



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102301090 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 03

(21) 申请号 200980155774. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 12. 01

E21B 43/263(2006. 01)

E21B 43/116(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/118, 999 2008. 12. 01 US

12/627, 964 2009. 11. 30 US

(56) 对比文件

US 2005/0115448 A1, 2005. 06. 02,

US 2005/0115448 A1, 2005. 06. 02,

US 6962203 B2, 2005. 11. 08,

US 2006/0266551 A1, 2006. 11. 30,

US 3983941 A, 1976. 10. 05,

US 4078612 A, 1978. 03. 14,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 07. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/066283 2009. 12. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/065558 EN 2010. 06. 10

审查员 朱晓娟

(73) 专利权人 地球动力学公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 M·R·G·贝尔 D·S·维森

N·G·克拉克 J·T·哈德斯蒂

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有

限公司 44205

代理人 张海文

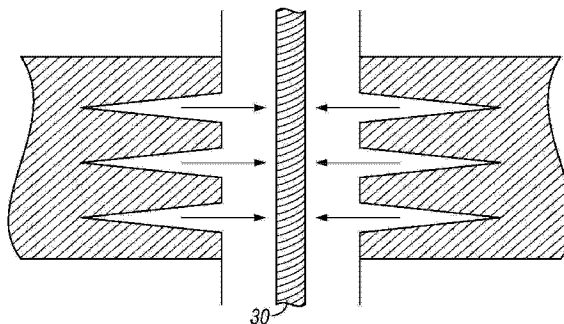
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

在易断裂地层进行射孔的方法

(57) 摘要

本发明公开了通过使用活性聚能射孔弹在易断裂地层进行射孔,本发明能将地层砂保持在原地并增加产量。不需要涌流或后射孔增产措施,出人意料地产生了高效的流量分配。并且,利用活性聚能射孔弹的二次反应作用可减少腐蚀的风险并最小化出砂。在一个优选实施方案中,药型罩被用来产生高比例本质上干净和扩大的射孔坑道,该坑道有利于流动或填充砾石,所述药型罩能在坑道内部和周围发生药型罩组分之间强放热的金属间反应。



CN 102301090 B

1. 一种减少在易断裂地层射孔中出砂的方法,包括:
 - a) 在射孔弹载体内装入多个活性聚能射孔弹,其中每个聚能射孔弹包括由至少两种金属构成的药型罩;
 - b) 将所述射孔弹载体置于邻近易断裂地层处;
 - c) 激发所述射孔弹载体以产生第一和第二爆炸事件,其中所述第一爆炸事件在所述邻近易断裂地层内产生多个射孔坑道;以及其中所述第二爆炸事件由所述活性聚能射孔弹的至少两种金属之间的金属间反应引起,所述第二爆炸事件增加所述射孔坑道的体积,从而减少了每个射孔坑道内的通量率,从而最大限度的减少在易断裂地层中出砂。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中步骤c)是在未施加压差下进行的。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中后续不进行涌流。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中多个清理的所述射孔坑道能够采用砾石均匀填充井。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述方法进一步包括后续不安装防砂过滤器。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述方法进一步包括砂过滤器的安装。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一和第二爆炸事件在毫秒内发生。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中通量率通过增加任意多个所述射孔坑道的直径而减少。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中所述通量率通过增加任意多个所述射孔坑道的长度而减少。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第二爆炸事件增加所述多个射孔坑道的数量。

在易断裂地层进行射孔的方法

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求 2008 年 12 月 1 日提交的美国临时申请 61/118,999 和 2009 年 11 月 30 日提交的美国申请 12/627,964 的优先权。

技术领域

[0003] 本发明主要涉及对油井套管及其邻近地下含油气地层进行爆炸性射孔的方法,特别是一种改进的在易断裂地层中对油井套管爆炸性射孔的方法。

背景技术

[0004] 油井通常采用横跨目标地层的水泥套管来完井,以保证钻孔的完整性并可从地层内特定区间选择性注入和 / 或从地层内特定区间选择性产出流体。需要对该横跨目标区间的套管进行射孔以使流体可流入或流出。用来对套管进行射孔的方法有几种,包括机械切割、水力喷射、弹枪以及聚能射孔弹。大多数情况下优选的解决方法是聚能射孔弹射孔,因为可在较低成本下同时产生大量的孔。

