



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109072062 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201680080464.5

(22)申请日 2016.12.01

(30)优先权数据

62/262,250 2015.12.02 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.07.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/064446 2016.12.01

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/096055 EN 2017.06.08

(71)申请人 沙特阿拉伯石油公司

地址 沙特阿拉伯达兰市

(72)发明人 梁枫 B·拉格哈瓦·雷迪

李雷鸣

盖桑·A·阿尔-穆塔塔舍里

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 李新红

(51)Int.Cl.

C09K 8/68(2006.01)

C08F 220/56(2006.01)

C09K 8/72(2006.01)

C09K 8/74(2006.01)

C09K 8/88(2006.01)

(54)发明名称

高温交联压裂流体

(57)摘要

本发明公开了一种包含水性共聚物组合物和交联剂的混合物的压裂流体,所述水性共聚物组合物包含共聚物,所述共聚物具有2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺和丙烯酸单体单元或其盐。所述交联剂包括金属,并且所述金属与所述共聚物的重量比在0.01至0.08的范围内。处理地下地层包括将所述压裂流体引入到地下地层中,和使所述压裂流体在所述地下地层中交联以生成交联压裂流体。当凝胶在300°F至400°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂液具有至少500cP的粘度持续至少80分钟。

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

1. 一种压裂流体,所述压裂流体包含以下各项的混合物:
水性共聚物组合物,所述水性共聚物组合物包含共聚物,所述共聚物包含2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺和丙烯酸单体单元或其盐;和
交联剂,所述交联剂包括金属,
其中所述金属与所述共聚物的重量比在0.01至0.08的范围内。
2. 权利要求1所述的压裂流体,其中所述金属与所述共聚物的重量比在0.02至0.06的范围内。
3. 权利要求1或权利要求2所述的压裂流体,其中所述共聚物包含1mol%至55mol%的所述2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元。
4. 权利要求3所述的压裂流体,其中所述共聚物包含1mol%至40mol%的所述2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元。
5. 权利要求4所述的压裂流体,其中所述共聚物包含1mol%至25mol%的所述2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元。
6. 上述权利要求中任一项所述的压裂流体,其中所述共聚物是三元共聚物。
7. 上述权利要求中任一项所述的压裂流体,所述压裂流体包含凝胶稳定剂、粘土稳定剂、降粘剂、支撑剂和pH调节剂中的至少一种。
8. 权利要求7所述的压裂流体,所述压裂流体包含pH调节剂,其中所述压裂流体的pH在2至7或3至6.5的范围内。
9. 上述权利要求中任一项所述的压裂流体,所述压裂流体包含50mg/L至50,000mg/L的总溶解固体。
10. 上述权利要求中任一项所述的压裂流体,其中所述金属在所述压裂流体中的浓度在0.001重量%至0.024重量%的范围内。
11. 上述权利要求中任一项所述的压裂流体,其中所述压裂流体包含20至50磅所述共聚物/千加仑所述压裂流体。
12. 上述权利要求中任一项所述的压裂流体,其中,在交联后,当凝胶在300°F至400°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述压裂流体具有至少500cP的粘度持续至少80分钟。
13. 一种处理地下地层的方法,所述方法包括:
将压裂流体引入到地下地层中,所述压裂流体包含:
水性共聚物组合物,所述水性共聚物组合物包含共聚物,所述共聚物包含2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺和丙烯酸单体单元或其盐;和
交联剂,所述交联剂包括金属,
其中所述金属与所述共聚物的重量比在0.01至0.08的范围内;和
使所述压裂流体在所述地下地层中交联以生成交联压裂流体。
14. 权利要求13所述的方法,其中所述金属在所述压裂流体中的浓度在0.001重量%至0.024重量%的范围内。
15. 权利要求13或权利要求14所述的方法,其中相对于所述共聚物,所述压裂流体包含20至50磅所述交联剂。
16. 权利要求15所述的方法,其中所述交联剂包括锆,所述压裂流体包含25磅所述共聚物/千加仑所述压裂流体,所述锆与所述共聚物的重量比在约0.02至0.04的范围内,所述共

聚物包含15重量%的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元,并且当所述交联压裂流体在300°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多180分钟。

17. 权利要求16所述的方法,其中所述交联压裂流体包含降粘剂,并且当所述交联压裂流体在300°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多160分钟并且在360分钟后具有小于10cP的粘度。

18. 权利要求16所述的方法,其中所述交联剂包括锆,所述压裂流体包含20磅所述共聚物/千加仑所述压裂流体,所述锆与所述共聚物的重量比在约0.02至0.04的范围内,并且当所述交联压裂流体在300°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多180分钟。

19. 权利要求16所述的方法,其中所述交联剂包括锆,所述压裂流体包含30磅所述共聚物/千加仑所述压裂流体,所述锆与所述共聚物的重量比在约0.02至0.04的范围内,并且当所述交联压裂流体在400°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多80分钟。

20. 一种压裂流体,所述压裂流体包含以下各项的混合物:

水性共聚物组合物,所述水性共聚物组合物包含共聚物,所述共聚物包含2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺和丙烯酸单体单元或其盐,并且其中所述共聚物包含1mol%至55mol%的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元;和

