



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **326735**

(13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.

F04D 29/10 (2006.01)

F04D 29/08 (2006.01)

F04D 13/08 (2006.01)

F04D 25/06 (2006.01)

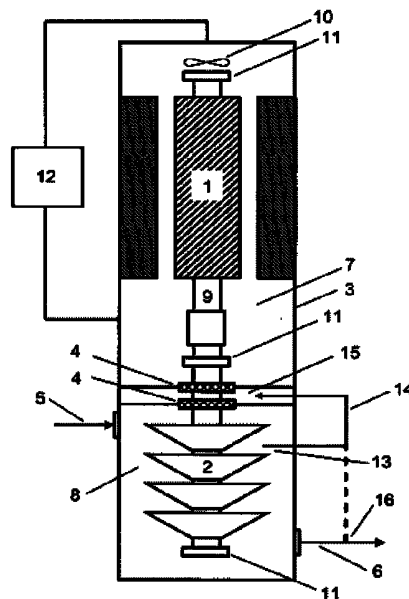
F04D 29/04 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20063044	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2006.06.30	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2006.06.30	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2008.01.02		
(45)	Meddelt	2009.02.09		
(73)	Innehaver	Aker Kværner Subsea AS, Postboks 94, 1325 LYSAKER		
(72)	Oppfinner	Kjell Olav Stinessen, Hovseterveien 32A, 0768 OSLO Håkon Skofteland, Hagaliveien 2B, 1358 JAR		
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO		

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og anordning for beskyttelse av kompressormoduler mot uønsket innstrømming av forurenset gass.
(56)	Anførte publikasjoner	EP 1 008 759 A1, EP 1 069 313 B1, EP 1 467 104 B1, US 3,919,854, WO 03/071139 A1
(57)	Sammendrag	

Fremgangsmåte til beskyttelse av en gassfylt undervannsmotor i en undervannskompressormodul med et trykkrhus (3). Inne i trykkruset er det tetningselementer (4) som avgrenser et først rom (8) som inneholder en kompressor (2), og et andre rom (7) som inneholder en elektrisk motor (1). Kompressoren (2) og motoren (1) er drivbart forbundet med en aksel (9). Det andre rom (7) inneholder en lukket kjølekrets med ekstern motorkjøler (12). Motorrommet (7) beskyttes mot direkte innstrømming av forurenset gass fra kompressorrommet (8) ved at gass fra et av kompressorens (2) mellomliggende trinn eller utløp føres inn i tetningen (4) eller mellom to eller flere tetninger (4). Gassen strømmer fra tetningene (4) tilbake til kompressorrommet (8).



Den foreliggende oppfinnelse vedrører gassfylte undervannsmotorer og magnetlagre som benyttes i undervannskompressormoduler for komprimering av hydrokarbongasser i en brønnstrøm, og mer spesifikt en undervannskompressormodul som omfatter et trykkhus, en kompressor og en motor. Fremgangsmåten for beskyttelse av gassfylte undervannsmotorer kan også benyttes for andre typer undervannsroterende utstyr eller for roterende utstyr over vann, på land eller på plattformer.

Kjente undervannskompressormoduler anvender regulære oljesmurte lagre eller lignende. Oppfinneren har utforsket mulighetene for å anvende magnetlagre i slike undervannskompressormoduler, etter som dette vil ha flere fordeler, særlig under drift. Magnetlagre er mer pålitelige og mindre kostbare å operere. Av særlig viktighet er at anvendelsen av magnetlagre eliminerer smøreolje, og derfor mulige problemer som kan opptre ved: fortykning av smøreoljen med de hydrokarbongasser som den er i kontakt med, akkumulering av hydrokarbonkondensater eller vann i smøreoljen eller degradering av smøreoljen over tid på grunn av dens spesielle anvendelse i undervannskompressormoduler. Problemet som møtes ved anvendelse av uinnkapslede magnetlagre i en undervannskompressormodul tilsvarer i mange henseender de som er forbundet med anvendelse av elektromotorer. Begge trenger en ren og tørr atmosfære for å funksjonere korrekt over tid. Det finnes også innkapslede magnetlagre, eller disse er under utvikling. Det påstås at disse kan operere i den ubehandlede brønnstrømmen av hydrokarbongass. Det er imidlertid grunner til å anta at det også for disse typer magnetlagre er en fordel for lang tids funksjonalitet og pålitelighet at de installeres og opereres i en tørr og ren atmosfære.

