

**В.И. СТРЕЛЬНИКОВ**, канд. техн. наук, ст. препод., УИПА, Славянск  
**Ю.Н. ШУМИЛОВ**, докт. техн. наук, проф., НИИВН, Славянск

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОЛЯТОРОВ. АНАЛИЗ ЗЕРНОВОГО И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА МАСС**

У статті викладені результати дослідження технологічних параметрів фарфорової маси на стадії підготовки сировини і мокрого помолу в кульовому млині. Результати свідчать про недостатню міру подрібнення окремих компонентів. Намічені шляхи поліпшення технології підготовки сировини.

В статье изложены результаты исследования технологических параметров фарфоровой массы на стадии подготовки сырья и мокрого помола в шаровой мельнице. Результаты свидетельствуют о недостаточной степени измельчения отдельных компонентов. Намечены пути улучшения технологии подготовки сырья.

In the article the results of research of technological parameters of porcelain mass are expounded on the stage of preparation of raw material and water-ground in a ball mill. Results testify to the insufficient degree of growing of separate components shallow. The ways of improvement of technology of preparation of raw material are set.

Процесс производства электротехнического фарфора как и любого другого керамического материала начинается с подготовки исходных сырьевых компонентов: сортировки, измельчения, просеивания, дозирования.

Каждый компонент фарфоровой массы проходит свои стадии подготовки и на определенном этапе технологические потоки материалов сходятся для осуществления совместного мокрого помола в шаровой мельнице.

Параметрами производства вполне однозначно регламентируется необходимая степень измельчения каждого в отдельности компонента на стадии подготовки.

Так, например, пегматит и полевой шпат должны быть предварительно измельчены до размера зерен не более 3 мм (допускается 1 – 2 % зерен до 5 мм). В то же время кварцевый песок, как правило, имеет максимальный размер частиц до 2,5 мм и не требует дробления, он проходит только ситовую очистку от посторонних примесей.

Использование высококачественных сортов глины и каолина позволяет ограничиться их измельчением на глинорезках (стругачах).

Глинозем имеет максимальный размер частиц (сферолитов) до 0,1 мм и поэтому поступает сразу на тонкий помол после соответствующей дозировки.

Все это свидетельствует о том, что требуемая перед загрузкой в шаровые мельницы дисперсность сырья известна и прогнозируема.

Этап совместного мокрого помола шихтовых компонентов массы контролируется заданным временем помола и проверкой конечной дисперсности по остатку на сите. Но это только констатирует факт достижения заданной степени измельчения сырьевой смеси. Размер образовавшихся частиц каждого компонента остается в определенной степени загадкой.

Имея различную твердость кристаллов и, соответственно, размалываемость, частицы сырья за одно и то же время помола измельчаются по-разному.

На данном этапе исследований отслеживалась кинетика дробления каждого из сырьевых компонентов при их совместном помоле.

Фарфоровую массу ГЛ-1 получали следующим образом.

С первой завеской в шаровую мельницу мокрого помола загружали полевошпатовый концентрат, глинозем и 3 % каолина, готовность суспензии контролировали по остатку на сите № 004 равному 6 – 6,2 %.

Затем засыпали остальной каолин, глину и измельчали совместно до остатка 3,5 – 3,7 % на том же сите.

Шихтовый состав исследуемых масс представлен в табл. 1, а гранулометрия сырья – в табл. 2.

По мере готовности 1-й и 2-й завесок отбирали пробы шликера массы ГЛ-1 для разделения на ряд фракций с интервалом дисперсности 10 мкм и последующего анализа их минералогического состава. От масс взятых для сравнения (табл. 1) анализу подвергали только пробы отобранные на производстве после окончания помола, т.е. после 2-й завески.

Как правило, сырьевые смеси материалов измельчаются селективно, т. е. мягкие и твердые компоненты за равный промежуток времени измельчаются не одинаково. Кроме того следует учитывать то, что мягкие частицы измельчаясь быстрее, налипают на более твердые, создавая препятствие дроблению последних, так как по налипшей «подушке» из мелких частиц происходит скольжение более крупных и твердых.

