

Komposittreparasjoner på rørsystemer

Petroleumstilsynet

Doc no.: 83809
Ver: v1
Date: 13.11.2019

Document overview

Client:

Petroleumstilsynet

Document name:	Document number:
Komposittreparasjoner på rørsystemer	83809
Project name:	Project number:
PTIL Studie - Komposittreparasjoner	319-20191
Project manager:	Department:
Jan E. Scheie	12320

Abstract:

Det finnes en rekke løsninger for å utføre komposittreparasjoner på rørsystemer. FORCE Technology har ved kontakt med produsenter/leverandører, utførende firmaer og eiere innhentet informasjon om erfaringer og sikkerhet ved bruk av slike løsninger.

Keywords:	Distribution:
Forbehandling Komposittreparasjoner	

Current revision

Rev.	Date	Author	Checked by	Approved by	Reason for rev.
v1	13.11.2019	JSI	AWG	<i>Cecilie Mathisen</i>	

Previous revisions

Rev.	Date	Author	Checked by	Approved by	Reason for rev.

If this document is electronically signed, the electronic pdf version is the original. Any printed version of the document is a copy and the authenticity cannot be verified.

Table of contents

1	Sammendrag.....	5
2	Summary	6
3	Forkortelser / definisjoner.....	7
4	Innledning.....	8
4.1	Formål	8
4.2	Sikkerhetsutfordringer knyttet til reparasjons-løsninger	8
5	Historikk	9
6	Tekniske løsninger	10
6.1	Hva er komposittreparasjoner	10
6.2	Retningslinjer for bruk av komposittreparasjoner	10
6.3	Reparasjonsløsninger med komposittmaterialer.....	11
6.3.1	Midlertidige reparasjoner.....	11
6.3.2	Design reparasjoner (Engineered composite systems)	12
6.3.3	Eksempler på komposittreparasjoner.....	12
7	Kvalifisering av produkter	15
7.1	Kvalifisering av produkter.....	15
7.2	Leverandører av løsninger.....	16
7.2.1	Komposittmaterialer	16
7.3	Valg av forbehandling.....	16
7.3.1	Blåserensing	16
7.3.2	Annen mekanisk rengjøring	16
7.4	Reparasjonsklasser	17
7.5	Kvalifisering av operatører	17
8	Skade scenarier	18
8.1	Forekomst av skader	18
8.2	Årsak til utbedring.....	18
8.2.1	Utvendig godsreduksjon.....	18
8.2.2	Innvendig godsreduksjon	19
8.2.3	Lekkasje	19
9	Design av reparasjon, levetid, forlengelse og dokumentasjon	21
9.1	Designdata	21
9.2	Vedlikehold og driftshistorikk.....	21
9.3	Driftsdata	21
9.4	Levetid	21

9.5	Utbedring med komposittreparasjon	22
9.5.1	Kartlegging av skade	22
9.6	Legging av en komposittreparasjon.....	22
9.7	Inspeksjon etter legging	23
9.8	Dokumentasjon.....	23
9.9	Forlengelse av levetid	23
10	Tilbakemeldinger fra leverandører / utførende / eiere av anlegg	24
10.1	Undersøkelse	24
10.2	Utfordringer i forhold til utførelse.....	24
10.3	Erfaringer med komposittreparasjoner	25
10.3.1	Prosedyrer for legging av komposittreparasjoner	25
10.3.2	Typiske feil ved legging.....	25
10.4	Utførelse av fagfolk	26
10.5	Oversikt over utførte reparasjoner	26
10.6	Utbedring av malte områder med kompositt- reparasjoner.....	27
10.7	Innvirkning av komposittreparasjoner på sikkerhet.....	27
10.7.1	Nedbryting og aldring	28
10.8	Erfaringer med designlevetid og driftslevetid	28
10.9	Rørsystemer på støttestruktur påført passiv brannbeskyttelse (PBB)	28
10.10	Synlighet av- og oversikt over reparasjoner	29
11	Spørreundersøkelse	30
	Henvisninger.....	39
	Appendix A. Legging av komposittreparasjoner	A-1

1 Sammendrag

For reparasjon av rørsystemer med komposittmaterialer er det en rekke produkter tilgjengelig på markedet. FORCE Technology har vært i kontakt med produsenter og leverandører av løsninger, utførende firmaer og eiere for å få tilbakemeldinger om erfaringer og sikkerhet med denne typen løsninger.

Tilbake i tid var komposittreparasjoner kun å betrakte som midlertidige inntil en mulig utskiftning av et rør / rørsystem ble utført ved en revisjonsstans.

På bakgrunn av tilbakemeldinger, så synes det å være en økning av komposittreparasjoner de senere årene. Omfanget av midlertidige reparasjoner som blir utført virker å være mer begrenset enn tidligere. Medvirkende årsak er utarbeidelse av ISO 24817 som gjør at det i dag i langt større grad kan utføres såkalt design reparasjoner. Noe som gir mulighet for å beregne nødvendig tykkelse på en komposittreparasjon med bakgrunn i valgt løsning, design parametere og ønsket levetid. Dette og det at en reparasjon kan forskyves i tid i forhold til en revisjonsstans, virker å ha betydning.

Behov for utskiftning av reparasjoner utført med kompositt, synes å være liten. Men det opplyses at inntrengning av fuktighet og begynnende korrosjon kan forekomme ved endeavslutningene. Dette kan ha sammenheng med både forbehandling, utførelse og hvordan overmaling blir utført.

Reparasjoner vil kunne utgjøre en sikkerhetsrisiko dersom reparasjonsløsningen skulle svikte. En rekke faktorer, fra prosessforhold til påføringsmetode og forbehandling av reparasjonen, vil kunne påvirke denne risikoen.

2 Summary

In connection with composite repairs for pipework there are a number of products available on the market. FORCE Technology has been in contact with producers and suppliers of solutions, companies performing repairs and owners with regards to experience and safety issues with these solutions.

Going back in time composite repairwork was regarded as a temporary solution until a replacement of a pipe could be performed in connection with a shutdown.

Based on response, there seems to be an increase in the number of composite pipe repairs performed the recent years. The extent of temporary repairs performed seems to be more limited than before. Contributing factors may be the development of the ISO 24817 standard which makes it possible to perform engineered design repairs. This makes it possible by use of calculations to determine the necessary thickness of a composite repair on the basis of selected product/solution, design parameters and set designlife. This and the fact that the repair can be postponed in time with regards to a defined shutdown, seems to be decisive.

The need for replacement of composite repairwork seems to be low. But issues with regards to ingress of water/humidity and initial corrosion can occur at the ends of repairs. This may be due to lack of surface preparation, installation of the repair and performance of overcoating.

Repairs may have an effect on the safety risk if the repair should fail. A number of factors, from the process conditions to surface preparation and method of application of the repair, may influence this risk. cx cx

3 Forkortelser / definisjoner

ASME	The American Society of Mechanical Engineers
CRA	Corrosion Resistant Alloys
CS	Karbonstål
D	Utvendig diameter
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
l_{over}	Aksiell lengde av designtykkelsen av reparasjonen
l_{defekt}	Aksiell lengde på defekt / skade
l_{taper}	Aksiell lengde på avtrapping
ISO	Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen
ISO/TS	ISO Technical Specification
MAWP	Maximum Allowable Working Pressure
NDE	Non Destructive Evaluation
NDT	Non Destructive Testing
NVI	Nærvissuell Inspeksjon
PBB	Passiv Brannbeskyttelse
PTIL	Petroleumstilsynet
QA	Quality Assurance
SS	Rustfrie/syrefaste stål
T_g	Glassomvandlingstemperatur

4 Innledning

4.1 Formål

Formålet med denne rapporten er å bidra til å etablere en bedre forståelse av historisk utvikling, omfang, kvalitet og utfordringer knyttet til komposittreparasjonsmetoder og wraps på norsk kontinentalsokkel og landanlegg fra 1970-tallet og frem til i dag.

Rapporten skal kunne brukes i forbindelse med oppfølging av utfordringer innen tilstand på landanlegg og innretninger til havs og skal i tillegg til å inneholde en kort historisk oversikt over komposittreparasjonsmetoder og deres tilhørende robusthet legge vekt på endringer og utvikling, filosofier og strategier samt typiske sikkerhetsmessige utfordringer og svakheter innen material- og metodevalg.

FORCE Technology har i denne forbindelse henvendt seg til en rekke leverandører av produkter og løsninger, eiere av anlegg og til utførende firmaer som gjennom opplæring fra leverandør utfører selve reparasjonene. Dette for å innhente opplysninger om både utførelse, hyppighet og erfaringer med ulike løsninger.

Det er i denne sammenheng kun sett på løsninger som involverer bruken av komposittreparasjon med to-komponent produkter. Løsninger med bruk av klammer med f.eks. gummi og rustfrie / syrefaste klammer (f.eks. Straub-koplinger) samt reparasjonsmetoder som krever varmt arbeid i form av f.eks. sveising er ikke omhandlet.

4.2 Sikkerhetsutfordringer knyttet til reparasjons-løsninger

Reparasjoner utført enten på flenseflater eller andre områder tilknyttet et rørsystem vil potensielt utgjøre en sikkerhetsrisiko dersom reparasjonsløsninger skulle svikte. Omfang vil naturligvis avhenge av det innvendige mediet (hydrokarboner / vann / sjøvann) og hvor systemet er i drift.

