



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **328083**

(13) **B1**

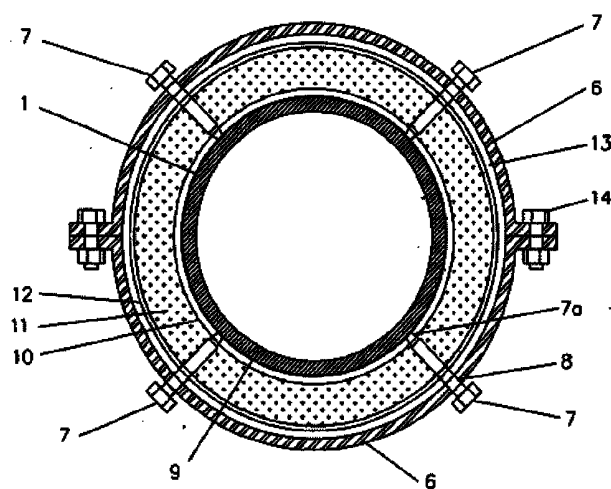
**NORGE**

(51) Int Cl.  
*C23F 13/06 (2006.01)*  
*F16L 58/00 (2006.01)*

### Patentstyret

|      |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                           |
|------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|
| (21) | Søknadsnr             | 20064080                                                                                                                                                                                                                                                                | (86) | Int.inng.dag og søknadsnr |
| (22) | Inng.dag              | 2006.09.11                                                                                                                                                                                                                                                              | (85) | Videreføringsdag          |
| (24) | Løpedag               | 2006.09.11                                                                                                                                                                                                                                                              | (30) | Prioritet                 |
| (41) | Alm.tilgj             | 2008.03.12                                                                                                                                                                                                                                                              |      |                           |
| (45) | Meddelt               | 2009.11.30                                                                                                                                                                                                                                                              |      |                           |
| (73) | Innehaver             | Statoil ASA, I&K IR PAT, Forusbeen 50, inngang 2, 4035 STAVANGER<br>Geir Endal, Pedersgate 32, 4013 STAVANGER<br>Per Egil Kvaale, Kolsåsen 28, 7079 FLATÅSEN<br>Rolf Morten Nes, Smiestykket 28, 1344 HASLUM<br>Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 1570 Vik, 0118 OSLO |      |                           |
| (72) | Oppfinner             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                           |
| (74) | Fullmektig            |                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                           |
| (54) | Benevnelse            | <b>Mekaniske festeordninger for katodisk beskyttelse av en isolert rørledning</b>                                                                                                                                                                                       |      |                           |
| (56) | Anførte publikasjoner | US 2003/0140977 A, US 4 284 488, US 3 623 968, US 3 623 968, US 3 553 094                                                                                                                                                                                               |      |                           |
| (57) | Sammendrag            |                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                           |

Mekanisk festeordning for katodisk beskyttelse av en isolert rørledning (1), omfattende: en innfestingsring (6) med diameter til å passe rundt den isolerte rørledning, innretninger (7) for elektrisk kontakt, en innretning (8) for innfesting av, eller tilkobling til, en offeranode, særpreget ved at innretningene (7) for elektrisk kontakt er i form av bolter som kan skrus gjennom innfestingsringen og rørledningens isolasjonslag, til god elektrisk kontakt med rørledningen (1), idet boltlengden og innfestingsringen er tilpasset slik at boltene holdes forspent i god elektrisk kontakt i rørledningen i hele området for trykk og temperatur i rørledningen og omgivelsene.



Den foreliggende oppfinnelse vedrører korrosjonsbeskyttelse av strukturer, særlig rørledninger. Nærmere bestemt vedrører oppfinnelsen en mekanisk festeanordning for katodisk beskyttelse av en rørledning, til hvilken mekaniske festeanordning en offeranode er festet eller blir tilkoblet.

