

Reduktion af emission fra produktion af opløsningsmiddelholdige malinger

Ulrick Sebber
Hempels Skibsfarvefabrik A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

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.

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

Forord.

Produktionsmetoderne og arbejdsmiljøet i farve- og lakindustrien har gennem de sidste 30 år undergået en væsentlig udvikling.

I begyndelsen af 60'erne var der begrænset udluftning i produktionshallen. Til gengæld var der relativ begrænset emission til det ydre miljø.

I 70'erne og 80'erne blev der gradvist installeret mere ventilationsudstyr for at forbedre arbejdsmiljøet. Dette havde dog den bivirkning, at emission af opløsningsmidler til omgivelserne blev øget tilsvarende.

I 90'erne blev den øgede emission af opløsningsmidler fra produktionshallen hos Hempel reduceret ved afbrænding i forbrændingsanlæg, hvilket dog betød en øget emission af CO₂ samt øget energiforbrug.

Et af de overordnede miljømål er at reducere emissionen af opløsningsmidler fra skibs- og industrimalingsproduktion uden samtidig at producere CO₂, som det hovedsagelig er tilfældet ved den teknologi, der anvendes i dag.

Formålet med dette projekt er at afprøve en række lukkede systemer til malingsproduktion, herunder lukkede pulvercontainere, dissolvere og rørsystemer. Miljøforbedringen beskrives, idet miljøpåvirkningen fra det lukkede produktionsanlæg sammenholdes med den miljøpåvirkning, der finder sted ved malingsproduktion i dag.

Projektet er gennemført med støtte fra Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi med Hempel som projektansvarlig.

1 Indholdsfortegnelse.

1	INDHOLDSFORTEGNELSE.....	3
2	INDLEDNING.....	4
3	FORMÅL.....	4
4	SAMMENFATNINGER OG KONKLUSION.....	5
5	SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	6
6	OPBYGNING AF PROJEKTET.....	7
7	INDSATSOMRÅDER.....	7
8	DISSOLVER OG OPBEVARINGSTANKE.....	7
8.1	AUTOMATISERET STYRING AF PRODUKTIONSPROCESSEN.....	8
8.1.1	Satseprocedure.....	8
8.1.2	Dispergering.....	8
8.2	RENGØRING AF DISSOLVER OG OPBEVARINGSTANKE.....	9
	Rensespyd.....	9
8.2.2	Automatiseret rensesystem.....	10
8.2.3	Sammenfatning af rensesystem.....	11
8.3	AUTOMATISK UDLUFTNINGSSYSTEM.....	11
8.3.1	Analyse af emission fra dissolver.....	11
8.4	SAMMENFATNING AF DISSOLVER OG OPBEVARINGSTANKE.....	12
9	PULVERCONTAINERE.....	12
9.1	OPBYGNING AF PULVERCONTAINERE.....	12
9.2	FORSØG MED PULVERCONTAINERE.....	12
9.2.1	Resultater.....	12
9.2.2	Diskussion af resultaterne.....	12
9.2.3	Det optimale design for en pulvercontainer.....	13
9.2.4	Sammenfatning af forsøg med pulvercontainer.....	13
10	SELVRENSENDE RØRSYSTEM.....	13
10.1	GENNEMGANG AF DET SELVRENSENDE RØRSYSTEM.....	14
	Test af renseproceduren.....	14
10.2	PROBLEMER MED GRISEANLÆG.....	15
10.2.1	Test af grises resistens mod opløsningsmidler.....	15
	Produktsikkerhed.....	16
10.2.3	Personsikkerhed.....	16
10.3	SAMMENFATNING AF SELVRENSENDE RØRSYSTEM.....	17
11	ORDFORKLARING.....	18

2 Indledning.

Produktionsmetoderne og arbejdsmiljøet i farve- og lakindustrien har gennem de sidste 30 år undergået en væsentlig udvikling.

I begyndelsen af 60'erne var der begrænset udluftning i produktionen. Til gengæld var der relativ begrænset emission til det ydre miljø.

I 70'erne og 80'erne blev der gradvist installeret mere ventilationsudstyr for at forbedre arbejdsmiljøet. Dette havde den bivirkning, at emission af opløsningsmidler til omgivelserne blev øget tilsvarende.

I 90'erne blev den øgede emission af opløsningsmidler fra produktionshallen reduceret ved afbrænding i forbrændingsanlæg, hvilket dog betød en øget emission af CO₂, samt øget energiforbrug.

Et af de overordnede miljømål for Hempel er at reducere emissionen af opløsningsmidler fra skibs- og industrimalingsproduktionen uden samtidig at producere CO₂, som det hovedsageligt er tilfældet ved den teknologi, der anvendes i dag.

For at nå dette overordnede mål er der opstillet fem delfaser, der repræsenterer fem indsatsområder, der skal føre til en reduktion af den samlede emission af opløsningsmidler fra Hempels fabrik i Lundtofte.

I nedenstående tabel 1 er opstillet de 5 delfaser, samt den forventede reduktion i emission af opløsningsmidler, de respektive forbedringer vil medføre.

Tabel 1.

De fem delfaser, der skal lede til det overordnede miljømål for Hempelfabrikken i Lundtofte.

