning.

Undersökningar visar att stofthalten i utgående luft efter textila spärrfilter vanligen ligger på 1-2 mg/m³ ntg. Sintrade filter har ofta

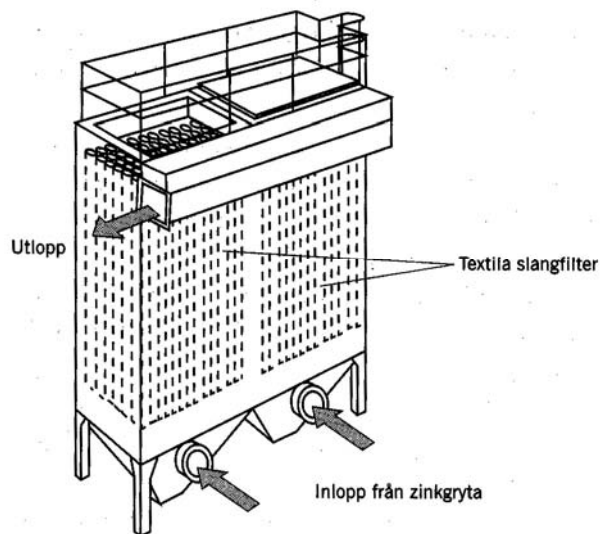
utgående stoffhalter under 1 mg/m^3 ntg.

Sintrade filter har längre livslängd och tar normalt mindre plats än textila filter.

Investeringskostnaden för filtermaterialet är lägre för textila filter än för sintrade, men driftskostnaden blir något högre för det textila filtret p.g.a. det högre tryckfallet för djupfiltrerande filter jämfört med ytfiltrerande.

Filterstoff från rening av flussrök kan ofta till en viss del återanvändas vid beredning av flussbad.

Rening av flussrök med spärrfilter är en vanlig metod i Sverige idag.



Figur 12. Textilt spärrfilter

Tabell 4. Sammanställning av reningsmetodernas egenskaper

Avskiljnings-system	Installations-kostnad	Drifts-kostnad	Partikel-avskiljning	Gas-avskiljning
Cyklon	Låg	Medel	God ($>15\mu\text{m}$)	Ingen
Elektrofilter	Hög	Låg	God	Ingen
Skrubber	Medel	Hög	Mindre god	Mycket god
Textilt spärrfilter	Medel	Medel	Mycket god	Låg
Sintrat spärrfilter	Medel	Medel	Mycket god	Ingen

Krav utomlands

RENINGSANLÄGGNINGAR FINNS installerade i olika omfattning i en rad länder, både i Europa och i övriga världen.

Nedan följer en beskrivning av utsläppsnormer i Tyskland och Danmark.

Tyskland

I Tyskland antogs den i mars 1986 förordningen, TA-Luft, som kraftigt begränsar de tillåtna mängderna luftföroreningar från bl.a. varmförzinkningsanläggningar.

Genom att pröva olika tekniska lösningar för att reducera luftutsläppen från varmförzinkningsanläggningar har de tyska myndigheterna fått ett underlag till de utsläpps begränsningar som fastställts i TA-Luft. Man har kunnat konstatera att det går relativt lätt att uppfylla kraven även vid äldre anläggningar genom ombyggnad.

Anläggningar för varmförzinkning där flussmedel används, skall utrustas med avgasuppsamlingssystem varifrån avgaserna skall ledas till en reningsanläggning. För utsläppet av oorganiska klorföreningar från betningen skall gälla ett riktvärde på 10 mg/m^3 ntg, räknat som saltsyra. Värdet 20 mg/m^3 ntg får ej överskridas. För emissionerna från zinkbadet gäller som gränsvärde 10 mg stoft/m^3 ntg och för oorganiska, gasformiga klorföreningar, räknat som saltsyra, värdet 20 mg/m^3 ntg. Vid renblåsning av rör får utsläppet av zinkhaltigt stoft inte överskrida 10 mg/m^3 ntg.

Dessutom sägs det i förordningstexten att de emissionsbegränsande åtgärderna skall inriktas på reducering både av föroreningshalterna och av totala utgående luftflödet.

För att få jämförbara mätresultat föreskrivs också hur emissionsmätningarna skall utföras. Anvisningarna är relativt omfattande och beskrivs här helt kortfattat.