5 Nesten alle metalliske materialer er termodynamisk ustabile, hvilket medfører at de har naturlig tendens til å korrodere. Korrosjon er en elektrokjemisk reaksjon som medfører oksidering og derved nedbrytning av en metallisk struktur, slik som en rørledning. Korrosjon fremmes av nærvær av en elektrolytt, slik som sjøvann.

Ved katodisk beskyttelse av en rørledning ved hjelp av offeranoder blir  
10 rørledningen galvanisk koblet mot offeranodene, idet rørledningen derved utgjør katoden og beskyttes, mens offeranodene korroderer og oppløses istedenfor rørledningen.

I US 3 623 968 er det beskrevet en offeranode og et rør beskyttet derved. Nærmere bestemt blir det beskrevet en offeranode og et beskyttende belegg for  
15 påføring på skjøter mellom sveisede seksjoner av en rørledning, hvor rørledningens overflatebelegg er blitt fjernet før sveisingen. Offeranoden er formet som en ring eller hylse som fortrinnsvis er utstyrt med knaster for elektrisk kontakt mot rørledningen. Ringen eller hylsen strammes med en egen skrue, hvorpå knastene presses til elektrisk kontakt mot rørledningen. Rommet mellom rørledningen og ringen eller hylsen fylles  
20 med mastiks, før eller etter påføring av ringen eller hylsen, og et beskyttende, polymerisk belegg. I en utførelse er knastene erstattet med en festeskrue 62, gjenget i et hull i hylsen, hvilken skrue benyttes til å tilveiebringe elektrisk kontakt med sveisen 16. Anodeinnretningen ifølge US 3 623 968 er relativt arbeidskrevende å anvende, den er tilpasset for anvendelse på sveiseskjøter med bart metall og anvendelse av mastiks,  
25 og den er ikke tilpasset for anvendelse på termoisolerte rørledninger som opereres innen et bredt spekter av trykk og temperatur, uten forutgående fjerning av et tykt isolasjonslag.

I US 3 553 094 er det beskrevet en innretning for katodisk beskyttelse av et metallrør. Innretningen er i form av en offeranode anordnet med, eller med elektrisk  
30 tilknytning til, en kontaktinnretning som anordnes stramt innenfor et bånd som strammes rundt røret. Kontaktinnretningen har knaster som ved stramming av båndet kan presses gjennom et overflatebelegg. Ved noen anvendelser kan knastene bli deformert etter gjennomtrengning gjennom det ytre belegg, hvorved en sammenlignbart større kontaktflate med bedre elektrisk kontakt tilveiebringes.  
35 Innfestingen foregår ved å stramme en gjenget bolt 54, hvilket strammer båndet.

Av andre publikasjoner innenfor samme fagfelt kan det vises til US 2003/0140977 og US 4 284 488.

For rørledninger på store havdyp, og særlig termoisolerte rørledninger med tykt ytre isolasjonslag, forekommer betydelig deformasjon både av isolasjonslaget og

metallrørledningene, på grunn av store trykk- og temperaturforskjeller under drift. De ovennevnte innretninger er ikke tatt i bruk for slike rørledninger, på grunn av manglende evne til å opprettholde god elektrisk kontakt over lang tid ved store variasjoner av trykk og temperatur. Trykkvariasjonene kan være flere hundre bar, og temperaturvariasjonene kan være over 200 °C. For katodisk beskyttelse ved hjelp av offeranoder av termoisolerte rørledninger på stort dyp, blir det i dag sveiset en såkalt doblerplate til rørledningen, til hvilken doblerplate en brakett er sveiset. Offeranodens festeanordning festes til nevnte brakett. Nevnte metode har vist seg å være problematisk fordi sveisingen medfører sveisespenninger og endret mikrostruktur, hvilket gir fare for hydrogenindusert oppsprekking under de rådende forhold med en elektrokjemisk reaksjon i forbindelse med den katodiske beskyttelse, særlig for høyfaste rørmaterialer, slik som 13 % Cr stål og dupleksstål. Slike rørledninger blir normalt utstyrt med seksjoner av såkalt cladstål med anoder anordnet, hvilket er kompliserende og fordyrende. Det er behov for å tilveiebringe en mekanisk festeanordning for katodisk beskyttelse av en isolert rørledning, særlig en termoisolert rørledning, uten behov for fjerning av isolasjonsbelegg og uten de ovennevnte problemer eller mangler.

