

Miljøprojekt nr. 130

1990

Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedbrug

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Miljøprojekt

- Nr. 80 : Svømmebade og sygdomsrisici
- Nr. 81 : Lokale forureninger og helbredseffekter
- Nr. 82 : QSAR og toksikologi – en ny strategi i kemikalievurdering
- Nr. 83 : Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald
- Nr. 84 : Alternativ lossepladsteknologi – en litteraturgennemgang
- Nr. 85 : Tilførsel af næringsstoffer til vandløb
- Nr. 86 : Genanvendelse af tekstilaffald
- Nr. 87 : Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer
- Nr. 88 : Emballage til mælk og juice
- Nr. 89 : Vandressourcerne og klimasvingninger
- Nr. 90 : Nikkelafgivelse fra metallegeringer
- Nr. 91 : Algetoksicitetstest
- Nr. 92 : CFC-forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 93 : Mikrobiel nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvand
- Nr. 94 : Genanvendelse af madaffald fra storkøkkener i København
- Nr. 95 : Bundfaunaundersøgelser som redskab til overvågning
- Nr. 96 : Svovlbrintedannelse og -kontrol i trykledninger
- Nr. 97 : Renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 98 : Renere teknologi i træ- og møbelbranchen
- Nr. 99 : Kompostering af haveaffald i Frederiksborg amt
- Nr. 100 : Hazard Assessment of 1,1,1-Trichloroethane
- Nr. 101 : Organiske opløsningsmidler i husholdningsprodukter
- Nr. 102 : Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug
- Nr. 103 : Sprøjtefri randzoner i kornmarker
- Nr. 104 : Miljøforbedring ved hovedseparation i rejepilleindustrien
- Nr. 105 : Forbrug af og forurening med bly i Danmark
- Nr. 106 : Haloner – forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 107 : Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand
- Nr. 108 : Madaffald fra storkøkkener – organisation af indsamling og oparbejdning
- Nr. 109 : Erstatningsstoffer for fosfat – spredning og effekter i miljøet
- Nr. 110 : Olie/kemikalieaffald – en spørgeskemaundersøgelse
- Nr. 111 : Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier
- Nr. 112 : Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept
- Nr. 113 : Storskrald og haveaffald
- Nr. 114 : Papirindsamling via specialcontainere og genbrugsstation
- Nr. 115 : Vandmiljøplanens overvågningsprogram
- Nr. 116 : Renere teknologi i svine- og kreaturslagteribranchen
- Nr. 117 : Dioxinmission ved affaldsforbrænding
- Nr. 118 : Klorkilders betydning for dioxindannelse ved forbrænding
- Nr. 119 : Okkerrensning i forbindelse med landbrugsmæssig dræning
- Nr. 120 : Kontrol af køretøjer med katalysator
- Nr. 121 : Forurenede industrigrunde
- Nr. 122 : Indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder
- Nr. 123 : Risikovurdering af forurenede grunde
- Nr. 124 : Vedligeholdelse af køle-smøremidler
- Nr. 125 : Fugleføde i kornmarker – insekter og vilde planter
- Nr. 126 : Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien
- Nr. 127 : Miljøfremmede, organiske stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 128 : Nedsivning fra byggeaffald
- Nr. 129 : Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald – del 1
- Nr. 130 : Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug

Miljøprojekt nr. 130

1990

Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedbrug

Institut for produktudvikling (IPU),
Danmarks Tekniske Højskole

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

Miljøstyrelsen vil, når lejlighed gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Denne rapport er finansieret af Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi i forbindelse med gennemførelsen af »Udviklingsprogram for Renere Teknologi 1987-1989«.

Indhold

<u>1.</u>	<u>Indledning</u>	6
<u>2.</u>	<u>Galvanomaskinens interessenter.</u>	7
2.1	Indledning	7
2.2	Generelle krav til galvanomaskinen	7
2.2.1	Identifikation af interessenterne	8
2.2.2	Generelle krav fra maskinens køber	9
2.2.3	Generelle krav fra miljømyndigheder	11
2.3	Tilgængelige koncepter	13
<u>3.</u>	<u>Designparametre for galvan oanlæg.</u>	15
3.1	Indledning	15
3.2	Parametre ved design	15
3.2.1	Lovkrav	16
3.2.2	Procesvariable	16
3.2.3	Hovedprocesser	18
3.2.4	Anlægsvariable	23
3.2.5	Materialetransporttype	23
<u>4.</u>	<u>Beskrivelse af den generelle galvanomaskine for en række geometrier.</u>	27
4.1	Målsætning	27
4.2	Konceptudvikling	27
4.3	Galvanomaskinen til pladeemner	28
4.3.1	Transportbånd	29
4.3.2	Transportbane	33
4.4	Galvanomaskinen til rotationssymmetriske emner	37
4.4.1	Rotéretromle	38
4.4.2	Fremskubningsbane	40
4.5	Galvanomaskinen til tråd- og båndemner	42
4.5.1	Gennemtrækningsbane	42
4.6	Galvanomaskinen til sammensatte geometrier	45
4.6.1	Transportbanen	45
4.7	Konklusion	47

<u>5.</u>	<u>Analyse af anlæg til overfladebe-</u> <u>handling af pladeemner.</u>	48
5.1	Beskrivelse af koncept for eksiste- rende produktion	48
5.1.1	Beskrivelse af procesfor- løbet	48
5.1.2	Beskrivelse af enhedsopera- tioner	53
5.1.3	Relationer mellem procesfor- løb og fastlagte parametre	56
5.1.4	Identifikation af de kriti- ske dimensioneringsvariable	57
5.2	Karakteristika ved konceptet for eksisterende produktion	59
5.3	Styrke / svaghed ved det eksiste- rende koncept	59
5.4	Karakteristika for alternative kon- cepter	60
5.5	Beskrivelse af alternative koncep- ter	61
5.6	Styrke/svagheder ved de nye kon- cepter	66
5.7	Valg af det optimale koncept	67
<u>6.</u>	<u>Analyse af anlæg til overfladebe-</u> <u>handling af små rotationssymme-</u> <u>triske emner</u>	69
6.1	Beskrivelse af konceptet for eksi- sterende produktion	69
6.1.1	Beskrivelse af procesfor- løbet	69
6.1.2	Procesforløb for akslerne	69
6.1.3	Procesforløb for urenheder	71
6.1.4	Beskrivelse af enhedsope- rationerne	73
6.1.5	Relationer mellem procesfor- løb og fastlagte parametre	75
6.1.6	Identifikation af de kritis- ke dimensioneringsvariable	76
6.2	Karakteristika ved konceptet for eksisterende produktion	77
6.3	Styrke / svaghed ved det eksiste- rende koncept	78
6.4	Karakteristika for de alternative koncepter	79
6.5	Beskrivelse af alternative koncepter	80
6.6	Styrke / svaghed ved de nye koncepter	81
6.7	Valg af det optimale koncept	82

7.	<u>Analyse af anlæg til overfladebehandling af emner med sammensat geometri</u>	84
7.1	Beskrivelse af koncept for eksisterende produktion	84
7.1.1	Beskrivelse af procesforløbet	84
7.1.2	Beskrivelse af enhedsoperationerne	89
7.1.3	Relationer mellem procesforløb og fastlagte parametre	92
7.1.4	Identifikation af de kritiske dimensioneringsvariable	95
7.2	Karakteristika ved konceptet for eksisterende produktion	96
7.3	Styrke / svaghed ved det eksisterende koncept	98
7.4	Karakteristika for alternative koncepter	99
7.5	Galvanomaskinen til sammensatte geometrier	100
7.5.1	Transportbanen	101
7.6	Styrke/svagheder ved det nye koncept	105
7.7	Valg af det optimale koncept	107

1. Indledning

Projektet "Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug" er en del af den indsats, som Miljøstyrelsen har iværksat via udviklingsprogrammet for renere teknologi, for at begrænse miljøbelastningen fra galvanisk produktionsvirksomhed.

Ved traditionel galvanisk produktion produceres emnerne først i et automatisk forløb, hvorefter de samles og sendes til overfladebehandling, enten internt på en virksomheds galvaniske anlæg eller eksternt hos en løngalvanisør. Denne tilrettelæggelse af produktionen, og produktionsdesignet indbygget heri, giver anledning til en produktion, der kan være vanskelig at styre, hvis man ønsker at begrænse miljøbelastningen. For på det galvaniske område at foregribe den teknologiske udvikling, der søger at optimere, rationalisere og hurtiggøre produktionen, og som vi ved vil komme, har formålet med projektet været at kombinere den udvikling på området med miljøhensyn allerede i designfasen.

Tanken har været at opbygge overfladebehandlingsanlæg, der passer ind i selve produktionslinien, og konstruere kompakte og miljøvenlige galvanomaskiner, som kan placeres her, med mindst mulig intern og eksternt miljøbelastning til følge.

Det konkrete formål har været, at belyse og analysere mulighederne for at udvikle en kompakt og miljøvenlig galvanomaskine, der er velegnet til computerstyret produktion efter Flexible Manufacturing System (FMS) og Computer Integrated Manufacturing (CIM) teknologistyringsprincipperne.

De indeholdte faser i nærværende rapport omhandler:

- Analyse af typiske produktioner i forskellige virksomheder, hvor det lader sig gøre at anvende galvanomaskiner.
- Vurdering af de miljøhensyns krav, som galvanomaskiner skal opfylde.
- Opstilling og valg af designkoncepter som løsningsmodeller under hensyntagen til de forskellige geometriske emner, der skal overfladebehandles.

Projektet er udført af Klaus Sørensen og Kristian Løkkegaard, Institut for Produktudvikling (IPU), Danmarks tekniske Højskole.

Kontoret for renere teknologi, Miljøstyrelsen
oktober 1989.

2. Galvanomaskinens interesser

I det følgende kapitel søges interesserne, til den kompakte og miljøvenlige galvanomaskine, identificeret. Desuden søges det klarlagt hvilke krav og ønsker interesserne har, for derved få et basis for design af galvanomaskinen.

2.1 Indledning

En række faktorer indikerer, at konkurrencen indenfor galvanobranchen vil blive skærpet indenfor de næste år.

Således vil realiseringen af EF's indre marked åbne det danske marked for udenlandske galvanisører og vice versa. Herved vil antallet af potentielle konkurrenter og kunder øges voldsomt. Det må forventes at omkostningsniveauet, for danske galvanisører, vil være højere end for de fleste udenlandske, så det kan blive svært at konkurrere på prisen.

Udviklingen indenfor overfladebehandling og overfladebelægning foregår med en rivende fart. Dels forbedres de traditionelle behandlingsmetoder (maling, voks, lakering osv.), og samtidig kommer der nye belægningsformer til (PVD, CVD, ion-implantering osv.). Disse behandlingsformer kan tænkes at blive alvorlige konkurrenter til den traditionelle galvanoteknik, både indenfor massebehandling og specialbehandling.

For at sikre en god konkurrenceevne er det nødvendigt løbende at følge udviklingen både indenfor de tekniske fremskridt og markedssituationen. Ud fra vurderinger af disse faktorer kan man foretage rationalisering og ændringer af produktionen, for at sikre at produktionen er økonomisk konkurrencedygtig.

IPU er gået ind i arbejdet med at udvikle et generelt koncept for en kompakt og resourcebesparende galvanomaskine. Et af formålene er at udvikle et koncept, der tillader håndtering af alle trin i overfladebehandlingen. Samtidig skal galvanomaskinen kunne computerstyres, således at den fremtræder som et integreret led i behandlingen på linie med andre bearbejdningsprocesser.

Ved at maskinen er kompakt, vil det være muligt at indpasse den i forlængelse af den eksisterende produktionsmaskine.

2.2 Generelle krav til galvanomaskinen

I forbindelse med udformningen og fremstillingen af galvanomaskiner efter de alternative konceptet vil der være en række interessenter. Formålet med dette afsnit er dels at fastlægge hvem der er interessenter, samt at identificere interessenterne generelle krav og ønsker til en galvanomaskine.

2.2.1

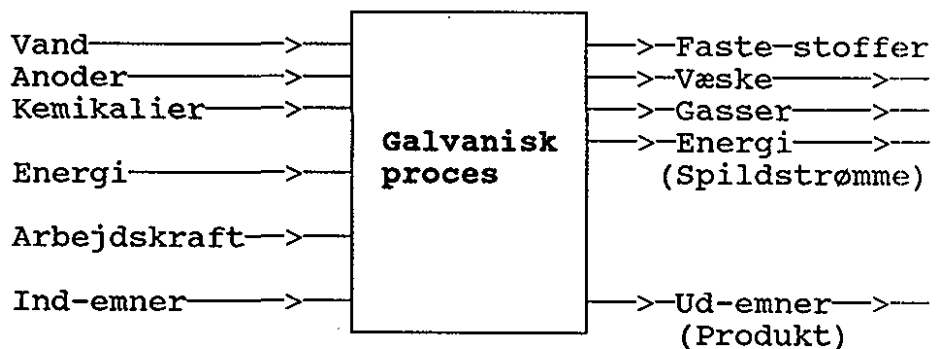
Identifikation af interessenterne

I forbindelse med opstillingen af en galvanomaskine, vil der være tilknyttet en række interesser. Disse vil være knyttet til de strømme af materialer, energi og serviceydelser der benyttes / fremkommer. Desuden er der i visse tilfælde interessenter i forbindelse med selve processen.

Strømmene til og fra processen, kan illustreres ved:

Figur 2.1

Indgående og resulterende strømme fra en galvanoprocess.



Samtlige materiale- eller energistrømme der tilføres systemet forlader det atter, enten med produkt- eller spildstrømme.

Samfundets interesse er i denne forbindelse knyttet til to af de involverede parametre, nemlig spildstrømmene og deres håndtering, samt arbejdsbetingelserne for medarbejderne. Disse interesser varetages af miljømyndighederne (kommune, amt og Miljøstyrelsen) og arbejdstilsynet.

Ved anskaffelsen og anvendelsen af maskiner og udstyr til produktionsanlæg kan der være knyttet lovkrav, der skal sikre det eksterne og interne miljø.

Køberen af maskinen har en åbenlys interesse i at den merværdi emnerne tilføres ved behandlingen er så høj som mulig, samtidig med at

dannelsen af spildstrømme, og dermed udgifter, er så lav som muligt. Med andre ord ønsker køberen en maskine der kan tjene penge.

HVEM KØBER GALVANOMASKINEN ?

Undersøges strukturen i den danske galvanobranche, vil man se at den kan deles op i løngalvanisører og produktionsvirksomheder med egen galvanoafdeling.

Løngalvanisørerne lever af at overfladebehandle for produktionsvirksomheder. Produktionsudstyret vil typisk være lagt an på, at kunne behandle et bredt spekter af emnegeometrier med en lang række overfladebehandlinger. Samtidig kommer arbejdet ofte med ujævne mellemrum. Disse forhold gør det i realiteten umuligt (uøkonomisk), for løngalvanisøren, at indføre en galvanomaskine, efter alternativt koncept, i behandlingen, da forudsætningerne ikke er tilstede.

For de produktionsvirksomheder der fremstiller det samme emne i meget store serier, kan det være tillokkende at anskaffe en galvanomaskine. Det skyldes at man kan få en høj udnyttelsesgrad af galvanomaskinen, hvorved man opnår en bedre økonomi i investeringen. Galvanomaskinen kan placeres direkte i forlængelse af emneproduktionen, og kan computerstyres. Desuden kan transporten af emnerne til og fra galvanisering spares. Endelig opnår man en bedre forsyningssikkerhed, ved at være uafhængig af ekstern behandling.

Galvanomaskinens interesser er således produktionsvirksomheder der fremstiller store mængder af én type emner og miljømyndighederne.

2.2.2

Generelle krav fra maskinens køber

Typisk vil overfladebehandlingen blive betragtet som en sekundær behandling, i procesforløbet mod det færdige produkt. Behandlingen prioriteres derfor ikke særligt højt, hvorfor man må forvente strenge krav, til galvanomaskinen, mht. tilpasning til den øvrige produktion.

Produktionsforhold.

I beslutningsprocessen om hvorvidt man skal anskaffe nyt behandlingsudstyr eller ej, vil man typisk søge at klarlægge de fordele og ulemper, et nyt udstyr vil medføre for produktionsforholdene.

- Driftssikkerhed. Da galvanomaskinen, efter det alternative koncept, er beregnet til integration i produktionslinien, er det vigtigt, at et sammenbrud i galvanomaskinen ikke påvirker den øvrige produktion. Dette kan gøres ved at konstruere emnetransporten, så der er mulighed for at føre emnerne udenom galvanomaskinen. Maskinens konstruktion bør dog sikre at den er tilpas robust, så produktionsstop sjældent vil forekomme.
- Anvendelsesområde. Man kan desuden forvente at møde krav om at maskinen skal kunne håndtere en vifte af geometrifamilier. På dette område vil en galvanomaskine efter alternativ koncept være ufleksibelt, da maskinen typisk tilpasses en produktion af emner med en bestemt geometri. Dog vil det, indenfor visse grænser, være muligt at omstille maskinen til andre geometrier.
- Kapacitet. Køberen vil desuden se på hvor stor produktionskapacitet han får pr. investeret krone.
- Styring. Det vil være af interesse hvorledes emnerne transporteres fra produktionslinien til galvanomaskinen. Her vil kravet givet være at denne transport skal foregå fuldautomatisk. I denne forbindelse vil det være naturligt at kræve at galvanomaskinen skal styres af en computer, der forestår drift af maskinen og vedligeholdelse af badene.
- Øvrige. Man kan forvente krav om at opstart og nedlukning af anlæget skal foregå hurtigt og let.

Økonomi.

Et forhold der i særdeleshed vil tiltrække sig køberens opmærksomhed, vil være de økonomiske afspekter ved erhvervelsen af en galvanomaskine.

Ved vurdering af om galvanomaskinen er økonomisk interessant, er der især én faktor der tiltrækker sig opmærksomhed:

Tilbagebetalingstiden, dvs. det tidsrum der kræves, før udgifterne, til anskaffelse og monterning af maskinen, er tjent ind. En almindelig regel ved industrielle investeringer er, at en nyanskaffelse skal kunne tjene sig selv ind på under ét år, for at være en god investering.

Ved denne beregning vejes de økonomiske forhold ved galvanomaskinen op mod de økonomiske forhold ved den eksisterende, eller en alternativ behandlingsmetode.

Ved beregning af tilbagebetalingstiden indgår en række faktorer,

- Vurdering af markedet for de emner der produceres, dels for at fastslå om der er

afsætningsmulighed, og for at få et skøn over afsætningen til de øvrige beregninger.

- Anskaffelsesprisen for anlæg og tilhørende udstyr, samt udgifter til installering og idriftsætning (Kapitalomkostningerne).
- Løbende udgifter til kemikalier, vand, afgiftning, deponi, elektricitet, arbejdskraft og vedligeholdelse (de variable omkostninger).
- Endelig vil man være interesseret i maskinens forventede levetid, for herfra at estimere den samlede indtjening med udstyret.

Falder den økonomiske vurdering ugunstigt ud stopper man ofte undersøgelserne på dette punkt. Er maskinen økonomisk interessant, vil man fortsætte vurderingen på de øvrige punkter.

Produktet.

I undersøgelsesfasen vil man naturligvis også undersøge maskinens evne til at producere emner af en blivende høj kvalitet. Dette kan gøres ved at undersøge og vurdere anlægsreferencer, og ved at vurdere maskinens udstyr til proces- og badstyring. Om muligt undersøges emner behandlet på en tilsvarende maskine.

Pladsforhold.

Da galvanomaskinen skal placeres i forlængelse af en eksisterende produktionslinie, vil der ofte være dårlige pladsforhold. Maskinen skal derfor designes så den er så kompakt som muligt. Maskinens pladsbehov er bestemt, af hvilke(n) proces(ser) køberen ønsker, samt antallet af emner maskinen skal behandle.

Flexibilitet.

Sammenkobling med eksisterende produktion vil være kritisk, da begge anlægsdele berøres på dette punkt. Galvanomaskinen bør designes, så der bliver så få forbindelser til produktionslinien som muligt. Herved kan galvanomaskinen monteres som en blok. Transportsystemet bør indrettes således, at galvanomaskinen kan udkobles i tilfælde af havari.

Miljøforhold.

Køberen vil have en direkte interesse i at galvanomaskinen ikke forurener, dels for at undgå problemer med miljømyndighederne, der i grove tilfælde kan lukke produktionen, og dels for at undgå dårlig omtale i offentligheden. Desuden vil køberen have en interesse i ikke at forurene, da forureningen hidrører fra uhen-sigtsmæssige stoftransporter af råvarerne. Dette vil koste ham penge, da forbruget af råvarer stiger, og fordi der kræves kemikalier til afgiftning af forureningen.

2.2.3

Generelle krav fra myndigheder

Miljømyndighederne og arbejdstilsynet varetager offentlighedens og medarbejdernes interesser i

spørgsmål om ekstern og intern miljø.

Ekstern miljø.

Varetagelse af kontrollen med det eksterne miljø hviler hos kommune eller amt, afhængig af virksomhedens og anlægets karakter.

- Spildevand. Spildevand er et af de områder, der traditionelt tilægges stor betydning i forbindelse med galvanovirksomheder. Det er især spildevandets mængde og indhold af tungmetaller man er opmærksom på. Årsagen til denne opmærksomhed er dels en erkendelse af, at tungmetallerne er skadelige for vandløb og havmiljø, men også at tungmetallerne umuliggør anvendelsen af slam, fra de biologiske rensningsanlæg, som markgødning.

Begge disse mekanismer vil give en opkoncentrering af tungmetallerne i hhv. fisk og markafgrøde, samt risiko for nedsivning til grundvandet, og dermed bliver tungmetallerne en potentiel sundhedsrisiko for menneskene. For at kunne udlede spildevand skal virksomheden indhente en udledningstilladelse. Denne gives med baggrund i virksomhedens oplysninger om produktionens art og mulige indhold af spildevandet. Desuden fastsætter amt eller kommune udledergrænseværdier, ud fra Miljøstyrelsens vejledende bestemmelser for udledning af spildevand.

Virksomhederne søger at overholde de opstillede udledningsgrænser, ved at rense spildevandet for tungmetaller inden det udledes. Denne rensning udføres traditionelt, ved at tungmetallerne fældes som metalhydroxid-slam og frafiltreres i en kammerfilterpresse. Herefter foreligger de udfældede tungmetaller som tørre filterkager, der sendes til kommunekemi for slutdeponi.

Undertiden er det dog forbundet med vanskeligheder at reducere tungmetalkoncentrationen til det krævede niveau, da mange badtyper tilsættes forbindelser, der netop har til formål at holde metallerne i opløsning.

- Luftafkast. Fra en galvanisk proces kan der fremkomme dampe, gasser, aerosoler og lugtstoffer. Disse fjernes ved udsugning, og blæses ud i det fri. Undertiden vil rensning af udblæsningsluften være påkrævet. Det vil være tilfældet hvis der er tale om syredampe, giftige / generende gasser, ubehagelige lugte eller hvis der udsuges mange aerosoler. Rensning af udblæsningsluften kan ske ved at udskille aerosolerne og ved behandle luften i et absorptionstårn.

Intern miljø.

Arbejdstilsynet skal sikre at arbejdsmiljøloven overholdes. Dette kan ske ved kontrolbesøg, vejledning og undervisning.

- Støj. Ved galvanomaskinen er støjkilderne især knyttet til væske- og lufttransport og eventuelt emnehåndteringen. Disse støjkluder er dog lette at afskærme, hvorfor der ikke må forventes problemer hermed.
- Luftkvalitet. Arbejdsmiljøloven foreskriver, at der ved arbejdsprocesser der udvikler dampe, stank eller giftige / eksplosive gasser skal være punktudsugning. Samtidig kræves at udsugningen skal udformes, så forureningen ikke passerer de ansattes ånde- drætszone, inden den fjernes. For at sikre effektiv udsugning skal der tilføres erstatningsluft. Ventilationssystemet skal være så effektivt, at grænseværdier for de aktuelle stoffer overholdes.
- Apparat sikkerhed. Det benyttede apparatur skal være udformet, så roterende dele, elektriske installationer ol. ikke er til fare for medarbejderne. Samtidig skal anlægget være opbygget så farlige fejlfunktioner undgås.
- Håndteringssikkerhed. Arbejdstilsynet har opstillet en række regler vedrørende håndtering af stoffer og materialer. De fastslår at håndtering skal foregå, så unødigt påvirkning af medarbejderen undgås, samt at forureningsniveauet iøvrigt skal holdes så lavt som muligt. Samtidig er der opstillet regler om substitution af farlige stoffer med mindre farlige stoffer.
- Udformning af anlæg og lokaler. For at udstede en kapitel 5 godkendelse af et produktionsanlæg, kan myndighederne stille krav til en række punkter, f.eks.:
 Forholdsregler mod utilsigtet sammenblanding af spildte stoffer, der ved reaktion kan danne farlige forbindelser.
 Krav om at alle væskestrømme der kommer fra produktionshallens gulvafløb, håndvaske ol. skal føres til spildevandsbehandlingen.
 Forholdsregler mod nedsivning af spild fra lager- og produktionshal.

2.3 Tilgængelige koncepter

Hvilke koncepter er tilgængelige på markedet?

Der findes et par kommercielle koncepter, der minder om de koncepter der fremkommer ved denne udvikling.

Det ene benyttes ved varmforzinkning, altså dypning i smeltet zink, af bånd- og trådemner. Ved dette koncept udnyttes, at emnet udgør en lang sammenhængende bane, til at trække emnet gennem behandlingspositionerne. Herved kan et

egentlig transportsystem undværes.
Det andet koncept benyttes ved behandling af
sarte emner, såsom urdele og anden finmekanik.
Konceptet er karakteriseret ved at det er
væsken der transporteres, istedet for transport
af emnerne. De tilgængelige koncepter er
således stærkt specialiserede på belægnings og
emnetype.
De nævnte koncepter beskrives i de følgende
kapitler.