[0005] 在砂为多孔、可渗透并良好胶结在一起的地层中,生产(即,从地下地层中采集油气)是理想的;也就是说,较容易从地层中提取大量的油气并进入生产井中。但是,在弱固结岩层中,岩石物质较弱地胶结,在生产过程中,砂往往会流入井中,这个问题被称为出砂。如果砂到达表面,会损坏油田硬件和设备,潜在地导致重大故障。此外,当固体物质到达表面,必须将其从流体中分离出来并用环境允许的方法处理。另外,出砂可导致井中性能差并损失产量。

[0006] 为控制砂并防止其进入井中以从储层中获得高产率,当从储层中抽出流体时,通常需要一些方法将地层物质从流体中过滤出来。由于生产过称中在应用于其上的压降下弱固结地层常会断裂,必须采取步骤控制固体的涌入,否则所述固体将堵塞或腐蚀并导致地下和表面基础设施的故障。一旦确定储层可能是易于出砂的,可采用传统方法提供对砂的屏障,使其不与油气一起进入井中。方法通常根据储层的物理特性来选择。例如,砂控制措施,如被称为“防砂筛管(sand screen)”的机械过滤器和围绕这些过滤器的砾石填充,常被用来应对出砂问题,否则出砂将导致不希望发生的事件,例如井眼坍塌和设备失效。已发展多种防砂技术用于限制固体的入流或构建机械过滤器以将松散固体保持在砂面,或以受控方式同时产出固体和油气。

[0007] 防止出砂最常用的方法是在完井期间安装一个或多个防砂筛管。防砂筛管过滤或“筛除”进入井中的油气流,使流体在防止砂进入的情况下容易通过。图 1 描述了用于现有技术容易出砂完井的射孔的方法,其中防砂筛管 30 用作机械过滤器。通过调整筛管的大小,阻止大于既定尺寸的颗粒流,筛管 30 可用作过滤器。习惯上,在完井前对地层砂进行筛分分析并确定地层砂的粒径。选择过滤筛管缝隙尺寸,使砂粒有效地桥跨(bridge across)筛管缝隙但不过分地将其堵塞。确定筛管缝隙宽度的常规标准为中值粒径的 6 倍($6 D_{50}$)。

[0008] 单机机械过滤器的安装有时是合适的,产生的固体围绕过滤器将随时间而积累并

形成天然的砂包过滤器。但是,由于流体高速流入有限数量的入流点,这种安装容易受机械过滤器的腐蚀。例如,如果高比例的射孔坑道被碎片 22 堵塞,流体从地层的流入被迫通过少数开放坑道进入,使邻近地层开放坑道的过滤器 32 遭受高侵蚀,因为流体流以高速直接撞击过滤器材料。由于穿过少量可用打开的坑道的通量率高,地层液体流入有限个射孔的另一个结果是增加了出砂风险。通过最大化入流的射孔数量,或通过使砾石循环进入防砂筛管周围作为初级过滤器,腐蚀的倾向性可减少。

[0009] 图 2 描述了对易断裂地层完井以抑制出砂的现有技术方法。通过将筛管 30 置于跨过预计生产区的井内,然后用合适尺寸、高渗透性的砂 42 填充筛管 30 和地层 12 之间的环形区域,可完成砾石填充。砾石填充砂 42 大小合适,不会流入生产设备中,但将阻止地层砂进入井中。理想地,在所有坑道中都需要均匀的砾石填充,以产生有效的过滤器。但是,在现实中,无效的砾石放置时常发生,在环形区域内产生空穴 40。这种现象被由于射孔坑道堵塞而从井进入地层的不均匀液体渗漏加剧。由于腐蚀 32,所得的空穴 40 可能导致过滤器的损害,也被称为热点(hot spotting),引起生产期间砂过滤器的过早失效。大孔射孔弹(big-hole charges)通常用在防砂完井中以在套管内产生尽可能多的打开的流动区域(跨过孔的截面),所述射孔弹经设计用以产生直径约 0.8-1.0 英寸的大直径入口孔,从而避免热点和腐蚀等问题。当使用这些大孔射孔弹时,射孔坑道的长度和几何形状通常不太重要。尽管砾石填充发展成复杂的科学,由于射孔坑道清理不充分,射孔中无效砾石的放置仍然是一个重大的问题。