I følge oppfinnelsen, løses de overnevnte problemer ved en fremgangsmåte angitt i krav 1 og som har de karakteristiske trekk som angitt i den kjennetegnende del av kravet.

Figur 1 illustrerer dagens teknologi for katodisk beskyttelse av en termoisolert rørledning av 13 % Cr-stål, og figur 2 illustrerer en mekanisk festeanordning ifølge den foreliggende oppfinnelse.

Figur 1 illustrerer stålveggen 1 i en rørledning, med en doblerplate 2, en festebrakett 3 og et isolasjonsbelegg 4, i henhold til kjent teknikk. Isolasjonsbelegget 4 anordnes rundt festebraketten 3 etter at denne er sveiset til rørveggen, før eller etter at anoden 5 er blitt sveiset til festebraketten. Det har vist seg at isolasjonsbelegget over tid har tendens til å løsne fra braketten under de rådende forhold. Derved blir det adkomst for sjøvann og hydrogen inn mot det sveisede området. Sveisingen medfører fare for hydrogenforsprøing, med resulterende oppsprekking. Dette er blitt observert på rørledninger av 13 % Cr-stål (ferrittisk rustfritt stål) og dupleks rustfritt stål, og er særlig farlig dersom sveisingen medfører betydelig dannelse av martensitt og andre harde faser som er spesielt utsatt for hydrogenindusert oppsprekking.

Figur 2 illustrerer en mekanisk festeanordning ifølge oppfinnelsen for katodisk beskyttelse av en termoisolert rørledning, hvor en innfestingsring 6 med diameter til å passe rundt den termoisolerte rørledning er illustrert, og fire innretninger 7 for elektrisk kontakt, og en innretning 8 for innfesting av, eller tilkobling til, en offeranode. Innretningene 7 for elektrisk kontakt er i form av bolter som kan skrus gjennom innfestingsringen og rørledningens isolasjonslag, til god elektrisk kontakt med

rørledningen, idet boltlengden og innfestingsringen er tilpasset slik at boltene holdes forspent i god elektrisk kontakt med rørledningen i hele området for trykk og temperatur i rørledningen og omgivelsene. Det anvendes minst to, helst tre, fire eller flere innretninger for elektrisk kontakt 7, mer foretrukket tre eller fire, mest foretrukket fire, i form av fire bolter 7 med myk spiss som er deformerbare mot rørmaterialet. Tre eller helst fire bolter 7 for elektrisk kontakt gir en sterk og stabil innfesting med god strømfordeling, samtidig som innfestingen er enkel og rask å utføre. Innfestingsringen har hull med gjenger. Boltene 7 har en mykere spiss 7a, med god elektrisk ledningsevne, og er helgjengede eller uten gjenger i et område nær spissen.

Isolasjonslaget på rørledningen 1 omfatter et indre FBE-epoksy lag 9 (FBE-fusion bonded epoxy), et PP-bindelag 10 (PP-polypropylen), et lag av PP-skum 11, og en PP-kappe 12. Selve isolasjonslaget kan være annerledes oppbygd og omfatte andre materialer, men har generelt betydelig tykkelse totalt. Videre er det illustrert en åpen spalte 13 mellom innfestingsringen og isolasjonen. Innfestingsringen 6 består av boltede halvdel, boltet sammen med bolter 14.

