

建材情报资料

总第8230号

玻璃陶瓷类 2

国外平板玻璃工业节能

(节能专题技术汇编资料之一)

全国建材工业玻璃专业情报网
国家建材局技术情报标准研究所

1982年12月



前 言

全国建材工业玻璃科技情报网组织编写了“国外平板玻璃工业节能专题资料之一”，本文共搜集了五篇文章，由于时间仓促，水平有限，难免有不妥之处，请批评指正。

目 录

一、国外玻璃配合料的块化、粒化和预热技术	(1)
(一)发展概况	(1)
(二)配合料的预制备工艺	(2)
1.密实配合料制备工艺.....	(3)
2.粒化料、块化料制备工艺.....	(4)
3.苛化配合料工艺.....	(9)
4.粒化、块化料的预热技术.....	(10)
(三)预处理配合料与粉料的技术经济效果比较	(12)
(四)结束语	(14)
二、国外玻璃熔窑的保温	(15)
(一)熔窑各部位的保温作用.....	(16)
(二)熔窑保温应注意的一些问题	(19)
(三)熔窑保温的工业性试验、生产实例以及新型保温材料的采用	(20)
1.熔窑保温的工业性试验.....	(20)
2.熔窑保温的几个生产实例.....	(21)
3.新型保温材料的使用.....	(26)
(四)熔窑外围结构的表面热损失计算	(30)
三、国外玻璃熔窑废气余热的综合利用	(32)
(一)废气余热的一次利用	(32)
(二)废气余热的二次利用	(33)
1.用余热锅炉生产蒸汽和发电.....	(33)
2.用废气余热干燥砂子等.....	(39)
3.用废气余热预热配合料.....	(39)
四、国内外平板玻璃工业所用燃料的发展概况与发展动向	(40)
(一)国外所用燃料的发展概况与发展动向	(40)

1. 发展概况	(40)
2. 燃料的选择	(43)
3. 发展动向	(44)
(二) 国内平板玻璃工业燃料使用现状和存在的主要问题	(45)
1. 国内平板玻璃生产概况	(45)
2. 燃料使用现状	(45)
3. 目前存在的主要问题	(46)
(三) 对发展我国平板玻璃工业所用燃料的几点看法	(47)
五、国外玻璃工业用燃料燃烧技术的改进	(48)
(一) 玻璃工业用燃料的发展趋势	(48)
(二) 燃烧技术的改进	(49)
1. 燃烧器的选择	(49)
2. 过剩空气系数的控制	(51)
3. 增氧燃烧	(52)
4. 燃油掺水	(53)
5. 浸没式燃烧	(53)
6. 燃烧控制	(54)

一、国外玻璃配合料的块化、粒化和预热技术

(一) 发展概况

迄今为止，世界各国一直都采用粉状玻璃配合料生产玻璃。这种将各种原料经过粉碎到一定粒度后混合而成的粉状松散料，在玻璃生产过程中存在以下缺点：

(1) 在输送、贮存等过程中，易产生分层和粉尘飞扬。

(2) 在熔窑内因料层传热效果不佳而导致热效率降低。

(3) 窑内粉尘飞扬堵塞蓄热室格子砖、阻碍助燃空气正常通过，降低预热效率，其结果，不但降低了熔窑热效率及增加了耐火材料侵蚀，而且影响了产品质量，缩短了熔窑寿命。

为了克服以上的缺陷，早在一百多年前，俄国学者丘古诺夫曾提出过用配合料压成块代替粉料的设想。随后有关配合料成团方面的研究也陆续开展了起来。所谓成团，一般是指将松散的粉料压实成致密的块状物，它包括粒化、压块、压实或其它致密化过程。

据文献记载，最早的试验研究工作是在1890年开始的。

德国从本世纪二十年代起就开展了这方面的研究工作，到七十年代已取得了可喜的成果。据资料介绍，在熔窑温度达1300℃时，采用粒化料可缩短熔化时间四分之一左右，粒化料的传热系数高、扩散速率比粉料快50%。按理论计算，12.5公斤粉料的能耗为 6.4×10^8 千卡，而粒化料只需 5.9×10^8 千卡。

美国从三十年代起开始从事这方面的研究。1935年福特汽车公司的一家玻璃厂开始试用块化料生产玻璃，这项试验实际延续了二十年之久。这种料块是往粉料内加入水玻璃作为粘结剂压成的。窑内试验用料块尺寸为50×38毫米。以后提出了许多配合料方面的预处理方案，但都没有得到实施。

由于美国政府对玻璃窑内排除的污染物量进行严格限制，从1968年起，美国FMC玻璃公司在矿物研究院科罗拉多学校的福特汽车公司玻璃工艺试验室开始了块化、预加热、预反应方面的研究。在此基础上，于1977年又进行了中间试验。试验结果是：使用块化料可节能25%，经过预加热的块化料其节能可达50%。

1977年9月，美国康宁公司和巴特尔(Battelle)公司受环境保护局委托，进行了利用废热预加热块化料的试验，其目的是为了达到节约熔窑熔化时的能耗和净化废气的目的。

美国匹兹堡和福特两公司曾对浮法玻璃配合料进行了粒化、块化料方面的研究。1978年，美国期刊报道了福特汽车公司对浮法窑玻璃配合料的粒化和预热技术进行了试验，并取得了专利权。该项专利的主要内容是将压制好的料块用大窑废热进行预热。据称生产每吨玻璃可节省燃料费2~4美元。