Det er kjent at det på land benyttes kompressormoduler med kompressor, motor og magnetlagre installert i et trykkhus og med et lukket system der kjøling av motor og magnetlagre gjøres ved at komprimert gass fra kompressorens trykkside eller mellomliggende trinn tilføres direkte til motoren og spyles gjennom motoren i tilstrekkelig mengde til at nødvendig kjøling oppnås. Motoren og magnetlagre vil da kontinuerlig eksponeres for det mediet som blir komprimert i kompressoren. Denne metoden er ikke hensiktsmessig for undervannskompressorer som komprimerer hydrokarbongass eller andre medier som kan inneholde kondensat, vann eller andre partikler og forurensninger. En kontinuerlig tilførsel og spyling av gass med forurensinger gjennom undervannsmotoren og ikke-innkapslede magnetlagre kan over tid gi problemer med korrosjon, stress og beleggdannelse. Undervannskompressorer er vanskelig tilgjengelig når de står på store havdyp og langt fra land, og de må kunne operere i lang tid uten behov for intervensjon og vedlikehold. For å oppnå høy pålitelighet kreves det at den gassfylte un-

dervannsmotoren beskyttes mot mediet som komprimeres i kompressoren, og at det unngås kontinuerlig tilførsel av forurenset gass ved kjøling av motoren og magnetlagrene.

5 Det er mulig å installere filter, separator eller lignende i tilførselslinjen for gass til undervannsmotoren for fjerning av kondensat, vann og partikler eller forurensninger. Dette vil kreve ekstra utstyr som vil ha redusert pålitelighet og behov for vedlikehold. Erfaring finnes heller ikke med denne typen renseanlegg fra undervannsapplikasjoner i dag, og det er behov for en mer pålitelig løsning for undervannskompressorer. Alternativt
10 kan det tilføres ren gass i rør fra land for beskyttelse og kjøling av undervannsmotoren, men dette har vist seg å være meget kostbart, siden undervannskompressorer ofte ligger langt fra land og langt fra nærmeste plattform. Begge disse metodene er beskrevet i norske søknader NO 20033034 og NO 20054179 og internasjonal søknad WO-A₁ 2005/003512.

15 I europeisk søknad EP-A₁ 1008759 omtales retur av komprimert gass fra gassutløpet i kompressoren for å unngå kondensat eller frysing i tandemgasstetningene i en gasskompressor. Mens europeisk patent EP-B₁ 1069313 viser en variant som har til formål å oppnå effektiv kjøling av elektromotoren og de elektromagnetiske lagrene i kompressorer.
20

Med dagens teknologi er ikke de tidligere beskrevne metodene for beskyttelse av gassfylte undervannsmotorer hensiktsmessige. Det er derfor et behov for og en fremgangsmåte og en anordning som gir den gassfylte undervannsmotoren og magnetlagre best
25 mulig beskyttelse mot kondensat, vann og partikler eller andre forurensninger som følger med mediet som komprimeres i kompressoren,

Den foreliggende oppfinnelse tilveiebringer i et aspekt en fremgangsmåte for beskyttelse av kompressormoduler mot uønsket innstrømming av forurenset gass, omfattende et
30 trykkhus som ved hjelp av ett eller flere tetningselementer generelt er avgrenset i et første rom utstyrt med en kompressor og et andre rom forsynt med en gassfylt motor, idet kompressoren og motoren er drivbart forbundet med hverandre med minst én en aksel, kjennetegnet ved at det andre rommet med motor beskyttes mot direkte innstrømming av forurenset gass fra det første rommet med kompressor ved hjelp av komprimert
35 gass som forsynes fra et avtakspunkt ved kompressorens mellomliggende trinn, eller fra kompressorens utløp, og at den komprimerte gassen føres direkte inn i tetningen eller

inn mellom to eller flere tetninger for derved å strømme gjennom den minst ene tetningen tilbake til det første rommet med kompressor.