3.0 Designparametre for galvanoplanlæg.

3.1 Indledning

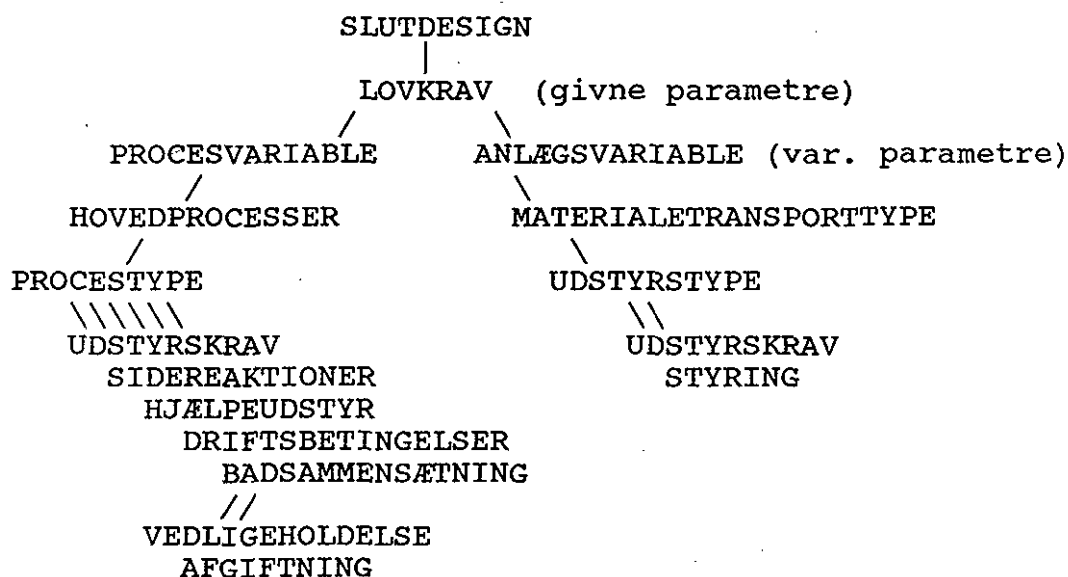
Ved design af et overfladebehandlingsanlæg er der en række punkter man typisk undersøger. Punkterne varierer med de specifikationer (fastlagte parametre) man får fra opdragsgiver og af lovkrav.

Med de fastlagte parametre som udgangspunkt undersøges muligheder og begrænsninger ved de variable parametre.

3.2 Parametre ved design

Udgangspunktet ved anlægsdesign er de fastlagte parametre, der typisk er lovgivning, men kan også være krav til processen eller anlægget fra køber.

De variable parametre kan være emnets materiale, geometri, belægning osv., samt anlægskapacitet, anlægsøkonomi og niveauerne derunder.



Figur 3.1.

"Parameterrod" til illustration af de almindeligste parametre ved design af overfladebehandlingsanlæg, samt deres indbyrdes sammenhænge.

I det følgende gives en gennemgang af de enkelte parametre i "parameterroden".

3.2.1

Lovkrav

Lovkrav, der er given parameter ved design af overfladebehandlingsanlæg, berører punkter som:

- Udledning af spildevand. For at kunne udlede spildevand skal der først indhentes en udledningstilladelse. Herefter giver de lokale myndigheder grænser for mængden af spildevand, og for koncentration af de aktuelle forbindelser. Grænserne er indført, for at reducere belastningen af tungmetaller og kemiske forbindelser, på vådområder og på de kommunale rensningsanlæg. Kravene til spildevandet fastlægger dermed, at der til anlæget skal være udstyr, der kan genindvinde og recirkulere spildstrømmene, eller udstyr der kan uskadeliggøre spildet.
- Emmisionsgrænser for luft. Emmisionsgrænserne fastsættes på tilsvarende måde. De gasser der dannes er knaldgas (ilt og brint), vanddamp, chlor, nitrose gasser eller syredampe. Begrænsningerne er indført for at hindre at omgivelserne udsættes for risici i forbindelse med produktionen. For at overholde emmisionsgrænserne kan det være nødvendigt at benytte en gasskrubber (absorptions-tårn) eller lignende.
- Støj og lugt. Regler for støj og lugt er fastsat af hensyn til naboer. Kravene er afhængige af, om overfladebehandlingsanlægget skal placeret nær beboelse eller i et industriområde, og om anlægget skal benyttes om natten. Støjen hidrører især fra ind- og udlosningen af emner.
- Arbejdsmiljø. Regler for arbejdsmiljøet er fastsat i arbejdsmiljøloven, og kan medføre krav til valg af maskiner, udstyr, processer og kemi, samt krav om udsugningsanlæg til fjernelse af dampe.
- Sikkerhed ved driftsuheld. Sikkerhed skal indbygges i anlægget fra start. Det kan f.eks. være adskillelse af sumpene fra de forskellige proceskar, så opblanding af spildte badvæsker forhindres.

3.2.2

Procesvariable

De procesvariable parametre omfatter:

- Emnemateriale
- Emnets forarbejdningstilstand
- Emnets geometri
- Ønsket produktkvalitet
- Ønsket overfladebehandling

Ændres et af disse punkter, vil det stille andre krav til de punkter der følger dybere i "parameterroden". Dette kan medføre en fundamental ændring af designet. Derfor kaldes disse

parametre også for kritiske dimensioneringsvariable.

Undertiden kan et eller flere af disse punkter være fastlagt af anlæggets køber, eller af ydre begrænsninger som f.eks. pladsmangel.

Emnematerialet.

Emnematerialet kan diktere procesforløb. Det kan f.eks. være nødvendigt at påføre emnet et vedhæftningslag eller give det en aktiveringsbehandling, inden det ønskede lag kan påføres.

Forarbejdnings- tilstand.

Emnets antal og type af forarbejdningstilstand kan bestemme forbehandlingstrin, samt det krævede tidsrum til behandlingen. Eksempelvis vil råemner der er blandet med skæreolie og spåner kræve en grundigere forbehandling, end emner der er fri for olie, fedt og korrosionsprodukter.

Emnegeometri.

Emnets geometri bestemmer om man skal benytte tromler, stativer eller andre håndteringsmetoder. Geometrien kan desuden være bestemmende for hvilke badtyper der er anvendelige.

- Tromler kan benyttes til emner der er så små og ensartede at de kan bevæge sig frit i forhold til hinanden. Emnernes største dimension skal være betydeligt mindre end tromlens diameter. Desuden bør emnerne ikke have hulninger der kan medvirke til væskeudsløb. Emnets volumen bør ikke overstige 0,5 l. Endvidere skal emnerne have en form der ikke medfører sammenfiltring eller skader ved tromlingen. Anvendelse af tromler giver sædvanligvis større udsløb, pga. tromlens og emnernes forholdsvis store overflade. Tromlen er let at fylde/tømme, da emnerne kan hældes i/ud.
- Stativer må benyttes til store emner, eller emner der vil filtrere sammen i en tromle. Emnerne sættes manuelt på stativet. Udsløbet er almindeligvis lavt, pga. stativ og emners mindre overflade.
- Andre håndteringsmetoder. Ved behandling af tråd- eller båndemner kan emnet trækkes igennem badene. Herved kan et evt. transport-system overflødiggøres. Ved at blæse eller skrabe den overskydende væske af kan man ofte undgå udsløb.

Ved stærkt profilerede emner må man tilpasse opholdstid, strømstyrke og evt. badsammensætning, for at opnå tilfredsstillende lagtykkelse på kritiske områder af emnet. Typisk påfører man emnerne en forhøjet strømstyrke, i starten af behandlingen, for at få metaludskillelse på de utilgængelige steder af emnerne. Emner af en sammensat geometri placeres i fixtur, og kan

føres gennem proceslinien med kranbane.

Ønsket produkt-kvalitet.

Den ønskede produktkvalitet kan diktere lagtykkelser, og dermed opholdstider, antal og type af lag, og dermed antal og type af procesbade.

Ønsket overfladebehandling.

Den ønskede overfladebehandling fastlægger det afsluttende procesbad, og evt. flere andre forbehandlinger.

3.2.3

Hovedprocesser

Hovedprocesserne er de procestrin overfladebehandlingen er sammensat af. Hovedprocesserne kan inddeles i følgende grupper afhængig af deres funktion:

- Mekanisk afrensning
- Affedtning
- Aktivering
- Metalbelægning
- Skyl
- Tørring

Mekanisk afrensning.

Ved den mekaniske grundlæggende afrensning gives emnet en behandling, der skal fjerne glødeskal og slagger, samt udglatte større ujævnheder. Denne behandling benyttes kun ved støbte eller meget beskidte emner. Processen foregår manuelt ved emner med sammensat geometri, mens den kan automatiseres ved bånd- og trådemner. Denne afrensning foregår inden emnerne føres ind på proceslinien.

Den mekaniske afrensning kan inddeles i følgende procestyper:

- Slibning. Slibning på bånd eller skive benyttes til store emner af simpel geometri. Metoden udvikler støv, hvorfor udsugning er nødvendig.
- Sandblæsning. Sandblæsning benyttes til store emner med sammensat geometri. Der benyttes fint kvartssand, så ved manuel betjening er udsugning og åndedrætsværn nødvendige.
- Polering. Poleringen foretages med skiver af stof eller på polereborde. Kan evt. benyttes som afsluttende behandling af emner med dekorativ belægning. Udsugning er nødvendig.

Affedtning.

Ved affedtningen renses emnet for løstsiddende fedt, olier og salte. Til affedtningen anvendes følgende procestyper:

- Ludaffedteren. Ludaffedteren forsæber fedtstoffer, emulgerer olier og opløser salte.

For at fremme badenes virkning tilsættes befugtningsmiddel, der skal fremme kontakten mellem væske og emne. Desuden tilsættes detergenter, der skal sikre at urenhederne holdes i opløsning.

- Organisk affedter. Den organiske affedter, sædvanligvis trichlorethylen [$\text{CHCl}=\text{CCl}_2$] eller perchlorethylen [$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$], opløser olie og fedt. Denne badtype er sjælden, og bliver stadig sjældnere, da den giver problemer med arbejdsmiljøet og det eksterne miljø.
- Elektrolytisk affedter. Den elektrolytiske affedter benyttes, til emner der næsten er rene, eller som et sluttrin efter en af de andre affedtningsmetoder. Den kan benyttes som katodisk-, anodisk- eller katodisk / anodisk affedning.

Ved den katodiske behandling gøres emnet til katode i elektrolytten, og ved brintdannelse opnås en mekanisk bearbejdning, der i kombination med de elektriske kræfter og ludens virkning kan rense emnet.

Ved anodisk behandling foregår det analogt, blot med ilt-udvikling.

Katodisk/anodisk behandling er de to metoder kombineret.

Sædvanligvis er man forsigtig med katodisk behandling til emner af højstyrkestål [brudstyrke $> 900 \text{ N/mm}^2$], da den kan give anledning til brintskørhed.

Aktiveringen.

Ved aktiveringen fjernes oxyd-, sulfid- og silikatlag fra emnet. Til aktivering af emnet benyttes følgende procestyper:

- Bejdsning. Formålet med bejdsningen er at opnå en ren metaloverflade. Ved behandlingen fjernes evt. rester af støbeskal og valseflager. Desuden fjernes korrosionsprodukter, så emnet fremstår helt ren inden den videre behandling. Bejdsningen foretages med en syreopløsning, hvori emnerne dyppes kortvarigt.
- Elektrolytisk bejdsning. Den elektrolytiske bejdsning kan foregå efter anodisk- eller katodisk/anodisk princip. Ved elektrolytisk bejdsning opnår man kortere bejdsetid, samt bedre styring af bejdsningen. Som elektrolyt benyttes blandinger af mineralsyrer og evt. salte. Anvendes sjældent.
- Dekapering. Dekapering kan benyttes umiddelbart inden procesbadet, og har til formål at fjerne de tynde lag af korrosionsprodukter der er dannet under processen.
- Brænding. Når emnerne er af kobber eller af kobberlegeringer kaldes ætsningen for brænding. Denne behandling kan benyttes som forbehandling til glans-gulbrænding. Behandlingen foretages i en syreopløsning.
- Elektropolering. Elektropolering benyttes

specielt til emner af rustfri stål. Emnet gøres til anode i elektrolytten hvorved de yderste lag af emnet opløses. Ved denne behandling kan overfladen få højglans.

Metalbelægningen. Ved metalbelægningen påføres emnerne et eller flere metallag. Ved denne behandling kan man opnå korrosionsbeskyttelse, lodbarhed, elektrisk ledningsevne, tørløbs-, kontakt-, magnetiske- og/eller æstetiske egenskaber. Afhængig af emnematerialet og dets forbehandling kan man ved forskellige procestyper påføre:

- Chrom
- Guld
- Nikkel
- Sølv
- Zink
- Tin

Foruden en lang række andre metaller og metallegeringer.

Hver enkel procestype kan modificeres så den fungerer optimalt til den ønskede anvendelse.

Skyl.

Mellem hvert procestrin indfører man et eller flere skyl. Dette sker for at hindre opblanding af procesbadene, og for at mindske udslæbet. Disse procestyper benyttes til tromle- og hængeanlæg. Følgende procestyper benyttes:

- Enkeltskyl
- Skyllesekvens
- Demiskyl

De områder hvor man benytter enkeltskyl, og de områder hvor man benytter skyllesekvens, er i vid udstrækning overlappende. Bestemmende for hvilken skylletype der benyttes er en række faktorer, såsom:

- Hvor store mængder man vil/kan tillade bliver overslæbt til næste procesbad, eller ud i spildevandsbehandlingen.
- Antal kranpositioner der er til rådighed.
- Plads til rådighed.
- Økonomiske overvejelser.
- Belægningens stabilitet i skyllebadene.

Demiskyllet benyttes som et sidste skyl inden emnet føres videre til næste proces. Dette skyl renses løbende, hvorfor den udslæbte mængde urenheder herfra er meget begrænset.

Ved anlæg der behandler tråd eller bånd benyttes dyser der skyller emnet, eller ventillatorer der blæser væsken af.

Tørring.

Som den sidste af hovedprocesserne kommer tørringen af emnerne efter endt behandling. Den

kan foretages efter en af følgende metoder:

- Varmluftblæseren anvendes ved alle anlægstyper. Ved tromleanlæg blæses eller suges den varme luft gennem tromlen, hvorved emnerne tørres. Ved stativanlæg og ved bånd- og tråd-anlæg blæses luften direkte på emnerne. Metoden er støjende pga. ventilatorerne.
- Infrarød belysning kan benyttes hvor emnerne kan belyses direkte, dvs. ved stativ-, tråd- og bånd-anlæg. Metoden er energikrævende, og betragtes som uøkonomisk, hvorfor den kun benyttes til specielle opgaver.
- Varmskyl foretages ved at varestangen dyppes i et opvarmet demiskyl. Efter at emnerne er blevet opvarmet føres varestangen bort. Emnernes varmeindhold fordamper den vedhængende væske. Pga. den dannede vanddamp kræver metoden udsugning. Metoden er energikrævende, og kan være uegnet til tørring af emner med æstetiske belægninger.

Spildstrøms-
behandling.

Ved en række af hovedprocesserne produceres urenheder. Det sker ved aktiveringen og metalbelægningen. Desuden er der enkelte af proces-typerne, fra andre hovedgrupper der producerer urenheder. Ved en række af bade vil der dannes dampe, aerosoler og gasser. Dette kræver en række følgeprocesser der skal håndtere de producerede urenheder.

I forbindelse med badene kan urenheder defineres som:

Alle stoffer og forbindelser der forefindes i et bad, udover den foreskrevne sammensætning.

De almindeligste urenheder er:

- Metaller der opløses under aktiveringen.
- Stoffer der er medrevet fra et andet bad.
- Olie, fedt, salte og spåner der føres med råemnerne ind i overfladebehandlingsanlægget.
- Nedbrydningsprodukter fra tilsætningsstoffer.

Ved kranbaner transporteres urenhederne rundt fra bad til bad ved:

- Væskevedhæng på emner og på varestangen.
- Dryp fra varestangen, ned i de bade den evt. passerer, og ned på de varestænger der måtte være placeret der. Resultatet af dryp ses som flager af salte, der senere vil falde af.
- Sprøjt og stænk, på kranen, når varestangen hæves og sænkes i badene. Saltflager og evt. tæring af kranen er følgen heraf.
- Modstrøm mellem emner og væske i kaskadeskyl

(spareskyl). Kun transporten af urenheder i spareskyllet er tilsigtet. Størstedelen af urenheder føres via skyllekarrene tilbage til proceskarret, eller til spildevandsbehandlingen eller genindvinding.

Spildevandsbehandlingen deles ind i tre grupper: kromat-holdigt-, cyanid-holdigt- og andet spildevand.

- Kromat-holdig spildevand. Det kromat-holdige spildevand skal reduceres, f.eks. ved anvendelse af natriumhydrogensulfit. Reduktionen foregår ved lavt pH, og der kræves dels tilsætning af en række kemikalier, og dels kræves der en del udstyr.
- Cyanid-holdig spildevand. Det cyanid-holdige spildevand skal oxideres, typisk med hypochlorit, for at eliminere giftvirkningen. Oxidationen foregår ved højt pH ($\text{pH} > 10$), og er meget kemikaliekrævende.
- Andet spildevand. Det neutraliserede kromat- og cyanid-spildevand ledes nu sammen med det øvrige spildevand. pH indstilles på 8,5 - 9,0 og væsken henstår til fældning af metalhydroxyder. Slammet filtreres fra, tørres og sendes til deponi.

Brugte elektrolytter behandles ikke på det kontinuerlige spildevandsanlæg. De må behandles batch-vis i et separat anlæg, eller leveres til Kommunekemi.

Genindvinding. Til genindvinding af udslæbte stoffer kan benyttes en række operationer som

- Ionbytning, hvor metal-ionerne udvindes som koncentreret eluat, og væsken får kvalitet som demineraliseret vand. Det ionbyttede vand kan genbruges i processerne. Undertiden kan eluatet føres tilbage til procesbadene. Benyttes ved fortyndede strømme, som f.eks. demiskyl.
- Vacuum-inddampning, med henblik på opkoncentrering af bade og spildevandsstrømme inden videre behandling. Benyttes desuden i forbindelse med spareskyl, hvorved det bliver muligt at øge tilbageførslen, og dermed sænke udslæbet til deminskyllet.
- Membran-celle, der benyttes på eluatet fra krom-ionbytteren. Man vinder koncentreret kromsyre og natriumhydroxyd.
- Elektrolytisk udfældning, hvorved metal-ionerne vindes som frit metal. Metoden benyttes på eluat fra ion-bytteren, eller eventuelt på første skyl. Er mest anvendelig ved dyre metaller.

Ved genindvinding kan man opnå:

- Lavere vand- og kemikalieforbrug.
- Lavere spildevandsvolumener med lavere tung-metal-koncentrationer.
- Det traditionelle afgiftnings- og fældnings-anlæg kan undværes / reduceres.
- Færre leverancer til Kommunekemi.
- Mindre risiko for udslip.

Luftafkast. Gasser, dampe og aerosoler der dannes ved processerne skal fjernes ved kilden. Dette gøres ved punktudsugning ved badene, og ved almen udsugning fra lokalet. Det kan være nødvendigt at behandle gasserne, inden de udledes til atmosfæren.

3.2.4

Anlægsvariable

De anlægsvariable omfatter:

- Ønsket anlægskapacitet
- Driftssikkerhed
- Drifts- og anlægsøkonomi

Disse variable er også kritiske dimensioneringsvariable, da en ændring af et af disse punkter vil forplante sig til en række af de øvrige parametre.

Disse punkter kan, som de procesvariable parametre, undertiden være fastlagt af køber, eller ydre omstændigheder.

Ønsket anlægskapacitet.

Den ønskede anlægskapacitet er bestemmende for anlægget størrelse, og dermed for behovet for hjælpeudstyr, plads osv.

Driftssikkerhed.

Krav om driftssikkerhed vil typisk medføre ekstraudstyr i form af back-up systemer. Desuden kan det nødvendiggøre brug af specielle processer, bade eller udstyr.

Drifts- og anlægsøkonomi.

Drifts- og anlægsøkonomi pålægger designeren begrænsninger mht. hvilket udstyr og hvilke processer der kan benyttes.

3.2.5

Materialetransporttype

Under dette punkt falder udstyr til at bringe emner og procesvæsker i kontakt med hinanden. Der skelnes mellem transport af emnerne og transport af væske. Punkterne er:

- Emnetransport.

Emnetransport

- Transport af procesvæskerne.

Transport af emnerne er en af de operationer, der har stor indflydelse på produktionsliniens styring og lay-out, og dermed også på transport af urenheder.

Transport af emnerne kan foregå vha. en kranbane, der flytter tromler eller stativer ned gennem produktionslinien, eller ved transportsystemer der flytter emnerne i løs form.

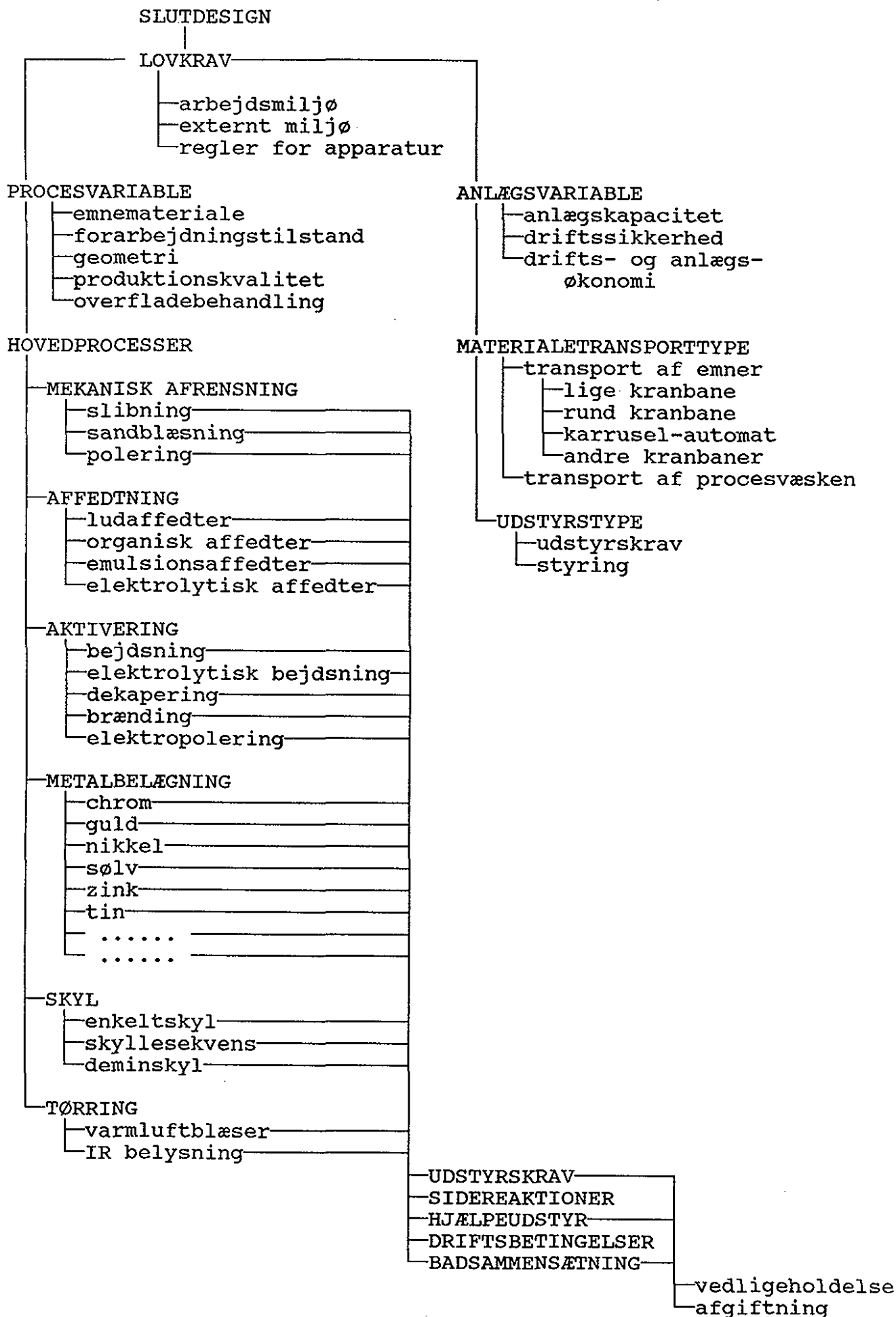
Emnetransporten kan inddeles i følgende undergrupper, afhængig af deres udformning:

- Lige produktionslinie. Ved lige produktionslinie er det karakteristisk, at emnerne indlosses og udtømmes i den samme ende. Derfor placeres badene i den rækkefølge der byder på de bedste styringsmæssige egenskaber, dvs. størst flexibilitet i produktionen, samt lavest mulig taktid (tid mellem indføring af varestængerne). Dette betyder, at varestængerne skal flyttes hen over andre bade. Under flytningen bliver de passerende bade tilført urenheder ved væskedryp. Denne type produktionslinie er den hyppigst forekommende.
- Cirkulær produktionslinie. Ved cirkulær produktionslinie indlosses og udtømmes emnerne på samme punkt i linien. Fra indlossningsstedet føres varestangen bad for bad rundt i linien, dette betyder at spredningen af urenheder er mindre end ved lige produktionslinie, da varestangen ikke føres over andre bade. Til transport af varestængerne er der to eller fire bomme der tjener som kran. For denne type linie gælder, at det er svært at ændre procestiden for enkelte bade, uden at sænke taktiden væsentligt. Dette skyldes at de fleste positioner er optaget ved almindelig produktion, hvorfor det er svært at ændre opholdstiden i et enkelt kar uden at det får konsekvenser for de foregående og efterfølgende kar.
- Karruselautomaten. Karruselautomaten fungerer som den cirkulære linie, blot med den forskel at der er en bom (kran) til hver varestang. Dette gør at procestiden lettere kan reguleres, uden at det forskubber hele produktionen.
- Andre emnetransporter. Emnetransport uden anvendelse af kranbane kan ske ved transport af emnerne med transportbånd, snegl eller ved at skylle emnerne gennem linien. Hver af disse transporttyper medfører begrænsninger på emnegeometrien, for de emner der kan behandles.
Har emnerne form som tråd eller bånd kan kranen undværes. Da disse emner kan trækkes gennem procesbadene. Herved kan væskeudslæbet

reduceres væsentligt, da væsken kan blæses eller skrubes af. Produktionsapparatet behøver ikke at være placeret på linie.

Transport af
procesvæskerne.

Transport af procesvæskerne er endnu ikke en realistisk mulighed for større emner og produktioner. Imidlertid kan det blive en realistisk mulighed til afløsning af dele af en produktionslinie, f.eks. spareskyl. Varestangen placeres i et kar, og emnerne bringes i kontakt med de ønskede væsker i den ønskede rækkefølge. Hvis de transporterede procesvæsker er spare-skyllet, kaldes skyllet for pseudo-spireskyl.