交联剂,所述交联剂包括金属,

其中所述金属与所述共聚物的重量比在0.01至0.08的范围内,并且所述共聚物以足以生成在300°F在小于7的pH具有至少500cP的粘度的交联流体的量存在。

21. 权利要求20所述的压裂流体,其中所述交联剂包括与水混溶的非水性流体。

高温交联压裂流体

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2015年12月2日提交的发明名称为“高温交联压裂流体”的美国临时申请号62/262,250的优先权,该美国临时申请号以其整体通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本文件涉及用于水力压裂操作的方法和组合物,特别是与高达450°F以上的温度相容的那些。

[0004] 背景

[0005] 基于多糖的流体比如瓜尔胶流体常用于水力压裂操作,主要由于其充裕性、较低的成本和当在高pH(例如,大于9.5)配制时在高达350°F工作的能力。但是,对于大部分基于瓜尔胶的压裂流体来说,一个显著的缺点是在瓜尔胶中的不溶残余物,其易造成渗透率降低。对于在高pH使用基于瓜尔胶的流体来说,另一个缺点是在高pH形成二价离子氧化层(scales)的倾向。一般地,认为热稳定的合成聚合物比如基于丙烯酰胺的聚合物是无残余物的。这些聚合物可以用于制备约300-450°F以上的压裂流体。然而,高剂量的基于丙烯酰胺的聚合物可能由于诸如不完全降解的因素仍造成地层损害。

[0006] 概述

[0007] 在第一个总体方面中,压裂流体包含水性共聚物组合物和交联剂的混合物。所述水性共聚物组合物包含共聚物,所述共聚物具有2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺和丙烯酸单体单元。所述丙烯酸单体单元可以是丙烯酸的盐的形式。所述交联剂包括金属。在一些情况下,所述交联剂呈现为与水混溶的非水性溶剂。所述金属与所述共聚物的重量比在0.01至0.08的范围内。

[0008] 第二个总体方面包括第一个总体方面的压裂流体,其中所述共聚物包含1mol%至55mol%的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元,并且所述交联剂以足以生成在300°F的温度和小于7的pH具有至少500cP的粘度的交联流体的量存在。

[0009] 在第三个总体方面中,处理地下地层包括将第一个总体方面的压裂流体引入到地下地层中,和使所述压裂流体在所述地下地层中交联以生成交联压裂流体。

[0010] 第一、第二和第三个总体方面的实施可以包括以下特征中的一个或多个。

[0011] 在一些实施方案中,所述金属与所述共聚物的重量比在0.02至0.06的范围内。

[0012] 在一些实施方案中,所述共聚物包含1mol%至55mol%、1mol%至40mol%或1mol%至25mol%的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元。在某些实施方案中,所述共聚物是三元共聚物。

[0013] 在一些实施方案中,所述压裂流体包含凝胶稳定剂、粘土稳定剂、降粘剂、支撑剂和pH调节剂中的至少一种。在一个实施方案中,所述压裂流体包含pH调节剂,并且所述压裂流体的pH在2至7或3至6.5的范围内。在一些情况下,所述压裂流体中的携带流体可以具有50mg/L至50,000mg/L的总溶解固体。在某些情况下,钙在所述压裂流体中的浓度在0.001重量%至0.024重量%的范围内。所述压裂流体典型地包含20至50磅所述共聚物/千加仑所述

压裂流体。

[0014] 在一些实施方案中,在交联后,当凝胶在300°F至400°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述压裂流体具有至少500cP的粘度持续至少80分钟。在一些实施方案中,所述交联剂包括与水混溶的非水性流体。在一些实施方案中,所述交联剂包括锆,所述压裂流体包含25磅所述共聚物/千加仑所述压裂流体,所述锆与所述共聚物的重量比在约0.02至约0.04的范围内,所述共聚物包含15重量%的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元,并且当所述交联压裂流体在300°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多180分钟。在某些实施方案中,所述交联压裂流体包含降粘剂,并且当所述交联压裂流体在300°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多160分钟并且在360分钟后具有小于10cP的粘度。

[0015] 在一些实施方案中,所述交联剂包括锆,所述压裂流体包含20磅所述共聚物/千加仑所述压裂流体,所述锆与所述共聚物的重量比在约0.02至约0.04的范围内,并且当所述交联压裂流体在300°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多180分钟。

[0016] 在一些实施方案中,所述交联剂包括锆,所述压裂流体包含30磅所述共聚物/千加仑所述压裂流体,所述锆与所述共聚物的重量比在约0.02至约0.04的范围内,并且当所述交联压裂流体在400°F的温度经受 40s^{-1} 的剪切速率时,所述交联压裂流体保持至少500cP的粘度长达至多80分钟。

[0017] 第一、第二和第三个总体方面的优点包括在共聚物中的低含量的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙烷-磺酸单体单元、在压裂流体中的低共聚物负载量、低的交联剂与共聚物的比率、以及在交联压裂流体的存在下通过降粘剂的快速粘度降低。

