



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 144355

[G] (45) PATENT MEDDELT

19. AUG. 1981

(51) Int. Cl.³ C 23 F 14/00, F 04 D 29/70,
C 01 B 21/20

(21) Patentsøknad nr. 783467

(22) Inngitt 13.10.78

(23) Løpedag 13.10.78

(41) Alment tilgjengelig fra 18.04.80

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 04.05.81

(30) Prioritet begjært Ingen.

(54) Oppfinnelsens benevnelse Fremgangsmåte og prosessanlegg for transport og kompresjon av nitrogenoksyder.

(71)(73) Søker/Patenthaver NORSK HYDRO A.S,
Bygdøy allé 2,
Oslo 2.

(72) Oppfinner GUNNAR KONGSHAUG,
Porsgrunn.

(74) Fullmektig -

(56) Anførte publikasjoner Britisk (GB) patent nr. 758530, 1077707

Oppfinnelsen vedrører transport og kompresjon av nitrogenoksyder som f.eks. i to-trykks anlegg for fremstilling av salpetersyre og caprolactam. Mer spesielt dreier det seg om en forbedret metode og prosessanlegg for fjerning og forhindring av dannelsen av krystallinsk ammoniumnitratbelegg i nitrosegasskompressorer og andre prosessavsnitt hvor det forekommer slik beleggdannelse.

Saltbelegget, som er forårsaket av ureagert ammoniakk ved katalytisk forbrenning av NH_3 til NO , vil særlig nedsette produksjonskapasiteten, øke energiforbruket og kan gi ubalanse i kompressorens rotor. Dessuten representerer slike saltbelegg en sikkerhetsmessig risiko om akkumulasjon ikke forhindres eller begrenses.

Helt fra de første nitrosegasskompressorer ble installert i salpetersyreanlegg for over 30 år siden, har praksis vært å benytte innsprøyting av vann for å fjerne saltbelegg. Kompressorene blir vanligvis bygd med rekker av flere aksielle dyser for periodisk vanninnsprøyting under drift. Tidsintervallene mellom hver vask kan variere fra 4 til 36 timer og vasketiden kan variere mellom 10 og 30 minutter. Normal vann-tilsats under vaskingen ligger i området $0.015-0.04 \text{ kg/Nm}^3$ nitrosegass. Enkelte nitrosegass-kompressorer har også kontinuerlig vanninnsprøyting i nitrosegassen i tillegg til den diskontinuerlige vaskingen.

144355

2

Til kompressorens pakkbokser blir det vanligvis også tilført vann kontinuerlig for å hindre saltbelegg. Denne vanntilsats, som kan være opp til 500 kg/h, ender i produktet enten ved fordampning i nitrosegassen eller ved drenering til kondensat.

Det er således betydelige vannmengder som medgår for å holde saltbeleggene i sjakk. Slik tilsats av vaskevann i nitrosegassen eller kondensat er imidlertid sterkt uønsket, da vannet må kompenseres med tilsvande reduksjon av prosessvannet til absorpsjonssystemet, noe som gir reduksjon i absorpsjonseffektiviteten eller i den maksimalt oppnåelige produktkonsentrasjon.

Til tross for en langvarig vanninnsprøyting i kompressoren, gir vannvask ofte ikke tilstrekkelig rengjøring til at maksimal kapasitet gjenvinnes. Dette skyldes at innsprøytede vanndråper på grunn av sin treghet ikke fukter alle flatene hvor det er beleggdannelse. I enkelte kompressorer kan akkumulasjonen på disse flatene bli så stor at periodisk vanninnsprøyting under nedkjøring av omdreiningstallet er nødvendig for å oppnå maksimal kapasitet igjen.

Innsprøytede vanndråper kan dessuten gi betydelig erosjon i kompressoren, spesielt på skovelbladene i aksialkompressorer og rundt naglehullene i sentrifugalkompressorer.

En mer effektiv fjerning av saltbelegget er videre spesielt ønskelig for å kunne opprettholde en større gjennomsnittsbelastning og derved øke anleggets produksjon. Det er derfor et hovedformål med oppfinnelsen å tilveiebringe en ny og bedre fremgangsmåte for saltfjerning uten ovennevnte ulemper.

