



УДК 621.315.1:548.75:620.81

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТЕКЛА

С. В. Федорова

*Кандидат технических наук, доцент,
Иркутский научно-исследовательский
технический университет,
г. Иркутск, Россия*

FEATURES OF PROCESS OF SELF-CRUSHING OF GLASS

S. V. Fedorova

*Candidate of Technical Sciences,
assistant professor,
Irkutsk National Research Technical
University, Irkutsk, Russia*

Summary. Data on possibility of use of the industrial wastes of glass production possessing high temperature of a softening and on the prime cost and ecological characteristics being an economic component are provided in work. From the very beginning the purpose of creation of composites consisted in reaching a resultant combination of properties, combination of positive characteristics of separate components in uniform material. From a large number of the composite materials created in recent years the special place is taken by composites on the basis of mica and the glasses combining high dielectric properties with a chemical, thermal and mechanical durability. About fifty years domestic composite material was issued on the basis of the alumoborosilikat glass incorporating fluoric connections which are harmful, polluting the atmosphere in the course of cooking and considerably worsening working conditions.

Keywords: economic component; glass; temperature; ecological characteristics.

Оптимальными размерами частиц, до которых необходимо измельчить стекло, применяемое в качестве связующего при изготовлении композиции слюда – стекло, является класс крупности $-0,2 + 0,1$. Эффективность помола для различных материалов можно оценить универсальным критерием – расходом энергии на образование единицы удельной поверхности. Соотношение между ростом удельной поверхности и расходом электроэнергии в значительной мере зависит от свойств материала, способа измельчения, измельчаемого аппарата, времени измельчения. Характерно, что рост потребляемой энергии всегда опережает увеличение удельной поверхности. Шаровое измельчение малоприспособно для тонкого измельчения стекла. Трудность

использования шаровых или стержневых мельниц также состоит и в том, что твердость доступных конструктивных сталей для изготовления мелющих тел и футеровки, как правило, ниже твердости измельчаемого стекла. Кроме того, данный материал обладает еще и абразивными свойствами. Таким образом, помол стекла в мельницах такого типа вряд ли оправдан. Широкое применение в последнее время находят мельницы самоизмельчения. Их использование позволяет практически на порядок повысить производительность с приемлемыми энергетическими затратами. В во многих отраслях народного хозяйства, там, где необходим тонкий и сверхтонкий класс крупности помола менее 10 мкм, находят применение струйные мельницы. В настоящее



время отечественной промышленностью освоен выпуск установок струйного измельчения, применяемых для измельчения антрацита, угля, кокса, известняка, кварца и другого минерального сырья, до крупности 60–70 мкм. Установки струйного измельчения работают по принципу самоизмельчения при соударении частиц материалов в помольной камере, движущихся в потоках энергоносителя навстречу друг другу. Установки включают питатель, дельта, инжекторные камеры с разгонными трубками. Измельченный материал разделяется в классификаторе, из которого материал необходимой дисперсности отсасывается в систему улавливания пыли, а более крупные частицы возвращаются на доизмельчение. Разряжение создается центробежным вентилятором. Наибольший интерес представляет противоточная струйная мельница. При измельчении стекла в струйной мельнице основной задачей является установление взаимосвязи между дисперсностью измельчаемого материала и затратами энергии мельницей с заданными конструктивными параметрами. Поэтому есть необходимость рассмотрения теории измельчения стекла в струйной мельнице, посредством математической модели. А именно, связанной с затратой энергии по времени на предельные упругие и пластические деформации стекла с целью получения материала данного класса крупности. При исследовании смачивания твердых поверхностей расплавами стекол определяют краевой угол, и условия растекания капли. Теория процесса смачивания поверхности стеклами разработана недостаточно полно. Исключение составляет работа [1, с. 375–379], в которой изучалось смачивание предварительно загрунтованной стальной поверхности расплавом натрия боросиликатного стекла с добавками двуокиси

