

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

C04B 18/10

C04B 28/04 A62D 3/00

//(C04B28/04,18:

10,22:16)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97194144.0

[43]公开日 2000年12月6日

[11]公开号 CN 1275965A

[22]申请日 1997.2.18 [21]申请号 97194144.0

[30]优先权

[32]1996.2.28 [33]BE [31]9600170

[32]1996.9.11 [33]BE [31]9600763

[86]国际申请 PCT/EP97/00778 1997.2.18

[87]国际公布 WO97/31874 法 1997.9.4

[85]进入国家阶段日期 1998.10.27

[71]申请人 索尔维公司

地址 比利时布鲁塞尔

[72]发明人 R·德里

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 邵红 王其灏

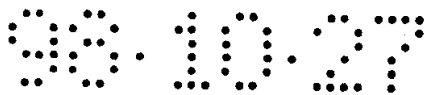
权利要求书 1 页 说明书 15 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 灰浆惰性化方法

[57]摘要

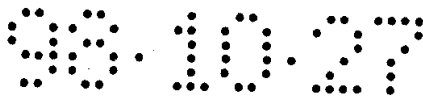
灰浆惰性化的方法,根据此法将选自磷酸和碱金属磷酸盐的一种试剂加入到灰浆中,将得到的含磷酸盐的混合物用水和一种水硬粘结料进行搅炼,生成一种水凝灰浆,并让此水凝灰浆凝结和硬化。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4



权 利 要 求 书

1. 含重金属和铝金属的灰烬惰性化方法，特征在于在灰烬中加入一种选自磷酸、碱金属磷酸盐的试剂，将这样得到的含磷酸盐的混合物与水和水硬粘结料搅炼，形成水凝灰浆并让此水凝灰浆凝结和硬化。
- 5 2. 根据权利要求 1 的方法，特征在于试剂包括六偏磷酸钠 (hexametaphosphate de sodium)。
3. 根据权利要求 1 或 2 的方法，特征在于水硬粘结剂选自波特兰水泥和波特兰水泥烧结料。
4. 根据权利要求 1 至 3 中任何一项的方法，特征在于所述试剂的
10 重量用量为灰烬重量的 15 %。
5. 根据权利要求 1 至 4 中任何一项的方法，特征在于水硬粘结剂的重
重量用量为灰烬重量的 25 ~ 40 %。
6. 根据权利要求 1 至 5 中任何一项的方法，特征在于凝结和硬化是
在水蒸汽饱和的气氛中进行的。
- 15 7. 根据权利要求 1 至 6 中任何一项的方法，特征在于在搅炼水中加入
入选自铁、锰、铁(II)化合物、锰(II)化合物和碱金属还原性盐的一种添加
剂，重量用量为灰浆重量的 0.3 ~ 1 %。
8. 根据权利要求 7 的方法，特征在于添加剂选自硫酸亚铁、硫酸亚
锰、亚硝酸钠、亚硫酸钠和金属铁。
- 20 9. 根据权利要求 1 ~ 8 中任何一项的方法，特征在于在灰烬含水溶
性化合物的情况下，在其中加入磷酸之前对其用碱水洗涤。
10. 根据权利要求 1 ~ 9 中任何一项的方法，特征在于在灰烬含有机
物和/或不燃烧物的情况下，将前边所述的含磷酸盐的混合物在其中加水
和水硬粘结料之前先进行煅烧。
- 25 11. 根据权利要求 1 至 10 中任何一项的方法，特征在于灰烬包含来
自城市废弃物焚烧产生的烟气的飞灰。



说明书

灰烬惰性化方法

5 本发明涉及灰烬惰性化，特别是来自城市垃圾焚化炉烟气的飞灰的惰性化方法。

城市垃圾焚化炉（用于处理生活和医院废弃物）有时产生大量飞灰。不论其来源如何，这些飞灰的矿物学组成几乎不变，其中通常会发现碱金属氯化物（NaCl 和 KCl）、无水石膏、石英、玻璃化的硅铝酸盐、其他相对为化学惰性的氧化残渣（其中有 SnO₂）、重金属（特别是锌、铅、10 镉、汞和铬）、有机氯衍生物和不燃烧的物料，虽然比例可以由 1 至 2 倍或甚至更多之差别。在不燃烧物中常常发现金属铝。