附图说明

[0018] 图1示出关于示例性交联压裂流体的粘度相对于时间的曲线。

[0019] 图2示出关于具有和没有降粘剂的示例性交联压裂流体的粘度相对于时间的曲线。

[0020] 图3示出关于示例性交联压裂流体的粘度相对于时间的曲线。

[0021] 详述

[0022] 现在将详细地参照所公开主题的某些实施方案。尽管将结合所列举的权利要求描述所公开主题,但是要理解的是,例示的主体并不打算限制所公开主题的权利要求。

[0023] 定义

[0024] 以范围形式表示的值应以灵活的方式理解为不仅包括作为范围的界限明确记载的数值,而且包括在该范围内涵盖的所有单独数值或子范围,如同明确记载了每个数值和子范围。例如,“约0.1%至约5%”或“约0.1%至5%”应理解为不仅包括约0.1%至约5%,还包括在所指示范围内的单独值(例如,1%、2%、3%和4%)和子范围(例如,0.1%至0.5%、1.1%至2.2%、3.3%至4.4%)。除非另有说明,表述“约X至Y”具有与“约X至约Y”相同的含义。同样,除非另有说明,表述“约X、Y或约Z”具有与“约X、约Y或约Z”相同的含义。

[0025] 在本文件中,除非上下文另外清楚指明,术语“一”、“一个”或“一种”用于包括一个(种)或多于一个(种)。除非另有说明,术语“或”用于指无排他性的“或”。表述“A和B中的至

少一个”具有与“A、B或A和B”相同的含义。另外,应理解,本公开中采用并且没有另外定义的短语或术语仅用于描述的目的而不是用于限制的目的。任何章节标题的使用旨在帮助阅读本文件,而不应理解为限制;与章节标题相关的信息可以出现在该特定章节之内或之外。

[0026] 在本文所述的制造方法中,除了在明确记载了时间或操作顺序时,可以以任何顺序进行动作。此外,可以同时进行指定动作,除非明确的权利要求语言记载了它们是单独进行的。例如,所要求保护的进行X的动作和所要求保护的进行Y的动作可以在单个操作中同时进行,并且所得方法将落入所要求保护的方法的字面范围内。

[0027] 如本文中使用的术语“约”可以允许一定程度的值或范围的可变性,例如在所陈述的值或所陈述的范围界限的10%以内,5%以内,或1%以内。

[0028] 如本文中使用的术语“基本上”是指大部分或主要地,如以至少约50%、60%、70%、80%、90%、95%、96%、97%、98%、99%、99.5%、99.9%、99.99%或至少约99.999%以上。

[0029] 如本文中使用的,术语“聚合物”是指具有至少一个重复单元的分子,并且可以包括共聚物。

[0030] 如本文中使用的术语“共聚物”是指包含至少两个不同重复单元的聚合物。共聚物可以包含任何合适数量的重复单元。

[0031] 如本文中使用的,术语“压裂流体”是指在水力压裂操作期间井下使用的流体或浆料。

[0032] 如本文中使用的,术语“流体”是指气体、液体、凝胶、具有高固体含量的浆料以及临界和超临界材料。

[0033] 如本文中使用的,术语“地下材料”或“地下地层”是指在地球表面下方,包括在海洋底部表面下方的任何材料。例如,地下地层或材料可以是井眼的任何部分和与井眼进行流体接触的地下石油-或水-产生地层或区域的任何部分。将材料放在地下地层中可以包括使所述材料与井眼的任何部分或与其流体接触的任何地下区域接触。地下材料可以包括放到井眼中的任何材料,比如水泥、钻机轴(drill shafts)、衬管(liner)、管道、套管(casing)或筛分器(screens);将材料放在地下地层中可以包括与这样的地下材料接触。在一些实例中,地下地层或材料可以是产生液态或气态石油材料、水的任何地面下区域,或与其流体接触的任何地面下部分。例如,地下地层或材料可以是期望被压裂的区域、裂缝或在裂缝周围的区域和流动路径或在流动路径周围的区域中的至少一种,其中裂缝或流动路径可以任选地直接地或通过一个或多个裂缝或流动路径与地下石油-或水-产生区域流体连接。

[0034] 如本文中使用的,“地下地层的处理”可以包括任何涉及从地下石油-或水-产生地层或区域中提取水或石油材料的活动,例如,包括钻井、增产(stimulation)、水力压裂、清理、酸化、完井(completion)、固井(cementing)、修补处理、控水、废弃、等等。

[0035] 如本文中使用的,井下“流动路径”可以包括两个地下位置通过其流体连接的任何合适的地下流动路径。流动路径可以对于石油或水来说足以从一个地下位置流动到井眼,反之亦然。流动路径可以包括水力裂缝以及穿过筛分器(screen)、穿过砾石充填、穿过支撑剂(包括穿过树脂粘合的支撑剂或沉积在裂缝中的支撑剂)和穿过砂的流体连接中的至少一种。流动路径可以包括流体可以流过的天然地下通路。在一些实施方案中,流动路径可以

是水源并且可以包括水。在一些实施方案中,流动路径可以是石油源并且可以包括石油。在一些实施方案中,流动路径可以足以使水、井下流体或产生的烃中的至少一种从井眼、裂缝或与其相连的流动路径偏离。

