

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>

C04B 28/02

E21B 33/13

C04B 28/08

//( C04B28/027 : 02 ,

22 : 14 , 38 : 08 )



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00810880.3

[45] 授权公告日 2005 年 10 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 12223544C

[22] 申请日 2000.7.6 [21] 申请号 00810880.3

[30] 优先权

[32] 1999.7.29 [33] FR [31] 99/09847

[86] 国际申请 PCT/EP2000/006459 2000.7.6

[87] 国际公布 WO2001/009056 英 2001.2.8

[85] 进入国家阶段日期 2002.1.25

[71] 专利权人 索菲泰克公司

地址 比利时布鲁塞尔

[72] 发明人 布鲁诺·德罗乔恩 安德烈·加尼尔

审查员 卢立明

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 巫肖南 黄益芬

权利要求书 1 页 说明书 10 页

[54] 发明名称 用于油井等的低密度和低孔隙度的灌注泥浆

[57] 摘要

本发明涉及灌注油井等的水泥浆，该水泥浆具有 0.9 ~ 1.3g/cm<sup>3</sup> 的密度，并且由固体部分和液体部分组成，具有 38 ~ 50% 的孔隙度（液体部分与固体部分的体积比）。尽管具有非常低的密度，但这种水泥因其非常低的孔隙度而具有显著的机械性能。

1. 用于灌注油井的水泥浆，该水泥浆具有  $0.9\sim1.3\text{g}/\text{cm}^3$  的密度；由固体部分和液体部分组成，孔隙度为 38~50%；其中所述固体部分包括：
- 5 - 60~90% 体积的平均尺寸为  $20\sim350\mu\text{m}$  的轻质颗粒；  
- 10~30% 体积的平均颗粒直径为  $0.5\sim5\mu\text{m}$  的微细水泥；  
- 0~20% 体积的平均颗粒直径为  $20\sim50\mu\text{m}$  的波特兰水泥；和  
- 0~30% 体积的石膏。
2. 权利要求 1 的水泥浆，其中该水泥浆的孔隙度小于 45%。
- 10 3. 权利要求 1 的水泥浆，其中所述轻质颗粒的密度小于  $2\text{ g}/\text{cm}^3$ 。
4. 权利要求 3 的水泥浆，其中所述轻质颗粒的密度小于  $0.8\text{ g}/\text{cm}^3$ 。
5. 权利要求 1 的水泥浆，其中所述轻质颗粒选自中空微球体，合成材料，陶瓷微球体，及塑料材料的颗粒。
6. 权利要求 5 的水泥浆，其中所述中空微球体是硅铝酸盐中空微球体。
- 15 7. 权利要求 5 的水泥浆，其中所述合成材料是中空玻璃珠。
8. 权利要求 7 的水泥浆，其中所述中空玻璃珠为硼硅酸钠钙玻璃珠。
9. 权利要求 5 的水泥浆，其中所述陶瓷微球体是硅石-矾土型陶瓷微球体。
10. 权利要求 5 的水泥浆。其中所述塑料材料的颗粒是聚丙烯珠。
- 20 11. 权利要求 1 的水泥浆，进一步包含一种或多种下述类型的添加剂：分散剂、防冻剂、保水剂、水泥凝固加速剂或减速剂以及泡沫稳定剂。
12. 权利要求 1 的水泥浆，其该水泥浆的固体部分是由直径  $100\sim350\mu\text{m}$  的轻质颗粒和微细水泥颗粒构成的，该轻质颗粒与该微细水泥的比例为 70:30~85:15。
- 25 13. 权利要求 1 的水泥浆，其该水泥浆的固体部分是由 50~60% 体积的平均直径为  $100\sim400\mu\text{m}$  的第一轻质颗粒，30~35% 体积的平均直径为  $20\sim40\mu\text{m}$  的第二轻质颗粒，及 10~20% 的微细水泥构成的。
14. 前述权利要求中任一项的水泥浆在灌注油、气井中的应用。

