



(10) 授权公告号 CN 110997579 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 09

(21) 申请号 201880043544.2

(22) 申请日 2018.06.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110997579 A

(43) 申请公布日 2020.04.10

(30) 优先权数据
1756138 2017.06.30 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.12.27

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/FR2018/051626 2018.06.29

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/002802 FR 2019.01.03

(73) 专利权人 ARC法国公司
地址 法国阿尔克

(72) 发明人 H·查尔斯 J·M·博南格
S·东泽 F·方雄 X·伊布莱

(74) 专利代理机构 北京市路盛律师事务所
11326

专利代理师 张瑾 陈静

(51) Int.Cl.
C03B 1/00 (2006.01)
C03C 1/02 (2006.01)
C03B 3/00 (2006.01)
C03B 5/235 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 106517738 A, 2017.03.22
CN 106565096 A, 2017.04.19
CN 1516680 A, 2004.07.28
CN 1558874 A, 2004.12.29
CN 106517738 A, 2017.03.22
CN 102424392 A, 2012.04.25
US 4479778 A, 1984.10.30
CN 101993084 A, 2011.03.30
CN 103492326 A, 2014.01.01

审查员 郭钊颖

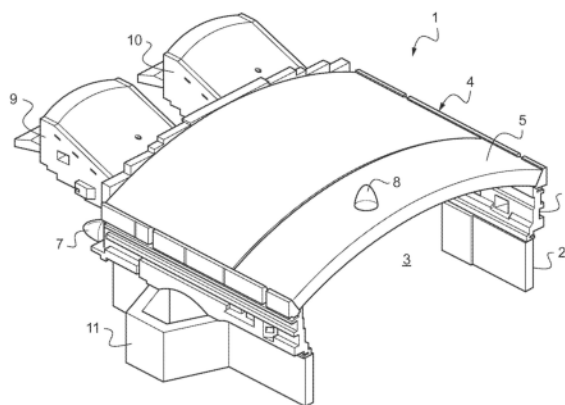
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

由包含氧化钙的混合物生产玻璃, 和玻璃熔炉

(57) 摘要

本发明涉及一种玻璃生产方法, 所述方法包括生产用于玻璃熔炉的玻璃前体混合物, 其中水、沙子和碳酸钠分别以0至5%之间, 40%至65%之间以及大于0且不超过25%的重量比例混合, 并且在至少10分钟之后, 以总量的1%至20%之间的重量比例添加氧化钙。本发明涉及用于使用特别是包含氧化钙的混合物来生产玻璃的方法, 以及玻璃熔融熔炉, 所述方法和熔炉使用具有指向玻璃批料的火焰的燃烧器。



1. 一种用于制造玻璃的方法,所述方法包括制备用于玻璃制造熔炉的玻璃前体混合物,其中水、沙子和碳酸钠分别以0至5%之间,40%至65%之间以及大于0且不超过25%的质量比例混合,并且在至少10分钟的延迟之后,以总量的1%至20%之间的质量比例添加氧化钙;

其中,玻璃前体混合物以固态制备。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征不在于所述延迟是至少一个小时。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征不在于对于水分含量不超过4.1%的水、沙子和碳酸钠的混合物而言,所述延迟在至少10分钟和短于一个小时之间。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于碳酸钠具有的粒子尺寸为少于5%通过0.075毫米的筛网,少于15%通过0.150毫米的筛网,以及少于5%不能通过0.600毫米的筛网。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于所述水、沙子和碳酸钠的混合物具有不超过3%的水分含量,且碳酸钠的粒子尺寸主要大于0.500毫米且小于1.000毫米。

6. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于所述水、沙子和碳酸钠的混合物具有不超过2%的水分含量,且碳酸钠具有主要小于0.250毫米的粒子尺寸。

7. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征不在于所述延迟短于72小时,并且起始物料的初始温度为至少30℃。

8. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于氧化钙具有的粒子尺寸使得70质量%至90质量%不能通过0.1毫米的筛网。

9. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于氧化钙具有的粒子尺寸使得30质量%至80质量%不能通过0.5毫米的筛网。

10. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于氧化钙具有的粒子尺寸使得30质量%至70质量%不能通过2毫米的筛网。

11. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于氧化钙具有的粒子尺寸使得大于90质量%的粒子不能通过0.1毫米的筛网,以及小于5质量%的粒子不能通过4毫米的筛网。

12. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于氧化钙具有的粒子尺寸使得大于95质量%不能通过0.1毫米的筛网,以及小于1质量%不能通过4毫米的筛网。

13. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于氧化钙具有的平均粒子尺寸为1毫米至5毫米之间。

14. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于对于90质量%或更高通过0.1毫米筛网的粒子尺寸的前体混合物,在前体混合物制备后的不到1小时的时间内在玻璃制造熔炉中使用前体混合物。

15. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于对于70质量%至90质量%通过0.1毫米筛网的粒子尺寸的前体混合物,在前体混合物制备后的不到2小时在玻璃制造熔炉中使用前体混合物。

16. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征不在于对于70质量%或更高通过2毫米筛网的粒子尺寸的前体混合物,在前体混合物制备后的不到8小时在玻璃制造熔炉中使用前体混合物。

17. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于所述沙子是干燥的。

18. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于水以3质量%至4质量%存在于所述沙子中。

19. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于氧化钙不含特意添加的氧化铝。

20. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于在添加氧化钙之前或之后,将碎玻璃以总量的5%至40%之间的质量比例添加到玻璃前体混合物中。

21. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于玻璃前体混合物是在环境温度和增加20℃的环境温度之间的温度下制备的,并且所述玻璃前体混合物是在不供应热能的情况下制备的。

22. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于所述混合物在电熔炉中点燃。

23. 根据权利要求1所述的方法,其中将水、沙子、碳酸钠和氧化钙的混合物引入玻璃制造熔炉中,氧化钙的质量比例为混合物总量的1%至20%之间,并且混合物通过至少一个指向混合物的火焰燃烧器熔融。

24. 根据权利要求23所述的方法,其特征在于供应给燃烧器的氧化剂是氧气。

25. 根据权利要求23或24所述的方法,其特征在于水、沙子、碳酸钠和氧化钙分别以0至5%之间、40%至65%之间、1%至25%之间以及1%至20%之间的质量比例存在。

由包含氧化钙的混合物生产玻璃, 和玻璃熔炉

技术领域

[0001] 本发明涉及玻璃制造工业领域。构成玻璃的材料的熔融需要输入大量的能量。玻璃熔池的温度约为1300℃至1500℃。取决于玻璃的组分, 玻璃可预期用于直接家庭使用, 例如饮水玻璃杯、玻璃制品 (glazing), 或可预期用于间接家庭使用, 例如玻璃陶瓷炉架 (vitroceramic hobs), 或可预期用于工业用途。

背景技术

[0002] 熔炉承受非常高的热应力和机械应力。熔炉由优质耐火涂层组成。耐火涂层价格昂贵, 并且对易于发生化学反应的某些玻璃组分敏感。由于耐火涂层的导热性差, 因此玻璃熔池的加热是从顶部开始的。

[0003] 液体或气体燃料火焰燃烧器放置在玻璃熔池和熔炉顶部 (称为冠部) 之间。玻璃熔池基本上通过辐射加热。取决于玻璃系列, 气体出口温度为从1300℃至1600℃。

[0004] 此外, 玻璃的制造释放大量的气体。将玻璃熔池脱气数小时, 以避免在玻璃中形成气泡。为了促进脱气, 可以使用精制的添加剂, 诸如硫酸盐。该熔炉以选定成分的玻璃批料 (glass batches) 运行。

[0005] 从脱气和燃烧产生的出口气体经由烟囱排出。

[0006] 申请人追求的目标是相对于所生产的玻璃的量主要降低能量消耗。

[0007] 在钠钙硅玻璃 (soda-lime glass) 中, 主要起始物料石灰石、例如为碳酸钠 Na_2CO_3 形式的苏打以及以石英砂形式的二氧化硅。在玻璃精制过程中, 石灰石和碳酸钠释放出二氧化碳。

[0008] JPS55100236描述了炉渣在制造玻璃目的中的用途。但是, 许多技术障碍都没有解决。申请人不能知晓这种技术的工业实施。

[0009] US 2084328描述了一种由白云石和高岭土在湿润条件下混合制成的玻璃制造熔炉炉料。将白云石和高岭土浆料煅烧, 然后与苏打灰、沙子和生石灰混合。

[0010] US 2005/0022557描述了 Na_2CO_3 和 SiO_2 预混合物与具有预反应的 CaCO_3 和 SiO_2 预混合物并行, 随后将两种预混合物与另外的 SiO_2 混合, 然后引入玻璃制造熔炉中。

[0011] US 2012/0216574涉及一种用于制备玻璃的方法, 该方法包括将 CaCO_3 煅烧以形成 CaO , 形成液相 Na_2SiO_3 玻璃, 以及将 CaO 和 Na_2SiO_3 进行液相混合以形成钠钙硅玻璃。