[0036] 交联压裂流体系统&组合物

[0037] 在本文件中提供的是压裂流体和交联压裂流体。压裂流体包括:包含共聚物的水性组合物和包含交联剂的交联溶液。交联压裂流体包含共聚物和交联剂的交联产物。

[0038] 在一些情况下,共聚物包含至少三种单体单元:2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸(AMPSA),丙烯酰胺和丙烯酸或其相关盐。共聚物典型地具有低于55mol%的AMPSA。在一些情况下,共聚物具有低于20mol%的AMPSA。在一些情况下,共聚物具有1mol%至55mol%、1mol%至40mol%、1mol%至25mol%、10mol%至30mol%、12mol%至20mol%或13mol%至17mol%的AMPSA。在一些情况下,共聚物具有约1mol%、5mol%、10mol%、20%、25mol%、30mol%、35mol%、40mol%、45mol%、50mol%或55mol%的AMPSA。共聚物也可以具有约15mol%的AMPSA。共聚物可以具有约0.1mol%至约30mol%的丙烯酸。在一些情况下,共聚物是包含AMPSA、丙烯酰胺和丙烯酸或其相关盐的三元共聚物。三元共聚物具有低于55mol%的AMPSA。在一些情况下,三元共聚物具有低于20mol%的AMPSA。在一些情况下,三元共聚物具有5mol%至40mol%、10mol%至30mol%、12mol%至20mol%或13mol%至17mol%的AMPSA。在一些情况下,三元共聚物具有约5mol%、10mol%、20%、25mol%、30mol%、35mol%、40mol%、45mol%、50mol%或55mol%的AMPSA。三元共聚物也可以具有约15mol%的AMPSA。三元共聚物可以具有约0.1mol%至约30mol%的丙烯酸。在一个实施方案中,丙烯酸的数量大于0mol%。

[0039] 本文中提供的共聚物可以与交联剂组合以产生交联流体,该交联流体以低的聚合物负载量起高效支撑剂输送流体的作用。例如,已经发现,共聚物浓度为低于30磅/千加仑(pptg)的压裂流体当与交联剂组合时(甚至处于在450°F以上使用的低的交联剂/共聚物比),可以产生交联流体。在一些情况下,压裂流体具有浓度为低于50pptg、低于35pptg、低于30pptg、低于25pptg或低于20pptg的共聚物。在一些情况下,压裂流体包含浓度为10至40pptg、15至35pptg或20至30pptg的共聚物。在一些情况下,压裂流体包含浓度为约10pptg、15pptg、20pptg、25pptg、30pptg、35pptg、40pptg、45pptg或50pptg的共聚物。例如,对于400°F应用,可以使用包含浓度为约30pptg的共聚物的压裂流体。例如,对于300°F应用,可以使用包含浓度为约20pptg的共聚物的压裂流体。

[0040] AMPSA、丙烯酰胺和丙烯酸或其相关盐的三元共聚物可以通过使指定量的AMPSA、丙烯酸和丙烯酰胺共聚来获得。三元共聚物也可以通过如下制备:首先使AMPSA和丙烯酰胺聚合,和使丙烯酰胺水解以产生所需量的丙烯酸,以使得丙烯酰胺和丙烯酸单体的摩尔量等于最初采用的丙烯酰胺的总摩尔量。可以采用作为油包水型乳液或悬浮液浓缩物或者作为溶解在水性流体中的固体的共聚物。

[0041] 本文中提供的压裂流体可以包括低的交联剂与共聚物的比率。合适的交联剂典型地包括金属。在一些情况下,交联剂包括锆。作为非限制性实例,合适的锆交联剂包括其中锆与配体比如乳酸盐(例如,乳酸锆钠)、三乙醇胺、烷氧化物(例如,异丙氧化物和丙氧化物)、2,2'-亚氨基二乙醇和这些配体的混合物配合的锆配合物。交联剂可以适当地溶解在水性流体、非水性流体或液体(例如,醇比如正丙醇)和水性的、与水混溶的非水性溶剂(例

如,醇和氨基醇)的组合中。TYZOR 212(可由Dorf Ketal作为在正丙醇中的溶液获得)是Zr交联剂的一个实例。当20pptg至30pptg的共聚物存在于压裂流体中并且交联溶液是TYZOR 212时,Zr与共聚物的重量比可以在约0.01至约0.08(比如约0.02至约0.06或约0.02至约0.04)的范围内,并且Zr在压裂流体中的重量百分比可以在约0.001重量%至约0.024重量%的范围内。适用于压裂流体的交联剂也可以包括钛(Ti)交联剂。作为非限制性实例,合适的钛酸盐交联剂包括具有配体比如乳酸盐和三乙醇胺及其混合物的钛酸盐交联剂,任选地利用羟基乙酸延迟。适用于压裂流体的交联剂也可以包括铝(Al)交联剂、铬(Cr)交联剂、铁(Fe)交联剂、铪(Hf)交联剂及其组合。在一些情况下,包含约7重量%至约20重量%的金属交联剂的交联溶液可以以约0.1gpt至约5.0gpt、约0.5gpt至约1.5gpt或约0.9至约1.1gpt的压裂流体的浓度存在。