## 用于油井等的低密度和低孔隙度的灌注泥浆

5 本发明涉及油井、气井、水井、地热井等的钻井技术。更精确地，本发明涉及低密度和低孔隙度的灌注泥浆。

油井等钻完之后，将套管或挠性油管下到钻孔中，并在其整个或部分高度灌注水泥。灌注水泥的具体作用是消除钻孔通过的各构造层之间的流体交换，防止气体通过套管周围的环形间隙上升，它甚至还具有限制水进入生产井的作用。当然，灌注水泥的另一主要目的是加固钻孔和保护套管。  
10

由于是制备后即注入井中以便放置在需要加注水泥的区段，所以灌注泥浆必须具有较低的粘度，而且它必须具有实际上恒定的流变学特性。然而，一旦处于适当的位置，理想的水泥应迅速产生高的抗压强度，以便使在建井的其他工作迅速重新开始，特别是使钻井继续进行。

15 水泥的密度必须调整，以便井底的压力至少补偿井通过的地质层组中的钻孔压力，以避免坍塌的危险。除了密度下限外，还存在密度上限。该上限即水泥柱所产生的静压力加上因泵送的流体循环所产生的压头损失，必须保持低于灌注段中岩层的破裂压力。某些地质层组是非常容易碎裂的，并且要求其密度接近于水的密度甚至更低。

20 坍塌的危险随着柱高而减小，因此补偿钻孔压力所需的密度就更低。另外，灌注大高度柱是有利的，因为这能使灌注区段的数目降低。待区段灌注完毕，钻井必须以更小的直径重新开始，所以具有大量的区段需要在大直径区段的表面附近钻孔，从而导致额外的成本，因为大量的岩石需要钻孔，还因为套管区段需要更多的直径更大的钢材。

25 所有这些因素均支持使用密度非常低的水泥浆。

使用最广泛的水泥浆具有约  $1900\text{kg/m}^3$  的密度，该密度约为某些矿层所需密度的 2 倍。为了降低密度，最简单的技术是增加水的数量，同时向泥浆中加入稳定剂(称作“增量剂”)，以避免颗粒沉淀和/或在泥浆表面形成游离水。显然，该技术不能使密度下降至接近  $1000\text{kg/m}^3$ 。而且，由这种  
30 泥浆形成的硬化水泥具有大大降低了的抗压强度、高度的渗透性和差的粘附能力。由于这些原因，该技术不能用来将密度降低至约  $1300\text{kg/m}^3$  以下，

同时又保持地质层之间的良好隔离性并为套管提供充分的加强。

另一技术包括在水泥浆凝固之前向其中注入气体(一般为空气或氮气)而使该水泥浆轻质化。加入的空气或氮气的数量使达到所需的密度。其可以例如形成水泥泡沫。该技术提供的性能稍好于前面的技术，因为气体的密度低于水的密度，所以需要加入的更少。然而，在石油工业的应用中，即使是以已经用水轻质化的泥浆开始时，实际密度也保持大于  $1100 \text{ kg/m}^3$ 。在一定“泡沫品质”即一定的气体体积与泡沫化泥浆体积之比以上，泡沫的稳定性迅速衰退，泡沫凝固后的抗压强度变得太低，而且其渗透性变得太高，从而危及在包含离子的热的含水介质中的耐久性，所述的离子可一定程度地侵蚀水泥。

US 3,804,058 和 GB 2,027,687A 说明中空玻璃微球或陶瓷微球在生产用于石油和天然气工业中的低密度水泥浆的用途。

本发明的目的是提供灌注水泥浆，该水泥浆更适用于灌注油井等，具有低密度和低孔隙度，而且不须混入气体就可以得到。

根据本发明，该目的是通过一种灌注油井等的水泥浆来实现的，该水泥浆具有  $0.9\sim1.3\text{g/cm}^3$ 、特别是  $0.9\sim1.1\text{g/cm}^3$  的密度，并且是由固体部分和液体部分构成的，具有  $38\sim50\%$ ，优选小于  $45\%$  的孔隙度(液体部分与固体部分的体积比)。

该固体部分优选由包含下列组分的混合物组成：

- 60~90%(按体积计)平均尺寸为  $20\sim350 \mu\text{m}$  的轻质颗粒；
- 10~30%(按体积计)平均颗粒直径为  $0.5\sim5 \mu\text{m}$  的微细水泥；
- 0~20%(按体积计)平均颗粒直径为  $20\sim50 \mu\text{m}$  的波特兰水泥；和
- 0~30%(按体积计)石膏。

