

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6743018号
(P6743018)

(45) 発行日 令和2年8月19日 (2020.8.19)

(24) 登録日 令和2年7月31日 (2020.7.31)

(51) Int. Cl.	F I
E 2 1 B 43/267 (2006.01)	E 2 1 B 43/267
C 0 9 K 8/62 (2006.01)	C 0 9 K 8/62
C 0 9 K 8/92 (2006.01)	C 0 9 K 8/92

請求項の数 9 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-532581 (P2017-532581)	(73) 特許権者	000000387
(86) (22) 出願日	平成28年7月29日 (2016.7.29)		株式会社 A D E K A
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/072381		東京都荒川区東尾久7丁目2番35号
(87) 国際公開番号	W02017/022680	(74) 代理人	110001357
(87) 国際公開日	平成29年2月9日 (2017.2.9)		特許業務法人つばさ国際特許事務所
審査請求日	平成31年4月23日 (2019.4.23)	(72) 発明者	本間 正敏
(31) 優先権主張番号	特願2015-152589 (P2015-152589)		日本国東京都荒川区東尾久七丁目2番35号 株式会社 A D E K A 内
(32) 優先日	平成27年7月31日 (2015.7.31)	(72) 発明者	野田 和幸
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		日本国東京都荒川区東尾久七丁目2番35号 株式会社 A D E K A 内
		(72) 発明者	科野 裕克
			日本国東京都荒川区東尾久七丁目2番35号 株式会社 A D E K A 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カプセル剤及び粘度可変流体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水圧破碎法に用いられる流体の粘度を減少させる減粘材料を含む中心部と、

(1) 前記中心部の表面を被覆し、(2) 前記流体中において前記中心部を徐放可能であり、(3) -20℃以上80℃以下のガラス転移温度を有するスチレンブタジエン共重合体を含む外郭部と

を備えた、カプセル剤。

【請求項 2】

前記スチレンブタジエン共重合体は、カルボキシ変性されている、

請求項 1 記載のカプセル剤。

【請求項 3】

前記外郭部は、更に、前記スチレンブタジエン共重合体により保持された複数の粒状物質を含む、

請求項 1 又は請求項 2 に記載のカプセル剤。

【請求項 4】

前記流体は、増粘剤を含み、

前記減粘材料は、前記増粘剤を分解する材料を含む、

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載のカプセル剤。

【請求項 5】

流体本体と、

10

20

粘度を減少させる減粘材料を含む中心部と、(1) 前記中心部の表面を被覆し、(2) 前記流体中において前記中心部を徐放可能であり、(3) -20°C 以上 80°C 以下のガラス転移温度を有するスチレンブタジエン共重合体を含む外郭部と、を備えた1又は2以上のカプセル剤と

を含む、粘度可変流体。

【請求項6】

前記外郭部は、更に、前記スチレンブタジエン共重合体により保持された複数の第1粒状物質を含む、

請求項5記載の粘度可変流体。

【請求項7】

更に、前記スチレンブタジエン共重合体により保持されていない複数の第2粒状物質を含む、

請求項5又は請求項6に記載の粘度可変流体。

【請求項8】

更に、増粘剤を含み、

前記減粘材料は、前記増粘剤を分解する材料を含む、

請求項5ないし請求項7のいずれか1項に記載の粘度可変流体。

【請求項9】

水圧破碎法に用いられる、

請求項5ないし請求項8のいずれか1項に記載の粘度可変流体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体の粘度を減少させるカプセル剤及びそのカプセル剤を用いた粘度可変流体に関する。

【背景技術】

【0002】

エネルギーの供給が懸念されていることに伴い、新たなエネルギーとしてシェールガスが注目されている(例えば、非特許文献1参照。)。このシェールガスは、シェール(頁岩)層に含まれている天然ガスである。しかしながら、シェールガスはいわゆる非在来型の天然ガスであるため、地中からシェールガスを回収することは困難である。

【0003】

そこで、地中からシェールガスを回収する方法として、水圧破碎法が注目されている(例えば、非特許文献2参照。)。この水圧破碎法は、坑井の内部に満たされた破碎用流体を加圧することにより、その坑井付近の貯留岩を人工的に破壊する方法である。この貯留岩の破壊時に亀裂(フラクチャ)が発生するため、その亀裂を通じてシェールガスを回収することができる。

【0004】

この破碎用流体は、貯留岩の破壊後に亀裂が閉塞することを防止するために、複数の粒状物質(プロパント)を含んでいる。この複数の粒状物質は、砂粒等である。

【0005】

亀裂が発生すると、加圧された破碎用流体が亀裂の内部に入り込むため、その破碎用流体中に含まれている複数の粒状物質も亀裂の内部に入り込む。これにより、破碎用流体の加圧を停止しても、亀裂がそのまま維持される。

【0006】

また、破碎用流体は、貯留岩の破壊後において破碎用流体を回収するために、減粘剤を含んでいる。

【0007】

亀裂の内部に複数の粒状物質が入り込みやすくなるように、貯留岩の破壊前においては、破碎用流体の粘度は高いことが望ましい。一方、亀裂の内部に複数の粒状物質が入り込

10

20

30

40

50

んだ後、坑井の内部に満たされた破碎用流体を回収しやすくするために、貯留岩の破壊後においては、破碎用流体の粘度は低いことが望ましい。そこで、破碎用流体の粘度を減少させる機能（減粘機能）を有する減粘剤（ブレーカ）が用いられている。

【0008】

この減粘剤の構成に関しては、既に具体的な提案がされている。例えば、破碎用流体の使用途中において減粘機能を発揮させるために、カプセル構造を有する減粘剤（カプセル剤）が用いられている（例えば、特許文献1参照。）。このカプセル剤では、加水分解反応を利用して分解する塗膜により、減粘機能を有する材料が被覆されている。この塗膜は、加水分解反応を利用して分解する材料として、ポリ（2-シアノアクリル酸アルキル）等を含んでいる。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】伊原賢，“シェールガスのインパクト”，アナリシス，2010．5 Vol．44 No．3，15頁～38頁，インターネット＜URL：<http://oilgas-info.jogmec.go.jp/pdf/3/3574/201005#015a.pdf>>

【非特許文献2】伊原賢，“水圧破碎技術の歴史とインパクト”，アナリシス，2011．5 Vol．45 No．3，17頁～30頁，インターネット＜URL：<http://oilgas-info.jogmec.go.jp/pdf/4/4370/201105#017a.pdf>>

20

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】国際公開第99／061747号パンフレット

【発明の概要】

【0011】

水圧破碎法の用途に限らず、減粘剤としてカプセル剤を用いることは、流体の粘度を制御する上で非常に有効である。しかしながら、カプセル剤を用いる場合には、所望のタイミングにおいて流体の粘度を短時間で十分に減少させることが望ましいため、そのカプセル剤の減粘機能に関しては、未だ改善の余地がある。

【0012】

従って、優れた減粘機能を発揮することが可能なカプセル剤及び粘度可変流体を提供することが望ましい。

30

【0013】

本発明者は、上記した目的を達成するために鋭意検討した結果、減粘材料含む中心部と外郭部とを備えたカプセル剤において、その外郭部が特定の高分子化合物を含むことにより、上記した課題が解決されることを見出した。

【0014】

本発明は、上記した知見に基づいてなされたものであり、本発明の一実施形態のカプセル剤は、水圧破碎法に用いられる流体の粘度を減少させる減粘材料を含む中心部と、外郭部とを備えたものである。この外郭部は、（1）中心部の表面を被覆し、（2）流体中において中心部を徐放可能であり、（3）－20℃以上80℃以下のガラス転移温度を有するスチレンブタジエン共重合体を含む。

40

【0015】

本発明の一実施形態の粘度可変流体は、流体本体と、1又は2以上のカプセル剤とを含むものである。このカプセル剤は、粘度を減少させる減粘材料を含む中心部と、外郭部とを備える。この外郭部は、（1）中心部の表面を被覆し、（2）流体中において中心部を徐放可能であり、（3）－20℃以上80℃以下のガラス転移温度を有するスチレンブタジエン共重合体を含む。

【0016】

ここで、「カプセル剤」は、流体（又は粘度可変流体）中に含まれた状態で使用される。これに伴い、中心部に含まれている「減粘材料」とは、カプセル剤が含まれている流体

50

の粘度を減少させる機能を有する材料を意味している。また、「流体中において中心部を徐放可能である」とは、流体中における何らかの現象を利用して、その流体中に中心部（減粘材料）を徐々に放出できることを意味している。外郭部が中心部を徐放するのは、カプセル剤の使用開始時からではなく、そのカプセル剤の使用開始後、ある程度の期間が経過してから中心部を露出させることにより、上記した減粘材料の機能を発揮させるためである。なお、外郭部が中心部を徐放するために利用される現象の種類は、特に限定されないが、例えば、熱、摩擦、圧力及び流体との接触等に起因した熱膨張、融解、亀裂、変形、開裂、膨潤、溶解及び流体への分散等のうちのいずれか１種類又は２種類以上である。