En rekke forhold vil kunne innvirke i forhold til slike reparasjoner;

- Metoder for forbehandling
- Krav til forbehandling
- Krav til temperatur for blanding / påføring av reparasjonsløsninger
- Valg av produktløsninger
- Innvirkning av innvendig medium
- Blanding av produkter
- Påføring av reparasjonsløsninger
- Inspeksjon av reparasjonsløsninger

5 Historikk

FORCE Technology har fått opplysninger om erfaringer tilbake til 1980 tallet, hvor det opplyses at det ble brukt komposittreparasjoner ved rørskader på Frigg og Odin. [1].

Det er nevnt at enkelte av oljeselskapene tidligere har hatt interne rutiner med maksimal varighet på 3 måneder før utskiftning eller installasjon av annen permanent løsning skulle være på plass. Andre igjen har hatt løsninger, hvor midlertidige reparasjoner ble benyttet fram til neste revisjonsstans, og inntil 3 år frem i tid.

Produktene tilbake til 1980 var i stor grad basert på epoksyresin og glassfiber duk (laminat) og for bruk innenfor forskjellige temperaturområder. Produktene var da beregnet kun som midlertidige reparasjoner med planlagt utskifting ved revisjonsstans.

I 2006 forelå standarden ISO/TS 24817, som gjorde det mulig å designe komposittreparasjoner med levetider inntil 20 år. Den første utgaven av ISO 24817 ble utgitt i 2015.

Produktene på markedet i dag omfatter epoksyresiner utviklet for bruk innenfor en rekke temperaturintervaller. Enkelte produkter har en øvre temperaturgrense på godt over 200 °C. I forhold til tidligere, hvor det hovedsakelig ble benyttet glassfiber duk, benyttes det i dag i tillegg duker av karbonfiber og Kevlarfiber. De to siste opplyses å gi høyere styrke for en valgt reparasjonsløsning. Fordelen med karbon- og Kevlar fibrer er at tykkelsen på komposittreparasjonen reduseres. Prisen for løsningen er noe høyere, men det antydes at denne kompenseres ved at tiden for legging reduseres.

Produktutvikling har også resultert i løsninger for bruk ved reparasjoner av caissoner m.m. i skvalpesonen og under vann. Slikt arbeid har vært utført av dykkere i rolig sjø tidligere, men bruk av robotisert utstyr og leggemetoder er utviklet og har vært prøvd. Slike løsninger vil trolig være fleksible og kostnadseffektive.

6 Tekniske løsninger

6.1 Hva er komposittreparasjoner

Komposittreparasjoner omhandler gjerne reparasjoner som utføres ved utbedring av skader enten på flenseflater eller av utvendige /innvendige skader på rørsystemer, ved bruk av epoksybaserte produkter.

Dette er typisk løsemiddelfrie produkter, bestående av to-komponenter i form av en base og en herder, som blandes sammen i et angitt blandingsforhold.

Komposittreparasjon av flenser utføres gjerne ved bruk av epoksyresin (sparkel) for å utfylle groper / skader, slik at det oppnås en jevn tykkelse på overflaten. Sliping kan være nødvendig i forhold til toleransekrav.

Ikke-gjennomgående skader/defekter på rørsystemer repareres ved å forsterke epoksyresin med en duk av f.eks glassfiber, karbonfiber eller Kevlarfiber.

Ved gjennomgående skader på rør kan det være nødvendig å legge en metallplate over skaden med forankring med epoksyresin mot overflaten på røret før komposittreparasjonen utføres.

6.2 Retningslinjer for bruk av komposittreparasjoner

Utgangspunktet for en utbedring, er at skadeomfanget er kartlagt og at det er tatt en avgjørelse med referanse til ASME B31G [2] eller API RP 579 [3] på at en utbedring kan gjøres med bruk av komposittmaterialer.

Relevante standarder i forbindelse med komposittreparasjoner er;

- ISO 24817 [4] - Komposittreparasjoner av røranlegg - Kvalifikasjon og utforming, installasjon, prøving og inspeksjon og / eller
- ASME PCC-2 [5] – Repair of Pressure Equipment and Piping

I utgangspunktet så er det ingen større forskjeller mellom disse standardene. Ingen av dem tar stilling til/uttaler seg om hvilken type skader eller størrelsen av en skade som lar seg reparere. Standardene angir retningslinjer i forhold til valg av metoder / teknikker for å bedømme sikker drift av trykkpåkjent utstyr i forbindelse med olje/gas-, petrokjemisk og kjemisk industri.

Komposittreparasjoner for utbedring velges for å gjenskepe strukturens integritet.

Områder som dekkes av innholdet i standarden ISO 24817 omfatter de som normalt finnes i et olje-/gassproduksjons- eller prosessanlegg:

- Væsker til hjelpesystemer, diesel, sjøvann, luft
- Kjemikalier (væsker)
- Produksjonsvæsker, inkl. hydrokarboner, hydrokarboner (gassform) og gass-kondensat

For rørsystemer vil typisk bend, T-stykker, redusere, rette rør og flenser være deler hvor komposittreparasjoner utføres for å redusere:

- Utvendig korrosjon, hvor skaden ikke er gjennomgående, slik at en utbedring vil bremse ytterligere korrosjon
- Innvendig korrosjon, forårsaket av erosjon med godsreduksjon eller gjennomgående skade. Korrosjon vil kunne forekomme selv etter utbedring. Dette må tas med i betraktninger ved beregning av sluttstørrelsen på defekten.
- Sprekkliknende defekter, som ikke er gjennomgående. Det er et krav at lengden på en sprekk er kjent, og vil ikke øke utover i levetiden.

Samt skal sørge for:

- Oppbygging av styrke og/eller avstiving lokalt

6.3 Reparasjonsløsninger med komposittmaterialer

Ved utbedringer på rør, så kan komposittreparasjoner utføres som en midlertidig reparasjon eller som en design reparasjon.

6.3.1 Midlertidige reparasjoner

En midlertidig reparasjon, er gjerne å betrakte som en reparasjon som er tenkt å vare fram til en evt. utskiftning, og ofte knyttet til en revisjonstans. I de fleste sammenheng en løsning med begrenset funksjonstid.

Ved en midlertidig reparasjon, så gjøre det normalt ingen beregninger i forhold til tykkelsen eller antall lag av komposittreparasjonen. Det er derfor vanlig at slike løsninger kun tillates brukt på lav kritiske rørsystemer. Det kan også være begrensninger i forhold til anvendelse f.eks knyttet opp mot rette rør og bend.

Av den grunn kan det nødvendig med retningslinjer til antall lag og tykkelse for en reparasjon. Eksempelvis kan det være:

- minimumstykkelse på 5 mm eller en tykkelse tilsvarende 5 lag med kompositt
- eller hvor lengden på reparasjonsområdet er det største av; 100 mm eller $2\sqrt{D \cdot t}$, hvor D er utvendig rørdiameter (mm) og t er godstykkelsen (mm).

I forhold til reparasjonslengden, så er denne i overenstemmelse med anbefalinger i ISO 24817.

Det kan være tilfeller hvor det er lagret såkalte "do-it-yourself" løsninger på offshore installasjoner. Disse er enkle i bruk, men er å betrakte som en midlertidig reparasjon.

I forhold til korrosjonsbeskyttelse så vil bruk av malingssystemer i henhold til Norsok M 501 være mye brukt. Men andre aktuelle løsninger kan være bruk av tape, hvor kravet til mekanisk forbehandling er begrenset.

Aktuelle løsninger kan være bruk av petrolatum (fettbaserte) løsninger eller såkalte viscoelastiske produkter.

Ved bruk av petrolatumtape, så påføres overflaten med fett /grease og vikles så med ett eller flere lag med petrolatum tape eller annen tape. Mens viscoelastiske tapeprodukter ofte legges rett på. Denne tapen har en myk og klebrig konsistens som omgir en syntetisk forsterkning og glatt overside. Produktet hefter godt mot mange underlag og til seg selv.

Begge løsninger kan vikles med ytterligere tapeprodukter for å sikre f.eks UV bestandighet og mekanisk styrke.

Dette er løsninger som har vært anvendt i en rekke sammenheng både over og under vann i forbindelse med olje-gass industrien. Produktene vil gi langvarig beskyttelse. Muligheter for inspeksjon vil bestå i å fjerne tapen og påføre ny.

6.3.2 Design reparasjoner (Engineered composite systems)

Design løsninger er komposittreparasjoner som er spesiallaget (designet) for et gitt rørsystem. Selve designet av reparasjonen krever dokumentasjon i form av beregninger som skal oppfylle de kravene som oppgitt i ISO 24817 [4] eller ASME PCC-2 [5].

Alle design krever at det utført verifikasjon som viser pålitelighet og holdbarhet av løsningen med valgt forbehandling og rørmateriale.

I forhold til leggingen av komposittreparasjoner så krever det normalt bruk av fagfolk enten fra leverandør eller en tredjepart som er opplært og godkjent for dette av leverandør.