[0012] 此外, 申请人还获知于2012年10月18日至19日在埃因霍温举行的“玻璃趋势研讨会 (Glass Trend Seminar)”的研讨会, 来自SISECAM公司的Hande Sesigür, Melek Orhon和Banu Arslan递呈了一份文件“用于改善玻璃生产中熔融特性的替代原料 (Alternative Raw Materials for Improving the Melting Properties in Glass Production)”, 其报告了将煅烧石灰引入玻璃制造熔炉中的测试, 结果是能量消耗略有降低, 更易于熔融, 增加了熔炉的特定负荷, 但每吨玻璃生产成本价更高, 在玻璃熔池上方存在大量批料粉尘, 增加了熔炉壁的腐蚀以及粒子之间的粘附问题。

[0013] 申请人进行了测试。在玻璃制造材料中用生石灰代替石灰石会带来困难, 特别是

与生石灰与大气湿度的反应性有关的困难。尽管运输和处理的吨位有所减少,但石灰的经济平衡差于石灰石。此外,具有大粒子尺寸的石灰在玻璃熔池中熔融缓慢并且可能会留下未熔融的材料。粒子尺寸小的石灰会产生与燃烧气体一起被带出的批料粉尘。石灰的一部分流失,并污染了熔炉下游的烟管。

[0014] 尽管有这些障碍,但是申请人继续并开发了玻璃前体混合物。在混合物的制备过程中出现了困难。在没有水的情况下,粉状混合物没有粘稠度,并且产生大量的批料粉尘。但是,水和石灰会一起发生放热反应。达到的温度使混合物难以处理。

[0015] 申请人已经开发了一种制备前体混合物的方法,该方法提供了具有低加热和低批料粉尘的混合物。引入混合物中的组分的粒子尺寸基本上保持不变,除了机械转移处理操作可能会产生研磨效果外,该研磨效果会稍微减小粒子尺寸。引入玻璃制造熔炉中的所述混合物允许将生产玻璃所需的能量以及释放的CO₂量减少约3%至6%。此外,混合物的熔融时间短于使用碳酸钙时所观察到的熔融时间。这导致了熔炉生产率的提高,这也反映出能量消耗额外降低了约4%至6%。

发明内容

[0016] 本发明提出一种用于制造玻璃的方法,该方法包括制备用于玻璃制造熔炉的玻璃前体混合物,其中水、沙子和碳酸钠分别以0至5%之间,40%至65%之间以及大于0且不超过25%的质量比例混合,并且在至少10分钟且少于一小时的时间之后,以总量的1%至20%之间的质量比例添加氧化钙。

[0017] 本发明提出一种用于制造玻璃的方法,该方法包括制备用于玻璃制造熔炉的玻璃前体混合物,其中水、沙子和碳酸钠分别以0至5%之间,40%至65%之间以及大于0且不超过25%的质量比例混合,并且在至少一个小时的时间之后,以总量的1%至20%之间的质量比例添加氧化钙。前体混合物的制备没有经受任何明显的自发加热,或者起码没有经受易于成为缺点的任何加热。引入氧化钙的延迟使碳酸钠有时间吸收可用的水,特别是在沙子中的水。申请人认识到,在熔炉处理之前省去涉及石灰的化学反应将是有利的。

[0018] 在一个实施例中,水的质量比例在1.5%至3%之间。即使使用小粒子尺寸的混合部分,也降低产生批料粉尘的风险。

[0019] 在一个实施例中,所述延迟是至少一个小时。

[0020] 在一个实施例中,对于包括水分不超过4.1%的水、沙子和碳酸钠的混合物而言,所述延迟在至少10分钟和短于一个小时之间。

[0021] 在一个实施例中,碳酸钠具有的粒子尺寸为少于5%通过0.075毫米的筛网,少于15%通过0.150毫米的筛网,以及少于5%不能通过0.600毫米的筛网。

[0022] 在一个实施例中,所述水、沙子和碳酸钠的混合物具有的水分不超过3%,且碳酸钠的粒子尺寸主要大于0.500毫米且小于1.000毫米。

[0023] 在一个实施方例中,所述水、沙子和碳酸钠的混合物具有的水分不超过2%,且碳酸钠主要具有小于0.250毫米的粒子尺寸。

[0024] 在一个实施例中,所述延迟短于72小时。

[0025] 在一个实施例中,起始物料的初始温度为至少30℃。碳酸钠的水合速率增加。

[0026] 在一个实施例中,氧化钙具有的粒子尺寸使得70质量%至90质量%不能通过0.1

毫米的筛网,优选30质量%至80质量%不能通过0.5毫米的筛网,更优选30质量%至70质量%不能通过2毫米的筛网。批料粉尘的产生是低的。

[0027] 在一个实施例中,氧化钙具有的粒子尺寸使得大于90质量%的粒子不能通过0.1毫米的筛网,以及小于5质量%的粒子不能通过4毫米的筛网,优选大于95质量%不能通过0.1毫米的筛网,以及小于1质量%不能通过4毫米的筛网。与混合物一起引入炉中的空气量低,且未熔融的物质很少。

[0028] 在一个实施例中,氧化钙具有的平均粒子尺寸为1毫米至1.5毫米之间。

[0029] 在一个实施例中,对于90质量%或更高通过0.1毫米筛网的粒子尺寸的前体混合物在前体混合物制备后的不到1小时在玻璃制造熔炉中使用前体混合物,优选对于70质量%至90质量%通过0.1毫米筛网的粒子尺寸的前体混合物在前体混合物制备后的不到2小时在玻璃制造熔炉中使用前体混合物。微细粒子尺寸与高反应性和快速实施相关。熔融因此是快的。

[0030] 在一个实施例中,对于70质量%或更高通过2毫米筛网的粒子尺寸的前体混合物在前体混合物制备后的不到8小时在玻璃制造熔炉中使用前体混合物。平均粒子尺寸允许在工业上有利的存储时间下灵活实施。

[0031] 在一个实施例中,所述沙子是干燥的。引入的水量受到良好控制。在没有引入水的变型中,优选地与中等或高粒子尺寸相关联,减少了所消耗的能量。在水分含量小于0.1%的情况下沙子被认为是干燥的。可以通过在高于环境温度15℃至20℃下加热来干燥沙子。

[0032] 在一个实施例中,水以优选3质量%至4质量%存在于所述沙子中。避免了特意引入水的成本。

[0033] 在一个实施例中,氧化钙不含特意添加的氧化铝。在水、沙子和碳酸钠的混合过程中可能会引入氧化铝。

[0034] 在一个实施例中,在添加氧化钙之前或之后,将碎玻璃以总量的5%至40%之间的质量比例添加到玻璃前体混合物中。碎玻璃可能来自未分类的玻璃批料。这些批料具有已知的成分,以便将其他原料的量调节至所需的玻璃品质。

[0035] 在一个实施例中,玻璃前体混合物以固态制备。在浆料的情况下,避免了水的蒸发。避免了起始物料的初步熔融的能量消耗。

[0036] 在一个实施例中,玻璃前体混合物是在环境温度和增加20℃的环境温度之间的温度下制备的。

[0037] 在一个实施例中,玻璃前体混合物是在水、沙子、碳酸钠和氧化钙的初始温度的+0℃至+20℃之间的温度下制备的。加权平均值可以采取作为初始温度。

[0038] 在一个实施例中,在不引入热能的情况下制备玻璃前体混合物。避免了混合物的干燥,该干燥会产生粉末并因此产生批料粉尘。

[0039] 在一个实施例中,所述混合物在电熔炉中点燃。

[0040] 在一个实施例中,将水、沙子、苏打和氧化钙的混合物引入玻璃制造熔炉中,氧化钙的质量比例为混合物总量的1%至20%之间,并且混合物通过指向混合物的至少一个火焰燃烧器熔融。所述燃烧器提供了良好的产量,并且提供使批料粉尘朝着正在经受熔融或已经经受熔融的玻璃熔池的表面的上光效果(glazing effect)。

[0041] 在一个实施例中,引入燃烧器的氧化剂是氧气。批料粉尘的上光效果增强。

[0042] 在一个实施例中,水、沙子、碳酸钠和氧化钙分别以0至5%之间、40%至65%之间、1%至25%之间以及1%至20%之间的质量比例存在。

[0043] 在一个实施例中, Na_2CO_3 的脱碳在玻璃制造熔炉中以液相进行。

[0044] 本发明提出一种工业玻璃制造熔炉,其包括熔融玻璃储罐,位于储罐上方并由胸墙、山墙和冠部界定的燃烧加热室,与所述加热室连通的排烟管,沿平行于排烟管的方向放置的环形燃烧器,以及指向熔融玻璃储罐的火焰燃烧器。

[0045] 在一个实施例中,火焰燃烧器放置在熔炉的冠部中。

[0046] 在一个实施例中,玻璃制造熔炉是固定的。避免了旋转熔炉的易碎性。

[0047] 进行了以下报告的测试。

[0048] 1) 对钠钙硅玻璃前体混合物的批料进行温度测试

[0049] 称取20千克前体混合物的原料。将沙子干燥,然后再加湿至可再生的水分含量。在时间 t_0 下同时添加其他原料。在混凝土型搅拌机中进行混合100秒。抽取16千克并放在密闭容器中。在密闭容器中用放置在批料中心处的热电偶记录2小时的温度。对于5种批料而言,水是相同的。沙子和碳酸钠来自同一供应商的同一工业批料。比较钙的五种来源:

[0050] - 石灰石

[0051] - 白色生石灰A,散装输送, D_{50} 为0.1毫米

[0052] - 棕色生石灰B,散装输送, D_{50} 为0.1毫米

[0053] - 生石灰C,装在约1吨大袋中输送,口径为4/8毫米

[0054] - 生石灰D, D_{50} 为1.2毫米。

[0055] 标记 D_{50} 是指50质量%的材料具有较小的粒子尺寸,而50质量%的材料具有较大的粒子尺寸。口径是一种商业标记,表明主要的粒子尺寸位于4毫米至8毫米范围内。

[0056] 考虑到用于填充容器、用于安装热电偶和用于封闭容器的时间,图2中的曲线从时间 $t=t_0+5$ 分钟开始。曲线示出石灰石的温度升高小于 5°C ,大袋中输送的生石灰C的温度升高约 15°C ,生石灰D在 $t=t_0+35$ 分钟时的温度升高约 75°C ,散装输送的白色生石灰A在 $t=t_0+12$ 分钟时的温度升高约 75°C ,散装输送的棕色生石灰B在 $t=t_0+30$ 分钟时的温度升高超过 90°C 。

[0057] 生石灰C的低加热可以通过非常大的粒子尺寸以及通过初步水分吸收来解释,该水分吸收使生石灰部分水合并导致可能的能量增益损失。引入到玻璃制造熔炉中的熟石灰在热的作用下脱水,通过脱水所需的能量以及将额外的水加热到熔炉温度的能量来对能量平衡产生影响。但是,与小粒子尺寸的石灰相比,具有大粒子尺寸的石灰很少经受非自主水合,并且水合速度较慢。

[0058] 散装输送的白色生石灰A和棕色生石灰B以及之间的加热和加热时间的差异可以通过不同的成分来解释,但差异并不十分明显。

[0059] 经过实质加热的三批料的测试提供了一种混合物,该混合物会产生大量的批料粉尘,即由于烟囱的抽吸而部分损失并且未掺入到所获得的玻璃中的粉尘。此外,实质加热使混合物难以应付数小时。可以利用这种实质加热来点燃热的混合物并改善玻璃制造熔炉的热平衡。增益约为1%至1.5%。

[0060] 2) 相同混合物的定相的测试

[0061] 在处理过程中意外中断后,生石灰稍后被引入混合物中。已完成与水、沙子和碳酸

钠混合。沙子和碳酸钠来自的工业批料与第一次测试中的相同。石灰的口径为0/5毫米。5小时后加入石灰,如前进行其余测试。没有记录到加热:参见图3中的下部曲线。

[0062] 根据该结果,申请人进行了另外两个测试,在一个测试中将相同的生石灰掺入水、沙子和碳酸钠的预混合物中,而另一个测试中将水、沙子和碳酸钠的预混合物掺入相同生石灰中,在预混料的制造和掺入之间没有延迟:参见图3中的上部曲线。然后在两种情况下均发生了约40°C的显著加热。这里的“相同”生石灰的概念是来自制造商的同一次输送的生石灰,因此具有非常相似的为0/3毫米口径的粒子尺寸和相同的存储条件。生石灰来自章节4中的表格的1号样品。

[0063] 在具有延迟引入石灰的混合物制备中的延迟时间对于避免加热是有利的。然后将没有加热的混合物批料装入玻璃制造熔炉中。批料粉尘的比例与从石灰石生产的玻璃的批料粉尘的比例相当。

[0064] 3) 点火测试

[0065] 从相同的钠钙硅玻璃成分出发,申请人试图在同一熔炉中比较不同粒子尺寸的生石灰。从一个测试到另一个测试,其他原料是相同的。0/5毫米口径的生石灰给出的玻璃产量为23吨/天,以及来自同一供应商的2/6毫米口径的生石灰给出的玻璃产量为20.5吨/天。所述的生石灰分别来自章节4中表格的样品4和6。微细的生石灰比粗糙的生石灰在熔炉中熔融得更快,但包含更多空气。必须通过更长的脱气时间来从熔融的玻璃中排出空气。

[0066] 此外,申请人更喜欢包括最大量的粒子尺寸大于0.1毫米的粒子的生石灰,以避免批料粉尘、低于在4至6毫米之间最大值以快速熔融,以及在这些限值之间相对分散以减少点燃且需要从玻璃脱气的空气量。

[0067] 在玻璃制造熔炉中,混合物的熔融比基于石灰石的相同粒子尺寸的混合物熔融得更快,其组分导致基本上相同的玻璃。这种加速通过熔炉的日产量增加约22%来反映。

[0068] 在没有白云石的情况下在同一实验室熔炉中进行的测试中,每隔30分钟从熔炉中采集熔融玻璃样品。基于相同石灰石的相同成分的两种玻璃批料需要2小时30分钟和3小时加热才能恰当熔融。在这些时间之前采集的样品中含有未熔融的物质,其冷却后会破碎成粉末。基于相同石灰石的相同成分的玻璃批料在1000°C下预煅烧,具有烧失量为43.5%,粒子尺寸为0.1/2毫米,以及基于生石灰C的相同成分的玻璃批料。生石灰C按质量包含:CaO 97.1%,MgO 1.8%,SiO₂ 0.5%,Al₂O₃ 0.2%和Fe₂O₃ 0.16ppm。生石灰C具有的粒子尺寸为多于50%的不能通过3.15毫米筛网;18%的在通过3.15毫米筛网后不能通过2毫米的筛网;18%的在通过3.15毫米筛网后不能通过2毫米的筛网;少于5%的通过2毫米筛网后不能通过1.6毫米的筛网;少于5%的通过1.6毫米筛网后不能通过0.8毫米的筛网;少于5%的通过0.8毫米筛网后不能通过0.5毫米的筛网;少于5%的通过0.5毫米筛网后不能通过0.315毫米的筛网;少于5%的通过0.315毫米筛网后不能通过0.2毫米的筛网;少于5%的通过0.2毫米筛网后不能通过0.1毫米的筛网;少于10%的通过0.1毫米筛网后不能通过0.08毫米的筛网;少于5%的通过0.08毫米的筛网。加热2小时后,最后两种玻璃批料给出了合格质量的玻璃。白云石的缺乏是一种简化,其不能改变熔融时间减短的发现。

[0069] 4) 粒子尺寸测量

[0070]

筛 网 毫米	1 号石 灰	2 号石 灰	3 号石 灰	4 号石 灰	5 号石 灰	6 号石 灰	7 号石 灰	8 号石 灰
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

[0071]

	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%
4.000	0	0	0	3.3	19.6	6.9	17.8	24.4
3.150	0	0	0.1	2.3	25.1	10.7	18.3	19.3
2.000	18.1	15.9	6.9	9.1	35.4	22.9	25.6	21.8
0.800	37.2	32.7	22.9	20.1	8.1	19.4	13.6	11.3
0.500	10.9	10.5	11.5	8.8	1.2	5.5	3.2	2.6
0.400	3.9	3.5	4.5	3.5	0.3	1.9	1.1	1.0
0.200	9.7	19.8	15.7	10.5	0.9	5.3	3.1	3.0
0.100	8.3	13.5	27.9	23.3	1.0	7.9	10.9	8.8
余量	20.8	4	9.9	18.5	8.2	19.3	6.2	7.6

[0072]

筛 网 毫米	9 号石 灰	10 号 石灰	11 号 石灰	12 号 石灰	13 号 石灰	14 号 石灰	15 号 石灰	16 号 石灰
	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%	剩余%
4.000	29.5	4.0	0.2	0.1	1.3	0.8	0.9	0.9
3.150	21.5	3.4	1.3	0.5	1.0	0.8	1.4	1.3
2.000	22.4	15.0	4.3	9.1	10.0	2.9	5.5	3.9
0.800	15.2	32.8	13.1	26.7	29.8	12.7	15.3	14.6
0.500	2.6	12.9	8.2	14.6	14.9	9.7	10.1	9.8
0.400	0.7	4.2	3.6	5.5	4.4	3.9	3.6	3.9
0.200	1.8	10.1	12.2	16.9	13.0	13.2	14.2	11.8
0.100	4.2	13.8	34.9	12.6	13.6	24.8	31.7	40.8
余量	2.1	3.6	22.0	14.0	11.9	30.5	17.2	11.8

[0073] 这些粒子尺寸测量表明,该参数随石灰包装(大袋,散装等)、石灰的处理和移动以及储存条件和时间而变化。所需的粒子尺寸包括在0.1毫米和4毫米之间的最大可能数量的粒子,例如90质量%不能通过0.1毫米的筛网,以及少于5质量%不能通过4毫米的筛网。优选的粒子尺寸是:多于95质量%不能通过0.1毫米的筛网,以及小于1质量%不能通过4毫米的筛网。

[0074] 5) 批料粉尘量

[0075] 工业玻璃制造熔炉的烟道装配有分流器(shunt),用于回收和称重批料粉尘的一部分。在测试运行期间使用了相同的分流装置。开始时,使用相同的原料进行测试,除了将

石灰石更改为CaO以及在出口处和24小时内获得具有相同组分的玻璃之外。使用包含石灰石的常规混合物和带冠形燃烧器的循环熔炉进行第一系列的测试。使用包含4号生石灰的混合物和带冠形燃烧器的循环熔炉进行第二系列测试。混合物的成分为1367千克沙子,112千克白云石,416千克碳酸钠,4千克硫酸钠,160千克生石灰,30千克氧化铝。回收的批料粉尘量构成用于相互比较的相对测量值。它们没有相对于所生产的玻璃吨数进行表示。这些是以克为单位的原始值:

[0076] 第一系列:平均值:43.15;标准偏差:14.65。收集的粉尘是由于下述两个效果造成的:粒子飞散和汽化,然后气态物质在放置在烟道中的冷却指状物上再凝结以回收粉尘。由申请人确定这第二种效果。

[0077] 第二系列:平均值:45.2;标准偏差:7.85。用于第一系列的分析适用。在十一个月的运行中不需要清理烟道。回收的粉尘主要含有硫酸钠,它比通常在烟道中发现的硫酸钙更易于清洁。由此推断,减少了批料粉尘中Ca的损失。

[0078] 总之,难以测量烟道中的粒子数量,因此有必要进行解释。在测试条件下,使用由石灰石的煅烧得到的CaO在熔炉中不会产生与在冠形燃烧器中使用CaCO₃相同的颗粒的批料粉尘。

[0079] 在对其测试之后,申请人开发了用于玻璃制造熔炉的玻璃前体混合物的制备方法,其中首先分别以0至5%之间,40%至65%之间以及大于0和不大于25%的质量比例混合水、沙子和碳酸钠,其次,以总量的1%至20%之间的质量比例加入氧化钙。首次混合之后至少一小时添加CaO。材料处于环境温度下。水被碳酸钠吸收,并变得很少可用于CaO。

[0080] 水通过对微细粒子的凝聚作用而降低了对批料粉尘的敏感性。

[0081] 对于钠钙硅玻璃而言前体混合物包含:0至3%的水,65%至75%的沙,10%至15%的碳酸钠,10%至25%的生石灰,0至6%的氧化镁,0至2%的精制剂、着色剂和脱色剂。

[0082] 硼硅酸盐玻璃包含:7%至13%的三氧化硼(B₂O₃),4%至8%的碱性氧化物(Na₂O;K₂O),2%至7%的氧化铝(Al₂O₃),0至5%的其他碱性氧化物(CaO,MgO等)。可以从根据本发明的前体混合物制造包含CaO的硼硅酸盐玻璃。

附图说明

[0083] 通过阅读下面的详细描述和附图,本发明的其他特征和优点将变得显而易见,其中:

[0084] -图1是根据一个实施例的玻璃制造熔炉的示意性立体图。

[0085] -图2示出适于石灰石和生石灰的加热随时间变化的曲线。

[0086] -图3示出适于含石灰的三种混合物的加热随时间变化的曲线。

[0087] -图4示出十次测试的加热随时间变化的若干曲线,这些曲线随起始物料的温度、水分含量、预混合和引入生石灰之间的延迟以及碳酸钠粒子尺寸的变化而变化。

[0088] -图5示出图4曲线在水分含量参数上的选择。

[0089] -图6示出图4曲线在温度参数上的选择。

[0090] -图7示出图4曲线在碳酸钠粒子尺寸参数上的选择。

[0091] 在适当的情况下,附图不仅可以用来完成本发明,而且可以有助于其定义。

具体实施方式

[0092] 玻璃制造熔炉1具有至少一个环形燃烧器和至少一个冠形燃烧器。环形燃烧器基本上水平地定向,靠近氧化剂入口。火焰基本水平地在熔池上方延伸。该熔池是在开始加热待熔融的起始物料即玻璃前体混合物,然后加热正在生产的逐渐转变成具有所需品质的工业玻璃的熔融玻璃组成的。冠形燃烧器基本垂直地定向在熔炉的顶壁中。火焰基本垂直地朝向熔池延伸。

[0093] 玻璃制造熔炉1包括用于批料生产的熔融玻璃储罐2。玻璃制造熔炉1包括位于熔融玻璃熔池上方的燃烧室3以及由界定燃烧室3的冠部5和垂直部分(称为胸墙(长)或山墙(宽度)6)组成的上壁4。熔炉1包括供有燃料油或气体的至少一个环形燃烧器7。玻璃制造熔炉1包括供有燃料油或气体的至少一个冠形燃烧器8。玻璃制造熔炉1包括氧化剂入口9。氧化剂可以是空气和/或氧气。

[0094] 燃烧器8安装在冠部5中。燃烧器8是从顶部向下指向熔池上表面的火焰燃烧器。燃烧器8定位成使其火焰位于由燃烧器7产生的气体运动最大的区域之外。燃烧器8基本上位于冠部5的顶部处。燃烧器8在长度方向上基本上位于熔炉1的中间。

[0095] 在其中一个胸墙中设有用于向熔炉1供给待熔融的原料、特别是前体混合物的孔或角部11。没有示出用于抽取精制玻璃的构件。

[0096] 储罐2和上壁4由耐火材料制成,并用远离高温区域的外部金属结构加固。燃烧器7是在燃烧室3中水平定向的火焰燃烧器。燃烧器7安装在氧化剂入口9的下方。

[0097] 玻璃制造熔炉1包括烟道出口10,烟道出口10容纳在熔融玻璃熔池上方的竖直壁6之一中。燃烧器7和烟道出口10可以设置在相同的小侧上,使得所述燃烧器7的火焰和烟气遵循燃烧室4中的U形路径。U形路径称为常用行话中的回路路径。燃烧器7和烟道出口10可以是平行的。燃烧器7和烟道出口10出现在燃烧室3中。

[0098] 在烟气运动的方向上的烟道出口10的下游,该装置可以包括烟道。烟道是基本上水平的排烟管。烟道经由烟道出口10与燃烧室3流体连通。烟道由耐火材料制成,该耐火材料由远离高温区域的外部金属结构增强。烟道无阀门。烟道将烟气引导至烟囱或热回收装置或用于加热氧化剂的蓄热器。

[0099] 环形燃烧器7和冠形燃烧器8的组合使用提供了高产率和熔池表面的上光。上光是在冠形燃烧器8的火焰作用下熔池表面区域的快速熔融。快速熔融防止粉尘从所述区域释放。更快地获得上光。

[0100] 此外,进行与相应于平均环境存储温度的起始物料的温度 T_{sm} 和所测量的沙子/苏打混合物的水分含量H相关的测试,该测试是关于在水、沙子和碳酸钙的混合(混合作用)和氧化钙(生石灰)的添加之间的延迟时间D的。也将例如长石、似长石和/或煅烧氧化铝形式的氧化铝与水、沙子和碳酸钠混合。这些测试在图4至图7中报告。测得的温度在y轴上,以及时间在x轴上。在将生石灰引入预先包含预混合物的混合物中的时刻,将曲线在公共参考上设置在x轴上。延迟D从测试1、5和6的20分钟到测试7的60分钟。

[0101] 在此,将水供应到干沙子中并混合3分钟。接下来,将碳酸钠和氧化铝与湿沙子混合2分钟。进行预混合物的水分含量H和温度T的测量。在引入碳酸钠和氧化铝之前存在的水通过碳酸钠的水合反应与碳酸钠反应,温度升高几度。碳酸钠至少在曲线1至3的测试中与所述水反应。在曲线4的测试中,游离水依然存在,因为随后添加氧化钙会引起强烈而剧烈

的温度升高。在曲线1至3的测试中,游离水基本上没有剩余,因为随后添加氧化钙不会引起任何温度升高。此外,在添加氧化钙后的多于一个小时将供应水作为检查会导致强烈而剧烈的温度升高。

[0102] 之后,加入氧化钙并混合。在容积为150升的混凝土搅拌机型的搅拌机中进行搅拌。每次测试中使用的量为:19千克到20千克。起始物料的性质和来源与测试1至10相同。最后,测试1至10是由同一个人按照相同的规程、使用相同的混凝土搅拌机以相同的转速进行的。测量和测量精度对应于比基础研究实验室更接近于生产运行实际的半工业测试进行,其目的是识别工业规模发生的现象。使用的质量是13千克的沙子、4千克的碳酸钠、2千克的氧化钙、0.24千克的氧化铝和水,以达到所需的百分比。

[0103] 沙子具有的成分为:至少99%的 SiO_2 ,小于1%的 Al_2O_3 ,小于0.1%的 K_2O ,小于0.03%的 TiO_2 ,小于0.015%的 Fe_2O_3 。其他元素为微量(in trace amount)。沙子具有的粒子尺寸D50介于0.20毫米至0.25毫米之间。沙子具有的粒子尺寸为不超过3%的0.355毫米的筛网保留,以及不超过1%的通过0.125毫米的筛网。

[0104] 碳酸钠具有的成分为:99.75%的 Na_2CO_3 ,0.03%的 NaCl 和小于0.1%的 H_2O 。其他元素为微量。碳酸钠具有的粒子尺寸D50介于0.15毫米和0.25毫米之间。碳酸钠具有的粒子尺寸为不超过0.5%的0.600毫米的筛网保留,至少90%的0.150毫米的筛网保留,以及不超过2%的通过0.075毫米的筛网。

[0105] 氧化钙具有的成分为:至少93%的 CaO ,小于2%的 MgO ,小于2%的 CO_2 ,小于0.1%的 Fe_2O_3 ,小于0.06%的S。其他元素为微量。氧化钙具有的粒子尺寸D50介于0.08毫米至0.12毫米之间。氧化钙具有的粒子尺寸为不超过1.6%的5.00毫米的筛网保留,以及不超过55%的通过0.090毫米的筛网。