【００１７】

「スチレンブタジエン共重合体」の種類は、上記した範囲内のガラス転移温度を有していれば、特に限定されない。即ち、スチレンブタジエン共重合体の種類は、１種類だけでもよいし、２種類以上でもよい。また、スチレンブタジエン共重合体は、変性されていなくてもよいし、１種類又は２種類以上の官能基により変性されていてもよい。

【００１８】

本発明の一実施形態のカプセル剤によれば、上記したガラス転移温度に関する条件を満たすスチレンブタジエン共重合体を含む外郭部により、減粘材料を含む中心部の表面が被覆されている。よって、優れた減粘機能を発揮することができる。

【００１９】

本発明の一実施形態の粘度可変流体によれば、１又は２以上のカプセル剤を含んでいる。このカプセル剤では、上記したガラス転移温度に関する条件を満たすスチレンブタジエン共重合体を含む外郭部により、減粘材料を含む中心部の表面が被覆されている。よって、優れた減粘機能が発揮されるため、優れた粘度変化特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】本発明の一実施形態のカプセル剤の構成を表す断面図である。

【図２】本発明の一実施形態のカプセル剤の他の構成を表す断面図である。

【図３】本発明の一実施形態の粘度可変流体の構成を表す図である。

【図４】本発明の一実施形態の粘度可変流体の他の構成を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２１】

以下、本発明の一実施形態に関して詳細に説明する。説明する順序は、下記の通りである。但し、本発明に関する詳細は、以下で説明する態様に限定されずに適宜変更可能である。

【００２２】

１．カプセル剤

１－１．構成

１－２．機能

１－３．製造方法

１－４．作用及び効果

２．カプセル剤の用途（粘度可変流体）

２－１．構成

２－２．機能

２－３．作用及び効果

【００２３】

< １．カプセル剤 >

本発明の一実施形態のカプセル剤に関して説明する。

【００２４】

ここで説明するカプセル剤は、流体中に含まれた状態で使用されることにより、その流体の使用途中において減粘機能、即ち流体の粘度を減少させる機能を発揮する減粘剤であ

10

20

30

40

50

る。このカプセル剤は、例えば、流体中において分散されている。

【0025】

カプセル剤の用途は、何らかの理由により、使用途中において流体の粘度を減少させることを要する用途であれば、特に限定されない。このカプセル剤の用途は、主に、上記した流体の用途に応じて決定される。

【0026】

具体的には、カプセル剤は、例えば、水圧破碎法に用いられる。この水圧破碎法に用いられる流体は、いわゆる破碎用流体である。

【0027】

<1-1. 構成>

まず、カプセル剤の構成に関して説明する。

【0028】

図1は、本発明の一実施形態のカプセル剤の断面構成を表している。このカプセル剤は、中心部1及び外郭部2を備えている。即ち、カプセル剤は、中空の構造物（外郭部2）の内部に、実質的に減粘機能を発揮する本体（中心部1）が収容された構造（カプセル構造）を有している。

【0029】

カプセル剤の形状は、特に限定されないが、例えば、球状、板状及び塊状等である。図1では、例えば、カプセル剤の形状が球状である場合を示している。

【0030】

カプセル剤の寸法は、特に限定されない。例えば、カプセル剤の形状が球状である場合には、そのカプセル剤の平均粒径（体積平均粒径）は、約100 μm ～2000 μm である。

【0031】

[中心部]

中心部1は、いわゆるカプセル剤のコアであり、減粘材料のうちのいずれか1種類又は2種類以上を含んでいる。

【0032】

「減粘材料」とは、上記したように、減粘機能を有する材料であり、より具体的には、カプセル剤が含まれている流体の粘度を減少させる機能を発揮できる材料である。このカプセル剤の使用時には、後述するように、外郭部2が中心部1を徐放することにより、その中心部1（減粘材料）が流体中に放出される。これにより、減粘材料が減粘機能を発揮する。

【0033】

減粘材料が流体の粘度を減少させる原理（技術的理由）は、特に限定されない。即ち、減粘材料は、流体の粘度を化学的に減少させる材料（化学的減粘材料）でもよいし、流体の粘度を非化学的に減少させる材料（非化学的減粘材料）でもよいし、双方でもよい。

【0034】

「流体の粘度を化学的に減少させる」とは、減粘材料と流体との何らかの化学的な反応を利用して、その減粘材料が減粘機能を発揮することを意味している。この「化学的な反応」とは、例えば、化学的に新たな物質が形成される反応、及び化学的に既存の物質が分解される反応等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。

【0035】

なお、化学的減粘材料と反応する相手は、流体中に含まれている任意の成分のうちのいずれか1種類又は2種類以上であれば、特に限定されない。この化学的減粘材料の詳細に関しては、後述する。

【0036】

一方、「流体の粘度を非化学的に減少させる」とは、上記した化学的な反応を利用せずに、減粘材料が減粘機能を発揮することを意味している。非化学的減粘材料は、例えば、希釈用の溶媒等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。

【0037】

流体が液体であると共に、減粘材料が希釈用の溶媒である場合には、流体と溶媒とが混合されることにより、その流体が溶媒により希釈される。これにより、流体中における固形分の濃度が減少するため、その流体の粘度が減少する。この場合には、化学的な反応を利用しないで流体の粘度が減少するため、希釈用の溶媒は非化学的減粘材料の一例である。

【0038】

中でも、減粘材料は、化学的減粘材料であることが好ましい。非化学的減粘材料と比較して、流体の粘度を減少させる効率が著しく高いからである。これにより、流体の粘度を短時間で十分に減少させることができる。

10

【0039】

これに伴い、液体である流体が増粘剤を含んでいる場合には、減粘材料は、その増粘剤を分解する材料のうちのいずれか1種類又は2種類以上であることが好ましい。増粘剤を含む流体では、その増粘剤の機能を利用して流体の粘度が増加しているため、減粘材料が増粘剤のうちの一部又は全部を分解することにより、化学的な反応（増粘剤の分解反応）を利用して流体の粘度が減少するからである。

【0040】

ここで、化学的減粘材料の詳細に関して説明する。ここで説明する一連の化学的減粘材料は、上記した増粘剤を分解する材料に該当する。

【0041】

20

具体的には、化学的減粘材料は、例えば、金属塩、金属酸化物、非金属酸化物、無機酸化物、無機酸、無機酸塩、有機過酸化物、有機酸、金属ハロゲン化物、金属スルフィド化物、酵素及びオニウム塩等である。

【0042】

なお、上記した化学的減粘材料の具体例（金属塩等）中に構成元素として含まれる金属元素の種類は、任意の金属元素のうちのいずれか1種類又は2種類以上であれば、特に限定されない。

【0043】

中でも、金属元素は、アルカリ金属元素及びアルカリ土類金属元素のうちのいずれかであることが好ましい。容易かつ安定に化学的減粘材料を入手可能であると共に、その化学的減粘材料が流体の粘度を減少させやすいからである。

30

【0044】

アルカリ金属元素の種類は、特に限定されないが、例えば、リチウム（Li）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、ルビジウム（Rb）及びセシウム（Cs）等である。アルカリ土類金属元素の種類は、特に限定されないが、例えば、ベリリウム（Be）、マグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）及びバリウム（Ba）等である。

【0045】

また、上記した化学的減粘材料の具体例（オニウム塩）中に構成元素として含まれるオニウムイオンの種類は、任意のオニウムイオンのうちのいずれか1種類又は2種類以上であれば、特に限定されない。このオニウムイオンは、例えば、アンモニウムイオン、ホスホニウムイオン及びスルホニウムイオン等である。

40

【0046】

中でも、オニウムイオンは、アンモニウムイオンであることが好ましい。容易かつ安定に化学的減粘材料を入手可能であると共に、その化学的減粘材料が流体の粘度を減少させやすいからである。

【0047】

金属塩は、金属元素を構成元素として含む塩である。この金属塩は、任意の酸と任意の塩基性金属化合物との反応物（塩）でもよいし、任意の塩基と任意の酸性金属化合物との反応物（塩）でもよい。

50

【0048】

中でも、上記したように、金属元素は、アルカリ金属元素及びアルカリ土類金属元素のうちのいずれかであることが好ましいため、金属塩は、アルカリ金属塩及びアルカリ土類金属塩のうちのいずれかであることが好ましい。

【0049】

具体的には、金属塩は、例えば、過酸化金属塩、過硫酸金属塩、過ホウ酸金属塩、次亜塩素酸金属塩、次亜臭素酸金属塩、亜塩素酸金属塩、塩素酸金属塩、過塩素酸金属塩、臭素酸金属塩、ヨウ素酸金属塩、硫酸金属塩、過炭酸金属塩、炭酸金属塩、酢酸金属塩、過酢酸金属塩、金属水酸化物塩、過マンガン酸金属塩、モリブデン酸金属塩、チオ硫酸金属塩、亜硫酸金属塩及びイオン性遷移金属塩等である。