水溶性物质、重金属和毒性有机物（dioxines、呔喃）的存在可以使这些飞灰处理起来有困难，并且导致要预先将其进行惰性化使之对环境无害。

15 为了实现城市焚化炉飞灰惰性化，已提出各种方法，这些方法的目的是稳定重金属，主要是铅和镉。根据其中一种方法（美国专利 US - A - 4,737,356），使用一种可溶于水的磷酸盐和石灰处理飞灰，以便使重金属离子呈金属磷酸盐形式而不溶化。根据一种类似的方法（欧洲专利申请 EP - A - 568,903），飞灰用水和磷酸根离子处理，以便使 pH 达20 到 6.9 从而使重金属变为不溶解的金属磷酸盐形式，过量的磷酸根离子由三价铝或铁离子固定，反应介质用生石灰 CaO 碱化。根据欧洲专利申请 EP - A - 534,231，由用石灰净化处理酸性烟气收集到的飞灰经过简单的高温（375 ~ 800 °C）煅烧。

用刚刚叙述的已知方法，生成的惰性产物是粉末，这会使之难以运25 输和贮存。避免这些困难的一种方法是用水凝灰浆带走清除飞灰，并用其制成固体惰性块。为此，在一种已知的含重金属污染物的泥浆惰性化方法中，将泥浆与波特兰水泥和飞灰相混以形成固态，密实和惰性的块（ROY A. HEATON H.C., CARTLEDGE F.K. 及 TITTLEBAUM M.E. "Solidification/Stbilization of a Heavy Metal Sludge by a30 Portland Cement/Fly Ash Binding Mixture" - Hazardus Waste & Hazardous Materials（“重金属污泥的波特兰水泥固化/稳定/飞灰粘结混合物”《有害废物及有害物质》，Vol. 8, No. 1, 1991, p.33~41）。使

用已知的这种方法将来自城市废弃物焚化产生的烟气的飞灰惰性化还是不能令人满意，因为在此情况下得到的块实际上由于存在多种气体夹杂物而体积膨胀，这会大量地增加体积，使之易碎和不太耐压。

5 本发明的目的是克服已知方法的上述缺点，提出一种将含有重金属和不燃烧的金属铝的灰烬有效惰性化在固态、密实并有良好的机械性能的块中的方法。本发明的目的还特别在于提供一种来自城市垃圾焚化炉烟气的飞灰去除的方法，将之做成密实、不膨胀的块，这些块有良好的耐压性并且符合标准毒性试验，特别是美国 TCLP（美国“毒性特征沥滤法”）毒性试验的规定。

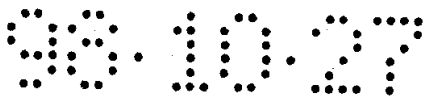
10 因此，本发明涉及一种含重金属和铝金属的灰烬的惰性化方法，其特征在于在灰烬中加一种选自磷酸和碱金属磷酸盐的试剂，将这样得到的含磷酸盐的混合物与水和水硬粘结料搅炼，形成一种水凝灰浆，将此灰浆凝结并硬化。

15 重金属一词的意思按普通接受的定义（Heavy Metals in Wastewater and Sludge Treatment Processes 《废水及污泥处理过程中的重金属》，Vol.I, CRC Press, Inc, 1987,p.2），是金属密度至少等于 5g/cm^3 的金属，如钨、砷、硒和锑。

在本发明的方法中，使用一种选自磷酸盐和碱金属（优选钠）的磷酸盐的试剂。正磷酸和六偏磷酸钠是适用的。

20 应在足够量的水存在下将前边所提到的试剂加入灰烬中简单地搅拌，以便能快速制成均匀的反应混合物。虽然并不希望拘泥于理论解释，本发明人相信在本发明之前，为了以水凝灰浆的形式从城市垃圾焚化炉烟气中除去灰烬时所遇到的困难，尤其应归因于在灰烬中存在铝金属。在本发明的方法中，上边所述的试剂的作用是将铝金属转化成磷酸铝。
25 试剂的用量因此取决于灰烬的矿物（学）组成，特别是其铝金属和重金属的含量，在每种特定情况下，均应通过常规化验操作来确定。实际上，相对于灰烬重量而言，所述试剂的合适用量应为 5 ~ 25 %（重量）（优选 8 ~ 15 %（重量））。

