

For å bevege en væske fra et sted til et annet via et rør eller en rørledning må det anvendes energi. Når en væske pumpes gjennom et rør, dannes det et trykk på pumpens trykk- eller utløpsside. Trykket i røret like etter pumpens utløpsside vil være høyere enn trykket lenger utover i røret etter pumpen. Denne trykkdifferanse, som ofte kalles "trykkfall", "friksjonstap" eller "motstand", øker vanligvis med væskens hastighet.

I mange industrielle operasjoner der store væskevolum beveges hurtig, som ved hydraulisk frakturering av underjordiske formasjoner som er gjennomhullet av en oljebrønn og ved transport av væsker over lange strekninger gjennom rørledninger, anvendes det store energimengder for å bevege væsken. Hvis trykktapet kunne reduseres, kunne enten større væskevolum flyttes med den samme pumpekapasitet eller man får redusert trykk- og/eller energibehovet for å flytte et gitt væskevolum. Tilsetningsmidler, som reduserer friksjonstapet eller motstanden når hydrokarbon-væsker flyter gjennom rørledninger, er kjent. Polyisobutylene-harpikser med høye molekylvekter er blant andre slike tilsetningsmidler. Men polyisobutylene og andre fra før kjente tilsetningsmidler har den ulempe at de nedsetter skjæringsegenskapene, det vil si når en flytende hydrokarbon som inneholder et slikt tilsetningsmiddel, gjennomgår en skjæringsprosess, for eksempel ved å gå gjennom en pumpe, vil tilsetningsmidlets effektivitet til å redusere friksjonstap avta sterkt. Under hydrauliske fraktureringsoperasjoner må det anvendes minst en pumpe for å injisere fraktureringsvæske ned gjennom røret og ut i den underjordiske formasjon. Ved større røropplegg må den rørtransporterte væske ofte passere flere trykkøkingspumper mellom det sted den kommer fra og bestemmelsesstedet. Reduksjon av skjæringsegenskapene kan også oppstå når en væske under trykk passerer en munning, dyse eller stillbar ventil, for å redusere trykket.

Formålet med den foreliggende oppfinnelse er å fremskaffe en fremgangsmåte til å redusere friksjonstapet effektivt uten å redusere skjæringsegenskapene.

Dette oppnås ifølge oppfinnelsen ved at den hydrokarbonholdige væske tilsettes fra 5 til 500 deler pr. million av en polymer av α -olefinmonomere, som har fra 6 til 20 karbonatomer, eller blandinger av disse og hvor polymeren har en molekylvekt på fra 1 til 40 millioner.

De hydrokarbonholdige væsker som tilsetningsmidlet ifølge denne oppfinnelse skal utøve en påvirkning på, inkluderer oljeaktige eller petroleumaktige væsker så vel som emulsjoner, suspensjoner og dispersjoner av disse, for eksempel råolje, raffinerte petroleumprodukter, såsom petroleum, paraffin, lysolje, diesolje, fyringsolje, asfalt etc., vann-i-oljeemulsjoner og liknende. Når den hydrokarbonholdige væske er en hydraulisk fraktureringsvæske, kan den også inneholde en viss mengde faste stoffer, så-

som sand som støttemiddel, et tilsetningsmiddel for kontroll av væsketap og andre stoffer som vanligvis benyttes som tilsetningsmiddel til fraktureringsvæsker.

En mengde katalysatorsystemer for polymerisering av α -olefiner er kjent. I den såkalte Ziegler-prosess polymeriserer α -olefiner ved relativt lave temperaturer og atmosfæretrykk ved at α -olefinet kontaktes med en katalysator som består av en metallforbindelse fra gruppe IV-B, ^{V-B}VI-B eller VIII i elementenes periodiske system, i kombinasjon med en organometallisk forbindelse av alkalimetall, jordalkalimetall, sink, jordmetall eller sjeldne jordmetaller. Av det store antall mulige forbindelser og kombinasjoner er særlig blitt benyttet titanhalogenider tilsatt en organoaluminiumforbindelse.

Den vanlige fremgangsmåte til å utføre en slik prosess er å blande de to katalysatorkomponentene i et hydrokarbonløsningsmiddel og så tilsette α -olefinmonomeren til katalysatorblandingen ved atmosfæretrykk eller svakt overtrykk og ved romtemperatur eller noe høyere temperatur. Når de to reaktanter kommer sammen, dannes polymeren.

Man har funnet at polymerer med særlig høye molekylvekter, det vil si med molekylvekt fra omtrent 1 til 40 millioner, kan fremstilles ved polymerisasjon av α -olefinmonomerer, som har fra 6 til 20 karbonatomer, eller blandinger av disse med Zieglerkatalysator. Generelt gir 5 til 500 deler pr. million polymer i den hydrokarbonholdige væske en tilstrekkelig reduksjon av motstanden.