[0010] 最小化出砂而不安装机械过滤器的现有技术方法需要最小化施加在每个射孔上的压降,以限制岩石断裂,以及最小化通过每个有贡献的射孔坑道的通量率,以限制松散颗粒的运输。这可通过限制生产期间应用的压降以及通过最大化对入流开口的射孔数量来实现。但是,后者常需要二次清理作业,例如引起涌流(在灾难性出砂的风险下)或泵入清理剂(例如酸)来从堵塞的射孔坑道中除去可溶性碎片。涌流的产生需要使用额外的设备并且引起在井内产生不需要的量的物质的风险。

[0011] 因此,需要一种清理坑道以及基本无来自易断裂地层的出砂的改进的、经济的方法。这样的方法应可控制或最小化不想要的出砂。这种方法应充分清理坑道而不需要使用额外的可导致砂流入井中的设备。这种方法应消除生产和/或防砂完井安装前对二次清理作业的需要。最后,需要一种方法,最小化或消除任何防砂或生产设备失效的风险。

发明内容

[0012] 本发明提供了一种在易断裂地层进行射孔的改进方法,通过使用活性聚能射孔弹,减少出砂的倾向性,同时增加与砂同时产出的应用中的生产率。在一个实施方案中,本发明使用活性聚能射孔弹来增强防砂完井的安装和寿命。在另一个实施方案中,本发明提供了不需要后续安装防砂过滤器(sand control filter)的射孔。

[0013] 传统知识认为,能量在易出砂地层中的额外释放是不可取的,因为这可增加地层断裂的危险。但是,已发现受控驱除射孔坑道的碎片比常规清理技术例如使用涌流或化学处理更可靠并且风险更小。

[0014] 使用本发明的方法,已不再需要通常的后续作业,例如涌流或后射孔增产措施。当使用低于正常的压降时,所述压降的数值不会引起地层断裂或导致出砂发生,可从井中抽

出经济有效的流率的油气。在每个孔穴或射孔坑道内的第二、局部反应将少量物质从井中驱除,实际上产生了多种好处。这使井的砾石填充更有效,其中井中已安装机械过滤器(即,“防砂筛管”),并且保证入流在大量进入点本质上均匀的分布,使得砂过滤器由于腐蚀而失效的风险减少,以及不足的携带液外流进入射孔区间处空穴形成的风险减少。第二,在某些地层中,用活性射孔弹射孔得到的流动区域增加,足以将每个打开射孔的入流减少至避免过度出砂的点处,本发明可在不需要后续安装防砂过滤器下射孔。第三,通过使用本发明,由于增加的打开射孔导致每个射孔撞击防砂筛管的入流减少,以及在可应用的地方每个射孔坑道理想的填充,机械防砂完井(防砂筛管)的寿命增加。第四,由于产生的空穴或物质的扰动区域比例较高,在扩展填充或压裂-填充完井过程中,外流分布在射孔区间上得到改善。这导致完井区间上入流潜力和入流分布得到改善。第五,由于反应事件在每个坑道中触发了扩大的、基本无碎片的坑道以及与砂同时产出的发生,本发明可改善砂与油气——通常为重烃及超重烃——同时产出的井中的生产。

附图说明

[0015] 结合附图并参考以下详细的描述可更完整地理解本发明的方法和设备,其中:

[0016] 图 1 是用于易断裂或易出砂地层射孔的现有技术方法的截面图,其中防砂筛管用作机械过滤器;

[0017] 图 2 是现有技术方法的截面图,其中砾石填充用于防砂完井;

[0018] 图 3 是本发明的流程图;