日本从事这方面的研究工作是从六十年代初开始的。

1960年日本玻璃原料公司第一个生产能力为150吨/日的配合料粒化装置投产。该装置每班只有3名工人管理。熔窑改用粒化料后，产量由130吨/日增至180吨/日。

1965年，日本化工原料公司有三条粒化料生产线专为一些生产瓶罐玻璃、铅、硼硅酸盐

玻璃工厂提供烘干好的粒化料。据1973年报道，该公司每月生产粒化料达10,000吨。除此之外，还在进行预热方面的研究。

到1968年底，日本共建了四个生产粒化料的车间。但生产的粒化料主要是供应日用器皿玻璃熔窑使用。

日本旭玻璃公司与山村玻璃公司合作于1965年进行了粒化料方面的研究，由于配合料预处理成本高而中止。目前旭玻璃公司有6台压块机在生产。

日本中央玻璃公司与川崎重工从1975年起着手对配合料与助燃空气用废热的预热及粉状配合料、粒化料的初熔融等进行试验研究工作，并申请了许多项专利。

日本板玻璃公司从1974年起也对粒化料进行研究。

苏联很早就开展了这方面的研究工作，并成功地研究出了制备苛化配合料的“石灰法”和“白云石法”。据说以上两种方法制备苛化料比直接用氢氧化钠制造苛化料的成本降低了二分之一。

1978年，苏联汽车玻璃厂投产了苏联第一条苛化料生产线。用这种苛化配合料熔制玻璃，其过程可加快30%，燃料可节省15%。

此外，瑞典、东德、法国、比利时、英国、意大利、加拿大等国也都在从事这方面的研究。研究的内容除容器玻璃、浮法玻璃配合料外，还有铅玻璃、硼硅酸盐玻璃、特种玻璃以及人工吹制玻璃等配合料的苛化、粒化和预加热处理。

五十年代以前，研究配合料预处理的目的是解决玻璃粉料的扬尘和分层，以提高熔窑的熔化能力。重点是研究配合料的密实和压块问题。

进入六十年代，随着工业的高速发展，环境污染问题日益严重起来。为了解决环境污染问题，许多国家都制定了工业排除污染物限量规定，于是，围绕环境污染问题，开展了对配合料预处理研究。这一时期的重点是压块、粒化和预加热。

七十年代以后，浮法玻璃生产熔窑日趋大型化，一般每座窑为500~700吨/日（目前最高达907吨/日），只从改变窑炉结构，扩大熔化面积上增加生产能力，从技术上讲是很困难的，只好从提高玻璃熔窑的熔化率方面找出路。另外，在世界范围内出现了能源危机。从节能的角度讲，配合料的预处理也日益显示出它的优越性。各国对此都很重视，大多倾向于研究配合料的苛化、粒化和预加热技术。

（二）配合料的预制备工艺

目前，从加工工艺方法分，配合料预制备工艺有密实、块化和粒化三种。

根据其使用粘结剂的情况又可分为：无粘结型（即用水或依靠压力）、辅助粘结剂型（如使用淀粉、树脂、木质素、粘土）、改进外加剂型（即添加石灰石，苛性钠等）。

经过密实的配合料可直接送进大窑里，而经过块化或粒化的配合料则要进行干燥、烧结、预热，然后再送进大窑里。干燥的目的是排除成粒时带进的水分，使颗粒料提高强度，避免在运输过程中破碎。干燥温度一般在100~200℃之间。预热的作用是促进配合料组间的预反应，温度一般在700~900℃之间。

配合料压块（或粒化）和预热技术。对防止配合料分层，提高熔化速度和玻璃质量，节约燃料和改善劳动条件等方面都有重大意义，因此引起了国外玻璃工业界的极大重视，对此各国都积极进行研究。下面将国外近二十年来对配合料密实、块化、粒化、苛化和预热方面工

艺研究的成果，分别介绍如下：

1. 密实配合料制备工艺

为了解决松散的粉料所造成的分层、飞料、延缓反应速度等问题。七十年代，法国圣哥本玻璃公司研究出了一种将粉料进行密实处理后再投入熔窑使用的方法。采用这种方法可提高熔化率 20~40%，平板玻璃厂使用的粉状配合料含有 2.9% 的水分，其容重就只有 1.2 克/厘米³，而它的真比重应该是 2.7 克/厘米³。所谓真比重，就是配合料中各种组分按理论计算出来的平均比重。该公司提出的方法，就是通过将玻璃配合料加压密实，使其达到与真比重接近的程度，而将配合料粒之间的空气全部压出。配合料中不需加入粘结剂或水，也不需进行预干燥处理。由于颗粒间范德瓦耳斯力的作用。经过密实的配合料具有很高的粘结力，其热传导性也有明显的改善。这样，就大大缩短了熔化时间，能更有效地利用热能。另外，由于配合料各种成分被压得很紧，各组分相互扩散的行程缩短，加剧了固相反应和缩短了玻璃相生成的过程。

经过密实的料块大小，对熔化速度有着直接的影响，如果料块过小，在加入熔窑时会出现堆积重叠现象，就会使料间含有或多或少的空气，料块间的热传导也就差。圣哥本公司。试验结果表明经过密实的配合料块以 2 厘米厚、50~100 厘米见方的形状进入熔窑为最好。

密实配合料中颗粒度小于 0.1 毫米的细料比例应高些为好，最好占 50%。细料含量比例高不仅使配合料中各种组分便于相互粘附，同时有利于熔化。以前筛分出来不能使用的粉尘料，在密实工艺中也可以被使用，这是这种工艺的又一优点。