- Mätningar vid varmförzinkningsanläggningar för rör- och tråd-förzinkning skall utföras vid anläggningens högsta kapacitet (ton/h) enligt givet tillstånd och under de arbetsförhållanden som kan förväntas ge maximala utsläpp vid den aktuella produkten. Mättiden skall uppgå till en halvtimme.
- Vid styckvis förzinkning skall mätningen genomföras under hantering av så enhetligt gods som möjligt. Mättiden skall motsvara summan av de enskilda nedsänkningarna och uppgå till minst en halvtimme, för att vara säker på att täcka flera arbetscykler. Nedsänkningstiden är tiden mellan godsets första och sista kontakt med förzinkningsbadet.

Den nya lagen gällde med omedelbar verkan för nya anläggningar. Befintliga varmförzinkningsanläggningar skulle inom fem år ha vidtagit sådana åtgärder att de nya kraven uppfylls.

Enligt TA-Luft kan filterstoff och sådant avfall som uppstår vid kalkinblåsning återanvändas som tillsatser inom metallindustrin eller vid metallfärgtillverkning.

För övrigt gäller i Tyskland sedan 1978 att zink avsedd för varmförzinkning får innehålla högst 0,01% kadmium.

Danmark

Miljöstyrelsen i Danmark utkom 1993 med "Brancheorientering for varmförzinkningsindustrien". En "brancheorientering" motsvarar Naturvårdsverkets Allmänna råd och avsikten i Danmark liksom i Sverige är att informera varmförzinkningsbranschen samt myndigheterna om "miljubeskyttelseovens" (miljöskyddslagens) intentioner att:

- främja användandet av renare teknologi
- begränsa resursförbrukningen

- främja återvinning/återanvändning
- minska avfallsmängden

Vidare innehåller branschorienteringen information om teknologier som är under utveckling samt beskrivningar av hur man löst problemen på några danska varmförzinkningsanläggningar.

De danska råden koncentrerar sig på vattenutsläpp och avfallsminimering. De beskriver möjligheterna till avloppsfria system och anger metoder att återvinna flussbad, avbränningsbad och kylbad, samt anser att allt zinkhaltigt avfall skall sändas bort för återvinning alternativt återföras direkt till zinkgrytan.

Avfettningsbad bör förses med membranfilter för förlängning av livslängden på baden.

I Danmark liksom i Sverige anser man att åtgärderna bör sättas in vid källan för att förhindra uppkomsten av föroreningar i stället för att rena dem som redan uppkommit. För flussrök anser man emellertid att processtekniska åtgärder vid källan inte är tillräckliga och vid etablering av nya anläggningar anger branschorienteringen att zinkgrytan bör förses med inkapsling och stoftfilter.

För befintliga anläggningar skall stoftfilter övervägas när zinkhalten i utgående luft överstiger 5 mg/m³ ntg.

Naturvårdsverkets allmänna råd

NATURVÅRDSVERKETS AVSIKT ÄR att dessa rekommendationer bör tillämpas vid nyanläggning, vid utökning eller ombyggnad av äldre industrier. Åtgärder bör också föreskrivas vid omprövning enligt 24 § ML för sådana varmförzinkningsanläggningar vars utsläpp uppfattas som störande av kringboende eller närliggande verksamheter eller om utsläppet förorsakar störningar i naturen.

Utsläpp till vatten

Avloppsvatten från varmförzinkning bör behandlas så som beskrivs i Naturvårdsverkets Allmänna råd "Oorganisk ytbehandling", samt Allmänna råd "Avfettning av metall".

De åtgärder för förlängning av livslängd, vattenbesparing, rening, regenerering, återanvändning, återvinning etc, som anges i kapitlet om Möjligheter att begränsa utsläpp till vatten, bör om möjligt införas.

Zinkhalter i dagvattenledningar eller i grund- eller ytvatten i närheten av varmförzinkningsanläggningen bör undersökas med regelbundna intervaller. Föreligger risk för förhöjda halter kan förutom reducering av stoftutsläppen, enligt punkten nedan, Utsläpp av stoft, även möjligheten att lagra nyförzinkat gods inomhus eller under tak övervägas. Nyförzinkat gods har mycket reaktiva ytor i 2-3 dagar, innan ett oxidskikt hunnit bildas. Se även sid 54, Utlakning av zink.

Zinklager, hårdzink och zinkskrot bör även lagras skyddat för regn.

Utsläpp till luft

Naturvårdsverket förordar den torra varmförzinkningsmetoden, eftersom denna ger upphov till mindre mängd luftföroreningar än den våta metoden. Även effektiv förbehandling, med avfettning före betningen, minskar emissionerna och kan dessutom möjliggöra en övergång till rökfattiga flussmedel.

Utsläpp av stoft

Utsläppen av flussrök från zinkgrytan kan förutom processtekniska åtgärder reduceras genom uppsamling och rening av rökgaserna.