[0019] 图 4 是本发明方法的截面图,将活性聚能射孔弹应用到防砂完井中,包括防砂筛管;

[0020] 图 5 是本发明方法的截面图,将活性聚能射孔弹应用到防砂完井中,包括砾石填充方法。

具体实施方式

[0021] 目前的知识认为,由于易断裂地层的弱固结性质,射孔坑道内任何额外的能量或反应引爆将引起地层的即时生产和固体物质进入井中。因此,活性聚能射孔弹释放的额外能量至今被认为有害而不是有利,因为其可导致地层即时断裂进入井中。但是,已发现活性聚能射孔弹在易断裂地层的使用减少了每个射孔的通量率并消除了涌流步骤,从而减少地层断裂的风险,而不是导致地层断裂。

[0022] 如本文所用,词语“易断裂地层”、“弱固结地层”、“易出砂(sanding-prone)地层”以及“易出砂(sand production prone)的地层”交互使用并且指未固结的地下地层和/或松散固结地层,在松散固结地层中,颗粒物质包括地层松散地结合,并往往与生产的流体一起进入井中。结果,当采用压降时,由于流体或气体流动,地层内的固体容易解聚或流动通过。这种拽力导致砂变成分离的并流入射孔中。

[0023] 通过在弱固结地层采用活性聚能射孔弹进行射孔,可总体上减少与防砂设备失效有关的出砂风险。本领域技术人员将辨认井是否包括往往会出砂的易断裂地层。例如,在一个实施方案中,通过观察附近的邻井,可确定出砂的潜在性。在另一个实施方案中,通过获取地层的某些知识包括但不限于岩石地层的强度以及岩石中的任意原位地应力,可确定井

是否具有这种潜在性。图 3 包含本发明一般方法的流程图,一旦确定地层具有稳定性问题,可采用该方法。在易断裂地层进行射孔的方法包括:在射孔枪的射孔弹载体内装入多个活性聚能射孔弹,并将射孔弹载体置于井下邻近易断裂地层处。然后激发射孔弹载体,产生第一和第二爆炸事件,其中第一爆炸事件在邻近易断裂地层内产生多个射孔坑道,以及其中,第二爆炸事件增加了所述射孔坑道的体积,从而减少每个射孔坑道内的通量率。

[0024] 第二爆炸事件的作用是扰乱并去除易断裂地层中射孔事件产生的碎片,留下基本未堵塞的孔穴。重要的是,二次反应有效地扩大了所述射孔坑道的直径并减少每个射孔坑道内的流速,从而减少施加在固体颗粒上的拖拽力并将颗粒保持在原位。由反应事件释放入地层中的横向能量的增加,实质上扰乱了射孔坑道周围岩石体积的增加,其中部分岩石被驱除,导致与储层的连接得到改善,而不需要后续的涌流作业。

[0025] 爆炸事件是,例如,由用于爆破的一种或多种粉末、任意化合物、混合物和/或其它引爆剂导致的事件。爆炸事件可用任何包含任意氧化或燃烧单元,或其它成分的装置引起,所述单元或成分以一定的比例、量或填充被点燃,可导致爆炸,或导致足以在邻近地层中产生打开孔穴的热或能量的释放。引爆可通过以下方式导致,不限于:通过火、热、电火花、摩擦、打击、震动,或通过复合物、混合物的反应或引爆,或装置或其任意部分。

[0026] 活性聚能射孔弹引爆后,第二爆炸事件最好大部分包含在每个射孔孔穴内,使其在每个单独的孔穴内局部反应,或独立于其它孔穴(即,坑道),以有效地从坑道内驱除碎片。由于坑道直径扩大以及产生的坑道数量增加,在地层内存在总体较大的流动区域。因此,后续产生固体的减少是由于流率除以流动区域计算得到的通量率较低(或流出地层的流体速率较低)。通量率越低,作用在沙粒上的拖拽力越小。因此,较少的固体物质将会移动,结果出砂较少。