Den foreliggende oppfinnelse tilveiebringer i et annet aspekt en anordning for beskyttelse av kompressormoduler mot uønsket innstrømming av forurenset gass, omfattende et trykkhus som ved hjelp av ett eller flere tetningselementer generelt er avgrenset i et første rom utstyrt med en kompressor og et andre rom forsynt med en gassfylt motor, idet kompressoren og motoren er drivbart forbundet med hverandre med minst én en aksel, kjennetegnet ved at det andre rommet med motor er beskyttet mot direkte innstrømming av forurenset gass fra det første rommet med kompressor ved hjelp av komprimert gass som er forsynt fra et avtakspunkt ved kompressorens mellomliggende trinn, eller fra kompressorens utløp, og at den komprimerte gassen er ført direkte inn i tetningen eller inn mellom to eller flere tetninger for derved å strømme gjennom den minst ene tetningen tilbake til det første rommet med kompressor.

15

Utførelser av den foreliggende oppfinnelse fremgår av de uselvstendige patentkravene.

Nærmere bestemt omfatter slike utførelser en fremgangsmåte og en anordning der undervannsmotoren benytter en lukket kjølekrets hvor gassen i undervannsmotoren sirkuleres gjennom motorhuset og via magnetlagrene og gjennom en motorkjøler som er plassert utenfor trykkhuset for undervannsmotoren. Motorkjøleren benytter kjøling mot omgivende sjøvann for å fjerne varmen som genereres pga. tapene og friksjonen i motoren og magnetlagrene. Tvungen sirkulasjon av gassen i kjølekretsen oppnås ved å benytte en vifte eller lignende som kan kobles til motorakslingen. Oppfinnelsen innebærer at det ikke tilføres noen gass direkte inn i den gassfylte undervannsmotoren, og kjølekretsen for motoren vil resirkulere samme kjølegass så lenge det ikke er noen utskifting over tetningene som skiller motorrommet og kompressorrommet. En lukket kjølekrets fører til at mengde partikler og forurensinger som motoren eksponeres for blir kraftig redusert, den eneste tilførsel av ny gass kommer via tetningene mellom motor og kompressor; enten som diffusjon over tetningene eller som følge av trykktransienter over tetningene som avgrenser motorrommet og kompressorrommet. En lukket kjølekrets har også den fordel at kjølingen av motoren ikke påvirkes av temperaturen på mediet som komprimeres i kompressoren og eventuell økning av temperaturen på kompressorens innløp som følge av resirkulering over kompressoren.

35

Videre gir en lukket kjølekrets motoren høyere virkningsgrad enn om motoren kjøles ved å la det strømsvis forholdsviss komprimert gass fra første trinn eller et mellomliggende trinn av kompressoren og tilbake til sugesiden for rekomprimering.

- 5 Oppfinnelsen omfatter videre tilførsel av gass fra kompressorens utløp, eller mellomtrinn, og injisering av denne gassen inn i tetningen, eller mellom tetningene, som separerer det første rommet som inneholder kompressoren, og det andre rommet som inneholder den gassfylte elektriske undervannsmotoren. For fullstendighetens skyld skal det nevnes at det som her kalles motorrommet, også kan inneholde andre avdelinger eller
- 10 rom, for eksempel et eget rom for akselkopling plassert mellom tetningssystemet og det egentlige motorrommet. Dette spiller imidlertid prinsipielt ingen rolle for oppfinnelsen. Det vesentlige er at det et sted mellom motor og kompressor er plassert tetning for å beskytte motoren.
- 15 Gassen fra kompressoren tas ut på et gunstig sted på kompressorens trykkside med hensyn på medrivning av forurensinger og partikler. Gassen som injiseres i tetningen, eller mellom tetningene, vil under normal operasjon, uten trykktransienter, strømsvis tilbake til kompressorens sugeside, siden den elektriske undervannsmotoren har et lukket volum med unntak av åpningen over tetningene mot kompressoren. Derved forhindres
- 20 strøm av forurenset gass fra kompressorens innløp direkte fra det første rommet og inn i det andre rommet. Ved trykktransienter vil det ved økning av kompressorens sugetrykk bli en strøm av tetningsgass over tetningene og inn i motorrommet inntil likevekt er oppnådd, og ved trykkreduksjon vil det bli strøm av tetningsgass fra motorrommet og inn i kompressorrommet inntil likevekt er oppnådd.
- 25 Oppfinnelsen kan inkludere en gassbehandlingsenhet i tilførselslinjen for tetningsgass. Gassbehandlingsenheten kan være et filter eller lignende for å fjerne kondensat, vann og partikler eller andre forurensinger. Tetningsgassen vil fortsatt injiseres i tetningen, eller mellom tetningene, som separerer det første rommet som inneholder kompressoren, og
- 30 det andre rommet som inneholder den gassfylte elektriske undervannsmotoren. Gassbehandlingsenheten kan gi mer optimal beskyttelse av den gassfylte undervannsmotoren siden tetningsgassen er behandlet.