10

【0050】

過酸化金属塩は、例えば、過酸化ナトリウム、過酸化カルシウム及び過酸化マグネシウム等である。過硫酸金属塩は、例えば、過硫酸ナトリウム及び過硫酸カリウム等である。過ホウ酸金属塩は、例えば、過ホウ酸ナトリウム等である。次亜塩素酸金属塩は、例えば、次亜塩素酸ナトリウム及び次亜塩素酸カリウム等である。次亜臭素酸金属塩は、例えば、次亜臭素酸ナトリウム等である。亜塩素酸金属塩は、例えば、亜塩素酸ナトリウム及び亜塩素酸カリウム等である。塩素酸金属塩は、例えば、塩素酸ナトリウム及び塩素酸カリウム等である。過塩素酸金属塩は、例えば、過塩素酸ナトリウム及び過塩素酸カリウム等である。臭素酸金属塩は、例えば、臭素酸ナトリウム及び臭素酸カリウム等である。ヨウ素酸金属塩は、例えば、ヨウ素酸ナトリウム、ヨウ素酸カリウム及びヨウ素酸マグネシウム等である。硫酸金属塩は、例えば、硫酸カルシウム等である。過炭酸金属塩は、例えば、過炭酸ナトリウム及び過炭酸カリウム等である。炭酸金属塩は、例えば、重炭酸ナトリウム及び重炭酸カリウム等である。酢酸金属塩は、例えば、酢酸ナトリウム及び酢酸カリウム等である。過酢酸金属塩は、例えば、過酢酸ナトリウム及び過酢酸カリウム等である。金属水酸化物塩は、例えば、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム及び水酸化カルシウム等である。過マンガン酸金属塩は、例えば、過マンガン酸ナトリウム及び過マンガン酸カリウム等である。モリブデン酸金属塩は、例えば、モリブデン酸ナトリウム、モリブデン酸リチウム及びモリブデン酸カリウム等である。チオ硫酸金属塩は、例えば、チオ硫酸ナトリウム及びチオ硫酸カリウム等である。亜硫酸金属塩は、例えば、亜硫酸ナトリウム及び亜硫酸カリウム等である。イオン性遷移金属塩は、例えば、第一硫酸鉄、第二硫酸鉄及びジルコニウム塩等である。

20

30

【0051】

中でも、上記したように、金属塩は、アルカリ金属塩及びアルカリ土類金属塩のうちのいずれかであることが好ましいため、過硫酸ナトリウム及び過硫酸カリウム等のうちのいずれかが好ましい。

【0052】

金属酸化物は、金属元素を構成元素として含む酸化物である。中でも、上記したように、金属元素は、アルカリ金属元素及びアルカリ土類金属元素のうちのいずれかであることが好ましいため、金属酸化物は、例えば、アルカリ金属酸化物及びアルカリ土類金属酸化物のうちのいずれかであることが好ましい。具体的には、金属酸化物は、例えば、酸化カルシウム、酸化バリウム、酸化チタン、酸化ケイ素及び酸化アルミニウム等である。

40

【0053】

非金属酸化物は、金属元素を構成元素として含まない酸化物であり、例えば、二酸化塩素等である。

【0054】

無機酸化物は、金属元素を構成元素として含まない無機系の酸化物であり、例えば、過酸化水素等である。

【0055】

無機酸は、金属元素を構成元素として含まない無機系の酸であり、例えば、塩酸、硫酸、リン酸及びホウ酸等である。

50

【0056】

無機酸塩は、金属元素を構成元素として含まない任意の無機酸と塩基性金属化合物との反応物（塩）である。具体的には、無機酸塩は、例えば、ゼオライト、リン酸ナトリウム、リン酸カリウム、塩化カリウム、ホウ酸ナトリウム、ホウ酸カリウム、硫酸水素ナトリウム及び硫酸水素カリウム等である。

【0057】

有機過酸化物は、金属元素を構成元素として含まない有機系の過酸化物である。具体的には、有機過酸化物は、例えば、過酸化カルバミド、過酸化カルバメート、過酢酸及び過安息香酸等である。

【0058】

有機酸は、金属元素を構成元素として含まない有機系の酸である。具体的には、有機酸は、例えば、酢酸、プロピオン酸、クエン酸、ギ酸、乳酸、酪酸、アスコルビン酸、エリソルビン酸、シュウ酸、リンゴ酸、フマル酸、安息香酸及びハイドロキノン等である。

【0059】

金属ハロゲン化物は、金属元素を構成元素として含むハロゲン化物である。ハロゲンの種類は、特に限定されないが、例えば、フッ素（F）、塩素（Cl）、臭素（Br）及びヨウ素（I）等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。具体的には、金属ハロゲン化物は、例えば、フッ化ナトリウム、フッ化カリウム及びフッ化カルシウム等である。

【0060】

金属スルフィド化物は、金属元素を構成元素として含むスルフィド化物である。具体的には、金属スルフィド化物は、例えば、亜鉛スルフィド、モリブデンスルフィド及びジルコニウムスルフィド等である。

【0061】

酵素は、例えば、約150個～500個のアミノ酸が結合されたタンパク質分子であり、具体的には、プロテイナーゼ類及びペプチダーゼ類等である。

【0062】

オニウム塩は、カチオン（陽イオン）としてオニウムイオンを含む塩であり、より具体的には、任意の酸と任意の塩基性オニウム化合物との反応物（塩）である。中でも、上記したように、オニウムイオンは、アンモニウムイオンであることが好ましいため、オニウム塩は、アンモニウム塩であることが好ましい。

【0063】

具体的には、オニウム塩は、例えば、過硫酸アンモニウム、硫酸アンモニウム、重炭酸アンモニウム、酢酸アンモニウム、モリブデン酸アンモニウム及びフッ化アンモニウム等である。中でも、上記したように、オニウム塩はアンモニウム塩であることが好ましいため、過硫酸アンモニウム等が好ましい。

【0064】

〔外郭部〕

外郭部2は、いわゆるカプセル剤のシェルであり、中心部1の表面を被覆している。この外郭部2は、単層でもよいし、多層でもよい。

【0065】

外郭部2の平均厚さは、特に限定されないが、例えば、約40 μm ～100 μm である。この外郭部2の平均厚さは、例えば、後述する外郭部2の徐放速度等に影響を与える可能性がある。

【0066】

この外郭部2は、上記したように、中空の構造物の内部に中心部1を収容するために、その中心部1の表面のうちの全部を被覆していることが好ましい。即ち、中心部1は、露出していないことが好ましい。カプセル剤の使用開始後、特定の期間（外郭部2が中心部1を徐放するために要する期間）が経過してから中心部1（減粘材料）が流体中に放出されるため、その減粘材料が実質的に減粘機能を発揮する時期を意図的かつ十分に遅らせることができるからである。この理由は、以下の通りである。

【0067】

なお、以下では、説明を簡略化するために、流体の使用開始後、特定の期間が経過するまでの期間を「前使用期間」と呼称すると共に、その特定の期間が経過した後の期間を「後使用期間」と呼称する。

【0068】

「前使用期間」とは、主に、中心部1（減粘材料）が外郭部2により被覆されており、その中心部1が露出していないため、その減粘材料が実質的に減粘機能を発揮できない期間である。一方、「後使用期間」とは、主に、外郭部2による中心部1の徐放に起因して、その外郭部2により被覆されていた中心部1（減粘材料）が流体中に放出されるため、その減粘材料が実質的に減粘機能を発揮できる期間である。

10

【0069】

後述するように、カプセル剤が含まれた流体を用いる場合には、その流体の使用開始時（前使用期間）から直ちに粘度を減少させるのではなく、その流体の使用開始後、特定の期間が経過した時点（後使用期間）において初めて流体の粘度を減少させることが望ましい。なぜなら、例えば、カプセル剤が含まれた流体を水圧破碎法（破碎用流体）に用いる場合には、上記したように、前使用期間においては流体の粘度をほぼ初期状態のまま維持しておくと共に、後使用期間において流体の粘度を実質的に減少させることが要求されるからである。これにより、前使用期間及び後使用期間のそれぞれにおいて共通（1種類）の流体を用いながら、前使用期間においては相対的に高い流体の粘度特性に基づく利点を活用することができると共に、後使用期間においては相対的に低い流体の粘度特性に基づく利点を活用することができる。

20

【0070】

中心部1の表面のうちの全部が外郭部2により被覆されていない場合には、流体の使用開始時から中心部1のうちの一部が露出している。この場合には、前使用期間から既に中心部1（減粘材料）が流体中に放出されるため、その前使用期間において意図せずに減粘材料が減粘機能を発揮してしまう。これにより、前使用期間から流体の粘度が減少するため、その前使用期間において流体の高粘度特性に基づく利点を活用しにくくなる。