30 水和水硬粘结剂的用量必须适合二者与含磷酸盐的混合物形成水凝灰浆的需要。重要的是将含磷酸盐的混合物与水和水硬粘结剂有效地掺混，以得到组成均匀的水凝灰浆。掺混后，让灰浆熟化，以便凝结和硬化。在凝结和硬化之前，灰浆应成形为适当的形式，以便能有效地运输



和贮存，例如呈砖块，棱柱形块或小园球形式。可以在湿或干的环境下进行凝结和硬化。通常是在大气条件下操作。

水硬粘合剂选自波特兰水泥和波特兰水泥烧结料较为有利。虽然用波特兰水泥可得到好的结果，但优选波特兰水泥烧结料。

- 5 水硬粘结剂的用量取决于各种参数，特别是选定的水硬粘结剂，灰烬的组成以及对惰性化方法收集的产物性能的要求，特别是其机械耐力和对毒性试验的反应（例如上边所述的 TCLP 试验）。实际上，推荐水硬粘结剂重量用量要超过灰烬重量的 10 %（优选至少等于 20 %）。水硬粘结剂的重量用量超过灰烬重量的 100 %（通常 50 %）没有好处。特别推荐水硬粘结剂的重量介于灰烬重量的 20 %（优选 25 %）和 50 %（优选 40 %）之间。

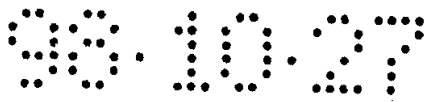
- 15 在凝结和硬化（可以持续几天）结束时，收集到固体和密实的块，这些块对于大气含试剂基本为惰性的并且符合毒性标准，特别是上边所述 TCLP 测试所规定的标准。这种固体块的形式是灰浆成形的形式，可以是例如砖块或球形或棱柱形块。这种形式是密实的，基本不含气体夹杂物而且因此有良好的机械性能。特别是硬度、耐冲击和耐磨，足以无困难地运输和贮存。

- 20 在根据本发明的一种有利的实施方式中，灰浆的凝结和硬化均在湿环境中，优选在被水蒸汽饱和的环境中实现。根据本发明方法的这种实施形式，在灰烬含 6 价铬的情况下证明是特别有利，因为观察表明，在所有其它情况均相同的情况下。这种实施形式明显改善此法结束时收集到的固体物中铬的惰性。

- 25 在根据本发明的方法的另一种有利的实施形式中，在搅炼用水中加入选自铁、锰、铁(II)化合物、锰(II)化合物和碱金属（优选钠）的还原性盐的添加剂，其重量用量为灰浆重量的 0.3 ~ 1 %。在本发明的这种实施形式中，添加剂选自硫酸亚铁、硫酸亚锰、亚硝酸钠、亚硫酸钠和铁金属较为有利。

- 30 在采用根据本发明的方法时，灰烬的来源并不敏感。然而本发明特别适用于从城市垃圾焚化炉，如生活废弃物焚化炉和医院废弃物焚化炉烟气回收的飞灰。

来自城市垃圾焚化炉产生的烟气的飞灰通常除了含重金属和铝金属之外，还含一些不希望有的有机物（特别是如 dioxines、和呔喃等含氯



有机物)、水溶性化合物如碱金属氯化物, 以及一些不燃烧物。

5 在根据本发明方法的一种特定的实施方式中, 在灰烬含一些水溶性化合物的情况下, 向其中加入前边提到的选自磷酸和碱金属磷酸盐的试剂之前, 先将其用碱水洗涤。在本发明方法的这种实施形式中, 用水洗涤灰烬的目的是除去水溶性化合物, 特别是钠盐和钾盐(主要明是氯化钠、氯化钾和硫酸钠)和一部分硬石膏。为了洗涤灰烬, 需要用碱水, 以便使重金属不溶化。实施时应对灰烬洗涤过程进行调节(特别是用水的 pH 值以及水和灰烬之间的接触时间), 以使得由洗涤所收集到的含水介质呈碱性, 优选 pH 值高于 8, 推荐 pH 值至少等于 9.5。这样一来可避免仍然残留在由洗涤所收集到的残余固相中的重金属被加溶。需要的话, 在洗涤水中加入一种试剂, 如石灰, 以使 pH 达到要求的值已证明是必要的。在洗涤结束时, 收集含水悬浮体进行过滤或相当的机械分离(如沉降或离心分离)以分离出来溶解的固体物, 根据本发明方法在其中加入前边所述的试剂。