For å fjerne det krystallinske saltbelegget, må de fysikalske betingelser være slik at saltet gjøres flytende (som smelte eller løsning), eller saltet må bringes opp til temperaturer hvor det sublimerer eller spaltes.

Ved å samholde krystallisasjonspunktet (smeltepunktet) for en blanding av ammoniumnitrat og vann i likevekt med vanndamptrykket over blandingen, har vi funnet at det er en temperaturavhengig øvre grense for det vanndamptrykk hvorved krystallinsk ammoniumnitrat kan eksistere. Denne sammenhengen er illustrert grafisk i fig. 1, hvor kurve 1 viser vanndamptrykket for saltbelegget ved metning og kurve 2 viser duggpunktet for nitrosegassen. Kurvene viser at krystallinsk ammoniumnitrat ikke under noen omstendigheter kan eksistere når temperaturen er over 170°C eller når vanndamptrykket er over 0.25 bar.

Ved adiabatisk eller polytrop kompresjon av nitrosegassen er det en gitt sammenheng mellom trykk og temperatur. Det er derfor mulig for en fagmann å beregne endringen av vanndamptrykket som funksjon av temperaturforløpet gjennom kompresjonssonen, når vanndamptrykket i innløpet er kjent. Sammenhengen mellom vanndamptrykket og temperaturen i en tilfeldig kompressor er vist på figur 2. Kurvene 1 og 2 viser at beleggdannelse er mulig mellom 35°C og 163°C for et vanndampinnhold tilsvarende kurve 2.

Disse grunnleggende fysikalske data er benyttet ifølge oppfinnelsen til å forhindre eksistensen av saltbelegg ved en bevisst økning av vanndamptrykket ved anvendelse av en spesiell ekstern damptilsats. Skal saltbelegget fjernes ved økning av vanndamptrykket, dvs. ved ekstern damptilsats, må vanndamptrykket ved enhver temperatur i kompressoren ikke være mindre enn metningstrykket over saltbelegget ved samme temperatur. Et forløp med minimal damptilsats er illustrert med kurve 3 på fig. 2. For en vanlig kompressor viser det seg at kurven for minimalt vann-dampbehov tangerer metningskurven for saltbelegget ved ca. 110°C og 0,24 bar vanndamp partialtrykk.

Dersom en kjenner den polytropiske eksponent for kompressoren og fuktigheten i nitrosegassen før damptilsats, kan det spesifikke dampbehov beregnes. Dampbehovet vil normalt være 0.067-0.075 kg damp/m³ innsugd gass (virkelig volum). Den prosentvise reduksjon i nitroselastning under damprensing vil derfor være sterkt avhengig av sugetrykket, og således variere fra ca. 14% når sugetrykket er 0.9 bar, til ca. 2% når sugetrykket er 5 bar.

144355

4

I kompressor-pakkbokser kan avleiringer også forhindres ved å erstatte vanntilsatsen med ren damp eller en blanding av damp og luft som bør være mettet ved enhver temperatur, selv ved den laveste temperatur i pakkboxen og eventuelle dreneringsrør.

Ifølge oppfinnelsen er således tilveiebrakt en ny fremgangsmåte for å fjerne eller hindre dannelse av saltbelegg i henhold til ovenstående, og de karakteristiske trekk ved denne fremgangsmåte, samt den spesielle konstruktive anordning for gjennomføring av fremgangsmåten, vil fremgå av de etterfølgende patentkrav.

Den særlige tekniske effekt som oppnås herved, er at fysiske betingelser for saltfjerning blir etablert praktisk talt momentant og med umiddelbar virkning for alle belagte flater, i det vesentlige uavhengig av hvor bortgjemte eller vanskelig tilgjengelige disse flatene er.

Praktiske forsøk viser at det normale dampbehov er ubetydelig høyere enn det forannevnte minimale dampbehov og at eksisterende belegg er løst opp allerede etter 15-30 sekunder.

Metoden og anordninger for damptilsats skal nedenfor beskrives under henvisning til fig. 3 og 4 og i tilknytning til tre ulike eksempler eller anvendelser. i en lavtrykkskompressor, i en høytrykkskompressor og i en høytrykkskompressors pakkbokser.