Et særlig effektivt tilsetningsmiddel kan fremstilles ved å polymerisere en α -olefinmonomer i et løsningsmiddel av hydrokarbon med en Zieglerkatalysator, og deretter deaktiveres katalysatoren og stabiliseres polymeren i oppløsningen med et polyolefinstabiliseringsmiddel mens man deretter lar polymeren være i oppløsningen, fremfor å felle og skille den ut som fast produkt. En løsning, i det følgende henvist til "polymerløsning A", ble fremstilt på denne måte ved å benytte en blanding av α -olefinmonomerer som hadde fra 6 til 20 karbonatomer, og et løsningsmiddel av nafta og en katalysator bestående av en blanding av aluminiumdietylklorid og aluminiumaktivert titantriklorid og isopropylalkohol som deaktiviseringsmiddel, og det ble dannet en løsning med 10 vektspersent polymer. Polymeren hadde en viskositet på 3,6. En serie polymerer ble fremstilt og deres effektiv-

tet som motstandsreducerende tilsetningsmiddel ble undersøkt. Polymerene ble fremstilt ved å tilsette den beregnede mengde monomer og to katalysatorkomponenter til 340 gram n-heptan som polymerisasjonsløsningsmiddel i en 980 milliliter tørr, argonspylt kolbe. Kolben ble så lukket og satt i en nitrogenspylt dreierende flaske i polymerisator hvor den ble rotert opp-ned i luft ved romtemperatur i 24 timer. Katalysatoren i den resulterende polymeriserte masse ble deaktivert med isopropylalkohol. I tillegg til dette ble isopropylalkohol tilsatt for å felle ut polymeren. Det faste polymerisasjonsprodukt ble isolert og vasket, først med en 50/50 blanding (volummessig) av isopropylalkohol og vann, deretter med en 50/50 blanding av metylalkohol og vann og til slutt med bare metylalkohol. Etter hver vask ble væsken fjernet ved dekantering. Det ble tilsatt et polyolefinstabiliseringsmiddel. Den halvtørre polymer ble tørket i en vakuumovn ved 60 til 65°C i 18 til 24 timer.

For hver polymer ble viskositeten bestemt i cetan ved 37,5°C. Molekylvekten ble så tilnærmet beregnet ved å benytte likningen til Kuhn-Mark-Houwink: $\eta = KM^a$ der $K = 2,1 \times 10^{-4}$ og $a = 0,61$. For eksempel er de beregnede molekulvekte for følgende verdier for $\eta = 1, 2, 4, 6$ og 8 henholdsvis 1×10^6 , 3×10^6 , $1,05 \times 10^7$, $2,04 \times 10^7$ og $3,31 \times 10^7$.

Målingene av motstandsreduksjonen ble gjennomført med en viskositetsmåler med konstant rørhastighet som var sammensatt av: en sentrifugalpumpe av merket "Ingersoll-Rand" med 3455 omdr. pr. min., størrelse 3/4 MCS og kapasitet 75,6 l pr. min. Det ble benyttet en 2,13 m lang målestrekning bestående av et rør av rustfritt stål med innvendig diameter 0,77 cm. Det ble benyttet to uttak for måling av trykk i området fra 0,13 kg pr. cm² til 2,1 kg pr. cm², det ene plassert 0,61 mm fra rørrinnløpet og det andre 0,305 m fra rørutløpet. For å bestemme strømningshastigheten ble det benyttet grease-spann på 45,5 kg til volummåletanker og veietanker, og det ble benyttet graderte skalaer. Det ble benyttet en volumhastighet på ca. 26,5 l pr. min., som igjen gav en linjerhastighet på 9,3 m pr. sek. og et Reynold-tall på omkring 20.000 med dieselolje som prøvevæske. Målingene ble utført ved at 9,45 l dieselolje ble tilsatt til en av viskositetsmålerens tanker, trykkdifferansen med dieselolje ble målt, det vil si den trykkforskjell som de to trykkmålerne viste. Deretter ble trykkdifferansen målt etter tilsetning av polymer. De

benyttede polymerer ble først oppløst i dieselolje eller dekalin i en konsentrasjon på 1 prosent. Trykkfallsmålingene ble foretatt 10 minutter etter at polymeroppløsningen var tilsatt. Prosent motstandsreduksjon ble beregnet som følger:

$$\% \text{Motstandsreduksjon} = \frac{(\text{Trykkfall med dieselolje}) - (\text{Trykkfall med polymerløsning})}{(\text{Trykkfall med dieselolje})} \times 100$$

Det ble funnet at det kunne oppnås god motstandsreduksjon ved å benytte polymerer fremstilt av α -olefinmonomerer som har fra 6 til 20 karbonatomer og med en molekylvekt fra ca. 1 til ca. 40 millioner.

