

**Notat vedr.
design og samling af rør
coatet med FBE eller Chesterton komposit**

Notatet beskriver de muligheder
der findes for design og samlinger
på coatede rør
(specielt indvendigt coatede rør)

August 2006

Forord:

Dette notat er lavet i forbindelse med afholdelse af seminarer og møder med kunder vedr. funktionel coating af rør indvendigt og udvendigt.

Coating af rør vælges i de tilfælde, hvor korrosion eller slid er et stort problem, og hvor det alternativt er nødvendigt at bruge langt dyrere materialer.

Det er muligt at anvende almindeligt sort stål til sine applikationer, som herefter er beskyttet med en egnet coating. Dette reducerer omkostninger til applikationen med op til 80%!!

Hertil kommer at en evt. indvendig coating vil kunne reducere begroning og scale og dermed behovet for udsyring. Det medfører en reduktion i driftsomkostninger og længere opetid.

Det har vist sig at der er behov for at beskrive hvilke metoder der kan anvendes til design og til samling af coatede rør, som samtidig muliggør en forsvarlig coating og samling af rørene efter coating.

Notatet beskriver de fremgangsmåder hvorpå design af rørlængder og samling af coatede rør vil kunne finde sted, for på forsvarlig måde at sikre en lang levetid og lave driftsomkostninger for brugere af coatede rør.

Forfatter til dette notat er følgende firma:

Jakob Albertsen A/S
Aasiaatvej 5b
5700 Svendborg
Denmark
tlf.: +45 62 20 20 58
fax: +45 62 20 15 14
www.jakob-albertsen.dk
mail@jakob-albertsen.dk

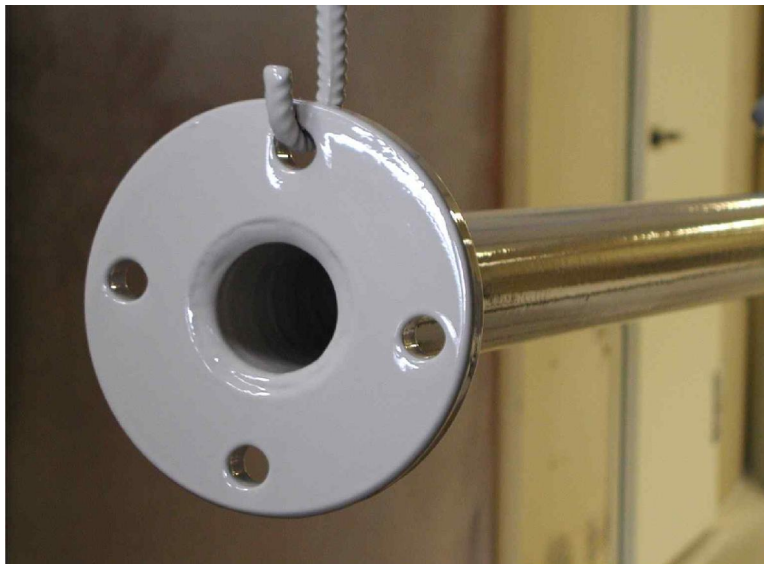
God fornøjelse med læsningen.

Indholdsfortegnelse:	side
<i>Coating og lining typer</i>	
FBE	4
Komposit	7
<i>Design af coatede rør</i>	
Sandblæsning	10
Coating	11
Design af rør for coating med FBE	12
Design af rør for coating med Chesterton komposit	13
<i>Samlinger</i>	
Muffede samlinger	14
Boltede samlinger, coatet flange	15
Boltede samlinger, ucoatet flange i ædelt metal	16
Clamp samlinger, coatet flange	17
Clamp samlinger, ucoatet flange i ædelt metal	18
Svejste samlinger med rørdel i ædelt metal	19
Svejste samlinger med Tuboscope indsats	20

Fusion Bonded Epoxy, FBE

Fusion Bonded Epoxy er rendyrket functional coating. Belægningen er særligt udviklet til pipelines og dens primære formål er korrosionsbeskyttelse i saltvand, men på basis af produktets fortræffelige egenskaber har det også fundet anvendelse på andre områder, eksempelvis offshore installationer.

Billede 1: Sort rør fuldcoatet indvendigt og udvendigt med FBE. Bemærk at pakkefladen er coatet, således at der ikke opstår spaltekorrosion. Ophængningshullet er efterfølgende repareret med en våd epoxy



FBE coating er også særdeles velegnet til brug for tanke, ventiler og andre emner, der er udsat for stærk korrosionspåvirkning. Den effektive beskyttelse gør, at der kan anvendes støbejern eller almindeligt stål i stedet for dyrere metaller som rødgoods eller rustfrit stål.

Billede 2: Rustfri beholder belagt med FBE. Beholderen er en del af en køler, som der ledes saltvand igennem. Der er valgt det billigere rustfrie materiale 316, som herefter coates. Udvendig skal beholderen alene modstå atmosfærisk korrosion



Ud over at yde en effektiv korrosionsbeskyttelse, har FBE en høj grad af kemikaliebestandighed og yder desuden en rimelig beskyttelse mod slidende medier. Kemikaliebestandigheden tæller udover saltvand og petrokemiske produkter også adskillige syrer. Bestandigheden imod slidende medier tæller moderat slid fra eksempelvis sand.

FBE kan klare temperaturer på de omgivende medier på 85°C for våde medier og 110°C for tørre medier.

*Billede 3:
Elektrostatisk påføring af FBE på et 12 meter langt sort rør. Røret er uden flange, da det er muffesamlet. Røret forvarmes i ovn til 180 grader Celsius, hvorefter det føres i en kabine for indvendig og udvendig belægning. Indvendig belægning foregår med lanse.*



FBE påføres elektrostatisk som pulver på 180°C forvarmede metalemner. Ved den rette forbehandling, med høj grad af ruhed og renhed, vil epoxyen smelte, når den når den varme metaloverflade og herved nå ned i alle hulrum, hvor den krydsbinder sig til overfladen.

Den herved meget høje vedhæftning til underlaget er særligt kendetegnet for FBE. Der kan ved denne belægningsform opnås en vedhæftning til underlaget på op til 200 kg/cm². En så høj vedhæftning findes ikke på andre traditionelle malingsystemer og den bevirker blandt andet at underrust ikke kan forekomme.

Sker der således en skade på en FBE belægning, vil korrosionsskaden kun udvikle sig i dette begrænsede område. Korrosionen vil således ikke løfte øvrig belægning af. Det sikrer belægningen en lang levetid i selv aggressive omgivelser.