Naturvårdsverket anser att stoftutsläppen från varmförzinkningsanläggningar (flussrök och stoft från renblåsning av rör) bör uppgå till högst 10 mg stoft/m³ ntg, som riktvärde.

Den förorenade luften bör koncentreras så långt det är möjligt genom i första hand inkapsling av grytan. Diffusa utsläpp bör förhindras och låga utsläppshalter bör inte erhållas genom utspädning.

Naturvårdsverket anser att spärrfilter är den för närvarande bästa tillgängliga tekniken. Leverantörerna av spärrfilter garanterar normalt en resthalt på mindre än 5-10 mg stoft/m³ ntg.

Utsläpp av försurande gaser

Utsläppen av saltsyra från betbad och avzinkningsbad bör hållas på en så låg nivå som möjligt. Genom att driva dessa bad vid rumstemperatur och med låg koncentration av saltsyra kan halten i utgående luft hållas under 10 mg/m³, ntg. Som riktvärde bör gälla högst 10 mg/m³, ntg, oorganiskt klor (räknat som HCl). Om baden drivs så att halterna överstiger 10 mg/m³, ntg, bör utsläppen renas med skrubber eller droppavskiljare.

Om flussröken passerar en filteranläggning vid för hög temperatur finns risk för att ammoniak och klorider i gasfas släpps ut. Det är därför viktigt att uppsamling, fläktar och ventilationsrör utformas så att temperaturen varken blir så låg att röken riskerar att bli fuktig, eller så hög att ammoniak och klorider i gasfas förekommer i nämnvärd utsträckning. Erfarenhetsmässigt fungerar reningen bäst

om flussröken ligger inom temperaturintervallet 30-50°C.

Gasutsläppen kan minskas på samma sätt som stoftutsläppen, d.v.s. genom övergång till torra metoden, rökfria flussmedel och/eller genom rening. Utsläppet av oorganiska klorföreningar i gasform från zinkgrytan bör understiga 20 mg/m³ ntg, räknat som HCl, som riktvärde.

Avfallshantering

Zinkhaltigt avfall bör gå till återvinning.

För material- eller energiåtervinning ur, alternativt minimering av uppkomsten av övriga avfallsslag hänvisas till kapitlet om Möjligheter att begränsa utsläpp till vatten.

Farligt avfall skall lagras och hanteras och deponeras enligt gällande förordning. För export av farligt avfall krävs tillstånd av Naturvårdsverket.

Hårdzink och zinkskrot klassas inte som farligt avfall.

Produkt- och råvarufrågor

Bly och kadmium hör till de allra giftigaste metallerna och de är dessutom stabila och bioackumulerbara. De hör till de ämnen vars användning på sikt bör upphöra.

Alla legerings- och föroreningsmetaller som finns i zinken följer med i zinkskiktet på den förzinkade produkten och hamnar i miljön i takt med att zinken lakas ut.

Naturvårdsverket anser att det inte är befogat att tillsätta bly till zinkbadet för att underlätta upptagning av hårdzink (se sid 25, Minimering av bly och kadmium).

Vid högtemperaturförzinkning (560 °C) blir zinkskiktet mer duktil* med en liten blytillsats, vilket ibland kan vara befogat. På sikt bör dock andra legeringsmetaller undersökas för att uppnå denna effekt. Vid varmförzinkning vid 460 °C erhålls dock inte några egenskaper som motiverar en tillsats av bly.

Utlakning av zink

För att undvika utlakning av zink vid användning av förzinkade produkter rekommenderas målning av zinken, ett s.k. duplex-system (zink+lack). Ett lackskikt minskar korrosionen av zink avsevärt och livslängden för produkten ökar (se sid 25, Målning av zink). Normalt används våtlack men användning av pulverlack, som rekommenderas av Naturvårdsverket, ökar.

Även andra metoder för att åstadkomma temporära eller mer beständiga korrosionsskydd för zink kan förekomma, t.ex. beläggning med polymerer, silaner eller torkande oljor. Ett effektivt korrosionsskydd för zink, vilket läggs i anslutning till varmförzinkningsprocessen, skulle kunna vara ett alternativ tillagring inomhus eller under tak för nyförzinkade produkter (se sid 51, Utsläpp till vatten).

Om lacker eller andra typer av korrosionsskydd innehållande lösningsmedel används bör i första hand produkter med låga lösningsmedelshalter väljas, i andra hand bör reningsåtgärder övervägas. Se vidare Naturvårdsverkets Branschfaktablad: "Verkstadsindustri, Lackering av metall".