<i>Fase</i>	<i>Hovedområder</i>	<i>Reduceret emission*</i>
1	Forundersøgelse og verifikation	
2	Dissolver, færdigblandetanke og pigging system	38
3	Produktion i lille skala og automatiseret fortynder- og hærderproduktion.	57
4	Tanksystem for opløsningsmidler og bindere sammenbygning med pigging system.	70
5	Pigmentopbevaring og håndtering	75

* Akkumuleret procent.

3 Formål.

Formålet med dette projekt er at afprøve en række lukkede systemer til malingsproduktion, herunder lukkede pulvercontainere, dissolvere og rørsystemer.

Samtidig vil miljøpåvirkningen fra det lukkede produktionsanlæg blive sammenholdt med den miljøpåvirkning, der finder sted ved malingsproduktion i dag.

4 Sammenfatninger og konklusion.

Et af de overordnede miljømål for Hempel er at reducere emission af opløsningsmidler fra skibs- og industrimalingsproduktion uden samtidig at øge emissionen af CO₂.

Formålet med dette projekt er at afprøve en række lukkede systemer til malingsproduktion, herunder lukkede pulvercontainere, dissolvere og rørsystemer. Videre vil miljøpåvirkningen blive beskrevet, idet miljøpåvirkningen fra det lukkede produktionsanlæg vil blive sammenholdt med den miljøpåvirkning, der finder sted ved malingsproduktion i dag.

På baggrund af de opnåede resultater kan følgende konkluderes:

- Brug af pulvercontainer giver en væsentlig arbejdsmæssigt forbedring for dissolveroperatøren, hvilket kommer til udtryk ved reduceret berøring med pulveret og reduceret støvmængde.
- Brug af pulvercontainere giver en signifikant øget satseshastighed.
- Brugen af pulvercontainere er forbundet med logistiske vanskeligheder, primært på grund af pladsmangel.
- Brug af pulvercontainere indebærer betydelige rengøringsproblemer, herunder brug af samt emission af opløsningsmidler, hvilket har betydet, at pulvercontainere idag ikke kan anvendes hos Hempel, Lundtofte.
- Satsning af den nye dissolver foregår stadig på samme måde som satsningen af den konventionelle dissolver, hvorfor der i denne forbindelse ikke er opnået nogen forbedring for operatøren.
- Efter satsning lukkes dissolveren, hvorefter udluftningen stoppes. Dette betyder, at den ny dissolver reducerer emissionerne af organiske opløsningsmidler ca. 17 gange i forhold til den konventionelle dissolver.
- Test af griseanlægget har understreget, at rensningen af rørene er meget effektiv.
- Griseanlægget har ikke reduceret emissionerne omkring operatøren, idet af- og tilkobling til anlægget sker manuelt.
- På grund af den faste installation har det været besværligt og meget tidskrævende at finde og løse problemer på anlægget.
- På grund af kvældning af plastmaterialet, grisene er produceret af, er anlægget idag ikke er i brug hos Hempel, Lundtofte.

5 Summary and conclusions.

One of the overall environmental goals for Hempel is to reduce the emission of solvents from production of marine and protective coatings without an increase in the release of CO₂, which is mainly the case in connection with the technology used today.

The objective of this project was to test a number of closed systems for paint production, including closed powder containers, dissolvers, and piping systems. The environmental improvements are described, and the environmental impact on the closed production facilities is compared to the environmental impact from today's paint production.

On the basis of the results obtained, the following conclusions can be made:

- The use of powder containers provides a considerable work place improvement for the dissolver operators. This is mainly due to reduced contact with powder and reduced volumes of dust in the working environment.
- The use of powder containers results in significantly increased loading time.
- The use of powder containers involves logistics difficulties, primarily due to lack of space.
- The use of powder containers results in considerable cleaning problems (i.e. contamination and emission), for which reason powder containers cannot be used today at Hempel, Lundtofte.
- Loading of the new dissolver still takes place in the same way as loading of the conventional dissolver, as a result of which no improvement for the operator has been obtained.
- After loading the dissolver is closed, and the exhaust ventilation is stopped. This means that the new dissolver reduces the emission of organic solvents 17 times as compared to the conventional dissolver.
- Testing of the pigging system has demonstrated that cleaning of the pipes is very efficient.
- The pigging system has not reduced the emission around the operator, as connection and disconnection of the unit is still effected manually.
- Due to the fixed installation it has been difficult and very time-consuming to detect and solve problems within the installation.
- Due to swelling of the material from which the pigs have been produced, the system is not in use today at Hempel, Lundtofte.

6 Opbygning af projektet.

Projektet er opbygget i følgende afsnit.

- **Indsatsområder.**
I dette afsnit identificeres de væsentligste kilder til emission af opløsningsmidler fra fabrikken.
Afslutningsvis udpeges hvilket procesudstyr, der skal testes i det videre forløb.
- **Analyse af det udpegede procesudstyr.**
Herunder beskrives det udvalgte udstyr og diskuteres hvilke erfaringer og modificeringer, der har været nødvendige.
- **Konklusion på projektet.**
Efter at have afprøvet det udvalgte udstyr og analyseret resultaterne konkluderes, hvorvidt udstyret kan bruges på Hempels fabrik i Lundtofte.

7 Indsatsområder.

Hempel har sammen med et konsulentfirma identificeret de områder på fabrikken i Lundtofte, hvor reduktion af emission af opløsningsmidler er mulig.

På baggrund af denne analyse fremkom følgende procesudstyr:

- Dissolvere.
- Færdigblandetanke.
- Pigmenthåndtering.
- Faste rørsystemer.
- Produktion af produkter fra halvfabrikata.