FBE belægning skal ligesom øvrig coating være porefri. Det sikres ved at der efter endt afkøling foretages poretest ved hjælp af højspændt måleudstyr. Med en påtrykt spænding på 2200 Volt vil alle porer og lagtykkelser under 300 μ m afsløres.

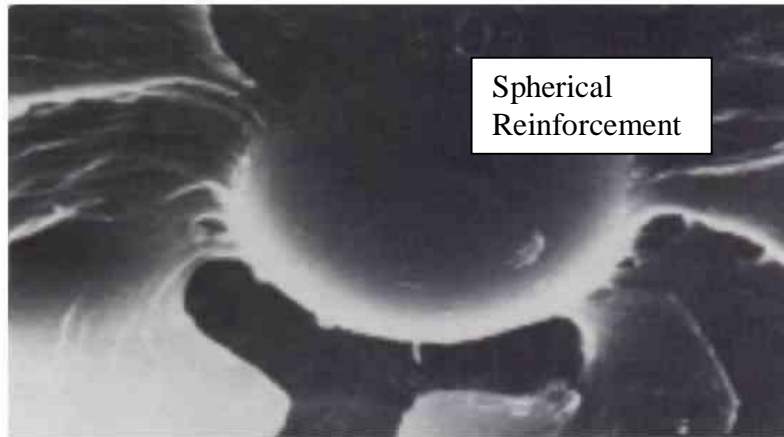
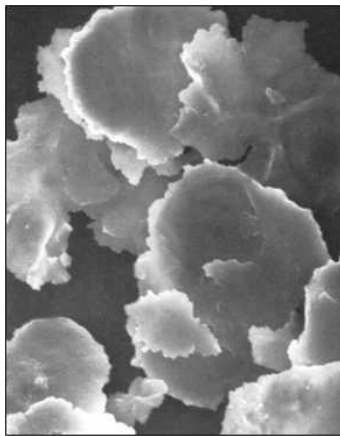
Evt. porer reparerer ved at belægningen slibes let og herefter coates med en våd epoxy af typen Hempel Multimill. Hempel Multimill er udviklet som tankmaling og har mange af de samme egenskaber som FBE. Den største forskel er temperaturgrænsen for våde omgivelser. Her klarer Multimill kun temperaturer op til 30 °C. Skal coatingen dermed modstå højere temperaturer, skal en evt. reparation foregå med en komposit.



Billede 4: Reparation af skade på FBE belægning. Belægningen omkring skaden slibes ru og ren. Herefter laves en blanding af våd epoxy, som pensles på skaden.

Chesterton Kompositmaterialer

Chesterton udviklede ARC kompositmaterialerne for ca. 25 år siden. Udgangspunktet var efterspørgsel fra industrien på højteknologiske coatingsmaterialer med høj vedhæftning, stor kemikalie resistens og mulighed for at kunne modstå erosion eller slid samt lang levetid. Chestertons basis udgangspunkt for ARC var en speciel komposit epoxy med mange molekylebindinger og forstærket med keramiske partikler (der er således ikke metal i ARC komposit).



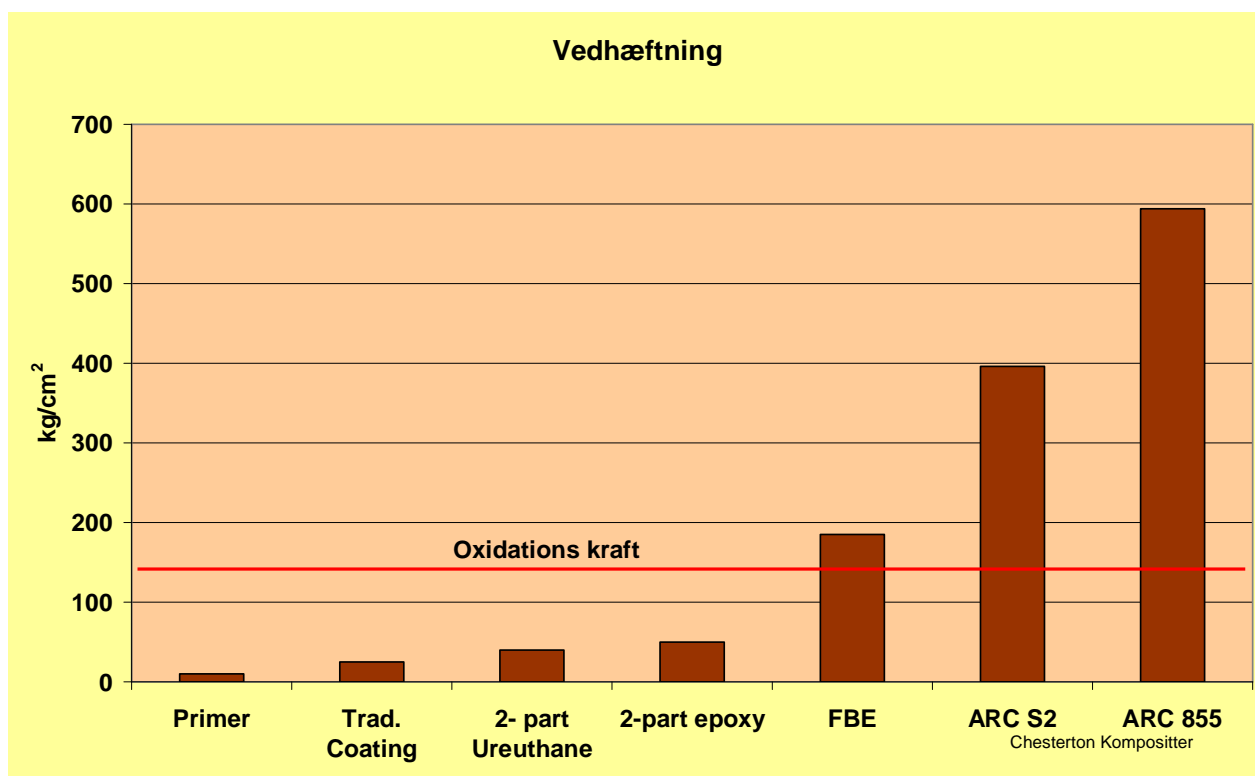
Billede 5: Til venstre forstørrelse af keramikpartikel. Til højre Chestertons patenterede binding af keramikken i epoxyen.

Epoxy kompositten er i forskellig grad, afhængig af formålet, armeret med keramiske partikler, typisk siliciumkarbid. Skal et emne modstå høj grad af slid, for eksempel fra sand, slam etc. er der ekstra mange og ekstra store keramiske partikler i kompositten og skal emnet omvendt kun levere rent vand, er kompositten kun forstærket i mindre grad og kun med små keramiske partikler.

