

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for å beskytte en knusbar plugg i en produksjonsbrønn mot fallende objekter, samt en knusbar plugg for testing av en olje- og/eller gassproduksjonsbrønn, hvor pluggen omfatter ett eller flere lag av knusbart materiale innrettet for å knuses på kontrollert vis.

5

Brønner for olje- og gassproduksjon er utsatt for svært høye trykk, som skyldes en kombinasjon av atmosfærisk trykk (pga. dybden på brønnene) og trykk påført fra selve oljen/gassen (som både er under trykk fra omgivelsene pga. dette er lukkede systemer og fra svært høye temperaturer). Det er derfor vesentlig at

10

produksjonsbrønnene må kunne tåle dette trykket. Brønnene testes derfor grundig for deres evne til å motstå trykk både før de settes i produksjon, og under produksjonen eller endringer derved. Testene går ut på å anbringe en

15

plugganordning nede i brønnen, som blokkerer passasje av fluider. Trykk påføres så fra overflaten ved hjelp av et egnet fluid, og man sjekker for lekkasjer ved å for eksempel måle trykktap over tid, da trykktap indikerer at brønnen ikke er tett. Når testen er ferdig fjernes plugganordningen slik at brønnen åpnes og produksjon kan igangsettes.

20

Plugganordningene som brukes for slik testing av produksjonsbrønner er velkjente på fagfeltet. De må være sterke nok til å kunne forsegle brønnen fullstendig, og samtidig må de kunne fjernes – helst raskt og selvsagt uten å skade brønnen. De fleste kjente løsningene er pluggen laget av glass, selv om løsninger av andre materialer, så som gummi, også er kjent. Glass og keramiske materialer har vist seg å være ideelle materiale da de ikke reagerer med fluidene i brønnen, selv ikke under høyt trykk og høy temperatur, og kan fremstilles slik at de tåler en spesifikk trykkbelastning og derved kan tilpasses den spesifikke brønntypen. Samtidig kan glass og keramiske materialer knuses ved forhåndsdefinerte spesifikke fremgangsmåter, slik at pluggen fjernes.

30

En glass- eller keramikkplugg kan fremstilles som en solid plugg, eller den kan være laget av flere lag glass/keramikk, eventuelt med andre materialer i mellom lagene. Slike materialer kan være faste stoffer, som keramiske stoffer, plastikk, filt eller til og med papp, men de kan også være fluider i væske eller gassform. Områder med vakuum kan også inkorporeres i pluggen. Pluggen anbringes vanligvis i en holder, som også omfatter en anordning for å knuse pluggen. Vanligvis vil glass som brukes i produksjon av slike plugger ha gjennomgått en behandling for å gjøre det hardere,

35

noe som gjør det i stand til å motstå mer trykk på den siden av glasset der behandlingen utføres, men som også gjør glasset mer skjørt på den motsatte siden. Glasset som anvendes er forholdsvis sterkt, da det anbefales at materialer for slike plugger har en sikkerhetsfaktor på 3.

5

Anordninger for å ødelegge pluggen er vanligvis innebygd, det vil si at de er installert med pluggen. Når pluggen så skal fjernes er det velkjent å bruke sprengladninger for å knuse pluggen, vanligvis da ved at denne plasseres inne i pluggen, eller på overflaten derav. Dette er kjent teknikk fra NO B1 321976. Da der foreligger en del ulemper ved å installere og bruke sprengladninger i produksjonsbrønner har også alternative løsninger blitt utviklet for knusing uten bruk av eksplosiver, men heller ved mekanisk påvirkning, som å utsette pluggen for punktvis stor trykkbelastning. Dette vises i norsk patentsøknad NO20081229, hvor anordningen for å ødelegge pluggen omfatter et organ innrettet til å bevege seg radielt ved føring av et utløserелеment i aksial retning, og i norsk patentsøknad NO20081192, hvor punkter som utsettes for en slik stor trykkbelastning er svekket under konstruksjonen av pluggen, slik at den da knuses lettere. Det er også kjent løsninger som ikke omfatter eksplosiver der man går ned i brønnen, for eksempel ved å nedsenke et verktøy som knuser pluggen med mekanisk påvirkning, slag eller boring.