Eksempel 1

Varm nitrosegass 1 fra et atmosfærisk forbrenningsanlegg ble avkjølt i en gass-kondensator 2 til 30°C. Den avkjølte gassen 3 som har et trykk på 0,9 bar abs. ble komprimert i en aksialkompressor 4 til 3,0 bar abs. Ved kompressorutløpet 5 var temperaturen 200°C. Den varme gassen ble deretter avkjølt og tilført et absorpsjonstårn hvor det blir produsert salpetersyre (ikke vist på tegningene). Kompressorkapasiteten med rengjort kompressor var 40 000 Nm³/h, det tilsvarer 50 000 m³/h i innløpet 3. Under drift ble belastningen gradvis redusert p.g.a.

beleggdannelse av ammoniumnitrat, reduksjonen tilsvarer ca. 5% belastningsreduksjon pr. døgn. Kompressoren hadde ingen kontinuerlig vanntilsats. Men hver 8. time ble kompressoren vasket med damp fra et dampreservoir 6. På det tidspunkt vil belastningen være redusert med ca. 700 Nm₃/h. Dampen, som var mettet ved 5 bar abs. ble tilført kompressorens sugeside gjennom et perforert rør 7 som var plassert vinkelrett på gasstrømmen ca. 1 1/2 m foran kompressorene. Det perforerte røret hadde en diameter på 100 mm og inneholdt ca. 80 hull, hvert med en diameter på 15 mm. Damptilsatsen ble styrt med en ventil 8 og mengden avlest ved hjelp av en måleblende 9. Eventuelt kondensat ble drenert i en kondenspotte 10. Under dampvaskingen ble det tilført 3500 kg damp/h i ca. 15 sek. Den totale dampmengde under vaskeperioden var således 15-25 kg, avhengig av hvor fort nitrosebelastningen kan endres uten å forstyrre forbrenningsenheten. Under damptilsatsen øket temperaturen i kompressorinnløpet 3 til 45°C og temperaturen i kompressorutløpet 5 sank mot 195°C. Temperatur og trykkendringene ellers i salpetersyreanlegget var minimale under damptilsatsen. Under damptilsatsen ble nitrosegassen fra forbrenningsanlegget 1 redusert med ca. 14%. Etter damptilsatsen var kompressoren ren og ytet den maksimale kapasitet igjen.

Eksempel 2

Varm nitrosegass 1 (fig. 4) ble avkjølt i en kondensator 2 til 30°C og deretter komprimert i en radialkompressor 3. Trykket i kompressorens sugeside 4 var 4,5 bar abs. og ved kompressorens utløp 5 var trykket 10 bar abs. og temperaturen 100°C. Kompressorkapasiteten var 40 000 Nm³/h som tilsvarer 10 000 m³/h ved kompressorinnløpet 4.

Kompressoren ble vasket med 700 kg damp/h i ca. 1/2 minutt hver 8. time (total dampmengde er 6-10 kg). Dampen som er mettet ved 9 bar abs ble fra en dampkilde 6 via en ledning tilført nitrosegassen gjennom to dyser som var plassert ca. 1 1/2 m foran kompressoren og anordnet slik at de fuktet mest mulig av gassstrømmen (fig. 3). Temperatur og trykkendringen under og etter damptilsatsen var minimale og forstyrret ikke produksjonen.

144355

6

Under damptilsatsen ble mengden av nitrosegassen 1 redusert med ca. 2%. Etter damptilsatsen ytet kompressoren igjen maksimal kapasitet.

Eksempel 3

Damp fra samme reservoar 6, men ved hjelp av spesielle ledninger og dyser, ble kontinuerlig tilført kompressorens pakkbokser 8 og 9. Sperreluft 10.11 ble tilført begge kompressorens pakkbokser som også har avluftningsstuss 12.13 og drenering av damp og kondensat 14.15. Ca. 1 kg damp/h ble tilført pakkboks 8 og ca. 2,5 kg damp/h ble tilført pakkboks 9. Herved erstattet man en tidligere vanntilførsel på omtrent 200 kg/h og oppnådde effektiv forhindring av saltdannelse.