[0042] 与包含具有更高mol%的AMPSA和/或具有更高的共聚物负载量的其他压裂流体相比,本文中提供的压裂流体具有相似或更好的凝胶热稳定性。在一些情况下,当在300°F的温度经受 40s^{-1} 剪切速率时,具有25pptg共聚物负载量的本文所述的压裂流体保持至少500cP的粘度达20至180分钟。在一些情况下,当流体系统在300°F的温度经受 40s^{-1} 剪切速率时,具有20pptg共聚物负载量的本文所述的压裂流体保持至少500cP的粘度达40至180分钟。在一些情况下,当流体系统在400°F的温度经受 40s^{-1} 剪切速率时,具有30pptg共聚物负载量的本文所述的压裂流体保持至少500cP的粘度达50至80分钟。这些压裂流体可以提供用于支撑剂输送的足够时间。

[0043] 本文中提供的压裂流体可以在300°F至450°F以上的温度使用,并且典型地具有在5至7或5.5至6.5的范围内的pH。此外,不需要高的交联剂浓度,由此进一步降低与压裂流体相关的成本。

[0044] 在一些情况下,本文中提供的压裂流体通过将本文中提供的共聚物与水性载体比如水混合来形成。水性载体可以包括水、淡水、盐水、采出水、返排水、半咸水、阿拉伯-D-盐水(Arab-D-brine)、海水或其组合。在一些情况下,水是油田水。在一些情况下,油田水具有低于50,000mg/L的总溶解固体(TDS)。在一些情况下,油田水具有500至20,000mg/L TDS、700至10,000mg/L TDS、800至2000mg/L TDS或1,000至1,500mg/L TDS。在一些情况下,油田水具有约500mg/L TDS、600mg/L TDS、700mg/L TDS、800mg/L TDS、900mg/L TDS、1,000mg/L TDS、1,200mg/L TDS、1,400mg/L TDS、2,000mg/L TDS、5,000mg/L TDS、10,000mg/L TDS、20,000mg/L TDS或约50,000mg/L TDS。

[0045] 在一些情况下,压裂流体包含凝胶稳定剂、粘土稳定剂或其他合适添加剂中的至少一种。在一些情况下,凝胶稳定剂包括抗氧化剂。在一些情况下,凝胶稳定剂包括酚、多酚、二叔丁基烷基酚、氢醌、芹菜素(apigenin)、白藜芦醇、抗坏血酸、生育酚、亚硫酸氢钠(sodium bisulfite)、亚硫酸氢钠(sodium hydrogen sulfite)、硫代硫酸钠、硫代硫酸铵、硫脲或其组合。在一些情况下,粘土稳定剂包括氯化钠、氯化钾、氯化铵、四甲基氯化铵(TMAC)、其他季铵分子或其组合。在一些情况下,包括溴化物,比如溴化钠或溴化钾。

[0046] 在一些情况下,压裂流体包含pH调节剂。例如,压裂流体可以包含乙酸溶液、乙酸/乙酸盐缓冲溶液或盐酸。在一些情况下,将酸加入压裂流体以得到约2至7、3至6.5和5至5.5,或者约5至7或5.5至6.5的pH。

[0047] 在一些情况下,压裂流体包含共聚物、交联剂、凝胶稳定剂和粘土稳定剂。共聚物

包含丙烯酰胺、丙烯酸和约15mol%的AMPSA。交联剂是包含约12.4重量%的Zr的交联溶液的形式。在一些情况下,共聚物以约30pptg的浓度存在,交联溶液以约0.9gpt的浓度存在,凝胶稳定剂作为凝胶稳定剂溶液以约3.0gpt的浓度存在,并且粘土稳定剂作为粘土稳定剂溶液以约2gpt的浓度存在。在一些情况下,共聚物以约25pptg的浓度存在,交联溶液以约0.9gpt的浓度存在,凝胶稳定剂以约0.5gpt的浓度存在,并且粘土稳定剂以约2gpt的浓度存在。在一些情况下,共聚物以约20pptg的浓度存在,交联溶液以约1.1gpt的浓度存在,凝胶稳定剂以约0.4gpt的浓度存在,并且粘土稳定剂以约2gpt的浓度存在。

[0048] 在一些情况下,压裂流体包含三元共聚物、交联剂、凝胶稳定剂和粘土稳定剂。三元共聚物包含丙烯酰胺、丙烯酸和约15mol%的AMPSA。交联剂是包含约12.4重量%的Zr的交联溶液的形式。在一些情况下,三元共聚物以约30pptg的浓度存在,交联剂以约0.9gpt的浓度存在,凝胶稳定剂以约3.0gpt的浓度存在,并且粘土稳定剂以约2gpt的浓度存在。在一些情况下,三元共聚物以约25pptg的浓度存在,交联溶液以约0.9gpt的浓度存在,凝胶稳定剂以约0.5gpt的浓度存在,并且粘土稳定剂以约2gpt的浓度存在。在一些情况下,三元共聚物以约20pptg的浓度存在,交联剂以约1.1gpt的浓度存在,凝胶稳定剂以约0.4gpt的浓度存在,并且粘土稳定剂以约2gpt的浓度存在。