[0106] 测量在添加氧化钙后一小时内达到的最高温度 $T_{\max}$ 。通过将温度探针插入到在搅拌机中包含的混合物中来进行温度测量,搅拌机已经关闭。在图4的所有曲线上观察到的第一个温度凹陷对应于以下步骤:收回温度探针,添加氧化钙,打开搅拌机2分钟,再次插入温度探针。在曲线1、2和3中观察到的第二个温度凹陷对应于额外步骤:添加超过指示量的过量水在引入所述氧化钙后多于一个小时检查氧化钙的存在。水的添加通过氧化钙水合的放热反应反映出来,氧化钙水合将其转化为氢氧化钙。在所述添加过量水之后观察到的温度升高使得可以推断出氧化钙预先保持存在于混合物中。

[0107] 此外,在添加氧化钙之前对所有曲线的精细观察显示出温度升高,温度升高表明水-碳酸钠反应。达到的温度随水的比例而升高,特别是一方面是在曲线1、2、3、7和4之间以及另一方面是在曲线6和5之间的比较。

[0108] 在添加氧化钙之前,达到最高温度,即曲线4在混合动作结束后约1分钟(即将碳酸钠和氧化铝放置成与沙子和氧化铝接触后约3分钟)内非常迅速,即混合动作结束后约10分钟内其他曲线更慢。达到最大值后的温度降低表明水-碳酸钠反应已经停止。所述反应的结束表明,要么所有可用的水都被吸收,要么所有可用的碳酸钠已被水合并且剩余有游离水。因此,曲线4的快速反应对应于碳酸钠与过量水的水合。

[0109] 加入氧化钙后,测量温度:

[0110] 1) $D=20$ 分钟 $T_{\text{sm}}=30^\circ\text{C}$ $H=1\%$ 。 $T_{\max} < T_{\text{rm}} + 15^\circ\text{C}$ 。

[0111] 2) $D=30$ 分钟 $T_{\text{sm}}=30^\circ\text{C}$ $H=2\%$ 。 $T_{\max} < T_{\text{rm}} + 15^\circ\text{C}$ 。

- [0112] 3) $D=30$ 分钟 $T_{sm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=3\%$ 。 $T_{max}<T_{rm}+15^{\circ}\text{C}$ 。
- [0113] 4) $D=30$ 分钟 $T_{sm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=5\%$ 。 $T_{max}>100^{\circ}\text{C}$
- [0114] 5) $D=20$ 分钟 $T_{sm}=1^{\circ}\text{C}$ $H=2.7\%$ 。 $T_{max}<T_{rm}+15^{\circ}\text{C}$ 。
- [0115] 6) $D=20$ 分钟 $T_{sm}=1^{\circ}\text{C}$ $H=1.8\%$ 。 $T_{max}<T_{rm}+15^{\circ}\text{C}$ 。
- [0116] 7) $D=60$ 分钟 $T_{sm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=4.1\%$ 。 $T_{max}<T_{rm}+15^{\circ}\text{C}$ 。
- [0117] 8) $D=25$ 分钟 $T_{sm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=3.44\%$ 。 $T_{max}<T_{rm}+15^{\circ}\text{C}$ 。
- [0118] 9) $D=30$ 分钟 $T_{sm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=5.1\%$ 。 $T_{max}>100^{\circ}\text{C}$
- [0119] 10) $D=30$ 分钟 $T_{sm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=3.8\%$ 。 $T_{max}>60^{\circ}\text{C}$ 。

[0120] 在测试2至4和7中,在水-沙-碳酸钠混合(混合作用)的情况下低于 10°C 加热发生。由于在引入氧化钙上的过度加热,因此测试4、9和10不能令人满意。一方面测试2和6的比较和另一方面测试3和5的比较表明原料的初始温度 T_{rm} 对最高温度 T_{max} 几乎没有影响。一方面测试2、3和4的比较和另一方面测试5和6的比较表明水分含量在阈值以下影响很小。对于 $D=30$ 分钟,阈值位于大于 4.1% 且小于 5% 之间。然而,持续时间 D 的影响具有上限,该上限由碳酸钠吸收可用游离水的能力设定。但是,测试表明,水量必须大大低于理论上的最大阈值。

[0121] 此外,碳酸钠的粒子尺寸对持续时间 D 有影响。在一定程度上,粒子尺寸越微细,水的吸收越快,但是存在开始固化成固体的风险。如果固化成固体,则水仍可用于生石灰,因此需要避免加热。

[0122] 在碳酸钠的高粒子尺寸的情况下,申请人提出与水的反应受到限制的假设,所述反应发生在碳酸钠微粒的表面处,但是很少或根本不发生在所述粒子内部。由于 SiO_2 实际上不存在水合能力,因此沙子的粒子尺寸具有很小的影响。

[0123] 用冷混凝土搅拌机在约 0°C 下进行测试2,这减慢了碳酸钠的水合反应。在添加氧化钙之前,测试2在曲线部分并不完全具有代表性。通常,可以以加热混凝土搅拌机和/或在高于环境温度的更高温度下进行混合的形式进行能量输入,例如使用火焰燃烧器、电加热或将蒸汽注入混合物中,同时保持在低于 47°C 的混合温度。

[0124] 因此,对于持续时间 D 为至少1小时的在添加生石灰之前混合物中水分含量为 4.1% 的测试以及对持续时间 D 为至少10分钟的水分含量为 3% 的具有共同的碳酸钠粒子尺寸的测试提供满意的结果。由于在10分钟之前达到最高温度,超过10分钟的持续时间 D 的小影响使得对于持续时间 D 为10分钟的在添加生石灰之前混合物中最大水分含量为 4.1% 是有利的,并且相对于测量的不精确性或工业公差将甚至是通用的。

[0125] 分析曲线的左侧部分可提供信息。在时间0到出于供应 CaO 的目的而收回探针的时刻(取决于测试在20;30;60分钟)之间的温度变化反映了碳酸钠与湿沙子接触后的水合反应。在这些时刻之间,识别了一个时间段,在该时间段内找到了局部最高温度 T_{Na} 。局部最高温度 T_{Na} 表示碳酸钠水合反应已基本终止:

- [0126] 1) $D=20$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=1\%$ 。 T_{Na} 5至7分钟。
- [0127] 2) $D=30$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=2\%$ 。 T_{Na} 13至15分钟。
- [0128] 3) $D=30$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=3\%$ 。 T_{Na} 5至7分钟。
- [0129] 4) $D=30$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $H=5\%$ 。 T_{Na} 1至2分钟。
- [0130] 5) $D=20$ 分钟 $T_{rm}=1^{\circ}\text{C}$ $H=2.7\%$ 。 T_{Na} 11至13分钟。

[0131] 6) $D=20$ 分钟 $T_{rm}=1^{\circ}\text{C}$ $CH=1.8\%$ 。 T_{Na} 约15分钟。

[0132] 7) $D=60$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $CH=4.1\%$ 。 T_{Na} 17至19分钟。

[0133] 8) $D=25$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $CH=3.44\%$ 。 T_{Na} 7至9分钟。

[0134] 9) $D=30$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $CH=5.1\%$ 。 $T_{Na}>25$ 分钟。

[0135] 10) $D=30$ 分钟 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ $CH=3.8\%$ 。 T_{Na} 25至27分钟。

[0136] 起始物料的初始温度 T_{rm} 对水-碳酸钠反应的速率有影响。通过测试2和6之间的比较以及3和5之间的比较,在 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ 时,反应比在 $T_{rm}=1^{\circ}\text{C}$ 时更快;测试4的反应速度证实了存在过量的水使碳酸钠更快地水合。7号测试中反应的相对缓慢表明水-碳酸钠平衡。1号和3号测试之间的稳定性表明,对于初始温度为 30°C 或更高的原料,大约10分钟的持续时间 D 足够且充沛。1号和3号测试之间以及6号和5号测试之间的这种稳定性表明,碳酸钠相对于水过量时,反应速度很少取决于水分含量。

[0137] 此外,在测试2和3中随后的添加过量的水过程中以及在测试4中添加氧化钙的过程中,温度非常迅速地升高,并且粉尘的强烈进化同时发生。

[0138] 由于测试1固有的原因,测试1中曲线的右侧(从1:49:20开始)不具有代表性。这种类型的反应是典型的生石灰水合,其是高度放热的反应。因此证实了添加到含有5%水的混合物中的生石灰的立即水合和添加到包含2%或3%水的混合物中的生石灰没有水合。此外,分别包含3%和4.1%的水的测试3和7的温度曲线在添加生石灰之前和之后具有非常相似的形状。这种强烈的相似性表明,含水量为4.1%的混合物不含任何游离水。

[0139] 使用碳酸钠细粉通过0.250毫米筛网进行测试8和9,而使用不能通过0.500毫米筛网但通过1.000毫米筛网的粗糙碳酸钠粒子进行测试10。对于测试1至7,碳酸钠的来源和批料相同。进行过筛。

[0140] 选择的测试8和10的水分含量表明结果令人满意,而选择的测试9的水分含量高以测试粒子尺寸对最大水分含量的可能影响。测试8的曲线接近测试3的曲线。测试8解释为由碳酸钠在不到10分钟的较短时间内产生游离水的总消耗量以及相对于初始温度 T_{rm} 的温度升高小于 15°C 。微细粒子尺寸在3.44%的水分含量下没有任何重大影响。高水量含量的测试9显示出比测试4慢得多的碳酸钠水合反应。这可以通过将前体混合物固化成固体而伴有易于减慢反应的结皮现象(crusting phenomena)来解释。