4. Beskrivelse af den generelle galvanomaskine for en række geometrier.

4.1 Målsætning.

Det er hensigten, at galvanomaskinen skal kunne integreres i et produktionsforløb på linie med andre bearbejdningsprocesser (FMS-maskiner), og sammen med dem styres af en central computer. Selve integrationen skal sikre, at de producerede emner forlader produktionslinien i pletteret tilstand, for derved at undgå ekstern overfladebehandling. Galvanomaskinen, efter det generelle koncept, skal kunne håndtere en række processer, såsom forbehandling, metalbelægning, skyl og evt. efterbehandling. Maskinen skal være kompakt, da det skal være muligt at indpasse den i en eksisterende produktion.

4.2 Konceptudvikling.

Målsætning
contra koncept.

Den givne målsætning implicerer visse karakteristika for galvanomaskinen.

Det må forventes, at emnetransporten til maskinen er automatiseret, idet FMS systemer anvender fuldautomatiske og computerstyrede transportmetoder. Det vil sige, at det traditionelle begreb af- og pålæsning foregår fuldstændig automatisk uden menneskelig indblanding. Emnestrømmen kan både være kontinuert og i batches, alt afhængig af FMS-maskinernes belastning. Det står dog fast, at emnerne fysisk skal flyttes til og fra mindst en position i maskinen. Galvanomaskinens interne transportsystem skal tage over fra denne position, sikre plettering mv. samt aflevere emnerne i endnu en veldefineret position.

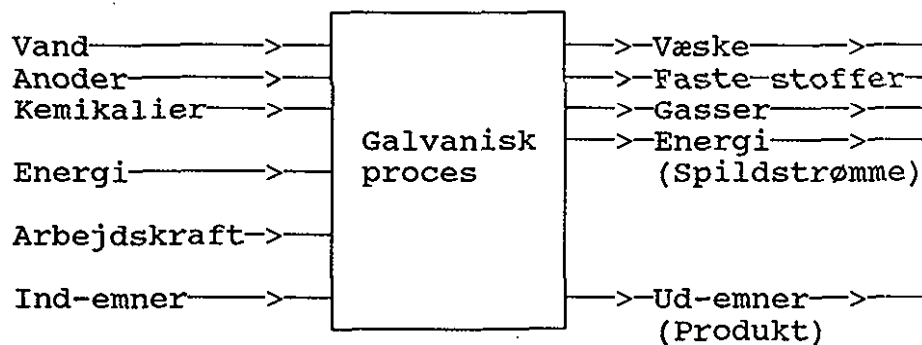
Styringen af galvanomaskinen skal bygges som en FMS-styring, idet en kommunikation mellem de forskellige maskiner er nødvendig. Galvanomaskinen (eller andre FMS-maskiner) kan få driftsstop, hvilket naturligvis influerer på driften af hele produktionslinien. Hvis galvanomaskinen er anbragt som sidste enhed i produktionslinien kan systemet opbygges med en indgangsbuffer, der har tilstrækkelig kapacitet til at kunne holde resten af produktionslinien i drift i en vis periode. Eventuelt kan der installeres såvel en indgangs- som en afgang-

buffer, hvis galvanomaskinen sidder midt i produktionslinien.

Myndighedskrav
contra koncept.

Myndighederne skal varetage samfundets krav. Generelt er samfundets interesser, i denne forbindelse, knyttet til to af de involverede parametre (se fig. 4.1), nemlig galvanomaskinens spildstrømme og deres håndtering, samt medarbejdernes arbejdsbetingelser. Der eksisterer således en lovgivning, der skal respekteres og overholdes. Regulering af spildstrømme og regler for deres håndtering gives af miljømyndighederne. Kravet til maskinen fra denne myndighed er utvivlsomt, at maskinen skal opfylde kravene til en kapitel 5 godkendelse. Kapitel 5 godkendelsen omfatter en vurdering af produktionens placering i forhold til omgivelserne, processtrømme, emissionskilder, rensningsudstyr og en række andre forhold.

Figur 4.1
Indgående og resulterende strømme fra en galvanisk proces.



4.3 Galvanomaskinen til pladeemner.

Et plant pladeemne med dimensioner i intervallet fra 50mm*50mm*1mm til 300mm*300mm*20mm betragtes. Plade-emnerne kan f.eks. være printplader eller metalbeslag.

Ved indgangen til galvanomaskinen kan emnerne være indsmurt i olie / fedt.

Emnerne kan foreligge ordnet eller uordnet, ved indløsningen til galvanomaskinen.

Galvanomaskinen skal indrettes, så den kan håndtere de operationer og processer, der er nødvendige for en effektiv behandling af emnerne.

Behandlingerne i galvanomaskinen kan inddeles i følgende punkter:

- Indløsning
- Emnetransport
- Forbehandlinger
- Metalbelægning
- Afsluttende behandlinger
- Udløsning

De mulige koncepter beskrives med udgangspunkt i de tilgængelige transporttyper.

Transporttyper:

- Transportbånd
- Transportbane

De koncepter der fremkommer, vurderes i forhold til den generelle målsætning, samt krav fra maskinens køber samt myndighederne.

4.3.1

Transportbånd

Ved dette koncept fremføres emnerne liggende på et transportbånd af plast eller metal.

Indlosning.

For at sikre at galvanomaskinen er flexibel, både ved normale og unormale driftssituationer, skal indlosningsstationen varetage en række funktioner. Således skal den kunne føre emnerne direkte til galvanomaskinen, eller føre dem til en indlosningsbuffer, hvis galvanomaskinen har driftsstop. Endelig skal indlosningsstationen kunne indføre emnerne fra indlosningsbufferen til galvanomaskinen.

Indlosningen, til galvanomaskinen, kræver ikke nøje positionering af emnerne, men af kapacitetshensyn er det dog ønskeligt at emnerne placeres så tæt som muligt.

Indføringen i galvanomaskinen kan ske, ved at lade emnerne glide direkte ned på transportbåndet, hvorefter de føres ind i galvanomaskinen.

Emnetransport.

Transportbåndet vil være uegnet til opgaver, hvor emnerne skal være præcist positionerede (børsteplettering, bulkfremføring af emner ol.). Dette skyldes at transportbåndet ikke er udstyret med gribeaggregater til at fastholde emnerne.

Da emnerne ikke kan positioneres, er det givet at galvanomaskiner, med denne transporttype, udelukkende kan benyttes til global behandling af emnerne.

Transportbåndet kan bestå af et stormasket net af kunststof eller metal, så kontakten mellem emne og væske hindres mindst muligt.

Der kan benyttes forskellige transportbånd i de forskellige zoner, afhængig af om processen kræver strøm eller ej.

Ved de strømfri processer kan benyttes et plastbelagt net som transportbånd, mens der ved elektrolytiske processer skal benyttes et net der kan lede strømmen til emnerne.

Ved processer der kræver voldsom væsecirkulation kan det være nødvendigt, at fastholde emnerne mellem to transportbånd.

Forbehandling.

Væskekontakten sker ved væsepåsprøjtning, dvs. at der kræves cirkulationspumper ved hver enkelt proces.

Dyppeprocesser kan kun benyttes, hvis udstyret kan udformes sådan at transportbåndet ikke skal bugtes op og ned.

Ved forbehandlingsprocesserne kan evt. benyttes metoder der kombinerer kemisk- og mekanisk bearbejdning. Dette kan ske ved vådslyngning, hvor der i væsken er opslemmet fint kvartssand eller glaskugler. Herved spares et eller flere procestrin, samtidig med at den samlede behandlingstid nedsættes.

Hver enkelt proces foregår i en lukket kasse, hvorved aerosoler og dampe let kan fjernes ved udsugning. Emnerne kan føres ind og ud af proceszonen gennem en snæver sprække.

Væske der hænger ved emne og transportbånd kan blæses af, så udslæbet kan holdes lavt.

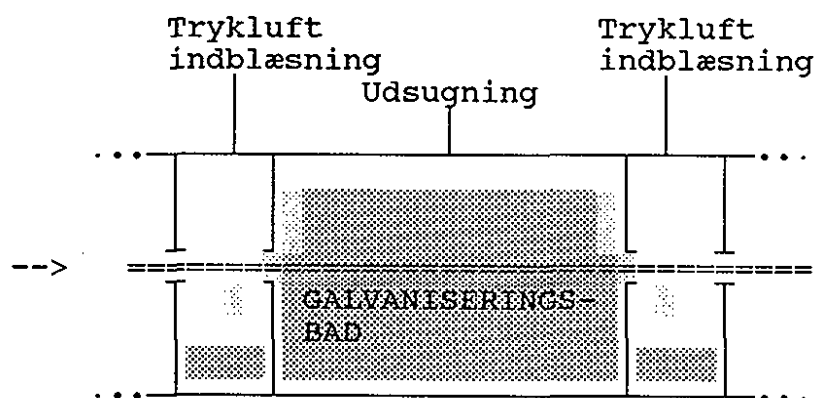
Metalbelægning.

Ved metalbelægningen kan der, for en række metaller, benyttes dyseplettering eller dyppebehandling. Ved disse metoder kan man plate med højere strømtætheder, og dermed med højere hastighed, end ved andre metoder.

- Dyseplettering. For at dyseplettering kan benyttes, kræves der en elektrolytttype, der dels giver et højt strømudbytte ved høje strømtætheder, dels kan benyttes ved meget højere strømtætheder, og endelig skal elektrolytten have en god ledningsevne. Ved dyseplettering må metallet tilsættes enten som metalsalt, eller metalanoderne må opløses i en dialysecelle inden tilsætningen. Strømmen til elektrolysen tilføres emnet via kontaktpunkter i båndet, hvorfor det er vigtigt, at der er en god elektrisk forbindelse mellem bånd og emne..cp3
- Dyppebehandling kan benyttes ved at føre båndet gennem badet som vist i figur 4.2 .

Figur 4.2

Principskitse for gennemtrækning af transportbånd gennem væskefyldt zone (set fra siden).



Ved denne udformning vil der blæse trykluft fra trykzonen ind i galvaniseringsbadet, hvorved væskeudslippet minimeres.

Ved dyppebehandlingen kan metallet tilsættes i form af anoder. Ved kraftig omrøring af badet må det forventes, at man kan opnå forholdsvis høje platehastigheder. Metoden kan benyttes både ved kontinuert og diskontinuert drift.

- Børsteplettering kan kun benyttes til ensidet behandling, da denne metode kræver fysisk kontakt mellem emne og børsten.

Afsluttende behandling.

Den afsluttende af emnet behandling vil typisk bestå af væskeafblæsning, skylning og tørring. Tørringen kan foregå med varm luft.

Udlosning.

Efter endt behandling, i galvanomaskinen, udlosses emnerne til den efterfølgende behandlingslinie, eller til en udbuffer. Emnerne vil ved udlosningen foreligge i uordnet form.

Konceptvurdering. Galvanomaskinens karakteristika er:

- Indlosningen af emner er ukompliceret, da emnerne ikke skal positioneres eller fixeres inden indføringen i galvanomaskinen. Dog skal indlosningen sikre at emnerne ligges i ét lag, og samtidig helst så tæt som muligt, for at sikre bedst mulig udnyttelse af maskinen.
- Da galvanomaskinen ikke positionerer (fixerer) emnerne, er den bedst egnet til emner, der skal behandles ensidet eller globalt.
- Transportsystemet har kun få bevægelige dele, og er derfor let at vedligeholde.
- Transportsystemet tillader behandling af et bredt spekter af pladegeometrier / -dimensioner.
- Galvanomaskinen er fleksibelt ved varierende produktion, da den kan styres ud fra signaler fra de foregående processer (FMS-styring).
- Maskinen kan styres ved regulering af ensretterne, cirkulationspumper og hastigheden af transportbåndet.
- Emnerne bevæges frem gennem galvanomaskinen i en kontinuerlig bevægelse. Herved bliver styringen mere simpel, end hvis bevægelsen er diskontinuert.
- Emnernes kontakttid med de enkelte bade kan fastlægges helt præcist, dvs. at muligheden for at styre lagtykkelsen er god.
- Ved galvaniseringen er hele emnets overflade blotlagt for behandling, bortset fra punkterne hvor emnet og nettet rører hinanden. Ved galvaniseringen vil der udfældes metal på kontaktpunkterne. Dette skal fjernes for at sikre en god elektrisk forbindelse mellem emne og bånd.
- Ved de(n) strømkrævende proces(er) skal strømmen føres fra strømkilden til nettet og videre til emnet. Der kræves således en god

- og vedvarende elektrisk kontakt.
- Det må forventes, at dette punkt er et af de mest kritiske ved konstruktion af en galvanomaskine med transportbånd.
- Forbehandlingen (affedtning og aktivering) vil, i en række tilfælde, kunne klares med én proces. Herved spares plads og behandlingsudstyr, foruden at styringen forenkles.
 - Pletteringshastigheden kan øges væsentlig, både for dyse-/børsteplettering og for dyppebehandlingen. Dette opnås ved lav anode/katode-afstand, samt ved at sikre god væskekirkulation, så diffusionslagene reduceres og muliggør højere strømtætheder end ellers.
 - Ved galvanisering med dyse- eller børsteplettering tilsættes metallet som salte, eller som metalopløsning. Dette kræver løbende inspektion af elektrolytten, for at sikre at metalniveauet er på som specificeret. Ved at tilsætte metallet som salte tilføres badet anioner, hvilket kan være u hensigtsmæssigt.
 - Ved galvanisering med dyppebehandling kan metallet tilsættes som metalanoder.
 - Galvanomaskinen efter dette koncept, kræver at procesvæskerne til stadighed cirkuleres. Det må forventes, at anskaffelse af pumpeudstyr vil udgøre en væsentlig del af anlægsudgifterne.
 - Da maskinen fysisk er lukket kan man let fjerne aerosoler, gasser og dampe. Desuden bliver håndteringen af udsløb forenklet, da meget af udslæbet kan blæses af emnerne. Det må forventes, at maskinen kan overholde de af myndighederne opstillede krav, da volumen af spildstrømmene (udsløb og gasser) bliver beskedne.
 - Væskereservoir og udstyr til badvedligeholdelse, behøver ikke at være placeret ved maskinen.
 - Maskinens kapacitet er bestemt af transportbåndets hastighed og bredde, proceszonernes længde og metallagets tykkelse. Sammenholdes dette med pladskravene til maskinen (max. 5m²), ses det at disse faktorer vil være begrænsende for maskinens produktionskapacitet.
 - Når emnerne udlosses fra maskinen vil de foreligge upositioneret, hvilket ved fortsat behandling i FMS-linie kan være en ulempe.

Konklusion.

Galvanomaskinen efter dette koncept kan integreres i et FMS-styret produktionsforløb. Maskinen kan håndtere alle trin i overfladebehandlingen, fra affedtningen til metalbelægning.

Maskinen kan behandle emne størrelser indenfor de specificerede dimensioner, men er kun velegnet til global behandling. Desuden byder maskinen på god styring af lagtykkelsen.

Miljøbelastningen, ekstern såvel som intern, vil være beskeden. Maskinens kapacitet vil være begrænset af pladskrav.

4.3.2

Transportbane.

Transportbanen adskiller sig fra transportbåndet, ved at emnet bæres gennem maskinen fastholdt af selve transportbanen eller af et fixtur der er monteret på transportbanen. Emnet er således positioneret, og det er derfor muligt at behandle emnerne på dele af overfladen.

Indlosning.

Indlosningsstationen skal udformes, så den kan varetage følgende opgaver:

- Modtage emnerne fra foregående position, positionere dem og indføre dem i galvanomaskinen.
- Modtage emnerne fra foregående position, positionere dem, og føre dem til et bufferlager.
- Modtage emnerne fra bufferlageret, og indføre dem i galvanomaskinen.

Emnerne kan være positioneret, når de modtages fra forrige arbejdsproces.

Når emnet er positioneret gribes det af transportbanen, der fører det ind i maskinen.

Emnetransport.

Transportbanen skal gribe emnerne fra indlosningsstationen, og føre dem ind på linien. Desuden skal den fastholde emnerne under transporten og behandlingen.

Emnerne kan fastholdes af to parallelle bånd, der klemmes sammen om emnerne, eller af et bånd med fixturer. Båndene og fixturene skal være af et kemikaliebestandigt materiale med gribe-punkter indlagt. Gribepunkterne kan desuden benyttes til at overføre processtrømmen ved den galvaniske proces. Udformningen af transportbanen og kontaktpunkterne skal sikre en uhindret væskecirkulation omkring emnet.

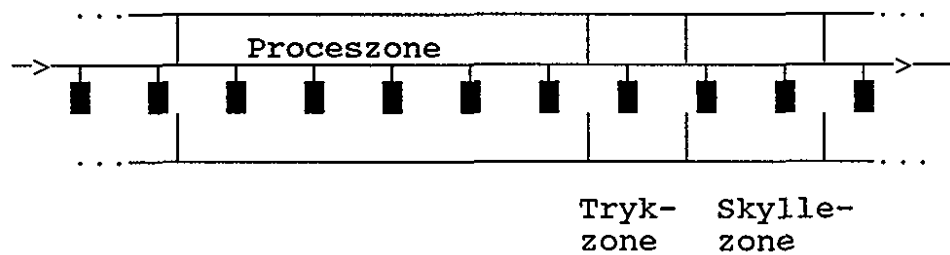
Maskinen kan indrettes, så der er et båndpar for hver zone, og emnerne overføres til næste båndpar i skyllezonen. Herved elimineres udsløb med transportbanen.

Emnet føres gennem maskinen i vertikal position.

Forbehandlinger.

Affedtningen og aktiveringen kan kombineres, så antallet af forbehandlinger kan reduceres til en eller to. For at fremskynde behandlingen kan procesbadets temperatur hæves, desuden kan procesvæsken sprøjtes på emnet. Processen indkapsles i en kasse, for at kontrollere dampe og gasser fra processen. Emnetransporten fra

kasse til kasse foregår gennem snævre spalter. For at hindre væskeudsløb samt at gasser og aerosoler transporteres ind i andre zoner, er der efter hver proceszone en trykzone og en skyllezone. I trykzonen blæses væsken af emnet.



Figur 4.3

Princip af opbygning af én proces med indretning til reduktion af væskeudsløb og gas- / aerosoludslip, (set fra siden).

Metalbelægning.

For at galvanomaskinen skal have interesse for industrien, er det nødvendigt at der benyttes highspeed plating.

Da emnerne er positionerede kan metalbelægningen foretages ved dyse- eller børsteplettering, hvorimod dyppemetoden kun har begrænset anvendelighed.

- Børstepletteringen kan foretages ved at emnerne køres gennem en række af rotérende børster.
Når emnet er inde i rækken af børster, har emnet ikke kontakt med banen, men glider på en skinne af kunststof. Herved kan hele overfladen behandles. Strømmen overføres til emnet vha. slæbekontakter.
- Dysepletteringen kan foretages mens emnet holdes af banen. For at sikre at emnet bliver belagt med metal på hele overfladen, også der hvor kontaktpunkterne er, bør banen skifte greb på emnet undervejs i metalbelægningen. Denne metode er velegnet til partiel behandling af emnet. Dysepletteringen er en forholdsvis ny belægningsteknik, så dens anvendelighed er kun afprøvet for et begrænset antal metaller.

Ved børstepletteringen er det muligt at tilsætte metallet i form af metalanoder, mens det ved dysepletteringen er nødvendigt at tilsætte metallet som salte eller metal-opløsning. I begge tilfælde skal elektrolytten have gode egenskaber mht. ledningsevne, strømudbytte og strømtætheder.

- Ledningsevnen skal være høj for at sikre et lavt spændingsfald i elektrolytten og dermed et lavt effektforbrug.
- Strømudbyttet skal helst være tæt ved 100%. Strømudbyttet er et mål for hvor stor en

mængde metal der udfældes i forhold til det teoretisk opnåelige.

- Elektrolytten skal kunne transportere stor ladningsmængder, uden at det påvirker strømudbyttet.

Ved disse belægningsmetoder kan man tillade sig at se bort fra elektrolyttens egenskaber mht. spredning.

- Dyppemetoden vil det kun være realistisk at benytte når emnet kun skal have en partiel behandling. Dette skyldes at banen ellers skal neddyppes sammen med emnet, og dette må forventes at give et stort udsløb. Desuden vil emnet ikke blive behandlet i kontaktpunkterne.

Afsluttende
behandlinger.

Efter metalbelægningen kan emnerne skylles, tørres eller behandles ved en stømfri behandling (ex. kromatering).

Udlosning.

Udlosningsstationen skal udformes, så den kan:

- Opretholde positioneringen, og føre emnet til indlosningsstationen for næste behandlingstrin.
- Opretholde positioneringen, og føre emnet til udbufferen.
- Udlosse emnerne upositioneret, til en transportkasse.

Konceptvurdering. Galvanomaskinens karakteristika er:

- Indlosningsstationen skal konstrueres, så den bliver meget driftssikker. Dette er nødvendigt, da emnerne skal positioneres eller fixeres inden indføringen i galvanomaskinen. Da galvanomaskinen positionerer (fixerer) emnerne, kan den benyttes til partiel behandling af emner (f.eks. kontaktpunkter på printkort, stik eller lign.).
- Transportsystemet har kun få bevægelige dele, og er derfor let at vedligeholde.
- Transportsystemet tillader behandling af en række pladegeometrier. Begrænsningerne sættes i princippet af indlosningsstationens evne til at positionere emnerne.
- Galvanomaskinen er fleksibelt ved varierende produktion, da den kan styres ud fra signaler fra de foregående processer (FMS-styring).
- Maskinen kan styres ved regulering af ensretterne, cirkulationspumper og hastigheden af transportbanen.
- Emnerne bevæges frem gennem galvanomaskinen i en kontinuerlig bevægelse. Herved bliver styringen mere simpel, end hvis bevægelsen er diskontinueret.

- Tykkelsen af metallaget kan styres ganske nøje, ved at justere på opholdstid og/eller strømtæthed.
- Ved galvaniseringen er hele emnets overflade blotlagt for behandling, bortset fra punkterne hvor emnet fastholdes af banen. Ved galvaniseringen vil der udfældes metal på kontaktpunkterne. Dette skal fjernes for at sikre en god elektrisk forbindelse mellem emne og bane.
- Ved de strømkrævende processer skal strømmen føres fra strømkilden til banen og videre til emnet. Der kræves derfor en god elektrisk forbindelse.
- Forbehandlingen vil, i en række tilfælde, kunne klares med en proces. Herved spares plads og behandlingsudstyr.
- Belægningshastigheden kan øges væsentlig, både for dyse- og børsteplettering. Dette opnås ved lav anode / katode-afstand, samt ved at sikre god væskecirkulation, så diffusionslagene reduceres, og derved muliggør høje strømtætheder.
- Tilsættes metallet, til dyse- eller børsteplettering, som salte eller som metalopløsning, er det nødvendigt med løbende inspektion af elektrolytten, for at sikre at metalniveauet er som specificeret. Ved at tilsætte metallet som salte tilføres badet anioner, hvilket kan være u hensigtsmæssigt.
- Ved galvanisering med børsteplettering kan metallet tilsættes som metalanoder.
- Metalbelægning ved dyppemetoden er mest velegnet til delvis belægning af emnet. Metoden kan dog også benyttes til global belægning, men vil medføre større udsløb af væske, samt efterlade ubehandlede punkter hvor emnet blev holdt.
- Galvanomaskinen efter dette koncept, kræver at procesvæskerne til stadighed cirkuleres. Det må forventes, at anskaffelse af pumpeudstyr vil udgøre en væsentlig del af anlægsudgifterne.
- Da maskinen fysisk er lukket kan man let fjerne aerosoler, gasser og dampe. Desuden bliver håndteringen af udsløb forenklet, da meget af udslæbet kan blæses af emnerne. Det må således forventes, at maskinen kan overholde de af myndighederne opstillede krav, da volumen af spildstrømmene (udsløb og gasser) bliver beskedne.
- Væskereservoir og udstyr til badvedligeholdelse, behøver ikke at være placeret ved maskinen.
- Maskinens kapacitet er bestemt af transportbanens hastighed, proceszonernes længde og metallagets tykkelse. Sammenholdes dette med pladskravene til maskinen (max. 5m²), ses det at disse faktorer vil være begrænsende for maskinens produktionskapacitet.

- Ved udlosningen fra maskinen vil emnerne foreligge positioneret, hvilket ved fortsat behandling i FMS-linie kan være en fordel.

Konklusion.

Galvanomaskinen efter dette koncept kan integreres i et FMS-styret produktionsforløb. Maskinen kan håndtere alle trin i overfladebehandlingen, fra affedtningen til metalbelægning.

Miljøbelastningen, ekstern såvel som intern, vil være beskeden.

Maskinens kapacitet vil være begrænset af de krav der stilles til opholdstid i de forskellige behandlingszoner og tykkelse af metallag. Transportbanens anvendelighed er betinget af at emnerne kan positioneres ordentlig. Dermed er der situationer, f.eks. med små emner, hvor transportbanen ikke er velegnet. Transportbanen fører emnerne frem et for et, hvilket muliggør en god væskekontakt. Maskinen er velegnet til delvis behandling af emnet.

4.4 Galvanomaskine til rotationssymmetriske emner.

Maskinen skal kunne behandle rotationssymmetriske emner med længde/diameter i intervallet mellem 30mm/2mm og 300mm/30mm. Det kan f.eks. være søm, skruer, aksler, valser eller cylindriske emner.

Ved indgangen til galvanomaskinen kan emnerne være indsmurt i olie / fedt. Emnerne kan foreligge ordnet eller uordnet, ved indlosningen til galvanomaskinen.

For at kunne behandle emnerne skal galvanomaskinen kunne varetage følgende punkter:

- Emnetransport
- Indlosning
- Forbehandlinger
- Metalbelægning
- Afsluttende behandlinger
- Udlosning

Med udgangspunkt i de tilgængelige transporttyper, beskrives de mulige koncepter.

Transporttyper:

- Rotéretromle
- Emnefremskubning

De koncepter der fremkommer, vurderes i forhold til den generelle målsætning, samt krav fra

myndighederne.

4.4.1

Rotéretromle

Emnerne der behandles på denne maskine skal være forholdsvis små, og de skal glide ubesværet i forhold til hinanden.

Emnetransporten.