【0071】

これに対して、中心部1の表面のうちの全部が外郭部2により被覆されている場合には、流体の使用開始時には中心部1が露出していない。この場合には、前使用期間においては未だ中心部1（減粘材料）が放出されにくいため、その前使用期間において減粘材料が減粘機能を発揮しにくくなる。これにより、前使用期間には流体の粘度がほぼ初期状態のまま維持されるため、その前使用期間において流体の高粘度特性に基づく利点を活用しやすくなる。

30

【0072】

しかも、外郭部2は特定の条件に応じて中心部を徐放するため、その中心部1が流体中に放出される。この「特定の条件」とは、例えば、温度及び時間等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。外郭部2が中心部2を徐放する原因（原理）に関しては、後述する。この場合には、外郭部2が中心部1を徐放するために要する期間（前使用期間）を経過してから中心部1（減粘材料）が流体中に放出されるため、その外郭部2が中心部1を徐放するために要する期間の経過後（後使用期間）において、減粘材料が減粘機能を発揮する。これにより、後使用期間において流体の粘度が実質的に減少するため、その後使用期間において流体の低粘度特性に基づく利点を活用しやすくなる。

40

【0073】

これらのことから、外郭部2が中心部1の表面のうちの全部を被覆していると、カプセル剤が含まれた1種類の流体を継続的に用いることにより、前使用期間及び後使用期間において、互いに相反する流体の粘度特性に基づく2種類の利点を活用することができる。

【0074】

これに伴い、外郭部2は、主に、以下で説明する4つの性質を有していることが望ましい。

50

【0075】

第1に、カプセル剤が流体中に含まれている状態においても、外郭部2は、前使用期間内において中心部1を保護し続けることが望ましい。前使用期間において、外郭部2を用いて中心部1を保護することにより、意図せずに減粘材料が減粘機能を発揮することを防止するためである。この流体の種類は、特に限定されないが、例えば、水及び有機溶剤等のうちのいずれか1種類又は2種類以上の液体を含んでいる。

【0076】

第2に、外郭部2は、カプセル剤を含む流体の使用開始時から所定の期間を経過した後、迅速かつ十分に中心部1を徐放することが望ましい。後使用期間において、意図的に中心部1を露出させることにより、減粘材料の減粘機能を発揮させるためである。

10

【0077】

第3に、外郭部2の徐放速度等は、温度及び時間等のうちのいずれか1種類又は2種類以上の条件に応じて制御されやすいことが望ましい。外郭部2の徐放速度等は、温度及び時間等の影響を受けやすいからである。また、減粘材料の減粘機能が発揮される時期、即ち流体の粘度が減少する時期を制御しやすいからである。なお、外郭部2の徐放速度等は、例えば、形成材料及び平均厚さ等に代表される外郭部2自体の構成の影響を受ける場合もある。

【0078】

第4に、外郭部2は、中心部1を徐放した後において、減粘材料の減粘機能を阻害しにくいことが望ましい。徐放後の外郭部2に起因して減粘材料の減粘機能が阻害されると、後使用期間において流体の粘度が十分に減少しにくくなるからである。

20

【0079】

これらの4つの性質を担保するために、外郭部2は、カプセル剤が含まれる流体中において中心部1を徐放可能である高分子化合物を含んでいる。

【0080】

「流体中において外郭部2が中心部1を徐放可能である」とは、上記したように、流体中における何らかの現象を利用して、その流体中に中心部1を徐々に放出できることを意味している。外郭部2が中心部1を徐放するのは、カプセル剤の使用開始時からではなく、そのカプセル剤の使用開始後、ある程度の期間が経過してから中心部1を露出させることにより、上記した減粘材料の機能を発揮させるためである。

30

【0081】

なお、保持材料が中心部1を徐放するために利用される現象の種類は、特に限定されないが、例えば、任意の外因に起因する任意の状態変化のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。「任意の外因」とは、例えば、熱、摩擦、圧力及び流体（例えば水等）との接触等である。「任意の状態変化」とは、熱膨張、融解、亀裂、変形、開裂、膨潤、溶解及び流体への分散等である。

【0082】

具体的には、外郭部2は、流体中において中心部1を徐放可能である高分子化合物として、水系エマルジョン型の高分子化合物であるスチレンブタジエン共重合体を含んでおり、そのスチレンブタジエン共重合体のガラス転移温度は、 -20°C ～ 80°C であり、好ましくは -20°C ～ 50°C であり、より好ましくは -20°C ～ 30°C である。スチレンブタジエン共重合体のガラス転移温度を測定するためには、例えば、示差熱分析法（DTA：Differential thermal analysis）を用いてカプセル剤（外郭部2）を分析すればよい。ガラス転移温度が上記した範囲内であるスチレンブタジエン共重合体は、上記した4つの性質の観点においてガラス転移温度が適正化されているため、優れた性質を有しているからである。なお、「スチレンブタジエン共重合体」とは、スチレンと1，3-ブタジエンとの共重合体であり、いわゆるスチレンブタジエンゴムである。

40

【0083】

このスチレンブタジエン共重合体の種類は、上記した範囲内のガラス転移温度を有していれば、特に限定されない。具体的には、ガラス転移温度が上記した範囲内であるスチレ

50

ンブタジエン共重合体であれば、そのスチレンブタジエン共重合体の種類は、1種類だけでもよいし、2種類以上でもよい。中でも、ガラス転移温度が互いに異なる2種類以上のスチレンブタジエン共重合体を用いることが好ましい。上記した4つの性質の観点においてスチレンブタジエン共重合体がより優れた性質を有するため、より高い効果が得られるからである。

【0084】

また、スチレンブタジエン共重合体は、変性されていなくてもよいし、1種類又は2種類以上の官能基により変性されていてもよいが、中でも、変性されていることが好ましい。上記した4つの性質の観点においてスチレンブタジエン共重合体がより優れた性質を有するため、より高い効果が得られるからである。なお、スチレンブタジエン共重合体の変性されている場合、その変性の種類は、特に限定されないが、中でも、カルボキシ変性であることが好ましい。さらに高い効果が得られるからである。

10

【0085】

スチレンブタジエン共重合体は、特に、優れた耐水性を有している。このため、例えば、カプセル剤が水圧破碎法（破碎用流体）等に用いられた場合において、水中にカプセル剤が含まれた状態においても、外郭部2は、上記した第1の性質の観点において優れた性能を発揮する。即ち、外郭部2は、水中においても中心部1を十分に保護することができる。

【0086】

カプセル剤（中心部1及び外郭部2）中における外郭部2の含有量（重量%）は、特に限定されないが、例えば、約3重量%～50重量%である。外郭部2の含有量が3重量%よりも小さいと、中心部1の重量に対して外郭部2の重量が少なすぎるため、その外郭部2による中心部1の被覆性が不十分になる可能性があるからである。一方、外郭部2の含有量が50重量%よりも大きいと、中心部1の重量に対して外郭部2の重量が多すぎるため、その外郭部2による中心部1の徐放性が不十分になる可能性があるからである。

20

【0087】

〔他の材料〕

なお、外郭部2は、更に、他の材料のうちのいずれか1種類又は2種類以上を含んでいてもよい。

【0088】

図2は、カプセル剤の他の断面構成を表しており、図1に対応している。他の材料は、例えば、複数の粒状物質3のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。カプセル剤の製造（外郭部2の形成）時において、造粒効果が向上すると共に、造粒途中の粒子同士の凝集が抑制されるからである。外郭部2が複数の粒状物質3を含んでいる場合には、上記したスチレンブタジエン共重合体中において複数の粒状物質3が分散されており、そのスチレンブタジエン共重合体により複数の粒状物質3の分散状態が維持される。なお、外郭部2が後述する他の高分子化合物等を含んでいる場合には、その他の高分子化合物等によっても複数の粒状物質3の分散状態が維持される。

30

【0089】

複数の粒状物質3は、いわゆるフィラーであり、例えば、無機材料等のうちのいずれか1種類又は2種類以上を含んでいる。この無機材料は、例えば、酸化チタン、酸化ケイ素、タルク、マイカ、クレー、ベントナイト、酸化アルミニウム及びゼオライト等である。中でも、酸化ケイ素、タルク及びベントナイトが好ましく、タルクがより好ましい。カプセル剤同士がより凝集しにくくなるからである。この複数の粒状物質3は、例えば、外郭部2中において分散されていることが好ましい。

40

【0090】

複数の粒状物質3の形状は、特に限定されないが、例えば、球状、板状、塊状、針状、繊維状及び不定形状等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。図2では、例えば、複数の粒状物質3の形状が球状である場合を示している。