密实工艺所采用的设备最好是辊筒压机，因为它可以连续压制一条配合料带，而且有利于密实过程中的排气。该密实配合料的加工设备及工艺流程如图 1 所示：

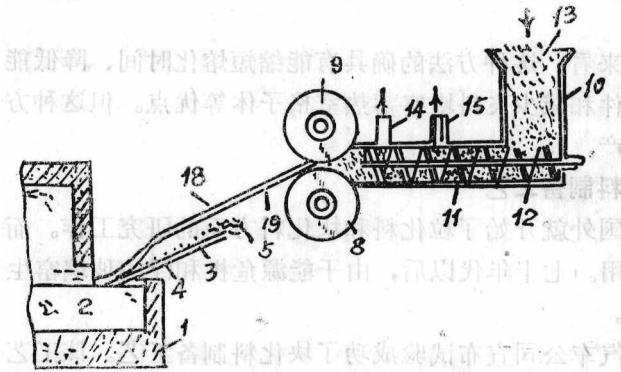


图 1

玻璃配合料的密实装置主要包括一个喂料斗 10 (斗内装着待压实的配合料 13)，一个蜗杆 12 输料器 11 以及压力辊筒 8 和 9。蜗杆输料器 12 将待压实的配合料送至辊筒压机，与此同时，由于蜗杆搅动的作用，使配合料内的部分气体从排气管道 14 和 15 排出。剩余的气体在辊筒压机加压时排出。辊筒压机将粉粒状的配合料压成密实的料带 18，经过滑槽 19 铺复在熟料 (碎玻璃) 层 4 上。熟料是从料斗 5 经过喂料器 3 铺在熔窑 1 的熔融玻璃液 2 上的。

在采用普通粉状配合料时，料面的总宽度为熔窑的 3/4。采用密实配合料时，料带的宽度比前一种方式窄一些。这样还可以减轻玻璃料对池壁的侵蚀。

采用上述设备制备出来的密实料块的比重约为 2.6 克/厘米³。

下面是二例实验过程和结果。

例1 在实验室内进行一般粉状配合料与加压密实配合料的熔化状态比较。
用于实验的配合料各组分重量比(%):

砂	SiO_2	59
碱	Na_2CO_3	16
石灰石	CaCO_3	5
白云石	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	18
硫酸钠	Na_2SO_4	2

配合料的颗粒度百分比:

> 1 毫米	36
0.1~1 毫米	63
<0.1毫米	1

将70克重的粉状配合料和同样重量的密实配合料分别放入具有1350℃熔融玻璃液的坩埚内。在加料120分钟后,将坩埚从炉中取出,慢慢冷却至室温。将凝结物纵切取样,进行比较。加入的粉状配合料表密度为1.3克/厘米³,密实配合料是经1600公斤/厘米²的专门液压装置压制而成的,其比重为2.5克/厘米³,相当于真比重的90%。比较结果证明,粉状料只有60%被熔化,而密实料则有75%被熔化。

例2 实验方法同上,所不同的是密实料用2500公斤/厘米²的压机加压,其比重达2.6克/厘米³,为真比重的95%,实验结果是:粉状料仍是60%被熔化,而密实料有83%被熔化了。

从所进行的实验来看,这种方法的确具有能缩短熔化时间、降低能量消耗、提高熔窑的热效率、改善熔制条件和减少飞料堵塞蓄热室格子体等优点。但这种方法至目前为止,尚未见用于正式工业性生产。

2. 粒化料、块化料制备工艺

早在三十年代,国外就开始了粒化料和块化料方面的研究工作。而且在瓶罐玻璃和特种玻璃生产中也早有采用。七十年代以后,由于能源危机和浮法玻璃窑生产不断扩大,各国加速了这一研究的进程。

1978年美国福特汽车公司宣布试验成功了块化料制备工艺。该工艺包括如下工序:

1. 将水或苛性钠水溶液作粘合剂加入玻璃配合料,其加入量为总重量的10%;
2. 将玻璃配合料与粘合剂一起熟化,一个周期至少10分钟;
3. 在预成块阶段将玻璃配合料与粘合剂压实;
4. 将压实的玻璃料分离成颗粒状;
5. 将颗粒料加压成型为块状料;
6. 将块化料加热至750~900℃左右,并用充分的时间来达到玻璃配合料中的二氧化硅向硅酸盐的基本转变;
7. 最终得到具有一定强度、不易破碎而且已经部分反应的块化料。

无论是将水或是苛性钠水溶液作为粘合剂加入配合料都可以得到令人满意的效果。苛性钠水溶液的浓度最好为50%。粘合剂的加入量可达总重量的10%,但最适宜的加入量是8~

7.5%。往玻璃配合料中加粘合剂时应缓慢地进行，使其均匀地分布在玻璃料中。配合料中砂的规格约为16~325目。按照块化料工艺的要求，可使用16~200目的砂子，可节省部分细磨料的费用。经过搅拌的配合料和粘合剂，要作10~60分钟的熟化处理。其目的是为了提料块的生料(未烧结)强度。熟化处理也可以在预成型之后进行。预成型是指将熟化处理过的配合料采用辊筒压机或是蜗杆式压机等进行预加压处理。预成型处理后的配合料形状因设备不同而异，有的呈薄板状，有的呈颗粒状。经预加压后，配合料进入成块设备。最合适、而且通常采用的成块设备有二个相互平行安装、并向相反方向转动的辊子，辊子具有凹陷的表面，物料在凹陷的表面之间挤过，被挤压成块。实际块料成型所用的压力取决于玻璃的组分、加入的粘合剂量、以及成块的颗粒料的大小。一般492公斤/厘米²的压力即可满足制备合适的块化料的需要。块化料一般制成4.76厘米长、4.45厘米宽、1.27厘米厚、重量为88~90克的椭圆形块料较好。采用上述工艺制备的生料块具有足够的强度，能保证在正常的输送至预加热部分的过程中不破碎。

据说，按这种工艺将扩散的配合料加压处理后使用，可节省能源消耗25%。将料块在800℃左右温度下进行预反应，则可节省能源50%左右。此外，还能降低熔化温度，延长熔窑寿命。如保持熔窑高温作业则可大幅度提高熔窑的生产能力。目前，比较成熟的粒化工艺流程为G、C、I、R公司在卡斯脱尔—汉堡玻璃厂的一个试验车间里所采用的一种粒化工艺流程，如图2所示。该车间的设备包括：混合机、升降机、贮料仓、称量供料器、φ6英寸的粒化盘、喷水系统和金属网带式传动干燥器等。

