

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЛИТЕЙНЫХ СВОЙСТВ ШЛИКЕРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФАРФОРА

Для установления оптимальных параметров шликера, используемого при оформлении изделий методом литья, прежде всего, необходимо определить требования к нему. Требования к литейному шликеру с учетом качественной оценки можно сформулировать следующим образом:

- шликер должен быть стабильным (не расслаиваться) и иметь минимальную влажность при достаточной текучести;
- загустеваемость не должна препятствовать сливу избытка шликера после завершения набора отливки;
- он не должен оставлять натеков на стенках отливки;
- между отливкой и шликером должна быть четкая граница, обуславливаемая заметной разницей в их влагосодержании;
- скорость набора отливки должна соответствовать заданному значению;
- продолжительность закрепления отливки (продолжительность достижения влагосодержания, при котором отливка способна легко отделяться от формы без образования посечек, трещин и деформации) должна быть минимальной.

Перечисленные требования не претендуют на полноту. Однако и указанных достаточно, чтобы оценить сложность выбора оптимальных параметров шликера, в максимальной степени обеспечивающих эти требования. Известно, что по общепринятым характеристикам литейных шликеров (текучести, коэффициенту загустеваемости, скорости набора отливки, влажности, плотности, рН и т. п.) невозможно однозначно прогнозировать технологические особенности литья и свойства получаемой отливки при разьеме формы и подвялке.

Наряду с определением текучести шликеров в работах [1, 2] была изучена зависимость их вязкости от скорости деформации, определены скорость набора отливки, ее влажность и деформация при растяжении. По характеру зависимостей вязкости  $\eta$  от касательного напряжения  $\tau$ , полученных при увеличивающейся и снижающейся скоростях деформации (при нагружении и разгрузке), шликеры можно подразделить на три структурных типа: реопексно-тиксотропные, тиксотропно-тиксотропные и тиксотропно-тиксостабильные. Установлено, что в наибольшей степени технологическим требованиям удовлетворяют шликеры с тиксотропно-тиксотропной структурой.

В работах [1, 2] была осуществлена попытка связать конкретные технологические свойства шликера (скорость набора отливки, наличие натеков, плохой слив) с характеристиками кривых  $\eta=f(\tau)$ , при нагружении и разгрузке. В работах [1, 2], отмечено, что не представилось возможным установить связь между указанными технологическими свойствами и такими реологическими характеристиками, как вязкость при различных скоростях деформации, соотношение значений вязкости или их разность при нагружении и разгрузке.

Оказалось, что скорость набора отливки и поведение шликера при литье (сливной способ) могут характеризоваться коэффициентом структурирования  $K$ .

Цель настоящей работы – выявить возможность использования коэффициента структурирования для определения структурного типа шликера и установить его влияние на некоторые технологические свойства отливки.

Для проведения экспериментов приготовлена масса следующего состава (%): 14,4 – просянкового каолина; 14,4 – глуховецкого каолина; 9,6 – глины Веско-гранитик; 9,6 – глины Веско-экстра; 21,2 – кварцевого песка; 21,2 – полевого шпата;

9,6 – фарфорового боя. Остаток на сите №0063-0,9%; количество частиц размером менее 0,001 мм – 27,2%.

Исследования были проведены на 16 – разрядном универсальном измерительном компьютерном приборе (УИКП). В качестве датчика использовали динамометр с электронным усилителем с цифровым демпфированием данных. Поскольку определение релаксационного усилия предполагает получение одного массива данных, то испытания проводились при условии трёхкратного повтора для каждого разработанного состава масс (не меньше 3000 экспериментальных точек).

С применением разработанной методики была исследована кинетика набора отливки, определена ее относительная влажность  $W_{отл}$  и плотность в абсолютно сухом состоянии  $\sigma_{ас}$ .

В качестве параметра, характеризующего кинетику набора отливки, использовали коэффициент набора, который рассчитывали по уравнению

$$K_m = \frac{G_{ас}}{\sqrt{t}}, \quad (1)$$

где  $G_{ас}$  – масса абсолютно сухой отливки, г;

$t$  – продолжительность набора отливки, мин.

На рис.1,2,3 приведены зависимости  $\eta=f(\tau)$ , для шликеров с реопексной, тиксолабильной и тиксостабильной структурами при нагружении и разгрузке.

При анализе кривых нагружения  $\eta=f(\tau)$  находили значения  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ . Для границы первого и второго, второго и третьего участков определяли  $\tau_{кр1}$ ,  $\eta_{кр1}$  и  $\tau_{кр2}$ ,  $\eta_{кр2}$ . Для последнего участка определяли максимальное напряжение  $\tau_{max}$  и минимальную вязкость  $\eta_{min}$ . Кроме того, определяли коэффициент структурирования.

Предварительный анализ результатов экспериментов показал, что при введении электролитов основное влияние на свойства шликера и отливок оказывает суммарное количество электролитов.