En utførelse av den foreliggende oppfinnelsen vil nå beskrives med henvisning til de

35 medfølgende tegningene, hvor like deler er gitt like henvisningstall.

Figur 1 er prinsippskisser av anordningen i henhold til oppfinnelsen.

Figur 2 er et skjematisk riss av en annen utførelse i henhold til oppfinnelsen.

Kompressormodulen, se figur 1, innbefatter en elektrisk motor 1 og en kompressor 2, knyttet sammen via en aksel 9 og anordnet i et felles trykkskall 3. Én eller flere aksialtetninger 4 er vist mellom kompressoren 2 og motoren 1 og deler trykkskallet inn i et motorrom 7 og et kompressorrom 8. Akselen 9 er opplagret ved hjelp av magnetlagre 11, slik som vist eksempelvis i figur 1. Antall og plassering av magnetlagre har ingen betydning for oppfinnelsen. Kompressormodulen har et innløpsrør 5 og et utløpsrør 6. En vifte eller liten kompressor 10 er koblet til motorakslingen for tvungen sirkulasjon av gassen i motorrommet 7. En motorkjøler 12 er plassert utenfor trykkskallet 3.

Avtakspunkt for tetningsgass 13 er vist fra nedstrøms en av kompressorens mellomtrinn og alternativt fra kompressorens utløp 16. En ekstern rørledning 14 eller en intern utboring fører tetningsgassen inn i en eller mellom to eller flere aksialtetninger 4.

I figur 1 er kompressormodulen vist vertikalt orientert, men den kan også være horisontalt orientert.

Den gassfylte undervannsmotoren 1 kjøles med en lukket kjølekrets. En vifte eller en liten kompressor 10 sørger for tvungen sirkulasjon av gassen i motorvolumet 7. Gassen sirkuleres gjennom motorrommet 7, forbi magnetlagrene 11 for å fjerne avgitt varme og videre ut i motorkjøleren 12 hvor varmen avgis til det omgivende sjøvannet. Det er ingen tilførsel av gass til motorvolumet 7 med unntak av eventuell diffusjon over aksialtetningene 4 eller trykkutjevning over aksialtetningene 4 som følge av en trykkøkning på kompressorens innløp 5. Dette medfører at det ved normal operasjon ikke vil være noen tilførsel av hydrokarbongass fra kompressorens innløp 5 eller kompressorrommet 8 og inn i motorrommet 7. Den elektriske gassfylte undervannsmotoren 1 vil følgelig beskyttes mot kondensat, vann, partikler eller andre forurensninger som kan komme med hydrokarbongassen inn på kompressorens innløp.

En fremgangsmåte for tilførsel av tetningsgass mellom motorrommet 7 og kompressorrommet 8 er vist ved et avtakspunkt for tetningsgass 13 nedstrøms kompressorens mellomtrinn. Avtaket kan være nedstrøms et valgfritt løpehjul, men det er ikke behov for større trykk enn det som oppnås over første løpehjul. Avtaket bør plasseres slik at minimum av forurensninger følger med tetningsgassen. Et alternativt for avtak av tetningsgass er på kompressorens utløp 16 eller nedstrøms kompressoren der gasstrykket er til-

strekkelig høyt. En ekstern rørledning 14 eller en intern utboring fører tetningsgassen inn i en eller mellom to eller flere aksialtetninger 4. Tetningsgassen vil ved normal drift strømme gjennom aksialtetningene 4 og inn i kompressorummet 8. Ved trykkøkning på kompressorens innløp 5 vil tetningsgass strømme inn i motorvolumet 7 inntil trykklikevekt er oppnådd.

I figur 2 er vist en gassbehandlingsenhet som kan inkluderes i tilførselslinjen 14 for tetningsgass.

1	Elektrisk motor
2	Kompressor
3	Trykklus
4	Aksialtetninger
5	Kompressorinnløp
6	Kompressorutløp
7	Motorrom
8	Kompressorrom
9	Aksling
10	Vifte eller liten kompressor
11	Magnetlager
12	Motorkjøler
13	Avtakspunkt for tetningsgass fra nedstrøms kompressorens mellomtrinn
14	En ekstern rørledning eller en intern utboring for tetningsgass
15	Injeksjonspunkt for tetningsgass i aksialtetninger
16	Alternativ tilførsel av tetningsgass fra kompressorens utløp
17	Gassbehandlingsenhet

P a t e n t k r a v

1.