Gennemgående for analysen var, at den primære reduktion af emission af opløsningsmidler ville fremkomme ved at erstatte åbne systemer med lukkede.

På baggrund af ovenstående analyse blev det konkluderet, at de væsentligste indsatsområder skulle fokuseres på den basale produktion af maling, det vil sige satsning, produktion og transport gennem rørsystemer.

Dette betød, at der til test blev indkøbt en dissolver, pulvercontainere og et lukket selvrensende rørsystem med automatisk rensedyklus.

For at teste de forskellige systemer under optimale forhold, blev den nye dissolver og de selvrensende rørsystemer opstillet således, at de kunne indgå i den daglige produktion. Samtidig ville det med den valgte opstilling også være muligt at afprøve pulvercontainerne.

I det følgende vil det udvalgte procesudstyr blive analyseret.

Efter gennemgang af det respektive udstyr, vil det blive fremstillet hvilke

modifikationer, der har været nødvendige for at tilpasse udstyret til produktionen.

Afslutningsvis diskuteres om det respektive udstyr ville kunne benyttes på Hempels fabrik i Lundtofte.

8 Dissolver og opbevaringstanke.

Den samlede dissolverenhed består af en dissolver med et volumen på 4500 liter samt to opbevaringstanke ligeledes med et volumen på 4500 liter. Alle tre tanke er bygget som et lukket system udstyret med ankeromrører med skraber, der tilsikrer, at den indre tankoverflade hele tiden holdes ren, automatisk udluftningssystem samt automatisk rensesystem.

Derudover er dissolveren udstyret med automatiseret styring af dispergeringsprocessen.

I figur 1 er dissolveren afbildet skematisk.

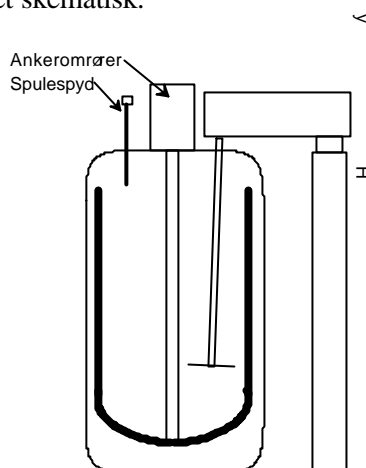


Figure 1 Grafisk fremstilling af den nye dissolver, med ankerrør, hydraulisk lift til at hæve og sænke dissolverbladet samt spulespyd til at rense tanken efter brug.

Efter en gennemgang af dissolverens funktioner, er der foretaget målinger af emission af opløsningsmidler mellem den nye dissolverenhed og en gammel konventionel dissolver i fabrikken.

8.1 Automatiseret styring af produktionsprocessen.

Dissolveren er udstyret med et dispergeringssystem, der automatisk sikrer optimale forhold under hele produktionsprocessen.

Under produktionsprocessen bliver selve dissolverskivens placering i tanken styret af en hydraulisk lift.

I praksis fungerer systemet med et fast styringsprogram for henholdsvis satseproceduren og for selve dispergeringen.

8.1.1 Satseprocedure.

Under satsning af pigmenter og fyldstoffer er det ønskeligt med en vortex, således at de faste stoffer hurtigt suges ned i produktet.

For at danne en sådan vortex kører ankeromrøreren og dissolverskiven samme vej under satsning. Samtidig kører dissolverskiven efter faste tidsintervaller til bunden af dissolveren for derved at sikre en optimal opblanding inden dispergering. Mens dissolverskiven udfører denne "opblandingscyklus" er der ingen vortex, hvorfor et signal indikerer at der ikke må satses.

Efterhånden som mængden øges under satseproceduren, hæves dissolverskiven automatisk, hvilket bevirker, at der hele tiden er den optimale vortex under satsningen.

Satseproceduren ved den nye dissolver foregår stadig på samme måde som satsningen af den konventionelle dissolver, hvorfor der i denne forbindelse ikke er opnået nogen forbedring for dissolveroperatøren.

8.1.2 Dispergering.

Efter satseproceduren vælges dispergeringsprogrammet.

For at opnå den bedste dispergering er det vigtigt at undgå turbulent flow, men samtidig bevare så store forskydningskræfter i rivebasen som muligt.

For at maksimere forskydningskræfterne i rivebasen kører ankeromrøreren, med maksimal hastighed, modsat retning af dissolverskiven i dispergeringsprogrammet. Samtidig er der en sikkerhedsforanstaltning, der sikrer, at mandehullet skal være lukket under dispergeringen.

For begge programmets vedkommende indstilles dissolvertankens hastighed automatisk af systemets styreprogram således, at dissolvertankens motor ikke overbelastes.

8.2 Rengøring af dissolvertank og opbevaringstanke.

Umiddelbart efter, at dissolvertank og opbevaringstanke blev taget i brug, blev det klart, at grundet ankeromrørers konstruktion var det særdeles vanskeligt at rengøre de respektive tanke. Ydermere var det præinstallerede rensesystem kun beregnet til ren rensfortynder.

For at kunne genbruge rensfortynderen blev der af Hempel udviklet et nyt rensesystem til dissolvertank og opbevaringstanke.

I det følgende beskrives først spulespydet og de modifikationer, der har været nødvendige for at kunne genbruge rensfortynderen. Derefter beskrives hele opstillingen af rensesystemet.