В табл. 1 приведены средние значения и пределы изменений реологических и технологических свойств исследованных шликеров, которые по характеру кривых нагружения и разгрузки отнесены к трем выделенным типам структур. Необходимо отметить, что средние значения первой текучести и коэффициент загустеваемости  $K_3$  для шликеров с реопексно-тиксотропной структурой носят условный характер, так как получены без учета тех шликеров, у которых нет первой или второй текучести ( $\infty$ ).

Анализ приведенных в табл. 1 данных показывает, что для шликеров с выделенными типами структур средние значения реологических и технологических характеристик заметно различаются. Особенно существенно различаются реологические характеристики шликеров с реопексно-тиксотропной и двумя другими структурами. В то же время для большинства анализируемых характеристик разброс значений таков, что по ним нельзя выделить четкие границы между структурами.

У шликеров с тиксолабильной и тиксостабильной структурами на первом участке  $n_1$  имеет положительное значение: вместо ожидаемого в связи с увеличением скорости деформации разрушения структурных связей и уменьшения вязкости происходит ее повышение. Было сделано предположение, что наблюдаемое положительное значение  $n_1$  обусловлено методикой проведения эксперимента. Имелось в виду, что после

| Статистические характеристики шликера       | Содержание электролитов, % | Kз   | W <sub>отл</sub> , % | Реологические характеристики |                  |                  |                |                  |                  |                |                  |                  |
|---|----------------------------|------|----------------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
|   |                            |      |                      | η <sub>1</sub>               | τ <sub>кр1</sub> | η <sub>кр1</sub> | η <sub>2</sub> | τ <sub>кр2</sub> | η <sub>кр2</sub> | η <sub>3</sub> | τ <sub>max</sub> | τ <sub>min</sub> |
| <b>Реопексно-тиксотропная структура</b>     |                            |      |                      |                              |                  |                  |                |                  |                  |                |                  |                  |
| Пределы изменений                           | 0,08                       | -    | 24,8                 | 0,40                         | 50,00            | 73,00            | 7,50           | 98,00            | 3,50             | 2,80           | 113,0            | 0,90             |
|   | 0,15                       | 1,67 | 21,3                 | 1,90                         | 5,50             | 2,20             | 1,20           | 16,50            | 0,50             | 0,50           | 50,0             | 0,32             |
| Среднее значение                            | 0,11                       | 2,10 | 23,3                 | 1,12                         | 18,60            | 26,40            | 4,19           | 40,30            | 1,27             | 1,31           | 69,4             | 0,49             |
| <b>Дилатантно-тиксотропная структура</b>    |                            |      |                      |                              |                  |                  |                |                  |                  |                |                  |                  |
| Пределы изменений                           | 0,13                       | 2,48 | 24,8                 | 0,05                         | 2,70             | 2,40             | 0,70           | 19,00            | 0,37             | 0,22           | 60,0             | 0,30             |
|   | 0,19                       | 1,25 | 19,9                 | 0,55                         | 0,80             | 0,47             | 0,20           | 16,00            | 0,32             | 0,14           | 43,0             | 0,20             |
| Среднее значение                            | 0,16                       | 1,66 | 20,7                 | 0,32                         | 1,68             | 0,93             | 0,58           | 15,80            | 0,33             | 0,15           | 50,0             | 0,28             |
| <b>Дилатантно-тиксостабильная структура</b> |                            |      |                      |                              |                  |                  |                |                  |                  |                |                  |                  |
| Пределы изменений                           | 0,22                       | 1,49 | 19,7                 | 0,31                         | 2,40             | 0,68             | 0,31           | 9,30             | 0,44             | 0,02           | 58,0             | 0,40             |
|   | 0,45                       | 1,00 | 18,2                 | 0,63                         | 0,69             | 0,22             | 0,11           | 2,50             | 0,30             | 0,03           | 23,5             | 0,16             |
| Среднее значение                            | 0,29                       | 1,23 | 18,8                 | 0,51                         | 1,21             | 0,32             | 0,02           | 6,14             | 0,35             | 0,02           | 42,4             | 0,28             |

максимальной деформации и выдержки в течение 30 с при низких скоростях деформации скорость восстановления структурных связей еще достаточно высокая и превышает скорость разрушения этих связей. Прямые опыты с увеличением продолжительности выдержки до 15 мин показали, что на первом участке у шликеров с тиксолабильной и тиксостабильной структурами возрастание вязкости с повышением скорости деформации продолжается. Это явление называется дилатансией [2]. В связи с наличием у шликеров с тиксолабильной и тиксостабильной структурами участков с дилатантным увеличением вязкости эти структуры целесообразно называть дилатантно-тиксотропной и дилатантно-тиксостабильной.