Med utgangspunkt i eksemplene og de øvrige forsøk som er utført, kan fastslås at damp kan tilføres i mengder fra 0.05-3 kg pr. m³ nitrosegass, men bør fortrinnsvis tilføres i mengder fra 0.067-0.075 kg pr. m³ gass.

Videre er det i kompressorer o.l. ikke behov for å tilføre damp over et lengre tidsrom enn 15 min. I praksis vil man imidlertid operere med meget kortere tidsrom, og vi foretrekker å tilføre damp i tidsrom på under 1 minutt. Noe optimalt tidsrom mellom hver damptilsats er det ikke grunnlag for å oppgi, det kan bare fastslås at her er fleksibiliteten stor.

Ved å erstatte den tradisjonelle vannvask med saltfjerningsmetoden ifølge oppfinnelsen blir rengjøringen vesentlig mer effektiv. Det uønskede vaskevannet kan totalt reduseres med opp til 90%, foruten at vasketiden vil bli betydelig redusert. Derved kan perioden mellom hver vask reduseres slik at gjennomsnittsbelastningen økes. Innsprøytet damp gir heller ingen erosjonsproblem i kompressoren.

Konstruksjonen av kompressorene kan dessuten forenkles ved å anvende damprensingsmetoden i stedet for vannvask. Anordning av dampdyser, i form av perforerte rør e.l. foran kompressoren,

erstatte rekkene av små dyser med tilførselsledninger som må monteres i kompressorhuset, noe som betinger boring gjennom kompressorgodset og fører til kompliserte og kostbare konstruktive utforminger.

Det er således oppnådd vesentlige fordeler med rensemetoden ifølge oppfinnelsen.

Selv om det kanskje ikke er overraskende at saltbelegget lar seg fjerne når vandamptrykket heves over likevekts-trykket for mettede løsninger av saltet, er det i høyeste grad overraskende at saltet lar seg løse på så kort tid. Mens man ved vanntilsats til kompressoren normalt må la dette stå på i 30 minutter uten at man alltid restaurerer kapasiteten fullstendig, oppnår man full rensning ved dampinnblåsing allerede etter 15-30 sekunder. Til tross for at den momentane damp-tilsats i lavtrykkskompressorer er relativt høy, vil denne korte rengjøringstid gjøre at det totale vannbehov blir drastisk redusert. Den korte tid gjør at produksjonstapet under rengjøringen blir ubetydelig. I høytrykkskompressorer er det momentane dampbehov betydelig lavere, slik at væskebehovet til og med blir mindre enn den momentane vanntilsats under vannvask.

En motforestilling mot beleggfjerning ved dampinnblåsing har videre vært frykten for at den høyere innløpstemperatur skulle føre til utillatelig temperaturstigning i kompressorens utløps-side. Vandamp har imidlertid en større spesifikk varmekapasitet enn nitrosegassen, og våre forsøk har vist at en viss damp-tilsats faktisk kan føre til at utløpstemperaturen synker under renseprosessen.

Selv om oppfinnelsen er beskrevet primært i tilknytning til hindring og fjerning av saltbelegg i nitroseekompressorer og tilhørende pakkbokser hvor beleggproblemene er størst, er det klart at fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen også vil kunne benyttes i andre prosessavsnitt hvor slike problem oppstår.

144355

8

Egentlig er teknikken generelt anvendelig også for andre systemer hvor det dannes belegg av hygroskopiske salter og hvor det ved regulering av temperaturer og damptrykk er mulig å etablere betingelser for momentan oppløsning av saltbeleggene.

Patentkrav

1. Fremgangsmåte for å fjerne og forhindre dannelse av saltbelegg i utsatte avsnitt av et prosessanlegg hvor nitrogenoksyder transporteres og komprimeres, k a r a k t e r i s e r t v e d at det til de aktuelle prosessavsnitt tilføres vanndamp i slike mengder at det etableres et vanndamptrykk som ligger over saltbeleggets dampmetningstrykk ved de temperaturer som foreligger.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at damp periodevis tilføres anleggets nitrose-gasskompressorer foran eller ved deres innløp.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at det tilføres damp i en mengde fra 0.02-3 kg pr. m³ nitrosegass innsugd, fortrinnsvis fra 0.067-0.075 kg pr. m³.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, 2 eller 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at damp tilføres i korte perioder på under 15 minutter og fortrinnsvis under 1 minutt.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at damp tilføres prosessanleggets kompressor-pakkbokser.