Kontrollfrågor

Se Naturvårdsverkets Allmänna råd 89:7 "Anläggningskontroll vid verkstads- och ytbehandlingsindustri" och Allmänna råd 94:1 "Miljörapport för tillståndspliktiga företag enligt miljöskyddslagen".

Litteraturförteckning

1. Naturvårdsverket Allmänna råd, 97:5, "Oorganisk ytbehandling", 1997
2. Förordning om farligt avfall, SFS 1996:971
3. Naturvårdsverket Allmänna råd 93:9, "Avfettning av metall"
4. Miljöprogram för kadmium, SNV, 1987
5. Nordisk Förzinkningsförening, rapport: "Emissionsreducering vid varmförzinkning", 1988
6. Nordisk Förzinkningsförening, handbok: "Varmförzinkning", 1989
7. Naturvårdsverket rapport 3429, "Zink i miljön", 1988
8. Ytbehandlingsskolan, Ytforums Förlag AB, 1986
9. SIS handbok 160, "Val av ytbehandling", Novum Grafiska AB, 1986
10. VDI 2579, Väst-Tyska riktlinjer för emissionsreducering vid varmförzinkningsanläggningar
11. Die TA Luft'86, Technischer kommentar, 1986
12. Naturvårdsverkets rapport, "Verkstadsindustrins Kemikalier", 1997
13. Nordiska Ministerrådet rapport 1993:561, "Möjligheter att minska miljöbelastningen från ytbehandlingsindustrin"
14. Naturvårdsverket Allmänna råd 89:7, "Anläggningskontroll vid verkstads- och ytbehandlingsindustri"
15. Naturvårdsverket Allmänna råd 94:1, "Miljörapport för tillståndspliktiga företag enligt miljöskyddslagen"
16. Camex Consulting AB, "Processteknik varmförzinkning", 1995
17. Orientering fra Miljøstyrelsen, Danmark, Nr 3. "Branscheorientering for varmförzinkningsindustrien", 1993
18. Nordisk Förzinkningsförening, W. Pilling, "Förzinkningsdeklar - skötselrekommendationer", 1995
19. Miljöforskargruppen, "Zink - resurs och/eller hot", 1996
20. Naturvårdsverket Branschfaktblad, "Verkstadsindustri, Lackering av metall", 1997

ORDFÖRKLARING

Hårdzink	en järn-zinklegering som bildas i zinksmältan vid närvaro av järn (zinkinnehåll ca. 95 %)
Duktil	formbar, mindre benägen att spricka
Inhibitor	ett ämne som tillsätts betvätskan för att undvika angrepp på metallen sedan korrosionsprodukterna avlägsnats (även: sparbetmedel)
Skrubber	utrustning för rening av ett luftflöde innehållande gas eller partiklar genom avskiljning med en vätska (absorption resp. suspension)
Svärta	brända flussmedelsrester som skummas av zinkbadets yta vid våta metoden (zinkinnehåll ca. 10%)
Ultrafiltrering	en membranfiltreringsmetod som kan separera t.ex. emulgerad olja ur vattenfas (poröppning ca. 0,01-0,1 μm)
Zinkaska	zinkoxid som skummas av zinkbadets yta för att det inte ska fastna på det nyförzinkade godset vid upptagningen ur zinkgrytan (zinkinnehåll ca. 60%)

ALLMÄNNA RÅD 97:4

Varmförzinkning

VARMFÖRZINKNING ÄR EN 160-ÅRIG process som fortfarande är en av de effektivaste metoderna att skydda stål mot korrosion. Varmförzinkning medför både miljömässiga nackdelar och fördelar. Nackdelarna är utsläpp av zinkhaltig flussrök vid processen och utlakning av zink vid användning av förzinkade produkter. Fördelarna är förlängd livslängd vilket medför minskat underhållsbehov jämfört med t.ex. rostskyddsmålning samt att mindre mängd stål behöver tillverkas. Både stålet och zinken återvinns vid omsmältning av förzinkat gods.

Naturvårdsverket beskriver i dessa Allmänna råd vilka åtgärder som behöver vidtagas för att minimera miljöproblemen med varmförzinkning. Råden gäller både vid nyinstallationer och för befintliga anläggningar.

Råden är avsedda att fungera som vägledning för företag vid val och utformning av varmförzinkningsanläggningar och för tillståndsgivande och tillsynsmyndigheter i deras arbete.

ISBN 91-620-0099-3

ISSN 0282-7271

NATURVÅRDSVERKET FÖRLAG