Таблица 1

## Шихтовые составы исследуемых масс

Наименование компонентов	Содержание компонентов в массах, масс. %				
	ГЛ-1		ЭГ-112*	М-2*	МК-24*
	ГЛ-1-300	ГЛ-1-1700			
Пегматит Елисеевский	-	-	-	35,0	7,7
Шпат Белогорский	-	29,0	24,0	-	8,3
Полевошпатовый концентрат	29,0	-	-	-	-
Песок Авдеевский	-	-	-	15,0	26,0
Глина Веселовская	22,0	22,0	18,0	23,0	20,0
Каолин Просяновский	24,0	24,0	11,0	-	-
Каолин Положский	-	-	20,0	21,0	30,0
Бентонит	-	-	1,0	-	-
Глинозем ГК	25,0	25,0	19,0	-	-
Череп фарфоровый	-	-	7,0	6,0	8,0

Примечание – ГЛ-1-300 смолота в мельнице объемом 300 л, ГЛ-1-1700, тоже объемом 1700 л,

\* – массы взяты для сравнения

Таблица 2

## Гранулометрический состав исходного сырья

Наименование компонентов	Выход фракций размером (мм)								
	+2	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,15	0,15- 0,10	0,10- 0,07	0,07- 0,05	-0,05
Шпат Елисеевский	5,6	186,0	20,5	23,6	8,2	5,6	2,1	3,6	12,8
Шпат Белогорский	6,1	21,2	20,2	19,2	8,1	6,1	3,0	3,0	13,1
Полевошпатовый к-т	-	-	15,0	54,5	19,0	8,0	2,0	1,0	0,5
Песок Авдеевский	-	-	-	18,1	62,2	19,0	0,5	0,2	-
Глина Веселовская	-	-	-	-	-	-	-	1,1	98,9
Каолин Просяновский	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0
Каолин Положский	-	-	-	-	-	-	-	0,5	99,5
Бентонит	-	-	-	2,1	2,7	4,3	2,1	3,2	85,6
Глинозем ГК	-	-	-	-	-	-	9,4	17,7	72,9
Череп фарфоровый	5,1	21,1	21,1	27,6	8,1	6,1	2,0	3,0	6,0

Среди минералов, составляющих исходное сырье наиболее прочным является кварц, что, по-видимому, определяет измельчаемость каждого компонента смеси. Таким образом показатель «содержание кварца во фракции подлежащий измельчению» является фактором определяющим степень готовности компонентов шихты с точки зрения заданного технологического параметра. В табл. 3 приведены данные о содержании кварца в исходных ма-

териалах, а в табл. 4 его доля в узких фракциях смолотых шликеров масс после их разделения.

Таблица 3

Содержание кварца в исходных материалах

Наименование компонентов	Содержание кварца во фракциях (мм), %									
	+2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,15	0,15-0,10	0,10-0,07	0,07-0,05	-0,05	Σ
Шпат Елисеевский	1,06	3,38	4,33	7,91	2,76	1,65	0,71	0,68	2,69	25,3
Шпат Белогорский	0,62	4,13	3,11	1,98	0,83	0,31	0,15	0,15	1,34	12,7
Полевошпатовый концентрат	-	-	4,64	5,61	1,94	0,99	0,25	0,16	0,10	13,7
Песок Авдеевский	-	-	-	18,10	62,20	19,00	0,50	0,20		100
Глина Веселовская	-	-	-	-	-	-	-	0,10	4,95	5,05
Каолин Просьяновский	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Каолин Положский	-	-	-	-	-	-	-	-	5,00	5,00
Бентонит	-	-	-	1,59	2,33	2,80	0,91	0,69	9,24	17,56
Глинозем ГК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Череп фарфоровый	-	-	-	-	-	0,18	0,06	0,15	0,60	0,99

Контроль технологических параметров помола в заводских условиях осуществляется периодическим определением остатка на сите № 004 и № 0056, т. е. в остатке будут зерна размером соответственно свыше 40 и 56 мкм. По достижении нормативного показателя помол прекращается.

Из данных табл. 4 следует, что во фракции +50 и в интервале (-50 ÷ +30) мкм имеется значительное количество зерен кварца. В силу различий ТКЛР кристаллических фаз, стекла, зерен кварца (муллит –  $5,7 \cdot 10^{-6}$ , стекло –  $6,8 \cdot 10^{-6}$ , α-кварц –  $19 - 22 \cdot 10^{-6}$ , β-кварц –  $27 - 28 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>) в фарфоре могут возникать микронапряжения зачастую приводящие к трещиноватости спеченного материала и падению уровня механической прочности изделия. Ситуация еще более усугубляется, если размер зерен SiO<sub>2</sub> более 30 мкм, велико их содержание и они локально сконцентрированы. Для более полной идентификации минералов в тонких (менее 40 мкм) фракциях пробы исследовали методами рентгеновской дифрактометрии и электронно-микроскопическим анализом. Кривые РФА и данные табл. 5 свидетельствуют о том, что компоненты массы ГЛ-1 в процессе помола полевошпатовых материалов и

глинозема не достигают той крупности помола, которая необходима с точки зрения протекания реакций фазообразования.