8.2.1 Rensespyd.

I figur 2 er vist en skematisk gengivelse af spulespydet.

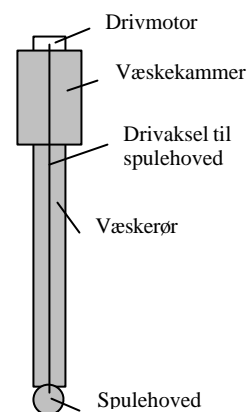
Det præinstallerede rensesystem fungerede således, at ved hjælp af en højtrykspumpe blev rensfortynderen pumpet ind i væskeskammeret og gennem væskerøret til spulehovedet. Rensespyddende var opbygget med en direkte kobling mellem motor og drivakslen til spulehovedet samt læbepakninger for at tætte væskeskammeret.

På grund af læbepakningerne var systemet bygget til kun at bruge ren fortynder og kunne tåle et tryk på den gennemstrømmende rensfortynder på 50 bar.

På grund af den store mængde fortynder, der skal til for at rense tankene, blev det besluttet, at man skulle prøve at genbruge rensfortynderen.

Efter at have testet systemet stod det klart, at det ikke var muligt at hæve trykket tilstrækkeligt til at opnå en optimal rensning, uden at læbepakningerne blev revet i stykker af den recirkulerede rensfortynder.

For at kunne genbruge rensfortynderen og samtidig bevare de umiddelbare fordele ved et lukket fuldautomatisk rensesystem, blev der i Hempel regi udviklet en ny kobling, der ikke belastes af recirkuleret rensfortynder.



Figur 2.
Skematisk gengivelse
af rensespyd.

I figur 3 er den nye magnetkobling gennemgået skematisk.

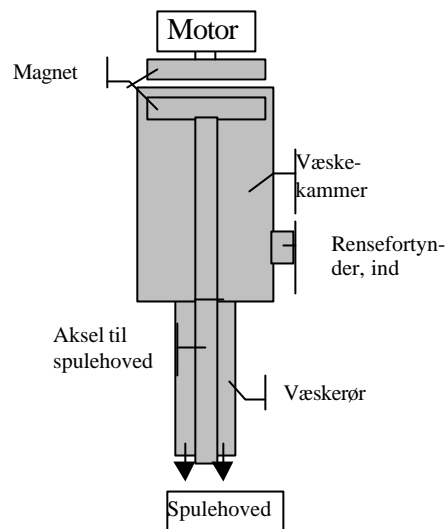


Figure 3 Skematisk præsentation af magnetkoblingen til spulespydet.

For at undgå bløde pakninger, der hurtigt slides af rensfortynderen, blev der bygget en magnetkobling mellem motoren og drivakslen til spulehovedet. Herved blev det muligt at hæve trykket på den gennemstømmende rensfortynder i spulespydet uden risiko for ødelagte pakninger.

For at teste holdbarheden af det nye system, blev hele spulespyddet testet svarende til et års drift (40 timers drift ved 50 bars tryk svarende til 400 rensacykluser á 6 minutter).

På baggrund af denne test kunne der noteres et ringe slid på magnetkoblingen, hvorfor alle rensespyd på den nye dissolverenhed blev udstyret med sådan en kobling. Installeringen af de nye rensespyd betød endvidere, at rensproceduren for den nye lukkededissolverenhed gav et væsentlig bedre arbejdsmiljø for dissolveroperatøren end den konventionelle dissolver, hvor rensproceduren forgår i et åbent system.

8.2.2 Automatiseret rensesystem.

For at kunne rense tankene har erfaringerne vist, at det er nødvendigt med et spuletryk på over 35 bar. Derfor har det været nødvendigt at installere en pumpe, der kan give det fornødne tryk og flow.

Under indkøring af systemet blev det konstateret, at højtrykspumpen carveterede, hvilket skyldtes, at rensfortynderen blev iltet under den meget kraftige påvirkning i højtrykspumpen og tanken.

For at aflufte den recirkulerede rensfortynder blev der indsat en buffertank mellem tanken og det reservoir, hvor højtrykspumpen suger fra.

I figur 4 er vist en skematisk gennemgang af rensesystemet.

Systemet består af en pumpe (1), der suger rensedynd væk fra tankene til buffertanken (2). Herfra overføres rensedynden til reservoiret (3). Fra reservoiret pumpes via en højtrykspumpe til spulespydene.

Systemet er endvidere opbygget således, at buffertanken, reservoiret og højtrykspumpe er tilkoblet både dissolveren og de to sidetanke. Herved er det muligt at rengøre hele den samlede dissolverenhed ved hjælp af et rensesystem.

8.2.3 Sammenfatning af rensesystem.

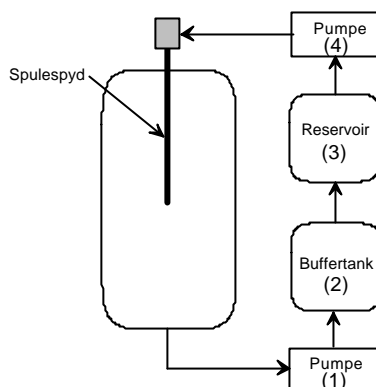


Figure 4
Skematisk gengivelse af rensesystemet.

- (1) Sugepumpe fra tank.
- (2) Buffertank til afluftning.
- (3) Reservoir.
- (4) Højtrykspumpe.