6.3.3 Eksempler på komposittreparasjoner



Før utbedring



Etter utbedring



Etter utbedring

Figur 1 Midlertidig reparasjon av prosess to-fase rør. Rørspool erstattet med ny etter ca. 9 mnd. (Månedlig inspeksjon utført fram til utskiftning).



Før utbedring



Etter blåserensing



Etter legging av komposittreparasjon



Etter påføring av toppstrøk

Figur 2 Tilstand før og etter utført komposittreparasjon



Før utbedring



Etter utbedring - Overmalt kompositt-reparasjon



Etter utbedring



Etter utbedring - Overmalt kompositt-reparasjon

Figur 3 Tilstand før og etter utbedring med komposittreparasjoner



Pågående utbedring



Etter utbedring

Figur 4 Pågående utbedring med komposittreparasjoner

7 Kvalifisering av produkter

7.1 Kvalifisering av produkter

Produkter som brukes ved design komposittreparasjoner av flenser og rør enten på landanlegg– eller offshore installasjoner, skal ha gjennomgått og være kvalifisert i henhold til ISO 24817 [4].

I den forbindelse skal en rekke viktige opplysninger om produktet foreligge for å dokumentere egenskaper / egnethet.

Dette omfatter mekaniske egenskaper til produktene som er nødvendige i forhold til tekniske beregninger og omfatter.

- Young's modul
- Poissons forhold
- Skjær modul
- Termisk utvidelses koeffisient
- Glassomvandlingstemperatur, T_g
- Barcol eller Shore hardhet
- Lap shear (skjærkraft)

Annen informasjon kan gjelde strekkfasthet både i radiell og aksial retning, samt vedheft mellom komposittreparasjonen og underlaget. Samt resultater av trykktester etter korttids- eller langtids eksponering i ulike miljøer og ved temperaturer $\geq$ design temperatur.

Kvalifikasjonen av et reparasjonssystem i henhold til ISO 24817 [4], innebærer at produktgodkjenningen gjelder for et gitt valgt materiale og forbehandlingsmetode.

De fleste av produktene er kvalifisert for bruk på følgende materialer;

- karbonstål
- syrefaste legeringer
- duplex rustfrie stål
- super duplex rustfrie stål

Ytterligere kvalifisering foreligger også for materialer som;

- 6Mo rustfrie stål (6Mo)
- Kopper-Nikkel (Cu-Ni)
- Varmforsinket stål (VFS)
- Titan (Ti)
- Aluminium (Al) og
- GRP

7.2 Leverandører av løsninger

FORCE Technology har vært i kontakt med 8 leverandører av komposittreparasjoner i Norge. Av disse så hadde 7 av disse kvalifiserte komposittløsninger i henhold til ISO 24817.

7.2.1 Komposittmaterialer

De to-komponente, løsemiddelfrie epoksyproduktene som brukes er gjerne laget slik at de er forholdsvis lette å røre / blande for hånd. Mengdene som blandes opp av gangen er små.

En del leverandører vil ha produkter egnet for bruk på rør med ulik driftstemperatur og også løsninger for bruk i plaskesone / neddykket tilstand.

Forsterkning av komposittreparasjonen gjøres bruk av ulike typer av laminat (duk) fremstilt av aramidfiber, glassfiber, karbonfiber eller kevlarfiber. Rent teknisk kan enkelte typer av laminat være fremstilt slik at de gir forsterkning i en retning, mens andre igjen gir forsterkning i flere retninger. Valg av type laminat kan avhenge av kompleksiteten av reparasjonen samt designparametere på rørsystemet.

De valgte materialer skal ikke ha negativ innvirkning på underlaget eller forårsake skader på underlaget.

7.3 Valg av forbehandling

Testing / godkjenning av komposittreparasjoner innebærer at reparasjonssystemet er testet på et gitt underlag som er igjen er forbehandlet til et minimumskrav hva gjelder både renhet og ruhet.

7.3.1 Blåserensing

Blåserensing er en rengjøringsmetode hvor et blåsemiddel akselereres mot en material-overflate f.eks ved bruk av trykkluft. Graden av rengjøring som oppnås avhenger av valgt blåsemiddel, trykk og hvor lenge blåserensing pågår. Lang blåsetid av et område vil øke renheten på underlaget.

Før påføring av kompositreparasjoner, skal overflaten ha nesten metallisk glans, og forurensninger i overflaten skal bare gi en svak misfarging. Et typisk krav til renhet er gjerne Sa 2½ i henhold til ISO 8501-1 [6]. Et krav som også er typisk i forbindelse med påføring av malinger / belegg.

Foruten å rengjøre overflaten, så bidrar også blåserensing til å gi metalloverflaten ruhet. For komposittreparasjoner vil ruheten gjerne ligge i området 50 – 100 µm i henhold til ISO 8503 [7].

Ved komposittreparasjoner så er det viktig at det brukes blåsemiddel med kantet form (grit) for å sikre god vedheft av komposittreparasjonen til metalloverflaten.

7.3.2 Annen mekanisk rengjøring

Mekanisk rengjøring kan også utføres ved bruk av roterende stålbørster.

Bruk av roterende stålbørster fjerner rust fra overflaten og gir metallisk glans, men bidrar i liten grad til ruhet. Bruk av slipe-rondeller (Scotch-Brite 3M skiver) er en bedre løsning, da skivene har innbakt slipepartikler, som tilfører underlaget ruhet.

Bruk av Bristle blaster er et annet alternativ. Det håndholdte instrumentet (pneumatisk eller elektrisk drevet) gjør bruk av roterende stålbørster med en «knekk», som slår / hakker i overflaten og dermed tilfører ruhet til underlaget.

7.4 Reparasjonsklasser

Reparasjonene skal knyttes til bestemte klasser, definert i Tabell 1.

REPARASJONS-KLASSE	TYPISK DRIFT	DESIGN TRYKK	DESIGN TEMPERATUR
KLASSE 1	Lav risiko hjelpesystemer, avløpssystemer, kjølemedier og sjøvanns anlegg	< 2 MPa	< 40 °C
KLASSE 2	Brannvann / deluge anlegg	< 2 MPa	< 100 °C
KLASSE 3	Produsert vann og hydrokarboner, brennbare væsker, gass Klasse 3 dekker også driftsbetingelser utover de nevnt over	Begrenset til reparasjoner designet i henhold til standarden og med en tykkelse lik < D/12	Nærmere beskrevet i ISO 24817 7.5.3

Tabell 1 Reparasjonsklasser [4]

Midlertidige komposittreparasjoner er gjerne tillatt brukt i klasse 1 og 2, men ikke 3.

7.5 Kvalifisering av operatører

For å kunne utføre komposittreparasjoner i henhold til ISO 24817 og /eller ASME PCC-2, kreves det at personell har gjennomgått opplæring.

Kravene gitt i ISO 24817, Annex I [4] er i korte trekk oppsummert under;

- Operatøren har gjennomgått
 - o 3 måneders (full tid) dokumentert opplæring hos leverandør
 - o Min. 2 års dokumentert praksis med legging av polymer systemer eller on-site erfaring innen mekaniske fag
- For å oppnå den nødvendige erfaringen så må operatøren gjennomgå teoretisk / praktisk opplæring hos leverandør av reparasjonssystem
- Opplæring gjelder for spesifikke system og klasser (Klasse 1 / 2 eller 3)
- Alle kvalifiseringstester skal utføres i henhold til en skriftlig prosedyre for den gitte utbedringen og skal være godkjent av leverandør av reparasjonssystemet.

Etter endt kurs, utstedes et sertifikat med foto som bevis på at vedkommende er godkjent for legging av komposittreparasjoner. Operatørkvalifiseringen er gyldig for ett år av gangen.

Godkjent personell som jevnlig utfører reparasjoner (ca. en pr måned / 10 i løpet av ett år) trenger ikke å dokumentere kompetansen. Men personell som ikke har utført reparasjoner i løpet av ett år, må re-kvalifiseres.

8 Skade scenarier

Standardene ISO 24817 [4] og ASME PCC-2 [5] baserer seg på to typer av defekter / «design cases».

1. Type A defekt (non through-wall defect)

En ikke-gjennomgående skade / defekt i materialet som heller ikke forventes å bli det innenfor designlevetiden for komposittreparasjonen, og som bare krever strukturell forsterkning.

2. Type B defekt (through wall defect)

En gjennomgående skade i materialet som krever tetting og strukturell forsterkning.

Ved aktiv korrosjon innvendig, så designes løsningen ut ifra en antakelse om at skaden vil være gjennomgående hvis veggtykkelsen mot slutten av design levetiden forventes å være mindre enn 1 mm.

Med bakgrunn i type av defekt, designparametere, mekaniske egenskaper til produktet og bruk av formler i ISO 24817, beregnes nødvendig tykkelse og lengde på en kompositt-reparasjon.

8.1 Forekomst av skader

Ved utbedringer av defekter / skader på flenseflater eller på rør er det viktig at det foretas en kartlegging i forhold til gjeldende krav og valg av reparasjonsmetoder:

- ved sveising
- ved bruk av kompositt systemer
- om utskiftning er nødvendig

I forhold til utførelse av komposittreparasjoner for flenser, vil type flens være en avgjørende faktor i forhold til om en reparasjon kan tillates. Det kan foreligge toleransekrav etter utbedringer ved sveising og maskinering eller bruk av komposittløsninger. Avgjørende her er blant annet type av flens samt forekomst av skaden.

