

玻璃成分的节能性设计

王泽斌

(福建 厦门 嘉园里 39-208 信箱 361006)

Email:zbwang@21cn.com

摘要

本文通过对玻璃的能源消耗和高温特性分析,提出对玻璃成分进行节能性设计,以适当降低熔化温度,应用价值显著,值得推广应用。

关键词:

节能 玻璃成分 优化设计

一 概述

在日益激烈的市场竞争环境下,产品的质量、成本是摆在我们所有企业面前的两条命脉。如何在确保甚至是提高产品质量的前提下,降低产品生产成本,是我们必须面对和解决的问题。玻璃制造行业是矿产资源和能源耗费的大户,不发达的市场经济还导致资源和产品价格的恶性竞争,企业的生存压力愈来愈大。

玻璃生产耗费巨大的能源,产能大的窑炉,能源的综合利用率高,能源成本占玻璃的总成本的比例随着产能的提高会逐步降低,这也是目前大窑炉的经济规模设计出发点之一,从现在多条 1100 吨/日的浮法玻璃生产线相继投产即可看出。

现在我们使用的能源无论是电、气、油、煤等,都是不可再生能源,大量的消耗导致地球生存环境质量的不断下降。因此,不论是从降低生

产成本角度还是从保护我们的生存环境来讲，提高能源利用率、降低能源的消耗是当今世界经济建设的重要内容，不能为了现在的利益而损害子孙后代的生存条件，需要我们尽最大可能降低能源的消耗。

降低能源消耗有多种方法，包括加强保温提高能源利用率、增强燃烧提高燃烧率、降低熔化温度减少能源使用量，其中降低熔化温度是最根本也是最直接有效的措施。

二 玻璃成分与节能

生产质地均匀良好的玻璃需要合理的熔化温度以及相适应的澄清、均化、成型等工艺制度。熔化温度的高低从根本上取决于玻璃设计成分。目前日用玻璃熔化温度大部分在 1450-1500℃左右，我们通过降低玻璃高温熔化温度来降低能源消耗，在相同的生产设备条件下，取得更有效的节能。

降低熔化温度涉及到重新调整玻璃设计成分，而玻璃成分的变化会导致玻璃在高温、低温各种物理、化学性能发生变化，我们需要在不降低现有玻璃品质和相关性质指标参数的前提下去设计调整成分。

一般情况下，降低玻璃的熔化温度，通常是降低难熔成分比如 SiO_2 、 Al_2O_3 的含量，增加易熔的成分如 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 等碱金属和碱土金属氧化物的含量，但这种调整面临降低玻璃化学稳定性以及料性改变等风险，因此调整设计成分工作面临着各种因素的约束和大量的设计计算，对工程技术人员的素质提出更高要求，导致较少企业在此方面下功夫，而将更多的精力用在搞纯氧、富氧燃烧以及用石油焦粉、煤焦粉替代重

油等技术上。我们建议玻璃行业在采取替代燃料、提高燃料利用率以降低能源成本的同时，从根本上对现有的玻璃成分进行优化设计，在不降低玻璃相关性能的前提下寻找最合理的较低熔化温度的玻璃成分。

现在我们对某浮法玻璃成分进行调整，以便在不降低其它指标的前提下适当降低熔化温度。

三 调整前状况

约定调整前的玻璃牌号 Float1,其成分和主要性能数据如下:

1. 玻璃成分:

成分	wt%	100%	mol%
SiO ₂	70.48	70.692	69.951
Al ₂ O ₃	2.06	2.066	1.205
Fe ₂ O ₃	0.2	0.201	0.075
CaO	8.45	8.475	8.986
MgO	3.86	3.872	5.711
Na ₂ O	13.93	13.972	13.403
SO ₂	0.72	0.722	0.670

注: wt%:质量百分比, 100%: 归一处理后的质量百分比, mol%: 摩尔百分比, 下同。

2. 熔化澄清和液相线温度:

熔化温度 (T)°C	1460
澄清温度 (T)°C	1501

液相线温度℃	1016
--------	------

3. 高温表面张力(mN/m):

表面张力 900℃	343.741
表面张力 1200℃	327.153
表面张力 1300℃	324.784
表面张力 1400℃	324.355

4. 化学稳定性:

耐酸指数	67.19
耐水级别	4

四 优化设计

玻璃成分设计，为了得到所要求的物理化学性能，玻璃的组成会超过3种，多至10种以上，其组合数目巨大，以至于我们无法也不可能进行全部的试验。随着计算机技术的日益普及，采用计算机来辅助成分设计成为必要手段。

我们应用商业软件《无机玻璃工程师系统 GE-SYSTEM》(Glass Engineer System)的优化设计功能，设置玻璃成分范围以及约束条件如下：

玻璃成分范围:

成分	Wt%(min)	Wt%(max)
SiO ₂	70	73
CaO	7	12

MgO	3	4.5
Na ₂ O	13	15
Al ₂ O ₃	1	1.8
Fe ₂ O ₃	0	0.15

约束条件(设计目标):