Den væsentlige fordel ved dette system er, at det er lukket, hvorfor aerosoler og emissioner af opløsningsmidler forhindres. Derudover genbruges rensedynden, samtidig med at rensningen foregår hurtigt og effektivt.

Erfaringer med systemet har vist, at tidsintervallet for den nødvendige rensedynd for Hempels industriprodukter er ca. seks minutter og for marineprodukter ca. 15 minutter.

8.3 Automatisk udluftningssystem.

For at reducere mængden af emission af opløsningsmidler og støv fra dissolver og opbevaringstanke er det installeret et automatisk udluftningssystem.

I nedenstående tabel er beskrevet hvornår udluftningen er i drift på den nye dissolverenhed, sammenlignet med hvornår udluftningen er i drift på en konventionel dissolver.

Tabel 2: Sammenligning af udluftningssystemer

	Ny dissolver			Konventionel Dissolver
	Dissolver	Tank 1	Tank 2	
Satsning	+	+	+	+
Omrøring/rivning	-	-	-	+
Rensning	-	-	-	+

Det fremgår af tabellen, at i modsætning til en konventionel dissolver, der udlufter under hele produktionsprocessen, er den nye dissolverenheds udluftningssystem kun i drift, når der sattes, det vil sige mens de respektive mandehuller er åbne.

8.3.1 Analyse af emission fra dissolver.

For at kvantificere emissionen af opløsningsmidler fra den nye dissolverenhed blev der opstillet en test i samarbejde med et akkrediteret dansk måleinstitut.

For at kunne sammenligne målingerne blev testen udført ved kontinuerede målinger for emission af total organisk kulstof (TOC) fra henholdsvis den nye dissolverenhed og en konventionel dissolver på fabrikken i Lundtofte.

Målingerne blev foretaget over en tidsperiode på fem arbejdsdage.

Analysen af måleresultaterne viste, at den nye dissolverenhed har en emission af opløsningsmidler, der er ca. 17 gange mindre end den konventionelle dissolver.

8.4 Sammenfatning af dissolver og opbevaringstanke.

Den nye dissolverenhed blev installeret for derved at kunne sammenligne med en konventionel dissolver.

Satsning af den nye dissolver foregår stadig på samme måde som satsning af den konventionelle dissolver, hvorfor der i denne forbindelse ikke er opnået nogen forbedring for dissolveroperatøren.

Efter satsning lukkes dissolveren, hvorefter udluftningen stoppes. Dette betyder, at den nye dissolver reducerer emissionen af organiske opløsningsmidler 17 gange i forhold til den konventionelle dissolver.

Endelig giver rensproceduren for den nye dissolver et væsentligt bedre arbejdsmiljø for dissolveroperatøren end den konventionelle dissolver. Dette skyldes, at rensningen af den nye dissolver foregår i et lukket system fremfor den konventionelle dissolver, hvor rensningen foregår i et åbent system.

9 Pulvercontainere.

Under forstudiet til dette projekt blev det besluttet at afprøve pulvercontainere, for herved at teste om disse kunne aflaste dissolveroperatørens ensidige satseprocedure samtidig med, at de kunne reducere mængden af støv i fabrikken.

9.1 Opbygning af pulvercontainere.

Pulvercontainerens volumen er på 1 m³.

For lettere at kunne tømme containeren for pulver er der installeret en vibrator samt mulighed for at tilslutte luft under tryk, således at man kan løsne eventuelt fastsiddende pulver i containeren.

Containeren er indbygget i en ramme, dels for at beskytte og dels for at den kan transporteres med en gaffeltruck.

9.2 Forsøg med pulvercontainere.

For at kunne afprøve pulvercontaineren under så optimale forhold som muligt var det nødvendigt at opstille en midlertidig plads, hvor containeren kunne fyldes.

Forsøget blev udført med pigmentet zink(II)oxid, som skulle anvendes i den nye dissolver.

9.2.1 Resultater.

På baggrund af de udførte forsøg kunne følgende konstateres:

- Pulvercontaineren kunne indeholde 400 kg zink(II)oxid.
- Pulvercontaineren var nem at håndtere for dissolveroperatøren, samtidig med at støvmængden blev reduceret væsentligt
- Pulvercontaineren gav en signifikant øget satsehastighed.
- Efter tømning var det nødvendigt med omfattende rengøring af pulvercontainerne.

9.2.2 Diskussion af resultaterne.

På baggrund af de gennemførte test blev det noteret, at for dissolveroperatøren betød pulvercontainere en markant arbejdsmæssig forbedring, idet de mange gentagne tunge løft (16 løft a 25 kilo stykket) samt den direkte kontakt med pulverråvarerne blev undgået. Videre var satsningen hurtig og effektiv, og uden at det støvede væsentligt.

Derudover blev det bemærket, at de satsede pigmenter i containeren har et stort bulkvolumen, hvorfor de respektive containere ikke kan indeholde meget pulver. Hempels marine og industrimalinger har generelt et højt tørstofindhold, samtidig med en stor variation i de pigmenter og fyldstoffer, der anvendes. Derfor blev der på baggrund af et kvantitativt skøn vurderet, at for at skulle bruge pulvercontainere i hele Lundtoftefabrikken, ville det betyde et antal containere, der af pladsmæssige årsager ville det være umuligt at håndtere.