[0027] 在一个实施方案中,易出砂地层中的射孔孔穴通过引起一个或多个强放热反应作用,在单独的坑道内和周围产生近瞬时超压来清理。优选地,通过具有药型罩的活性聚能射孔弹产生反应作用,所述药型罩部分或全部由将在射孔坑道内部反应的物质制造,所述物质或单独、相互,或与底层的组分反应。在一个实施方案中,聚能射孔弹包括含金属的药型罩,有烈性炸药推进,将金属以其熔融状态透射入聚能射孔弹射流产生的射孔中。然后,熔融金属被迫与同样进入射孔的水反应,在射孔内产生局部反应。在优选实施方案中,活性聚能射孔弹自身包含可控量的活性元素。在一个实施方案中,例如,聚能射孔弹包括具有控制量的双金属组合物的药型罩,所述组合物发生放热的金属间反应。在另一个优选实施方案中,药型罩由一种或多种在引爆后产生放热反应的金属构成。

[0028] 适用于本发明的活性聚能射孔弹,在 Liu 的美国专利 7,393,423 和 Bates 等人的美国专利申请公布 2007/0056462 中公开,其技术公开均通过引用结合到本文中作为参考。Liu 公开了具有含铝药型罩的聚能射孔弹,由烈性炸药如 RDX 或其与铝粉的混合物推进。Liu 公开的另一个聚能射孔弹包括含能物质如铝粉和金属氧化物的混合物的药型罩。因此,烈性炸药的引爆或燃料-氧化剂混合物的燃烧产生第一爆炸,将铝以其熔融状态推入射孔中,引起二次铝-水反应,导致第二反应。Bates 等人公开了由活性药型罩制造的活性聚能射孔弹,所述药型罩由至少一种金属和非金属,或至少两种形成金属间反应的金属制成。通常,非金属为金属氧化物或任何来自族 III 或族 IV 的非金属,而金属则选自 Al、Ce、Li、Mg、Mo、Ni、Nb、Pb、Pd、Ta、Ti、Zn 或 Zr。引爆后,金属药型罩的组分发生反应,通常以热的形式

产生大量的能量。

[0029] 图 4 描绘了将活性聚能射孔弹应用到防砂完井包括防砂筛管后本发明方法一个实施方案的截面图。通常在确定具有这种地层稳定性问题的区域或地层内射孔的现有技术方法中,通常不形成清理的坑道,但形成重组物质的区域,与周围的岩石相比,具有较大孔隙率和渗透率以及减少的凝聚。但是,使用本发明,在射孔系统引爆后,每个射孔坑道内的第二、局部反应产生基本更明确并且基本无碎片的地带,该地带仍然有利于流动。虽然某些碎片可能留在坑道内,由能量的第二释放导致的清理改善了底层和井之间的连接以及生产,增加了清理坑道的数量和直径,足以减少每个坑道的通量率,并从而最小化出砂。干净的和生产的坑道进一步使流动在许多孔上分布,增加了使用单机防砂筛管作为防砂完井措施时通常遇到的腐蚀和出砂风险。相反,使用现有技术方法,坑道并不通常如图 1 所示定义,并可能需要后射孔涌流或其它清理方法以获得可接受数量的基本未堵塞区域或与底层的连接。

[0030] 图 5 是本发明方法一个实施方案的截面图,将活性聚能射孔弹应用到防砂完井中,包括砾石填充方法。通过使用活性聚能射孔弹,令人惊讶地得到更理想的情况,其中均匀填充发生在所有坑道中,在防砂筛管周围产生更有效的过滤器。改善了射孔效率和坑道清理扭转了上述使用常规射孔时的不利影响,确保射孔区间上更大、更均匀分布的入流和 / 或外流。

[0031] 坑道周围较大量岩石的分裂出人意料地有利于与砂同时产出的技术。实验室研究比较了使用常规射孔器和使用活性射孔器进行的射孔,研究显示,活性聚能射孔弹一致地提供明显较大直径的坑道。在工业应用中,在一个在易出砂地层使用活性聚能射孔弹的实施例中,发现从井中生产的总液体(即,油和水)是典型邻井的 2 倍,而在井清理和生产期间在固定时间间隔下测量的总固体产量为在使用常规聚能射孔弹的邻井中测量的十分之一。