144355

6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, k a r a k t e r i - s e r t v e d at damp tilføres sammen med luft og damp/luftforholdet styres slik at vandampinnholdet alltid minst tilsvarer metning ved de høyeste temperaturer som forekommer i pakkbokssystemet.
7. Prosessanlegg for transport og komprimering av nitrogenoksyder for utførelse av fremgangsmåten ifølge et hvilket som helst av kravene 1-6, k a r a k t e r i - s e r t v e d at prosessanleggets kompressorer er utstyrt med damptilførselsdyser.
8. Prosessanlegg ifølge krav 7, omfattende nitrosegasskompressorer med midler for fjerning av ammoniumnitratbelegg, k a r a k t e r i s e r t v e d at den enkelte kompressor, istedenfor på vanlig måte å være utstyrt med et kompressorhus med langsgående rekker av vannspyle- dyser, på sin sugeside er utstyrt med en damptilførsels- ledning med tilhørende dyse (7), hvilken ledning er tilpasset for tilkobling til et dampforråd.

144355

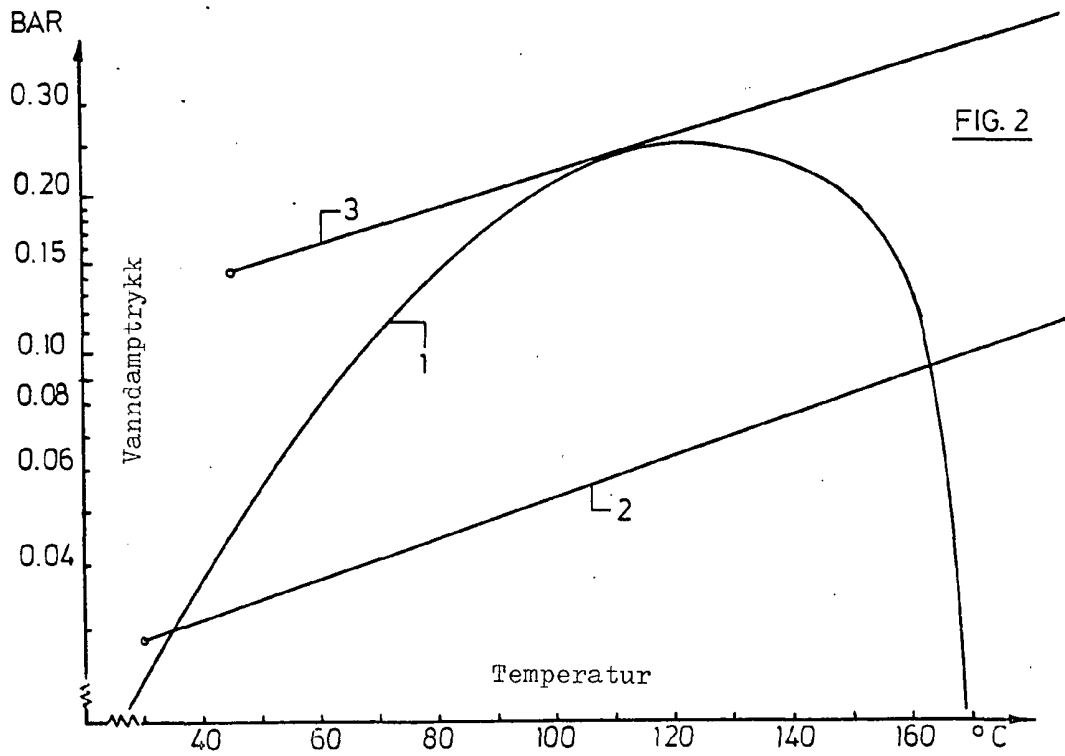
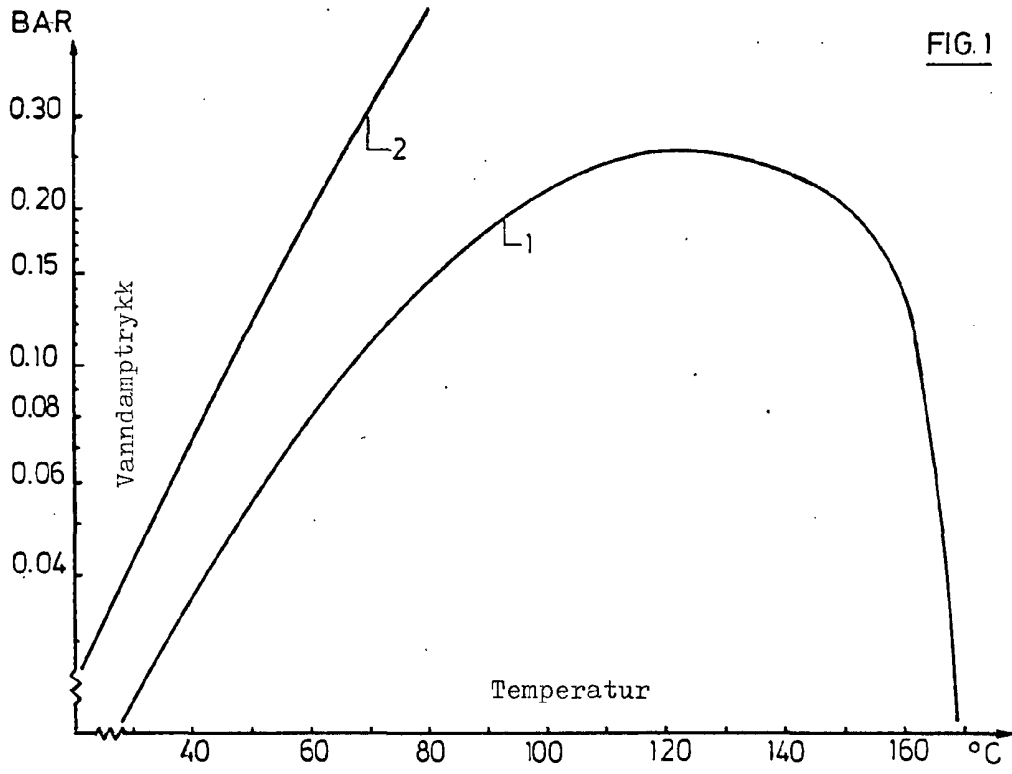