Efter forsøget blev det konstateret, at der stadig var pigmentpulver tilbage i containeren, og at det var vanskeligt at fjerne. Dette ville give anledning til forurening, eksempelvis ved skift mellem forskellige kulørte pigmenter, hvorfor en særdeles grundig rengøring efter brug ville være nødvendigt. En sådan rengøring ville være omkostningskrævende samt give ekstra emission af både støv og opløsningsmidler.

9.2.3 Det optimale design for en pulvercontainer.

Baseret på forsøgene med pulvercontainerne blev der noteret fejl og mangler af generel karakter ved containerne, hvorfor der blev opstillet denne liste over det mest optimale design for en pulvercontainer:

- For at beskytte containeren skal den indbygges i en galvaniseret ramme.
- Containeren skal kunne stables.
- For at undgå rust skal containeren være fremstillet af rustfrit stål.
- Der skal være mulighed for registrering af indhold, i form af enten:
 - Plastiklomme til registreringspapirer.
 - Elektronisk registrering med scanner.
- For at undgå statisk elektricitet, skal containeren kunne jordes.

For at gøre det daglige vedligehold af pulvercontainere nemmere og billigere, kan man med fordel opbygge containeren med udskiftelige dele, herunder:

- Selve containeren.
- Vibratoren på containeren.
- Højtryksluftsystemet på containeren.

9.2.4 Sammenfatning af forsøg med pulvercontainer.

Pulvercontainerne blev anskaffet for at undersøge effektiviteten ved at bruge sådanne. På baggrund af forsøg blev det konstateret, at pulvercontainere giver en væsentlig arbejdsmæssig forbedring for dissolveroperatøren, hvilket kommer til udtryk ved reduceret berøring med pulveret og reduceret støvmængde. Herudover giver pulvercontaineren en signifikant øget satsehastighed.

Endvidere fremgik det af forsøget med pulvercontainere at anvendelsen forbundet med store logistiske vanskeligheder, primært på grund af pladsmangel og rengørings- og emissionsproblemer.

Efter at have opvejet fordele og ulemper blev det konkluderet, at inden for de gældende rammer er det ikke muligt at udnytte pulvercontainere på Hempelfabrikken i Lundtofte.

10 Selvrensende rørsystem.

Udgangspunktet for anlægget er, at emission ved transport af maling fra dissolver til opbevaringstankene forhindres, idet systemet er fuldstændig lukket. Derudover sker der en automatisk rensning, der tilsikrer, at forskellige produkter kan pumpes igennem det samme rør uden at blive forurenede.

10.1 Gennemgang af det selvrensende rørsystem.

Efter produktet er blevet dispergeret i dissolveren, skal det transporteres til opbevaringstankene, hvilket i dag sker gennem en kombination af pumper, slanger og stigrør. For at undgå forurening af produkterne anvendes dedikerede slanger til de respektive produkter, mens stigrør og pumpe skal rengøres efter brug.

I nedenstående figur 5 er rørsystemet gennemgået skematisk.

Det selvrensende rørsystem er opbygget således, at der kun er ét transportrør, hvor der er tilkoblet to pumpestationer og otte opbevaringstanke. For at overføre et færdigt produkt til en af opbevaringstankene, kobles den respektive dissolver til en pumpestation [P] og herefter pumpes ved hjælp af en pumpe op i opbevaringstankene. Efter pumpning renses hele røret automatisk.

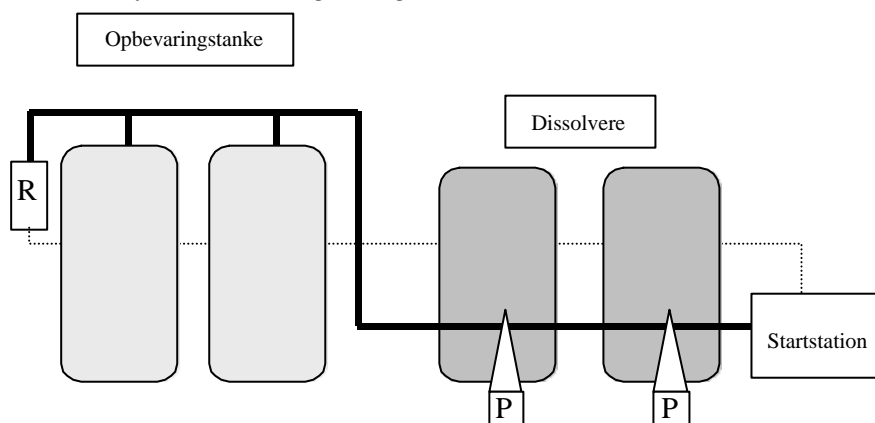
Efter at produktet er pumpet fra dissolveren over til opbevaringstanken, startes den automatiske renseprocedure.

Renseproceduren foregår ved, at to propper med læber, såkaldte grise, ved hjælp af en pumpe (tryk, 8 bar) og rensende opløsningsmidler, trykkes igennem røret og frem til rensestationen [R], hvor grisene bliver rensede (når grisene er i rensestationen, er transportrøret fyldt med opløsningsmidler).

Når grisene er blevet rensede, trykkes grise og drivopløsningsmidlerne tilbage til startstationen ved hjælp af højtryksluft fra luftrøret.

Hele proceduren styres fra systemets PLC, samt pumpen ved startstationen.

Fordelen ved dette system er, at renseproceduren er hurtig og effektiv, samtidig med at rensedynderen bliver genbrugt.