8.2 Årsak til utbedring

Det kan være flere årsaker til at det evt. skal foretas utbedringer;

1. Utvendig godsreduksjon som følge av korrosjon eller mekaniske skader
2. Innvendig godsreduksjon som følge av korrosjon eller erosjon
3. Lekkasje

8.2.1 Utvendig godsreduksjon

I mange tilfeller så vil en reduksjon av tykkelse skyldes korrosjon. Det kan være flere årsaker som ligger til grunn for dette;

- Nedbryting som følge av skader eller manglende korrosjonsbeskyttelse
- Dannelse / forekomst av spalt- / pitting- eller galvanisk korrosjon.

Utsatte områder vil forekomme i marin atmosfære ved at fuktighet og salter ansamles, og gir opphav til dannelse av et korrosivt miljø. Dette kan skyldes utforming / design eller også ha sammenheng med utfelling av kondens. Rør- og røroppheng eksponert utendørs vil i høy grad være utsatt, men dette gjelder også rørsystem under dekk. Her kan rør ligge i ulike nivåer, og nedvasking forekommer sjeldent eller aldri og dermed pågår korrosjon mer eller mindre hele tiden.



Figur 5 Ansamling av fuktighet på utsatte steder

8.2.2 Innvendig godsreduksjon

Transport av medier, typisk innen olje- og gassindustrien, kan gi opphav til innvendig korrosjon i rør enten alene eller i kombinasjon med erosjon. Slik nedbryting vil naturlig nok utgjøre en risiko i seg selv.

Ved reparasjon utvendig, vil det ikke være mulig å hindre nedbrytingen fra innsiden. Derfor vil en slik løsning bare være å betrakte som en midlertidig løsning, med et nødvendig tidspunkt for utskiftning.

8.2.3 Lekkasje

Lekkasjer kan inntreffe hvis et korrosjonsangrep får utvikle seg over lang tid.

Tetting av gjennomgående skader kan utføres med en metallplate (evt med kurvatur for rør / tanker) som påføres epoksyresin og legges mot overflaten og deretter vikles med komposittmaterialer.

I andre tilfelle, kan det velges løsninger med klammere over skaden, og som evt vikles over.



Figur 6 Lekkasje på lavtliggende vannrør

Det kan være bedriftsinterne prosedyrer som gjør at det ikke gis tillatelse til bruk av midlertidige komposittreparasjoner av r rør. Unntak forekommer, men dette krever avviksbehandling, og det kan være krav til kompenserende tiltak som f.eks. oppfølging ved hyppigere inspeksjon.

9 Design av reparasjon, levetid, forlengelse og dokumentasjon

Ved utbedring med komposittreparasjoner, er det viktig at informasjon fra eier foreligger som input til produktleverandør.

9.1 Designdata

De originale data for design av utstyret er viktig, med informasjon om:

- a) Informasjon om rørsystemet - betingelser og rørklasse inkl. material spesifikasjon, veggtykkelse, trykk og temperatur
- b) Isometriske tegninger
- c) Spesifikasjoner av mekaniske laster
- d) Originalt design
- e) Myndighetskrav

9.2 Vedlikehold og driftshistorikk

Vedlikehold og driftshistorikk er nødvendige, og kan inneholde følgende:

- a) Dokumentasjon av endringer av driftsbetingelsene, inkl. trykk, temperatur, medium og korrosjonshastigheter
- b) Tidligere driftsbetingelser
- c) Oppsummering av alle endringer og tidligere utbedringer av underlaget
- d) Inspeksjonsrapporter med detaljer rundt utbredelse av skaden som ble reparert

9.3 Driftsdata

Informasjon om driftsbetingelsene er påkrevd, og består av følgende:

- a) Reparasjons design levetids krav og forventninger
- b) Nødvendig design og driftstrykk (indre / ytre) / temperaturer
- c) Forventede endringer for fremtidig drift
- d) Hvis gjeldende, MAWP beregnet i henhold til krav i ASME B31G, API 579, BS 7910 eller andre gjeldende standarder
- e) Inspeksjonsrapporter med detaljer rundt utbredelse av skaden som ble reparert

9.4 Levetid

Hva gjelder designlevetid av reparasjonen, så er det i utgangspunktet eieren av anlegget som oppgir dette. Dette tas inn i de matematiske beregningene. Designlevetid oppgis i Design Data Sheet for reparasjonen.

Følgende er oppgitt i ISO 24817:

- Minimum design levetid skal være 2 år
- Kort design levetid (2 år) kan være hensiktsmessig i situasjoner hvor reparasjonen kreves for å kun vare til neste nedstengning av plattformen (revisjonstans)
- Lang design levetid (inntil 20 år) kan være hensiktsmessig i situasjoner for å gjenskape underlaget til opprinnelig levetid eller forlenge design levetid for en spesifisert periode.

Designlevetiden for reparasjonen er den maksimale varigheten av en reparasjon. Når design levetiden for reparasjonen er utgått, skal eieren sørge for at reparasjonen fjernes eller at det foretas en revalidering av reparasjonen. Revalidering av levetider utover 20 år, kan gjøres, men da anbefales det bare moderate forlengelser inntil 5 år.

9.5 Utbedring med komposittreparasjon

9.5.1 Kartlegging av skade

Avgjørende i forhold til beregningene, er også hva slags skade / defekt som forekommer, jfr. kap. 8. Og hvorvidt skaden er gjennomgående eller ikke.

Skader / defekter er gjerne delt i to typer;

- godsreduksjon i lengde retningen eller
- godsreduksjon, sirkulært

I forbindelse med inspeksjonsfunn og reparasjon, så utføres det beregninger for å bestemme tykkelsen og nødvendig lengde av på komposittreparasjonen.

Følgende beregnes:

- Tykkelsen på kompositt reparasjonen
- Lengden på kompositt reparasjonen (full tykkelse)
- Lengden på avtrappingene på hver side av reparasjonen
- Nødvendig total lengde på en reparasjon blir derfor

$$l = 2l_{\text{over}} + l_{\text{defekt}} + 2l_{\text{taper}}$$

Hvor l = total lengden på reparasjonen, l_{over} = reparasjonslengde på hver side av skaden, l_{defekt} = lengden på skaden og l_{taper} = lengden på avtrappingen i hver ende.

9.6 Legging av en komposittreparasjon

Ved legging av en komposittreparasjon, så er det flere forhold som tas i betraktning ved endelig valg av løsning, deriblant driftsforhold (forhøyet temperatur / trykk / medium). Videre også materialeegenskaper i fiberduken, forhold med bredde på duk i forhold til evt. overlapp m.m.

Ved legging av fiberduk i store bredder (f.eks. >300 mm) gjøres ved at duken brettes ut og fuktes godt med epoksyresin på begge sider. Deretter legges duken på rengjort ståloverflate med litt overlapp og glattes. Avhengig av lengden på reparasjonen, så legges den mettede fiberduken videre butt i butt. Ved leggingen i flere lag, så overlappes alle skjøter, og med krav til ingen skjøter skal være mindre enn en fastsatt bredde.

Ved legging / vikling av fiberduk i smale bredder (f.eks. 50 / 75 mm) gjøres ved at duken brettes ut og fuktes med epoksyresin på begge sider. Deretter vikles duken på rengjort ståloverflate og glattes. Ved legging så tilstrebes det en 50 % overlapping. Slik at for hver vikling rundt røret så er komposittløsningen påført i dobbelt tykkelse (2x).

Tilslutt så vikles reparasjonsløsningen med en ikke-klebende plastfolie. Plastfolien fjernes etter at herdeprosessen er fullført.

9.7 Inspeksjon etter legging

Utførelsen av reparasjonen skal forsikre eieren om at reparasjonen forblir intakt i hele design levetiden. Ved leggingen så er det viktig at det i en ferdig reparasjon ikke forekommer defekter utover de som er beskrevet i ISO 24817.

Blant ting som ikke tillates er;

- Oppsprekking, mellom rør og reparasjon - ingen
- Sprekker, ned i laminater - ingen
- Fremmedlegemer, blærer - maks. 10 mm, høyde maks. 1.5 mm)
- Groper (pits) - maks. Ø = 25 mm, dybde 1.5 mm)
- Rynking - maks. 1 mm eller 20% tykkelse
- Nålestikk (pinholes) - ingen dypere enn epoksyresin
- Områder hvor fiberduk ikke er tilstrekkelig fuktet med epoksy
- Slagskader

Ved forekomst av initielle defekter etter ferdigstillelse, så vil de typisk utvikle seg over tid og bør av den grunn utbedres umiddelbart.

9.8 Dokumentasjon

I forhold til en komposittreparasjon, så utarbeides det en sluttdokumentasjon.

En sluttinspeksjon vil kunne være i form av en Nærvisuell Inspeksjon (NVI) som gir mulighet for å inspisere og ta fotos av komposittreparasjonen. Resultater fra inspeksjonen, kan i noen grad brukes ved senere ved sammenligning og skadeutvikling. Er dokumentasjonen etter NVI inspeksjon god, kan den redusere både antagelser / tolkinger i etterkant. Også bruk av ulike NDT metoder kan være aktuelle ved inspeksjon.