FIG. 3

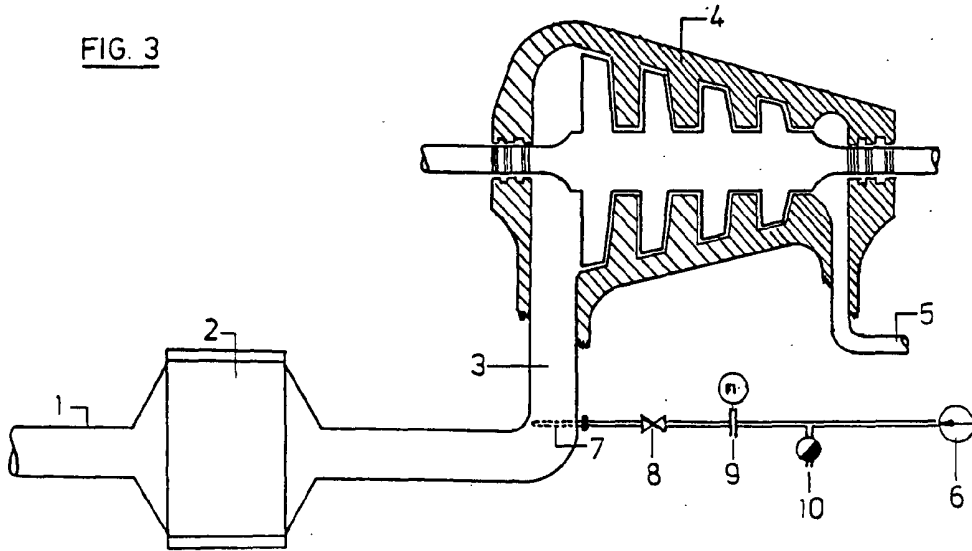


FIG. 4