Таблица 4

Гранулометрический состав и содержание кварца в узких фракциях шликеров

Масса	Содержание классов (мкм), %					Содержание SiO <sub>2</sub> $\left(\frac{\text{абсолют.}}{\text{относит.}}\right)$ в классах (мкм), %					
	+50	50-30	30-20	20-10	-10	+50	50-30	30-20	20-10	-10	Σ
МК-24	0,1	0,2	1,0	3,7	95,0	$\frac{42,1}{0,08}$	$\frac{30,0}{0,11}$	$\frac{7,9}{0,14}$	$\frac{2,0}{0,13}$	$\frac{18,0}{31,04}$	$\frac{100}{31,5}$
ГЛ-1-300	0,4	2,7	4,8	10,4	81,7	$\frac{73,2}{0,46}$	$\frac{17,5}{0,74}$	$\frac{5,2}{0,40}$	$\frac{1,7}{0,27}$	$\frac{2,5}{3,22}$	$\frac{100}{5,09}$
ГЛ-1-1700 (1-я завеска)	0,5	11,6	15,5	12,5	59,9	$\frac{69,5}{1,08}$	$\frac{23,9}{1,75}$	$\frac{4,7}{0,92}$	$\frac{0,90}{0,64}$	$\frac{1,0}{7,58}$	$\frac{100}{11,97}$
ГЛ-1-1700 (2-я завеска)	0,3	2,1	3,6	4,0	90,0	$\frac{75,1}{0,27}$	$\frac{16,5}{0,42}$	$\frac{4,0}{0,17}$	$\frac{0,8}{0,04}$	$\frac{3,6}{3,86}$	$\frac{100}{4,76}$
М-2	0,8	5,7	7,7	23,9	61,9	$\frac{58,4}{2,65}$	$\frac{30,0}{12,6}$	$\frac{8,2}{3,50}$	$\frac{2,0}{2,6}$	$\frac{1,4}{4,8}$	$\frac{100}{26,1}$
ЭГ-112	0,1	0,3	0,9	1,9	96,8	$\frac{54,8}{0,027}$	$\frac{26,4}{0,03}$	$\frac{3,9}{0,013}$	$\frac{0,8}{0,006}$	$\frac{14,1}{5,12}$	$\frac{100}{5,19}$

Таблица 5

Данные РФА состава узких фракций массы ГЛ-1

Фракции, мкм	Содержание					
	кварц	микроклин	плагиоклаз	глинозем	каолинит	гидрослюда
масса ГЛ-1-1700						
+40	30	26,5	12	12	1	18,5
-40+30	18	31,5	9,5	33	4,5	3,5
30+20	14,5	28	10,5	42	2,5	2,5
-20+10	18	27	9	28,5	10	7,5
-10+0	11	14	5	39	28	3
Масса ГЛ-1-300						
+40	36	24,5	-	сл	16	23,5
-40+30	18	57	-	16	4,5	4,5
30+20	12	46	-	22,5	13	6,5
-20+10	13	42	-	25,5	16	3,5
-10+0	7	10	-	22,5	52,5	8

Глинозем, например, наиболее реакционно-способен при размере частиц 5 – 7 мкм и общем их содержании в пределах 80 – 90 %.

Примеси гидрослюды (мусковита) измельчаются очень плохо, в основном преобладают они в крупных фракциях суспензии и в дальнейшем при обжиге могут быть зародышами дефектов, снижающих электрические характеристики.

Полученные в ходе исследований данные позволят внести обоснованные изменения в технологические параметры производства фарфора.

*Поступила в редколлегию 07.05.12*

УДК 666.1.031

**С.Н. ЯИЦКИЙ**, аспирант, НТУ «ХПИ»,

**Л.Л. БРАГИНА**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,

**Н.С. ЯИЦКИЙ**, зам. нач. цеха, ПАО «ЛСЗ «Пролетарий», Лисичанск

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА**

В роботі проаналізовані особливості руйнування вогнетривких матеріалів під час експлуатації в окремих ділянках ванної скловарної печі при виробництві полірованого листового скла. Розглянуто вплив технологічних та теплотехнічних параметрів на характер руйнування та тривалість служби вогнетривів різного складу.

В работе проанализированы особенности разрушения огнеупорных материалов в процессе эксплуатации на отдельных участках ванной стекловаренной печи при производстве полированного листового стекла. Рассмотрено влияние технологических и теплотехнических параметров на характер разрушения и продолжительность службы огнеупоров различного состава.

In this paper the features of refractory materials degradation during service on the separate parts of the glassmelting bath furnace in the manufacture of float glass have been analysed. Influence of technological and thermal parameters on the fracture pattern and the service length of refractories of different compositions have been studied.

Стекловаренные печи являются основными агрегатами стекольных предприятий. В печах совершаются процессы тепловой обработки сырьевых