20

Når pluggen er laget av glass eller andre materialer som kan og er laget for å knuses, medfører dette problemer. Under driften av brønnen kan ulike objekter, som deler av produksjonsutstyr eller verktøy, falle ned i selve brønnen. Når pluggen befinner seg dypt nede i en produksjonsbrønn, i den horisontale delen derav, er den forholdsvis trygg siden fallende objekter ikke vil nå den, men i den øvre, mer vertikale delen av brønnen er fallende objekter en trussel mot pluggens integritet. Pluggen kan da ødelegges, da den på tross av å være i stand til å motstå stort trykk ikke tåler stor mekanisk belastning. Følgen av dette er at pluggen åpnes på ikke tiltenkt og vanligvis svært uheldig tidspunkt, slik at testingen må avsluttes. Dette er en trussel mot alle plugger laget av knusbare materialer så som glass og keramikk, selv om noen typer plugger er mer sårbare enn andre. For eksempel vil plugger som består av flere lag glass, og særlig dersom de har fluider imellom glasslagene, slik som beskrevet i NO20061308, være ekstra sårbare, da det er nok å knuse det øverste glasslaget for at hele pluggen blir ustabil og ødelegges, og dette øverste glasslaget tåler svært lite mekanisk belastning.

35

Den foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer en løsning på problemet denne trusselen innebærer, som sikrer pluggen fremstilt fra knusbare materialer mot utilsiktet ødeleggelse grunnet fallende gjenstander.

- 5 Således er fremgangsmåten i følge den foreliggende oppfinnelsen kjennetegnet ved at på den øvre siden av pluggen anbringes minst ett lag med viskøs væske, hvorpå minst en disk og/eller minst en elastisk membran anbringes, hvor den viskøse væsken dekker den knuselige pluggoverflaten, hvor disken er bevegelig i produsjonsbrønnrørets aksielle retning, og den elastiske membranen dekker og
10 forsegler den viskøse væsken.

Foretrukne utførelser av fremgangsmåten er fremlagt i patentkrav 2-5.

- Videre er den knusbare pluggen ii følge den foreliggende oppfinnelsen kjennetegnet ved at ovenfor de ett eller flere lagene av knusbart materiale er minst ett lag med viskøs væske anbrakt og holdes på plass av minst et lag elastisk membran og/eller minst en disk bevegelig i gassproduksjonsbrønnrørets aksielle retning.
15

Foretrukne utførelser av den knusbare pluggen er fremlagt i patentkrav 7-9.

- 20 «Den øvre siden av pluggen» viser her til den siden av pluggen som når pluggen er montert i produksjonsbrønnen vender oppover mot eventuelle fallende objekter som mistes i brønnen.

- 25 I følge en foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten vil det minst ene laget med viskøs væske og den minst ene elastiske membranen eller disken anbringes på den knusbare pluggen før pluggen installeres i produksjonsbrønnen. Dette kan gjøres etter at selve pluggen er ferdig produsert, som en etter-installasjon av det minst ene laget med viskøs væske og den minst ene elastiske membranen for
30 å sikre pluggen mot knusing grunnet fallende objekter. I følge en særlig foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelsen vil det minst ene laget med viskøs væske og den minst ene elastiske membranen anbringes på den knusbare pluggen som del av produksjonen av pluggen. I følge en mest foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelsen vil det minst ene laget med viskøs væske og den minst
35 ene elastiske membranen eller disken anbringes på den knusbare pluggen som del av produksjonen av et produksjonsrørstykke, det vil si som integrert del av en seksjon med tubing (det indre røret i produsjonsbrønnen), med pluggen og det

minst ene laget med viskøs væske og den minst ene disken eller elastiske membranen anbrakt deri.

Med «knusbar plugg» menes en plugg som kan knuses ved mekanisk påvirkning, så som ved at den blir utsatt for slag fra objekter. I forhold til den foreliggende oppfinnelsen vedrører dette særlig pluggen for bruk i olje- og gassproduksjonsbrønner som er laget av harde og porøse materialer så som glass og keramikk, som kan knuses når de utsettes for påkjenninger fra objekter som er harde (i forhold til pluggen) og/eller har skarpe punkter eller kanter (som da kan treffer pluggen med stor punktbelastning) og/eller treffer pluggen med stort bevegelsesmoment (stor hastighet og/eller vekt). Objekter som faller ned i oljebrønner vil vanligvis fylle disse kriteriene, og vil derved være i stand til å knuse slike «knusbare pluggen». Slike objekter er typisk verktøy eller deler som brukes i forbindelse med den nevnte testingen av produksjonsbrønner.