Frekvens for inspeksjon fremover gjøres gjerne ut ifra vurderinger gjort for Risiko Basert Inspeksjon (RBI).

Type epoksyresin samt temperaturforholdene innvirker på herdetiden av en kompositt-reparasjon. Reparasjonssystemet skal være fullstendig uthertet før et system settes tilbake til normale driftsbetingelser. Hardhetsmålinger kan gi indikasjoner på graden av utharding.

9.9 Forlengelse av levetid

Mot slutten av designlevetid for reparasjonene, så må reparasjonen enten fjernes eller re-evalueres.

En forlengelse av levetiden til en komposittreparasjon krever grundig gjennomgang med utført risikovurdering, kartlegging av opprinnelig og revidert design samt original dokumentasjon for komposittreparasjonen.

10 Tilbakemeldinger fra leverandører / utførende / eiere av anlegg

10.1 Undersøkelse

For å forhøre seg om valg av løsninger og utførelsen av komposittreparasjoner har FORCE Technology vært i kontakt med:

- Produsenter / leverandører av komposittreparasjoner
- Utførende firmaer
- Inspeksjonsfirma
- Eiere av anlegg

Henvendelsen har vært både i form av telefonisk kontakt og ved spørsmål stilt i et spørreskjema. For detaljer om spørreskjema og tilbakemeldinger, se kap. 11.

Forhold som gjennom dette er forsøkt kartlagt var blant annet:

- utviklingen av produkter / løsninger fra ca 1980 tallet og til i dag
- erfaringer fra reparasjonsmetoder
- aldring /degradering av kompositt løsninger
- innvirkning på sikkerheten der det er omfattende bruk av kompositt løsninger
- erfaringene med designlevetid
- kvalifisering av produkter
- Informasjon skaffet fra nevnte undersøkelse er omhandlet i de neste kapitlene. Se også kap. 11.

10.2 Utfordringer i forhold til utførelse

I forhold til selve utførelsen av reparasjoner, er tilgang til skadeområde, en utfordring.

Komposittreparasjoner krever normalt tilkomst fra stillas, og ved legging er det for flere av produktene nødvendig med et bord for å kunne påføre epoksyproduktet på begge sider av laminat (duk) før legging. Herdingen starter umiddelbart etter sammenblanding og kort avstand mellom reparasjonsområde og påføringsstasjon er viktig for å sikre at leggingen skjer raskt.

Ved legging av komposittreparasjoner, så vil man være avhengig av både justering og strammemoment. Arbeid i team kan være nødvendig. Reparasjon ved bruk av klatrere gjøres, noe som gjør slike reparasjoner mer krevende og kompliserte.



Figur 7 Eksempel på utfordringer ved reparasjon av rør – mange rør som ligger tett sammen i høyden

10.3 Erfaringer med komposittreparasjoner

10.3.1 Prosedyrer for legging av komposittreparasjoner

Ved en komposittreparasjon utarbeider leverandøren en påføringsprosedyre, et såkalt "Method Statement". Dette er en arbeidsbeskrivelse som i detalj angir krav knyttet til legging av kompositt-reparasjonen.

Beskrivelsen vil typisk inneholde informasjon om både tykkelse og lengde på reparasjonen, avtrappingslengder, krav til forbehandling, HMS, blandingsforhold, nødvendig herdetid m.m.

10.3.2 Typiske feil ved legging

Det er fra flere hold nevnt at komposittreparasjoner har feilet pga forbehandling. Årsakene kan være; bruk av alternative metoder, dårlig utførelse, manglende ruhet i underlaget og for lang tid mellom forbehandling og legging.

Valg av forbehandlingsmetode skal være i overensstemmelse med kvalifikasjonskravet for en komposittreparasjon. Det er viktig at dette overholdes. Flere eiere krever at forbehandling kun skal utføres ved blåserensing. Erfaringsmessig gir blåserensing til ca 2½ de beste resultatene over tid.

Det er opplyst om tilfelle der en komposittreparasjon har feilet fordi underlag kun var slipt. Sliping jevner overflaten og fjerner rust, men tilfører ikke underlaget nevneverdig ruhet. Derfor kan feiling skyldes enten rester av slipestøv, eller fravær av ruhet etter rengjøring.

Det rapporteres også om problemer hvor fiberduken ikke har vært tilstrekkelig mettet med epoksyresin ved legging. Dette gjør at vann og salter trenger laminatet via tørre fibrer noe som kan medføre uønskede reaksjoner og tilslutt korrosjon. Andre forhold som er viktige er blanding og overholdelse av brukstid for produktene.

Inntrengning av fuktighet ved avslutningene (endene) av komposittreparasjoner og begynnende korrosjon kan forekomme. Dette har typisk sammenheng med hvordan

utbedring utføres i området. Det er avgjørende at det ikke opptrer en spalte mellom eksisterende malingsystem og komposittreparasjonen. En god løsning vil derfor være at eksisterende malingsystem forsiktig slipes i sonen tett inntil reparasjonen før overmaling med mellomstrøk og/ eller toppstrøk. Mellomstrøk og/eller toppstrøket påføres videre 50 mm inn på komposittreparasjonen.

Raske forandringer i vær/vindforhold opplyses også å ha vært medvirkende årsak til at et reparasjonsarbeid har måttet gjøres på nytt (i mangel av habitat). Dette kan ha medført kondens, rustslør på overflaten eller vann under viklingen.

Mekaniske skader på reparasjoner opplyses også å være et problem. Det er vanlig med stillasbygging i nærheten av reparasjoner, noe som lett kan medføre slagskader.

Det er også rapportert om at rørsystemer er blitt satt i gang for tidlig dvs. før komposittreparasjonen har vært 100% utherdet.

Ved gjennomgående lekkasjer påvirker også det innvendige mediet endelig valg av komposittreparasjon. Lekkasjer har forekommet med krav om utbedring. Det kan være viktig med god merking slik at reparasjoner er godt synlig.

10.4 Utførelse av fagfolk

Flere av oljeselskapene har inngått kontrakter med vedlikeholds-entreprenører innen ISO fagene. Dette gjør at det mer eller mindre til enhver tid kan være kvalifisert personell ombord på plattformene i forbindelse med legging av komposittreparasjoner.

Det foreligger en tilbakemelding som er hevder at komposittreparasjoner har feilet fordi de ikke var fagmessig godt nok påført, jfr. kap. 7.5.

10.5 Oversikt over utførte reparasjoner

FORCE Technology har vært i kontakt med noen av operatør- og inspeksjonsselskapene i forhold til hvordan oversikt over utførte reparasjoner håndteres internt.

I forbindelse med en utført inspeksjon av rørlinjer og funn, så rapporteres dette inn i vedlikeholdssystemet til eieren av anlegget. Systemene som brukes varierer mellom de ulike oljeselskapene.

Det vil typisk være mulig å finne hvilke rør/utstyr som er midlertidig reparert via utstyrshistorikken som er registrert i vedlikeholdssystemet mot det enkelte rør- eller utstyrs-tag. De reparasjonene som eksisterer er med andre ord registrert inne i vedlikeholdssystemet i form av en fritext/logg/historikk mot de enkelte rør og utstyr som de er utført på. Noen selskaper opererer med en egen reparasjonslogg/liste over de til enhver tid eksisterende reparasjonene i anlegget. Denne loggen vedlikeholdes etter hvert som det utføres nye reparasjoner og etter hvert som rør/utstyr repareres permanent.

Lokasjoner hvor det er utført midlertidige reparasjoner vil normalt bli skiftet. Men også design reparasjoner har vært utført over midlertidige reparasjoner. Den midlertidige reparasjonen betraktes da som en ny defekt. Dette gjør at design reparasjonen kan bli stor.

Det kan være viktig at eier har et system som helt entydig kan angi hvor utførte komposittreparasjoner befinner seg og hvilke klasser de er utført for. Dette kan hos enkelte tas ut av vedlikeholdssystemet. Andre har tidligere hatt systemer hvor registreringer er utført

i Excel ark og som nå tenkes implementert i et databaseprogram som skal anvendes for all inspeksjonsrapportering.

Typisk så vil da også all informasjon rundt selve utførelsen være linket opp mot en arbeidsordre, slik at følgende dokumentasjon ligger tilgjengelig.

- Inspection notice
- Design Calculations
- Compliance report
- Working procedure
- Application report
- Close Out Report

Av disse rapportene så vil working procedyre, Application Report og Close Out Report typisk inneholde beskrivelser av selve utførelsen, forbehandling, ruhet, tykkelse og lengde på reparasjoner samt resultater av beregninger utført. I tillegg så vil rapporten også inneholde fotos av skadene før, under og etter legging.

Ut fra tilbakemeldinger så virker det som om oppdatering av P&ID tegninger bare i noen grad blir gjort i forbindelse med komposittreparasjoner. Det kan virke som at tegninger først blir oppdatert hvis det utføres en utskiftning av rør, og dette er en modifikasjon i forhold til tidligere design.

10.6 Utbedring av malte områder med kompositt-reparasjoner

FORCE Technology har forsøkt å kartlegge hvorvidt komposittreparasjonen i enkelte tilfelle økes i omfang, og da som et alternativ til utbedring med et korrosjonshindrende malingssystem.