所取得的低孔隙度能使机械性能和渗透性最优化。由于具有比常规的轻质化体系好得多的机械性能及更低的渗透性，因此，超轻质水泥的防漏与粘结特性以及这种制剂的抗化学侵袭性均优于目前使用的低密度体系，即使本发明能够达到格外低的、甚至比水的密度还低的密度。此外，本发明的水泥浆不需要气体，因此可以避免制备泡沫水泥将会需要的后勤供应。

本发明方法的特征在于将颗粒添加剂混入水泥浆，致使互相混合并与泥浆的其他颗粒组分混合，特别是与微细水泥(或相容的水凝胶结剂)颗粒混合，它们导致粒径分布显著地改变了泥浆的性质。所述的颗粒添加剂是有机或无机的并且因其低密度而选取。

低密度是通过混合轻质颗粒与水泥(或相容的水凝胶结剂)混合而实现的。然而，流变学和机械性能只有在颗粒尺寸及其体积分布按固体混合物

致密性最大化的方式选取时才是令人满意的。

对于具有两组分(轻质颗粒和微细水泥)的固体混合物，这种最大化的致密性通常是通过轻质颗粒与微细水泥的体积比来实现的，该体积比为 70:30~85:15，优选 75:25~80:20，所选取的轻质颗粒在尺寸上至少为微细水泥颗粒尺寸的大约 100 倍，即一般选取尺寸大于  $100 \mu\text{m}$  的颗粒。这些值是可以变化的，特别是作为轻质颗粒的粒径分布中较大离差或较小离差的函数。也可以使用平均尺寸大于  $20 \mu\text{m}$  的颗粒，但是性能不太好。因为要灌注的环形间隙的尺寸窄，一般不使用大于  $350 \mu\text{m}$  的颗粒。

优选具有三种或更多种组分的混合物，因为它们能够获得更大的致密性，只要各组分的平均尺寸显著不同。例如，可以使用平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  的轻质颗粒、平均尺寸  $30 \mu\text{m}$  的轻质颗粒与微细水泥的体积比接近 55:35:10 的混合物，或者体积比较此最佳比例偏离一些，即由 50~60%(按体积计)平均直径  $100\sim400 \mu\text{m}$  的第一轻质颗粒、30~45%平均直径  $20\sim40 \mu\text{m}$  的第二轻质颗粒和 5~20%微细水泥构成的混合物。根据应用，中间尺寸的轻质颗粒部分可以用普通尺寸的波特兰水泥，特别是 G 级的波特兰水泥代替。

本发明中所使用的术语“微细水泥”是指由平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的颗粒构成的任何水凝胶结剂，其中不包含或者至少没有显著数量的尺寸大于  $10 \mu\text{m}$  的颗粒。它们具有如通过空气渗透试验测定的每单位重量的比表面积，该比表面积一般约为  $0.8\text{m}^2/\text{g}$ 。

微细水泥基本上可以由波特兰水泥，特别是通常包含约 65%石灰、25% 硅石、4% 矾土、4% 氧化铁和小于 1% 氧化锰的 G 级波特兰水泥来构成，或者等同于波特兰微细水泥与微细炉渣的混合物，即基本上由包含 45% 石灰、30% 硅石、10% 矾土、1% 氧化铁和 5~6% 氧化锰的渣块组合物制成的混合物(这里只提到了主要的氧化物；而且这些浓度可自然地随供应商不同而略微地变化)。对于极低温度( $< 30^\circ\text{C}$ )下的应用，因其反应活性而优选微细波特兰水泥而不优选微细水泥与炉渣的混合物。如果需要在直角下凝固，可以用石膏作为全部或部分的中等大小的颗粒。

轻质颗粒通常具有小于  $2\text{g/cm}^3$  的密度，而且一般小于  $0.8\text{g/cm}^3$ 。举例来说，可以使用中空微球体，特别是硅铝酸盐的中空微球体，称作煤胞(cenospheres)，由燃烧煤得到的平均直径约  $150 \mu\text{m}$  的剩余物。也可以使用合成材料，如中空的玻璃珠，特别优选具有高抗压强度的硼硅酸钠钙玻璃珠甚至陶瓷微球体，如硅石-矾土型的陶瓷微球体。这些轻质颗粒还可以是