[0032] 尽管上述的图将所有炸药描述为具有一致的尺寸,本领域技术人员可理解,根据特定的应用,在射孔枪中可能需要具有不同尺寸的炸药。本领域技术人员也理解不违背本发明范围的情况下将来可作出的几种变化。例如,在本发明范围内,炸药的位置可变化。同样,在本发明范围内可用于发射炸药的特定技术在行业中是常规的技术并为本领域技术人员所理解。

[0033] 现在,对本领域技术人员来说显而易见的是,本文描述了一种改进的射孔枪,该枪可减少射孔枪发射后含油气地层中的射孔里面残留碎片的量,而不需要通常用来从射孔坑道清除碎片的涌流。尽管本发明已通过优选实施方案的方式描述,显而易见的是,在不违背本发明精神和范围的情况下,可作出其它调整和修改。本文采用的词语和表达被用作描述性的词语,并非限制;因此,并不意图排出等同的表达,但相反,在不违背本发明的精神和范围的情况下,其涵盖覆盖任意和所有可能采用的等同用语。

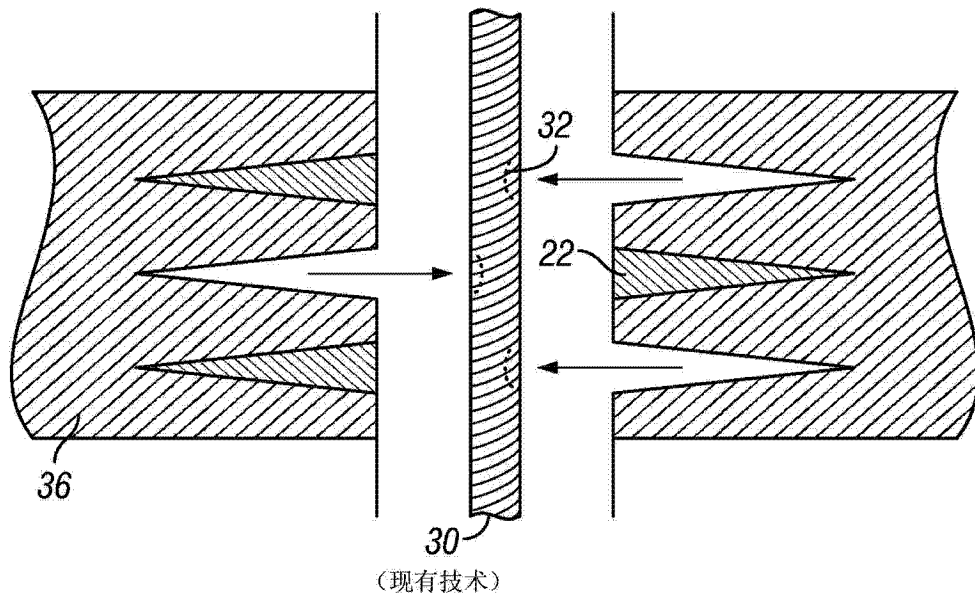