【0091】

50

複数の粒状物質 3 の平均粒径（体積平均粒径）は、特に限定されないが、造粒効果の観点から外郭部 2 の厚さよりも小さいことが好ましい。具体的には、例えば、外郭部 2 の平均厚さが約 $40\ \mu\text{m}$ ～ $100\ \mu\text{m}$ である場合、目安として、複数の粒状物質 3 の体積平均粒径は約 $0.1\ \mu\text{m}$ ～ $20\ \mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0092】

外郭部 2 中における複数の粒状物質 3 の含有量は、特に限定されないが、極端に多すぎないことが好ましい。具体的には、外郭部 2 中における複数の粒状物質 3 の含有量は、例えば、約 10 重量% ～ 40 重量% であり、好ましくは約 15 重量% ～ 30 重量% である。複数の粒状物質 3 の含有量が多すぎると、外郭部 2 の徐放速度等が悪影響を受ける可能性があるからである。

10

【0093】

また、他の材料は、例えば、他の高分子化合物（上記したスチレンブタジエン共重合体を除く。）のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上である。この他の高分子化合物は、例えば、ポリウレタン、ポリエステル、ポリアクリレート、ポリビニルアルコール、ポリスチレン、ポリブタジエン、セルロース、ゼラチン、ポリオールのイソシアネート付加物及び塩化ビニリデン-アクリル酸メチル共重合体等である。この他、他の材料は、例えば、ワックス及び乾燥オイル等でもよい。

【0094】

また、他の材料は、例えば、各種添加剤でもよい。この添加剤は、例えば、樹脂製膜を整える製膜助剤である。また、添加剤は、カプセル剤同士の凝集を抑制する機能（アンチブロッキング機能）を有するアンチブロッキング剤である。

20

【0095】

<1-2. 機能>

このカプセル剤は、流体中に含まれた状態で使用されることにより、以下のように機能する。

【0096】

前使用期間においては、中心部 1（減粘材料）は外郭部 2 により被覆されている。この場合には、減粘材料が流体中に放出されないため、その減粘材料が未だ減粘機能を発揮できない。これにより、流体の粘度はほぼ初期状態（流体の使用開始時）のまま維持される。

30

【0097】

後使用期間において、外郭部 2 が中心部 1 を徐放すると、その中心部 1（減粘材料）が流体中に放出される。これにより、減粘材料が減粘機能を発揮するため、流体の粘度が減少する。

【0098】

なお、前使用期間、即ち流体の粘度がほぼ初期状態のまま維持される期間がどれぐらいの期間になるかは、例えば、上記したように、流体の使用時間及び温度等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上の条件に応じて決定される。これらの条件は、流体中における外郭部 2 の徐放速度等に影響を及ぼすからである。

【0099】

40

例えば、流体中において外郭部 2 が経時的に溶解する場合には、流体の使用時間が短いと外郭部 2 は十分に溶解しにくい、その流体の使用時間が長くなると外郭部 2 が十分に溶解しやすくなる。また、例えば、流体の温度に応じて外郭部 2 の溶解性が変化する場合には、例えば、流体の温度が低いと外郭部 2 は十分に溶解しにくい、その流体の温度が高くなると外郭部 2 は十分に溶解しやすくなる。

【0100】

<1-3. 製造方法>

上記したカプセル剤は、例えば、以下の手順により製造される。

【0101】

なお、カプセル剤の構成（一連の構成要素の形成材料）に関しては既に詳細に説明した

50

ため、以下では、その説明を随時省略する。

【0102】

最初に、減粘材料を含む中心部1と、外郭部2を形成するために用いられる塗布溶液とを準備する。

【0103】

塗布溶液を準備する場合には、例えば、スチレンブタジエン共重合体のラテックスと、溶媒とを混合した後、その混合物を攪拌する。これにより、溶媒によりスチレンブタジエン共重合体が溶解されるため、塗布溶液が得られる。この溶媒の種類は、特に限定されないが、例えば、水及びアルコール等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。なお、塗布溶液中におけるスチレンブタジエン共重合体の含有量は、任意に設定可能である。

10

【0104】

続いて、中心部1の表面に塗布溶液を供給した後、その塗布溶液を乾燥させる。これにより、中心部1の表面を被覆するように、スチレンブタジエン共重合体を含む外郭部2が形成される。この場合には、外郭部2の形成工程を2回以上繰り返してもよい。なお、複数の粒状物質3を含む外郭部2を形成する場合には、例えば、塗布溶液を供給する過程において、その塗布溶液中に複数の粒状物質3を投入すればよい。この場合には、1回で複数の粒状物質3を投入してもよいし、複数回に分けて複数の粒状物質3を投入してもよい。

【0105】

この外郭部2の形成方法は、特に限定されない。具体的には、塗布溶液を供給する方法は、例えば、塗布法及びスプレー法等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。

20

【0106】

また、外郭部2を形成するために用いる装置は、特に限定されない。具体的には、装置は、例えば、ハイスピードミキサ、スプレードライ及び流動層造粒コーティング装置等のうちのいずれか1種類又は2種類以上である。中でも、流動層造粒コーティング装置は、転動流動層コーティング装置、旋回流動層コーティング装置及びウルスター（Wurster）型流動層造粒コーティング装置等であることが好ましい。例えば、転動流動層造粒コーティング装置は、円筒状の転動流動層の内部において、塗布対象物である中心部1を回転板の上で渦状に流動させながら、スプレーノズルを用いて中心部1の表面に塗布溶液を塗布する装置である。この場合には、転動流動層の内部において、下から上に向けて風が流れることにより、中心部1が上方向に巻き上げられるため、その中心部1に縦方向の動きが与えられる。しかも、回転板が回転することにより、中心部1が回転するため、その中心部1に横方向の動きが与えられる。これにより、中心部1が渦状に流動する。

30

【0107】

この流動層造粒コーティング装置の塗布原理を利用することにより、以下の利点を得られる。第1に、中心部1の表面が均一に塗布されるため、均一な厚さとなるように外郭部2が形成される。第2に、塗布量が容易かつ正確に調整されるため、外郭部2の厚さが厳密に制御される。第3に、外郭部2の厚さが厳密に制御されることに伴い、カプセル剤の寸法（平均粒径等）も厳密に制御される。

【0108】

よって、中空の構造物（外郭部2）の内部に減粘材料（中心部1）が収容されるため、カプセル剤が完成する。

40

【0109】

<1-4. 作用及び効果>

本発明の一実施形態のカプセル剤によれば、ガラス転移温度が上記した適正な範囲内であるスチレンブタジエン共重合体を含む外郭部2により、減粘材料を含む中心部1の表面が被覆されている。

【0110】

この場合には、上記したように、カプセル剤が含まれた流体を用いると、前使用期間においては、中心部1が外郭部2により被覆されているため、減粘材料が未だ減粘機能を発

50

揮できない。これにより、流体の粘度が初期状態のまま維持されるため、その流体の高粘度特性に基づく利点が活用される。一方、後使用期間においては、外郭部 2 による中心部 1 の徐放に起因して減粘材料が流体中に放出されるため、その減粘材料が減粘機能を発揮する。これにより、流体の粘度が減少するため、その流体の低粘度特性に基づく利点が活用される。

【0111】

しかも、外郭部 2 に含まれているスチレンブタジエン共重合体のガラス転移温度は、上記した外郭部 2 に要求される 4 つの性質の観点において適正化されているため、そのスチレンブタジエン共重合体は、他の高分子化合物よりも優れた性質を有している。この「他の高分子化合物」とは、例えば、上記した適正な範囲内のガラス転移温度を有していないスチレンブタジエン共重合体である。また、「他の高分子化合物」とは、スチレンブタジエン共重合体以外的高分子化合物であり、例えば、ポリスチレン及びポリブタジエン等である。これにより、流体の粘度が維持される期間（流体の前使用期間）は十分に確保されると共に、その期間は容易に制御される。また、上記した期間の経過後（流体の後使用期間）において、流体の粘度は短時間で十分に減少する。

10

【0112】

よって、カプセル剤を含む流体の使用時において、1 種類の流体を用いていながら、所望のタイミングにおいて流体の粘度が短時間で十分に減少する。よって、使用途中において粘度を減少させることを要する用途に用いられる流体に関して、優れた減粘機能を発揮することができる。

20

【0113】

特に、本発明の一実施形態のカプセル剤では、ガラス転移温度が上記した適正な範囲内であるスチレンブタジエン共重合体がカルボキシ変性されていれば、上記した 4 つの性質の観点においてスチレンブタジエン共重合体により優れた性質を有するため、より高い効果を得ることができる。

【0114】

また、流体が水圧破碎法に用いられると共に、その流体が増粘剤を含んでいる場合において、中心部 1 が増粘剤を分解する材料を含んでいれば、流体の使用途中において増粘剤が分解されるため、その流体の粘度が減少する。よって、上記した中心部 1 が減粘材料を含んでいる場合と同様の理由により、優れた減粘機能を発揮することができる。