15 在本发明方法的另一种实施方式中, 在灰烬含有机物和/或不燃烧物的情况下, 将含磷酸盐的混合物在加水和水硬粘结料之前进行煅烧在根据本发明方法的这种实施形式中, 煅烧是在氧化气氛(通常在环境空气中)进行。煅烧的目的是破坏不燃烧物和除去有机物。煅烧通常在高于 600 °C, 优选至少等于 700 °C 下进行。应避免过高温度, 因其结果会造成部份重金属蒸发。实际上, 煅烧温度优选低于 1000 °C, 而以不超过 800 °C 为有利。特别推荐 600 ~ 800 °C 的温度。

下面将结合附图的一幅简图的叙述来说明本发明, 附图表明采取本发明方法的一个特定实施方式的装置示意图。

25 在图中所示装置专门用于使含重金属、铝金属、水溶性化合物、有机物和不燃烧物的灰烬 1 惰性化之用的。它包括洗涤室 2, 向其中通入灰烬 1 和水 3。通入室 2 的水 3 的数量经过调节, 使灰烬 1 的水溶性化合物, 特别是氯化钠、氯化钾和硫酸钠全部溶解。另外在室 2 中产生的 pH 值大于 8, 例如 9.5~14, 以便使重金属变得不溶。需要时, 为了生成希望的 pH 值, 在洗涤水 3 中加入盐酸或氢氧化钠。

30 从洗涤室 2 回收含水悬浮体 4, 立即将其在过滤器 5 上处理。滤液 6 排掉, 回收滤饼 7 送入反应室 8 中。在反应室 8 中, 在滤饼中加入足够数量的磷酸 9 和水 10, 经掺混形成可以用泵压送的物料 11, 在其中来

自灰烬的全部铝金属都呈正磷酸铝状态（作为一种变换方案，一部份或全部的磷酸均由碱金属磷酸盐，优先用六偏磷酸钠所代替）。从反应室2抽出可以用泵压送的物料并通入煅烧炉12，在其中将物料加热至700~800℃，保持足够时间，使有机物分解，不燃烧物破坏。经过煅烧的物料13，由炉12取出，送入掺混室14中，在其中向经过煅烧的物料中加水15和水硬粘结料16（如波特兰水泥烧结料），控制数量，以通过与煅烧的物料13一起掺混生成水凝灰浆。

由掺混室14收集的水凝灰浆17在转鼓18中处理，以成形成小球19，在一个气密并充满由水蒸汽基本饱和的空的容器20中，于约20℃的环境温度和大气压力下贮存几天。控制容器20中熟化处理的时间，以实现小灰浆球的凝结和完全硬化。在容器20中熟化处理结束时，收集坚硬密实而且对环境和大气试剂呈惰性的这些小球21，这样它们便可以转移到废品倾倒地了。

下文给出的实例表现出本发明的价值。

15 第一批试验：

在下文的实例1~5中，将取自生活垃圾焚化炉的灰烬进行处理。灰烬的重量组成如下表1。

表 1

组分	重量含量
SiO ₂	30,6%
Al(全部) (以 Al ₂ O ₃ 表示)	16,7%
金属 Al	全部 Al 的 1-10%
CaO	22,0%
MgO	2,5%
Na	3,7%
K	2,6%
TiO ₂	2,4%
FeO	3,0%
Zn	1,00%
Pb	0,38%
Cu	0,10%
Cd	0,008%
Mn	0,09%
Cr(全部)	0,07%
Cr(VI)	13ppm
Cl	2,2%
SO ₃	9,6%
P ₂ O ₅	1,2%
As	65ppm
Sb	345ppm
Hg	1,1ppm
不燃烧物	0,4%

实例 1 (不符合本发明)

