

УДК 666.151

Студ. Я.А. Финская

Науч. рук. доц. к.т.н. И.М. Терещенко
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА С ПОНИЖЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТЬЮ

На сегодняшний день листовое стекло, получаемое по технологии флоат-процесса, является важнейшим продуктом, широко востребуемым в строительстве, транспорте, мебельном производстве и других отраслях. Продукция листового стекла составляет около $\frac{1}{4}$ части общего производства стекла в мире (по тоннажу). Ежегодно в мире производится более 3,5 млрд. м² листового стекла [1].

Основные принципы флоат-технологии заключаются в следующем:

- использование недефицитного природного сырья;
- высокие удельные съемы стекломассы – более 2500 кг/ м²·сут, что обусловлено высокотемпературными режимами варки;
- совершенствование составов листовых стекол с целью повышения скорости выработки.

Для изделий массового производства при выборе химического состава стекол следует обеспечить его экономичность с точки зрения затрат на сырьевые материалы, что может быть достигнуто за счет использования отечественных сырьевых материалов, а также снижения в составе шихт количества дефицитных, дорогостоящих материалов.

Современные промышленные составы требуют высокой температуры варки до 1580 °С для получения качественной однородной, не содержащей газовых включений стекломассы. С целью снижения себестоимости и улучшения водостойкости стекол снижается содержание щелочных и, напротив, повышается концентрация щелочноземельных оксидов.

В Республики Беларусь ОАО «Гомельстекло» является единственным производителем листового стекла, при этом предприятие обеспечивает потребность Беларуси в листовом стекле, имея мощность производства более 40 миллионов м² полированного листового стекла в год, а также экспортирует его в ближнее и дальнее зарубежье.

Тем не менее, в последнее время предприятие испытывает проблемы, связанные со сбытом и качеством продукции. Остро стоит вопрос о проблеме снижения производственных затрат, и прежде всего стоимости стекольной шихты за счет сокращения в ней доли импортируемого сырья и ориентации на местное стекольное сырье. В на-

стоящее время ОАО «Гомельстекло» экспортирует соду кальцинированную, полевой шпат вишнегорский, техногенный мел «Акрон», причем если ситуацию с содой изменить нельзя, то с полевым шпатом и мелом вполне возможно, и, даже, необходимо, в соответствии с указанной выше тенденцией.

Полевой шпат является источником Al_2O_3 , который повышает вязкость стекольных расплавов, что тормозит протекание процессов стекловарения. В то же время Al_2O_3 повышает термическую и химическую устойчивость, механическую прочность и, что существенно, – устойчивость к кристаллизации стекол, расширяя безопасный интервал формования.

Поэтому, снижая содержание Al_2O_3 , необходимо предусмотреть меры по сохранению уровня полезных характеристик листового стекла.

В качестве компенсации предложено увеличение содержания MgO в составе проектируемых стекол.

До недавнего времени подобное замещение считалось нецелесообразным, поскольку MgO вводился в стекло доломитовой мукой ОАО «Доломит» Витебской области, не соответствующей требованиям по гранулометрическому составу, предъявляемых к стекольному сырью и был низкого качества. Однако с пуском на карьере линии по получению доломита стекольного качества, это препятствие устраняется. Поэтому увеличение MgO становится реальным и не вызовет технологических трудностей.

При проектировании составов стекол было исследовано влияние снижения содержания Al_2O_3 на их свойства, вплоть до полного вывода полевого шпата. Составы опытных стекол приведен в таблице 1, при этом учитывая неизбежное снижение вязкости опытных стекол, а, значит их лучший провар, было снижено содержание Na_2O на 0,4 % в сравнении с промышленным составом.

Таблица 1 – Составы опытных стекол

№ стекла	Содержание оксидов, мас.%				
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O
1	72,7	0,5	9,8	3,8	13,2
2	72,7	0,4	9,8	3,9	13,2
3	72,7	0,3	9,8	4,0	13,2
4	72,7	0,2	9,8	4,1	13,2
5	72,7	0,1	9,8	4,2	13,2
6	72,7	0	9,8	4,3	13,2
7 (промышленный)	72,8	1,2	9,7	2,7	13,6

Для оценки светопропускания был выбран образец 2. В пересчете на толщину 4 мм оно составило 89,12 % и превышает пропускание промышленного состава на 1,2 %.

Химическую стойкость экспериментальных стекол определяли по количеству пошедшего на титрование 0,01 н HCl. Результаты проведения опыта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количество HCl пошедшее на титрование

Номер состава стекла	Количества 0,01 н HCl, мл
1	0,86
2	0,94
3	1,04
4	1,12
5	1,2
7 (промышленный)	0,68

Таким образом, замещение Al_2O_3 на MgO в составе листового стекла, вызывает некоторое ухудшение его химической стойкости, впрочем, не очень значительное.