30

【0115】

外郭部 2 が複数の粒状物質 3 を含んでいれば、カプセル剤の製造（外郭部 2 の形成）時において造粒効果が向上すると共に造粒途中の粒子同士の凝集が抑制されるため、流体中におけるカプセル剤の分散性が向上する。よって、より高い効果を得ることができる。

【0116】

< 2. カプセル剤の用途（粘度可変流体） >

次に、上記したカプセル剤の用途に関して説明する。

【0117】

カプセル剤の用途は、上記したように、カプセル剤を含む流体の使用途中において、その流体の粘度を減少させることを要する用途であれば、特に限定されない。

40

【0118】

ここでは、カプセル剤を利用して粘度が減少する流体を「粘度可変流体」と呼称する。この「粘度可変流体」とは、特定の目的を達成するために、使用途中において粘度を十分に減少させることができる流体である。

【0119】

「粘度を十分に減少させる」とは、前使用期間（流体の粘度の減少前）においては相対的に高い流体の粘度に基づく利点（高粘度由来利点）を活用することができると共に、後使用期間（流体の粘度の減少後）においては相対的に低い流体の粘度に基づく利点（低粘度由来利点）を活用することができる程度まで、その粘度が十分に減少することを意味している。これにより、前使用期間から後使用期間に至る過程において、共通（1 種類）の

50

流体を継続的に用いていながら、互いに相反する流体の粘度特性に基づく２種類の利点、即ち高粘度由来利点及び低粘度由来利点を活用することができる。

【０１２０】

< ２－１．構成 >

図３は、本発明の一実施形態における粘度可変流体の構成を表している。この粘度可変流体は、流体本体１１と、１又は２以上のカプセル剤１２とを含んでいる。

【０１２１】

[流体本体]

流体本体１１は、粘度可変流体の主要成分であり、カプセル剤１２及び後述する他の材料は、流体１１本体中において分散又は溶解されている。この流体本体１１は、例えば、液体である。流体本体１１中においてカプセル剤１２が分散されやすいと共に、そのカプセル剤１２の分散状態が維持されやすいからである。この液体は、例えば、水及び有機溶剤等のうちのいずれか１種類又は２種類以上を含んでいる。なお、例えば、粘度可変流体が水圧破碎法（破碎用流体）に用いられる場合には、上記した液体は、水を含んでいる。

【０１２２】

[カプセル剤]

カプセル剤１２は、上記した本発明の一実施形態のカプセル剤と同様の構成を有している。即ち、カプセル剤１２は、図１に示したように、減粘材料を含む中心部１と、ガラス転移温度が適正な範囲内であるスチレンブタジエン共重合体を含む外郭部２とを備えている。

【０１２３】

例えば、粘度可変流体が水圧破碎法（破碎用流体）に用いられる場合には、減粘剤としての役割を果たすカプセル剤１２は、ブレーカ（breaker）と呼ばれる。なお、カプセル剤１２のうち、本質的に減粘機能を発揮する減粘材料がブレーカと呼ばれる場合もある。

【０１２４】

このカプセル剤１２は、流体本体１１中において分散されていることが好ましい。粘度可変流体の粘度が均一に減少しやすいからである。なお、流体本体１１中におけるカプセル剤１２の含有量は、特に限定されない。このカプセル剤１２の含有量は、例えば、後使用期間における粘度可変流体の粘度等の条件に応じて、任意に設定可能である。

【０１２５】

[他の材料]

なお、粘度可変流体は、更に、他の材料のうちのいずれか１種類又は２種類以上を含んでもよい。図４は、粘度可変流体の他の構成を表しており、図３に対応している。

【０１２６】

[複数の粒状物質]

他の材料は、例えば、複数の粒状物質１３（複数の第２粒状物質）のうちのいずれか１種類又は２種類以上である。ここで説明する複数の粒状物質１３は、上記した複数の粒状物質３（複数の第１粒状物質）とは異なる概念である。即ち、複数の粒状物質１３は、例えば、以下で説明するように、フィラーとしての役割を果たす複数の粒状物質３とは異なり、プロバントとしての役割を果たす。より具体的には、複数の粒状物質３は、外郭部２中においてスチレンブタジエン共重合体により保持されている。これに対して、複数の粒状物質１３は、外郭部２中においてスチレンブタジエン共重合体により保持されておらず、流体本体１１中において分散されている。

【０１２７】

複数の粒状物質１３は、例えば、砂等のうちのいずれか１種類又は２種類以上を含んでおり、その砂等は、高分子化合物のうちのいずれか１種類又は２種類以上により被覆されていてもよい。砂の種類は、岩片及び鉱物片等であれば、特に限定されない。高分子化合物の種類は、砂等の表面を十分に被覆できれば、特に限定されない。この高分子化合物の種類は、１種類だけでもよいし、２種類以上でもよい。

【０１２８】

この複数の粒状物質 1 3 は、流体本体 1 1 中において分散されていることが好ましい。複数の粒状物質 1 3 が凝集及び沈降等している場合と比較して、その複数の粒状物質 1 3 が本来の役割を果たしやすいからである。

【0129】

なお、流体本体 1 1 中における複数の粒状物質 1 3 の含有量は、特に限定されないが、例えば、粘度可変流体の役割（機能）、用途及び目的等に応じて決定される。また、複数の粒状物質 1 3 の役割は、特に限定されないが、例えば、上記した含有量と同様に、粘度可変流体の用途及び目的等に応じて決定される。

【0130】

例えば、粘度可変流体が水圧破碎法（破碎用流体）に用いられる場合には、複数の粒状物質 1 3 は、いわゆるプロパントとしての役割を果たす。このプロパントは、上記したように、貯留岩の破壊時に生じた亀裂が閉塞することを防止するために用いられる。この場合には、流体本体 1 1 中において複数の粒状物質 1 3 は分散されており、その複数の粒状物質 1 3 の分散状態は維持されていることが好ましい。粘度可変流体の使用時において、複数の粒状物質 1 3 の輸送性が向上するからである。これにより、亀裂の内部に粘度可変流体が入り込む際に、その亀裂の内部に複数の粒状物質 1 3 が流体本体 1 1 と一緒に入り込みやすくなる。また、各亀裂の内部に入り込む複数の粒状物質 1 3 の量がばらつきにくくなる。

【0131】

なお、複数の粒状物質 1 3 は、プロパントに限られない。粘度可変流体が水圧破碎法（破碎用流体）以外の用途に用いられる場合には、その複数の粒状物質 1 3 は、プロパントとは異なる目的のために用いられてもよい。

【0132】

[増粘剤]

また、他の材料は、例えば、増粘剤 1 4 のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上である。この増粘剤 1 4 は、前使用期間における粘度可変流体の粘度を増加させる役割を果たしており、例えば、ゲル化剤及び架橋剤等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。ゲル化剤は、例えば、グアガム及びカルボキシメチルセルロース等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上である。架橋剤は、例えば、ホウ酸及びジルコニウム錯体等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上である。粘度可変流体がゲル化剤を含んでいる場合には、例えば、その粘度可変流体はゲル化している。なお、流体本体 1 1 中における増粘剤 1 4 の含有量は、特に限定されない。この増粘剤 1 4 の含有量は、例えば、前使用期間における粘度可変流体の粘度等の条件に応じて、任意に設定可能である。この増粘剤は、流体本体 1 1 中において溶解されていてもよいし、分散されていてもよいし、双方でもよい。

【0133】

粘度可変流体が増粘剤 1 4 を含んでいない場合には、前使用期間における粘度可変流体の粘度は、実質的に、流体本体 1 1 自身の粘度に基づいて決定される。この場合には、流体本体 1 1 中におけるカプセル剤 1 2 等の分散状態を維持するために、前使用期間における粘度可変流体の粘度は、十分に高いことが好ましい。そこで、前使用期間における粘度可変流体の粘度が十分に高くない場合には、増粘剤 1 4 を用いることにより、前使用期間における粘度可変流体の粘度を高くすることが好ましい。流体本体 1 1 中においてカプセル剤 1 2 塗が凝集及び沈降等しにくくなるため、その流体本体 1 1 中においてカプセル剤 1 2 等の分散状態が維持されやすくなるからである。

【0134】

[添加剤]

また、他の材料は、各種添加剤のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上である。この添加剤は、例えば、摩擦低減剤、界面活性剤、pH調整剤、腐食防止剤、殺生物剤及び鉄分制御剤等である。

【0135】

摩擦低減剤は、主に、粘度可変流体中における複数の粒状物質 1 3 の流動性を制御する。この摩擦低減剤は、例えば、ポリアクリルアミド等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。

【0136】

界面活性剤は、主に、減粘材料の分散性及び流動性等を制御する。この界面活性剤は、例えば、アルコール系活性剤等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。

【0137】

pH調整剤は、主に、粘度可変流体の pH を調整する。この pH調整剤は、例えば、炭酸カリウム等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。