塑料材料的颗粒，如聚丙烯珠。

一般而言，所述泥浆的密度基本上随着所选取的轻质颗粒的功能而进行调整，但也可以改变水与固体(保持其体积为 38~50%)的比例、微细水泥或水凝胶结剂的数量(10~30%)，并加入普通尺寸的波特兰水泥代替部分的

5 轻质颗粒。

当然，所述泥浆还可以包括一种或多种如下类型的添加剂：分散剂、防冻剂、保水剂、水泥凝固加速剂或减速剂和/或泡沫稳定剂，这些添加剂通常加到液相中或者适当地混合在固相中。

根据本发明的制剂所具有的机械性能显著地优于具有相同密度的泡沫水泥的机械性能。抗压强度非常高而且孔隙度非常低。结果，渗透性比具有相同密度的泡沫水泥低若干个数量级，因而赋予该体系以显著的硬度特性。

本发明的方法大大地简化了灌注操作，因为它避免了发泡类型所需的任何后勤供应。

根据本发明制备的泥浆还具有这样的优点，即可以在泥浆加入井之前测定其全部特性(流变学特性、凝固时间、抗压强度等)，不象泡沫泥浆那样，其中的某些参数只有在引入气体(凝固时间)之前才可以对泥浆进行测量。

下面的实施例是对本发明的解释而不是对本发明的范围的限制。

#### 实施例 1

只要摇实体积分数(PVF)最优化，就可以由两种或三种(甚至多种)不同尺寸颗粒的混合物得到低密度和低孔隙度的水泥浆。

下面描述根据本发明制备的三种水泥浆的性质，并与常规的低密度稀释水泥浆的性质以及泡沫体系的性质进行比较。

水泥浆 A： 制备粉末混合物。它包含 55% 体积的中空球，取自平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  的煤胞(比重 0.75)；35% 体积的平均尺寸为  $30 \mu\text{m}$  的玻璃微球体；及 10% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

所使用的微球体由 3M<sup>TM</sup>出售，名称为 Scotchlite S60/10000；这种微球体具有  $0.6\text{g/cm}^3$  的密度和这样的粒径分布，即 10% 的颗粒(按体积计)具有小于  $15 \mu\text{m}$  的尺寸，50% 的颗粒具有小于  $30 \mu\text{m}$  的尺寸，90% 的颗粒具有小于  $70 \mu\text{m}$  的尺寸；选取这些颗粒的特别原因是它们具有高的抗压强度(90% 的颗粒可以承受  $68.9\text{MPa}$  或  $10000\text{psi}$  的均衡压力)。

将水和下列添加剂与该粉末混合以确保水泥浆中液体的体积百分数为 42%：0.2%(粉末，即放在一起的所有固体颗粒(用于泥浆 A 的微细水泥、微

球体和煤胞)的重量百分比))的基于 2-丙烯酰基氨基 2-甲基丙烷磺酸(AMPS)保水剂；每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂；以及每袋粉末 0.07 加仑的基于聚萘磺酸盐的超级增塑剂。应当注意，一袋粉末是类比水泥袋来定义的，每袋包含 45.359kg 的混合物，换言之， $1\text{gpb} = 0.03834 \text{ 升添加剂}/1\text{kg 混合物}$ 。

5      水泥浆 B: 制备粉末混合物。它包含 78% 体积的中空球，取自平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  和密度  $0.63\text{g/cm}^3$  的煤胞；及 22% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

10     将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为 42%：粉末重量 0.2% 的基于 AMPS 聚合物的保水剂；每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂；以及每袋粉末 0.1 加仑的基于聚萘磺酸盐的超级增塑剂。

15     水泥浆 C: 制备粉末混合物。它包含 78% 体积的平均尺寸  $30 \mu\text{m}$  的 scotchlite 玻璃微球体；及 22% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

20     将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为 45%：粉末重量 0.2% 的基于 AMPS 聚合物的保水剂；每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂；以及每袋粉末 0.145 加仑的基于聚萘磺酸盐的超级增塑剂。