Figur 5. Skematisk gennemgang af det selvrensende rørsystem.

R: Rensestation.

P: Pumpestation.

— Transportrør

..... Luftrør

10.1.1 Test af renseproceduren.

For at teste renseproceduren, blev der opstillet et forsøg, hvor der først blev pumpet en rød rivebase med høj viskositet og høj vægtfylde igennem røret, derefter blev røret rensede, og endelig blev der pumpet en lys grå rivebase gennem røret.

For at anskueliggøre om renseproceduren var tilstrækkelig god blev der lavet et opstrøg af den lysegrå maling både før og efter at det havde været pumpet igennem transportrøret.

Herefter blev farveforskellen mellem de to opstrøg målt på en farvemåler, et såkaldt spektrofotometer.

I nedenstående tabel er resultaterne fra forsøget opstillet:

Tabel 3: Resultater fra sammenlignende test af renseprocedure.

		Lyskilde	
		$\Delta(D_{65})$	$\Delta(A)$
L	Sort/hvid-forhold	0,41	0,41
a	Rød/grøn-forhold	-0,01	-0,03
b	Blå/gul-forhold	-0,07	-0,07
Cielab, dE		0,42	0,42

Lyskilde A: Hvidglødende

Lyskilde D_{65} : Dagslys

D: Forskellen mellem prøverne før og efter griseanlæg.

Cielab, dE: Samlet mål for afvigelsen

Af denne test fremgik, at malingen efter at havde været igennem røret ikke var blevet forurenede af den røde marinemaling.

For yderligere at bekræftige den effektive renseeffekt blev røret skilt ad og dette viste en meget fin renset rørflade fri for malingsfilm.

10.2 Problemer med griseanlæg.

For at afprøve systemet under så optimale forhold som muligt, blev systemet inddraget i den daglige produktion.

Den daglige brug af systemet viste, at forsøgsopstillingen ikke betød nogen forbedring for operatørens arbejdsrutiner. Dette kom til udtryk ved, at af- og tilkobling til griseanlægget stadig var manuel, hvorfor der til stadighed forekom emissioner fra slanger og pumper.

Dette betød endvidere, at ønsket om et fuldstændigt lukket system ikke umiddelbart blev opfyldt.

Fra leverandøren var det blevet opgivet, at grisene skulle bruges i systemet i tre dage ad gangen, hvorefter de skulle tages ud og afluftes.

Efter at systemet var taget i brug, viste der sig hurtigt et mønster, hvor grisene efter nogle timer i systemet begyndte at sætte sig fast i røret, mens der blev renset.

Analyse af grisene indikerede at disse kvældede det vil sige voksede, hvorfor grisene til sidst satte sig fast i røret. I næste afsnit analyseres hvorfor grisene kvældede.

For at fjerne grisene fra transportrøret, efter at de havde sat sig fast, var det ofte nødvendigt at hæve trykket på returluften til mere end 10 bar, hvilket gentagne gange resulterede i, at opløsningsmidler og aerosoler, der blev blæst ud i produktionshallen.

I nedenstående afsnit gennemgås en undersøgelse af den polymer som grisene er lavet af. I undersøgelsen testes polymerens resistens for de opløsningsmidler, der bruges i produktionen.

10.2.1 Test af grises resistens mod opløsningsmidler.

Grisene er opbygget af polymeren polyurethan.

For at undersøge om polymeren kan tåle de opløsningsmidler, der almindeligvis forekommer i produktionen, blev fire forskellige grise neddybbet i fire forskellige blandinger af opløsningsmidler.

Tabel 4. Opløsninger til test af polymer.

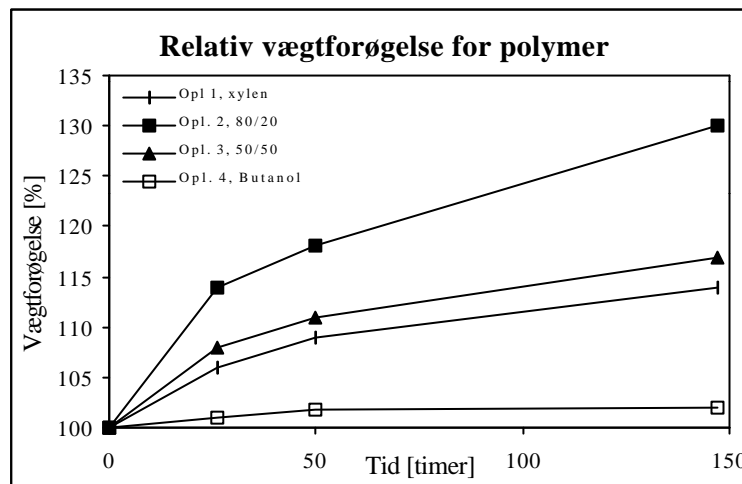
	Opløsning	Xylen	Butanol
1		100	
2		80	20
3		50	50
4			100

Grunden til, at der netop er valgt disse opløsningsmidler er, at de er de mest brugte i produktionen. Samtidig vil det også være blandt de stærkeste opløsningsmidler, der på nuværende tidspunkt anvendes hos Hempel.

Herefter blev vægtforøgelsen fulgt over tid, idet vægtforøgelsen kan bruges som et mål for, hvor resistent polymeren er overfor den respektive opløsningsblanding.