【0138】

腐食防止剤は、主に、粘度可変流体の使用時において、その粘度可変流体と接触される機器及び器具等の腐食を防止する。この腐食防止剤は、例えば、ホルムアルデヒド及びイソプロピルアルコール等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。なお、粘度可変流体と接触する機器及び器具等は、例えば、その粘度可変流体を輸送するために用いられるパイプ等である。

【0139】

殺生物剤は、主に、粘度可変流体に混入される微生物の量が増加することを抑制する。この殺生物剤は、例えば、グルタルアルデヒド及び過酸化水素水等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。

【0140】

鉄分制御剤は、主に、鉄に起因する金属酸化物の沈殿を防止する。この鉄分制御剤は、例えば、酢酸、クエン酸、アスコルビン酸及びエチレングリコール等のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。

【0141】

< 2-2. 機能 >

この粘度可変流体は、上記した本発明の一実施形態のカプセル剤と同様の構成を有するカプセル剤 1 2 を含んでいる。よって、粘度可変流体の使用途中において、カプセル剤 1 3 を利用して粘度可変流体の粘度が減少する。

【0142】

具体的には、前使用期間においては、減粘材料が未だ減粘機能を発揮できないため、粘度可変流体の粘度は初期状態のまま維持される。一方、後使用期間においては、減粘材料が減粘機能を発揮するため、粘度可変流体の粘度が減少する。

【0143】

< 2-3. 作用及び効果 >

本発明の一実施形態の粘度可変流体によれば、1 又は 2 以上のカプセル剤 1 2 を含んでおり、そのカプセル剤 1 2 が上記した本発明の一実施形態のカプセル剤と同様の構成を有している。この場合には、上記したように、1 種類の粘度可変流体を用いながら、その粘度可変流体の使用途中においてカプセル剤 1 2 が優れた減粘機能を発揮するため、その粘度可変流体の粘度が短時間で十分に減少する。よって、カプセル剤 1 2 の減粘機能を利用して、優れた粘度変化特性を得ることができる。

【0144】

特に、粘度可変流体が水圧破碎法（破碎用流体）に用いられるため、その粘度可変流体が複数の粒状物質 1 3 を含んでいる場合には、以下の効果が得られる。

【0145】

第 1 に、前使用期間においては、粘度可変流体の粘度が初期状態のまま維持されるため、その粘度可変流体中において複数の粒状物質 1 3 の分散状態が維持される。よって、粘度可変流体を加圧することにより、相対的に高い粘度可変流体の粘度を利用して、貯留岩の破壊時に生じた亀裂の内部に複数の粒状物質 1 3 を十分に入り込ませることができる。

【0146】

第 2 に、後使用期間においては、粘度可変流体の粘度が十分に減少するため、その粘度

10

20

30

40

50

可変流体の流動性が向上する。よって、粘度可変流体を吸引等することにより、相対的に低い粘度可変流体の粘度を利用して、使用済みの粘度可変流体を短時間で回収することができる。

【0147】

第3に、上記したように、前使用期間において亀裂の内部に複数の粒状物質13を十分に入り込ませると共に、後使用期間において使用済みの粘度可変流体を短時間で回収するために、共通（1種類）の粘度可変流体を用いるだけで済む。よって、互いに相反する流体の粘度特性に基づく2種類の利点を容易かつ安定に活用することができる。

【0148】

この粘度可変流体に関する他の作用及び効果は、本発明の一実施形態のカプセル剤に関する作用及び効果と同様である。

【実施例】

【0149】

以下、本発明の実施例に関して説明する。説明する順序は、下記の通りである。但し、本発明の態様は、ここで説明する態様に限定されない。

【0150】

1. カプセル剤の製造
2. カプセル剤の評価
- 2-1. 製造評価
- 2-2. 性能評価

【0151】

<1. カプセル剤の製造>

（実験例1～18）

まず、以下の手順により、カプセル剤を製造した。

【0152】

最初に、下記の一連の高分子化合物を含む水系エマルジョン溶液を準備した。この場合には、エタノールを用いて水系エマルジョン溶液を希釈することにより、水系エマルジョン溶液（固形分の濃度＝8重量％）を調製した。

【0153】

実験例1～3：日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-100（ $T_g = 27^\circ\text{C}$ ）

実験例4～7，11～13：日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-107（ $T_g = -15^\circ\text{C}$ ）

実験例8：日本エイアンドエル株式会社製の未変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-130（ $T_g = -1^\circ\text{C}$ ）

実験例9：日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-115（ $T_g = 37^\circ\text{C}$ ）

実験例10：日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターXG-4087（ $T_g = 45^\circ\text{C}$ ）

実験例14：日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-107（ $T_g = -15^\circ\text{C}$ ）と日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-100（ $T_g = 27^\circ\text{C}$ ）との混合物（混合比は重量比で1：1）

実験例15，16：日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-107（ $T_g = -15^\circ\text{C}$ ）と日本エイアンドエル株式会社製のカルボキシ変性スチレンブタジエン共重合体 ナルスターSR-115（ $T_g = 37^\circ\text{C}$ ）との混合物（混合比は重量比で1：1）

実験例17：日本合成化学株式会社製のアクリル系樹脂 モビニール727（ $T_g = 5^\circ\text{C}$ ）

10

20

30

40

50

実験例 18：日本合成化学株式会社製のスチレンアクリル系共重合体 モビニール 749 E ($T_g = 25^\circ\text{C}$)

【0154】

続いて、転動流動層コーティング装置（フロイント産業株式会社製の LABO 型）を用いて、中心部 1 の表面に水系エマルジョン溶液を塗布した後、その水系エマルジョン溶液を乾燥させることにより、外郭部 2 を形成した。中心部 1 としては、金属塩である過硫酸カリウム（体積平均粒径 = $330\ \mu\text{m}$ ）と、オニウム塩である過硫酸アンモニウム（体積平均粒径 = $430\ \mu\text{m}$ ）とを用いた。

【0155】

外郭部 2 を形成する場合には、全体（中心部 1 及び外郭部 2）中における外郭部 2 の含有量（重量％）が表 1 に示した所定の含有量の 8 割に相当する量になるまで、複数の粒状物質 3 が分散されていない水系エマルジョン溶液（固形分の濃度 = 8 重量％）を塗布した。このうち、全体中における外郭部 2 の含有量（重量％）が表 1 に示した所定の含有量の 2 割に相当する量になるまで、複数の粒状物質 3 が分散されている水系エマルジョン溶液（固形分の濃度 = 8 重量％、複数の粒状物質 3 の分散濃度 = 2 重量％）を塗布した。

【0156】

複数の粒状物質 3 としては、タルク（体積平均粒径 = $4\ \mu\text{m}$ ）、ベントナイト（体積平均粒径 = $550\ \mu\text{m}$ ）、酸化チタン（体積平均粒径 = $5\ \mu\text{m}$ ）及び酸化ケイ素（体積平均粒径 = $10\ \mu\text{m}$ ）を用いた。

【0157】

最後に、1 mm 篩を用いて、外郭部 2 が形成された中心部 1 を選別した。これにより、中心部 1 の表面を被覆するように、高分子化合物及び複数の粒状物質 3 を含む外郭部 2 が形成されたため、カプセル剤が完成した。ここで製造されたカプセル剤の構成は、表 1 に示した通りである。

【0158】

10

20

【表 1】

実験 例	中心部		外郭部				被覆 性	耐水 性	減粘効果	
	減粘 材料	含有量 (重量%)	高分子 化合物	Tg (°C)	粒状 物質	含有量 (重量%)			80°C	100°C
1	APS	70	SBR	27	タルク	30	可	良	B	C
2	APS	50	SBR	27	タルク	50	可	良	A	B
3	KPS	80	SBR	27	タルク	20	可	良	A	B
4	APS	70	SBR	-15	タルク	30	可	良	B	C
5	APS	60	SBR	-15	タルク	40	可	良	A	B
6	KPS	80	SBR	-15	タルク	20	可	良	A	B
7	KPS	70	SBR	-15	タルク	30	可	良	A	B
8	APS	70	SBR	-1	タルク	30	可	良	A	B
9	APS	70	SBR	37	タルク	30	可	良	A	B
10	APS	70	SBR	45	タルク	30	可	良	C	C
11	KPS	70	SBR	-15	ベントナイト	30	可	良	A	B
12	KPS	70	SBR	-15	酸化チタン	30	可	良	A	B
13	KPS	70	SBR	-15	酸化ケイ素	30	可	良	A	B
14	KPS	70	SBR (混合物)	-15/27	タルク	30	可	良	B	C
15	KPS	70	SBR (混合物)	-15/37	タルク	30	可	良	B	B
16	APS	70	SBR (混合物)	-15/37	タルク	30	可	良	A	B
17	APS	70	AC	5	タルク	30	不可	—	—	—
18	APS	70	STAC	25	タルク	30	不可	—	—	—