[0141] 较大粒子尺寸和3.8%水分含量的测试10给出的曲线不同于在碳酸钠水合步骤中的其他测试。温度升高超过25分钟,这表明碳酸钠水合反应持续进行。在出于引入氧化钙的目的而收回温度探针的过程中,关于是否已经达到最高温度仍存在不确定性。由于碳酸钠的大粒子尺寸,碳酸钠水合的缓慢导致碳酸钠的减少的可用活性表面。

[0142] 在添加氧化钙期间,测试8示出与测试3和7相当的温度升高,因此是令人满意的。用于水合氧化钙的可用水的存在非常低。测试9示出与测试4相当的温度升高,因此温度升高过高。减小粒子尺寸在添加氧化钙的步骤中没有提供任何有利效果,并且存在固化成固体的风险。通过选择2%或更少的水分含量可以降低此类风险。

[0143] 在添加氧化钙期间,测试10示出比温度 T_{rm} 高出约 30°C 至 35°C 的温度升高。这种升高导致温度从 $T_{rm}=30^{\circ}\text{C}$ 开始超过 60°C 。在 60°C 时,释放刺激性粉尘的风险是高的。增大粒子尺寸会提供在添加氧化钙上过度加热的风险,尤其是在温度 T_{rm} 大于 15°C 时。通过选择3%或更少的水分含量可以降低这种风险。

[0144] 从测试8到10推断出纯微细粒子尺寸和纯粗糙粒子尺寸的无利可图和一些缺点。因此,优选提供碳酸钠源,其粒子尺寸集中在0.250毫米至0.500毫米之间。如测试1至7所示,这可能包括小部分的粒子,其中一些小于0.250毫米,而其他则大于0.500毫米。因此,适于使用下述碳酸钠粒子尺寸,少于5%的通过0.075毫米的筛网,少于15%的通过0.150毫米的筛网,以及少于5%的不能通过0.600毫米的筛网。

[0145] 在提供具有高粒子尺寸的碳酸钠的情况下,则水分含量将被限制为3%。碳酸钠的水合速度将快于测试10中的碳酸钠的水合速度,并且引入氧化钙后的温度相对于环境温度将保持在+0至+15℃的范围内。