Rotéretromlen består af et langt rør, af inert kunststof, hvor der på indersiden er en sneglegang. Når tromlen roterer trækkes emnerne frem gennem røret. Sneglegangen inddeler samtidig emnerne i portioner, og hindrer procesvæskerne i at løbe sammen. Ved tromlens rotation sammenblandes emnerne, hvorved ensartet belægning opnås. Tromlen er inddelt i en række zoner, hvori de forskellige processer finder sted. I hele tromlens omkreds er den perforeret af små huller, der tillader procesvæskerne at løbe ned i opsamlingsbeholderne. På ydersiden af tromlen placeres ledeplader, der skal sikre at væskerne drænes til de rigtige reservoir. Rotéretromlen er svagt vinklet i forhold til vandret, således at emnerne indføres i den højstliggende ende af tromlen. Herved opnår man at emnerne bredes ud, og derved bliver mere tilgængelige for behandlingen. Transportformen dikterer at emnerne fremføres uordnet. På grund af den portionsinddeling sneglegangen giver, vil emnerne have en veldefineret opholdstid i maskinen. Tromlen kan evt. inddeles i to uafhængige sektioner, for at sikre at procesvæskerne fra forbehandlingen og fra metalbelægningen ikke blandes.

Indlosning.

Indlosningsstationen skal sikre at galvanomaskinen konstant tilføres emner, enten fra den foregående behandling eller fra indbufferen. Desuden skal den sikre at det er den rette mængde emner der indføres i maskinen. Ved havari i galvanomaskinen skal indlosningsstationen føre emnerne til indbufferen. Emnerne skal ikke positioneres inden de føres videre, hvilket medfører at indlosningsstationen bliver en forholdsvis simpel konstruktion.

Forbehandlinger.

Samtlige processer skal foretages ved væskepåsprøjtning. Ved forbehandlingen spules emnerne med procesvæsken. Det vil være problematisk at benytte vådslyngning med partikler, da partiklerne ikke umiddelbart kan drænes bort.

Metalbelægning.

Metalbelægningen skal ske ved dyseplettering eller eventuelt ved børsteplettering. Dyppemetoden er ikke anvendelig, da det ikke er muligt at placere anoder i elektrolytten. I den del af tromlen hvor metalbelægningen skal finde sted, er der i tromlen indlagt elektriske kontaktpunkter.

- Dyseplettering. Ved denne fremgangsmåde er det elektriske kredsløb sammensat som følger: Strømmen overføres via kontaktpunkterne til emnerne, herfra føres strømmen gennem væskestrålen til anoden. Elektrolytvæskens løbende væk fra zonen for at blive regenereret.
- Børsteplettering. Ved børsteplettering er det elektriske kredsløb sammensat således: Strømmen overføres via kontaktpunkterne (katoden) til emnerne, herfra føres strømmen gennem børstens væskeindhold til anoden. Ved denne fremgangsmåde pumpes der væske ud gennem børsten for at opretholde dennes ledningsevne. Anvendeligheden af denne metode begrænses af at der skal være fysisk kontakt mellem børsten og emnerne.

Fælles for begge disse metoder er at der benyttes inertanode, dvs. at metallet skal tilsættes til elektrolytten enten som salte eller metalanoderne skal opløses f.eks. i en dialysecelle.

Afsluttende
behandlinger.

Inden emnerne føres ud af tromlen skylles og tørres de.

Udlosning.

Emnerne udlosses til et transportbånd, der fører emnerne til næste behandling, eller ud i en udlosningsbuffer.

Konceptvurdering. Rotéretromlens karakteristika er:

- Der er ikke nogen skarp adskillelse mellem proceszonerne. Der er derfor mulighed for at procesvæskerne blandes i højere grad end ellers. Dette stiller højere krav til genindvindingsudstyret.
- Når dyse- eller børsteplettering benyttes er det ikke muligt at benytte det traditionelle anodesystem. Metallet skal derfor tilføres til elektrolytten som salte, eller metallet må opløses inden det kan tilsættes til elektrolytten. Denne fremgangsmåde besværliggør og fordyrer anvendelsen af udstyret.
- Pga. anlæggets opbygning kan det behandle en hel geometrifamilie, fra aksler over små søm og skruer til nitter ol., dog skal emnerne være forholdsvis små, og kunne glide frit i forhold til hinanden uden at filtrere.
- Emnerne er svære at skylle, da de ligger i en bunke.
- Da tromlen er åben i sin længdeakse, kan dampe og aerosoler, fra de enkelte processer, spredes i maskinen, og forårsage forurening af procesbadene. For at reducere denne spredning kræves god udsugning af de dannede dampe og aerosoler.
- Maskinen vil være bedst egnet til behandling

- af småemner der skal have en overfladebehandling der kan foretages i få trin. Dvs. maskinen kan ikke behandle de store emner i det opstillede interval.
- Anvendeligheden af dette koncept afhænger af, om det er muligt at dræne væskebort, i samme tempo som de tilføres. Dette kan give problemer ved små emner, da de huller væsken drænes gennem skal være så små at emnerne ikke kan falde igennem.
 - De elektriske kontaktpunkter der er indbygget i metalbelægningszonen, skal være af en art der umuliggør metaludfældning på dem. Er dette ikke muligt, skal det være muligt at fjerne det udfældede metal.
 - Med denne maskine kan man ubesværet skifte emnegeometri. For at sikre at emnerne ikke blandes kan man stoppe emnetilførslen i en kort periode.
 - Overførselen af elektriciteten er besværlig. Processtrømmen skal overføres fra ensretteren til den roterende tromle, og derfra via kontaktpunkterne til emnerne. Fra emnerne ledes strømmen gennem elektrolytten til inertanoden, og retur til ensretteren.

Konklusion.

Denne maskine vil ikke være egnet til behandling af masse gods, pga. de dårlige egenskaber mht. udslib og sammenblanding af procesvæsker. Den vil derimod finde berettigelse ved behandling af mindre serier af små emner, og ved hyppige skift i emnegeometrier. Maskinen vil ikke være anvendelig til behandlinger der kræver høj renhed af procesvæskerne. For at opnå kommerciel interesse, må metalbelægningskonceptet dokumenteres, og maskinens egenskaber mht. adskillelse af badvæskerne undersøges.

4.4.2

Fremskubningsbane.

Denne metode kan kun benyttes til forholdsvis store cylindriske emner.

Indløsning.

Emnerne placeres på en glideskinne, og skubbes ind i maskinen. Indføringen til maskinen foregår gennem et hul der netop tillader emner med den specificerede diameter at passere. For at sikre effektiv emneindføring skal emnerne positioneres.

Emnetransport.

Emnerne placeres på en glideskinne af kunststof. Fremføringen foregår dels ved at de efterfølgende emner skubber de forudgående emner gennem maskinen, og dels ved fremføring med roterende børster inde i maskinen.

Forbehandlingerne. Forbehandlingen foretages dels ved væskekontakt, og dels ved bearbejdning med børster.

Metalbelægningen.	Metalbelægningen kan foretages ved børste-, dyse- eller neddypningsmetoden. Strømmen kan ledes til emnet via kontaktpunkter i glideskinne, eller via en roterende børste. Selve metalbelægningen foretages mens emnet overføres fra en glideskinne til den næste. Herved opnår man, at hele emnets overflade er blotlagt for behandling. Da emnet føres gennem snævre huller for at komme til og fra behandlingszonerne vil væskeudslippet blive beskedent. Udslæbet kan reduceres kraftigt ved afblæsning efterfulgt af skylning.
Afsluttende behandlinger.	Inden emnerne føres ud af maskinen, afblæses overskydende væske, og emnerne skylles og tørres.
Udlosning.	Ved udlosningen kan emnerne føres ud i udlosningsbufferen, eller udlosses på transportbånd.
Konceptvurdering.	Fremskubningsbanen har følgende karakteristika: - Ved standsning af maskinen bliver der efterladt nogle emner inde i maskinen. Disse skal fjernes, for at hindre forurening af elektrolytvæskerne. - Maskinen kan kun behandle cylindriske emner, og er desuden fastlåst af en minimal diameter og en minimal cylinderlængde. - Maskinen er uflexibel mht. ændring af diameteren af cylinderne. Dette kræver ændring af alle gennemføringshuller og eventuelt af glideskinnerne. - Maskinen er flexibel mht. ændring i produktionshastigheden, idet dele af de enkelte behandlingszoner kan startes / stoppes efter behov. - Væskeudslæbet fra maskinen kan holdes på et meget lavt niveau, da det er muligt at foretage væskeafblæsning mellem proceszonerne.
Konklusion.	Maskinen er bundet til cirkulære emner der opfylder krav til længde og diameter. Samtidig vil maskinen være uflexibel mht. skift i diameter. Maskinen vil derfor være bedste egnet til behandling af store serier af cylindriske emner. Maskinen giver gode muligheder for at styre væskeudslæb og dannede gasser og dampe, da den fysisk er lukket. Maskinen kan styres ved FMS-styring.

4.5 Galvanomaskinen til tråd- og båndemner.

For at emner kan behandles på denne maskine, skal de bestå af meget lange baner af bånd- eller trådemne, i det følgende kaldet coil.

Coilen kan således være fremstillet ved ekstruderer, valsning, trækning eller lignende. Emner på denne form behandles på en gennemtrækningsbane. Ved behandling af båndemner kan emnet føres gennem maskinen i vertikal eller horisontal plan, afhængig af de valgte proces-typer.

Maskinen skal håndtere følgende trin i behandlingen:

- Emnetransport
- Indlosning
- Forbehandlinger
- Metalbelægning
- Afsluttende behandlinger
- Udlosning

4.5.1

Gennemtrækningsbane.

Emnetransport.

Coilen føres gennem maskinen ved gennemtrækning. Hastigheden hvormed det sker, styres af et valsepar ved indføringen i maskinen, og et valsepar efter maskinen. Herved kan coilen holdes stram. Transporthastigheden bestemmes af de foregående processer, og af maskinens kapacitet.

Indlosning.

Indlosningsstationen skal sikre at coilen fremføres med den korekte hastighed, samt at medvirke til at holde coilen stram. Coilen kan føres direkte fra den foregående proces og ind i maskinen, eller den kan afrulles fra en spole og føres ind i maskinen. Afrulningen styres af et valsepar, der enten trækker coilen af spolen, eller styrer en motor, der sørger for afspolingen. Coilen indføres i maskinen gennem en snæver gennemføringsåbning. Åbningerne skal være så snævre, at coilen netop kan passere. Herved reduceres udsløb, og styringen af spildstrømmene lettes.

Forbehandlinger.

Da emnet fremføres som en sammenhængende bane, er det let at behandle med kombineret mekanisk og kemisk behandling. Det kan ske ved vådslyngning, med en opløsning med opslemmede kvartspartikler, eller ved børstebehandling. Ved begge metoder er det muligt at øge renservirkningen, og dermed reducere behandlingstiden i zonerne.

Metalbelægning.

Metalbelægning kan foretages ved dyppe-, dyse- eller børsteplettering.

- Dyppebehandling. Emnet trækkes gennem procesbadet. For at forhindre at badvæsken løber ud gennem sprækkerne, placeres der før og efter proceszonen tryksatte zoner, luften fra disse zoner vil passere ind gennem sprækkerne og rive væsken med ind i proceskarret. Det væske der lækker til trykzonerne kan pumpes tilbage til proceszonen, hvorved det er muligt at opretholde væskenniveauet i proceszonen. Da coilen er neddyppet er det muligt at benytte metalanoder, og da coilen holdes stram vil den være velpositioneret, hvilket muliggør at anoderne placeres tæt ved coilen. Herved er det muligt at opnå et forholdsvis højt strømudbytte, og dermed et lavere effektforbrug.
- Dyseplettering. Coilen trækkes forbi en række af dyser, der overrisler den med elektrolytvæske. Ved denne fremgangsmåde kan man opnå højere strømtætheder og dermed højere platehastigheder, da væskefilmen omkring coilen konstant udskiftes. Desuden kan man reducere effektforbruget da anode og katode kan placeres ganske tæt ved hinanden, og derved reducere spændingsfaldet. Ved dyseplettering benyttes inertanode, hvilket betyder at metallet må tilsættes som salt eller opløst metal. Ved bånd-coil er det nødvendigt at føre coilen gennem maskinen i vertikalt plan, for at kunne dræne elektrolytvæsken bort. Denne pletteringsmetode er endnu ikke afprøvet for alle metalbelægninger.
- Børsteplettering. Mens coilen trækkes forbi kan den behandles ved børsteplettering. Ved denne behandlingsform er der fysisk kontakt mellem børsten og coilen. Anoden (inert) er placeret i børsten, og under drift pumpes der elektrolytvæske ud gennem børsten. Ved denne fremgangsmåde er platehastighederne højere end ved traditionel behandling. Da der benyttes inertanoder må metallet tilsættes enten som metalsalte eller som en metalopløsning. Bånd-coil føres gennem maskinen i vertikalt plan, for at sikre at elektrolytvæsken kan drænes bort.

Fælles for alle tre metoder til metalbelægning er, at der efter proceszonen er en trykzone der skal sikre at overskydende væske blæses af coilen. Desuden kan coilen føres gennem maskinen uden at blive bukket, dvs. at maskinen også kan behandle ubøjelige emner, som ekstruderede profiler og lignende.

Afsluttende behandlinger.

Efter metalbelægningen skylles coilen med deminvand, så alle spor af metalsalte fjernes.

Herefter tørres coilen ved at blæse væsken af med varm luft.

Udlosning.

Fra udlosningen kan coilen føres videre til næste behandling, eller den kan opsamles på en spole. Ved flexible coils skal udlosningsstationen, sammen med indlosningsstationen, sikre at coilen holdes udstrammet mens den føres gennem galvanomaskinen.

Konceptvurdering. Galvanomaskinen efter dette koncept er karakteriseret ved:

- Maskinen er kun egnet til behandling af lange, helst uendeligt lange, baner af coils. Dette skyldes at det er besværligt at indføre coilen i maskinen, samt at et stykke af coilen vil gå til spilde.
- Maskinen giver gode muligheder for at kontrollere væskeudsløb samt udviklede gasser og dampe.
- Maskinen kan FMS-styres.
- Metalbelægning ved dyppemetoden kan benyttes ved anvendelse af trykzonesystemet. Herved kan der benyttes metalanoder.
- Ind- og udlosningsstationerne bliver simple; Enten et spolesystem, eller direkte indføring af coilen fra forrige proces.
- Maskinen kan behandle et bredt spekter af tværsnitsgeometrier, blot ved at udskifte gennemføringspalterne.
- Det er besværligt at indføre en ny coil, det er derfor ønskeligt at coilen foreligger i så lange baner som muligt.
- Coilen er velpositioneret hvorfor det er muligt at behandle dele af den.
- Anoderne kan udformes så selv komplicerede tværsnitsgeometrier kan behandles.
- Coilen kan føres gennem maskinen uden at blive bøjet, derfor kan der også behandles emner der ikke kan bøjes, f.eks. profiler.

Konklusion.

Gennemtrækningsmaskinen er velegnet til behandling af kabler, ledninger, tråd samt bånd. Maskinen kan tilsluttes direkte til den foregående og den efterfølgende proces, eller coilen kan modtages fra en spole, og atter rulles på spole efter endt behandling. Maskinen kan integreres i en FMS-styring på linie med de foregående og efterfølgende processer. Spildstrømmene kan kontrolleres effektivt, da maskinen er lukket, og da coilen er let at blæse fri for væske.

4.6 Galvanomaskinen til sammensatte geometrier.

Maskinen skal behandle emner af sammensat geometri, dvs. at den skal kunne behandle de emneformer som ikke falder ind under de øvrige maskiner. Emnerne kan evt. være sammensat af en eller flere af de øvrige geometrier.

Processerne i galvanomaskinen kan inddeles i følgende punkter:

- Indlosning
- Emnetransport
- Forbehandlinger
- Metalbelægning
- Afsluttende behandlinger
- Udlosning

Emnetransporten skal kunne håndtere emner af forskellige sammensatte geometrier. De mindre emner der foreligger i stor mængde, kan evt. behandles i en roteretromle som beskrevet i afsnit 4.4.1. Store emner der foreligger i beskedne mængder kan behandles på en transportbane med fixtur. Dette naturligvis forudsat at det er muligt at positionere og fixere emnet.

4.6.1

Transportbane.

Indlosning.

Fra den foregående behandling føres emnerne til galvanomaskinen. Emnerne kan foreligge på ordnet eller uordnet form, når de ankommer til maskinen. Er emnerne uordnede, skal indlosningsstationen positionere dem, hvorefter transportbanen fixerer emnet, og fører det ind i maskinen. På grund af fleksibilitet i fixturet kan man ikke forvente at emnet er velpositioneret under dets transport gennem linien.

Emnetransport.

Transportbanen skal gribe og fastholde emnerne under deres indføring og transport gennem galvanomaskinen. Til dette formål er der på banen monteret fixturer. Transportbanen og fixturet skal udføres så de kan lede processtrømmen til emnet.

Forbehandlinger.

Forbehandlingerne kan foretages ved vådslyngning evt. efterfulgt af aktivering. Begge processer foregår ved væskepåsprøjtning.

Metalbelægning.

Emnernes geometri tillader ikke kontakt mellem emne og børste som det sker ved børsteplettering. Da transportbanen ikke kan bugtes op og ned, er det ikke umiddelbart muligt at benytte dyppeметоден. Tilsvarende vil det ikke være muligt at benytte den fremgangsmåde, til metalbelægning ved dyppebehandling, der er beskrevet

under afsnittet om gennemtrækningsbanen, afsnit 4.5.1. . Dette skyldes at gennemføringsåbningerne, på grund af emnernes form, bliver så store at badvæsken hurtigt vil strømme ud. Den mest realistiske behandlingsmetode vil derfor være dyseplettering af emnerne.

Ved metalbelægningen skal elektrolysestrømmen tilføres emnet gennem transportbåndet og fixturet. Dvs. at strømmen skal overføres fra ensretteren til transportbåndet, og derfra via fixturet til emnet. Fra emnet føres strømmen gennem elektrolytten tilbage til ensretteren. Fixturet skal udformes så det overfører strømmen bedst muligt, samtidig med at det ikke hindrer metaludfældningen.

Denne zone er, som de øvrige zoner, afskærmet mest muligt for at nedsætte miljøbelastningen. Udslæbet reduceres ved at føre emnerne gennem afblæsningszoner, hvor væsken blæses af emnerne vha. trykluft. Den afblæste væske kan føres tilbage til proceszonen, evt. efter filtrering eller lignende.

Afsluttende
behandlinger.

Efter metalbelægningen blæses overskydende væske af emnet. Herefter skylles emnet med demineraliseret vand og blæses tørt. Nu kan det færdigbehandlede emne føres ud af linien.

Udlosning.

Ved denne position slipper fixturen emnet, der uordnet falder ned i en udlosningsbuffer, eller på et transportbånd, der fører det videre til næste behandling.

Konceptvurdering.

- Positioneringen og fixeringen vil være kritiske for maskinens anvendelighed.
- Da emnerne fremføres enkeltvis, vil produktionskapaciteten være beskeden.
- Ved at anvende dyseplettering til metalbelægningen må der forventes en bedre materialefordelingen end ved traditionel dyppebehandling.
- Udslæb med fixtur og emne må forventes at blive forholdsvis højt.
- På grund af emnets geometri må det forventes, at behandlingerne kræver mere tid end for almindelige geometrier.

Konklusion.

Denne maskine vil være bedst egnet til små styktal. Maskinen vil, afhængig af hvilke processer den udfører, være krævende mht. badvedligeholdelsesprocesser og spildevandsrensning. Den valgte maskintype og metalbelægningsmetode vil være stærkt afhængig af emnets geometri, og om det er påkrævet at emnerne fremføres positioneret.

4.7 Konklusion.

De beskrevne koncepter er udviklet med henblik på hver deres geometrifamilie. Samtidig er de enkelte koncepters muligheder og begrænsninger, i vid udstrækning, dikteret af den geometri konceptet er tilpasset til.

Således må det betragtes som sandsynligt at koncepterne til behandling af pladeemner og coil vil finde større udbredelse end f.eks konceptet til behandling af sammensatte geometrier.

Dette vil ikke kun være begrundet i de bedre egenskaber mht. spildstrømsbehandling, produktionsegenskaber og transportflexibilitet, men også i at markedet for pladeemner og coil må skønnes at være større end markedet for sammensatte geometrier.

Endelig må man forvente at anlæg til behandling af sammensatte geometrier, vil kræve større tilpasning til geometrien, end anlæg til behandling af plade og coil.

5. Analyse af anlæg til overfladebehandling af pladeemner.

5.1 Beskrivelse af koncept for eksisterende produktion

Produktionslinierne der ligger til grund for denne analyse, er et tromleanlæg og et hængeanlæg er designet til behandling af små emner (nitter) og og dele til beslag, der indgår i produktion af vinduer.

Beslagene består mest af fladjern evt. med enkelte bukninger. Emnernes størrelse er op til 200*60*20 [mm].

Ved at foretage behandlingen både på tromle- og hængeanlæg, kan det sikres at et bredt spekter af geometrier kan behandles. Nitterne og de små ukomplicerede beslag behandles på tromlelinien, og de større beslag behandles på hængeanlægget.

Emnerne, der er af ulegeret stål, belægges med zink og gulkromateres. Efter overfladebehandlingen nittes emnerne sammen til de færdige beslag.

Man lægger stor vægt på at udledningen af tungmetaller, i forbindelse med behandlingen, holdes på et lavt niveau, samt at de strenge krav til overfladebehandlingens holdbarhed overholdes.

Anlægget skal kunne behandle store mængder beslag.

5.1.1

Beskrivelse af procesforløbet

Emnerne til behandlingen modtages i transportkasser, og oplagres til der er ledig kapacitet på overfladebehandlingsanlægget. Fra transportkassen hænges emnerne på varestangen, eller rystes i tromlen. Efter forzinkning, gulkromatering og tørring fyldes emnerne atter på transportkasser, og sendes til samling.

Procesforløb
for beslagene.

Den behandling emnerne gennemgår, er i princip ens på tromleanlægget og på hængeanlægget. Forskelle kan dog forekomme for procestider eller badsammensætninger.

- Indlosning

- Affedter
- Skyl
- Bejdsning
- Skyl
- Elaffedter
- Skyl
- Forzinkning
- Skyl
- Gulkromatering
- Skyl
- Tørring
- Udlosning

Indlosning.

Emnerne hældes i tromlen, eller hænges på stativet.

Ved tromlebehandling hældes emnerne direkte fra transportkasserne ud på et rystebord, hvorfra emnerne rystes ned i tromlerne.

Ved behandling på hængelanlægget tages emnerne fra transportkasserne og sættes manuelt på stativerne. Dette foregår ved en karruselposition. Karrusellen har fire sider, og en af siderne benyttes til at fjerne behandlede emner, to andre benyttes til påsætning af emner, og endelig benyttes en side ved ind- og udlosning af stativerne.

Affedter.

Affedteren tjener til at fjerne fedt og olie fra emnet. Denne behandling er første led i den række behandlinger der skal sikre god vedhæftning mellem emnet og zink-laget.

Affedteren er på lud-basis, da lud er uaggressivt mod grundmetallet [ulegeret stål], og kan forsæbe fedtstoffer.

Badet er tilsat detergenter (emulgatorer), der skal tjene til at holde forsæbet fedt, olie og smuds i opløsning. Desuden tilsættes et befugtningsmiddel, der skal nedsætte overfladespændingen mellem emne og væske, for derved at fremme affedtningen.

Ved normal produktion kan dette bad anvendes i en uge, inden koncentrationen af opløst olie og fedt er så høj, at badet må udskiftes eller regenereres.

Bejdsning.

I bejdse-processen fjernes korrosionsprodukter fra emnet, og der vil foregå en aktivering af emnet (nedbrydning af passivlag). Badet er tilsat detergenter for at holde salte og smuds i opløsning.

Behandlingstiden er ganske kort, da bejdsen er på saltsyrebasis, og derfor virker ætsende på grundmaterialet. Saltsyre-koncentrationen er på 10 - 15 W% .

Bejdsens levetid er kort, typisk fra dage til få uger. Det brugte bad indeholder syre, syrerester og opløste metaller.

Elaffedter.

Elaffedteren skal fjerne de sidste spor af fedt

og olie, inden emnet forzinkes. Ved denne behandling gøres emnet til katode eller anode, og ved brint- eller iltudvikling bearbejdes emneoverfladen, så de sidste rester af olie og fedt løsnes. Badet er tilsat overfladeaktiv stoffer og emulgatorer. Badet er basisk, pH > 12.

Forzinkning.

Emnerne påføres et zinklag, der skal tjene til korrosionsbeskyttelse. Forzinkningen foregår ved, at emnerne gøres til katode i et elektrolysesystem, hvor anoderne udgøres af zinkrounds. Zinkbadet er på hydroxyd- / cyanid-basis.

Beskyttelsen af emnet fremkommer dels ved fysisk beskyttelse, dvs. emnet afskærmes fra vand og ilt, dels ved at zinken virker som offeranode, hvorved emnet opnår katodisk beskyttelse.

Gulkromateringen.

Ved at kromatere zinkoverfladen kan emnets korrosionsegenskaber forbedres.

Ved kromateringen sker der en opløsning af de yderste 0,5 - 1 μm af zinklaget. Dette skyldes at opløsningens pH er mellem 1 - 4. Kromateringsbadet består af en blanding af krom(III)-salte, krom(VI)salte og tilsætninger af nitrater, acetater og/eller fluorider, (og efter kort tids brug forurening af zink). Koncentrationen af de forskellige stoffer er bestemmende for om kromateringen bliver farveløs, blålig, gylden, oliven eller sort. Emnerne belægges med fra 0,03 g/m², for farveløse kromatlag, op til 3 g/m², for oliven / sorte kromatlag. Opholdstiden i badet er 10 - 60 sekunder.

Umiddelbart efter kromateringen er kromlaget gelagtigt, og sårbart over for ridser. Først når gel-laget er dehydreret, dannes det tungt opløselige kromatlag der giver forbedret korrosionsbeskyttelse.

Efter kromateringen må emnerne ikke tørres ved høje temperaturer, da der så dannes revner i laget. Laget består af tungt opløselige kromater, kromhydroxyder og zinkkromater hvori krom(VI)-ioner er indlejret.

Skylning.

Procesbadene har forskellig sammensætning, og for at undgå at de opblandes, indføres mellemliggende skyl. Afhængig af hvor følsomt procesbadet er, over for indslæbte stoffer fra det forrige bad, benyttes et eller flere skyl. Efter forzinkningen og kromateringen er der skyllesekvenser, for at reducere udslæbet af tungmetaller fra anlægget og for at renavaske emnet, så der ikke forekommer aflejlrede salte på det færdigbehandlede emne.