[0049] 在一个实施方案中,压裂流体包含:包含金属的交联剂和包含共聚物的水性共聚物组合物,所述共聚物包含2-丙烯酰基-胺基-2-甲基丙磺酸、丙烯酰胺和丙烯酸单体单元或其盐。共聚物可以包含1mol%至55mol%的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸单体单元。金属与共聚物的重量比在0.01至0.08的范围内。压裂流体的pH可以在约5至约7或约5.5至约6.5的范围内。在一个实施方案中,交联剂以足以生成在300°F的温度和6.5的pH具有至少500cP的粘度的交联流体的量存在。

[0050] 在一些情况下,压裂流体包含支撑剂。支撑剂的实例包括:砂、砾石、玻璃珠、聚合物珠、来自壳和种子(比如胡桃壳)的研磨产品、和人造材料(比如陶瓷支撑剂、铝土矿、四氟乙烯材料)、果核材料、加工木材、由粘合剂制备的复合颗粒、和微细等级颗粒(比如二氧化硅、氧化铝、热解法二氧化硅、炭黑、石墨、云母、二氧化钛、偏硅酸盐、硅酸钙、高岭土、滑石、氧化锆、硼、飞灰、空心玻璃微球、实心玻璃),及其组合。

[0051] 实验

[0052] 化学品:

[0053] M1-在以下实施例中使用的三元共聚物是含有15mol%的2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸(AMPSA)、5mol%的丙烯酸(AA)和80mol%丙烯酰胺(AM)的油包水型乳液形式(30%活性物)。

[0054] M2-20%乙酸溶液;M2'-乙酸/乙酸盐缓冲溶液。

[0055] M3-Zr交联剂(TYZOR 212,具有16.75重量%的ZrO₂和12.4重量%的Zr)。

[0056] M4-凝胶稳定剂(CELB 225-010-2,可由ChemEOR获得)。

[0057] M5-粘土稳定剂,50%四甲基氯化铵(TMAC)(PACS-150L,可由Precision Additives获得)。

[0058] 实施例1:在第一实施例中,制备包含合成油田水(约1200mg/L的TDS)、30pptg三元共聚物(M1)、1.9gpt的20%乙酸溶液(M2)、4gpt凝胶稳定剂(M4)、2gpt粘土稳定剂(M5,50%TMAC)和0.8gpt的Zr交联剂(M3,具有12.4重量%的Zr)的压裂流体。混合流体的pH为5.4。Zr

与三元共聚物M1的重量比为约0.03。在400°F测量所得到的交联压裂流体在40s⁻¹的剪切速率的粘度。图1中的曲线100示出温度相对于时间的曲线,并且曲线102示出关于交联压裂流体的粘度相对于时间的曲线。压裂流体在40s⁻¹的剪切速率保持超过500cP的粘度达87min。

[0059] 实施例2:在第二实施例中,制备包含合成油田水(约1200mg/L的TDS)、25pptg三元共聚物(M1)、3.5gpt的20%乙酸/乙酸盐缓冲溶液(M2')、0.5gpt凝胶稳定剂(M4)、2gpt粘土稳定剂(M5)和0.5gpt的Zr交联剂M3(具有12.4重量%的Zr)的压裂流体。混合流体的pH为5.4。Zr与三元共聚物M1的重量比为约0.02。在300°F测量所得到的交联压裂流体在40s⁻¹的剪切速率的粘度。图2中的曲线200示出温度相对于时间的曲线。曲线202示出关于不存在降粘剂的情况下的交联压裂流体的粘度相对于时间的曲线。曲线204示出关于以4pptg包封的溴酸钠(例如,约70重量%溴酸钠,平衡涂层)作为降粘剂的交联压裂流体的粘度相对于时间的曲线。具有降粘剂的交联压裂流体在40s⁻¹的剪切速率保持超过500cP的粘度达160min的持续时间。在6小时后,减粘(broken)的流体的粘度低于10cP,表明包封的溴酸钠能够使压裂流体减粘。发现交联压裂流体能够使支撑剂悬浮,并且减粘的流体不含凝胶残余物。

[0060] 实施例3:在第三实施例中,制备包含合成油田水(约1200mg/L的TDS)、20pptg三元共聚物(M1)、3gpt的20%乙酸/乙酸盐缓冲溶液(M2')、1gpt凝胶稳定剂(M4)、2gpt粘土稳定剂(M5)、0.5gpt的Zr交联剂(M3,具有12.4重量%的Zr)的压裂流体。混合流体的pH为5.6。Zr与三元共聚物M1的重量比为约0.028。在300°F测量所得到的交联压裂流体在40s⁻¹的剪切速率的粘度。图3中的曲线300示出温度相对于时间的曲线。曲线302示出关于交联压裂流体的粘度相对于时间的曲线。压裂流体在40s⁻¹的剪切速率保持超过500cP的粘度达超过2.5小时。

[0061] 这些结果表明,可以在300°F至400°F的温度以低共聚物浓度(例如,20至30pptg)采用具有含有丙烯酰胺、丙烯酸和低于15mol%的AMPSA的三元共聚物的交联压裂流体。来自流变性研究的结果证明了具有低的共聚物负载量的压裂流体在此温度范围内的优异交联性能和热稳定性。这些压裂流体具有足够的携带支撑剂的粘度,允许使用氧化剂型减粘剂(breaker)的高效清理,并且有利于有效的清理、减少的地层损害、更好的流体传导性和提高的生产率。