5 Fremgangsmåte for beskyttelse av kompressormoduler mot uønsket innstrømming av forurenset gass, omfattende et trykkhus (3) som ved hjelp av ett eller flere tetningselementer (4) generelt er avgrenset i et første rom (8) utstyrt med en kompressor (2) og et andre rom (7) forsynt med en gassfylt motor (1), idet kompressoren og motoren er drivbart forbundet med hverandre med minst én en aksel (9), k a r a k t e r i s e r t v e d at det andre rommet (7) med motor (1) beskyttes mot direkte
10 innstrømming av forurenset gass fra det første rommet (8) med kompressor (2) ved hjelp av komprimert gass som forsynes fra et avtakspunkt (13) ved kompressorens mellomliggende trinn, eller fra kompressorens utløp (16), og at den komprimerte gassen føres direkte inn i tetningen (4) eller inn mellom to eller flere tetninger for derved å strømme gjennom den minst ene tetningen (4) tilbake til det første rommet (8) med
15 kompressor (2).

2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den komprimert gassen fra kompressoren (2) føres inn i tetningen (4) eller inn mellom to
20 eller flere tetninger via en ekstern rørledning (14) eller en intern utboring.

3.

Fremgangsmåte ifølge hvilket som helst av de foranstående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at kompressormodulen installeres under eller over
25 vann, på plattformer eller på land.

4.

Fremgangsmåte ifølge hvilket som helst av de foranstående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at den komprimert gassen fra kompressoren (2)
30 føres inn i tetningen (4) eller inn mellom to eller flere tetninger via en gassbehandlingsenhet (17) i tilknytning til den eksterne rørledningen (14) eller den interne utboringen.

5.

Fremgangsmåte ifølge hvilket som helst av de foranstående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at det andre rommet (7) med motor (1) kjøles ved
35 bruk av en lukket kjølekrets utrustet med en ekstern motorkjøler (12).

6.

Fremgangsmåte ifølge hvilket som helst av de foranstående krav, k a r a k -
t e r i s e r t v e d at den minst ene akselen (9) opplagres med magnet-
lagre (11).

5

7.

Anordning for beskyttelse av kompressormoduler mot uønsket innstrømming av for-
urenset gass, omfattende et trykkhus (3) som ved hjelp av ett eller flere tetningselemen-
ter (4) generelt er avgrenset i et første rom (8) utstyrt med en kompressor (2) og et andre
10 rom (7) forsynt med en gassfylt motor (1), idet kompressoren og motoren er drivbart
forbundet med hverandre med minst én en aksel (9), k a r a k t e r i -
s e r t v e d at det andre rommet (7) med motor (1) er beskyttet mot direkte
innstrømming av forurenset gass fra det første rommet (8) med kompressor (2) ved
hjelp av komprimert gass som er forsynt fra et avtakspunkt (13) ved kompressorens
15 mellomliggende trinn, eller fra kompressorens utløp (16), og at den komprimerte gassen
er ført direkte inn i tetningen (4) eller inn mellom to eller flere tetninger for derved å
strømme gjennom den minst ene tetningen (4) tilbake til det første rommet (8) med
kompressor (2).

20 8.

Anordning ifølge krav 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at den
komprimert gassen fra kompressoren (2) er ført inn i tetningen (4) eller inn mellom to
eller flere tetninger via en ekstern rørledning (14) eller en intern utboring.

25 9.

Anordning ifølge hvilket som helst av de foranstående krav 7 til 8, k a r a k -
t e r i s e r t v e d at kompressormodulen er installert under eller over
vann, på plattformer eller på land.

30 10.

Anordning ifølge hvilket som helst av de foranstående krav 7 til 9, k a r a k -
t e r i s e r t v e d at den komprimert gassen fra kompressoren (2) er ført
inn i tetningen (4) eller inn mellom to eller flere tetninger via en gassbehandlingsenhet
(17) anbrakt i tilknytning til den eksterne rørledningen (14) eller den interne utboringen.

11.