125936

KATALYSATOR

Eksempel	Antall karbonatomer i α -olefin- monomeren	Mol α -olefin- monomer	Mol aluminium- dietyl- klorid	Mol AA Titantri- klorid	Mol forh. Monomer/ Al/TE	Utbytte %	Tilnærm. mol-vekt	Motstands- reduksjon %
1	6	2,64	0,072	0,036	73/2/1	82,8	2 x 10 ⁶	6,1
2	8	2,64	0,072	0,036	73/2/2	91,1	4 x 10 ⁶	29,4
3	10	1,32	0,036	0,018	73/2/1	93,7	6,6 x 10 ⁶	27,4
4	12	1,32	0,036	0,018	73/2/1	83,3	6 x 10 ⁶	20,6
10	20	1,00	0,028	0,014	71/2/1	90,0	6,3 x 10 ⁶	49,7
5	6 til 10	1,32	0,036	0,018	73/2/1	89,7	6,6 x 10 ⁶	30,2
6	8 til 10	1,32	0,036	0,018	73/2/1	Ikke målt	5,9 x 10 ⁶	36,8
7	8 til 10	0,70	0,006	0,003	233/2/1	87,9	2,7 x 10 ⁷	63,5
8	8 til 10	4,76	0,045	0,023	207/2/1	93,2	2,3 x 10 ⁷	53,5
9	12 til 14	0,50	0,007	0,003	167/2/3/1	Ikke målt	3,0 x 10 ⁶	49,7

Rørledningseksempel

Den effekt lave polymerkonsentrasjoner har til å redusere motstanden i en rørledning ble prøvet ved å benytte et 46,1 km rørstrekk av en råoljeledning i Oklahoma med en innvendig diameter 20,95 cm og trykkøkningpumper ved begynnelsen og ved enden av rørstrekket. Det ble plassert trykkmålingsinstrumenter på ledningen 12,9 og 33 km fra begynnelsen av rørstrekket. Trykktapet mellom de to trykkuttak ble funnet ved å la Oklahoma-råolje flyte gjennom rørledningen med en hastighet 44.150 hl pr. dag. En 5-prosentig oppløsning av polymerløsning A i et oppløsningsmiddel bestående av 50 vektsdeler nafta og 50 vektsdeler dieselolje ble injisert i manifolden på trykksiden av trykkøkningspumpen ved begynnelsen av rørstrekket i en mengde som var stor nok til å gi en konsentrasjon av polymer i råolje på 21 deler pr. million. Når ledningen var fylt med polymer-råoljeløsning, ble friksjonstapet funnet ved å avlese trykkene ved de to trykkuttakene. En sammenlikning av friksjonstapet når ledningen var fylt med råolje alene, samt det økte volum som kunne pumpes når også polymer var til stede i ledningen, viste en brutto motstandsreduksjon på 25 prosent. Et tilsvarende forsøk der det ble benyttet en polymerkonsentrasjon på 10 deler pr. million gav en motstandsreduksjon på 18 prosent. Et tilsvarende forsøk der det ble benyttet en polymerkonsentrasjon på 5 deler pr. million gav en motstandsreduksjon på 12 prosent.

Oljebrønneksempel

En oljeproduserende oljebrønn i Lea, New Mexico, ble avstengt på en dybde av 1859,3 m og deretter utstyrt med et 6,36 kilos hus med diameter 14 cm. Huset ble perforert med 70 hull over strekningen fra 1797,7 til 1822,7 m. Et EUE-rør med diameter 7,62 cm ble lagt ned til straks over det perforerte stykke og pakket på 1765,2 m. Oljebrønnten ble hydraulisk frakturert med en hastighet på fraktureringsvæsken som ble pumpet ned gjennom røret på fra 27 til 35 hl pr. minutt. Til fraktureringsvæske ble det benyttet lett råolje som inneholdt fra 0,227 til 1,36 kg pr. 3780 l sand av kornstørrelse 20 til 40 mesh til støttemiddel. Til tre porsjoner fraktureringsvæske ble det tilsatt polymerløsning A i følgende mengder: 11,3,

125936

8

32,5 og 37,8 l pr. 3780 l fraktureringsvæske. Reduksjonen i motstanden som polymeren forårsaket, ble funnet ved å sammenlikne det målte friksjonstrykk med det beregnede Newtons friksjonstrykk. Reduksjonen i motstand varierte fra 10 prosent til litt over 18 prosent under forsøkene. Dette viser at det var lettere å pumpe fraktureringsvæske som inneholdt polymer enn det var å pumpe fraktureringsvæske alene.

P a t e n t k r a v .

Frengangsmåte til å redusere friksjonstapet i en hydrokarbonholdig væske, som flyter i en rørledning, eller i en fraktureringsvæske på basis av en hydrokarbonholdig væske når fraktureringsvæsken injiseres i en underjordisk formasjon via et borehull som er innført i en slik underjordisk formasjon, k a r a k t e r i s e r t v e d at den hydrokarbonholdige væske tilsettes fra 5 til 500 deler pr. million av en polymer av α -olefinmonomerer, som har fra 6 til 20 karbonatomer, eller blandinger av disse og hvor polymeren har en molekylvekt på fra 1 til 40 millioner.

Anførte publikasjoner:

U.S. patent nr. 2895915 og 3477957