Tørring.

Efter sidste behandling og sidste skyl tørres emnerne i en tørreposition. Tørringen foregår

ved anvendelse af varmlufts blæsere. Tromlen placeres i en muffe der tvinger den varme luft til at passere gennem tromlen og forbi emnerne. Ved hængelanlægget blæses den varme luft forbi emnerne, hvorved væsken blæses af eller fordamper.

Udlosning.

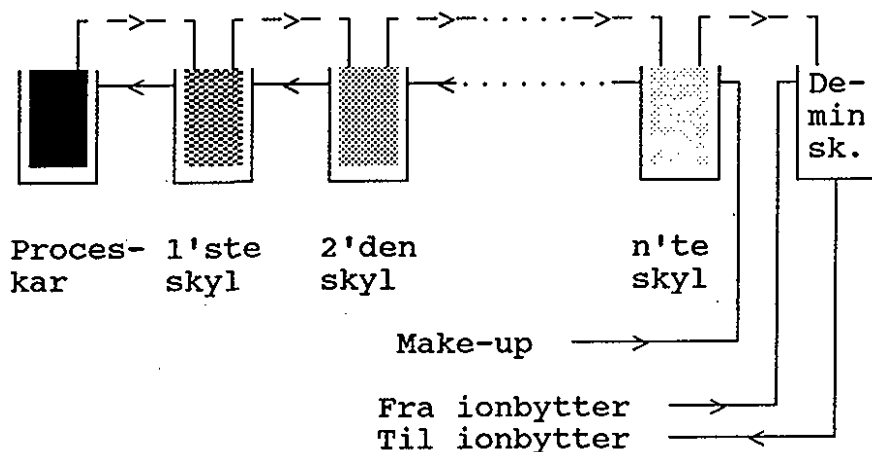
Efter tørringen tømmes tromlens emner ud i en transportkasse, hvorefter tromlen er klar til genfyldning. Emnerne fra hængelanlægget demonteres fra stativet og fyldes i transportkasser.

Procesforløb for urenhederne.

Urenhederne fra denne overfladebehandling fremkommer især ved udsløb af badvæske fra forzinkningen og kromateringen. Desuden fremkommer der urenheder ved forbehandlingsprocesserne.

Affedderen. Badvæsken fra lud- og elaffedtningen vil med tiden mættes med olie og fedt. Desuden vil det indeholde nedbrudte detergenter og evt. metalioner. Derfor har man tilsluttet et ultrafiltreringsanlæg, der løbende skal regenerere ludaffedderen, ved at fjerne olie, forsæbede fedtstoffer ol. Herved kan ludaffedterens levetid forøges med 5 - 10 gange. Det olieholdige koncentrat fra ultrafiltreringen sendes til Kommune-kemi, hvor det afbrændes.

Metalbelægningen. For at kunne håndtere udslæbene, er der til hver proces knyttet et sekvensskyl (spareskyl) til at opsamle de udslæbte stoffer, og, for at eliminere udsløb til næste proces, et deminskyl, se fig. 5.1.



Figur 5.1

Principskitse af et procestrin med proces, spareskyl og deminskyl.

Spareskylene er vigtige led i urenhedernes genindvinding, fordi:

- metoden er simpel.
- udslæbets koncentration er høj.
- udslæbet er ikke blandet med andre urenheder.

Under drift vil procesbadet miste væske, dels ved udsløb dels ved fordampning. Dette væsketab erstattes ved at tilbageføre væske fra første skyl til procesbadet.

Det kan være nødvendigt at indføre inddampning af første skyl, for at sikre en tilstrækkelig høj tilbageførsel, og dermed god genindvinding af de udslåbte forbindelser.

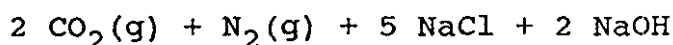
Udslæbet fra forzinkningen og kromateringen samt de opløste metaller fra forbehandlingen, udgør sædvanligvis det største problem for det eksterne miljø. Derimod vil udslæbt olie og forsæbede fedtstoffer være et problem ved udsløb til de andre processer (forzinkningen og kromateringen).

For at sikre at der ikke udslæbes urenheder, til det næste procesbad, skylles varestangen i demineraliseret vand, inden den føres videre til næste proces. Herved opsamles metalionerne i ionbytteren, der holder deminskyllet rent. Ved regenerering af ionbytteren fremkommer der et surt (evt. basisk) eluat der er tungmetalholdigt.

Det tungmetalholdige eluat kan behandles ved elektrolyse eller elektrodialyse hvorved metal udvindes som frit metal, eller som en brugbar opløsning. Disse metoder er dog kun anvendelige såfremt indholdet af metalioner er velkendt. Ellers må eluatet behandles på traditionel vis, nemlig ved fældning med hydroxyd, hvorved tungmetallerne vindes som slam.

Indeholder opløsningen cyanid eller kromat, skal opløsningen afgiftes inden hydroxydfældningen.

Det cyanid-holdige spildevand, der er udslæbt fra zink-badet, skal afgiftes inden det blandet med det øvrige spildevand. Afgiftningen foregår ved oxidation af cyaniden. Der benyttes typisk med natriumhypochlorit, NaOCl, til oxidationen. Oxidationen foregår ved pH > 10, og sker efter følgende totalskema:

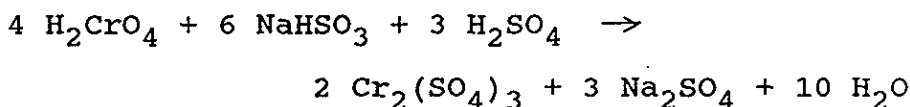


Dette svarer til et støkiometrisk forbrug på 7,2 kg NaOCl og 1,55 kg NaOH pr. kg cyanid (CN^-).

Cyanidoxidationen kan også foretages ved behandling med formaldehyd, ozon eller ved elektrolyse.

Det kromat-holdige spildevand, fra gulkromateringen, skal reduceres, f.eks. ved anvendelse af natriumhydrogensulfit, inden det blandes med det øvrige spildevand. pH indstilles til $\text{pH} < 2,0$.

Reaktionsskemaet bliver:



Dette svarer støkiometrisk til et forbrug på 1,56 kg NaHSO_3 og 0,76 kg H_2SO_4 pr. kg CrO_3 .

Det behandlede kromat- og cyanid-spildevand blandes med det øvrige spildevand, hvorefter tungmetallerne fældes og filtreres fra, og væsken fradekanteres og udledes. De udfældede tungmetalhydroxyder afvandes og sendes til deponi.

Det store kemikalieforbrug, især til neutralisation af cyanid, er medvirkende til ønsket om at nedbringe udslæbet.

Brugte elektrolytter behandles ikke på det kontinuerlige spildevandsanlæg. De må derimod behandles batch-vis i et separat anlæg, eller leveres til Kommune-kemi.

5.1.2

Beskrivelse af enhedsoperationerne

De enhedsoperationer der benyttes i et galvanisanlæg er hovedsageligt knyttet til emne-, væske- og lufttransport samt til vedligeholdelse og afgiftning af procesvæskerne.

Emnehåndtering.

For emner der skal behandles på tromlelinien, er den første operation, efter at emnerne er ført til galvanolinien, at de losses op på et rystebord. Rystebordets funktion er at adskille spåner ol. fra emnerne, samt at lette indløsningen i tromlerne.

Den fyldte tromle afhentes af kranbanen, og føres ind i linien.

Kranbanen er en af de operationer, der har stor indflydelse på anlæggets styring og lay-out, og dermed også på transport af urenheder.

Kranbanen er af den traditionelle type, med varestångsindløsning og -udtømmning i den samme ende. Derfor er badene placeret i den række-

følge, der byder på de bedste styringsmæssige egenskaber, dvs. størst fleksibilitet i produktionen samt lavest mulig takttid. Dette betyder at tromlerne skal flyttes hen over andre bade. Under flytningen bliver de passerende bade tilført urenheder ved væskedryp, nedfald af salte ol.

Hjælpeudstyr.

I forbindelse med en del af processerne vil der opstå ubehagelige dampe, der nødvendiggør udsugning.

Det er typisk ilt, brint, vanddamp, aerosoler, chlor, nitrose gasser eller syredampe.

Disse dampe kan være til fare/ulempe for medarbejderne, da de kan forårsage brand, eksplosion eller forgiftning. Endvidere kan de give anledning til korrosion af kranbaner, elektronik og bygningsdele.

For at afhjælpe disse gener benyttes udsugningsanlæg kombineret med friskluft-indblæsning.

Udsugningerne er placeret som punktudsugning, over de enkelte bade, og som almen udsugning. For at undgå træk, og for at sikre effektiv udsugning, er det nødvendigt at der løbende tilføres frisk luft.

Det kan, afhængig af hvilke gasser/dampe der dannes, være nødvendigt at behandle luften inden den blæses ud.

Det kan ske ved udskilning af væskedråber med filter og / eller absorption af syredampe, nitrose gasser og chlogas ved skrubning.

Ved spildevandsbehandlingen (omtalt i 5.1.1) benyttes i forbindelse med kemikalie-doseringen:

- doseringsudstyr
- potentialmålere
- pH-metre
- blandetanke
- omrørere

Reduktionen af kromat kan således foregå automatisk i følgende trin:

- pH indstilles
- vha. potentialmåleren styres tilsætningen af reduktionsmiddel.

Oxidationen af cyanid kan foregå analogt.

Disse to strømme løber nu sammen med de øvrige strømme, og efter opblanding indstilles pH (9,5

- 10,5). Nu kan væsken, under iblanding af flokkuleringsmiddel, pumpes til tykneren.

I tykneren henstår væsken til metalhydroxyderne er udfældet. Den klare væske, der udtages fra tyknerens overløb, udledes.

Slammet, der udtages fra bunden af tykneren, pumpes til et filter (rammefilterpresse, kerte-filter eller tromleskivefilter) og afvandes. De producerede filterkager kan deponeres eller sendes til genindvinding. Filtratet bør sendes tilbage til spildevandsbehandlingen.

For at få et bad til at fungerer optimalt, kan det være nødvendigt at opvarme eller afkøle det.

Det kan f.eks. være nødvendigt at opvarme ludaffedteren og dekaperingen. Ved disse bade er det for at fremme virkningen af badet, og nedsætte procestiden. Ved en række andre procesbade er det imidlertid afgørende, for en vellykket overfladebehandling, at temperaturen holdes på det korrekte niveau.

Ved bade med stor strømbelastning kan det være nødvendigt med køling af badet.

Køling kan desuden benyttes til vedligeholdelse af f.eks. cyanidisk zinkbad. Det foregår ved at man køler til ca. 0°C, hvorved soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) udfældes og kan fjernes. Kølingen af procesbade foretages sædvanligvis med et køletårn, mens der til udfrysning af soda benyttes en kølemaskine.

Det vand der benyttes som make-up i processerne bør være demineraliseret vand. Til demineraliseringen benyttes et system bestående af en kationbytter og en anionbytter. Kationbytteren vil så optage de positivt ladede ioner under afgivelse af brintioner [H^+]. Tilsvarende vil anionbytteren optage negativt ladede ioner under afgivelse af hydroxydioner [OH^-]. Totalreaktionen bliver at de negative og positive ioner fjernes, under afgivelse af brint- og hydroxydioner, der kombinerer og danner vand.

Ionbyttere kan ligeledes benyttes til fjernelse af tungmetal-ioner fra deminskylltet efter proceskarrene. Herved elimineres udslæbet af tungmetaller, salte og syrerester til næste procesbad.

Tømning af tromlen kan foregå direkte ned i transportkassen, eller eventuelt ud på et transportbånd der fører emnerne videre til

næste behandling.

5.1.3

Relationer mellem procesforløb og fastlagte parametre

De fastlagte parametre er de krav og specifikationer aftagerne stiller til beslagene (belægning, grundmateriale, emneform ol.), samt de lovkrav der findes til overfladebehandlingen (udledningsgrænser, emissionsgrænser, proceskrav ol.). Hertil kommer de parametre der fastlægges af de opstillede specifikationer og lovkrav.

Den procesfølge emnerne skal gennemgå, er bestemt af en række faktorer såsom:

- Ønsket metallag. Her fastlagt som forzinkning med efterfølgende gulkromatering.
- Emnets tilstand, og egenskaber af grundmaterialet. Emnets tilstand er givet ved fremstillingsproceduren samt den behandling råvarerne har fået for at beskytte mod korrosion. Ved udstansningen påføres emnet olier for at lette processen. Desuden vil råemnet ofte være smurt ind i beskyttende olie- / fedtstoffer for at hindre korrosion. Dette nødvendiggør en indledende affedtning. Emnematerialet er fastlagt som ulegeret stål.
- Lovkrav til spildevand, emissionsgrænser, arbejdsmiljø, kemi, den anvendte teknik mm. Krav opstillet af amt / kommune mht. udledning af tungmetaller, salte osv. skal overholdes. Desuden skal regler vedrørende arbejdsmiljø overholdes. Herved fastlægges at anlægget skal indeholde afgiftnings-, fældnings-, neutraliserings- og / eller genindvindingsmoduler, samt apparatur der sikrer et tilstrækkeligt godt arbejdsmiljø.
- Driftssikkerhed og økonomi. Den beskrevne overfladebehandling skal være pålidelig og konkurrencedygtig over for andre behandlingstyper.
- Kvalitetskrav til produktet. Der stilles krav til slidstyrke og korrosionsbestandighed. Desuden er der krav til emnernes udseende.

Emnernes tilstand og grundmateriale samt krav til kvalitet og overfladebelægning fastlægger således forbehandling og procesbade.

Geometrien og størrelsen af beslagene / nitterne er bestemmende for om emnerne behandles på hængelanlæg / tromleanlæg. Dermed er det desuden fastlagt at der benyttes en kranbane til transport af varestængerne.

Udledningsgrænser og lovkrav fastlægger udledningsgrænser, og dermed i realiteten, at der skal være hjælpeudstyr til afgiftning af spildevandet og fældning af tungmetallerne, eller udstyr til recirkulering af spildstrømmene. Loven om arbejdsmiljø fastlægger at der skal benyttes udsugning til fjernelse af dannede dampe.

Endelig fastlægger kvalitets og økonomihensyn, samt lovkrav, at der benyttes enkeltskyl eller modstrøms spareskyl efter de enkelte procesbade.

Modstrøms spareskyllet byder på en række særlige fordele:

- Skyllenvandsforbruget mindskes drastisk, samtidig med at emnerne skylles mere effektivt, end ved enkeltskyl.
- En stor del af de udslåbte kemikalier kan føres tilbage til procesbadet. Herved spares kemikalier, dels til erstatning af de udslåbte stoffer dels til oxidation / reduktion og fældning af de udslåbte forbindelser.
- Forbedret økonomi som følge af nedsat vand og kemikalieforbrug.
- Emnerne er fri for tungmetalioner og kemikalierester, når de forlader linien.

Ulempen vil være at man indfører flere positioner i kranbanen, hvilket giver højere taktider. Desuden kan der opstå problemer med akkumulation, da procesbadet, pga. recirkulering af udslåb, ikke fornyes så ofte.

Antallet af skyl der benyttes vælges derfor med baggrund i økonomiske og praktiske overvejelser.

5.1.4

Identifikation af kritiske dimensioneringsvariable

Når et galvanøanlæg projekteres vil man søge at identificere de kritiske dimensioneringsvariable. Årsagen til at dette område har interesse er, at man ved at kende disse variable kan designe anlægget, så deres betydning bliver mindre. Dette gøres typisk ved at indlægge en sikkerhedsfaktor ved dimensioneringen af de apparater / anlægsdele der er kritiske dimensioneringsvariable, så man er sikker på at de kan udføre deres funktion.

Ved at kende de kritiske dimensioneringsvariable, vil man nemmere kunne forudse hvilke produktionsbegrænsende "flaskehalse", der kan fremkomme ved ændring i anlæggets drift.

På denne overfladebehandlingslinie vil ludaf-fedtningsbadene, forzinkningsbadene og kromateringsbadene være optaget meget af tiden, hvorimod bejdsningen, skyl og den elektrolytiske affedtning vil være lavt belastede.

Man har antallet af positioner for den enkelte proces, og procestiden som kritiske dimensioneringsvariable.

Ved produktionsforøgelse kan man søge at nedsætte takttiden for kranbanen. Dette er muligt hvis man kan udnytte spildtid i kranstyringen, nedkorte kranernes transporttider eller nedsætte varestangens opholdstid i procesbadene.

Man regner sædvanligvis med at det tager kranen 15-30 sek. at sænke, hæve og afdryppe en tromle. Dertil kommer så transport fra position til position.

Ved øgning af produktionen betyder det at kranen skal betjene flere tromler, og evt. flere positioner.

Man har afstanden mellem kranpositionerne, kranens transporthastighed, antallet af kranpositioner og kranstyringen som kritiske dimensioneringsvariable. Dertil kommer at det, for at nedsætte takttiden, skal være muligt at modificere styringen.

Ønsker man ikke at ændre det eksisterende anlæg kan man øge antallet af emner pr. varestang, evt. montere flere eller større tromler.

Fyldningsgrad af varestangen er kritiske dimensioneringsvariable.

Emnerne fyldes på tromler ved den samme arbejdsstation som de udtømmes ved. Derfor kan der opstå problemer med at nå at betjene varestængerne der skal ind og ud af linien.

Påfyldning og udtømning af emner er kritiske dimensioneringsvariable.

Ved de elektrolytiske processer kan procestiden nedsættes ved at øge strømtætheden. Dette er dog kun muligt, hvis badet kan tåle det, og hvis ensretteren har kapacitet til det. Dvs. at badtypen og ensretterkapaciteten er kritiske dimensioneringsvariabele.

5.2 Karakteristika ved koncept for eksisterende produktion

Det traditionelle forzinknings- og kromateringsanlæg er karakteristiske ved:

- Karrene er opstillet på en række, med emne-påfyldning og udtømning i den samme ende af linien. Herved de to funktioner betjenes af det samme personale.
- Alle processerne er dyppeprocesser.
- Kranbanen er af en forholdsvis enkel konstruktion, og udstyret med en sekvensstyring.
- Rækkefølgen af karrenes opstilling er ikke den samme som den rækkefølge emnerne gennemløber den.
- Processer der kræver en høj opholdstid (har høj belastning) multipliceres, hvorved linien bliver lang og styringen kompliceres.
- Vandforbruget pr. produceret emne er højt, da skyllevandet ikke genvindes. Herved undgår man akkumulation af urenheder, men udslæber samtidig kemikalier der skal behandles ved spildevandsbehandlingen.
- Spildevandsbehandlingen med oxidation, reduktion og hydroxydfældning, sedimentation og filtrering, er nødvendige operationer til behandling af spildevandet. Disse operationer kræver en række kemikalier.
- Stor afhængighed af deponerings- og behandlingsanlæg (Kommune-kemi).
- Anlægget falder i tre dele. Procesbade, kranstyringen og spildevandsbehandlingen.

5.3 Styrke / svagheder ved det eksisterende koncept

I forhold til de alternative anlægskoncepter vil anlæg efter det eksisterende koncept have færre og enklere operationer, og er derfor nemmere at overskue.

Kranbanens sekvensstyring er velfungerende, men uflexibel ved skift i emnebehandling.

De eksisterende koncepter vil typisk have højere ressourceforbrug (Vand, proceskemikalier og hjælpestoffer) pr. produceret emne.

- Vand: Bruges til skyl efter procesbadene. Det brugte skyllevand genvindes ikke, men udledes til spildevandsbehandlingen.
- Proceskemikalier: Det udslåbte procesvæske indeholder typisk forbindelser som cyanid, og / eller syre, base, organiske forbindelser og tungmetaller. Til erstatning af udslåbet må der tilsættes nye badkemikalier. Til at

uskadeliggøre de udslåbte forbindelser benyttes en række hjælpestoffer.

- Hjælpestoffer: Benyttes i spildevandsbehandlingen til f.eks. oxidation af cyanid (NaOCl), reduktion af kromat (NaHSO_3), fældning af tungmetaller (NaOH) og regenerering af ionbyttere (syre og base).

Til spildevandsbehandlingen kræves fældnings- og filtreringsmoduler.

Anlæg efter eksisterende koncepter er forholdsvis udgiftskrævende, da der forbruges flere kemikalier, og da der produceres filterkager, der må sendes til deponi. Endelig har det traditionelle koncept et højere forbrug af arbejdskraft, da emnerne ind- og udlosses manuelt samt til betjening af spildevandsbehandlingen.

Ved anlæg efter alternativ koncept har man god styring på sammensætning af proces- og skyllebade. Dette skyldes, der generelt indslåbes færre urenheder til procesbadene, samt at det der tilbageføres er veldefineret. Endelig kan der være tilsluttet vedligeholdelsesenheder til procesbadet.

Ved eksisterende anlæg har man ofte en tilfældig / ringe styring af procesbadenes sammensætning. Badets sammensætning modificeres først når processen ikke producerer en tilfredsstillende kvalitet, dermed afskærer man sig fra at udnytte processens egenskaber optimalt. Desuden kan resultatet være at produktkvaliteten svinger kraftigt.

Endelig har det nuværende koncept den ulempe at de forskellige led i produktionen foregår adskilt fra hinanden.

Emnerne udstanses hos en underleverandør og transporteres til overfladebehandling. Efter endt behandling transporteres emnerne til samling, hvorefter de indgår i det endelige produkt.

5.4 Karakteristika for alternative koncepter

Maskiner efter de alternative koncepter, er karakteriserede ved at de kan placeres i forlængelse af den øvrige behandlingsprocedure. Emnerne modtages således umiddelbart efter

udstansningen, og føres ind i overfladebehandlingen.

Overfladebehandlingsmaskinen skal overholde krav til spildevandsudledning og luftafkast, foruden at alle krav til arbejdsmiljø skal overholdes.

Anlæg efter dette koncept skal kunne behandle store godsmængder, hvorfor det er nødvendigt at processen har høje platehastigheder, uden at det berører kvalitetskravene.

5.5 Beskrivelse af alternative koncepter

Fra stansemaskinen falder emnerne direkte ned på et transportbånd, der fører emnerne ind i en overfladebehandlingsmaskine. I denne maskine tænkes emnet at gennemgå de samme hovedprocesser som ved den traditionelle behandling, nemlig:

- Indlosning
 - Affedtning
 - Blæsning/skyl/blæsning
 - Bejdsning
 - Blæsning/skyl/blæsning
 - Elaffedter
 - Blæsning/skyl/blæsning
 - Forzinkning
 - Blæsning/skyl/blæsning
 - Gulkromatering
 - Blæsning/skyl/blæsning
 - Tørring
 - Udlosning
-] - Vådblæsning med bejdseaffedter

Indlosning.

Indlosningen foregår som beskrevet, ved at emnerne falder ned på et transportbånd, der fører emnerne ind i overfladebehandlingsmaskinen. Ved indlosningen skal emnerne fordeles, således at de ikke kommer til at ligge i lag.

Affedtning.

Ludaffedteren tjener til at give emnet en grundlæggende behandling, der fjerner fedt olie og smuds fra emnet. Det må forventes, at denne behandling kun behøver at være kortvarig, da man ved at sprøjte væsken på emnet kan opnå en grundig bearbejning der, i kombination med ludens virkning, hurtigt vil fjerne urenhederne. Væsken filtreres løbende for at fjerne opslemmede urenheder.

Dette procesbad belastes kraftigt, da det skal fjerne hovedparten af de urenheder, der slæbes med emnerne ind på linien. Koncentrationen af opløst olie og fedt vil hurtigt stige, til et niveau der nødvendiggør udskiftning eller regenerering af badet. Procesbadet kan, sideløbende med driften, vedligeholdes ved ultrafiltrering.

Bejdsning.

I bejdse-processen fjernes korrosionsprodukter fra emnet, og der vil foregå en aktivering af emnet (nedbrydning af passivlag). Ved at sprøjte væsken på emnerne opnår man en samtidig bearbejdning af emnerne, der kan nedsætte tidsforbruget.

Finaffedtning.

Afhængigt af materialeegenskaber og krav til forbehandlingen, kan man benytte bejdsning og elaffedtning eller vådblæsning til behandling af emnet.

- Elaffedter. Elaffedteren skal fjerne de sidste spor af fedt og olie, inden emnet forzinkes. Ved denne behandling gøres emnet til katode eller anode, og ved brint- eller iltudvikling bearbejdes emneoverfladen, så de sidste rester af olie og fedt løsnes. Elaffedtningen kan evt. undværes da emnerne forudgående er blevet bearbejdet ved væskepåsprøjtning.
- Vådblæsning. Ved denne behandling sprøjtes emnerne med en syreopløsning, hvori der er opslemmet kvartspartikler. Herved kombineres den kemiske virkning med en mekanisk bearbejdning. Behandlingen skal således opløse fedt og olie, samt aktivere overfladen af emnet, så emnet er klar til metalbelægningen.

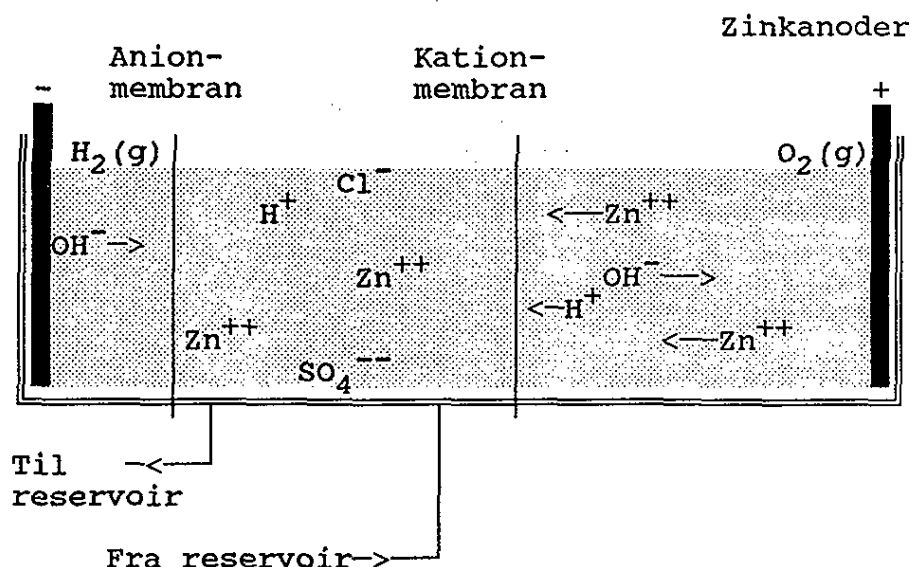
Forzinkning.