Hvordan selve glass- eller keramikkpluggen fremstilles er ikke videre beskrevet heri, da det er velkjent på fagfeltet. Selve glasset i en slik plugg vil da behandles på forskjellige vis, for å oppnå riktig tykkelse, størrelse og styrke derpå i forhold til parameterne i den spesifikke type produksjonsbrønn det er tiltenkt bruk i, så som trykk og temperatur. Andre materialer som anvendes, og holderen pluggen sitter i, samt hvordan den er anrettet til å på kontrollert vis ødelegges, er også fagmessig og derfor ikke beskrevet nærmere.

Viskositet skyldes friksjon mellom deler av fluidet som beveger seg ved forskjellige hastigheter. Det trengs kraft for å overkomme denne friksjonen, derfor beveger fluidet seg sakter og kan absorbere og spre kraft fra for eksempel slag fra fallende objekter, og anvendes for dempende formål. Ved temperaturene som finnes i en brønn vil så å si alle fluider ha noe viskositet, det vil si at de vil utvise noe motstand mot bevegelse, men variasjonen er stor fra for eksempel gasser (luft har en viskositet på $1,86 \times 10^{-5}$ Pa·s ved 27°C) til fluider som er så viskøse at de fremstår som faste over kort tid (men beveger seg over tid), som bek ($2,3 \times 10^8$ Pa·s ved 25°C). Viskositet er en målbar egenskap, som måles med et viskosimeter eller reometer som måler motstanden i et fluid til å deformeres av skjærkraft, og oppgis vanligvis med enhetene Pa·s.

Viskositet er således et bredt begrep, mens begrepet «å være viskøs» er mer begrenset både i vanlig bruk og i henhold til den foreliggende patentsøknaden, der

«viskøse væsker» defineres som tyktflytende væsker som har en tykk, klebrig konsistens som faller mellom fast og flytende. En viskøs væske kan således være en tyktflytende væske, eller en geleaktig eller kremaktig masse, eller en pasta. Med andre ord er viskøse væsker synlig mer faste og sakte flytende enn vann, men ikke helt faste. Viskøse væsker i forbindelse med den foreliggende oppfinnelsen vil ha en viskositet på 0,01- 1000 Pa·s, fortrinnsvis 0,1-500 Pa·s, og mest foretrukket 1-100 Pa·s, ved temperatur og trykkforholdene i brønnen der pluggen skal brukes.

Eksempler på viskøse væsker som kan anvendes i følge oppfinnelsen er fet leire, ulike former geler som for eksempel polymer baserte geler, ulike former smøring som for eksempel silikonsmøring, glyserol, og ulike former olje som ricinusolje. Viskøse væsker kan derved også være en blanding av forskjellige stoffer, enten væsker eller væsker med fluider eller faste stoffer iblandet deri.

For viskøse væsker vil viskositeten vanligvis falle med økende temperatur, mens den vil være uavhengig av trykk bortsett fra ved svært høye temperaturer eller i tilfeller av ikke-Newtoniske fluider (når fluider kan kompromitteres blir viskositeten naturlig nok trykkavhengig). De fleste viskøse væsker er Newtoniske fluider og viskositeten er derved konstant for et vidt område skjæringshastigheter. Siden viskositeten av viskøse væsker er temperaturavhengig, må man ta hensyn til hvilke temperaturer man kan forvente i produksjonsbrønnen pluggen i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen skal anvendes i når man velger viskøs væske. Temperaturen vil vanligvis stige dess dypere ned i brønnen man kommer. Produksjonsbrønner holder generelt en temperatur på 40-200 °C. I en vanlig produksjonsbrønn på norsk sokke vil temperaturen nederst i brønnen oftest ligge på 60-130 °C, mens for brønner med høyt trykk og høy temperatur kommer temperaturen gjerne opp i 200 °C. Siden temperaturavhengigheten til viskositeten til viskøse væsker er kjent, vil dette ikke være et problem for en fagmann.