I nedenstående figur ses den relative vægtforøgelse som funktion af tiden. Det fremgår af figuren at vægtforøgelsen er kraftigst, hvor polymeren er neddybbet i blandingerne af xylene og butanol (6 % henholdsvis 14% efter 26 timer), mens vægtforøgelsen er lavest ved butanol (1% efter 26 timer). Dette indikerer, at polymerens bestandighed er mindst overfor xylene og butanol, blandet i forholdet 80/20 og er mest resistent overfor ren butanol.

Den væsentligste andel af Hempels produkter er baseret på xylene eller en kombination af xylene og butanol, hvorfor det må forventes, at grisene vil kvælde inde i grisesystemet og derved sætte sig fast under brug.



Figur 6. Den relative vægtforøgelse for polymeren neddybbet i diverse opløsninger.

10.2.2 Produktsikkerhed.

Et væsentligt aspekt ved et automatisk rørsystem tilknyttet flere opbevaringstænke er, at diverse kugleventiler og styresystemer reagerer korrekt, således at produktet

pumpes til den valgte opbevaringstank.

Under de mange test, der blev foretaget med griseanlægget, er der sammen med leverandøren blevet foretaget en løbende udvikling af produktsikkerheden på griseanlægget.

Den væsentligste forbedring var, at pumpestationen blev sammenkoblet med de respektive udgangsventiler ved opbevaringstænkene. Hvis systemets PLC registrerer et forkert signal fra udgangsventilen, som eventuelt kan skyldes, at den pågældende ventil ikke er åben, da lukkes automatisk for pumpestationen, således at der ikke kan pumpes maling ind i transportrøret.

Herudover var det nødvendigt at forbedre signalerne på styrepulten, så operatøren havde bedre mulighed for at følge operationen.

10.2.3 Personsikkerhed.

Rensproceduren i griseanlægget er baseret på grisene og opløsningsmidlerne, der trykker grisene frem gennem røret.

På grund af at der arbejdes med luft under tryk, har dette betydet nogle voldsomme uforudsete hændelser, hvor aerosoler og opløsningsmidler er blevet blæst ud i fabrikken.

Videre har det gentagne gange vist sig, at startstationen ikke er optimalt opbygget med hensyn til sikkerhed for operatøren.

For at forebygge uheld ved brug af systemet har det været nødvendigt, at antallet af brugere blev begrænset til kun at omfatte operatører, der er blevet grundigt instrueret i

systemet. Da grisene ofte satte sig fast, var det endvidere nødvendigt, at operatørerne havde en væsentlig indsigt for bedre at kunne analysere årsagen til problemerne.

10.3 Sammenfatning af selvrensende rørsystem.

Udgangspunktet for anlægget er, at emission ved transport af maling fra dissolver til færdigblandetanke reduceres til nul, idet systemet er fuldstændig lukket.

En test af rensproceduren har understreget, at rensningen af rørene er meget effektiv, således at forskellige produkter uden at blive forurenede kan pumpes efter hinanden.

Desværre har opstillingen af anlægget ikke betydet en forbedring af operatørens arbejdsrutiner. Dette kommer til udtryk ved at af- og tilkobling til griseanlægget stadig sker manuelt, hvorfor der til stadighed forekommer emission fra slanger og pumper. Dette betyder endvidere, at ønsket om et fuldstændig lukket system ikke umiddelbart er opfyldt.

Yderligere har systemet ikke været velegnet til transport af alle typer af opløsningsmiddelbaserede produkter.

Grisene er lavet af et materiale, der i kontakt med opløsningsmidler, der anvendes af Hempel, giver anledning til kraftig kvældning, hvilket gentagne gange har resulteret i, at grisene har sat sig fast i rørsystemet.

Videre har den faste installation betydet, at problemsøgning samt -løsning har været både besværlig og meget tidskrævende.

På grund af grisenes vitale betydning for det selvrensende rørsystem er der blevet iværksat undersøgelser, for at finde et velegnet materiale til grisene, der kan modstå de opløsningsmidler, der anvendes hos Hempel.

Afslutningsvis må det konkluderes, at systemet teoretisk vil reducere emission, men i praksis endnu ikke har haft den tilsigtede virkning, hvorfor systemet i dag ikke er i brug på Hempels fabrik i Lundtofte.

Ulrick Sebber
Civilingeniør
Hempel Marine Paints A/S Denmark
17-12-1999

Marie-Louise Jönsson
Manager Production Operations Europa
Hempel Marine Paints A/S Denmark

11 Ordforklaring.

Dissolver:

Hurtigkørende røremaskine der anvendes ved produktion af maling.

Dissolverskive:

Hurtigkørende skive påmonteret dissolver, der fordeler pigmenter og fyldstoffer i rivebasen.

Rivebase:

Højpigmenteret blanding.

Vortex:

Tragt der fremkommer, grundet dissolverskivens hurtige omdrejningshastighed. Under satsning suges råvarerne ned i vortexen.

Dispergering:

Findeling af partikler i rivebasen.

Satse:

Tilsætning af pigmenter og fyldstoffer til dissolveren.

PLC (Program Logic Control):

Det selvrensende rørsystems styresystem-

Opløsningsmidler:

Et opløsningsmiddel er defineret som en væske der kan opløse bindemidler i farver og lak og som fordamper ved tørring.

De mest brugte opløsningsmidler hos Hempel er aromatisk kulbrinter (f.eks. xylen), alifatisk kulbrinter samt alkoholer.