Emnerne påføres et zinklag, der skal tjene til korrosionsbeskyttelse.

Forzinkningen kan foretages efter to metoder, nemlig dyseplettering og gennemtrækning.

- Ved dyseplettering kan man benytte langt højere strømtætheder end ved traditionel dyppebehandling. Forudsætningen for at plate med høje strømtætheder er, at strømudbyttet skal være højt, samt at elektrolytten skal have en høj ledningsevne. Dermed er det i praksis fastslået, at elektrolytten skal være et zinkbad på svovlsyre-basis (evt. med tilsætning af klorid). De basiske og neutrale elektrolyttyper har et ringe strømudbytte ved høje strømtætheder. Zinkbadet på svovlsyre-basis udmærker sig ved at have et højt strømudbytte (tæt på 100%) og en relativ god ledningsevne. Ulempen er at elektrolytten, ved dyppeforzinkning, giver en ringe spredning. Ved at påføre zinken ved dyseplettering, kan man imidlertid eliminere elektrolyttens dårlige spredningsevne, da væsken så bringes effektivt i kontakt med alle dele af emnet. En god ledningsevne er, sammen med et lavt spændingsfald, en vigtig forudsætning for et lavt effektforbrug.

Ved dyseplettering er det ikke muligt at benytte zinkanoder, derfor må zinken tilsættes som salte eller zinkanoderne må opløses i en dialysecelle, fig. 5.2, og tilsættes til elektrolytten.



Figur 5.2

Principskitse af opløsning af zink i dialysecelle.

For at pletteringen skal forløbe optimalt, kræves cirkulation af store væskemængder. Cirkulationen af zinkelektrolyt er nødvendig, fordi vækehastigheden over katoden skal være høj, for at sikre et tyndt diffusionslag og dermed muligheden for høje strømtætheder. Som en grov regel kan man gå ud fra, at den maksimalt mulige strømtæthed stiger med voksende vækehastighed.

Afhængig af båndtypen kan emnerne plates på begge sider samtidig. Hvis det ikke er muligt må emnerne vendes og plates.

- Ved dyppebehandling trækkes transportbåndet ind i proceskarret gennem en smal sprække. Da proceskarret er fyldt med elektrolytvæske, vil der løbe væske ud af sprækkerne. For at opsamle denne væske er der før og efter forzinkningszonen en afblæsningszone, hvor overskydende væske afblæses og opsamles. Ved denne fremgangsmåde er det muligt at placere zinkanoderne tæt på emnerne, hvorved spændingsfaldet kan holdes lavt. Samtidig kan man ved kraftig omrøring af elektrolytten sikre at betydningen af diffusionslag mindskes, og dermed øge strømtætheden.

Gulkromateringen. Ved det alternative koncept bringes kromateringsvæsken i kontakt med emnet ved væskepåsprøjtning.

Kontakttiden med denne elektrolyt er 10 - 60 sekunder.

Umiddelbart efter behandlingen er kromatlaget gelagtigt og sårbart over for ridser. Derfor skal emnetransporten sikre, at emnerne ikke lider overlast i denne del af behandlingen. Gellaget dehydreres ved skånsomt at tørre emnerne, ved temperaturer der ikke overstiger 60°C. Herved dannes det tungt opløselige kromatlag der giver forbedret korrosionsbeskyttelse.

Skylning.

Procesbadene har forskellig sammensætning, og for at undgå at de opblandes, indføres mellemiggende væskeafblæsning og skyl.

Efter forzinkningen og kromateringen afblæses og skylles emnerne og transportbåndet grundigt, for at reducere udslæbet af tungmetaller fra anlægget, og for at sikre at emnet renvaskes, så der ikke forekommer aflejrede salte på det færdigbehandlede emne.

Skylningen foregår ved at demineraliseret vand sprøjtes ud over emnerne og transportbåndet. Vandet i skyllet holdes rent ved at cirkulere det over et ionbytteranlæg.

Skyllet efter kromateringen foretages, ved at væsken blidt sprayes ud over emnerne, for ikke at skade gellaget.

Tørring.

Efter sidste behandling og sidste skyl tørres emnerne. Tørringen foregår ved at transportbåndet passerer gennem en tørrekasse. Her blæses emnerne med varm luft, hvorved væsken fordamper eller blæses af.

Fælles for alle processerne er at længden af de enkelte proceszoner, sammen med hastigheden af transportbåndet, er bestemmende for hvor lang tid emnerne behandles i de enkelte zoner.

Udlosning.

Efter tørringen tømmes emnerne af i en transportkasse, eller transporteres videre til en maskine, hvor emnerne samles til de færdige beslag.

Emnetransport.

Til emnetransporten benyttes et transportbånd eller evt. en transportbane. Båndet skal opfylde en række krav:

- Båndet skal kunne tåle de badvæsker de bliver udsat for.
- Båndet skal være perforeret, så væsken let kan drænes ned i reservoirbeholderen.
- De skal være lette at blæse fri for væske

- (væsken skal perle af båndet).
- Båndet der benyttes i forzinkningszonen og i elaffedtningszonen skal kunne lede strømmen, og give god elektrisk forbindelse med emnet. Der bør ikke kunne udfældes zink på kontaktpunkterne, men hvis det sker, skal det være ukompliceret at fjerne.
 - Båndet skal være delt op i ledende zoner, på tværs af båndets retning. Herved reduceres risikoen for kortslutning ol.

Ved kun at benytte det samme transportbånd i én zone, kan man opnå en række fordele:

- Udsløb med båndet elimineres.
- Transportbåndets udformning kan optimeres mht. den badsammensætning og den proces den udsættes for.
- Den samlede galvanomaskine bliver mere flexibel mht. placering, da overgangene mellem de enkelte behandlinger kan benyttes til at dreje linien.

Ved transportbåndet hviler emnerne løst på kontaktpunkterne, hvorimod der ved anvendelse af en transportbane kræver at emnerne positioneres efter udstansningen. Banen kan udformes som to parallelle båndsystemer, der klemmer sammen om emnet. Indfattet i hver bånd er der en række små kontaktpunkter af metal, der dels skal fastholde emnet, dels skal formidle den elektriske kontakt. Ved at dele transportbanen op, så der er en selvstændig bane for hver proces, bliver emnet behandlet over hele overfladen.

Benyttes en transportmetode der kræver positionering af emnerne, må positioneringen foregå umiddelbart efter udstansningen, da man herved lettere sikrer at emnerne ligger i samme retning.

Kontaktpunkterne vil også blive belagt med zink, dette kan fjernes når båndet er på vej tilbage. Zinken kan fjernes ved ætsning eller ved at den elektrolytisk strippes af.

Spildstrømme.

Ved normal drift er hovedkilden til dannelse af spildstrømme udsløb, badvedligeholdelse og afgangning.

Udsløb.

Udsløb søges reduceret, ved at afblåse overskydende væske inden emnet skylles. Det procesvæske der passerer afblåsningen opfanges ved skylningen af emnet. Fra skyllevandet udvindes metalionerne ved ionbytning, hvorefter urenhederne vindes som et koncentreret eluat. Afhængig af eluatets art kan det føres tilbage til badet, evt. efter en behandling, eller det

afgiftes og sendes til deponi.

Badvedlige-
holdelse.

Ved badvedligeholdelse ved ultrafiltrering vil der fremkomme olieholdige koncenter, der må sendes til Kommune-kemi. Desuden vil der ved en række procesbade dannes slam ved driften, slammen fjernes ved filtrering og sendes til deponi.

Gasser og dampe.

Ved normal drift vil procesbadene danne gasser, afhængig af disses art og mængde må de fjernes ved udsugning, og evt. uskadeliggøres ved absorption eller lignende. De enkelte processer i behandlingen kan afskærmes, så der ikke ukontrolleret frigives aerosoler, dampe og gasser til omgivelserne.

5.6 Styrke/svagheder ved de alternative koncepter

Med de nye koncepter indføres der en række transport operationer. Dels en ny emnetransportmetode, dels udvides væsketransporten drastisk.

Til transport af emnerne benyttes transportbånd eller transportbane. Det må forventes, at styringen af denne emnetransport bliver enklere end styringen af den traditionelle kranbane. Således kan behandlingskapaciteten af galvanomaskinen reguleres, ved at justere på hastigheden af transportbanen, og / eller ved at afkorte proceszoner, ved at slukke for væskedækningen i dele af zonerne. Ved de strømførende processer kan procesbetingelserne desuden justeres på strømtætheden. Maskinen kan styres af signaler fra den foregående proces, således at behandlingen løbende tilpasses mængden af emner der skal behandles.

Ved samtlige elektrolytter skal der benyttes pumper, til cirkulation af procesvæsken.

Ved dyseplettering vil det være mest hensigtsmæssigt at benyttes inert-anoder. Dette skyldes at anoderne skal være placeret meget tæt ved katoden, for at sikre et lavt spændingsfald og dermed lavt energiforbrug. Zinken må derfor tilsættes som zinksalte, eller zinkanoderne må opløses ved dialyse, og derefter pumpes til zinkelektrolyttens reservoir. Dette vil være en ulempe, fordi man skal styre tilsætningen, samt fordi der indføres en dialyse eller der tilsættes anioner til badet, og fordi der skal benyttes energi til dialysen.

Tidsforbruget for forbehandlingsprocedurerne vil være mindre, da bejdsning og elaffedtning kan kombineres i en proces.

Behandlingsanlægget kan bygges ret kompakt, og er flexibelt mht. placering, da væskereservoir og regenereringsenheder kan placeres uafhængigt af placeringen af anlægget.

Ved at benytte transportbånd / -bane kan de enkelte processer afskærmes, så emnerne føres gennem en snæver sprække. Ved at kombinere afskærmningen med et udsugningssystem kan omgivelserne sikres mod aerosoler, gasser og dampe der dannes ved processerne.

Ved korrekt udformning kan udslæbet reduceres kraftigt, hvorved behovet for genvinding eller afgiftning sænkes.

Ved at benytte dyseplettering i kombination med den svovlsure elektrolyt opnår man, at der kan benyttes meget høje strømtætheder, uden at man får problemer med denne elektrolyttypes dårlige spredningsegenskaber. Man kan dog ikke fuldt ud drage nytte af de høje strømtætheder, da man ved dyseplettering kun behandler en del af emnet.

Ved at benytte gennemtrækningsmetoden kan man opnå forholdsvis høje strømtætheder, samtidig med at denne teknik tillader at man benytter zinkanoder. Ved denne fremgangsmåde behandles hele overfladen på en gang.

5.7 Valg af det optimale koncept

Det optimale koncept involverer anvendelse af transportbånd, da denne transportmetode er forholdsvis ukritisk mht. styring og positionering ved indføring.

Anvendelsen af transportbånd kan kombineres med vådslyngning, der giver en nedsættelse af antallet af forbehandlingsprocesser, hvorved galvanomaskinen bliver mere kompakt.

Transportbåndet giver gode muligheder for at sænke udslæbet fra de enkelte zoner, da væsken kan blæses af emner og transportbånd. Herved sikres en lav belastning af omgivelserne. Samtidig byder galvanomaskinen på gode egenskaber mht. styring af dannede gasser, dampe og aerosoler, da processerne foregår i lukkede zoner. Dette vil sikre et godt arbejdsmiljø.

Ved at benytte et af de beskrevne koncepter for zinkplettering kan behandlingstiden nedsættes,

uden det vil berøre produktkvaliteten.

Galvanomaskinen vil være let at styre, og den kan integreres i den øvrige produktionslinie.

6. Analyse af anlæg til overfladebehandling af små rotationssymmetriske emner

6.1 Beskrivelse af konceptet for eksisterende produktion

Ved produktionen, der analyseres i det følgende, behandles små rotationssymmetriske emner til brug som aksler. Emnerne skal behandles så de er korrosionsbeskyttede, samt for at opnå forbedret slidstyrke af emnet. Emnet, der er af ulegeret stål, behandles ved forzinkning efterfulgt af kromatering. Udover kravene til korrosionsbestandighed og slidstyrke, kræver producenten at de behandlede aksler kan håndteres uden risiko for at der frigives zink eller krom.

Desuden skal belægningen være økonomisk konkurrencedygtig med andre overfladebehandlinger.

Ved det eksisterende koncept er produktionen af aksler, og overfladebehandlingen af dem helt adskilt. Dette skyldes at producenten har valgt at lade forskellige underleverandører producere akslerne og overfladebehandle dem.

Efter overfladebehandlingen sendes akslerne til producenten, hvor de samles til det færdige produkt.

6.1.1

Beskrivelse af procesforløbet

Akslernes grundmateriale består af ulegeret ståltråd. Trådens diameter vælges ud fra den specificerede akseldiameter, således at der ikke skal afdrejes materiale for at opnå den ønskede diameter. Akslen drejes på en drejebænk, hvor tråden automatisk føres frem når en aksel er afdrejet. Herved kan drejningen foregå i en kontinuert arbejdsgang bestående af: Fremføring af tråd, drejning af modholdsriller, afdrejning i den ønskede længde, efterfulgt af fremføring af tråd osv. . De producerede aksler opsamles i en transportkasse, og sendes til overfladebehandling.

6.1.2

Procesforløb for akslerne

Overfladebehandlingen af akslerne foregår på et konventionelt tromleanlæg, og i følgende trin:

- indlosning
- affedtning
- skylning
- bejdsning

- skylning
- elaffedtning
- skylning
- forzinkning
- skylning
- blåkromatering
- skylning
- tørring
- udlosning

Efter tørringen er akslerne parate til at ingå i produktionen af det færdige produkt.

Indlosning

Akslerne losses fra transportkasserne over i indlosningsstationen. Herfra hældes eller vibreres de ned i tromlen. Ved indlosningen doseres mængden af aksler, så det svarer til det specificerede mængde der kan behandles.

Ludaffedter

Tråden, akslerne drejes af, vil være rustbeskyttet med et oliebaseret beskyttelsesmiddel. Dette beskyttelsesmiddel og de skæreolier der benyttes, under drejningen af akslerne, skal fjernes inden akslerne kan belægges med zink. Affedtningen foretages med en ludaffedter. Badet drives ved temperaturer på 55 - 85°C, afhængig af de emulgatorer og overfladeaktive stoffer der benyttes. Emulgatorerne tilsættes for at holde den opløste olie i opløsning, og de overfladeaktive stoffer for at forbedre væskens kontakt med emnet. Badet er, som navnet antyder, stærkt alkalisk, (pH > 14).

Skylning

Procesbadene har forskellig sammensætning, og for at undgå at de opblandes, indføres mellemliggende skyl. Afhængig af hvor følsomt procesbadet er, over for indslæbte stoffer fra det forrige bad, benyttes et eller flere skyl. Efter forzinkningen og kromateringen er der skyllesekvenser, for at reducere udslæbet af tungmetaller fra anlægget, og for at sikre at der ikke er aflejret tungmetalsalte på det færdige produkt.

Bejdsning

Akslerne bejdses for at løsne / opløse korrosionsprodukter. Bejdsningen foregår i en 10 - 20 W% saltsyre-opløsning. Ved bejdsningen opnår man en lys overflade, der er fri for korrosionsprodukter.

Elaffedtning

Sidste trin i rengøringen af emnerne er elaffedtningen, her fjernes de sidste rester af olie og fedt. Emnerne gøres til anode eller katode, og ved ilt- eller brintudvikling bearbejdes emneoverfladen, så de sidste rester af olie og fedt løsnes. Badet vil være tilsat overfladeaktiv stoffer og emulgatorer. Desuden vil badet være basisk, pH > 11.

Forzinkning

Forzinkningen foregår i et cyanidisk bad. Den

cyanidiske elektrolyt benyttes især til klokke- og tromleforzinkning, og er meget brugt, da den giver god glans, og har en god dækkeevne, hvorimod den er dårlig til at udjævne ruheder. Badet er stærkt basisk ($\text{pH} > 14$), og cyaniden tjener, sammen med hydroxyden, som kompleksdannere for zinkioner. Herved kan badet indeholde store mængder kompleksbundet zink, der virker som zink-reservoir.

For at elektrolytten skal fungere optimalt skal forholdet, M , mellem totalcyan- og total- Zn^{2+} -indholdet styres nøje. For tromleelektrolytter bør størrelsen af M være mellem 2,5 og 3,2. Udfældningshastigheden viser stigende tendens med faldende værdi af M , og stigende temperatur. For at sikre højt strømudbytte må strømtætheden holdes lav.

Da badet er basisk, er det i stand til at optage kuldioxid fra luften. Herved sker der en opbygning af karbonat i badet. Karbonat-koncentrationen må ikke overstige 50 g/l, da ledningsevnen og dermed strømudbyttet falder. Er elektrolytten på natrium-basis kan karbonaten udfrysnes som soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Blåkromatering

Ved kromateringen sker en opløsning af de yderste 0,5 - 1 μm af zinklagnet. Dette skyldes at opløsningens pH er mellem 1 - 4. Opløsningen består af en blanding af krom(III)salte, krom(VI)forbindelser og tilsætninger af nitrater, acetater og/eller fluorider, (og forurening af zink). Koncentrationen af de forskellige stoffer er bestemmende for om kromateringen bliver farveløs, blålig, gylden, oliven eller sort. Emnerne belægges med fra 0,03 g/m², for farveløse kromatlag, op til 3 g/m², for oliven / sorte kromatlag. Opholdstiden i badet er 10 - 60 sekunder.

Umiddelbart efter kromateringen er kromlaget gelagtigt, og sårbart over for ridser. Først når gel-laget er dehydreret, dannes det tungt opløselige kromatlag, der giver de forbedrede korrosionsegenskaber. Det er vigtigt at emnerne ikke tørres ved temperaturer over 60°C, da der så dannes revner i laget. Laget består af tungt opløselige kromater, kromhydroxyder og zink-kromater hvori der er indlejret krom(VI).

Tørring

I tørrepositionen blæses en strøm af varm luft op gennem tromlen, hvorved emnerne tørres.

6.1.3

Procesforløb for urenhederne

Urenhederne fra denne overfladebehandling kommer især fra forzinkningen og kromateringen. Dermed er det også fastlagt, at urenhederne

især er zink, cyanid og krom, der udslæbes fra procesbadene. Man søger at hindre spredningen, ved at indføre skyllesekvenser efter disse procesbade.

Skylleprocesserne er vigtige led i urenhedernes procesforløb, da de er det første trin i genindvindingen af udslæbet. I det omfang det er nødvendigt, spædes procesbadet op med væske fra første, og mest koncentrerede, skyl. Den resterende væskemængde sendes til spildevandsbehandlingen eller til genindvinding.

Det cyanid-holdige spildevand, der er udslået fra zink-badet, skal afgiftes inden det blandes med det øvrige spildevand. Afgiftningen foregår ved oxidation af cyaniden. Der benyttes typisk med hypochlorit til oxidationen. Til oxidationen medgår der 7,2 kg NaOCl og 1,55 kg NaOH pr. kg cyanid (CN^-) [støkiometrisk forbrug].

Det kromat-holdige spildevand, fra blåkromateringen, skal reduceres, f.eks. ved anvendelse af natriumhydrogensulfit, inden det blandes med det øvrige spildevand. Til reduktionen er det støkiometriske forbrug på 1,56 kg NaHSO_3 og 0,76 kg H_2SO_4 pr. kg CrO_3 .

Efter den indledende behandling af cyanid- og krom(VI)-spildevandet, ledes det sammen med det øvrige spildevand til tungmetalfældningen. Fældningen foregår ved at væsken gøres basisk, hvorefter tungmetallerne fælder ud som hydroxyder. Væsken fradekanteres og udledes, mens de udfældede tungmetalhydroxyder frafiltreres, tørres og sendes til deponi.

Det store kemikalieforbrug, især til cyanid neutralisation, gør det tillokkende at nedbringe eller genvinde udslæbet.

Brugte elektrolytter behandles ikke på det kontinuerlige spildevandsanlæg. De må derimod behandles batch-vis i et separat anlæg, eller leveres til Kommune-kemi.

Badvæsken fra affedtningen vil med tiden mættes med olie og fedt. Desuden vil det indeholde nedbrudte detergenter og metalioner. Derfor er det nødvendigt at forny eller regenerere badet. Vælger man at forny badet, må det gamle sendes til spildevandsbehandlingen eller til Kommune-kemi, hvorefter der blandes et nyt bad. I spildevandsbehandlingen fældes tungmetallerne, hvorefter olien fjernes, og væsken neutraliseres og udledes.

Vælges istedet at regenerere væsken, må det ske

ved at den emulgerede olie fjernes. Dette gøres i praksis ved ultrafiltrering. Denne metode er dog kun effektiv overfor olien, men da olien er hovedforureningen, vil behandlingen kunne forlænge badets levetid væsentlig.

6.1.4

Beskrivelse af enhedsoperationerne

De enhedsoperationer der benyttes i et galvanisanlæg, er hovedsageligt knyttet til emne-, væske- og lufttransport.

Kranbanen er en af de operationer, der har stor indflydelse på anlæggets styring og lay-out, og dermed også på transport af urenheder.

Kranbanen er af den type, hvor emneindlosning og udtømning i den samme ende. Derfor er badene placeret i den rækkefølge, der byder på de bedste styringsmæssige egenskaber, dvs. størst fleksibilitet i produktionen, samt lavest mulig takttid. Betydningen heraf er, at tromlerne skal flyttes hen over andre bade. Under flytningen bliver de passerende bade tilført urenheder ved væskedryp.

Ud fra et forurenings-synspunkt er det mest hensigtsmæssigt, at placere badene i den rækkefølge de skal benyttes. Dette vil give en fremadskridende bevægelse gennem linien, der forenkler styringen og reducerer spredningen af urenheder. Denne opbygning vil imidlertid kræve ændringer af kranbanen, da tromlerne ikke umiddelbart kan føres tilbage til udgangspunktet, for at tømmes og genfyldes.

I forbindelse med en del af processerne vil der opstå ubehagelige dampe, der nødvendiggør udsugning.

Det er typisk knaldgas (ilt & brint), vanddamp, aerosoler, chlor, nitrose gasser eller syredampe.

Disse dampe kan være til fare/ulempe for medarbejderne, da de kan forårsage brand, eksplosion eller forgiftning. Endvidere kan de give anledning til korrosion af kranbaner, elektronik og bygningsdele.

For at afhjælpe disse gener benyttes udsugningsanlæg, evt. kombineret med friskluftventilation.

Udsugningerne er placeret som punktudsugning, over de enkelte bade, og som almen udsugning. For at undgå træk, og for at sikre effektiv udsugning, er det nødvendigt at der løbende indblæses frisk luft.

Det kan, afhængig af hvilke gasser/dampe der dannes, være nødvendigt at behandle luften inden den blæses ud.

Det kan ske ved udskilning af væskedråber og absorption af gasser ved skrubning.

Ved spildevandsbehandlingen benyttes i forbindelse med kemikaliedoseringen:

- doseringspumper
- potentialmålere
- pH-metre
- blandetanke
- omrørere

Reduktionen af kromat kan således foregå automatisk i følgende trin:

- pH indstilles
- vha. potentialmåleren styres tilsætningen af reduktionsmiddel.

Oxidationen af cyanid kan foregå analogt.

Disse to strømme løber nu sammen med de øvrige strømme, og efter opblanding indstilles pH (9,5 - 10,5). Nu kan væsken, under iblanding af flokkuleringsmiddel, pumpes til tykneren. I tykneren henstår væsken til metalhydroxyderne er udfældet. Den klare væske, der udtages fra tyknerens overløb, udledes. Slammet, der udtages fra bunden af tykneren, pumpes til et filter hvor det afvandes inden det sendes til deponi. De producerede filterkager kan deponeres eller sendes til genindvinding. Filtratet bør sendes tilbage til spildevandsbehandlingen.

For at få et bad til at fungerer optimalt, kan det være nødvendigt at opvarme eller afkøle det.

Det kan f.eks. være nødvendigt at opvarme ludaffedteren og dekaperingen. Ved disse bade er det for at fremme virkningen af badet, og nedsætte procestiden. Ved en række andre procesbade er det imidlertid afgørende, at temperaturen holdes på det korrekte niveau, for en vellykket overfladebehandling.

Køling kan desuden benyttes til regenerering af f.eks. cyanidisk zinkbad. Det foregår ved at man køler til ca. 0°C, hvorved soda udfældes og kan fjernes.

Det vand der benyttes som make-up i processerne bør være demineraliseret vand. Til demineraliseringen benyttes et system bestående af en kationbytter og en anionbytter. Kationbytteren vil så optage de positivt ladede ioner under afgivelse af brintioner [H^+]. Tilsvarende vil anionbytteren optage negativt ladede ioner under afgivelse af hydroxydioner [OH^-]. Totalreaktionen bliver at de negative og positive ioner fjernes, under afgivelse af brint- og hydroxydioner, der kombinerer og danner vand.

Ionbyttere kan ligeledes benyttes til fjernelse af tungmetalioner fra sidste skyl efter proceskarrene. Herved reduceres udslæbet til næste procesbad.

Når emnerne føres ind på linien, tømmes de fra transportkasserne ud på et rystebord, vha. en hydraulisk lift. Fra rystebordet vibreres de ned i tromlerne. På rystebordet kan man desuden opnå separation af spåner og andre smådele.

Tømning af tromlen kan foregå direkte ned i transportkassen, eller eventuelt ud på et transportbånd der fører emnerne videre til næste behandling.

Ved projektering af et anlæg må man tage højde for materialernes egenskaber ved de ønskede driftsbetingelser.

Til kar til ludaffedtning og elektrolytisk affedtning kan man benytte almindeligt kulstofstål.

Til varme, sure bade benytter man gummibeklædte stålkar. Til de kolde, sure bade kan man benytte kar af hård plastik. Hvis det er koncentreret varm syre benyttes dog syrefast rustfrit stål.

Til skyllekar kan man, hvis temperaturen er under ca. 50°C, benytte kar af hård plastik eller lakerede stålkar.

6.1.5

Relationer mellem procesforløb og fastlagte parametre

De fastlagte parametre er de krav og specifikationer producenten opstiller til akslerne, samt de lovkrav der findes til overfladebehandlingen. Hertil kommer de parametre der fastlægges af de opstillede specifikationer og lovkrav.