Med en innfestingsring menes enhver ring, hylse eller annet element som kan anordnes rundt rørledningen, utenfor termoisolasjonslaget. Innfestingsringen fungerer som en fjær med tilpasset stivhet/elasticitet, og den kan omfatte egne fjærsoner, eksempelvis med innbefattede bladfjærer. Innfestingsringen er fordelaktig splittet i to eller flere deler som er boltet og/eller hengslet sammen, for enkel innfesting. Med uttrykket en innretning for innfesting av, eller tilkobling til, en offeranode, menes det at en eller flere offeranoder festes direkte på innfestingsringen, eller det anordnes en elektrisk forbindelse, fortrinnsvis i form av ledninger, mellom offeranodene og enten innretningene for elektrisk kontakt eller innfestingsringen. På utførelsesformen illustrert på figur 2 er dette i form av plass for kontaktklemmer som kan festes under boltehodene på boltene 7. Med området for trykk og temperatur i rørledningen og omgivelsene, menes det trykk fra 0 bar til 800 bar i rørledningen, temperatur fra -5 til +200 °C i rørledningen, trykk utvendig for rørledningen fra 1 bar til ca. 200 bar, og temperatur utenfor rørledningen fra -5 °C til +60 °C. Forspenningen er opp til 0,9 ganger flytegrensen for bolter og innfestingsring under de rådende forhold.

Boltene for elektrisk kontakt har fordelaktig en mykere spiss, deformerbare mot rørledningen, og med høy ledningsevne, eksempelvis fremstilt av kobber, aluminium, sølv, messing eller andre metaller eller legeringer med god elektrisk ledningsevne og tilstrekkelig lavere fasthet enn rørledningsmaterialet. Derved er flytegrensen for det mykere materialet i boltene, eventuelt hele boltene, minst 20 MPa lavere enn flytegrensen for rørledningsmaterialet, fordelaktig minst 50 MPa lavere, slik at spenningskonsentrasjoner i og deformasjon av rørmaterialet unngås. Mest fordelaktig blir korrekt fasthet for boltspissene 7a og korrekt tiltrekningsmoment for boltene 7 verifisert ved forsøk for hver anvendelse.

I en fordelaktig utførelsesform er anoden koblet direkte til boltene, for derved å redusere overgangsmotstanden. Alternativt er anoden festet direkte til innfestingsringen. Innfestingsringen er fordelaktig justerbar. Innfestingsringen kan være elektrisk ledende og er derved fordelaktig fremstilt av metall. Eventuelt kan innfestingsringen  
 5 være elektrisk ikke-ledende, og være fremstilt av et komposittmateriale eller polymermateriale. I en foretrukken utførelsesform er innfestingsringen fremstilt av overflatebehandlet metall, og er ikke i elektrisk kontakt med verken boltene for elektrisk kontakt eller offeranoden, ved hjelp av elektrisk isolerende overflatebehandling og eventuelle isolerende bolthylser, hvilket reduserer forstyrrelse  
 10 av den elektrokjemiske reaksjon på grunn av selve innfestingsringen. I en fordelaktig utførelsesform er boltene massive bolter av et mykere metall enn rørledningsmaterialet, og med god elektrisk ledningsevne, eksempelvis kobber, sølv, messing eller bronse.

I en fordelaktig utførelsesform omfatter innfestingsringen en strømskinne som festes stramt av bolttiltrekningen, idet offeranoder er støpt rundt strømskinnen og er i  
 15 god elektrisk kontakt med denne.

I en ytterligere foretrukken utførelsesform er boltene utstyrt med en forspenningsinnretning, fortrinnsvis i form av en fjær som er anordnet rundt hver bolt mellom rørledningsoverflaten og innfestingsringen, mellom en flens på boltene og innfestingsringen. Derved oppnås en jevnere forspenning over en større tøyning med  
 20 hensyn til deformasjoner.