25     水泥浆 D: 制备粉末混合物。它包含 78.4% 体积的来源于平均尺寸  $150 \mu\text{m}$ (密度  $0.72\text{g/cm}^3$ )煤胞的中空微球及 21.6% 体积的 G 级波特兰水泥。

30     将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为 57%：每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂。

水泥浆 E: 基于 G 级波特兰水泥制备密度  $1900\text{kg/m}^3$  的常规水泥浆。

用 50% 的泡沬数量将该水泥浆泡沬化，以便得到最终密度为  $950\text{kg/m}^3$  的水泥浆。

泥浆	A	B	C	D	E
密度	924(7.7)	1068(8.9)	1056(8.8)	1130(9.4)	950(7.9)
孔隙度	42%	42%	45%	57%	78% <sup>a</sup>
PV	87	68	65		
Ty	3.7(7.7)	8.6(18)	3.4(7.2)		
CS	11.7(1700)	19.3(2800)	14.5(2100)	2.48(360)	4.62(670)

25

密度以  $\text{kg/m}^3$ (括号中每加仑的磅数)来表示。流变学特性以流动阈值 Ty

来表示, 单位为帕斯卡(括号中为每 100 平方英尺的磅数), 并且利用 Bingham 流体模型以塑性粘度 PV 来表示, 单位为 mPa·s 或厘泊。这些参数是在环境温度下测定的。CS 是指水泥在 60°C(140°F)及 6.9MPa(1000psi)压力下硬化 24 小时之后的抗压强度, 并且以 MPa 来表示(括号中为每平方英寸的磅数)。

5 ★这种情况下, 孔隙度是按气体加上水的体积除以水泥浆总体积来计算的。

可以看出, 对于根据本发明制备的水泥浆, 在密度如此低的情况下具有极高的抗压强度, 而且这些水泥浆除低孔隙度之外还具有优异的流变学特性。

## 10 实施例 2

对于密度大于每加仑 8 磅(ppg)的水泥浆, 部分轻质颗粒可以用 G 级波特兰水泥来代替。

15 水泥浆 A: 制备粉末混合物。它包含 55% 体积的中空球, 该中空球来源于平均尺寸 150 μm 的煤胞; 35% 体积的平均尺寸为 30 μm 的 Scotchlite 玻璃微球体; 及 10% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约 3 μm 的炉渣的混合物。

将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为 42%; 粉末重量 0.2% 的基于 AMPS 聚合物的保水剂; 每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂; 以及每袋粉末 0.07 加仑的基于聚丙烯酸盐的超级增塑剂。

20 水泥浆 B: 制备粉末混合物。它包含 55% 体积的中空球, 该中空球来源于平均尺寸 150 μm 的煤胞; 25% 体积的平均尺寸为 30 μm 的 Scotchlite 玻璃微球体; 10% 体积的 G 级波特兰水泥; 及 10% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约 3 μm 的炉渣的混合物。

25 将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为 42%; 粉末重量 0.2% 的基于 AMPS 聚合物的保水剂; 每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂; 以及每袋粉末 0.01 加仑的基于聚丙烯酸盐的超级增塑剂。

30 水泥浆 C: 制备粉末混合物。它包含 55% 体积的中空球, 该中空球来源于平均尺寸 150 μm 的煤胞; 20% 体积的平均尺寸为 30 μm 的 Scotchlite 玻璃微球体; 15% 体积的 G 级波特兰水泥; 及 10% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约 3 μm 的炉渣的混合物。

将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为

42%: 粉末重量 0.2%的基于 AMPS 聚合物的保水剂；每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂；以及每袋粉末 0.01 加仑的基于聚丙烯酸盐的超级增塑剂。

水泥浆 D: 制备粉末混合物。它包含 55%体积的中空球，该中空球来源于平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  的煤胞；15%体积的平均尺寸为  $30 \mu\text{m}$  的 Scotchlite 玻璃微球体；20%体积的 G 级波特兰水泥；及 10%体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

将水和下列添加剂与该粉末混合致使泥浆中液体的体积百分数为 42%: 粉末重量 0.2%的基于 AMPS 聚合物的保水剂；每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂；以及每袋粉末 0.01 加仑的基于聚丙烯酸盐的超级增塑剂。