Epoxyens gode bindingsevne fastholder keramikken, som kun langsomt slides i selv stærkt slidende miljøer. En komposit armeret med keramik er efter hærkning så stærk, at der skal bruges diamantstål, hvis der efterfølgende skal arbejdes i kompositten.

Vedhæftningsevnen til underlaget er særlig unik for kompositten. Vedhæftningsevnen skyldes dels de mange bindinger pr. molekyle, men også et særligt højt krav til renhed og ruhed på den overflade, der skal belægges med komposit.

Der er lavet test af vedhæftningsevnen for kompositten ved flere tilfælde. Alle forsøg er foretaget ved autoriserede institutter, som eksempelvis Teknologisk Institut. Der er ved alle forsøg opnået trækstyrker på over 300 kg/cm².



Billede 6: Vedhæftningsevne til underlaget for forskellige coatingtyper. Kun typer som FBE og Chesterton komposit kommer over oxidationsgrænsen. Det betyder at underfilmskorrosion ikke kan forekomme på sådanne belægninger.

Den høje trækstyrke er medvirkende til at kompositten også kan modstå høj grad af slid. Herudover betyder det at korrosionen ikke kan "kravle" ind under kompositten, hvis der opstår en skade, da den normale korrosionsproces "kun" udvikler et tryk svarende til 140 kg/cm².

Det vil sige at hvis der sker en skade på en belægning med komposit, vil skaden begrænse sig til et mindre areal. Der kan dog godt opstå grubetæringer i skadearealet, som følge af galvanisk korrosion, så det er en fordel at udbedre skaden i tiden.

ARC, kemisk resistens.

Opbygningen med de mange molekylebindinger betyder også, at kemisk resistens er højere end i traditionelle coatingsmaterialer på grund af materialernes vedhæftning og tætte struktur. ARC anvendes derfor i stort omfang til kemisk beskyttelse i kraftværkers afsvovlingsanlæg hvor kraftige syrepåvirkninger forekommer ved temperaturer under kondenseringspunktet, eksempelvis Gas/gas heatere, ren- og rågaskanaler samt i absorbere.

ARC har i stort omfang udvist længere levetider end materialetyper som korstenstål, syrefast rustfrit, Hastaloy C og SMO stål. I medicinalindustrien anven-

des ARC også bredt til korrosionsbeskyttelse af kemisk/termisk meget belastede områder.

Påføring af ARC komposit:

Der anvendes påføringsmetoder afhængig af opgavens art. Ved stort slid, spartles en typisk 3 mm. tyk ARC belægning på emnet. Ved beskyttelse imod korrosion og erosion påføres typisk 2 lag ARC til samlet lagtykkelse på 800 – 1000 my, ved pensel, rulle eller 2 komponent sprøjte.

Chestertons krav til overfladeforberedelse er sandblæst overflade fri for enhver form for forurening*) renheden skal være min. SA 2,5 og ruhedsprofilen (R-max.) mellem 75 – 125 my. Der kræves en min. temp. på 10°C for påføring og hærkning. Hvis man har mulighed for det, vil en temperatur på emnet og påføringssomgivelserne på 20 – 25°C, være og foretrække. Hærdetiden før emnet er klar til drift, er afhængig af temperaturen, kan vare fra timer til dage. Dog kan hærdeprocessen accelereres ved tilførsel af varme og typisk forkortes til max. 4 – 6 timer, således at hurtige coatinger og eventuelle reparationer er mulige.



Billede 7: Rustfrie rør coatet med Chesterton komposittype S2 på offshore installationer hos Petrobras i Brasilien.

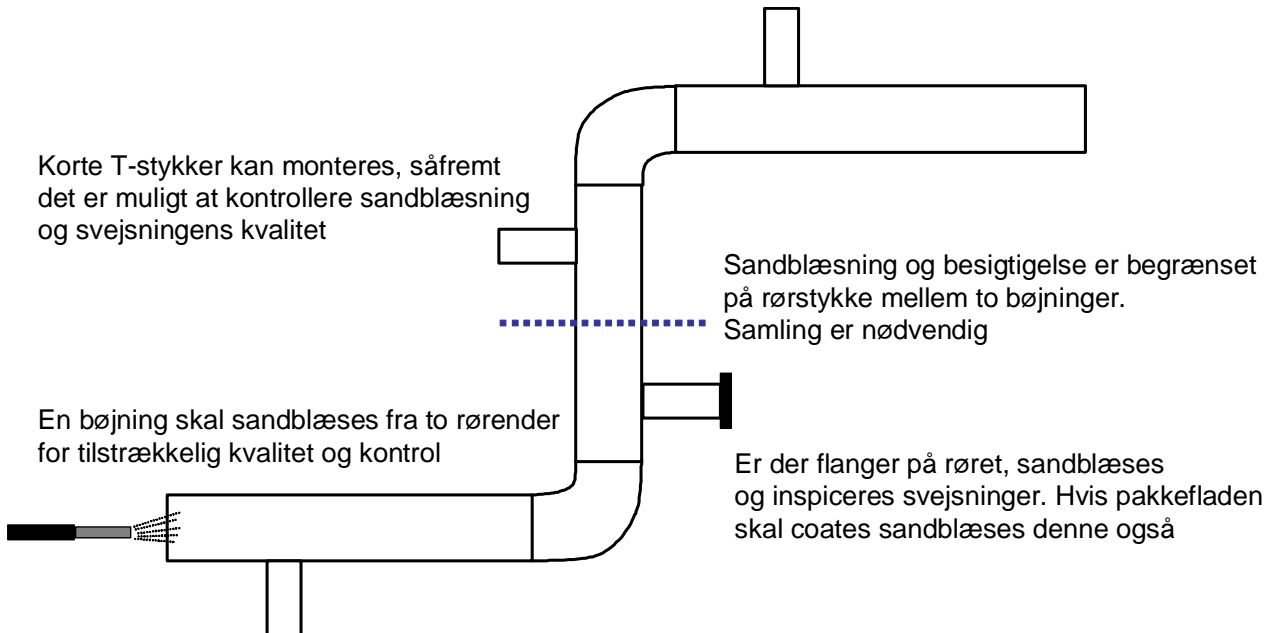
Sandblæsning:

Fælles for alle coatinger er at overfladen skal være ren. For specielt FBE og komposit gælder det tillige at der skal være tilstrækkelig ruhed for at opnå en høj vedhæftning til underlaget. Høj vedhæftning til underlaget sikrer at underfilmskorrosion ikke kan forekomme.

Renhed og ruhed opnås ved sandblæsning med grovkornet stålgrit eller med korund. Sandblæsning foregår i kabine, hvor rørene fysisk skal kunne være. Herudover er det vigtigt at man efterfølgende kan besigtige sandblæsningen overalt i røret, for at kontrollere at alt er rent og ru.