Anordning ifølge hvilket som helst av de foranstående krav 7 til 10, k a r a k -
t e r i s e r t v e d at det andre rommet (7) med motor (1) er kjølt ved
hjelp av en lukket kjølekrets utrustet med en ekstern motorkjøler (12).

5

12.

Anordning ifølge hvilket som helst av de foranstående krav 7 til 11, k a r a k -
t e r i s e r t v e d at den minst ene akselen (9) er opplagret med mag-
netlagre (11).

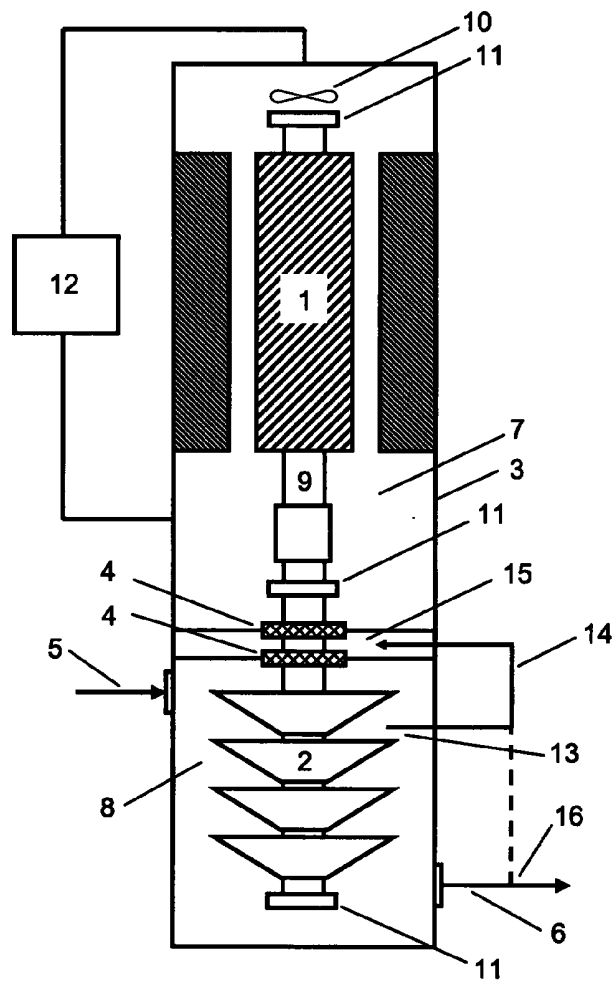


Figure 1

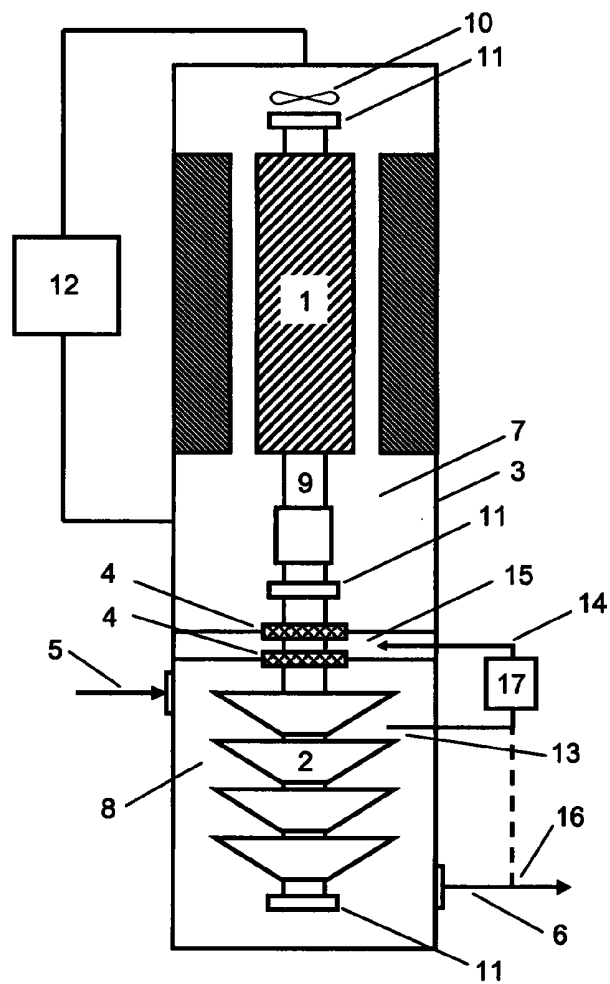


Figure 2