Den procesfølge emnerne skal gennemgå, er bestemt af en række faktorer såsom:

- Ønsket metallag. Her fastlagt som forzinkning med efterfølgende blækromatering.
 - Emnets tilstand, og egenskaber af grundmaterialet. Emnets tilstand er givet ved fremstillingsproceduren, hvorunder emnerne påføres skæreolier. Dette nødvendiggør en indledende affedtning. Emnematerialet er fastlagt som ulegeret stål.
 - Lovkrav til spildevand, luftemmission, arbejdsmiljø, den anvendte teknik ol. Krav opstillet af amt / kommune mht. udledning af tungmetaller, salte osv. skal overholdes. Desuden skal regler vedrørende arbejdsmiljø overholdes.
- Herved fastlægges at anlægget skal indeholde

afgiftnings-, fældnings-, neutraliserings- og / eller genindvingsmoduler, samt apparatur der sikrer et tilstrækkeligt godt arbejdsmiljø.

- Driftssikkerhed og økonomi. Den beskrevne overfladebehandling skal være pålidelig og konkurrencedygtig over for andre behandlingstyper.
- Kvalitetskrav til produkt og udstyr. Producenten stiller krav til slidstyrke, korrosionsbestandighed samt lav afgivelse af krom og zink ved håndtering. Desuden er der krav til emnernes udseende.

Emnernes tilstand og grundmateriale samt producentens krav til kvalitet og overfladebelægning fastlægger således forbehandling og procesbade. Geometrien og størrelsen af akslerne er bestemmende for at emnerne behandles i tromler. Dermed er det desuden fastlagt at der benyttes en kranbane til transport af tromlerne. Lovkrav fastlægger at der skal være hjælpeudstyr til afgiftning af spildevandet, fældning af tungmetallerne, udsugning til fjernelse af dannede dampe. Endelig fastlægger økonomiske- og kvalitets-hensyn, at der benyttes enkeltskyl eller modstrøms spareskyl efter de enkelte procesbade.

Modstrøms spareskyllet byder på en række særlige fordele:

- Skyllevandsforbruget mindskes drastisk, samtidig med at emnerne skylles mere effektivt, end ved enkeltskyl.
- En stor del af de udslåbte kemikalier kan føres tilbage til procesbadet. Herved spares kemikalier, dels til erstatning af det udslåbte dels til oxidation / reduktion og fældning af det udslåbte.
- Forbedret økonomi som følge af nedsat vand og kemikalieforbrug.
- Emnerne er fri for tungmetalioner og kemikalierester, når de forlader linien.

Ulempen vil være at man indfører flere positioner i kranbanen, hvilket giver højere taktider. Desuden kan der akkumuleres urenheder, da procesbadet ikke "forny" så ofte, da der ikke udslåbes så meget badvæske.

6.1.6

Identifikation af kritiske dimensioneringsvariable

Ved design af et galvano-anlæg vil man søge at tilpasse de enkelte dele til hinanden. Dette gøres for at undgå at enkeltdeler bliver over- / underdimensionerede i forhold til andre. Desuden opnåes et anlæg der ikke er fejldimension-

sioneret i forhold til den specificerede produktion.

På denne overfladebehandlingslinie vil ludaffedtningsbadene, forzinkningsbadene og kromateringsbadene være optaget meget af tiden, hvorimod bejdsningen, skyl og den elektrolytiske affedtning vil være lavt belastede. Man har antallet af proceskar og procestiden som kritiske dimensioneringsvariable.

Ved produktionsforøgelse kan man søge at nedsætte takttiden. Dette er muligt hvis man kan udnytte spildtid i kranstyringen, nedkorte kranernes transporttider, eller nedsætter procestiden i de begrænsende processer. Man regner sædvanligvis med at det tager kranen 15-30 sek. at sænke, hæve og afdryppe en tromle. Dertil kommer så transport fra position til position.

Ved øgning af produktionen betyder det at kranen skal betjene flere tromler, og evt. flere positioner.

Man har afstanden mellem kranpositionerne, kranens transporthastighed, antallet af kranpositioner og kranstyringen som kritiske dimensioneringsvariable.

Ønsker man ikke at ændre det eksisterende anlæg kan man øge antallet af emner pr. varestang, evt. montere flere eller større tromler.

Fyldningsgrad af varestangen er kritiske dimensioneringsvariable.

Emnerne fyldes på tromler ved den samme arbejdsstation som de udtømmes ved. Derfor kan der opstå problemer med at nå at betjene varestængerne der skal ind og ud af linien.

Påfyldning og udtømning af emner er kritiske dimensioneringsvariable.

6.2 Karakteristika ved koncept for eksisterende produktion

Det eksisterende koncept for forzinknings- og kromateringsanlæg er karakteristiske ved:

- Karrene er opstillet på en række, med emne-påfyldning og udtømning i den samme ende af linien. Herved kan de to funktioner betjenes af det samme personale.
- Kranbanen er af en forholdsvis enkel konstruktion.
- Rækkefølgen af karrenes opstilling er ikke

den samme som den rækkefølge emnerne gennemløber den.

Dette er for udjævne arbejdspresset på den enkelte kran, og dermed opnå en enklere kranstyring og lavere takttider.

- Vandforbruget pr. produceret emne er højt, da skyllevandet ikke genvindes.
Herved undgår man akkumulation af urenheder, men udslæber samtidig kemikalier der skal behandles ved spildevandsbehandlingen.
- Spildevandsbehandlingen med oxidation, reduktion og hydroxydfældning, sedimentation og filtrering, er nødvendige operationer til behandling af spildevandet. Disse operationer kræver en række kemikalier.
- Stor afhængighed af deponerings- og behandlingsanlæg (Kommune-Kemi).
- Anlægget falder i tre dele. Procesbade, kranstyringen og spildevandsbehandlingen.

6.3 Styrke / svagheder ved det traditionelle koncept

I forhold til de alternative anlægskoncepter vil det eksisterende anlægskoncept have færre og enklere operationer, og er derfor nemmere at overskue.

Ledelsesmæssigt stiller det konventionelle anlæg beskedne krav, da arbejdsprocedurerne ikke omfatter drift og vedligeholdelse af badvedligeholdelses- og genvindingsenheder.

Ved anlæg efter de eksisterende koncepter, har man forholdsvis ringe styring på proces- og skyllebade. Dette kan give problemer med styring af kvaliteten.

Man har et større forbrug af kemikalier, idet der mistes en del proces-kemikalier ved udsløb. Dette udsløb skal oxideres / reduceres og fældes. Til gengæld undgår man stofakkumulation, da man ikke recirkulerer skyllevandet.

Der kræves investering i tykner og filter, og der er løbende udgifter til kemikalier og deponering af filterkager og slam.

Vandforbruget pr. produceret emne, og dermed belastningen på spildevandsbehandlingen, vil være betydeligt højere, end hvad man kan opnå ved alternative koncepter.

Endelig har det nuværende koncept den ulempe at de forskellige led i produktionen foregår adskilt fra hinanden. Således drejes akslerne hos en underleverandør, transporteres til en

anden der overfladebehandler dem, for endelig at blive transporteret til producenten, hvor de indgår i det endelige produkt.

6.4 Karakteristika for de alternative koncepter

De alternative koncepter er karakteriserede ved, at overfladebehandlingsenheden er en kompakt maskine, der kan placeres umiddelbart inden eller efter den maskine, der producerer akslerne.

Ved det ene koncept overfladebehandles tråden, som akslerne drejes af, og ved det andet drejes tråden til aksler, hvorefter de overfladebehandles. Det første koncept medfører således, at akslerne ikke umiddelbart behandles på endefladerne.

Koncept No. 1:

Ved dette koncept overfladebehandles tråden, inden den drejes til aksler. Herved kan overfladebehandlingsanlægget forenkles væsentlig, da tråden kan trækkes gennem proces-zonerne. Proces-zonerne kan udformes som lukkede enheder, hvor den eneste forbindelse til de omgivende zoner er hullerne, tråden trækkes gennem. Herved kan udslæbet fra de enkelte behandlingszoner reduceres kraftigt, da væsken kan blæses eller skræbes af.

I de enkelte zoner kan væsken bringes i kontakt med tråden ved spray eller ved neddykning. Da anlægget kan designes som en lukket enhed, kan aerosoler og dampe let fjernes ved udsugning.

Det vil være meget let at forbinde overfladebehandlingen med den efterfølgende proces, da drejningen kan foregå umiddelbart efter at tråden er kommet ud af overfladebehandlingsenheden.

Galvanomaskinen kan styres direkte af signaler fra drejebanken.

De aksler der produceres på denne måde vil ikke være behandlet på endefladerne.

For at dette koncept kan benyttes forudsættes det at råemnet foreligger som en lang tråd.

Anlægget kan udformes så tråden ikke bøjes under behandlingen.

Koncept No. 2:

Ved dette koncept tages udgangspunkt i akslen, som den foreligger efter den er fremstillet.

Ved behandlingen i galvanomaskinen bliver akslerne behandlet over hele overfladen.

Galvanomaskinen består af en række neddyppede procestromler, der hver varetager en proces.

Tromlerne, der er åbne i den ene ende, er

vinklet i forhold til vandret. På tromlens inderside er der en sneglegang, og under tromlens rotation trækkes emnerne op ad badet. Akslerne hældes i første procestromle, evt. direkte fra drejningen. Da tromlen er stationær i det enkelte procesbad, kan emnerne indføres kontinuert.

Emnerne transporteres fra tromle til tromlen af en transportør.

Ved metalbelægningen kan der placeres anoder tæt omkring og i tromlen, herved kan man opnå højere belægningshastigheder.

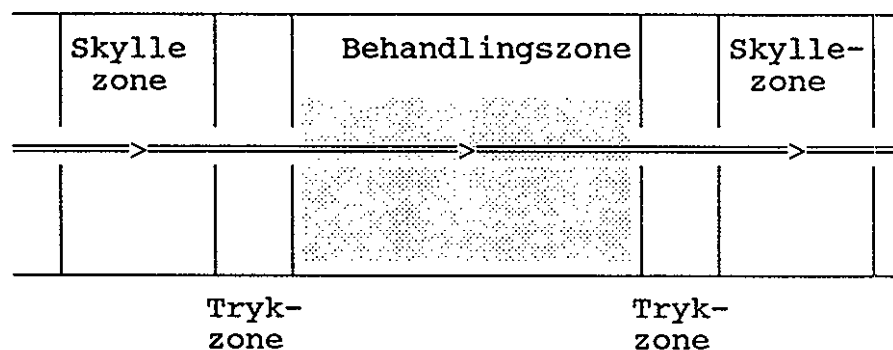
Det må forventes at fordampningen fra procesbadene vil være høj, hvorved emnerne kan spules effektivt.

Anlægget kan indkapsles, så dampe og aerosoler let kan fjernes ved udsugning, og evt. vaskning af luften.

6.5 Beskrivelse af alternative koncepter

Koncept No. 1:

Tråden eller stængerne der skal behandles trækkes gennem en række zoner, hvor emnet bringes i kontakt med procesvæskerne. Emnet føres ind i anlægget via et lille hul. Mellem skylle- og proceszonerne er der tryksatte zoner, hvor udslæbet blæses af tråden. Dette sker ved at luften strømmer til proceszonen og til skyllezonen via hullerne som tråden trækkes gennem. Da der kun er et lille friareal omkring tråden vil luften opnå høje hastigheder gennem hullet, hvorved væsken rives med ud af den tryksatte zone. Herved vil udslæbet reduceret væsentligt.



Figur 6.1

Principskitse til illustration af gennemtrækningskonceptet, (set fra siden).

Ved de af processerne hvor emnet er strømfrit, kan man spraye emnet med procesvæsken. Da sprayprocessen foregår i en lukket zone, kan

væsken opsamles og føres tilbage til reservoi-ret.

Ved de processer der kræver strøm kan emnet trækkes gennem procesvæsken, for at opnå optimal virkning. Disse procesbade kan bestå af et rør, der samtidig kan benyttes som inert-anode. Væsken pumpes gennem anode-røret, i modstrøm med tråden, og tilbage til reservoir-beholderen.

I samtlige gennemføringshuller placeres en kunststofring, der skal beskytte tråden mod slid, og forhindre at det elektriske kredsløb kortsluttes.

Længden af de enkelte zoner er et udtryk for den krævede opholdstid.

Regenerering af procesvæskerne foretages løben-de ved at udtage en sidestrøm fra reservoir-beholderen.

Koncept No. 2:

Proceskarret består af en tromle, vinklet i forhold til vandret, der kan rotere om sin akse. På indersiden af tromlen er der en sneglegang, så emnerne trækkes op ad proces-badet ved tromlens rotation.

Ned gennem centrum af tromlen er placeret et indfødningsrør, der skal sikre at emnerne indføres i bunden af tromlen. Emnerne skylles ned gennem røret med elektrolytopløsning, hvorved man samtidig opnår omrøring af elektrolytten.

Omkring indfødningsrøret og udenom tromlen placeres anodekurve. Tromlen, der består af inert kunststof, er perforeret af mange fine huller, for at sikre god væskeopblanding. Hullerne skal være så små, at akslerne ikke kan smutte ud.

I tromlen indlægges katodiske forbindelse, så en god elektrisk forbindelse til emnerne kan sikres.

Efter endt behandling kan emnerne hældes ned i næste proceskar, der kan fungere på tilsvarende måde.

Ved at variere på tromlens hældning, længde, omdrejningshastighed og diameter kan opholdstid, kapacitet og materialespredning styres.

6.6 Styrke / svaghed ved de nye koncepter

Koncept No. 1:

Et overfladebehandlingsanlæg efter dette koncept kan bygges kompakt, og lukkes i forhold til omgivelserne. Udslæbet kan begrænses kraftigt pga. de tryksatte zoner.

Tråden indføres kontinuert på anlægget, og

drejningen til aksler kan foregå, umiddelbart efter tråden er kommet ud af anlægget. Anlægget kan kun behandle trådformede geometrier, og helst af meget lange længder, da det er besværligt at indføre en ny tråd. Procesvæskerne cirkuleres løbende, hvorved væsken samtidig kan regenereres. De cirkulerende væskevolumener kan være små. Akslerne der produceres ved dette koncept vil ikke blive overfladebehandlet på endeflader, samt i udfræsningerne. Anvendeligheden af dette koncept er derfor bestemt af om dette kan accepteres. Maskinen kan FMS-styres ud fra signaler fra drejebænken.

Koncept No. 2:

Et overfladebehandlingsanlæg efter dette koncept vil bestå af en række af de beskrevne enheder. Anlægget kan placeres umiddelbart efter drejningen af akslerne, da det kan arbejde kontinuert. Anlægget tillader udsugning af gasser og dampe. Udslæbet fra dette anlæg vil være større, end for anlæg efter koncept no. 1., da emnernes overflade er større, og da geometrien gør det sværere at skylle effektivt. Pga. anlæggets opbygning kan det behandle en hel geometrifamilie, fra aksler over små søm og skruer til nitter ol., dog skal emnerne kunne glide frit i forhold til hinanden uden at filtre.

6.7 Valg af det optimale koncept

Valget af det optimale koncept vil blive afgjort af punkter som:

- Geometrifamilie (tråd eller småemner som nitter ol.)
- Produktkrav (skal emnet være behandlet på endefladerne?)
- Krav til arbejdsmiljø
- Krav til ekstern miljø

Således vil koncept no. 1 være udelukket hvis emnet ikke foreligger som en tråd, eller hvis det ikke kan accepteres at emnet ikke behandles på endefladerne.

Set fra en arbejdsmiljø og extern miljø synsvinkel, vil koncept no. 1 klart være det bedste. Dette skyldes at udslæb stort set kan elimineres, og at anlægget kan bygges så procesvæskerne blæses af emnet. De udviklede gasser og aerosoler kan holdes inde i apparatet, eller let fjernes ved udsugning. Desuden er produktionsforløbet enkelt at håndtere.

Koncept no. 2 vil være velegnet til behandling af småemner der skal have en enkel overfladebehandling. Konceptet vil være fleksibelt mht. ændringer i procesfølgen, da hver behandlingsenhed er en selvstændig enhed. Samtidig kan dette anlægskoncept behandle en hel geometrifamilie. Konceptet byder på en række muligheder til styring af spredning, lagtykkelse og opholdstid.

7. Analyse af anlæg til overfladebehandling af emner med sammensat geometri.

7.1. Beskrivelse af koncept for eksisterende produktion

Produktionslinien der ligger til grund for denne analyse, er et hængeanlæg der er designet til behandling af emner af sammensat geometri.

Emnerne består af uregulære sammensatte dele, der kan indeholdes i et prisme med kantlængderne 100*100*100 mm. Emnernes geometri tillader at de monteres på stativer.

Ved at foretage behandlingen på hængeanlæg, kan det sikres at et bredt spekter af geometrier kan behandles. Varestængerne transporteres af en kranbane.

Anlægget er udlagt til belægning af emner af varmpresset messing med nikkel/tin.

Den benyttede metode, til pålægning af nikkel / tin, baserer sig på bejdsning og gelbrænding efterfulgt af forkobring og nikkel/tin plettering.

7.1.1

Beskrivelse af procesforløbet

Emnerne til behandlingen modtages i transportkasser, og oplagres til der er ledig kapacitet på overfladebehandlingsanlægget. Fra transportkassen hænges emnerne på varestangen. Emnebehandlingen foretages i batches, bestående af

varestænger.

Efter endt overfladebehandling fjernes emnerne fra varestængen, og sendes til samling til det færdige produkt.

Procesforløb
for emnerne.

Den behandling emnerne gennemgår, kan inddeles i følgende punkter:

- Indløsning
- Affedter
- Skyl
- Gelbrænding
- Skyl
- Nikkel/Tin-belægning
- Skyl
- Tørring
- Udløsning

Indløsning.

Før indføringen på linien monteres emnerne på stativer. Montering på stativer foretages manuelt, og foregår mens stativet er placeret i en karruselposition. Karrusellen har fire sider, og en af siderne benyttes til at fjerne behandlede emner, to andre benyttes til påsætning af emner, og endelig benyttes en side ved ind- og udløsning af stativerne.

Når emnerne er monteret på stativet, drejes karrusellen så varestængen føres til indløsningspositionen, hvorfra kranbanen overtager varestængen.

Affedter.

Affedteren tjener til at fjerne fedt og olie fra emnet. Denne behandling er første led i den række behandlinger der skal sikre god vedhæftning mellem emne og det påførte metallag. Affedteren er på karbonat- og fosfat-basis, da

disse stoffer er uaggressive overfor grundmetallet, og kan forsæbe fedtstoffer. Grundmaterialet består af varmpresset messing. Badet er tilsat detergenter (emulgatorer), der skal tjene til at holde fedt, olie og smuds i opløsning. Desuden tilsættes et befugtningsmiddel, der skal nedsætte overfladespændingen mellem emne og væske, for derved at fremme affedtningen.

Affedtningen foretages som dyppebehandling.

Gelbrænding.

I gelbrændings-processen opløses de yderste lag af grundmaterialet. Ved opløsningen opnår man en udjævning af ruheder, samt en metallisk ren overflade. Badet består af en koncentreret blanding af svovlsyre og salpetersyre, med tilsætninger af saltsyre og organiske forbindelser.

Ved at justere på forholdet mellem svovl- og salpetersyre kan messingemnernes farvetone styres.

Badet er tilsat detergenter for at holde opløste metaller og smuds i opløsning.

Behandlingstiden er ganske kort, da badet er koncentreret, og derfor virker stærkt ætsende på grundmaterialet. Totalsyre-koncentrationen er på 35 - 45 W% .

Gelbrændens levetid er kort, typisk fra dage til få uger. Det brugte bad indeholder syre, syrerester og opløste metaller.

Nikkel/tin.

Afsluttende belægges emnerne med nikkeltin i et svagt surt nikkeltinbad. Efter endt behandling vil nikkeltinlaget typisk indeholde 65 % tin og 35 % nikkel.

Nikkeltinbadet indeholder kompleksbindere i form af ammoniumioner, der tilsættes badet som ammoniumdihydrogenfluorid og ammoniumhydroxid.

Desuden indeholder badet nikkelsalte og tinsalte som de væsentligste bestanddele. Badet arbejder med et strømudbytte på 100 pct. under anvendelse af nikkel-anoder. Driftstemperaturen af badet vil være forholdsvis høj, hvorfor det vil være muligt at tilbageføre en del skyllevand.

Skylning.

Procesbadene har forskellig sammensætning, og for at undgå at de opblandes, indføres mellemiggende skyl. Afhængig af hvor følsomt procesbadet er, over for indslæbte stoffer fra det forrige bad, benyttes et eller flere skyl. Efter nikkel/tin-belægningen er der skylsekvenser, for at reducere udslæbet af tungmetaller fra anlægget og for at renvaske emnet, så der ikke forekommer aflejrrede salte på det færdigbehandlede emne.

Tørring.

Efter sidste behandling og sidste skyl tørres emnerne i en tørreposition. Tørringen foregår ved anvendelse af varmlufts blæsere. Varestangen placeres i en muffe der tvinger den varme luft til at passere tæt forbi emnerne. Ved denne fremgangsmåde fordamper væsken eller den blæses af emnerne.

Udlosning.

Efter tørringen føres varestangen ud og placeres i karrusellen, der drejes hvorved varestangen føres over til afmonteringspositionen, samtidig med at en ny varestang føres til indlosning.

De behandlede emner fjernes fra varestangen, og placeres i en transportkasse.

Procesforløb

for urenhederne.

Urenhederne fra denne overfladebehandling fremkommer især ved opløsningen af messing (kobber, zink og bly) i gelbrændingen, samt ved

udsløb af badvæske fra nikkel/tin-behandlingen. Desuden fremkommer der urenheder ved forbehandlingsprocesserne.

Affedderen.

Badvæsken fra affedtningen vil med tiden mættes med olie og fedt. Desuden vil det indeholde nedbrudte detergenter og evt. metalioner. Når badet er så forurenet at dets virkning er nedsat, pumpes det på palletanke, og sendes til Kommune-kemi.

Metalbelægningen.

For at kunne håndtere udslåbene, er der til hver proces knyttet et sekvensskyl (spareskyl) til at opsamle og opkoncentrere de udslåbte stoffer. Efter sidste skyl benyttes et deminskyl for at eliminere udsløb til næste proces. Se fig. 7.1 .

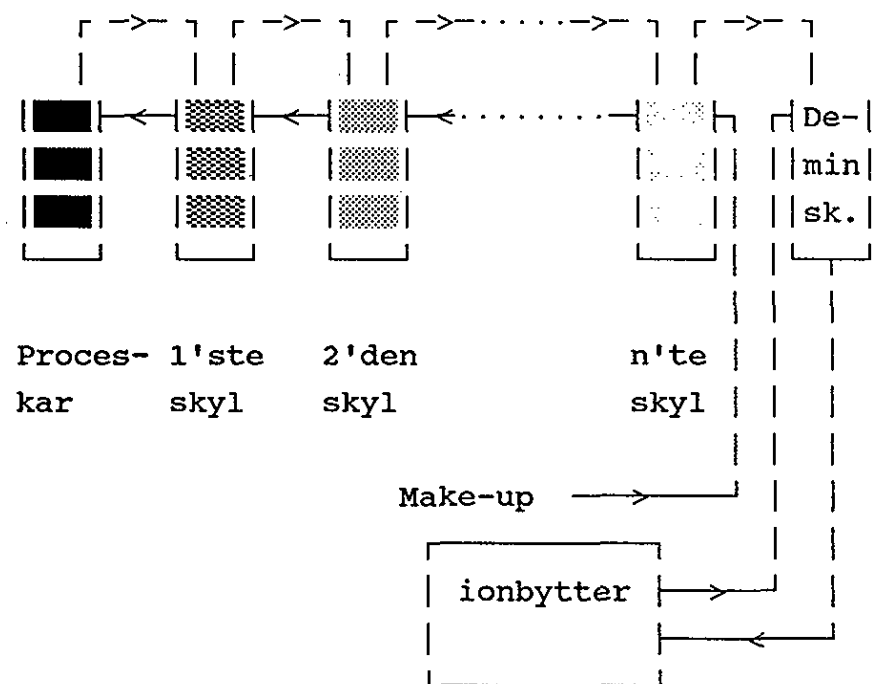


Fig. 7.1

Principskitse af et procestrin med proces, spareskyl og deminskyl.

Spareskylle er vigtige led i urenhedernes genindvinding, fordi:

- metoden er simpel.
- udslæbets koncentration er høj.
- udslæbet er ikke blandet med andre urenheder.

Under drift vil procesbadet miste væske, dels ved udslæb dels ved fordampning. Dette væsketab erstattes ved at tilbageføre væske fra første skyl til procesbadet.

Når ionbytterne, der er koblet på deminskylllet, er mættede skal de regenereres. Kationbytteren elueres med saltsyre. Herved fremkommer et ammonium- og tungmetaltholdigt eluat (Nikkel og tin), der teoretisk har en sammensætning, så eluatet kan anvendes til spødning af nikkel/tin-badet. På grund af ammonium-ionerne kan metallerne ikke fældes, hvilket kun levner Kommune Kemi som alternativ, hvis spødning viser sig umulig.

7.1.2

Beskrivelse af enhedsoperationerne

De enhedsoperationer der benyttes i et galvanoplanlæg er hovedsageligt knyttet til emne-, væske- og lufttransport samt til vedligeholdelse og afgiftning af procesvæskerne.

Emnehåndtering.

For emner der skal behandles på hængelanlægget, er den første operation, efter at emnerne er ført til galvanolinien, at de monteres på stativer. Under monteringen fjernes løse spåner ol. fra emnerne.

Det fyldte stativ afhentes af kranbanen, og føres ind i linien.

Kranbanen er en af de operationer, der har stor indflydelse på anlæggets styring og lay-out, og dermed også på transport af urenheder.

Kranbanen er af den konventionelle type, med indløsning og udtømning af varestangen, i den samme ende af galvanolinien. Derfor er badene placeret i den rækkefølge, der byder på de bedste styringsmæssige egenskaber, dvs. størst fleksibilitet i produktionen samt lavest mulig takttid.

Dette betyder at tromlerne skal flyttes hen over andre bade. Under flytningen bliver de passerende bade tilført urenheder ved væskedryp, nedfald af salte ol.

Hjælpeudstyr.

I forbindelse med en del af processerne vil der opstå ubehagelige dampe, der nødvendiggør udsugning.

Det er især nitrøse gasser, men det kan også være ilt, brint, vanddamp, aerosoler, syredampe eller chlor.

Disse dampe kan være til fare for medarbejderne, da de kan forårsage brand, eksplosion eller forgiftning. Endvidere kan de give anledning til korrosion af kranbaner, elektronik og bygningsdele.