Det er eksempelvis ikke muligt at sandblæse rundt om 2 hjørner. Hvis et rør har én bøjning kan man blæse fra den ene ende og den anden ende, men har røret to bøjninger, vil det ikke være muligt at sandblæse eller besigtige rørstrækningen imellem de to bøjninger.

Rent fysisk er der derfor givne begrænsninger mht. rørdesign for at der muligt at skabe tilstrækkelig renhed og ruhed. Begrænsninger gælder specielt den indvendige sandblæsning. Indvendig sandblæsning og besigtigelse fordrer en samling af røret for hver bøjning.



Billede 8: Nødvendigt rørdesign for tilstrækkelig sandblæsning og kontrol af bøjninger og svejsninger

Coating:

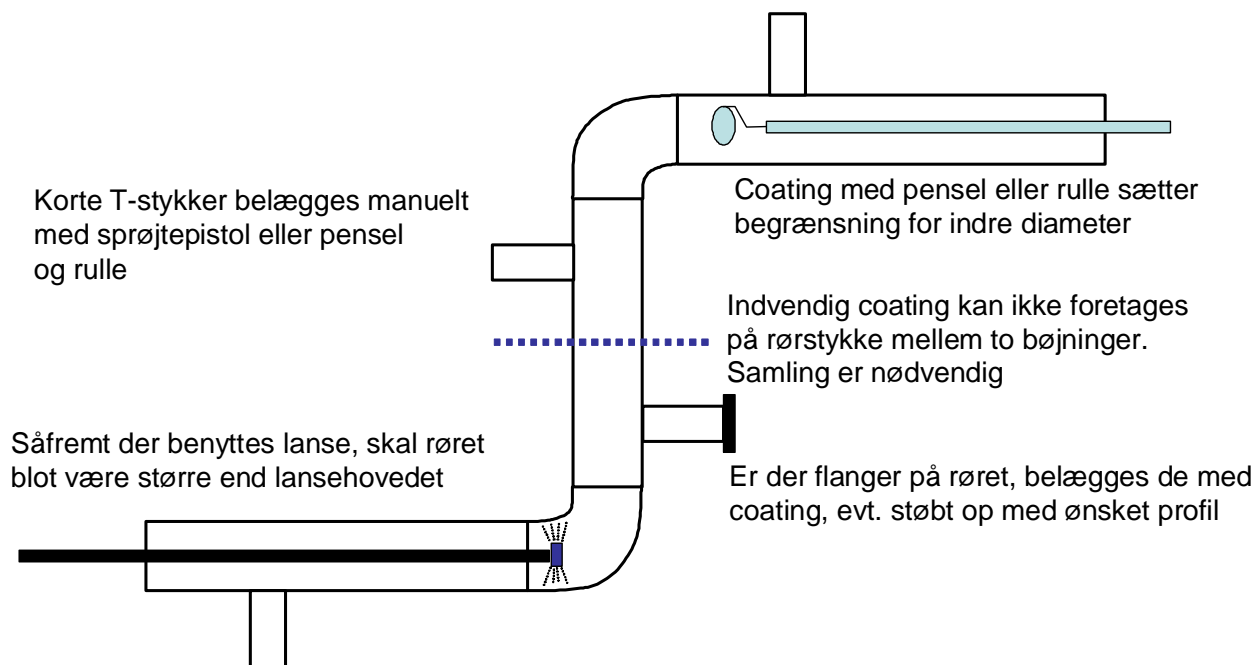
Når der er opnået tilstrækkelig renhed og ruhed for røret og alle overflader er kontrolleret, kan coating foretages.

Udvendig coating skaber i reglen ikke begrænsninger for rørdesignet, da det i næsten alle tilfælde er muligt at komme til. Indvendig coating derimod skaber begrænsninger med hensyn til rørets udformning.

Det er dels nødvendigt at kunne komme ind i røret med det udstyr, der skal påføre coatingen. Benyttes der eksempelvis lanser til belægningen, begrænser det dimensionen af røret, idet lanser inkl. påføringsudstyr har en given diameter.

Bruges der mere manuelt udstyr i form af pensel eller rulle til påføringen, giver det begrænsninger, idet både længden og diameteren af røret skaber begrænsningen. FBE påføres typisk med en lanse og komposit typisk ved vådsprøjtning, pensel eller rulle.

Efter en coating skal det være muligt at lave lagtykkelsesmåling, poretest og visuel kontrol af specielt den indvendige coating. FBE poretestes med højspændt poresøgning og komposit med både højspændt og vådspamp, afhængig af typen af komposit.



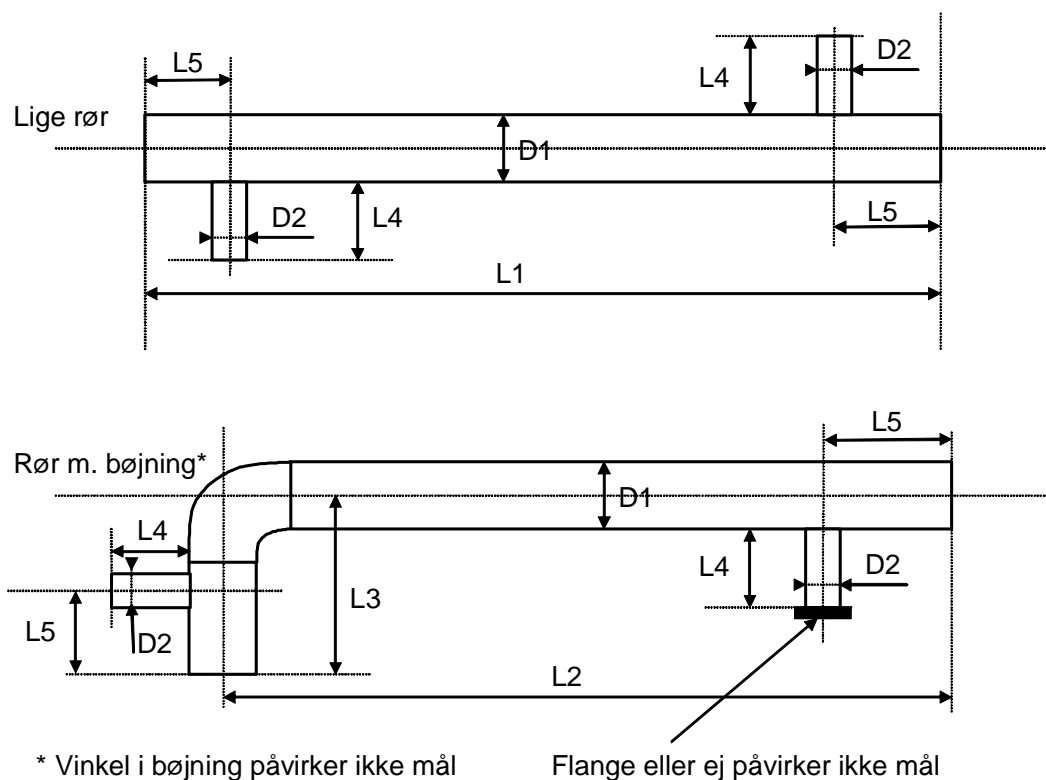
Billede 9: Nødvendigt rørdesign for specielt indvendig coating og kontrol