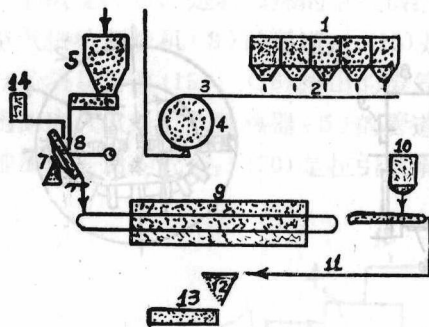


图 2

说明：1-原料、2-称量系统、3-聚集带、4-混合设备、5-振动式料斗、6-计量式加料器、7-盘式粒化器、8-喷水系统、9-干燥器、10-加入碎玻璃、11-粒料进入贮藏库、12-料仓、13-池炉、14-附属设备：添加氢氧化钠。

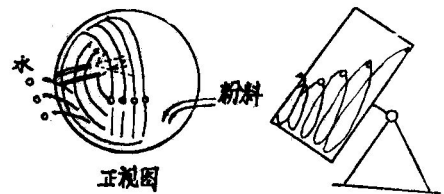


图 3 盘式粒化操作示意图

粒化料是通过成粒机来实现的。目前成粒机有盘式和筒式二种。

盘式粒化机又分为浅盘与深盘二种。从工作原理来说，基本一样，都是由电动机带动旋转的转盘和能分级调节旋转频率的传动机构组成的。旋转频率、盘与水平面的倾斜度及盘侧壁的高度可以各种各样。所谓深盘、浅盘就是指盘侧壁高度而言。

深盘成粒机的工作原理和操作情况如图3所示。

水和粉状玻璃配合料从特定的位置加入到成粒盘中，通过粒核的滚动和涂层，使颗粒增大到所要求的尺寸，该尺寸是通过多次调节操作条件及改变原料类别所确定的。当颗粒达到

一定的尺寸后，即从盘缘上出料输送到下一工序。

深盘式与浅盘式的区别在于：浅盘式成粒机在使用白云石作粘结剂时不能满足提高颗粒料强度所需要在盘内停留的时间。因此带有高缘(缘的高度与盘径比从0.4到0.6)的深盘成粒机用于钠——钙玻璃配合料较适合。

此外，盘直径决定颗粒的疏松度，二者的关系如表 1 所示：

表 1

盘直径(米)	0.4	0.8	4
疏松度(%)	30~34	35~30	20

颗粒的强度取决于它们在盘上的滞留时间(5~10分钟)。新制成颗粒的强度为0.1兆帕斯卡(即 0.1×10^6 帕斯卡)。这种颗粒从0.3~0.4米高度落下来摔不坏。干燥后强度增至2兆帕斯卡，能保证运输、进窑投料时不致破损。采用盘式粒化机盘直径为4米时，粒化料产量为12吨/小时，直径3.6米时，为9吨/小时。用粒化料熔化玻璃比粉状玻璃料的熔化速度快，熔窑产量约增加20~30%，燃料数量降低15~20%。

盘式粒化器耗电少，但缺点是不是所有的配合料都能粒化，粒化不同成分的配合料时事先要进行调试，取得一定的经验后方可进行生产。

筒式粒化机是由混合器5、成球滚筒7、冷却室8、混合传动装置1和滚筒传动装置11组成。其结构如图4所示：

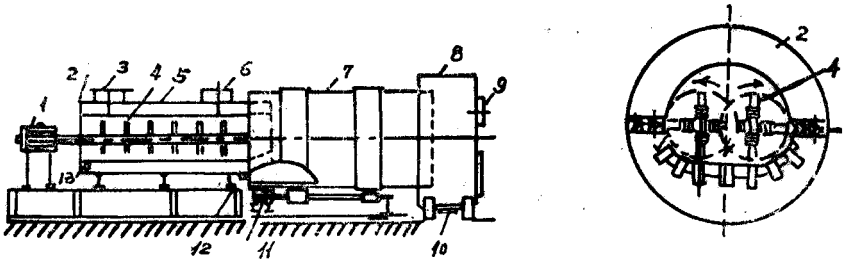


图 4

混合机是双层外壳2，通过管子13往壳体内供应预热配合料用的蒸气，用过的蒸气通过管子12排出。预混好的配合料通过进料口3送入混合机5、水或粘结剂溶液也送入其中。借助混合机叶轮4将配合料与水或粘结剂溶液进行均匀的混合。然后由混合机进入筒内，借助筒的旋转，由配合料形成颗粒，颗粒通过出料口10从粒化器内连续卸出。干燥颗粒用的空气通过进风口9送入冷却室，再经排风口6疏散。

这种筒式粒化机是由苏联化工机械研究院设计的，每小时产量为6吨，混合机装料系数为0.45、滚筒装料系数为0.25。混合机内配合料的温度，开始时为100℃，结束时为50℃。空气温度开始时为15℃，结束时为80℃。混合机传动装置功率为31千瓦。滚筒为7.5千瓦。滚筒的倾斜角度为2°。粒化器的外形尺寸为9500×2400×3510毫米。

玻璃配合料的粒化，如果从工艺流程上分类，可分为：以水或苛性钠为粘结剂的成粒系统和通过预热使玻璃配合料中部分熔融产生起粘结剂作用的成粒系统。图5是后一种成粒系

统工艺流程图。

图5中，(1)是玻璃熔窑；(2)是蓄热室；(3)是圆筒式制粒机；(4)是旋风筒式玻璃原料预热器；(5)是空气预热器；(6)是玻璃原料供给装置；(7)是大粒径的碎玻璃供给装置；(8)是将预热原料供给制料机(3)的装置；(9)是将粒化料供入熔窑(1)的通道；(10)是供给制料机(3)燃料的装置；(11)是供给熔窑(1)燃料的装置；(12)是将空气供给空气预热器(5)的装置；(13)是将预热的空气供给蓄热室(2)的通道；(14)是从(13)通道上分支，将预热空气供给制料机(3)的通道；(15)是废气排出口管道；(16)是制料机(3)的排气管道；(17)是将管道(15)、(16)排出的废气供给预热器(4)的管道；(18)是将空气预热器(4)排出的废气供给空气预热器(5)的管道；(19)是将空气预热器(5)排出的废气通过收尘器后排放出去用的管道；(20)是拉引玻璃制品的装置。