[0062] 其他实施方案

[0063] 应理解,尽管已经结合其详述描述了实施方案,但是之前的描述旨在举例说明而不是限制本发明的范围,本发明的范围由所附权利要求的范围限定。其他方面、优点和改进在所附权利要求的范围内。

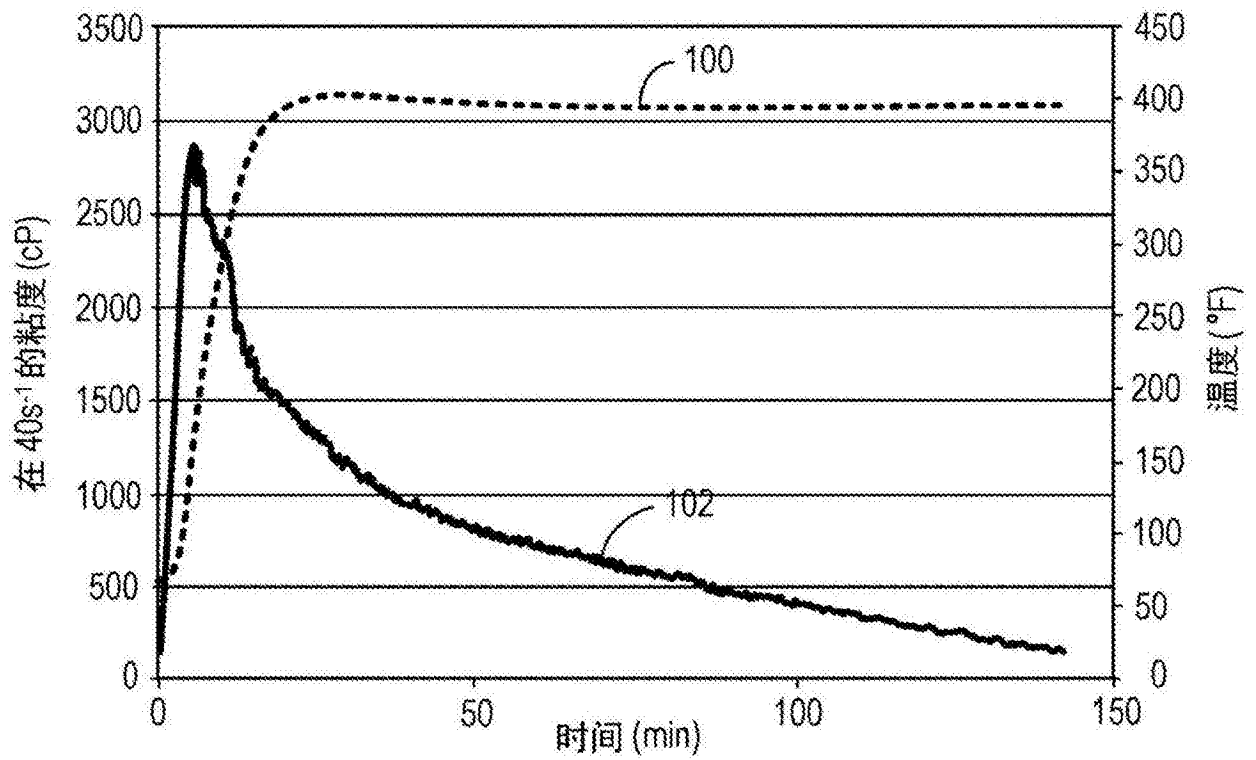


图1

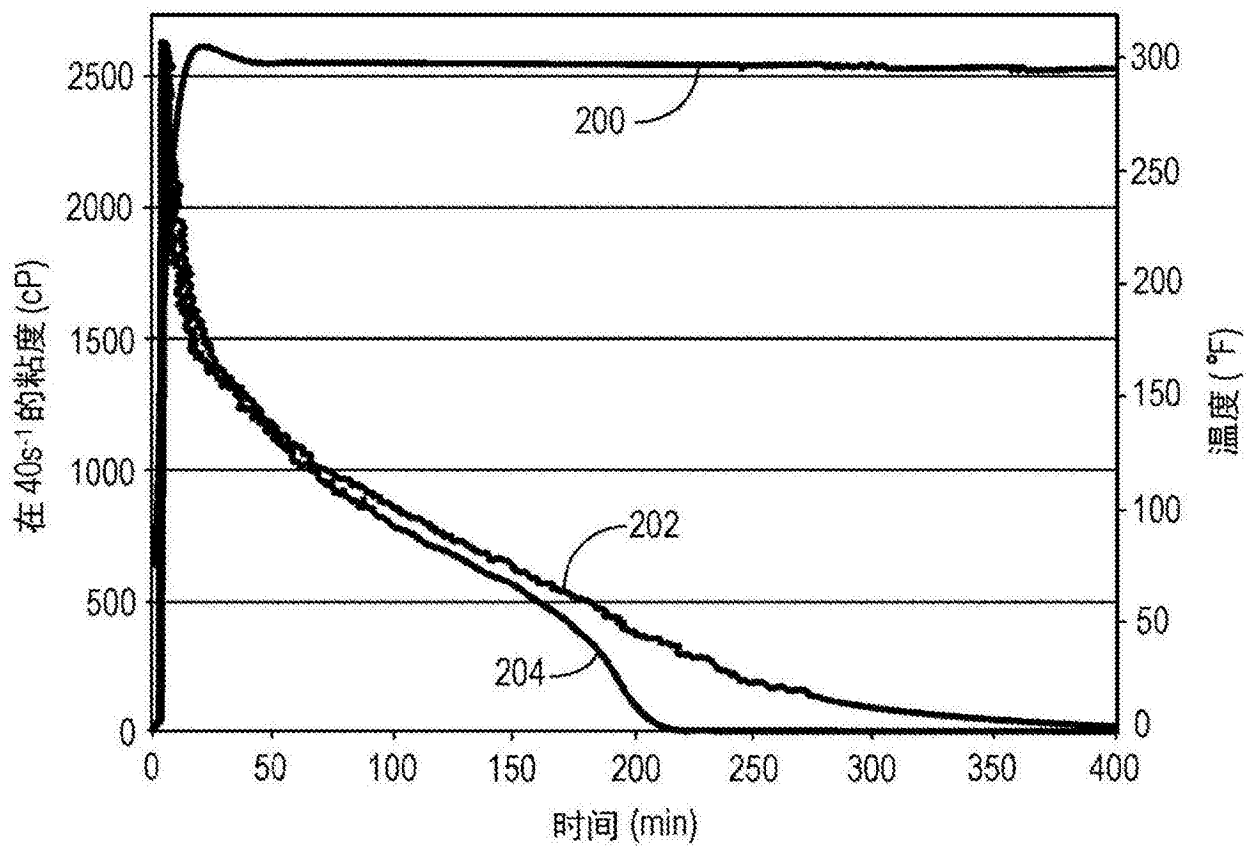


图2

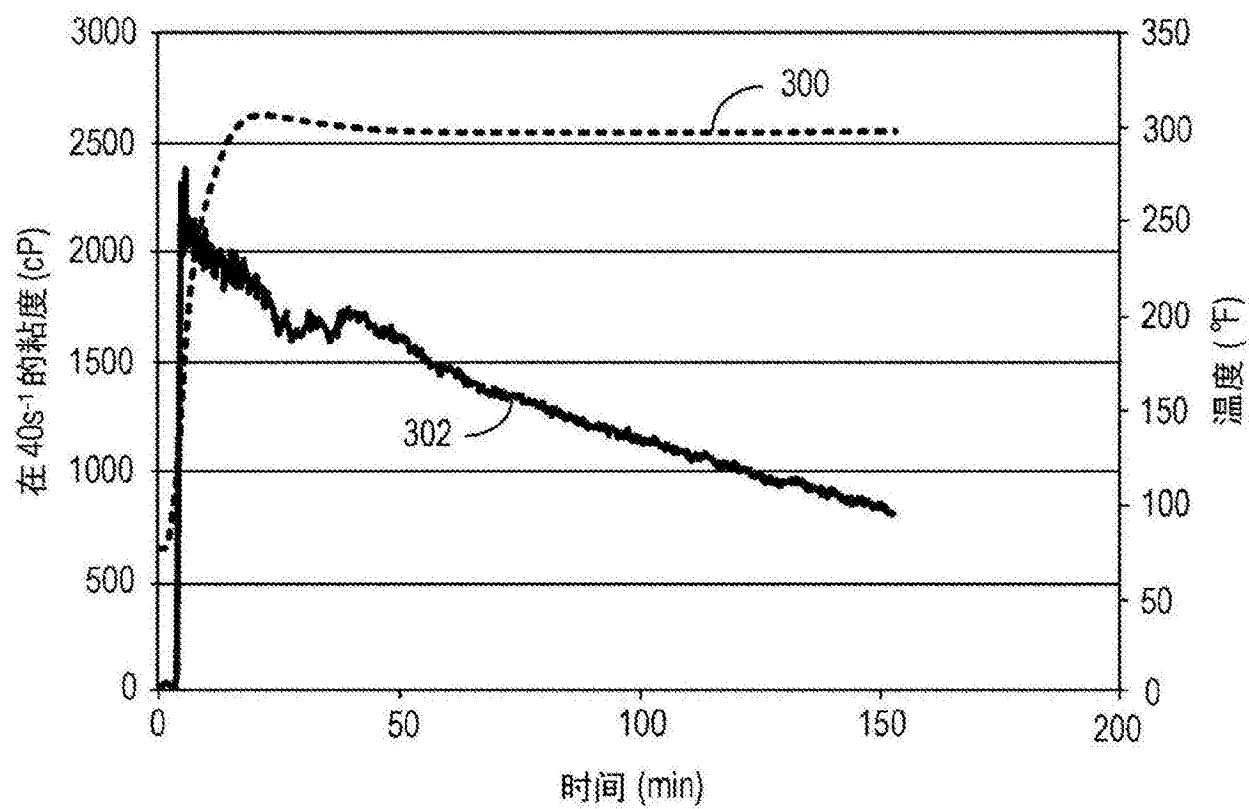


图3