Design af rør for coating med FBE

Udover krav til geometri for sandblæsning og kontrol af rør, stiller coating med FBE visse yderligere krav til rørens geometri. Belægning med FBE foregår ved elektrostatiske pulverbelægning på forvarmede emner.

Ovnen stiller derfor visse krav til rørens størrelse, ligesom det skal være muligt at føre en lanse ind i røret for indvendig belægning. Endelig skal det være muligt at foretage visuel og højspændt poretest efter belægning.

Ved hjælp af tegningen og tabellen herunder, kan begrænsninger i design uledes for belægning med FBE.



Billede 10: Målskitse for design af rør coatet med FBE

D1/D2	50	65	80	100	125	250	300	400	500	600	700	800	1000
L1	6000	6000	6000	10000	10000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
L2	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
L3	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
L4	500	500	500	500	500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
L5	500	500	500	500	500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Alle mål er i mm. og det er maksimale mål for de givne længder

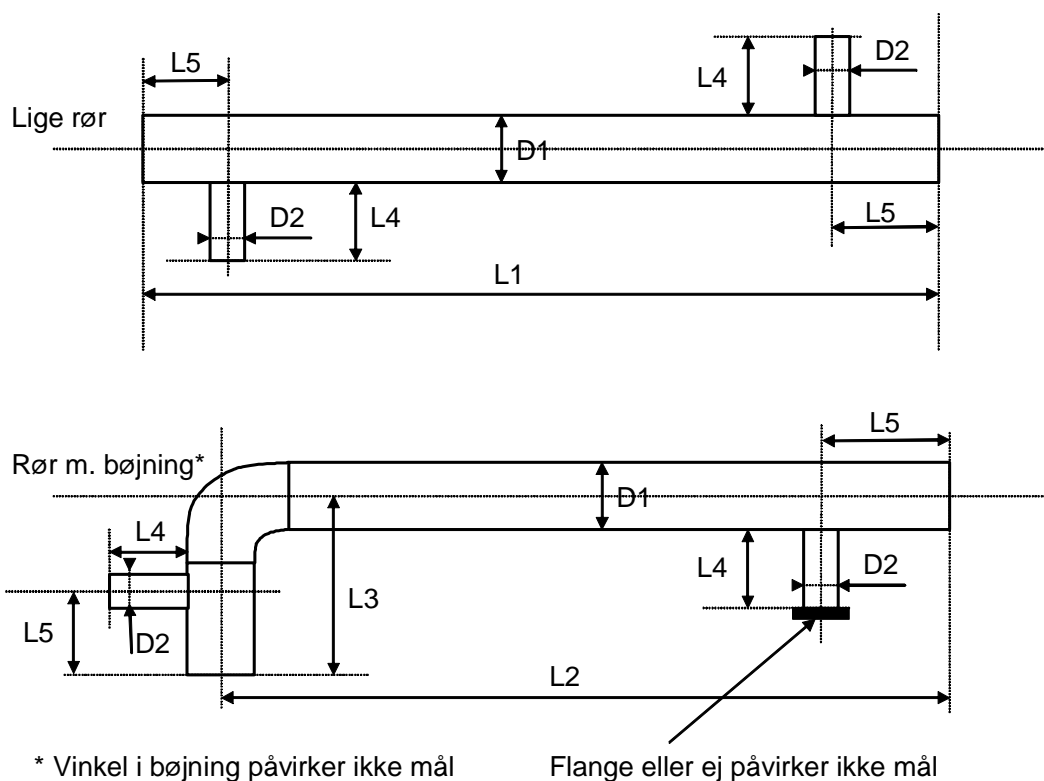
Tabel 1: Maksimale mål for rørdesign ved coating med FBE

Design af rør for coating med komposit

Udover krav til geometri for sandblæsning og kontrol af rør, stiller coating med komposit visse yderligere krav til rørens geometri. Belægning med komposit foregår ved sprøjtning, rulle eller pensel.

Indvendig belægning i store rør kan sprøjtepåføres. I mindre rør bliver sprøjtebilledet forringet ved en for lille afstand til rørvæggen. Her er det nødvendigt at påføre kompositten manuelt med rulle eller pensel. Det stiller krav til rørens længde.

Ved hjælp af tegningen og tabellen herunder, kan begrænsninger i design udledes for belægning med komposit.



Billede 11: Målskitse for design af rør coatet med komposit

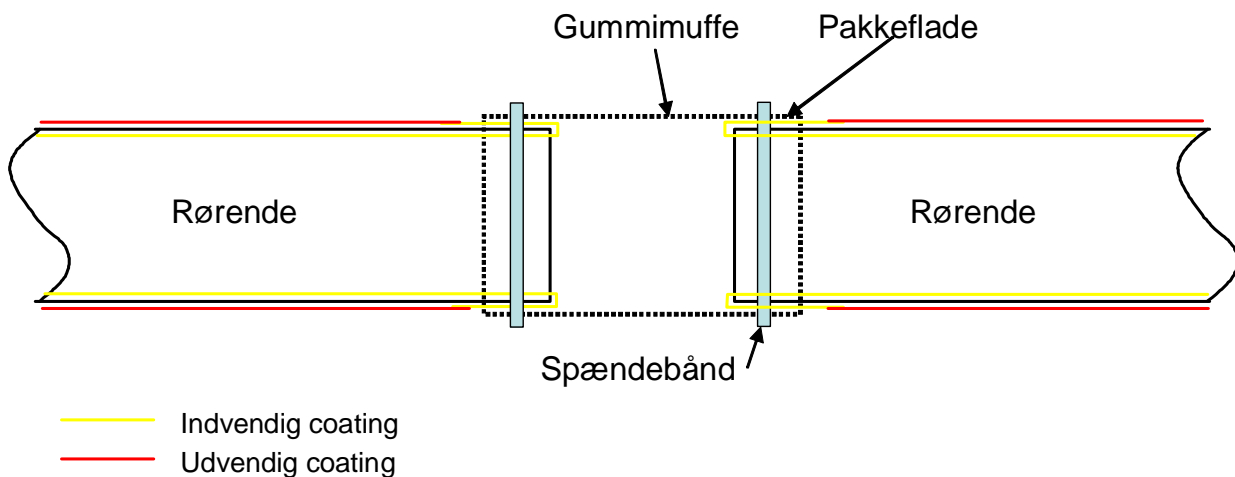
D1/D2	50	65	80	100	125	250	300	400	500	600	700	800	1000
L1	0	0	0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
L2	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
L3	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
L4	500	500	500	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
L5	500	500	500	500	500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Alle mål er i mm. og det er maksimale mål for de givne længder

Tabel 2: Maksimale mål for rørdesign ved coating med komposit

Muffede samlinger

Muffede samlinger er uden flanger. Disse samlinger bruges ved moderate tryk og mufferne er normalt af gummi.