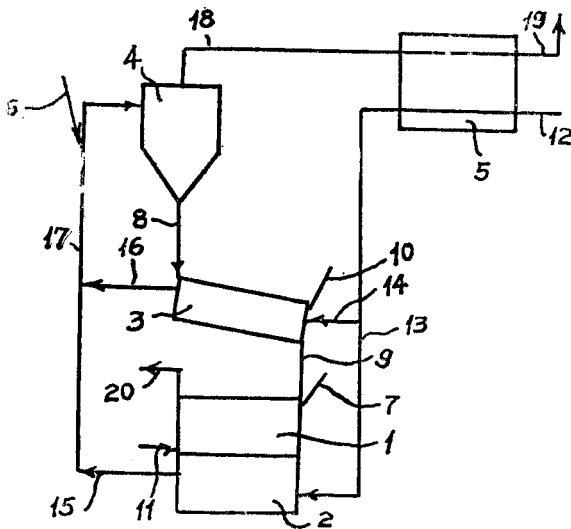


图 5

下面进一步说明此图的工艺流程。在玻璃熔窑蓄热室(2)预热后的助燃空气和(11)装置处将燃料供给玻璃熔窑(1)，在该熔窑(1)内保持高温，另外再将加热到750℃的粒化料从圆筒制粒机(3)通过通道(9)与从管道(7)上供入的较大尺寸的碎玻璃一起供入熔窑(1)熔化、反应，澄清后在(20)处拉制成平板玻璃。熔窑(1)产生的高温废气，在蓄热室(2)中冷却后，通过出口管道(15)从通道(17)排出。在空气预热器(5)中预热的一部分空气通过管道(14)供入制粒机(3)内。通过管道(10)供给燃料，在预热器(4)中预热到450~550℃，再将通过管道(8)供给的原料加热到700~800℃。此时一部分碳酸盐开始分解，一部分开始发生玻璃化反应，因此带有粘性。把这些带有粘性的玻璃料作为粘结剂，制造玻璃粒化料。从管道(6)将粉状的玻璃原料供入管道(17)，与废热交换后，在旋风筒的预热器(4)中，从气体中分解出后再通过管道(8)供给制粒机(3)。预热以后的玻璃原料的温度达330~380℃，在这个温度范围内，原料还未显示出粘性。从原料预热器(4)排出的350~400℃的废气通过管道(18)送入空气预热器(5)，再与从管道(12)依靠鼓风机送进的空气进行热交换后，通过管道(19)，经过电收尘器、用排风机排出。玻璃原料从通道(6)供给管道(17)，与500℃左右的废气接触，在预热器(4)中预热到330~380℃，再供给制粒机(3)。在制粒机(3)中加热到

700~800℃，然后将粒化料供给熔窑(1)，加热到1200~1500℃进行熔化。

由于是将熔窑的高温废气供给制粒机(3)、或是将蓄热室(2)的废气供给制粒机(3)，因而可以不用从通道(10)往制粒机(3)中供应燃料，或减少供给量。另外，若将蓄热室(2)小型化，有时可以不要燃料。

例2 是以水或苛性钠为粘结剂制备粒化料的粒化系统。如图6所示：

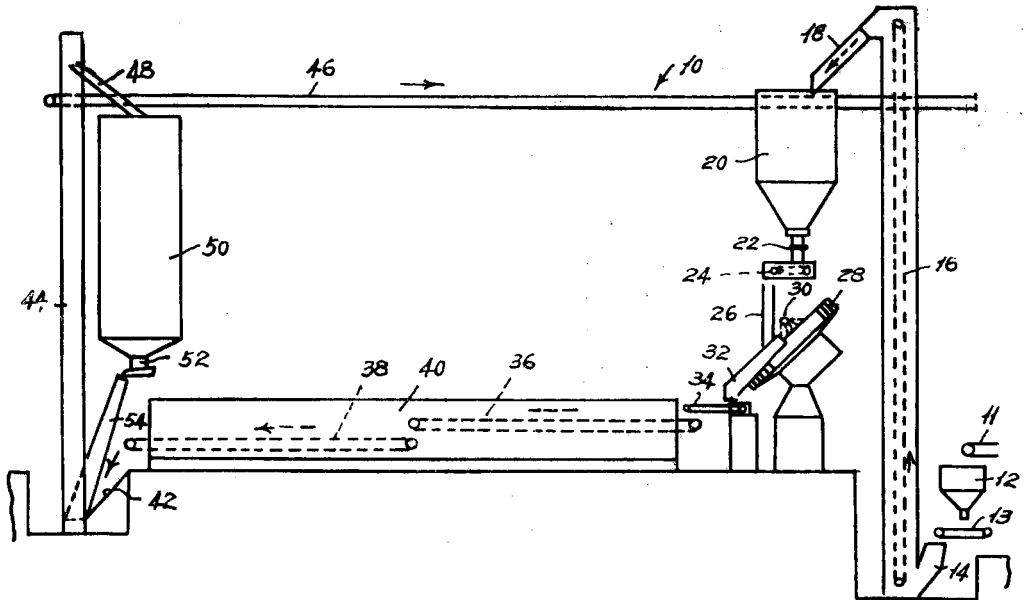


图 6

图6中所示的是该制备工艺所需要的全部设备。10、11是输送带(若干条)，这些传输带与各种原料的贮料槽相连接，贮料槽在本图中没有示出。各种粉料通过输送带11输入搅拌器12，粉料经搅拌后由传送带13输入装料漏斗14，漏斗14与一个链斗提升机16相接，它将配合料经过溜槽18输入料仓20。