Med den mekaniske festeanordning ifølge oppfinnelsen unngås sveising på rørledninger, hvilket gjør at spenningskonsentrasjoner, endret mikrostruktur og fare for hydrogeninduserte sprekker unngås. Videre unngås bruk av såkalte anoderør (cladrør med anoder) som i dag benyttes på 13 Cr-rør, duplex-rør og andre relativt rustfrie,  
 25 høyfaste rørmaterialer. Det er ikke nødvendig å fjerne isolasjonen forut for monteringen. Svakheterne forbundet med doublerplate og brakett, som nevnt ovenfor, unngås. Fabrikasjon og legging av en rørledning blir rimeligere, fordi det ikke er påkrevd med noen spesielle forberedelser, og rørledningen kan termoisoleres uniformt over hele lengden. Anordningen ifølge oppfinnelsen kan ettermonteres ved behov, og  
 30 den kan også ettermonteres under vann ved spesiell tilpasning, ved bruk av fjernstyrte undervannsfarkoster, eventuelt ved bruk av dykkere på grunt vann. Nevnte spesielle tilpasning omfatter bolter med hodeutforming slik at boltene kan strammes ved bruk av undervannsfarkostens manipulator, med styrt påført moment. Videre blir innretningene for elektrisk kontakt med rørledningsmaterialet anordnet symmetrisk rundt omkretsen,  
 35 og ikke i ett punkt på én side av rørledningen, hvilket må antas å gi en jevnere strømfordeling.

Innfesting av boltene foretas med momentverktøy, med innstilt moment stort nok til å gjennomtrengre isolasjonen og deformere boltspissen, men lavt nok til at rørmaterialet ikke skades.

Forsøk har vist at innfestingen med bolter som skrus gjennom isolasjonsbelegget og samtidig sikrer god elektrisk kontakt, motstår krefter under legging og eventuell nedgraving av rørledninger, idet motholdskrefter fra steinfylling på opptil 50 kN har vist seg ikke å medføre at anordningen forskyves.

- 5 Anordningen monteres slik at det oppnås et mellomrom mellom innfestingsringen og overflaten av isolasjonen, for å sikre fri strømming av sjøvann og plass til å oppta eventuell begroing eller skalldannelse uten at det blir nødvendig med noen forberedelser på rørledningen i form av rensing eller klargjøring av overflaten. Videre kan boltene 7 og 14 punktsveises til innfestingsringen når korrekt montering er
- 10 utført, før nedsenking fra leggefartøyet til sjø. I utførelsesformen med en elektrisk ikke-ledende innfestingsring, inkludert en isolert innfestingsring av metall, kan korrekt og god ledningsevne som montert enkelt sjekkes ved å måle motstanden mellom boltene som tilveiebringer elektrisk kontakt, og det kan verifiseres at det ikke er elektrisk kontakt mellom nevnte bolter og innfestingsringen dersom innfestingsringen
- 15 inneholder et målekontaktpunkt.

P a t e n t k r a v

5           1. Mekanisk festeanordning for katodisk beskyttelse av en termoisolert  
rørledning (1), især for termoisolerte rørledninger med tykt ytre isolasjonslag og  
rørledninger med stor variasjon av trykk, temperatur og deformasjoner, slik som på  
stort havdyp, omfattende en innfestingsring (6) med diameter til å passe rundt den  
isolerte rørledning, innretninger (7) for elektrisk kontakt, og en innretning (8) for  
10 innfesting av, eller tilkobling til, en offeranode, hvor innretningene (7) for elektrisk  
kontakt er i form av bolter som kan skrus gjennom innfestingsringen og rørledningens  
isolasjonslag, til god elektrisk kontakt med rørledningen (1), **karakterisert ved** at et  
mellomrom foreligger mellom rørledningens isolasjon og innfestingsringen, og at  
boltlengden og innfestingsringens stivhet er tilpasset slik at boltene holdes elastisk  
15 forspent med god elektrisk kontakt med rørledningen i hele området for trykk og  
temperatur i rørledningen og omgivelsene.

2. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at boltene har en mykere spiss  
(7a) som er deformerbar mot rørledningen og har høy elektrisk ledningsevne.

3. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at anoden er elektrisk koblet  
20 direkte til boltene.

4. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at anoden er festet på  
innfestingsringen.

5. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at innfestingsringen er splittet i  
to deler som er boltet og/eller hengslet sammen.

25 6. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at innretningene (7) for  
elektrisk kontakt omfatter fire bolter med myk spiss som er deformerbar mot  
rørledningsmetallet.

7. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** en indre boltdel av kobber og en  
ytre boltdel av stål.

30 8. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at boltene er massive bolter av  
kobber, messing, sølv eller annet mykere materiale enn rørledningen, og med god  
elektrisk ledningsevne.

9. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at innfestningsringen omfatter  
en strømskinne som tilstrammes av bolttildragningen, idet offeranoden er støpt rundt  
35 strømskinnen.

10. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at fjærer for forspenning er  
anordnet rundt hver bolt, mellom en flens på bolten og innfestingsringen.

11. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at innfestingsringen er overflatebehandlet og elektrisk isolert fra anoden og innretningene for elektrisk kontakt.

12. Anordning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at rørledningen er en  
s termoisolert rørledning.

1/1

Fig. 1

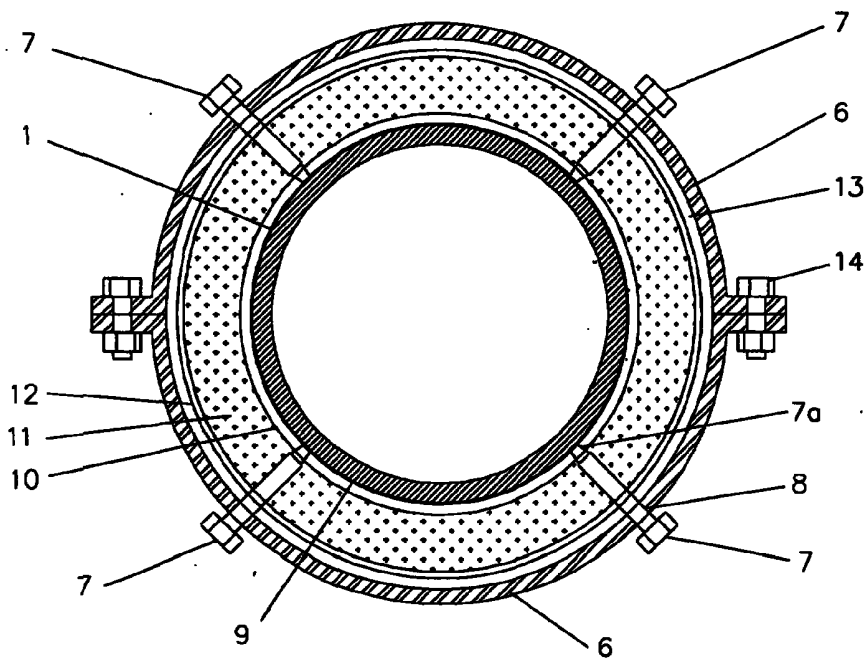
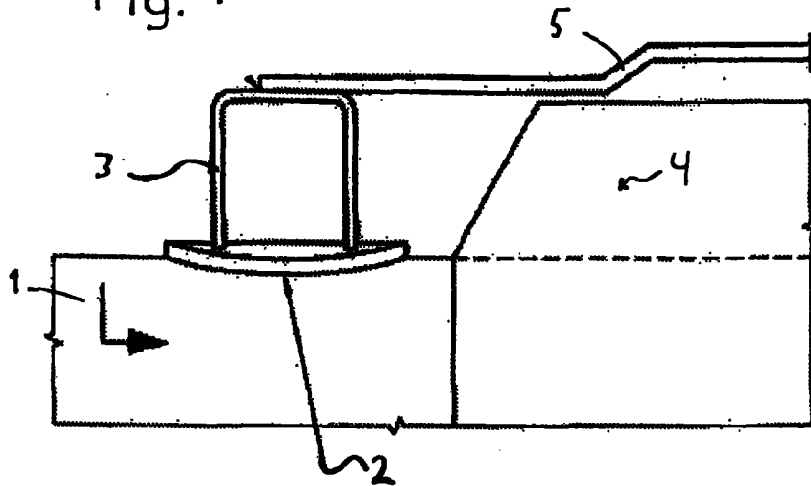


Fig. 2