Здесь уместно заметить, что зерновая проба отражает химическую стойкость стекла в массе, в то время как для листового стекла важнее стойкость его поверхности. С целью ее повышения в технологическом процессе производства флоат-стекла предусмотрена обработка его сернистым газом. Такая операция была произведена в лабораторных условиях. Для этого образец стекла в подвешенном состоянии помещали в термический стакан объемом 300 мл. Для обработки SO_2 использовали разложение вещества $(NH_4)_2SO_4 \rightarrow NH_3 + SO_2 + H_2O$. Результаты проведения опыта представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Количество 0,01 н HCl, пошедшего на титрование, мл

Образец	Количество 0,01 н HCl, пошедшего на титрование, мл
Необработанного стекла состава 5	1,2
Обработанного стекла состава 5	0,55
Необработанного промышленного состава	0,34

Из представленных данных видно, что некоторое снижение химической устойчивости листового стекла из-за снижения содержания Al_2O_3 с избытком компенсируется её ростом в ходе последующей термической обработки, и таким образом, является малозначительным.

Окислительно-восстановительный потенциал оценивался по расчетным коэффициентам основности. Результаты расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения коэффициентов основности

№ состава стекла	1	2	3	4	5	6	7
$K_{осн}$	0,361	0,368	0,370	0,371	0,373	0,376	0,368

Из результатов расчета видно, что коэффициент основности снижается со снижением содержания Al_2O_3 в шихте, таким образом повышается окислительная способность стекломассы, улучшаются условия её варки, а, следовательно, и качество готового изделия.

Для образцов стекол был произведен расчет вязкости по методу М. В. Охотина, а также определены характеристические температуры. Вязкость образца, не содержащего Al_2O_3 , по сравнению с промышленным составом в высокотемпературной области ниже на $7,44\text{ }^\circ\text{C}$, в низкотемпературной – на $7,46\text{ }^\circ\text{C}$. В интервале температур $550 - 650\text{ }^\circ\text{C}$ можно сделать вывод, что составы, содержащие большее количество Al_2O_3 , обладают повышенной вязкостью.

На основании полученных характеристических температур можно сделать вывод, что при снижении содержания в шихте оксида алюминия снижается температура варки, верхняя и нижняя температура отжига. Следовательно, затраты на варку таких стекол будут ниже.

Рассчитаны технологические индексы: индекс обрабатываемости – WR, относительная «длина» стекла – WRI, показатель, оценивающий вероятность кристаллизации стекла – DI, относительная скорость работы стеклоформирующей машины – RMS представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технологические индексы

Состав	RMS	WR	WRI	DI
1	2	3	4	5
1	108,11	375,17	180,22	20,22
2	107,85	374,25	180,61	20,21
3	107,58	373,34	181,00	21,00
4	107,32	372,43	181,40	21,40
5	107,06	371,51	181,79	21,79
6	106,80	370,60	182,18	22,18
7	108,68	373,62	182,23	22,23

Из произведенных расчетов можно сделать следующие выводы: для всех составов относительная длина стекла $WRI > 170$, причем этот показатель для опытных составов существенно не отличается от показателя для промышленного состава стекла; возможность кристаллизации стекол исключена, так как $DI > 0$; относительная скорость формо-

вания для механизированного формования должна быть $RMS > 100$, соответственно, все составы стекол отвечают этому требованию.

Кроме ниже приведенных свойств для листовых стекол важное значение имеют и механические свойства: ТКЛР, плотность, микротвердость. Исследованные значения этих свойств приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Механические свойства испытываемых стекол

Состав	ТКЛР ($\alpha \cdot 10^7, K^{-1}$)	Плотность стекол, kg/m^3	Микротвердость, МПа
	экспериментальная	экспериментальная	
1	86,9	2480,6	5781
2	85,3	2489,8	5710
3	85,1	2498,1	5637
7	86,9	2472,1	5867

Целью снижения содержания Al_2O_3 также является снижение себестоимости составов опытных стекол, что имеет огромное значение для крупнотоннажного производства.

Результаты расчета стоимости шихты, для варки 1 кг стекол представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Стоимость шихты для варки 1 кг листового стекла

№ состава	Стоимость шихты, бел.рубль
1	125,15
2	125,19
3	125,37
4	125,69
5	126,34
6	126,87
7 (промышленный)	127,61

На основании полученных значений стоимости можно сделать следующий вывод: при снижении в шихте содержания полевого шпата с 1,2 % до 0,5 % снижается стоимость шихты на 2,46 бел.рубль. с 1 т. Важно также, что уменьшение содержания Al_2O_3 позволяет снизить содержание Na_2O в стекле на 0,4 % в сравнении с промышленным составом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солинов, Ф.Г. Производство листового стекла / Ф.Г. Солинов. – М.: Стройиздат, 1986. – 288 с.
2. Терещенко, И.М. Технология листового стекла / И.М. Терещенко. – Минск: БГТУ, 2010. – 360 с.