性质	目标
熔化温度 (T) °C	≤1450
表面张力 900°C	≤340
表面张力 1200°C	≤325
表面张力 1300°C	≤322
表面张力 1400°C	≤320
耐水级别	≤3

软件经过运算，给出成分以及相关性质数据如下：

1. 设计成分：

Components	wt%	mol%
SiO ₂	71.882	70.963
CaO	9.017	9.538
MgO	3.239	4.766
Na ₂ O	14.732	14.099
Al ₂ O ₃	1.016	0.591

Fe2O3	0.114	0.042
-------	-------	-------

2. 主要数据对比（改进后的玻璃牌号约定为Float3）：

a) 熔化和液相线温度：

Properties	Float1	Float3	降低值
熔化温度 (T) °C	1460	1448	12
澄清温度 (T) °C	1501	1487	14
液相线温度 °C	1016	1006	10

b) 相关温度点：

根据玻璃黏度温度关系，计算的相关黏度点对应的温度如下，整体都有下降

Range	(F):Float1	(F):Float3
澄清范围(1.7~2)	1457~1564	1435~1542
析晶温度上限	1031	1014
析晶指数	14	9
成型范围(3~7)	760~1199	749~1179
退火范围(A)(12.5~14)	531~561	526~555
退火范围(B)(13~14.6)	520~550	516~545
转变点 Tg(A)(13)	550	545
转变点 Tg(B)(13.3)	544	539
转变范围(12~14)	531~572	526~566
软化点 Tf(7.6)	727	717

软化点 Tf 范围 (7.477~8.176)	699~733	689~723
作业点 (4)	1031	1014
作业范围 (4~8)	707~1031	697~1014
料性温度范围 (4~8.602)	680~1031	671~1014
应变点 (退火温度下限) (14.5~14.6)	520~522	516~518
工作范围指数	174	169

c) 表面张力:

Properties	Float1	Float3
表面张力 900	343.741	337.968
表面张力 1200	327.153	321.967
表面张力 1300	324.784	320.134
表面张力 1400	324.355	319.462

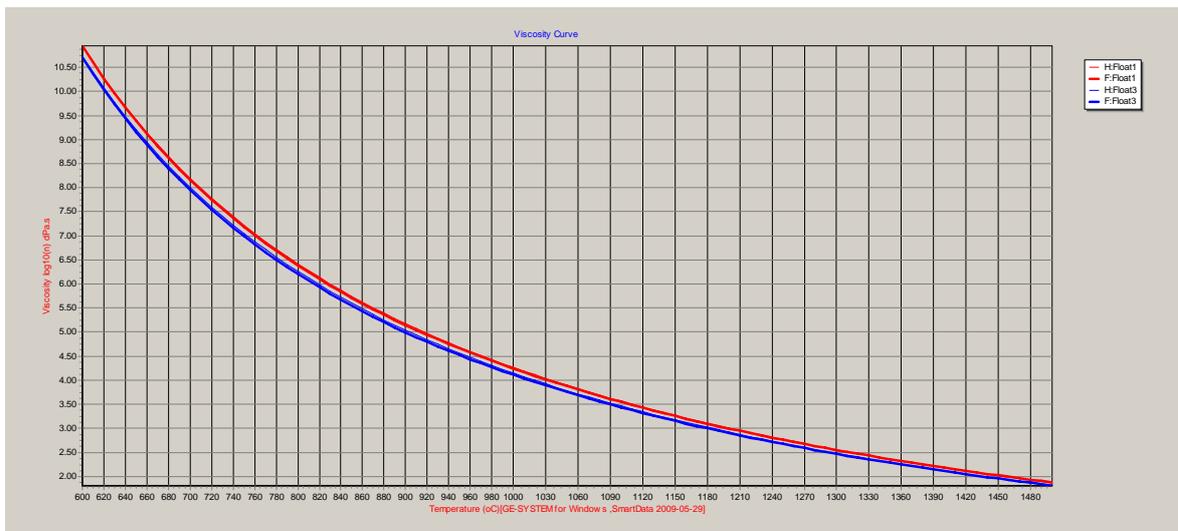
d) 弹性:

Properties	Float1	Float3
弹性模量 20 °C (E): Kg/cm ² [1.0E+05]	7.21	7.20
剪切模量 20 °C (G): Kg/cm ² [1.0E+05]	2.92	2.91
泊松比 (μ)	0.23	0.23
体积弹性模量 (K): Kg/cm ² [1.0E+05]	4.53	4.52
抗张强度: MPa	8.54	8.65
抗压强度: MPa	102.98	102.46

e) 化学稳定性:

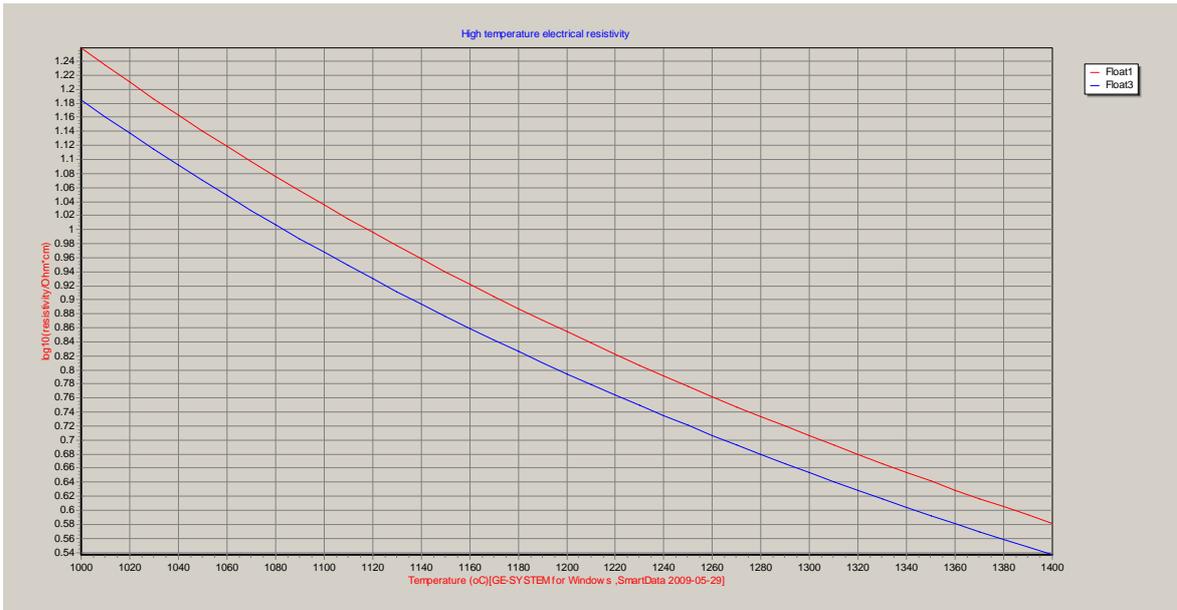
Properties	Float1	Float3
耐酸指数	67.19	66.94
耐水级别	4	3

f) 黏度-温度曲线:

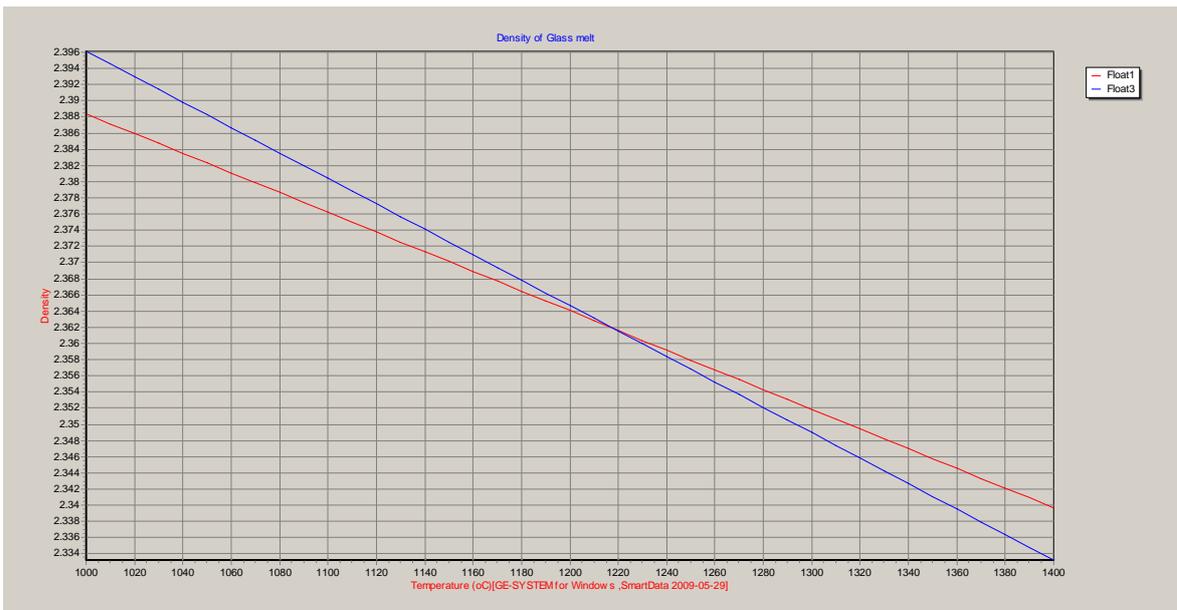


从该曲线我们可以看出，改进的设计成分(蓝色)的黏度均低于现有成分。

g) 高温电阻曲线:



h) 高温密度曲线:



设计过程的所有详细数据（共 84 组成分）另见表：

五 效果

根据设计结果，结合企业现有原料情况，配合降低碲硝用量以及原料车间的生产设备改进，改善了产品质量，原来高温熔炼下气泡较多的问题得到解决，玻璃板明亮、透光性好，质量大幅度提高。

六 结论

玻璃成分的节能性设计，是改良产品技术经济性能的方向，优化设计技术则是今后开发新产品的必要手段，值得广泛推广。

在实际应用中，根据设计结果和具体窑炉结构再进行适当调整，即可快速确定符合要求的玻璃成分。

参考文献：

1. 《Glass Engineer System 2010》 User Manual.