料仓20安有计量装置22，这就能使配合料按一定的剂量转到另一个传送带24上，传送带24通过一个溜槽26同旋转的粒化装置28相接，粒化装置28实际上就是一个圆盘，配合料输入到其表面上，圆盘带动配合料向排出溜槽32的方向旋转运动，同时粒化盘28上方的一个或几个喷嘴30向圆盘表面喷苛性钠溶液，将配合料润湿。苛性钠溶液此时的温度可达38~82℃。

在粒化盘28上制成的粒化料通过溜槽32导向另一条传送带34，在这条传送带上装有一个布料器(图中没有示出)，它使粒化料在传送带36上均匀地展开。传送带36连同另一条传送带38一起安设在多层的烘干炉40里面，这一烘干炉适用于下列参数，假若粒化装置28的圆盘直径为5米，并且，按正常标准每小时用2.2吨苛性钠溶液喷湿14.8吨配合料的话，那么，每小时则可生产18.1吨粒化料。然后，这些粒化料被按照大约为7.6公分的厚层转送到传送带36上，在这里经受5分钟的顺向气流烘干。气流温度为121℃，流量为每分钟7立方米，再经6分钟逆向气流烘干，温度为135℃，流量仍是每分钟7立方米，然后，半干的粒化料又被转送到传送带38之上。料层厚度为23公分，在这里首先进行一次顺向气流烘干，温度为

177℃，时间为12分钟，流量同上。再进行一次逆向气流烘干，温度为188℃，时间18分钟，流量同上。经过上述烘干过程，即可在传送带38的末端得到全干的粒化料。

粒化料通过与烘干炉及其传送带38相接的溜槽42被输送到另一个链斗提升机44，它的输送末端由溜槽48与料仓50相接。料仓50同样设有计量装置52，它将仓内的粒化料等量地输入溜槽54，溜槽54也同链斗提升机44相接，这样便又可以通过这一链斗传送带和输送终端的溜槽48同另一传送带46接通，将粒化料一直输入入熔窑。当粒化料的制造或烘干供不上熔窑需要时，料仓50便可以开闸补入一部分粒化料，以满足需要。

采用该法制备粒化料，须选用平均粒度小于16微米的白云石和平均粒度小于250微米的石灰石作原料。仅做到这一点就可得到抗破碎强度高达28公斤/厘米²，乃至更高的粒化料。另外，每11公斤粉料中加入0.45公斤苛性钠溶液(浓度为73%)作为粘结剂。

3. 苛化配合料工艺

所谓苛化配合料是指通过往配合料组成中引入生石灰或焙烧白云石并以湿法制备配合料，使一部分煅烧纯碱转化成烧碱(苛性钠)的配合料。

苛化配合料不同于粒化料和块化料，是制备粒化料或块化料过程的前一部分。粒化、块化料的制备过程中需要加入粘结剂。以往一般用水或依靠压力成型。后采用市场供应的苛性钠来制备配合料。用前一种方法制得的粒化料，强度达不到所要求的标准，在输送过程中易破碎，而后一种方法在经济上不合算。一吨由苛性钠制得的氧化钠的价格比一吨由纯碱制得的高一倍。在这种情况下，苏联玻璃研究院研究了制备苛化料的方法，即在制备配合料的过程中靠煅烧纯碱和白云石或石灰石之间的相互作用而制得苛性钠，又称“石灰法”和“白云石法”。用石灰法制取苛化配合料的流程如图7所示：

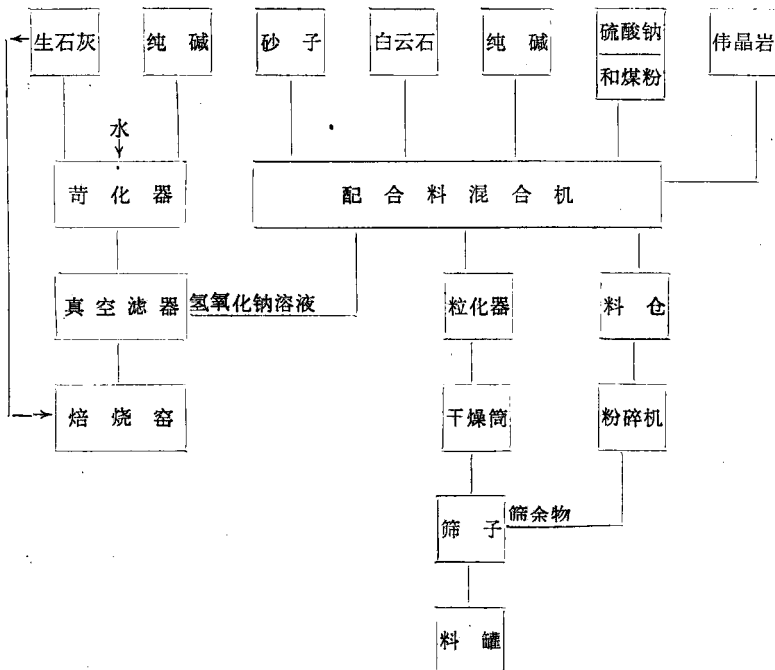
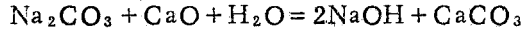


图7 用生石灰(石灰法)制取苛化配合料的流程

把称量好的生石灰、煅烧纯碱(总用量的一部分)和水送入苛化器,在温度70~80℃下进行混合时发生反应:



将砂子、白云石、硫酸钠、伟晶岩、纯碱和其他组分称量之后送入混合机。把在苛化器内制成的并在真空过滤器内分离掉碳酸钙固体残渣的氢氧化钠溶液也送入其中。为了获得生石灰,碳酸钙可以多次使用。混合之后,配合料进入盘式或筒式粒化器。然后经过干燥筒内干燥后放进料缸送入玻璃熔窑。干燥前颗粒湿度为17~18%,干燥后为5%。