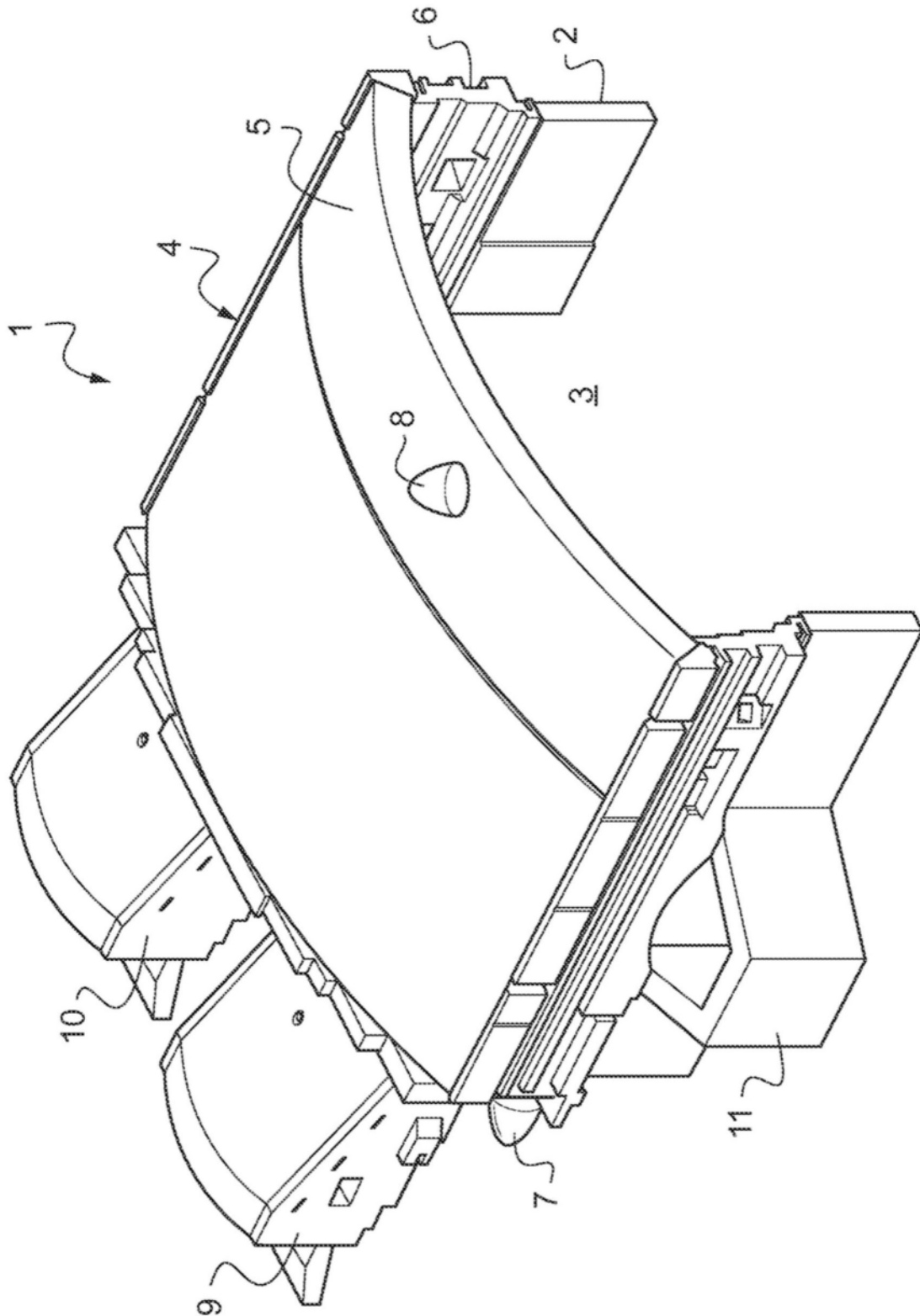


图1

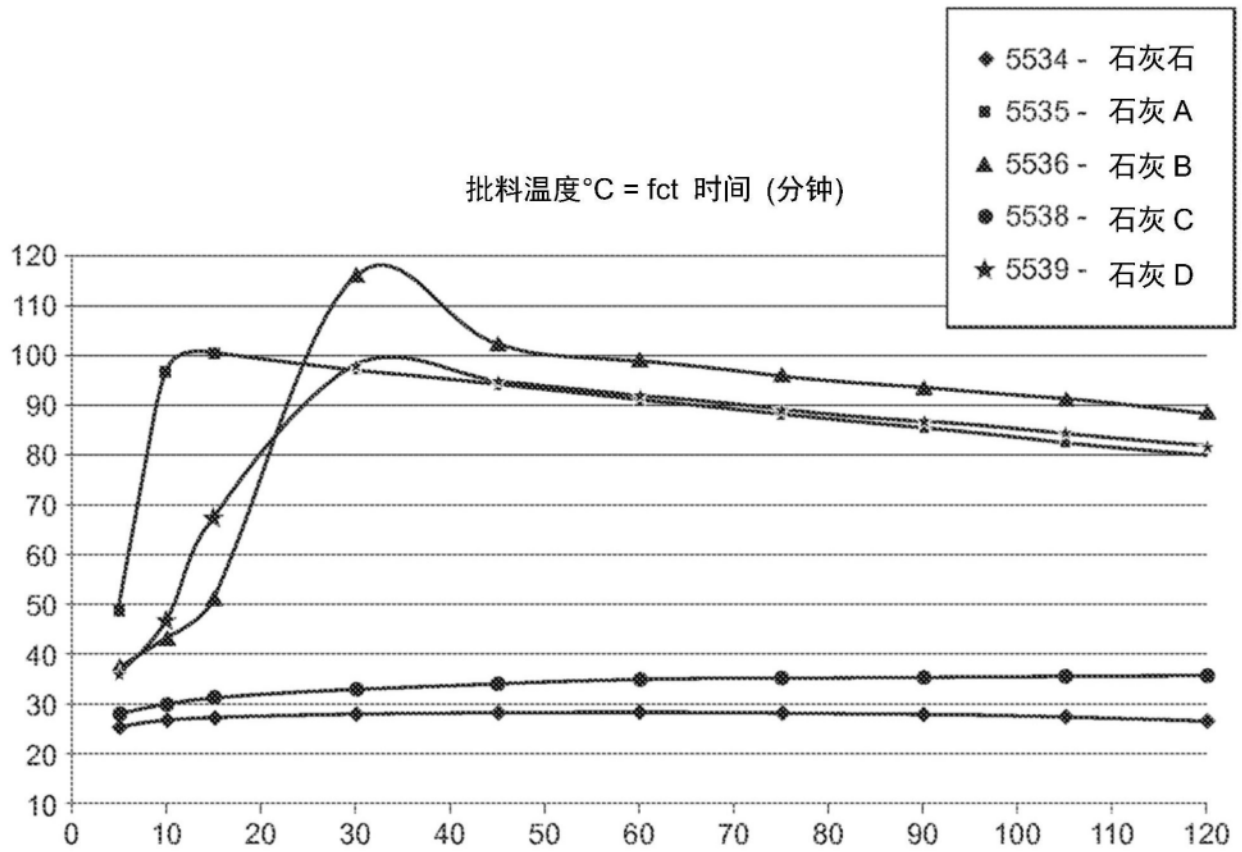


图2

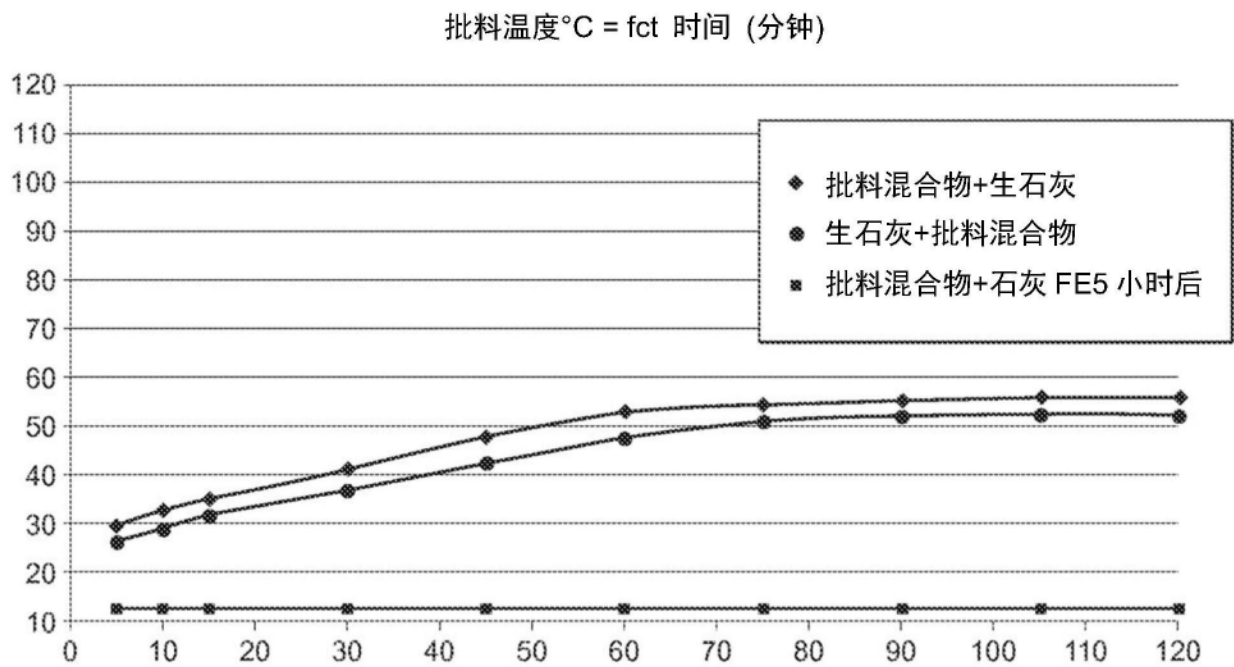


图3

批料温度°C = fct (时间)