5 将 108g 灰烬用 1000ml 水洗涤。一小时之后，反应介质的 pH 值稳定在 10.9。过滤这样生成的水悬浮体并在预先用 100ml 水洗后收集滤饼。

将适量的水加入滤饼，形成含约 40 % 水的可展性膏体。在这样得到



的青体中加入 11.8g 浓度为 85 % (重量) 的磷酸水溶液, 此间维持膏体连续搅拌下。加磷酸的同时伴随有适量放热。这样得到的均匀膏体物料放在一个耐火陶瓷皿中, 将其送入冷的炉中。然后加热炉子, 在约 1 小时内逐步升温至 800 °C。在此温度保持 1 小时, 然后从炉子取出物料并且任其冷却至周围温度。

从炉子收集的燃烧的粉末不经进一步处理便进行前面所述的 TCLP 毒性试验。为此, 在 100g 煅烧过的粉末中加入 2l (每 l 含 6g 乙酸和 2.57g 氢氧化钠)。水溶液混合物经过均化, 再在 0.6 ~ 0.8 μ m 玻璃纤维过滤器上过滤, 测定滤液中来自试验的粉末的重金属含量。

结果列入下表 2 中。

表 2

重金属	含量(μ g/l)
Cu	1000
Pb	2900
Zn	15000
Cd	300
As	500
Sb	700
Cr(VI)	5100
Hg	10

实例 2 (符合本发明)

对一份由表 1 所确定的灰烬按实例 1 进行处理, 将从炉子收集并冷却至周围温度的煅烧粉末紧密地混合到波特兰水泥烧结料中 (每 5 重量份煅烧粉末, 1 重量份烧结料)。将搅炼水 (每 100g 所述混合物加 30ml 水) 加入得到的混合料中, 掺混得到均匀的灰浆。然后这种灰浆成形为小球, 在空气中贮存 5 天, 使灰浆凝结和硬化。在灰浆凝结和硬化结束时收集到的小球按实例 1 进行 TCLP 毒性试验。为此, 将上述小球粉碎至小于 1mm 直径 (由筛分来确定直径), 在这样得到 100g 粉碎料中, 加入 2l (每升含 6g 乙酸和 2.57g 氢氧化钠) 水溶液。混合物均化, 然后在 0.6 ~ 0.8 μ m 玻璃纤维过滤器上过滤并且测定滤液中来自经试验的粉

末的重金属含量。结果列入下表 3 中。

表 3

重金属	含量(μg/l)
Cu	61
Pb	<20
Zn	24
Cd	18
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	860

5 将表 2 和表 3 结果对比立刻显示出本发明在灰烬中重金属惰性化方面的优势。

实例 3 (符合本发明)

10 在此实例中，操作同实例 2，但是在灰浆凝结和硬化结束时收集到的小球进行不同于 TCLP 测试的毒性试验。在此试验中，将上述小球粉碎至小于 1mm (由筛分来确定直径) 并将粉碎的料用脱盐水进行三次沥滤，液体/固体比例等于 10。

在每次沥滤结束时，测定来自试验的粉末的洗液中重金属含量。结果列入下边表 4 中。

表 4

重金属	含量($\mu\text{g/l}$)
第一次沥滤	
Cu	63
Pb	<20
Zn	<10
Cd	60
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	700
第二次沥滤	
Cu	24
Pb	<20
Zn	<10
Cd	27
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	280
第三次沥滤	
Cu	<10
Pb	<20
Zn	<10
Cd	<10
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	35

实例 4 (符合本发明)

- 5 在同样的条件下, 重复实例 2, 唯一不同的是波特兰水泥烧结料用波特兰水泥代替。

TCLP 试验结果见表 5。

表 5

重金属	含量($\mu\text{g/l}$)
Cu	<10
Pb	<20
Zn	<10
Cd	<10
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	840

实例 5 (符合本发明)

5 重复实例 3 的试验条件, 唯一不同在于波特兰水泥烧结料用波特兰水泥代替。

三次沥滤试验结果见表 6。

表 6

重金属	含量($\mu\text{g/l}$)
第一次沥滤	
Cu	<10
Pb	<20
Zn	<10
Cd	<10
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	1030
第二次沥滤	
Cu	<10
Pb	<20
Zn	<10
Cd	<10
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	160
第三次沥滤	
Cu	<10
Pb	<20
Zn	<10
Cd	<10
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	90