10

水泥浆	A	B	C	D
密度	924(7.7)	1068(8.9)	1040(9.5)	1218(10.15)
孔隙度	42%	42%	42%	42%
PV	87	90	100	109
Ty	7.7	8.8	9.0	11.2
CS(24 小时)	7.58(1100)	18.3(2650)	19.7(2850)	20.7(3000)
CS(48 小时)	9.0(1300)	19.0(2750)	29.7(4300)	28.3(4100)

密度以  $\text{kg}/\text{m}^3$ (括号中每加仑的磅数)来表示。流变学特性以流动阈值 Ty 来表示，单位为帕斯卡(括号中为每 100 平方英尺的磅数)，并且利用 Bingham 流体模型以塑性粘度 PV 来表示，单位为  $\text{mPa}\cdot\text{s}$  或厘泊。这些参数是在环境温度下测定的。CS 是指水泥在  $60^\circ\text{C}$  及  $6.9\text{ MPa}$ (1000psi)压力下硬化 24 小时和 48 小时之后的抗压强度，并且以 MPa 来表示(括号中为每平方英寸的磅数)。

加入波特兰水泥作为部分“中等尺寸”颗粒可以覆盖从 8ppg 至 11ppg 的整个密度范围，并且显著地提高抗压强度。无论如何这种加入不妨碍良好的流变学特性。

### 实施例 3

对于密度大于 8ppg 的水泥浆，部分轻质颗粒可以用微细波特兰水泥或用微细波特兰水泥与炉渣的混合物来代替。

水泥浆 A: 制备粉末混合物。它包含 55%体积的中空球，该中空球来

源于平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  的煤胞；30%体积的平均尺寸为  $30 \mu\text{m}$  的 Scotchlite 玻璃微球体；及 15%体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为  
5 42%：粉末重量 0.2%的基于 AMPS 聚合物的保水剂；每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂；以及每袋粉末 0.07 加仑的基于聚丙烯酸盐的超级增塑剂。

水泥浆 B：制备粉末混合物。它包含 55%体积的中空球，该中空球来源于平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  的煤胞；25%体积的平均尺寸为  $30 \mu\text{m}$  的 Scotchlite 玻璃微球体；及 20%体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的  
10 混合物。

将水和下列添加剂与该粉末混合致使泥浆中液体的体积百分数为 42%：粉末重量 0.2%的基于 AMPS 聚合物的保水剂；每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂；以及每袋粉末 0.07 加仑的基于聚丙烯酸盐的超级增塑剂。

水泥浆	A	B
密度	990(8.25)	1056(8.8)
孔隙度	42%	42%
CS(24 小时)	11.2(1630)	21.4(3100)
CS(48 小时)	11.7(1700)	22.1(3200)

15

密度以  $\text{kg/m}^3$ (括号中每加仑的磅数)来表示。CS 是指水泥在  $60^\circ\text{C}$  及  $6.9 \text{ MPa}(1000 \text{ psi})$  压力下硬化 24 小时和 48 小时之后的抗压强度，并且以 MPa 来表示(括号中为每平方英寸的磅数)。

20

增加微细水泥与炉渣混合物的含量，使 9ppg 时的抗压强度性能异常。

#### 实施例 4

依据所需的机械性能(挠曲性、耐高压能力)，可以使用不同的轻质颗粒，只要 PVF 是最优化的。

25

水泥浆 A：制备粉末混合物。它包含 55%体积的中空球，该中空球来源于平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  的煤胞；30%体积的中空球，该中空球来源于平均尺寸  $45 \mu\text{m}$  的煤胞；及 15%体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为 42%: 粉末重量 0.2% 的基于 AMPS 聚合物的保水剂; 每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂; 以及每袋粉末 0.07 加仑的基于聚丙烯磺酸盐的超级增塑剂。

水泥浆 B: 制备粉末混合物。它包含 55% 体积的平均尺寸 300  $\mu\text{m}$  的 5 聚丙烯颗粒; 30% 体积的平均尺寸 30  $\mu\text{m}$  的 scotchlite 玻璃微球; 及 15% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约 3  $\mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