For at afhjælpe disse gener benyttes udsugningsanlæg kombineret med friskluft-indblæsning.

Udsugningerne er placeret som punktudsugning, over de enkelte bade, og som almen udsugning. For at undgå træk, og for at sikre effektiv udsugning, er det nødvendigt at der løbende tilføres frisk luft.

Det kan, afhængig af hvilke gasser/dampe der dannes, være nødvendigt at behandle luften

inden den blæses ud.

Det kan ske ved udskilning af væskedråber med filter og / eller absorption af syredampe og nitrose gasser ved skrubning.

Ved spildevandsbehandlingen benyttes i forbindelse med kemikalie-doseringen:

- doseringsudstyr
- potentialmålere
- pH-metre
- blandetanke
- omrørere

Efter pH er indstillet tilsættes flokkuleringsmiddel, hvorefter væsken pumpes til tykneren.

I tykneren henstår væsken til metalhydroxyderne er udfældet. Den klare væske, der udtages fra tyknerens overløb, udledes.

Slammet, der udtages fra bunden af tykneren, pumpes til et filter og afvandes.

De producerede filterkager kan deponeres eller sendes til genindvinding. Filtratet bør sendes tilbage til spildevandsbehandlingen.

Det er imidlertid kun skyllevand fra forbehandling og gelbrænding, der kan behandles i spildevandsbehandlingen. Vand fra nikkel/tin-skyllet kan ikke behandles, da det vil indeholde komplexdannere, der vil hindre bundfældningen.

For at få et bad til at fungerer optimalt, kan det være nødvendigt at opvarme eller afkøle det.

Det kan f.eks. være nødvendigt at opvarme

affedteren. Ved dette bad er det for at fremme virkningen af badet, og nedsætte procestiden. Ved en række andre procesbade er det imidlertid afgørende, for en vellykket overfladebehandling, at temperaturen holdes på det korrekte niveau.

Ved bade med stor strømbelastning kan det være nødvendigt med køling af badet.

Det vand der benyttes ved opsætning af badene, og som make-up i processerne, bør være demineraliseret vand. Til demineraliseringen benyttes et system bestående af en kationbytter og en anionbytter. Kationbytteren vil så optage de positivt ladede ioner under afgivelse af brintioner $[H^+]$. Tilsvarende vil anionbytteren optage negativt ladede ioner under afgivelse af hydroxydioner $[OH^-]$. Totalreaktionen bliver at de positive og negative ioner fjernes, under afgivelse af hhv. brint- og hydroxydioner, der kombinerer og danner vand.

Ionbyttere kan ligeledes benyttes til fjernelse af tungmetalioner fra deminskylllet efter proceskarrene. Herved elimineres udslæbet af tungmetaller, salte og syrerester til næste procesbad. Ved regenerering af ionbytteren vindes tungmetallerne som en koncentreret opløsning.

7.1.3

Relationer mellem procesforløb og fastlagte parametre

De fastlagte parametre er de krav og specifikationer aftagerne stiller til emnerne (belægning, grundmateriale, emneform ol.), samt de lovkrav der findes til overfladebehandlingen (udledningsgrænser, emmissionsgrænser, proces-

krav ol.). Hertil kommer de parametre der fastlægges af de opstillede specifikationer og lovkrav.

Den procesfølge emnerne skal gennemgå, er bestemt af en række faktorer såsom:

- Emnernes grundmateriale, her varmpresset messing.
- Ønsket bearbejdning. Der ønskes en udjævning af ruheder med efterfølgende belægning med nikkel/tin.
- Emnets tilstand, og egenskaber af grundmaterialet. Emnets tilstand er givet ved fremstillingsproceduren samt den behandling råvarerne har fået for at beskytte mod korrosion. Det må forventes at råemnet er smurt ind i beskyttende olie- / fedtstoffer for at hindre korrosion. Dette nødvendiggør en indledende affedtning.
- Lovkrav til spildevand, emissionsgrænser, arbejdsmiljø, kemi mm. Krav opstillet af amt / kommune mht. udledning af tungmetaller, salte osv. skal overholdes. Desuden skal regler vedrørende arbejdsmiljø overholdes. Herved fastlægges at anlægget skal indeholde afgiftnings-, fældnings-, neutraliserings- og / eller genindvindingsmoduler, samt apparatur der sikrer et tilstrækkeligt godt arbejdsmiljø.
- Driftssikkerhed og økonomi. Den beskrevne overfladebehandling skal være pålidelig og konkurrencedygtig over for andre behandlingstyper.
- Kvalitetskrav til produktet. Der stilles krav til slidstyrke og korrosionsbestandighed. Desuden er der krav til emnernes udseende.

Emnernes tilstand og grundmateriale samt krav

til kvalitet og overfladebelægning fastlægger således forbehandling og procesbade.

Geometrien og størrelsen emnerne er bestemmende for at de behandles på hængeanlæg. Dermed er det desuden fastlagt at der benyttes en kranbane til transport af varestængerne.

Udledningsgrænser og lovkrav fastlægger udledningsgrænser, og dermed i realiteten, at der skal være hjælpeudstyr til afgiftning af spildevandet og fældning af tungmetallerne, eller udstyr til recirkulering af spildstrømmene. Loven om arbejdsmiljø fastlægger at der skal benyttes udsugning til fjernelse af dannede gasser og dampe.

Endelig fastlægger kvalitets og økonomihensyn, samt lovkrav, at der benyttes enkeltskyl eller modstrøms spareskyl efter de enkelte procesbade.

Modstrøms spareskyllet byder på en række særlige fordele:

- Skyllevandsforbruget mindskes drastisk, samtidig med at emnerne skylles mere effektivt, end ved enkeltskyl.
- En stor del af de udslæbte kemikalier kan føres tilbage til procesbadet. Herved spares kemikalier, dels til erstatning af de udslæbte stoffer dels til oxidation / reduktion og fældning af de udslæbte forbindelser.
- Forbedret økonomi som følge af nedsat vand og kemikalieforbrug.
- Emnerne er fri for tungmetalioner og kemikalierester, når de forlader linien.

Ulempen vil være at man indfører flere positio-

ner i kranbanen, hvilket giver højere takt-tider. Desuden kan der opstå problemer med akkumulation, da procesbadet, pga. recirkulering af udslib, ikke fornyes så ofte. Antallet af skyl der benyttes vælges derfor med baggrund i økonomiske og praktiske overvejelser.

7.1.4

Identifikation af de kritiske dimensioneringsvariable

Når et galvanisanlæg projekteres vil man søge at identificere de kritiske dimensioneringsvariable. Årsagen til at dette område har interesse er, at man ved at kende disse variable kan designe anlægget, så deres betydning bliver mindre. Dette gøres typisk ved at indlægge en sikkerhedsfaktor ved dimensioneringen af de apparater / anlægsdele der er kritiske dimensioneringsvariable, så man er sikker på at de kan varetage deres funktion.

Ved at kende de kritiske dimensioneringsvariable, vil man nemmere kunne forudse hvilke produktionsbegrænsende "flaskehalse", der kan fremkomme ved ændring i anlæggets drift.

På denne overfladebehandlingslinie vil affedtningsbadene og nikkeltin-badene være optaget meget af tiden, hvorimod gelbrændingen og skyl vil være lavt belastede.

Man har antallet af positioner for den enkelte proces, og procestiden som kritiske dimensioneringsvariable.

Ved produktionsforøgelse kan man søge at nedsætte takttiden for kranbanen. Dette er muligt hvis man kan udnytte spildtid i kranstyringen,

nedkorte kranernes transporttider eller nedsætte varestangens opholdstid i procesbadene.

Man regner sædvanligvis med at det tager kranen 15-30 sek. at sænke, hæve og afdryppe en vare-stang. Dertil kommer så transport fra position til position.

Ved øgning af produktionen betyder det at kranen skal betjene flere varestænger, og evt. flere positioner.

Man har afstanden mellem kranpositionerne, kranens transporthastighed, antallet af kranpositioner og kranstyringen som kritiske dimensioneringsvariable. Dertil kommer at det, for at nedsætte takttiden, skal være muligt at modificere styringen.

Ønsker man ikke at ændre det eksisterende anlæg kan man øge antallet af emner pr. varestang.

Fyldningsgrad af varestangen er kritiske dimensioneringsvariable.

Ved de elektrolytiske processer kan procestiden nedsættes ved at øge strømtætheden. Dette er dog kun muligt, hvis badet kan tåle det, og hvis ensretteren har kapacitet til det. Dvs. at badtypen og ensretterkapaciteten er kritiske dimensioneringsvariabele.

7.2. Karakteristika ved konceptet for eksisterende produktion

Det eksisterende gelbrændings- og nikkel/tin-anlæg er karakteristiske ved:

- Karrene er opstillet på en række, med emne-påfyldning og udtømning i den samme ende af linien. Herved de to funktioner betjenes af det samme personale.
- Alle processerne er dyppeprocesser.
- Kranbanen er af en forholdsvis enkel konstruktion, og udstyret med en sekvensstyring.
- Rækkefølgen af karrenes opstilling er ikke den samme som den rækkefølge emnerne gennemløber den.
- Processer der kræver en høj opholdstid (har høj belastning) multipliceres, hvorved linien bliver lang og styringen kompliceres.
- Vandforbruget pr. produceret emne er forholdsvis højt, da skyllevandet ikke genvindes. Herved undgår man akkumulation af urenheder, men udslæber samtidig kemikalier der skal behandles ved spildevandsbehandlingen.
- Spildevandsbehandlingen med oxidation, reduktion og hydroxydfældning, sedimentation og filtrering, er nødvendige operationer til behandling af spildevandet. Disse operationer kræver en række kemikalier.
- Ved gelbrændingen opløses der messing under dannelse af nitrose gasser og slam.
- Udsløb fra nikkel/tin-badet kan ikke fældes, men må tilbageføres til procesbadet eller deponeres.
- Stor afhængighed af deponerings- og behandlingsanlæg (Kommune-kemi).
- Anlægget falder i tre dele. Procesbade, kranstyringen og spildevandsbehandlingen.

7.3. Styrke / svagheder ved det eksisterende koncept

I forhold til de alternative anlægskoncepter vil det eksisterende anlægskoncept have færre og enklere operationer, og er derfor nemmere at overskue.

Kranbanens sekvensstyring er velfungerende, men uflexibel ved skift i emnebehandling.

Det eksisterende koncept vil typisk have højere ressourceforbrug (Vand, proceskemikalier og hjælpestoffer) pr. produceret emne.

- Vand: Bruges til skyl efter procesbadene. Det brugte skyllevand genvindes ikke, men udledes til spildevandsbehandlingen.
- Proceskemikalier: Det udslåbte procesvæske indeholder typisk forbindelser som syre, base, organiske forbindelser og tungmetaller. Til erstatning af udslåbet må der tilsættes nye badkemikalier. Til at uskadeliggøre de udslåbte forbindelser benyttes en række hjælpestoffer.
- Hjælpestoffer: Benyttes i spildevandsbehandlingen til f.eks. oxidation, reduktion, fældning af tungmetaller og regenerering af ionbyttere (syre og base).

Til spildevandsbehandlingen kræves fældnings- og filtreringsmoduler.

Driftsudgifterne til anlæg efter traditionel koncept er forholdsvis høje, da der forbruges flere kemikalier, og da der produceres filterkager, der må sendes til deponi. Desuden vil det traditionelle koncept typisk have et højere forbrug af arbejdskraft, der medgår til ind- og

udlosning af emnerne og til betjening af spildevandsanlægget.

Kapitaludgifterne til et anlæg efter traditionel koncept er forholdsvis lave, da der ikke investeres i genvindingsenheder ol.

Ved eksisterende anlæg har man ofte en tilfældig / ringe styring af procesbadenes sammensætning.

Dette skyldes at der ofte kun føres en visuel kvalitetskontrol af produktionen. Ved denne fremgangsmåde bliver badets sammensætning først modificeret når processen ikke producerer en tilfredsstillende kvalitet. dermed afskærer man sig fra at udnytte processens egenskaber optimalt. Resultatet vil være at produktkvaliteten svinger kraftigt.

Endelig har det nuværende koncept den ulempe at de forskellige led i produktionen foregår adskilt fra hinanden.

Emnerne varmpresses hos en underleverandør og transporteres til overfladebehandling. Efter endt behandling transporteres emnerne til samling.

7.4. Karakteristika for alternative koncepter

Galvanomaskinen efter de alternative koncepter, er karakteriserede ved at den kan placeres i forlængelse af den øvrige behandlingsprocedure. Emnerne kan således modtages umiddelbart efter varmpresningen, og føres ind i maskinen. Overfladebehandlingsmaskinen skal overholde krav til spildevandsudledning og luftafkast,

foruden at alle krav til arbejdsmiljø skal overholdes.

Anlæg efter dette koncept skal kunne behandle store godsmængder, hvorfor det er nødvendigt at processen har høje platehastigheder, uden at det berører kvalitetskravene.

7.5. Galvanomaskinen til sammensatte geometrier.

Maskinen skal behandle emner af sammensat geometri, dvs. at den skal kunne behandle de emneformer som ikke falder ind under de øvrige maskiner. Emnerne kan evt. være sammensat af en eller flere af de øvrige geometrier.

Processerne i galvanomaskinen kan inddeles i følgende punkter:

- Indlosning
- Emnetransport
- Forbehandlinger
- Metalbelægninger
- Afsluttende behandlinger
- Udlosning

Emnetransporten skal kunne håndtere emner af forskellige sammensatte geometrier.

De mindre emner der foreligger i stor mængde, kan evt. behandles i en roteretromle. Store emner der foreligger i beskedne mængder kan behandles på en transportbane med fixtur. Dette naturligvis forudsat at det er muligt at positionere og fixere emnet.

Indlosning.

Fra den foregående behandling føres emnerne til galvanomaskinen. Emnerne kan foreligge på ordnet eller uordnet form, når de ankommer til maskinen. Er emnerne uordnede, skal indlosningsstationen positionere dem, hvorefter transportbanen fixerer emnet, og fører det ind i maskinen. På grund af flexibilitet i fixturet kan man ikke forvente at emnet er velpositioneret under dets transport gennem linien.

Emnetransport.

Transportbanen skal gribe og fastholde emnerne under deres indføring og transport gennem galvanomaskinen. Til dette formål er der på banen moteret fixturer. Transportbanen og fixturet skal udføres så de kan lede processtrømmen til emnet. Fixturet kan evt. bestå af et ministativ til et emne.

Forbehandlinger.

Forbehandlingen vil bestå af affedtning og bejdsning.

- Affedtning. Affedtningen vil ved traditionel behandling være tidskrævende. Derfor kan det være nødvendigt at fremme badets virkning, ved at benytte en elektrolytisk affedter, evt. i kombination med vådslyngning. Desuden kan en forhøjelse af badtemperaturen fremme virkningen.
- Bejdsning. Ved bejdsningen fjernes korrosionsprodukter fra emnet, og der vil foregå en aktivering af emnet (nedbrydning af passivlag). Badet er tilsat detergenter for at holde salte og smuds i opløsning. Bejdsen er på svovlsyrebasis med en koncentration på 10 - 15 W% .
Badkontakten foretages ved væskepåsprøjtning. Bejdsens levetid er forholdsvis kort, typisk

fra dage til få uger. Det brugte bad indeholder syre, syrerester og opløste metaller. Badet kan evt. omformuleres, med en lettere badvedligeholdelse for øje.

Metalbelægning.

Emnernes geometri tillader ikke kontakt mellem emne og børste som det sker ved børsteplettering. De mest realistiske behandlingsmetoder vil derfor være dyseplettering eller dyppebehandling af emnerne. Dyppemetoden vil være forbundet med besvær, da transportbanen så skal bugtes op og ned.

Ved metalbelægningen skal elektrolysestrømmen føres til emnet gennem transportbåndet og fixturret. Dvs. at strømmen skal overføres fra ensretteren til transportbåndet, og derfra via fixturret til emnet. Fra emnet føres strømmen tilbage til ensretteren. Fixturret skal udformes så det overfører strømmen bedst muligt, samtidig med at det ikke hindrer metaludfældningen. Denne zone er, som de øvrige zoner, afskærmet mest muligt for at nedsætte miljøbelastningen. Udslæbet reduceres ved at føre emnerne gennem afblæsningszoner, hvor væsken blæses af emnerne vha. trykluft. Den afblæste væske kan føres tilbage til proceszonen, evt. efter filtrering, selektiv ionbytning eller lignende.

- Forkobring. Den nu aktiverede overflade forkobres herefter i et surt kobberbad. Processen er nødvendig for at sikre en ordentlig vedhæftning af den ønskede nikkeltin overflade. Ydermere giver det sure kobberbad mulighed for at udfylde små ridser og hakker i råemnet, idet kobberbadets nivellerende evne er fremragende.

Kobberbadet er på svovlsyre-basis, og opereres koldt med et strømudbytte på 100 pct. Det kobberbelagte emne vil fremstå med en spejlblank overflade, der dog let anløber.

Væskekontakten kan foretages ved væskepåsprøjtning, hvorved man kan opnå en nedsættelse af behandlingstiden og en bedre materialespredning.

- Nikkel/tin-belægning. Denne belægning kræver at emnet skal neddyppes. Dette skyldes at legeringsudfældning er en forholdsvis ny og kompliceret disciplin, der er helt uprøvet ved dyseplettering. Desuden skal badet styres mht. strømtæthed, anode/katode-forhold, og en række andre parametre, for at sikre den rette legeringssammensætning. Udsløb fra dette procesbad kan tilbageføres i vidt omfang, da nikkel/tinbadet køres varmt.

Afsluttende behandlinger.

Efter metalbelægningen blæses overskydende væske af emnet. Herefter skylles emnet med demineraliseret vand og blæses tørt. Nu kan det færdigbehandlede emne føres ud af linien.

Udlosning.

Ved denne position slipper fixturet emnet, der uordnet falder ned i en udlosningsbuffer, eller på et transportbånd, der fører det videre til næste behandling.

Hjælpeprocesser.

Til genvinding af udslåbt kobber benyttes et sprayskyl efter kobberbadet. Herved afspules en stor del af den udslåbte badvæske med et meget beskedent vandvolumen. Sprayskyllet efterfølges af et ionbyttet sprayskyl, der skal sikre at emnet er helt rent når det føres til næste position. Ionbyttersystemet sørger for demineraliseret skyllevand til sprayskyllet. Tilbageførsel af udslåbt procesbad vil være ret beskedent, idet kobberbadet opererer koldt. Det er derfor nødvendigt at elektrolysere kobberet ud som frit metal.

Elektrolysen kan foretages i to trin, idet der

elektrolyseres direkte på det stærkt kobberholdige skyllevand fra sprayskyllet. Det kobberfattige væske der fremkommer efter elektrolysen sendes gennem en ionbytter, hvorved den sidste rest kobber bindes. Når kationbytteren er mættet, elueres den med den sure væske i elektrolysecellen eller evt. svovlsyre. Eluatet sendes til elektrolysecellen, hvor kobberet elektrolyseres ud som metal, der kan sælges som skrot.

Affedtningsbadet kan evt. vedligeholdes ved at fjerne olie og fedt ved ultrafiltrering. Herved kan badets levetid forlænges væsentlig.

Bejdsen vil indeholde kobber, zink og bly. Disse metaller kan evt. fjernes ved selektiv ionbytning.

I forbindelse med hver proces skal der foretages udsugning af gasser og aerosoler. Dette er nødvendigt, dels for at sikre et godt arbejdsmiljø, og dels for at forhindre spredning af urenheder af denne vej.

Konceptvurdering.

- Positioneringen i indlosningspositionen og fixeringen vil være kritiske for maskinens anvendelighed.
- Da emnerne fremføres enkeltvis, vil produktionskapaciteten være beskeden.
- Ved at anvende dyseplettering til metalbelægningen må der forventes en bedre materialefordelingen end ved traditionel dyppebehandling. Samtidig vil procestiden nedsættes.
- Udsløb med fixtur og emne må forventes at blive forholdsvis højt. Det vil derfor være nødvendigt med genindvindings enheder.

- På grund af emnets geometri må det forventes, at behandlingerne kræver mere tid end for almindelige geometrier.
- Da der er forholdsvis mange behandlinger, hvoraf enkelte kan være tidskrævende, vil maskinens kapacitet være begrænset.
- Nikkel/tin-behandlingen skal fortages som dyppebehandling, da det ellers ikke vil være muligt at styre legeringssammensætningen.
- Nikkel/tin-badet er følsom overfor urenheder, hvorfor der kræver foranstaltninger mod spredning af andre badvæsker til dette bad.

Konklusion.

Maskinen efter dette koncept kræver en sikker positionering af emnerne inden indføring på linien.

Da der er forholdsvis mange behandlinger, og da behandlingstiden i enkelte af de benyttede bade er relativt høje, vil maskinens kapacitet være begrænset.

Udslæbet fra de enkelte bade må forventes at være højt, pga. emnernes geometri. Dette nødvendiggør genvindingsenheder og / eller udstyr til spildevandsafgiftning.

7.6. Styrke/svagheder ved det nye koncept

De transportoperationer der indføres med det nye koncept, vil være lette at styre.

Vasketransport.

Til maskinen, efter det nye koncept, vil der være knyttet en lang række vasketransport operationer. De benyttes i forbindelse med cirkulation af badvæskerne, som det sker i f.eks. affedteren, bejdsen, forkobringen og i forbindelse med cirkulation af skyllevæske i sprayskylleene.

Desuden er der knyttet væsketransport operationer til regenereringsenhederne.

Emnetransporten. Det må forventes, at styringen af transportbanen bliver enklere end styringen af den eksisterende kranbane. Således kan behandlingskapaciteten af galvanomaskinen reguleres, ved at justere på hastigheden af transportbanen, og / eller ved at afkorte proceszoner, ved at slukke for væskecirkulationen i dele af zonerne. Ved de strømforbrugende processer kan procesbetingelserne desuden justeres på strømtætheden.

Maskinen kan styres af signaler fra den foregående proces, således at behandlingen løbende tilpasses mængden af emner der skal behandles.

Indlosningen. Ved indlosningen til banen skal emnerne positioneres nøje. Dette er nødvendigt for at placere emnerne på fixturet.

Metalbelægning. Ved kobberbelægning med dyseplettering vil det være mest hensigtsmæssigt at benytte inertanoder. Dette skyldes at anoderne skal være placeret meget tæt ved emnet, for at sikre et lavt spændingsfald og dermed lavt energiforbrug. Kobberet må derfor tilsættes som kobbersalte, eller kobberanoderne må opløses, og derefter pumpes til kobberelektrolyttens reservoir. Dette vil være en ulempe, fordi man skal styre tilsætningen, samt fordi der indføres en opløsningsoperation.

Ved at benytte dyseplettering i kombination med den svovlsure elektrolyt opnår man, at der kan benyttes meget høje strømtætheder, uden at man får problemer med denne elektrolyttypes dårlige spredningsegenskaber. Man kan dog ikke fuldt ud drage nytte af de høje strømtætheder, da man ved dyseplettering kun behandler en del af emnet.

Placering. Behandlingsanlægget kan bygges ret kompakt, og er flexibelt mht. placering, da væskereservoir og regenereringsenheder kan placeres uafhængigt af placeringen af anlægget.

Gasser. Ved at benytte transportbane kan de enkelte processer afskærmes. Ved at kombinere afskærmningen med et udsugningssystem kan omgivelserne sikres mod aerosoler, gasser og dampe der dannes ved processerne. Ved korrekt udformning kan udslæbet reduceres kraftigt, hvorved behovet for genvinding eller afgiftning sænkes.

Kapacitet. Maskinen efter det nye koncept vil have en forholdsvis lav produktion. Det skyldes især at enkelte af procesbadene har høje procestider. Dette er tilfældet i kobberbadet, hvor der pålægges 20 - 30 μm kobber. Og til del i nikkel/tin-badet, hvor emnerne påføres 10 μm nikkel/tin.

7.7. Valg af det optimale koncept

Det optimale koncept involverer anvendelse af transportbane, da denne transportmetode er forholdsvis ukritisk mht. styring.

Anvendelsen af transportbane kan kombineres med væskepåsprøjtning, der giver en nedsættelse af procestiden. antallet af forbehandlingsprocesser, hvorved galvanomaskinen bliver mere kompakt.

Transportbanen giver gode muligheder for at sænke udslæbet fra de enkelte zoner, da væsken

kan blæses af emner og transportbånd. Herved sikres en lav belastning af omgivelserne. Samtidig byder galvanomaskinen på gode egenskaber mht. styring af dannede gasser, dampe og aerosoler, da processerne foregår i lukkede zoner. Dette vil sikre et godt arbejdsmiljø.

Galvanomaskinen vil være let at styre, og den kan integreres i den øvrige produktionslinie.

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 130

Udgivelsesår: 1990

Titel: Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug

Undertitel:

Forfatter(e):

Udførende institution(er):

Danmarks Tekniske Højskole. Institut for Produktudvikling

Resumé:

Ved traditionel galvanisk produktion bliver metalemnerne først sendt til overfladebehandling efter produktion. Denne produktionsstilrettelæggelse gør det vanskeligt at styre og nedbringe miljøbelastningen, men ved at bruge nye produktionsprincipper kan overfladebehandlingen foretages som led i en samlet og uadskilt produktionsproces. Den forureningsfri galvanomaskine kombinerer allerede i designfasen miljøhensyn med disse nye udviklingstendenser inden for galvanisk overfladebehandling.

Emneord:

overfladebehandling; galvanoidindustri; anlægsteknik; renere teknologier; procesteknik; økonomi; udvikling; teknologi

ISBN: 87-503-8393-0

ISSN: 0105-3094

Pris: 95,- (inkl. 22% moms)

Format: A4

Sideantal: 112

Md./år for redaktionens afslutning: februar 1990

Oplag: 350

Andre oplysninger:

Tryk: Notex · Grafisk Service Center · as



Trykt på miljøpapir

Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedbrug

Ved traditionel galvanisk produktion bliver metalemnerne først efter produktion sendt til overfladebehandling. Denne tilrettelæggelse af produktionen gør det vanskeligt at styre og nedbringe miljøbelastningen. Med anvendelse af nye produktionsprincipper kan det lade sig gøre at foretage overfladebehandlingen som et direkte led i en samlet og uadskilt produktionsproces. I denne sammenhæng er den forureningsfri galvanomaskine svaret på nye udviklingstendenser i galvanisk overfladebehandling kombineret med miljøhensyn allerede i designfasen.

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 95.- inkl. 22% moms

ISSN nr. 0105-3094
ISBN nr. 87-503-8393-0