APS:過硫酸アンモニウム, KPS:過硫酸カリウム, SBR:スチレンブタジエンゴム共重合体

AC:アクリル系樹脂, STAC:スチレンアクリル系共重合体

【0159】

< 2. カプセル剤の評価 >

以下で説明するように、製造面及び性能面の双方からカプセル剤を評価した。

【0160】

< 2-1. 製造評価 >

製造面からカプセル剤を評価するために、そのカプセル剤の被覆性及び耐水性を調べたところ、表 1 に示した結果が得られた。

【0161】

被覆性を調べる場合には、デジタル顕微鏡（株式会社ハイロックス製の DIGITAL MICROSCOPE KH-1300）を用いて、カプセル剤が良好にカプセル化されているか否か、即ち外郭部 2 により中心部 1 が十分に被覆されているか否かを調べることにより、そのカプセル剤の状態を評価した。この場合には、中心部 1 が外郭部 2 により完全に被覆されているため、その中心部 1 が露出していない場合を「可」と判定した。一方、中心部 1 が外郭部 2 により完全に被覆されていないため、その中心部 1 のうちの一部が露出している場合を「不可」と判定した。

【0162】

耐水性を調べる場合には、最初に、温水 200 cm^3 （ $=200\text{ ml}$ ，温度 $=60^\circ\text{C}$ ）を低速で攪拌しながら、その温水中にカプセル剤を投入した。この場合には、中心部1の重量が 2 g 相当になるように、カプセル剤の投入量を調整した。続いて、カプセル剤が投入された温水を攪拌（攪拌時間 $=1$ 時間）した後、導電率計（Eutech Instruments製のECTester11+）を用いて温水の電気伝導度を測定した。続いて、中心部1（減粘材料である過硫酸カリウム及び過硫酸アンモニウム）の溶出量と温水の電気伝導度との相関を表す検量線を用いて、電気伝導度の測定値から減粘材料の溶出量を求めた。最後に、減粘材料の溶出量に基づいて、カプセル剤の状態を評価した。この場合には、減粘材料の溶出量が 10% 未満である場合を「良」と判定した。一方、減粘材料の溶出量が 10% 以上である場合を「不良」と判定した。

10

【0163】

表1に示したように、被覆性及び耐水性は、そのカプセル剤の構成に応じて大きく変化した。

【0164】

詳細には、外郭部2の形成材料（高分子化合物）としてスチレンブタジエン共重合体以外の化合物を用いた場合（実験例17，18）には、外郭部2により中心部1の表面が完全に被覆されなかったため、根本的にカプセル構造を形成することができなかった。

【0165】

これに対して、外郭部2の形成材料としてスチレンブタジエン共重合体を用いた場合（実験例1～16）には、そのスチレンブタジエン共重合体のガラス転移温度に応じて被覆性及び耐水性に大きな差異が生じた。

20

【0166】

具体的には、ガラス転移温度が適正な範囲内（ $-20^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ ）である場合（実験例1～16）には、外郭部2により中心部1の表面が完全に被覆されたため、カプセル構造を形成することができた。しかも、外郭部2が長時間に渡って溶解しなかったため、その外郭部2を用いて中心部1を十分に保護することができた。

【0167】

<2-2. 性能評価>

性能面からカプセル剤を評価するために、そのカプセル剤の減粘機能（減粘効果）を調べたところ、表1に示した結果が得られた。ここでは、カプセル剤の減粘効果を簡易的に評価するために、そのカプセル剤が含まれたグア液の粘度変化を調べた。

30

【0168】

グア液の粘度変化を調べる場合には、最初に、ビーカに収容されたイオン交換水 1300 g に、スリーワンモータを用いてイオン交換水を攪拌しながらグア粉末（SIGMA社製） 12.56 g を少量ずつ加えることにより、そのグア粉末を溶解させた。グア粉末が溶解しにくい場合、イオン交換水中に未溶解のグア粉末の塊が存在していた場合には、スパチュラを用いてグア粉末の塊を押し潰すことにより、その未溶解のグア粉末の塊を溶解させた。これにより、グア粉末が溶解されたため、グア液が得られた。続いて、グア液に架橋剤（ホウ酸） 0.985 g を加えた後、そのグア液を攪拌（攪拌時間 $=4$ 時間以上）した。続いて、ポリ瓶中にグア液 160 g を採取した。

40

【0169】

続いて、グア液を予備加熱（加熱温度 $=80^\circ\text{C}$ ，加熱時間 $=30$ 分間）した後、そのグア液を放置（放置時間 $=30$ 分間）した。続いて、粘度測定装置（東機産業株式会社製のコーンプレート型粘度計TVE-22H）を用いてグア液の粘度（ $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ）を測定した。この場合には、測定レンジ $=\text{H}$ ，回転速度 $=2.5\text{ rpm}$ ，温度 $=25^\circ\text{C}$ とした。続いて、グア液中にカプセル剤を投入した後、そのグア液を攪拌した。また、中心部1の重量が 0.05 g 相当になるように、カプセル剤の投入量を調整した。

【0170】

続いて、恒温槽（富山産業株式会社製のミニジェットオープンMO-921，温度 $=8$

50

0℃又は100℃)の内部にグア液を保存した後、30分ごとにグア液の一部を取り出すことにより、そのグア液の粘度(mPa・s)を測定した。この場合には、グア液の保存時間が360時間に到達するまで粘度の測定を繰り返した。

【0171】

最後に、グア液の粘度の測定結果に基づいて、カプセル剤の減粘効果を評価した。この場合には、グア液の保存を開始してから4時間経過しても初期値(グア液の保存開始時の粘度)に対する粘度の減少割合が10%以下であった場合を「A」と判定した。グア液の保存を開始してから2時間経過後4時間経過前に、初期値に対する粘度の減少割合が10%以下に到達した場合を「B」と判定した。グア液の保存を開始してから2時間経過前に初期値に対する粘度の減少割合が10%に到達した場合を「C」と判定した。

10

【0172】

表1に示したように、外郭部2の形成材料(高分子化合物)として、ガラス転移温度が適正な範囲内であるスチレンブタジエン共重合体を用いた場合(実験例1~16)には、グア液の保存開始後、十分な時間が経過してから、カプセル剤の減粘効果が発揮された。

【0173】

但し、減粘効果が発揮されるまでの時間(前使用期間)、及び減粘効果の発揮時(後使用期間)におけるグア液の粘度の減少速度等は、そのカプセル剤の構成に応じて多少変動した。

【0174】

これらの結果から、ガラス転移温度が適正な範囲内(=-20℃~80℃)であるスチレンブタジエン共重合体を含む外郭部2により、減粘材料を含む中心部1の表面が被覆されているカプセル剤では、優れた減粘機能が発揮された。

20

【0175】

以上、実施形態及び実施例を挙げながら本発明を説明したが、その本発明は、実施形態及び実施例において説明した態様に限定されず、種々に変形させることが可能である。

【0176】

具体的には、カプセル剤及び粘度可変流体は、水圧破碎法(破碎用流体)に限られず、その水圧破碎用以外の用途に用いられてもよい。この場合においても、カプセル剤を含む粘度可変流体の使用途中において粘度が短時間で十分に減少するため、用途に応じた様々な効果を得ることができる。

30

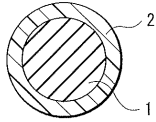
【0177】

本出願は、日本国特許庁において2015年7月31日に出願された日本特許出願番号第2015-152589号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

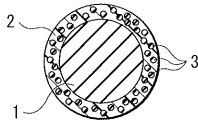
【0178】

当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、及び変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲の趣旨やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

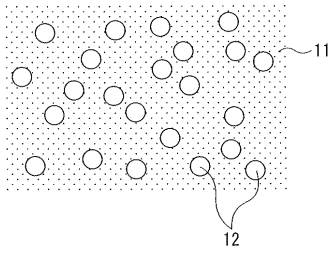
【図 1】



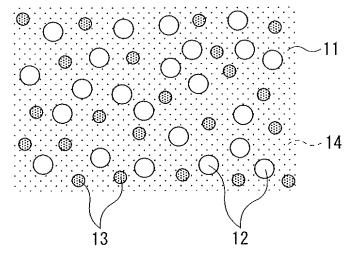
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 石川 佳寛
日本国東京都荒川区東尾久七丁目2番35号 株式会社ADEKA内
- (72)発明者 澤本 大介
日本国東京都荒川区東尾久七丁目2番35号 株式会社ADEKA内
- (72)発明者 秋本 賢作
日本国東京都荒川区東尾久七丁目2番35号 株式会社ADEKA内

審査官 柿原 巧弥

- (56)参考文献 特許第5745705 (JP, B2)
国際公開第99/061747 (WO, A1)
特開2014-141552 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0009423 (US, A1)
米国特許出願公開第2010/0307744 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| E21B | 43/26 |
| C09K | 3/00 |
| C09K | 8/62 |
| C09K | 17/18 |