图 1

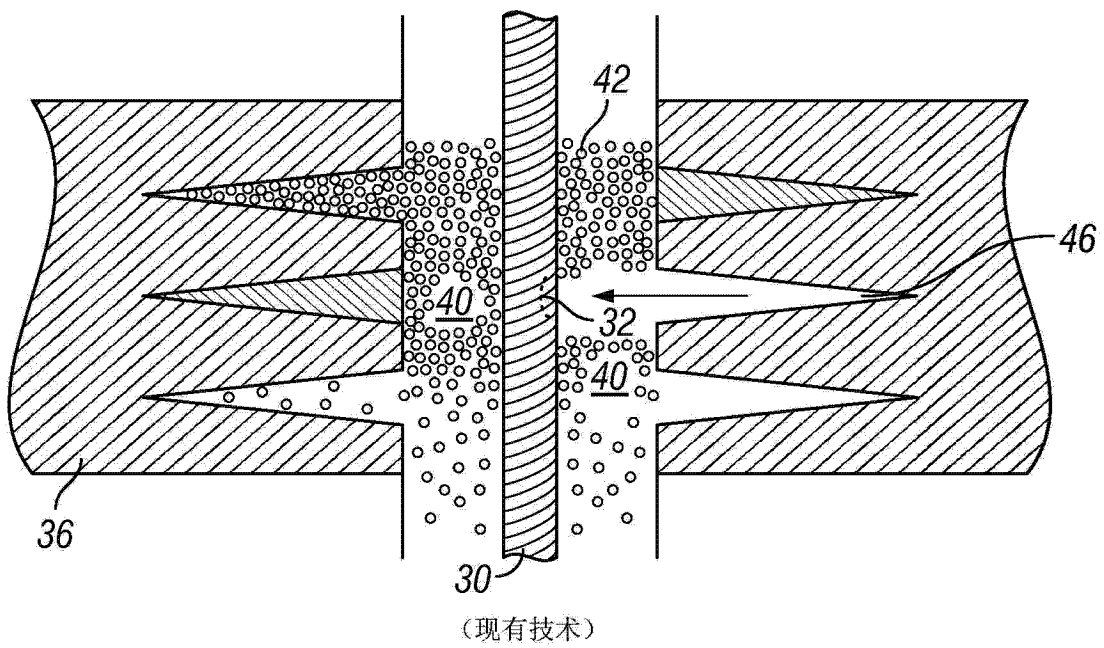


图 2

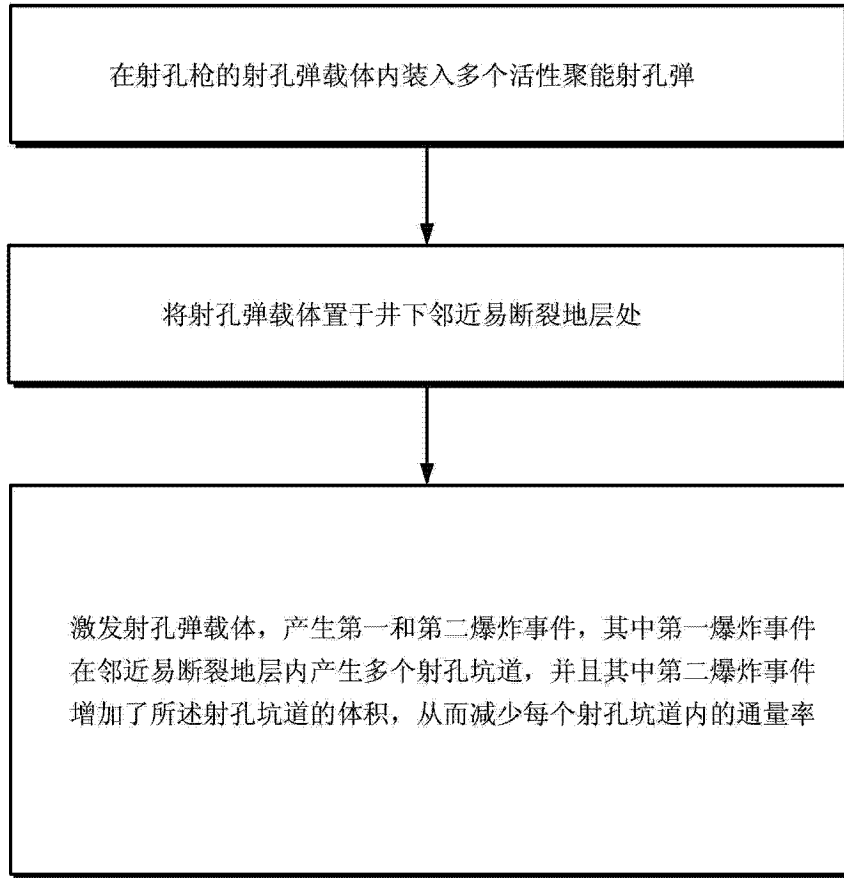


图 3

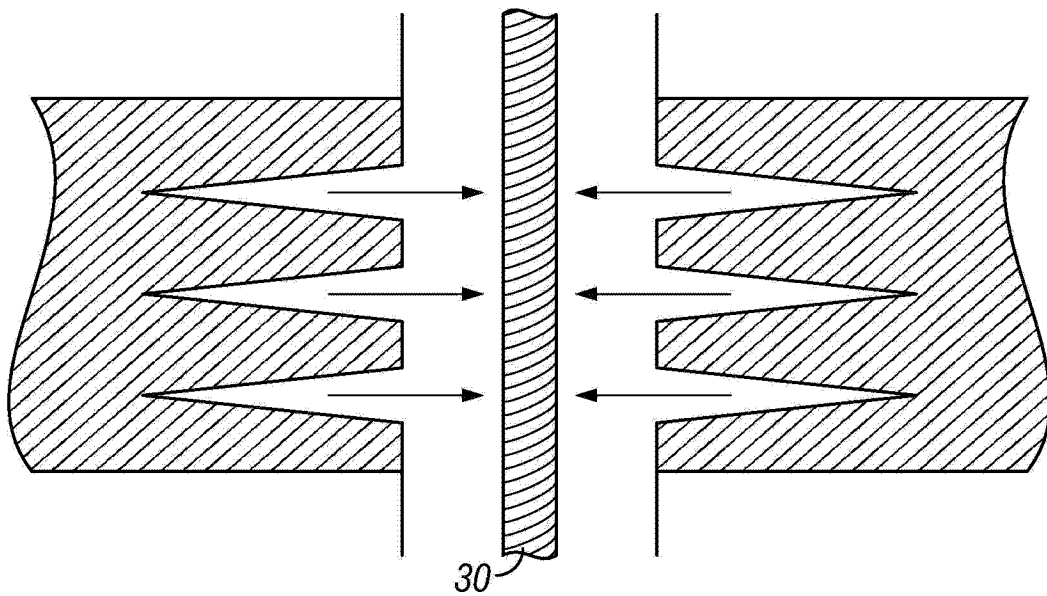


图 4

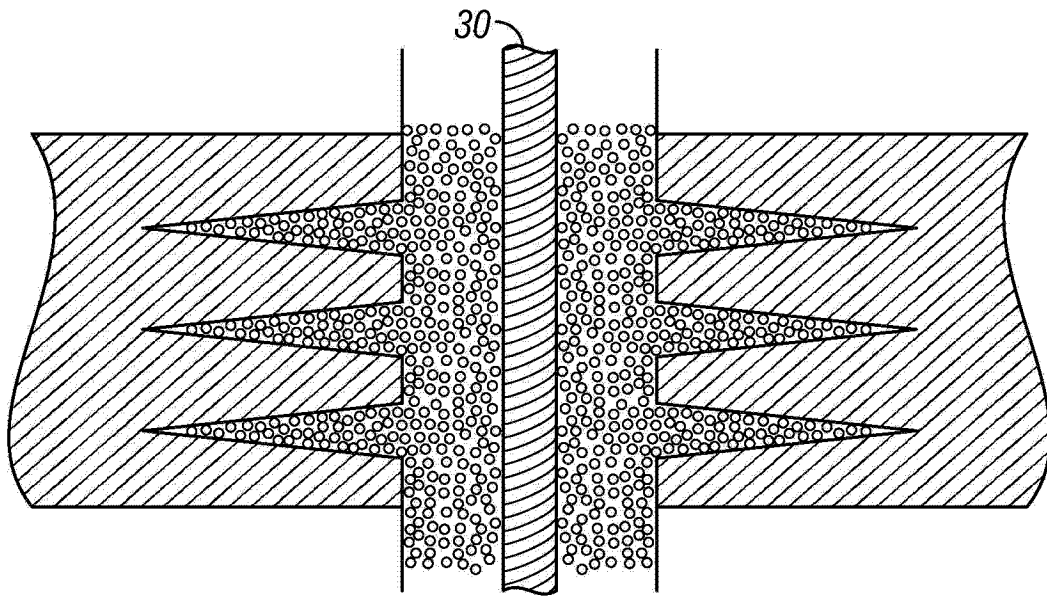


图 5