第二批试验

5 在下述 6 ~ 17 实例中对表 7 所示重量组成的灰烬进行处理。

表 7

组分	重量含量
SiO ₂	19,3%
Al(全部)	13,6%
(以 Al ₂ O ₃ 表示)	
金属 Al	全部 Al 的 1-10%
CaO	20,0%
MgO	2,8%
Na	7,5%
K	6,1%
TiO ₂	1,5%
FeO	2,2%
Zn	1,82%
Pb	1,20%
Cu	0,11%
Cd	0,094%
Mn	0,11%
Cr(全部)	0,04%
Cr(VI)	0,33ppm
Cl	13,2%
SO ₃	6,2%
P ₂ O ₅	0,8%
As	125ppm
Sb	510ppm
Hg	12ppm
不燃烧物	2,4%

实例 6 (不符合本发明)

用 1300ml 水洗涤 136g 灰烬。1 小时之后，反应介质 pH 值稳定在 11.0。将这样形成的水悬浮体过滤并在用 100ml 水预先洗过后收集滤饼。然后实行如实例 1 的操作，毒性试验 (TCLP 试验结果列入下表 8 中)。

表 8

重金属	含量(μg/l)
Cu	1200
Pb	1900
Zn	25000
Cd	500
As	1100
Sb	300
Cr(VI)	2300
Hg	20

实例 7 (符合本发明)

对表 7 所确定的一份灰渣按实例 6 进行处理, 并将在煅烧炉收集并冷却至周围温度的煅烧粉末混入波特兰水泥烧结料中, 每 4 重量份煅烧灰渣加 1 重量份烧结料。在得到的均匀混合料中, 加入搅炼水(每 100g 混合料加 30ml) 并且掺混成灰浆。得到的水凝灰浆形成成为小球, 在空气中贮存 5 天, 以使灰浆凝结和硬化。

在凝结和硬化结束时收集到的小球进行 TCLP 毒性试验。为此, 将小球粉碎至小于 1mm 直径(由筛分来确定) 并在 100g 这样得到的粉碎料中加 2l 0.1M 醋酸水溶液。混合物均化, 然后在 0.6 ~ 0.8μm 玻璃纤维过滤器上过滤, 测定来自试验的粉末的测定重金属含量结果列入下表 9 中。

表 9

重金属	含量(μg/l)
Cu	80
Pb	<200
Zn	660
Cd	230
As	50
Sb	90
Cr(VI)	720
Hg	<5

实例 8 (符合本发明)

重复实例 7 试验, 唯一不同的是 TCLP 毒性测试用实例 3 所述的三次沥滤测试所代替。

测试结果列入下表 10 中。

5

表 10

重金属	含量(μg/l)
第一次沥滤	
Cu	38
Pb	<20
Zn	<10
Cd	17
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	145
第二次沥滤	
Cu	37
Pb	<20
Zn	<10
Cd	80
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	95
第三次沥滤	
Cu	<10
Pb	<20
Zn	<10
Cd	<10
As	<30
Sb	<30
Cr(VI)	55



实例 9 (符合本发明)

5 重复实例 7 试验, 只是搅炼后得到的小球在充满水蒸汽饱和的(相对湿度 100%)气密容器之中贮存 8 天在容器中收集的小球在空气中再干燥 2 天, 然后进行实例 8 的 TCLP 试验。在 TCLP 试验中, 发现在滤液中 6 价铬含量等于 $42\mu\text{g/l}$ 。

实例 10、11、12 (符合本发明)

10 这些实例涉及到按与实例 9 同样条件下进行的三次试验, 唯一不同的是在搅炼水中加入了一种添加剂。在实例 10 的试验中, 这种添加剂由七水合硫酸亚铁组成(重量用量等于灰浆重量的 1%); 在实例 11 中, 是由一水合硫酸亚锰组成(重量用量等于灰浆重量的 0.7%); 在实例 12 中, 是由铁粉组成(重量用量等于灰浆重量的 0.3%)。

在三次试验中每次均发现, 在 TCLP 测试中, 滤液的 7 价铬含量低于 $10\mu\text{g/l}$ 。

实例 13、14、15、16、17 (符合本发明)