Billede 12: Billede 1 viser en muffesamling. De frie rørender, der skal samles er uden flanger. Gummimuffen pakkes ved hjælp af spændebånd.

Muffede samlinger benyttes ofte som samlinger, hvor der samtidig er brug for ekspansion og smidighed i samlingen. Da muffen er af et elastisk materiale, typisk gummi, kan den kun modstå moderate tryk og temperaturer, ligesom resistensen overfor mediet kan være begrænset.

Coating af rør:

Indvendig coating: Ved coating af rør til muffede samlinger, foretages der coating på indersiden af røret og på ydersiden til og med gummimuffen plus et tillæg på eksempelvis 100 mm.

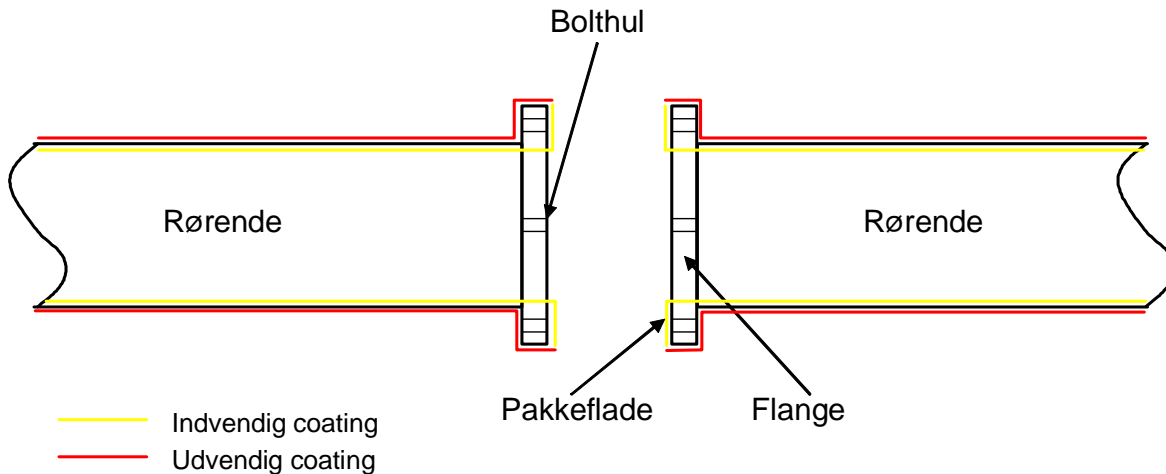
Udvendig coating: Udover den coating under muffen med et tillæg på 100 mm., kan der foretages valgfri coating på ydersiden, med et lille overlap. Der kan evt. vælges samme coating til indvendig og udvendig coating. Alternativt foretages udvendig coating offshore.

For at beskytte coatingen på den udvendige side af røret, hvor muffen skal placeres, monteres der en muffeprop udover rørenden efter coating.

Flangede samlinger

Der findes to typer af flangede samlinger. Boltede samling og clamp samlinger.

Boltede samlinger (coatet flange):



Billede 13: Billede 2 viser en boltet flangesamling. De frie rørender, der skal samles er med flanger. Flangerne er coatet og de spændes imod hinanden med en pakning imellem.

Coating af rør:

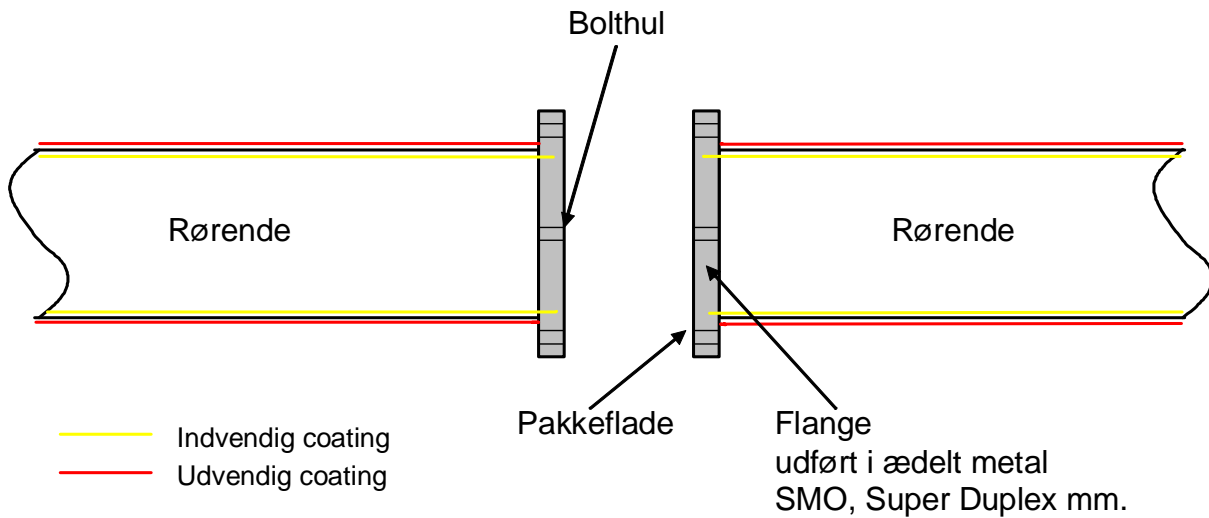
Indvendig coating: Der foretages normalt coating til og med pakkeflade på rør med boltede flangede samlinger.

Udvendig coating: Udvendig coating foretages normalt til og med yderkant af flangen, evt. med et lille overlap ind imod pakkefladen. Alternativt foretages udvendig coating offshore.