Tilbakemeldingen fra flere er at dette er en fordyrende løsning i forhold til utbedring med maling. Ingen har bekreftet at slike løsninger utføres.

10.7 Innvirkning av komposittreparasjoner på sikkerhet

Dersom de tekniske beregningene og utførelsen av komposittreparasjonen, er korrekt utført, hevdes det at utbedrede reparasjoner av skader på rør, ikke skal påvirke sikkerheten. De tekniske beregningene som er utført, inkluderer sikkerhetsfaktorer i forhold til økt tykkelse av komposittreparasjonen ved utbedringer på ulike rørgeometrier.

Typiske sikkerhetsmessige forhold ved valg av komposittreparasjoner kan være innvirkning av trykk og temperatur. De ulike leverandørene har forskjellige grenser i forhold til dette.

Det kommenteres også at selv om komposittreparasjonene ser ut til å stå godt, så har man begrenset kontroll med hvordan tilstanden på røret under komposittreparasjonen er. Her kan det være nødvendig med bruk spesielle NDT metoder.

En eier har opplyst at man her forsøker å begrense bruk av komposittreparasjoner og heller foretar utskiftning av rørspooler. Der det ikke er nødvendig med nedstengning av hele anlegget så skiftes rørspool eller skaden sikres med en midlertidig løsning med planlagt utskiftning ved revisjonsstans.

10.7.1 Nedbryting og aldring

Enkelte produsenter gjør bruk av klare, transparente epoksyresiner. Dette gjør at en tydelig ser laminatet. Dette kan også gjøre det lettere å oppdage begynnende korrosjonsangrep. Andre produsenter gjør bruk av løsninger med fargepigmenter. Reparasjonene kan derfor fremstå som mørke av farge, ofte gråe eller svarte.

Ved eksponering utendørs så vil sollys påvirke komposittreparasjoner. Dette skyldes at epoksybaserte produkter ikke er spesielt UV bestandige. I årenes løp så blir komposittreparasjoner derfor gradvis matte og overflaten mister glans. UV strålingen bryter ned bindemiddelet og det dannes et tynt, krittaktig slør på overflaten. For å unngå fenomenet, så må en ved utendørs bruk av komposittreparasjoner påføre et UV-bestendig toppstrøk, f.eks. av epoksyakryl eller siloksan malinger.

Det blir hevdet at også kraftig nedmatting av reparasjoner har vært medvirkende til utskiftning, uten at øvrige skader har vært observert.

10.8 Erfaringer med designlevetid og driftslevetid

Det er fra flere hold både rapportert om komposittreparasjoner, som oppfyller kravene til beskyttelse selv etter mange års bruk, men også tilfelle på det motsatte.

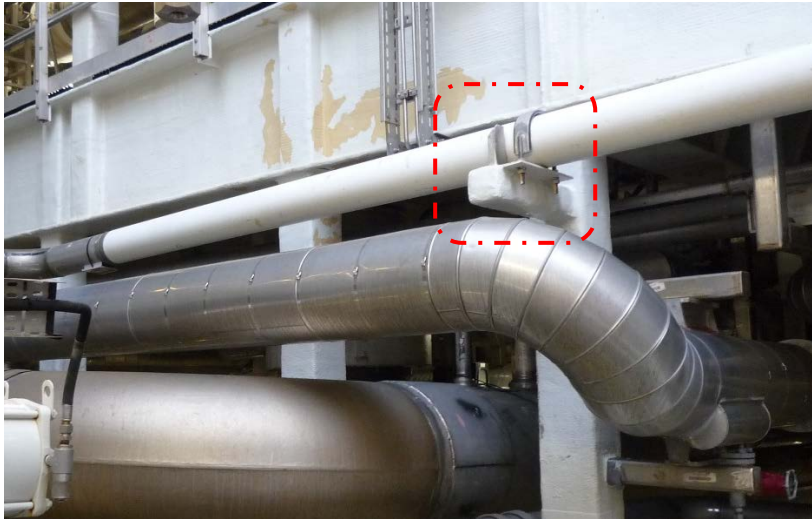
Årsakene til nedbryting av reparasjoner synes i stor grad å være knyttet opp mot det som tidligere er beskrevet under pkt. 10.3.2.

Ytterligere forhold som meldes tilbake er mulig tidspress, manglende kompetanse, rene mekaniske skader og oppflising/ korrosjon ved endeavslutningene. Årsakene til det siste kan ha sammenheng med manglende overmaling / overlapping. Korrosjon fra kant kan på sikt medføre tap av vedheft mellom komposittreparasjonen og underlag.

Endringer av driftsbetingelser på anlegget angis også som en mulig årsak til utskiftning.

10.9 Rørsystemer på støttestruktur påført passiv brannbeskyttelse (PBB)

På offshore- / landinstallasjoner så vil rør være lagt på brannisolerte rørstøtter. Men det er sjeldent at selve røret eller komposittreparasjonen blir påført PBB. I de tilfeller hvor dette gjøres, så antas det at røret i utgangspunktet også er beskyttet med PBB.



Figur 8 Illustrasjon av brannisolert rørstøtte

10.10 Synlighet av- og oversikt over reparasjoner

I samtaler er det blitt nevnt at det kan være vanskelig å lokalisere komposittreparasjoner fordi de ikke er markert på P&ID tegninger eller fordi de er blitt påført samme toppstrøksfarge som røret for øvrig.

Det er av flere nevnt at bruk av farge på komposittreparasjonen, kunne ha forenklet lokalisering av hvor reparasjonen er utført, og at dette ville ha gjort det enklere å få oversikt over mengden reparasjoner i et område.

11 Spørreundersøkelse

I forbindelse med rapporten så har FORCE Technology som oppfølging til henvendelse pr telefon valgt å sende ut et spørreskjema.

Spørsmålene med anonymiserte svar er gitt nedenfor.

Spørsmål 1 Hvor lang erfaring har dere med kompositt løsninger på landanlegg- eller offshore installasjoner i Nordsjøen. Enten som leverandør av produkt / løsninger, praktisk utførelse, inspeksjonsselskap eller eier.

Tilbakemelding

☒ fra ca. 1970–1980 (0) ☒ fra ca. 1980–1990 (2) ☒ fra ca. 1990–2000 (2)

☒ fra ca. 2000–2010 (3) ☒ fra ca. 2010– (1)

☒ ytterligere info

Spørsmål 2 I forhold til en utbedring med kompositt / wrapping løsninger, hvor enkelt er det å få nødvendig informasjon om driftsbetingelser for anlegget i forhold til å kunne utføre de nødvendige beregninger for dimensjonering av et trykksatt rørsystem?

Tilbakemelding

☒ dette er ikke noe problem (6) ☒ av og til vanskelig (1) ☒ vanskelig (1)

☐ ytterligere info

- Kunden fyller ut et skjema med all relevant infoormasjon samt fotos av skade, og vi sørger så for beregninger av design løsning.
- Eier utfyller dokumentasjon som er egnet for designet.
- Teknisk sikkerhet er flinke til å fremskaffe relevant informasjon.
- Alle beregninger utføres på bakgrunn av gjennomført Application Survey Report der alle driftsbetingelser er gjennomgått sammen med eier av anlegget og utførende kontraktør.
- Dette er ikke noe problem. Vi har levert coating levert til scrubber / separatorer i Nordsjøen – her får vi all den informasjon som trengs.

Spørsmål 3 I hvilken grad er det nødvendig med re-reparasjoner av skader utbedret med kompositt wrapping?

Tilbakemelding

☒ svært sjeldent / aldri (6) ☒ av og til (1) ☒ ofte (1)

☐ ytterligere info

- Unntaksvis kan det forekomme at de feiler, utbedring har vært nødvendig.
- Oppflising / korrosjon ved endeavslutninger.
- Mekaniske skader kan inntreffe på eksponerte komposittreparasjoner og er ofte det som fører til at de må utbedres.
- Endringer i driftsforhold, trykk og/eller temperatur, medium kan gjøre at en reparasjon må utbedres.
- Tilbakemeldinger om at man ikke har opplevd noen form for problemer med slike reparasjoner.

Spørsmål 4 Etter utbedring med kompositt / wrapping av mangler / skader på rør eller flenser, så lukkes arbeidsordren. Hvordan følges / inspiseres denne utbedringen videre?

Tilbakemelding

☐ inspiseres ikke (0) ☒ med samme frekvens som før (6) ☒ hyppigere enn før (2)

☒ ytterligere info

- Radiografi kan utføres som oppfølging av røret under reparasjonen.
- Vi som leverandør og utførende vet lite om hva som skjer etter at vi er ferdig med reparasjonen.
- Avhenger av eieren. Gjennomgående skader så har det forekommet visuell inspeksjon hver 3 til 6 måned. For mindre viktige linjer kan frekvensen reduseres.
- Eget oppfølgingsprogram blir utarbeidet.
- Alle reparasjoner følges opp med årlig inspeksjon.
- Litt avhengig av reparasjonens kritikalitet anbefaler vi som leverandør av løsningene at reparasjonen skal inspiseres til et minimum 1 gang pr år. Dette kan i noen tilfeller også være langt kortere intervaller.
- Vet ikke sikkert, men umiddelbart er det ikke mitt inntrykk at det inspiseres utover standard prosedyre.