将水和下列添加剂与该粉末混合致使水泥浆中液体的体积百分数为 42%: 粉末重量 0.22% 的基于纯化的木质素磺酸盐的减速剂; 粉末重量 0.2% 的基于 AMPS 聚合物的保水剂; 以及每袋粉末 0.05 加仑的基于聚丙烯磺酸盐 10 的超级增塑剂。

水泥浆	A	B
密度	990(8.25)	1068(8.9)
孔隙度	42%	42%
PV	93	116
Ty	20	9.3
CS(24 小时)	18.3(2640)	10.3(1500) <sup>†</sup>
CS(48 小时)	18.7(2700)	22.1(3200) <sup>†</sup>

密度以  $\text{kg}/\text{m}^3$ (括号中每加仑的磅数)来表示。流变学特性以流动阈值 Ty 来表示, 单位为帕斯卡(括号中为每 100 平方英尺的磅数), 并且利用 Bingham 15 流体模型以塑性粘度 PV 来表示, 单位为  $\text{mPa}\cdot\text{s}$  或厘泊。这些参数是在环境温度下测定的。CS 是指水泥在 60°C 及 6.9 MPa(1000 psi)压力下硬化 24 小时 和 48 小时之后的抗压强度, 并且以 MPa 来表示(括号中为每平方英寸的磅数)。

★在 104°C(220°F)及 20.7 MPa(3000 psi)压力下硬化 24 小时的水泥抗压 20 强度, 以 MPa 来表示, 括号中以 psi 来表示。

#### 实施例 5

对于低温应用, 可以用纯的微细水泥代替微细水泥与炉渣的混合物, 或者可以加入石膏以代替中等尺寸的颗粒。

我们已经比较了本发明的制剂与发泡的石膏制剂。

水泥浆 A: 制备粉末混合物。它包含 42.7% 体积的中空球，该中空球来源于平均尺寸  $150 \mu\text{m}$  的煤胞；20% 体积的中空球，该中空球来源于平均尺寸  $45 \mu\text{m}$  的煤胞；27.3% 体积的石膏；及 10% 体积的波特兰微细水泥与平均尺寸约  $3 \mu\text{m}$  的炉渣的混合物。

5 将水和下列添加剂与该粉末混合致使泥浆中液体的体积百分数为 42%：每袋粉末 0.05 加仑的基于纯化的木质素磺酸盐的减速剂；及每袋粉末 0.03 加仑的消泡剂。

10 水泥浆 B(参照): 该泥浆与现有技术相当。制备粉末混合物。它包含 40% 体积的 G 级水泥和 60% 体积的石膏。将水和添加剂与该粉末混合，致使该水泥浆的密度为  $1900\text{kg/m}^3$ (15.8ppg)。

为使该水泥浆发泡，加入全部常规的润湿剂：1:1 的 D138 与 F052.1。加入的数量取决于泡沫的质量。对其进行调整，以便获得密度为  $1320\text{kg/m}^3$  (每加仑 11 磅) 的泥浆。

密度		1320(11)	1218(10.15)
水泥浆 A (本发明)	Q		0
	PV		112
	Ty		6.7
	CS( $4^\circ\text{C}$ 和 $6.9\text{MPa}$ 下水泥硬化 12 小时)		2.41(350)
	CS( $25^\circ\text{C}$ 和 $6.9\text{MPa}$ 下水泥硬化 24 小时)		14.8(2150)
水泥浆 B (对照)	Q	30%	
	CS( $18^\circ\text{C}$ 和 大气压下水泥硬化 24 小时)	2.96(430)	
	CS( $18^\circ\text{C}$ 和 大气压下水泥硬化 48 小时)	4.55(660)	

15

密度以  $\text{kg/m}^3$ (括号中每加仑的磅数)来表示。流变学特性以流动阈值 Ty 来表示，单位为帕斯卡(括号中为每 100 平方英尺的磅数)，并且利用 Bingham 流体模型以塑性粘度 PV 来表示，单位为  $\text{mPa}\cdot\text{s}$  或厘泊。这些参数是在环境温度下测定的。CS 代表表中所述条件下的抗压强度，以 MPa 来表示(括号中为每平方英寸的磅数)。

20