I følge en foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelsen brukes en dilatant væske, også kalt skjærtykkende («shear thickening fluids») væske, som den viskøse væsken. Dilatante væsker har ikke en konstant viskositet for ulike skjærhastigheter; viskositeten øker med økt påføring av skjærkraft. Med andre ord, dess hardere og raskere slag påføres, dess mer vil den dilatante væsken hardne og spre ut kraften i slaget på hele væsken. Slike væsker brukes blant annet for skuddsikre plagg, der de er flytende og tillater vanlig kroppsbevegelse men hardner helt under den store skjærkraften til en kule. De vil derfor være særlig egnet til å beskytte glassplugger i henhold til den foreliggende oppfinnelsen mot fallende objekter som kommer i stor

fart og gjerne treffer pluggen med en liten del (et skarpt hjørne av en gjenstand, og lignende) og derved har stor skjærkraft.

Hvor tykt laget av den viskøse væsken skal være vil være avhengig av hvilken væske som anvendes og hva slags elastisk membran eller disk som anvendes, og må tilpasses slik at de i sammen kan tilstrekkelig beskytte pluggen. Vanligvis vil membranen eller disken være tynn i forhold til væskelaget, da det er den viskøse væsken som vil fordele det meste av kraften i slaget som påføres fra fallende objekter, mens membranens/diskens hovedformål er å forsegle og holde på plass væsken på pluggen, og beskytte væsken mot fluider tilstedeværende i brønnen, selv om selve membranen kan ta av for noe av kraften i slaget. Tykkelsen på den viskøse væsken vil være på 1-1000 mm, mer foretrukket 10-100mm. Tykkelsen på den elastiske membranen/disken i forhold til tykkelsen på laget med viskøs væske vil derfor være i størrelsesordenen på 1 : 1-10000, mer foretrukket 1 : 10-100. Både membranen/disken og det viskøse væskelaget vil vanligvis være jevnt tykke lag, men om pluggen har en ujevn overflate vil det viskøse væskelaget tilpasse seg deretter, slik at dette laget vil ha en noe ujevn tykkelse, mens den elastiske membranen eller disken på toppen derav vil forbli jevnt tykk og forholdsvis flat sett i forhold til snittflaten til brønnen pluggen installeres i.

Selv om man vanligvis vil bruke et enkelt lag med viskøs væske med en disk eller elastisk membran oppå pluggen, og dette er den foretrukne utførelsen av den foreliggende oppfinnelsen, kan man selvsagt også anvende flere lag av viskøs væske, valgfritt av samme eller forskjellig type, valgfritt avdelt og beskyttet av flere lag elastiske membraner eller disk.

Membranen i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen må være elastisk. Dersom den ikke er elastisk, men heller et hardt materiale som forseglar inn den viskøse væsken, vil den ikke kunne virke slik det er ment i henhold til den foreliggende oppfinnelsen, da den om den ikke er svært tykk lett vil kunne knuse når den påføres slag fra fallende objekter (den viskøse væsken vil da lekke ut, og pluggen blir ubeskyttet), og om den er tykk nok til å ikke knuse vil slagkraften lett forplante seg gjennom en slik membran via foringen/holderen til pluggen og kan så knuse pluggen. Membranen må derfor være elastisk, slik at kraften fra slag kan strekke den men ikke ødelegge den, slik at kraften forplantas til den viskøse væsken, som så vil dempe/spre denne før den når pluggen. Tykkelsen på membranen er derfor avhengig av materialet membranen fremstilles av, slik at

membranen fremstår som elastisk. I følge en foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelsen er membranen forholdsvis tynn, på 0,01-100mm, mer foretrukket 1-10 mm.