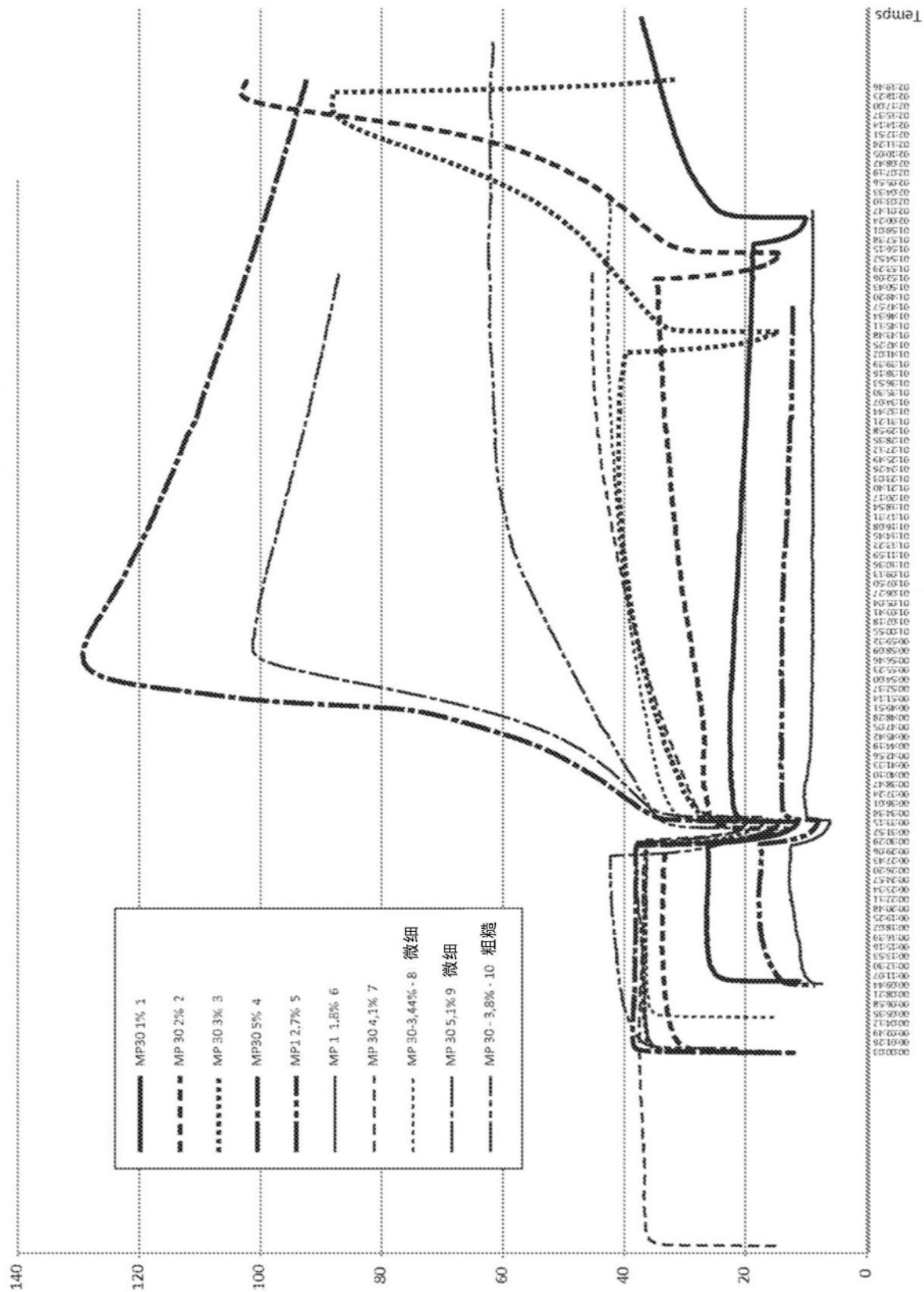


图4

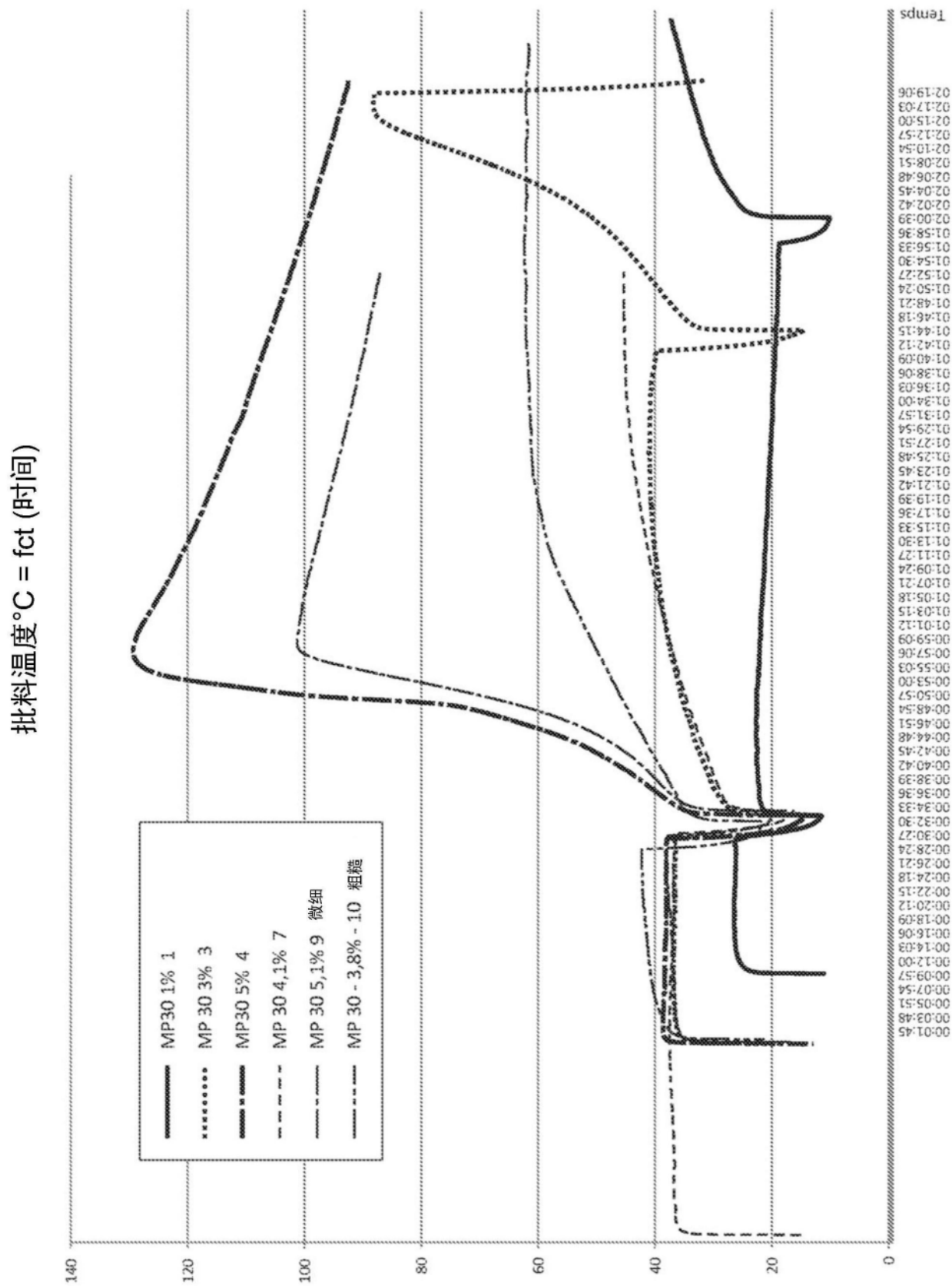


图5

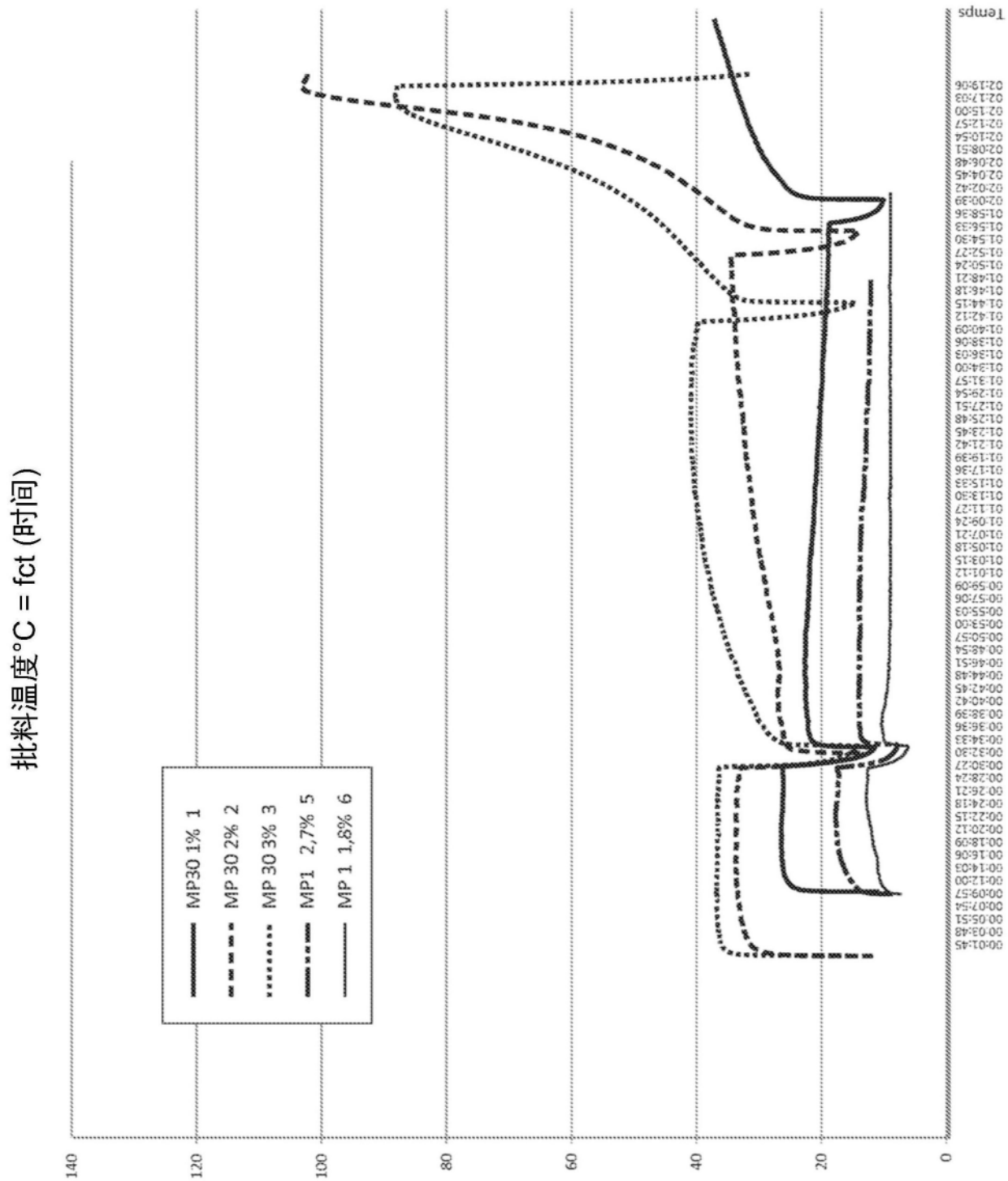


图6

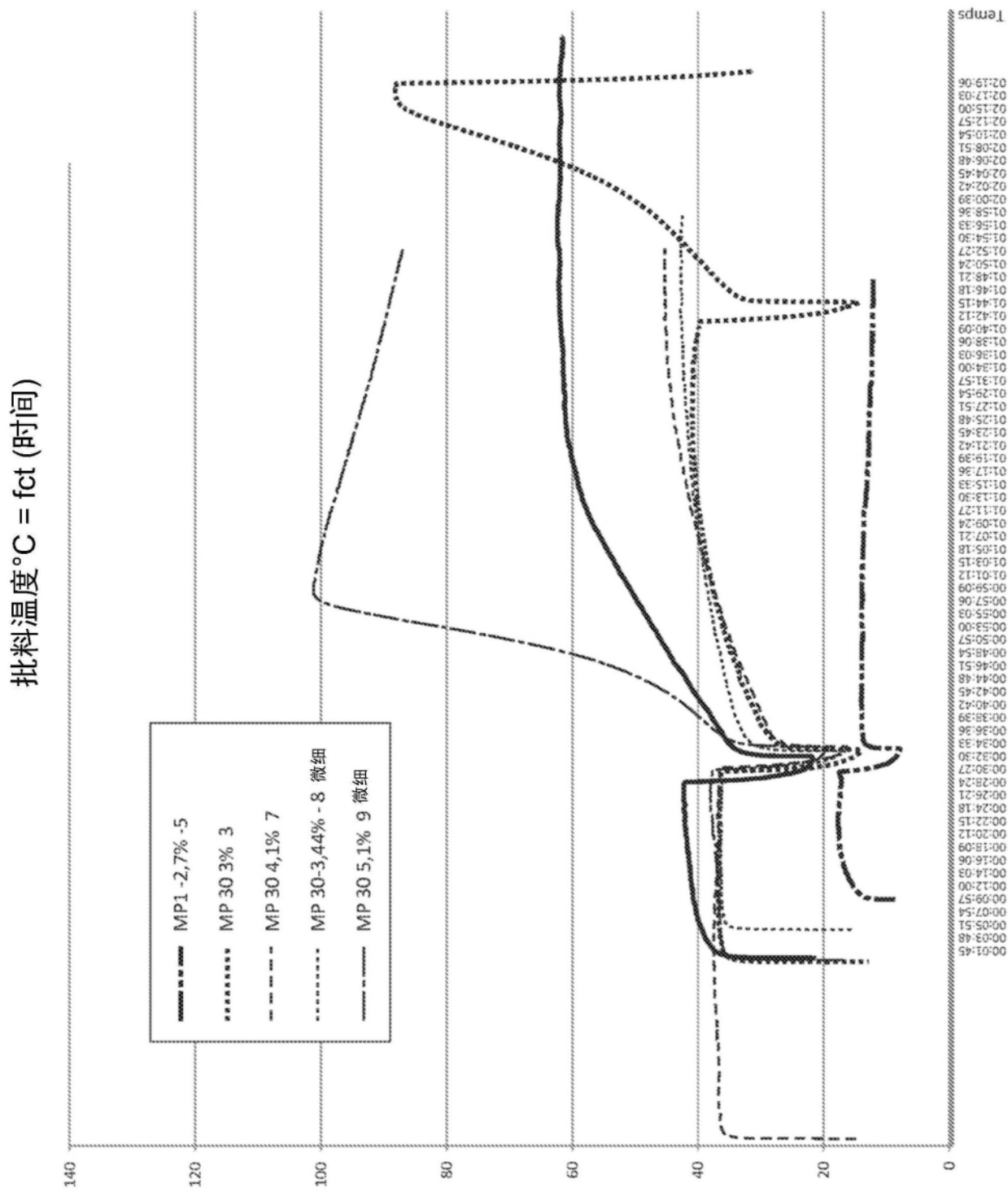


图7