Coating på pakkeflade: Coating på pakkefladen laves så regelmæssig at pakningen kan gøres tæt. Hvis der anvendes uflexible pakninger, kan en coating af pakkefladen undlades. Alternativt kan der støbes en pakkeflade op i coatingmateriale med ønske overfladeprofil, således at en hel jævn pakkeflade kan opnås. Normal lagtykkelse for coating af pakkefladen er 500 – 800 my.

Hvis pakkefladen er coatet, er det vigtigt at den er beskyttes lige indtil det tidspunkt, hvor montering foretages. Der beskyttes normalt med en flange-prop, som er skubbet ind i røret efter coating og dækker hele flangen.

Boltede samlinger, ucoatet flange i ædelt metal:



Billede 14: Billede 3 viser en boltet flangesamling, hvor selve flangen er valgt i ædelt metal og derfor ikke er coatet.

Coating af rør:

Indvendig coating: Den indvendige coating går lidt ind over flangens inderside, for at sikre den indvendige side af røret.

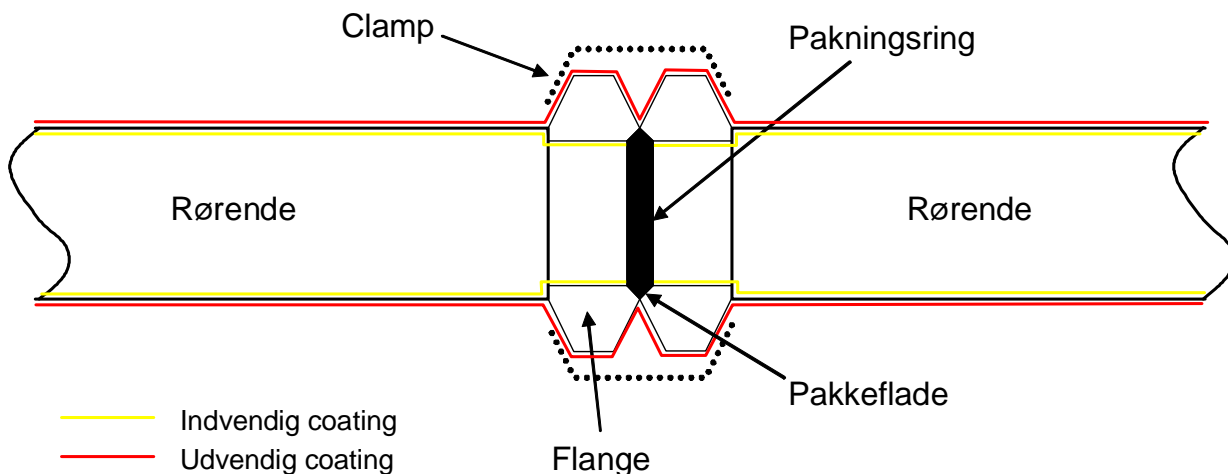
Udvendig coating: Udvendig coating foretages lidt ind på flangen for at beskytte rørets yderside. Alternativt foretages udvendig coating offshore.

Coating på pakkeflade: Pakkefladen er ikke coatet og der kan derfor vælges den type af flange der behøves af hensyn til pakningen.

Clamp-flangede samlinger

Clamp flangede samlinger anvendes ofte, hvor der stilles store krav til samlingen, typisk ved høje tryk og eller temperaturer. Flangerne pakkes mod en pakningsring af metal med et meget højt fladetryk. Trykket fremkommer ved at to halvskåle af en clamp spændes om de to flanger ved hjælp af bolte. Der spændes med højt moment.

Clamp samlinger, coatet flange:



Billede 15: Billede 4 viser en clamp flange samling. De frie rørender, der skal samles er med clamp flanger. De to flanger presses mod hinanden ved hjælp af en clamp, som spændes om de konisk formede flanger. En pakningsring, der passer ind på pakkefladen holder tæt.

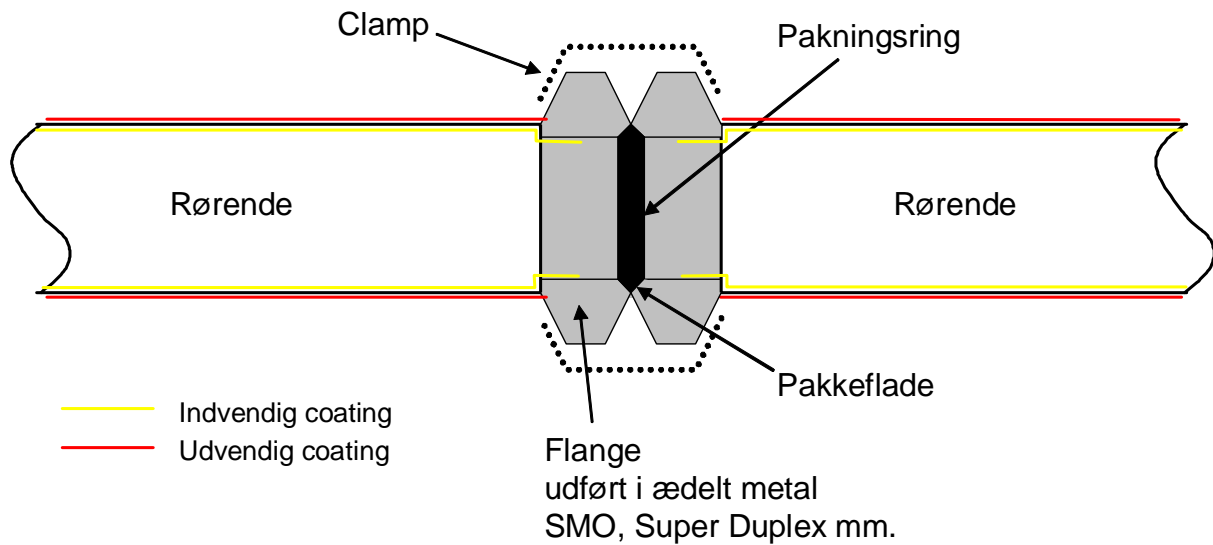
Coating af rør:

Indvendig coating: Der coates kun til pakkeflade, idet der ikke må coates på selve pakkefladen. Da det ikke er muligt at coate helt præcist op til pakkeflade, holdes 1-2 mm af rør indersiden før pakkeflade fri for coating.

Udvendig coating: Udvendig coating kan foretages til og med flangen for beskyttelse, men ofte holdes flangen fri, da clampen ellers vil beskadige coatingen ved samling. Alternativt foretages udvendig coating offshore.

Coating på pakkeflade: Normalt coates pakkefladen ikke, da der er meget høje krav til tolerancer her. Det er dog muligt at foretage coating af pakkefladen, idet pakkefladen før og efter coating mekanisk bearbejdes, således at alle tolerancer efter en coating overholdes. En sådan coating inkl. bearbejdning vil skulle foretages, før flangen svejdes på selve røret.