用焙烧白云石(白云石法)制造苛化配合料的生产流程图如图8所示:

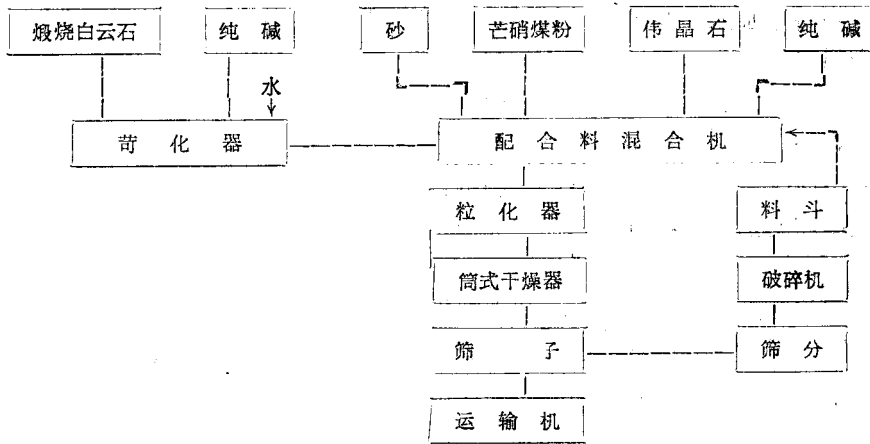
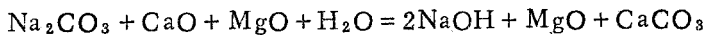


图8 采用煅烧白云石的苛化配合料生产线

根据这种方法,将称量好的纯碱和焙烧白云石以及水送入苛化器,在温度70~80℃进行混合时,按下式发生苛化反应:



氧化镁水化物不与碳酸钙发生反应。

由氧化钠、氧化镁和碳酸钙组成的悬浮体从苛化器进入混合机,再把称量好的配合料的其余组分放入其中,在这种情况下,需从石英砂和伟晶岩中除去0.4毫米以上的颗粒。配合料的粒化、干燥和装入料缸直至送入熔窑的过程与石灰法工艺一样。

制取苛化配合料的白云石法,在含氧化镁的平板玻璃生产中将得到广泛应用。

据称采用苛化配合料,可节省燃料15%,加快熔制过程为30%左右。

4. 粒化、块化料的预热技术

所谓预热是指玻璃配合料在送进熔窑熔化之前,先用熔窑的余热进行加热,以促进其各组间的预反应,达到提高熔化效率、减少能耗的目的。众所周知,用粉料熔化玻璃,由于固相间接触面积小,这种反应的速度很慢。但如果用压块或粒化法,把粉料压成致密的料块或制成料球,增加配合料颗粒间的接触面积,对固相反应是有利的。象水泥工业进行窑外预热、分解那样,把压好的料块或粒料用废气余热先预热后再投入窑中,为此可以降低熔化温度和燃料消耗量,提高熔化速度。预热粒化料的熔化速度如表2所示:

另外,玻璃液表面挥发的硫酸钠,经烟囱排入大气,此挥发量与熔化温度成正比,在温

度 $\geq 1430^{\circ}\text{C}$ ，则挥发量就能降低到允许的程度以下。国外试验证明，熔化经过预反应的粒化料可以把温度降低到 $\leq 1430^{\circ}\text{C}$ ，这样就为解决空气污染和节约燃料提供了可能。

预热与未预热粒化料熔化速度表

表 2

熔 化 温 度	粒 化 料		
	未 预 热	一 次 预 热 845 $^{\circ}\text{C}$ 4小时	三 次 预 热 845 $^{\circ}\text{C}$ 4小时 845 $^{\circ}\text{C}$ 2小时
1320		120分钟	70分钟
13.0	135分钟	66分钟	55分钟
1430	47分钟	34分钟	24分钟

预加热的过程一般在能使块料不滚动并且保持静态的加热设备中进行，例如活动式篦子炉等。生料块在加热设备中，加热至 900°C ，加热时间视二氧化硅转变为硅酸盐这一反应过程所需的时间，一般是半小时至12小时。在这段恒温时间里主要是为了脱气(水和 CO_2)和进行玻璃配合料的预反应。

加热设备所使用的热量是从玻璃熔窑的废气中得到的。通常玻璃熔窑不能回收的那部分余热，现在可以被用来加热块料，使部分硅酸盐反应在熔窑外就已经完成，从而达到提高熔窑热效率的目的。被加热至 $750\sim 900^{\circ}\text{C}$ 的块料直接加入玻璃熔窑，使之在窑内熔化、澄清的速度得到提高。

目前，国外研究出用于粒化料、块化料预热的工艺设备装置有输送或回转窑式干燥器、流动层式干燥器、固定料层式干燥器和炉篦子式干燥器等几种类型。这几种类型的干燥器都是利用熔窑的余热对块化料和粒化料进行预热反应的。预热温度一般在 $700^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$ 之间。

为了达到促进配合料组分间预反应的目的，应该在尽可能高的温度下进行预热。遗憾的是，当颗粒料在安全温度极限之上加热时，颗粒料开始粘结在一起并且在负荷条件下会变形。在稳定的加热和冷却条件下，在 800°C 时，颗粒料可能出现变形，但不会粘结在一起。在 825°C 时，颗粒料变形相当严重，并彼此粘结，甚至与钢铁及炉衬粘着。一般认为最安全的预热温度是在 $750^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 之时。若超过这个温度限度，则可能引起立式预热器内发生严重阻塞。

1979年，日本专利(昭54—54119)介绍了一种能防止块化、粒化配合料预热时起粘附作用的方法。这种方法的特点是：为了将配合料预热到 800°C 以上，在将块化料进行预热时，加入一些硅砂和耐热的小颗粒热介质于热交换器中，使之起到防粘连的作用。该预热系统如图9所示。