Spørsmål 5 Hvilket system brukes i dag for at eieren av anlegget til enhver tid vet hvor og hvor mange lukkede utbedringer med kompositt som forekommer på et anlegg?

Tilbakemelding

☒ ytterligere info

- Dette er opp til sluttkunde. Vi får vår del har sluttrapport på alle oppdrag og kan på den måten vite hva vi har gjort.
- Eget system samt notifikasjoner i SAP.
- Det antas at kunden har et eget system hvor komposittreparasjoner registreres. Vi har et eget register av våre reparasjoner med all nødvendig informasjon.
- Oversikt over antall installerte wrapper.
- Bruk av bestemte web-sider til forhandlere og daglig oppfølging med bruk av mailinglister, sosiale nettverk og utstillinger.
- Blir notert i inspeksjonsprogram.
- Reparasjonene blir lagt inn i et notifikasjonssystem, som er knyttet opp mot linjenummeret.

Spørsmål 6 I forbindelse med kvalifiseringskrav av kompositt / wrap utbedringer i henhold til ISO 24817, så er godkjenning knyttet til produkt og spesifisert forbehandling.

- a) Kan andre typer av forbehandling benyttes?
- b) Hvilke erfaringer har man gjort?

Tilbakemelding

☒ Kan andre typer av forbehandling benyttes?

- I utgangspunktet er det blåserensing til Sa 2½, men det vesentlige er renhet og ruhet, og klarer man en ruhet på 65 µm så er annen forbehandling tilfredsstillende.
- Ikke benyttet annen forbehandling på designet wrap.
- Ja, avfetting og mekanisk forbehandling.
- Nei, vi krever forbehandling til Sa 2½ som standard. Det har vært tilfelle der vi er usikre på gjenværende veggtykkelse og hvor det pga sikkerheten ikke er utført blåserensing rett på skaden. Istedenfor har vi valgt å definere det korroderte området vi ikke blåserenser som en «Through wall defect» og fått wrap designet i henhold til dette. I disse tilfellene blir skadet område dekket til og området rundt er blitt blåserenset i den lengden som wrap design krever.
- Vi anbefaler bruk av grit blåsing eller bruk av Bristle blaster. Disse metoder er anvendt ved kvalifikasjonstesting. Liknende testing er blitt utført med andre forbehandlingsmetoder som Sponge-jet blåsing, sliping og nålehamring og de gir oss tilsvarende ytelse som metodene over.
- Vi er utelukkende produktleverandør til slike oppgaver, men er aldri blitt presentert for ISO 24817 eller andre krav. Tvert imot, er det mitt inntrykk at våre produkter er blitt benyttet hvor det ikke er mulig å imøtekomme alminnelige krav til standarder.
- Ved komposittbelegging benyttes sandblåsing som forbehandling.

☒ Hvilke erfaringer har man gjort?

- Gode erfaringer med bruk av forbehandling og komposittbelegging.
- God erfaring med Bristle blaster etc.
- Vi hadde en kort periode et utenlandsk firma inne som i sin metode kun anvendte manuell sliping av overflaten. Etter en intern diskusjon er det bestemt at denne løsningen ikke var tilfredsstillende og at vårt krav skulle være blåserensing jfr tidligere beskrivelse.
- Dårlig vedheft og «oppflising»/korrosjon ved endeavslutninger.

Spørsmål 7 Kompositt løsningene er typisk epoksybaserte løsninger. Er det mulig å si noe om graden av nedbryting av kompositt løsningen over tid?

Tilbakemelding

☒ ja, stort sett så holder produktene det som er beskrevet (7)

☒ nei, de holder ofte kortere enn beskrevet. Om mulig beskriv hvorfor. (1)

☐ ytterligere info

- Det er ikke rapportert at komposittbelegg har feilet over tid.
- Komposittrørsystem kan skades i sollys.
- Dette avhenger av betingelsene.
- Har på noen wrapper sett tegn til krittning, men denne sitter helt i overflaten. Ingen målbar nedbryting.
- Verken på tankcoating eller andre leveranser har vi opplevd reklamasjoner fra Nordsjøen.
- Langtidstesting bekrefter at det praktisk talt ikke er noen nedbryting av epoksysystemer over tid.
- Ofte utført under vanskelig klimatiske forhold på anlegget og under voldsomt tidspress. Mangelfull opplæring/kompetanse på utførende personell.

Spørsmål 8 Forekommer det likevel at kompositt løsningen blir overmalt med et malingssystem?

Tilbakemelding

☒ ja (5)

☒ nei (1)

☒ ytterligere info

- Det har forekommet, men vi fant ut at dette kunne være med å kamuflere eventuelle problemer så det ble stoppet.
- Et malingssystem på komposittreparasjonen er ikke nødvendig siden reparasjonen virker som en korrosjonsbarriere. Overmaling gjør det vanskeligere å lokalisere og inspisere reparasjonene. Vi anbefaler bruk av et vanntynnbart system da et løsemiddelbasert system potensielt kan være skadelig for reparasjonssystemet
- En del komposittbaserte produkter og løsninger er ikke UV bestandige og krever gjerne overmaling av NORSOK baserte UV bestandige malingssystemer/belegg.
- Noen ganger har de blitt overmalt, men ikke nødvendigvis et krav overalt.
- Usikker, men antar at de blir det fra tid til annen.
- Overflatebehandler komposittbelegget ved endene for å motvirke korrosjonsangrep på blåserenset overflate som ikke er komposittbelagt.

Spørsmål 9 Ved en utskiftning av «wrap-løsninger» med en ny - hva er årsaken til dette?

Tilbakemelding

- ☒ det har ikke vært aktuelt å skifte ut en wrap-løsning (2)
☒ alder på wrap (1) ☐ utseende (krittning) ☒ korrosjon ved avslutninger (3)
☒ lekkasje (3) ☒ sprekking (1) ☒ annet (2)

☒ ytterligere info

- Har ingen tilgjengelig informasjon.
- Det har ikke vært aktuelt å skifte ut en wrap løsning.
- Hvis en komposittreparasjon er i dårlig forfatning (sprekker, løsner ved endene, at lekkasje forekommer m.m.), så kan det være nødvendig å fjerne reparasjonen med f.eks. ultrahøy trykk vannjetting eller ved blåserensing. Men en kan også legge komposittreparasjon over en eksisterende reparasjon. Dersom en reparasjon er eldre enn design levetid, så kan vi forlenge levetiden dersom reparasjonen er i god stand og systemet bare har vært brukt som beskrevet i input data (innenfor design trykk og temperatur).
- Endrede driftsforhold er oftest årsaken til utskifting av denne type løsninger.
- Større utskiftninger og vedlikehold på samme system er også en årsak.
- Komposittbelegging av rørsystem kan være en temporær reparasjon med kort designlevetid, der permanent reparasjon innebærer fjerning av komposittbelagt rørdel og erstatning med nytt rør. Denne utskiftning skjer gjerne i en senere planlagt vedlikeholdsstans.

Spørsmål 10 Utføres det typisk en «base-line» inspeksjon, umiddelbart etter legging av en ny kompositt wrap / utbedring med kompositt?

Tilbakemelding

☒ ja (7) ☐ nei

☒ ytterligere info

- Mens utbedring gjøres så foretar våre teknikere visuell inspeksjon i alle faser og tilslutt utføres hardhetsmålinger for å bestemme graden av utharding.
- I forbindelse med dokumentasjon av ferdigstilte komposittreparasjoner vil normalt lokal inspeksjonsavdeling være tilstede.
- Vi utfører visuell inspeksjon. I tillegg må produktet få herde lenge nok slik at det innehar nødvendige styrke før systemet settes i drift. Det trengs tid for å oppnå full mekanisk styrke og full kjemikaliemotstand. Herdetiden er avhengig av temperatur.
- Avhengig av hvor lenge komposittreparasjonens levetid.

Spørsmål 11 Hvilke metode(r) vil evt. typisk brukes ved en slik baseline inspeksjon?

Tilbakemelding

Metoder:

- Traditional methods; visual and tap test.
- Durometer. Hardhets måler.
- Visuell inspeksjon. Hardhet kontrolleres (for å bestemme at reparasjonen er utherdet). Radiografi og Pulset Eddy Current (PEC) for å bestemme hva som skjer under reparasjonen.
- Visuell inspeksjon.
- Røntgeninspeksjon kan f.eks. benyttes for å følge med på veggtykkelsesutvikling.

Spørsmål 12 Ved design av reparasjoner med design levetid lengre enn 10 år. Er erfaringene at løsninger holder som forventet?

Tilbakemelding

☒ ja (6) ☒ nei (1)

☒ ytterligere info

- Vi har reparasjoner som er 20 år eller som er blitt forlenget utover dette på bakgrunn av tilstand og bruksmåte.
- Ofte dårlig håndverk (dårlig arbeidsutførelse).
- De fleste design vi bruker er på 20 år. Rørene blir skiftet ut før designtid er nådd.
- Vi har liten erfaring med løsninger med så lang levetid.

Spørsmål 13 Kan en temporær utbedring (med kort design levetid) som ikke er lukket innen tidsfristen (f.eks 2 – 3 år) bli forlenget?