15 用足够量的灰烬重复实例 9 的试验, 以便由灰浆制得 5 块 $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ 的棱柱形试样。将试样在水蒸汽饱和的大气中, 于周围温度下, 保持 28 天以达到灰浆凝结和硬化。五次试验在灰烬量和烧结料用量之间重量比上彼此不同。

20 在凝结和硬化之后, 对试样进行机械强度测试, 包括在比利时标准 NBN 196 - 1 (1991) 条件下测其抗弯强度和抗压强度。测试结果列入下表 11 中。

表 11

实例编号	灰烬: 烧结料(重量比)	机械强度	
		抗弯(N/mm^2)	抗压(N/mm^2)
13	2,5	2,94	5,7
14	3,0	2,94	4,9
15	3,5	2,94	5,7
16	4,0	3,19	5,0
17	5,0	2,45	4,1

说明书附图

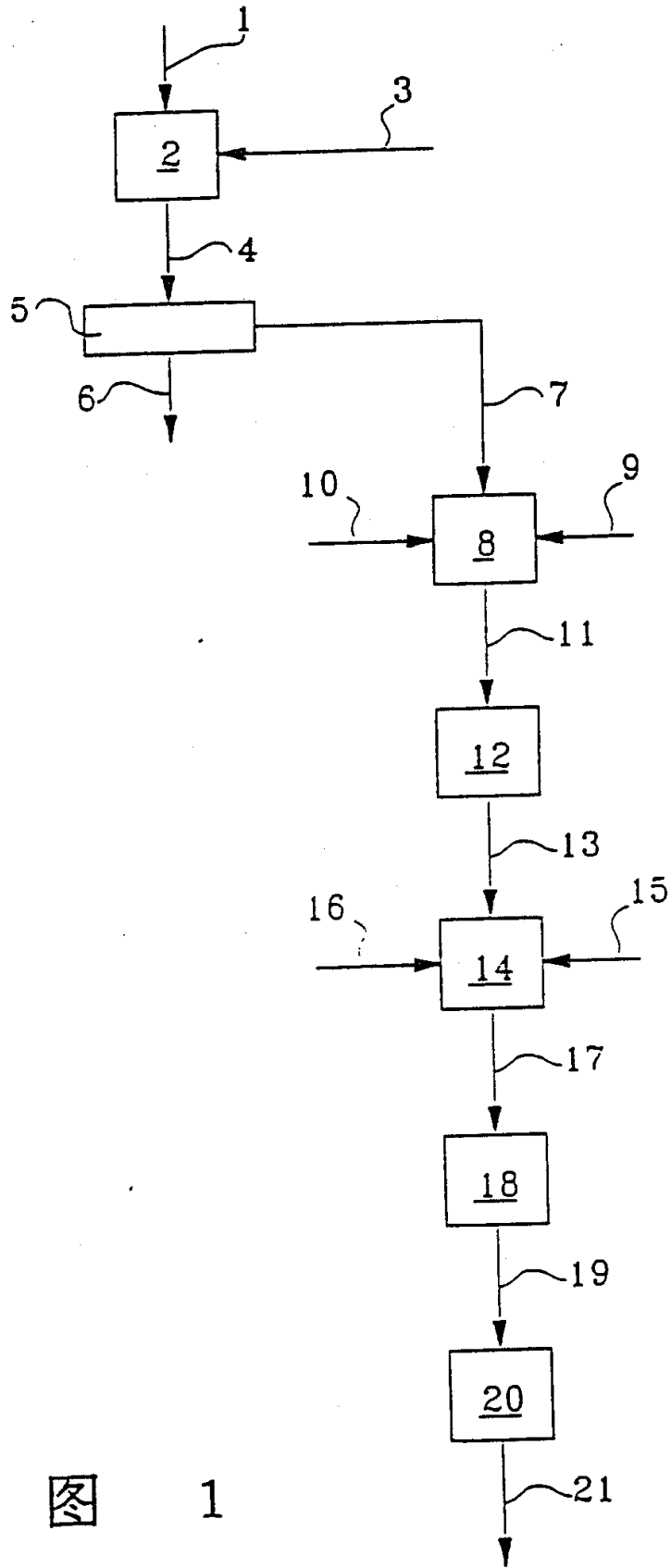


图 1