Если рассматривать реологические характеристики шликера во взаимосвязи с его технологическими свойствами, то для максимального удовлетворения указанных выше требований, предъявляемых к шликеру с оптимальными параметрами, наиболее подходящим является тиксостабильный тип структуры. Его отличают незначительная тиксотропность, низкая вязкость разрушенной структуры, предельно низкая влажность отливки при сливе, что практически исключает процесс подвялки. Однако шликер с тиксостабильной структурой имеет и недостаток – повышенную продолжительность набора отливки, в среднем в 2,7 раза превышающую продолжительность набора отливки из шликера, имеющего реопексную структуру. Известно, что предельно дефлокулированный шликер склонен к расслоению, а низкая влажность отливки обуславливает низкую пластичность и склонность к трещинообразованию. Если увеличение продолжительности набора отливки будет компенсировано (с положительным балансом) сокращением длительности подвялки, то вопросы расслоения шликера и склонности отливки к трещинообразованию требуют дополнительной проверки.

Таким образом, с учетом пластичности отливки в качестве оптимального следует принимать шликер с дилатантно-тиксотропной структурой. Обладая по сравнению со шликером, имеющим реопексную структуру, более высокой (на 40%) продолжительностью набора, этот шликер обеспечивает получение отливки, влажность которой практически совпадает с влажностью, принятой при разьеме формы. Это позволяет сократить продолжительность закрепления и общую длительность цикла. Кроме того, такой шликер, хотя и сохраняет склонность к загустеванию, после выстаивания имеет вязкость по крайней мере на порядок меньше, чем вязкость шликера с реопексной структурой. По окончании перемешивания вязкость шликера с дилатантно-тиксотропной структурой соответствует минимальной вязкости максимально дефлокулированного шликера. Отмеченные реологические свойства шликера дилатантно-тиксотропного типа должны обеспечить хороший слив и отсутствие натеков на отливке.

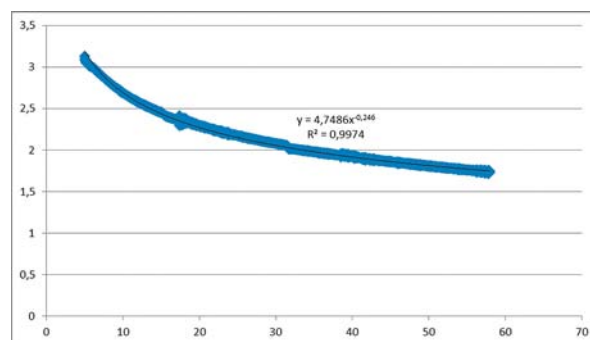


Рис. 1. Зависимость вязкости  $\eta$  от касательного напряжения  $\tau$  при нагружении для шликера с реопексной структурой

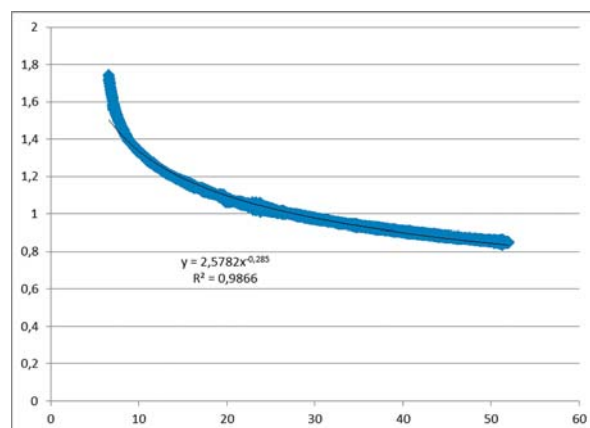


Рис. 2. Зависимость вязкости  $\eta$  от касательного напряжения  $\tau$  при нагружении для шликера с тиксолабильной структурой

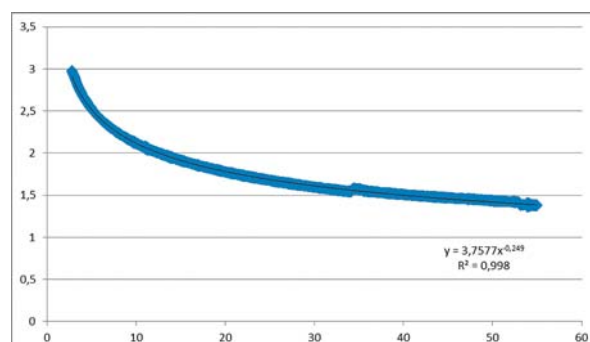


Рис. 3. Зависимость вязкости  $\eta$  от касательного напряжения  $\tau$  при нагружении для шликера с тиксостабильной структурой

#### Литература:

1. Ганенко И. Р., Ковалева З. Я. Взаимосвязь реологических свойств шликера и качества полуфабриката // Стекло и керамика. – 1989.- №1,- С. 20-22.
2. Белополюский М. С. Определение структурно-механических свойств керамических масс // Стекло и керамика. – 1977.- №5.-С. 22-23.