Clamp samlinger, ucoatet flange i ædelt metal:



Billede 16: Billede 5 viser en clamp flange samling med ucoatet flange. Flangen er i stedet valgt i et ædelt metal og der er kun indvendig coating et lille stykke ind på flangen. Den udvendige side af flangen er ikke coatet.

Coating af rør:

Indvendig coating: Der coates kun lige ind på flangen, således at der er sikkerhed for at røret er beskyttet. Flangen er valgt således at den kan klare mediets belastning.

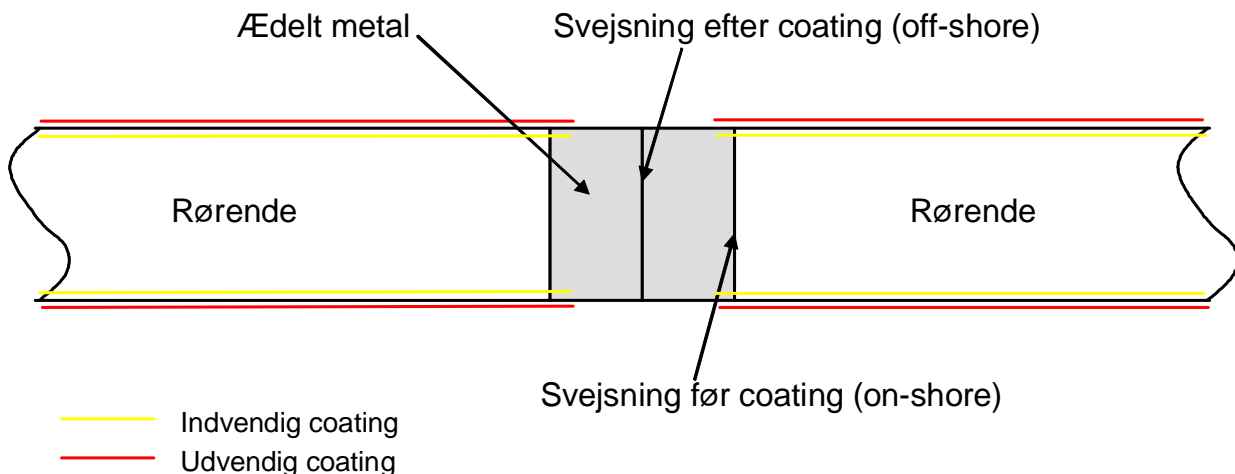
Udvendig coating: Det samme gælder den udvendige coating. Der coates kun lige ind på flangen. Alternativt foretages udvendig coating offshore.

Coating på pakkeflade: Pakkefladen er ikke coatet.

Svejste samlinger

Mange samlinger er svejste. En svejsning vil normalt ødelægge en coating, idet den høje temperatur fra svejsebadet brænder coatingen væk tæt på svejsestedet. Der findes to metoder til at løse dette.

Svejste samlinger med rørdel af ædelt metal:



Billede 17: Billede 6 viser en sammensvejst samling. De frie rørender, der skal samles er påsvejst en rørende af ædelt metal. Dette gøres samtidig med at røret fabrikeres on-shore. Herefter coates røret ind over det ædle metal. Ved montage af røret svejses i det ædle metal uden at den indvendige coating beskadiges.

Coating af rør:

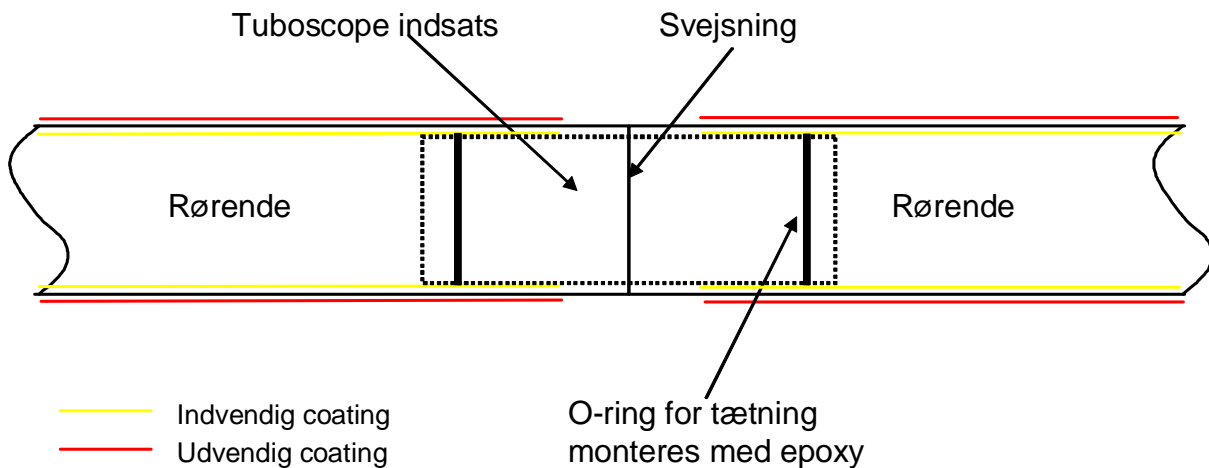
Indvendig coating: Der coates ind over den ædle rørdel, således af den uædle rørdel er beskyttet.

Udvendig coating: Udvendig coating foretages på samme måde som den indvendige. Alternativt foretages udvendig coating offshore.

Rørdelen i ædelt metal vælges i en passende længde, således at den udviklede varme fra svejsningen ikke skaber en temperatur på over 100 grader C, på det sted hvor coatingen starter inde i røret. Normalt vil en længde pr. rørstykke på 200 mm være passende.

Svejste samlinger med Tuboscope indsats:

Tuboscope indsatsene er et patenteret system, som kun kan købes gennem Varco. Systemet er udviklet til Toboscopes egne precoatede rør og spools.



Billede 18: Billede 7 viser en sammensvejst samling, hvor der er anvendt en Tuboscope indsats for tætning. Indsatsen pakkes med O-ringe som under monteringen lejres i epoxy. Herved skabes en tæt pakning ud mod det ucoatede rørstykke.

Coating af rør:

Indvendig coating: Der coates indvendig, idet rørenden holdes fri for coating, således at der ikke unødigt afbrændes coating under svejsningen. Normalt holdes 50-100 mm fri for coating.

Udvendig coating: Udvendig coating foretages på samme måde som den indvendige coating. Alternativt foretages udvendig coating offshore.

Det er vigtigt at følge leverandørens anvisninger for montage af tætningen før svejsning.