图中(1)是回转窑或流动层等形式的热交换器，(2)是筛子或空气式分离器，(3)是玻璃熔窑，(4)是蓄热室，(5)是投入热交换器中的块化料，(6)是从热交换器(1)进入分离器(2)的烧结的配合料和硅砂等热交换介质的混合物，(7)是在分离器(2)中分离后投入熔窑(3)的烧结配合料，(8)是从玻璃熔窑(3)制出的玻璃制品，(9)是在分离器(2)中分离后再重新回到热交换器(1)中的硅砂等热交换介质。其粒度分布要做到与块状配合料(粒直为 $2\sim 4$ 毫米)混合后也能辨别出来。一般在 $100\sim 600$ 毫米左右为宜。(10)是送入蓄热室(4)的二次空气，(11)是在蓄热室(4)中预热后并在熔窑中使用的助燃空气，(12)是从熔窑

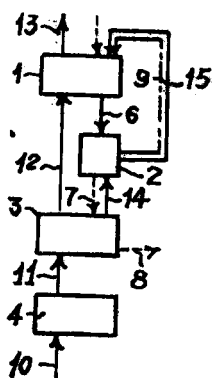


图9 配合料预热工艺流程图

分离器(2)内, 烧结后的块状配合料与热交换介质分离。烧结后的玻璃料(7)投入到熔窑(3)内, 被熔制成玻璃制品(8)。另一方面, 热介质(9)重新回到热交换器(1)内再次被利用。熔窑(3)中排出的燃烧废气的一部分(14)送入分离器(2)中, 在那里使混合物(6)中的热介质浮起来, 使之与块状玻璃配合料分离。烧结后的块化料(7)投入到熔窑(3)中, 而热介质分别悬浮在废气(15)中再回到热交换器里来。这样可以更有效地利用硅砂等热介质的热量。

该发明由于在预热中使用了热介质, 所以可以提高热交换效率。热介质是非粘性的耐热小颗粒状物质, 可以起到防止粘着的作用。从而可以把配合料预热到800℃以上, 这样使配合料进入熔窑后很容易熔融。热介质颗粒小, 可以用筛子将其从块化料中分离出来。

在上述预热方法中, 将玻璃熔窑中的一部分废气送入分离器内, 热介质悬浮在废热中, 循环再使用的方法可以有效地利用热介质的热量, 提高该装置的热效率。

(三) 预处理配合料与粉料的技术经济效果比较

经过预处理和预加热处理的玻璃配合料与传统的粉状配合料相比, 具有如下优点:

1. 节省能量消耗。采用块化料, 粒化料熔制玻璃时, 能降低熔化温度, 或保持原熔窑熔化温度时能加快熔化速度, 以提高熔化率。

普通粉料的最高熔制温度为1600℃左右, 而经过预加热的粒化料则只需1430℃就行了。未经预加热的粒化料一般也能降低熔化温度约50℃。熔化温度降低后除节能外, 还使耐火材料使用周期延长, 当温度每降低50℃时, 熔窑周期约延长二倍。如保持原来的熔化温度, 则可大大加快熔化速度。日本在器皿玻璃熔窑上使用的技术经济效果如表3所示。

技术经济效果比较表

表3

窑炉类别	粉料日熔化量	粒化料日熔化量
①大型池窑(带色制品)	150吨	190吨
②中型池窑(白色玻璃)	19吨	30吨
③小型池窑(带色制品)	10吨	20吨

从第一栏中可看出，熔化效率提高了26.7%，中型池窑提高了57.9%，小型池窑则提高了1倍。熔化时间可缩短30~40%。

据国外报道：由于熔化率提高，其节能达20%以上，经过预加热处理的粒化料，总能耗比起粉料大约减少50%以上。节能的主要原因是：

(1) 块化，粒化料与粉料的比重和密度有明显的差异。块化料比粉料约重60%，其对比情况如表4所示。

块化料与粉料的密度比较表 表4

单 位	块 化 料	粉 料
克/厘米 ³	2.35	1.43
磅/英尺 ³	147	90

由于块化料密度高，比重大，所以固相间接触面积大，入窑后受热面积也大。

(2) 受热方式也不同。块化料在窑内受辐射热，而粉料靠传导受热。

(3) 经过预加热处理的块化粒化料，在入熔窑前就有50%开始熔融或接近半熔状态。其中一部分已形成了钠钙硅酸盐。因此投入熔窑后很快便熔化了。国外对几种类型的配合料进行了试验，得出的结果如表5所示。

表5

配 合 料 种 类	桥 墙 温 度 (°C)	生 产 率 (公斤/小时)	总 能 耗 (千卡/公斤)
松散配合料	1410	68	5872.0
未预热块化料	1380	80.7	4585
预热540°C块化料	1410	79.4	4612
预热820°C块化料	1410	93.4	3074

从上表可看出，预热到820°C的块化料比松散配合料的生产率提高了37%，总能耗减少近一半。这对目前发展的大型浮法窑是非常有利的。

2. 提高了玻璃质量。采用块化料和粒化料可以防止配合料在输送过程中的分层现象。这对提高玻璃液的化学均一性很有好处，生产出的玻璃无气泡。另外所用原料的选择范围广，粒度规格要求不太严格，对于过粉碎细粉末粉料，也可用来压制块化料。少量的机械铁质带进配合料中，对玻璃成分的影响也不明显。比如压制块化料的压机磨损很厉害，平均每吨配合料中带进0.00136~0.00408公斤机械铁，但国外试验证明，由压块机造成的铁污染不会直接改变玻璃的颜色。

3. 减轻了对环境的污染，改善了劳动条件。采用块化、粒化料，可减少窑内的飞料，防止了蓄热室格子体的堵塞，格子砖的使用寿命也延长了，烟道内灰尘堆积和烟囱排出的粉尘大大减少。如英国一家公司对几种配合料熔化时的烟尘排出量进行了测定，结果如表6所示。