- 5 Valg av materiale for den elastiske membran for den foreliggende oppfinnelsen regnes som fagmessig. En fagmann som produserer pluggen for produksjonsbrønner vil vite hvilke typematerialer som egner seg. Disse materialene må selvsagt kunne tåle trykk og temperaturpåkjenningene i en brønn, og må ikke brytes ned av fluidene som vil være tilstedeværende i brønnen, så som olje, gass og ulike testfluider som
- 10 brukes under den nevnte testingen av brønnen. Da formålet med membran er å holde det viskøse fluidet på plass, er det selvsagt nødvendig at membran ikke er permeabel i forhold til det viskøse fluidet, slik at det ikke kan trenge ut, og også at membran ikke er permeabel i forhold til fluidene som vil befinne seg i brønnen ovenfor pluggen, så som olje, gass og fluidene som anvendes under den nevnte
- 15 testingen av brønnen, når den kan komme i kontakt dermed. Dersom mer en membran eller disk anvendes, gjelder dette da selvsagt bare for disken/membranen som kommer i kontakt med fluidene i brønnen, indre membraner/disker trenger ikke være ikke-permeable i forhold til fluidene i brønnen. Slike materialer er kjent for forskjellige typer bruk i brønner, så som i forseglinger, og også for gummibaserte
- 20 pluggen som, som nevnt ovenfor, kan brukes i stedet for glasspluggen i nevnte testing av brønnene. Eksempler på passende elastiske materialer er naturlige materialer som gummi og syntetiske materialer som polymerer som polyetylen (særlig med medium eller lav tetthet) eller polypropylen (særlig med høy tetthet).
- 25 Som et alternativ til å beskytte det viskøse laget med en (eller flere) membran, kan man bruke en disk som er bevegelig i produksjonsrørets aksielle retning. I følge denne utførelsen av den foreliggende oppfinnelsen vil disken, som den elastiske membran, dekke oversiden av den viskøse væsken. Man oppnår den samme effekten med en ikke-elastisk disk som med en elastisk membran ved at disken er fri
- 30 til å bevege seg i rørets aksielle retning, mens det seler av mot rørveggen (innsideveggen til produksjonsrøret eller alternativt holderen dersom pluggen er anbrakt i en holder). Med andre ord skaper disken en forsegling mot veggen, men kan beveges aksialt, slik at den kan trykkes mot og løftes opp fra laget med viskøs væske, på lignende vis som membran, og kan derfor bevege seg med slag
- 35 derimot.

Med uttrykket «disk» menes et rundt skiveformet objekt, det vil si et objekt som er rundt og forholdsvis flatt. Valg av materialer for disken er fagmessig, man kan bruke samme materialer som brukes for andre komponenter til utstyr i produksjonsbrønner, for eksempel metaller, keramiske materialer, ulike kunstige materialer som plastikk, og glass. Disken kan også være fleksibel, og således fremstilles av de samme materialene som membranen i følge den foreliggende oppfinnelsen. Som for membranen bør disken også ikke være gjennomtrengbar for den viskøse væsken eller fluider i produksjonsrøret den vi komme i kontakt med. Det er foretrukket at materialet er sterkt eller hardt nok til å ikke knuses/ødelegges av et fallende objekt, men det er ikke en forutsetning. Om materialet kan knuses/ødelegges av et fallende objekt, vil den beskyttende effekten av lagene med viskøs væske og disken reduseres eller frafalle, slik at ytterligere fallende objekter kan skade pluggen. Det samme gjelder for den elastiske membranen i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen.

Sammendrag

- Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for å beskytte en knusbar plugg i en produksjonsbrønn mot fallende objekter. På den øvre siden av pluggen anbringes
- 5 minst ett lag med viskøs væske som dekker den knuselige pluggoverflaten. På den viskøse væsken anbringes minst en disk og/eller minst en elastisk membran. Disken er bevegelig i produsknonsbrønnrørets aksielle retning. Den elastiske membranen dekker og forsegler den viskøse væsken.
- 10 Oppfinnelsen vedrører også en knusbar plugg for testing av en olje- og/eller gassproduksjonsbrønn, hvor pluggen omfatter ett eller flere lag av knusbart materiale innrettet for å knuses på kontrollert vis. Ovenfor de ett eller flere lagene av knusbart materiale er minst ett lag med viskøs væske anbrakt og holdes på plass av
- 15 minst et lag elastisk membran og/eller minst en disk bevegelig i gassproduksjonsbrønnrørets aksielle retning.

I følge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen anbringes den knusbare pluggen med minst ett lag med viskøs væske som dekker den knuselige pluggoverflaten og minst en disk og/eller minst en elastisk membran under produksjonen av pluggen.