Tilbakemelding

☒ ja (4) ☒ nei (3)

☒ ytterligere info

- Ja, det er mitt klare inntrykk at reparasjoner godkjent med tidsbegrensning ofte blir forlenget.
- Dersom måling viser at materialtykkelsen ikke er redusert, og det kan dokumenteres at komposittbelegget kan stå lenger, kan en forlengelse vurderes.

Spørsmål 14 Forekommer det at på tegninger foretas en markering / identifikasjon av hvor det er utført utbedringer med kompositt løsninger?

Tilbakemelding

☒ ja ☐ nei

☒ ytterligere info

- Har liten erfaring ang. dette, da det er sluttkunden som eventuelt oppdaterer tegningene sine.
- Merking gjøres på P&ID tegninger.
- Dette praktiseres nok forskjellig.
- For 'kritiske systemer' blir tegninger merket opp med komposittbeleggets utstrekning.
- Gjøres i henhold til krav fra kunden.

Spørsmål 15 I forhold til å «identifisere» en kompositt utbedring / få inntrykk av antall reparasjoner på et anlegg – kan kompositt utbedringer overmales med «spesial farge» / annen farge enn røret forøvrig?

Tilbakemelding

☒ ja ☐ nei

☒ ytterligere info

- God ide.
- Overmaling anbefales ikke da det gjør det vanskelig å inspisere senere.
- Alle wrap typer vi har brukt/bruker har andre farger enn det som brukes på rørsystem, de er forholdsvis enkle å identifisere.
- Det er veldig forskjellige rutiner på dette.
- En kan male over, men her blir det ikke gjort. Hadde vært enklere å lokalisere hvis de hadde egen farge.
- Vi fremstiller ofte ønskede RAL nummer, og våre produkter kan helt klart overmales.
- Det er ikke en metode som vi har benyttet.

Spørsmål 16 Kan FORCE Technology få tilgang på fotodokumentasjon fra installasjoner på land- og offshore som viser mangler / skader før, under og etter utbedring med kompositt løsninger og som kan tillates brukt i en sluttrapport til Ptil. Rapporten vil bli offentliggjort og tilgjengelig på nett. (Dokumentasjon vil bli anonymisert)

Tilbakemelding

☒ ja ☒ nei

☒ ytterligere info

- Eierne oppgir nødvendig informasjon om linjene i forbindelse med en reparasjon. Vi utfører designberegninger med skisser av reparasjonen for å vise hva som kreves. Etter at reparasjonen er utført, utstedes en 'Close Out Report' til kunden med fotos av reparasjonen i de ulike fasene og med av QC-kontroll. Kunden foretar en visuell kontroll og oppdaterer interne systemer.
- Dette kan vi som leverandør kun gjøre dersom utstyrseier skriftlig avgjør og beskriver hva som kan publiseres.
- Kanskje, men det må avklares om vi kan oversende bilder.

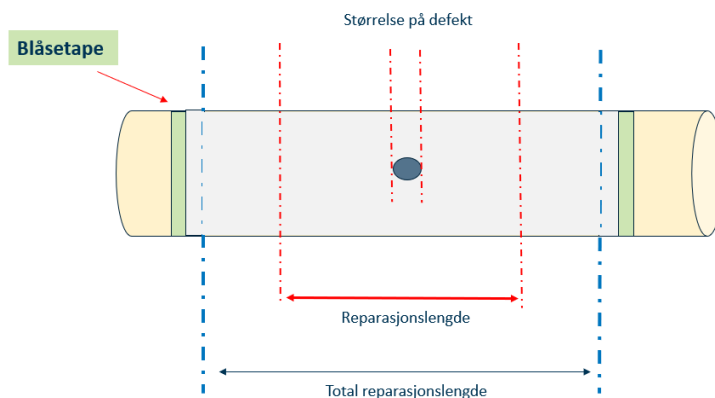
Henvisninger

- [1] Telefonsamtale med produkt leverandør.
- [2] ASME B31 G, «Manual, Determining remaining Strength of Corroded Pipelines, Supplemet tp B31 Code-Pressure Piping,» ASME.
- [3] API RP 579, *Fitness-For-Service (Recommended Practice)*, 2016.
- [4] ISO 24817, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Composite repairs for pipework - Qualification and design, installation, testing and inspection*, 2017.
- [5] ASME PCC-2 , *Repair of Pressure Equipment and Piping*, 2015.
- [6] ISO 8501-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness, ustgrades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings*, 2007.
- [7] ISO 8503, *Preparation of steel substrates before application of paints and relavted products - Surface characterisitics of blast-cleaned substrates*.

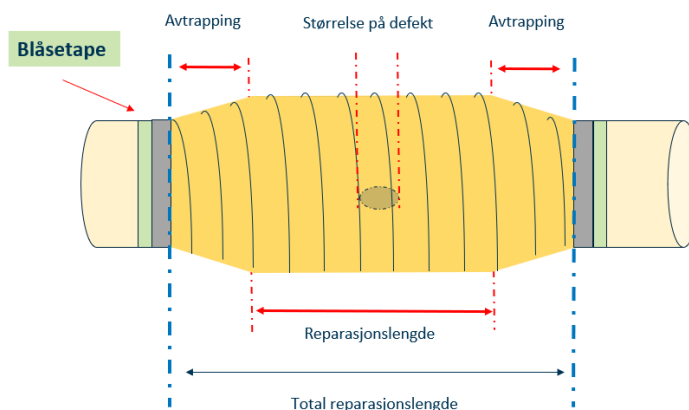
Appendix A. Legging av komposittreparasjoner

Eksempel på kortfattet prosedyre for legging av komposittreparasjon;

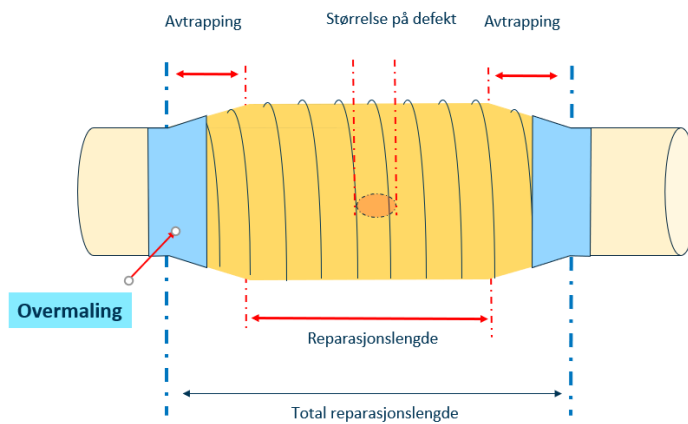
1. Rengjøring (avfetting)
2. Ved utførelse ente som en midlertidig eller design reparasjon – så opplyses den totale lengde som skal forbehandles
3. Maskering vil typisk gjøres rundt røret i begge ender av reparasjonsområdet og typisk med et tillegg på ca. 50 mm i hver ende.
4. Hele området rengjøres (f.eks ved blåserensing til Sa 2½)



5. Leggingen av komposittreparasjonen vil typisk starte ca. 50 mm fra kanten av maling / belegg (dette sikrer at all komposittreparasjon overalt blir påført på et forbehandlet underlag)
6. Ved beregninger så foreligger utbredelsen av reparasjonen i lengderetning med full tykkelse
7. Herfra og ut mot malingskanten i begge retninger, så foretas det en avtrapping av komposittreparasjonen



8. Et blåserenset område mellom malingen og reparasjonen på ca. 50 mm, krever korrosjonsbeskyttelse med et egnet malingssystem
9. Malingssystemet kan avhengig ønske fra eier påføres f.eks 50 mm inn på komposittreparasjonen eller over hele
10. Ved utendørs eksponering bør toppstrøket være UV bestandig





NORWEGIAN OFFICES:

Hvalstad: HEADQUARTER

Nye Vakås vei 32
1395 Hvalstad, Norway
Tel. +47 64 00 35 00
Fax +47 64 00 35 01
E-mail: info@force.no
www.forcetechnology.no

Mail address (headquarter)

Post box 76
1378 Nesbru, Norway

Invoice e-mail (all offices)

NOinvoice@force.no

Trondheim

Hornebergveien 1
7038 Trondheim, Norway

Harstad

FORCE Technology Arctic AS
Mercurveien 86
9408 Harstad, Norway

Kristiansand

Mjåvannsvegen 79
4628 Kristiansand, Norway

Hammerfest

FORCE Technology Arctic AS
Leirvikhøyda 6
9610 Rypefjord, Norway

Stavanger

Luramyrvеien 40
4313 Sandnes, Norway

Bergen

Salhusvegen 55
5131 Nyborg, Norway

GLOBAL HEADQUARTERS:

FORCE Technology

Park Allé 345
2605 Brøndby, Denmark
Tel. +45 43 26 70 00
Fax +45 43 26 70 11
E-mail: info@forcetechnology.com
www.forcetechnology.com

FORCE Technology Sweden AB

Tallmätargatan 7
721 34 Västerås, Sweden
Tel. +46 (0)21 490 3000
Fax +46 (0)21 490 3001
E-mail: info@forcetechnology.se
www.forcetechnology.com/sv