титана при температуре 850°C. Стекла такого состава известны под названием титановых эмалей. Смачивание поверхностей натрийтитанборосиликатными стеклами с добавками оксидов металлов второй группы периодической системы имеет ряд особенностей. Смачивание различных поверхностей этими стеклами можно связать с процессом образования кристаллов и расплавов стекол. Стекла с добавками оксидов по их способности кристаллизоваться можно расположить в следующий ряд: $\text{BeO} > \text{ZnO} > \text{MgO} > \text{CdO} > \text{CaO} > \text{SrO} > \text{BaO}$. Такие оксиды, как BeO , ZnO , MgO , вызывают объемную кристаллизацию стекол. С ростом их содержания число образующихся кристаллов растет, размер их увеличивается, а смачивание ухудшается. Добавки таких кристаллов, как CaO , SrO , BaO и CdO , способствуют поверхностной кристаллизации, которая, в свою очередь, увеличивает смачивание. Также проводилось исследование по смачиванию расплавами стекол кислых и основных оксидов. Кислые – оксиды кремнезем, двуокись титана, окись железа и окись хрома смачиваются лучше, чем основные окись кальция, глинозем. Краевой угол расплава стекол зависит от свойств контактирующих пар [2, с. 381–387], температуры окружающей среды [3, с. 102–106]. Окислительная среда, как правило, способствует лучшему смачиванию. Смачивание твердых поверхностей расплавами стекол зависит от температуры. Краевой угол при повышении температуры расплава снижается. Начальная температура расплава для более тугоплавких стекол равна 820°C, а краевой угол составляет 155° независимо от свойств подложки. Краевой угол можно определять методом замораживания капли, для чего производят резкое охлаждение капли на твердой поверхности.



Расхождение в значениях краевого угла, определяемого различными методами не столько различно. Для этой системы, как и в предыдущем случае [3, с. 1190–1193], смачивание растёт с ростом температуры расплава стекла. Для равномерного смачивания и распределения расплава стекла по поверхности необходимо учитывать гистерезис краевого угла. Наступающий краевой угол Q_a определяет растекание расплава, а отступающий Q_r стягивание слоя расплава в каплю. Разность между этими углами ($Q_a - Q_r$) обуславливает гистерезис смачивания. В результате гистерезиса возможно собирание расплава в каплю, что в композиции слюда-стекло является нежелательным явлением. Гистерезис краевого угла может быть вызван вязкостью расплава, шероховатостью подложки и химической реакцией между контактирующими партнерами. Причины гистерезиса изучались при смачивании железа силикатными расплавами. Часть расплава, содержащая 16 % Na_2O и 64 % SiO_2 , оставалась неизменной, остальная часть, т. е. 20 %, состояла из добавок различных оксидов металлов. Гистерезис более значителен у расплава с добавками, вязкость которого превышает вязкость других расплавов. Значение краевого угла, в зависимости от свойств вводимых оксидов, уменьшается в последовательности: MgO , CaO , SrO , BaO . Эта последовательность соответствует увеличению радиуса катиона металла оксида. Для того, чтобы исключить влияние вязкости на смачивание исследовали растекание капель сплавов, имеющих одинаковую вязкость, равную 1000 П. Только у оксида железа, добавление которого улучшает смачивание, не обнаружены гистерезисные

явления. Для остальных добавок гистерезис имеет место. Это означает, что причиной гистерезиса является не только вязкость расплава. Кроме гистерезиса, происходит изменение краевого угла с течением времени. В работе [3, с. 1190–1193] изучалась кинетика смачивания расплавами стекол металлических и высокотемпературных керамических поверхностей. Изменения краевого угла и времени зависит от положения капли на горизонтальной поверхности: она может либо лежать, либо висеть на ней. Для лежащей капли краевой угол с течением времени уменьшается. Для висячей капли под действием гравитационной силы происходит увеличение краевого угла с течением времени контакта. Причем равновесное значение краевых углов, независимо от положения капли, с течением времени примерно одинаково. Чем выше температура, тем быстрее достигается равновесное значение краевых углов в связи с уменьшением вязкости расплава. Помимо значений краевого угла кинетику смачивания можно оценить по площади контакта капли с поверхностью. Силикаты, содержащие свинец, плохо смачивают твердую молибденовую поверхность и реализуют минимальную площадь контакта. Присутствие в расплавах таких оксидов, как TiO_2 и B_2O_3 увеличивает смачивание, но не столь существенно, по сравнению с их совместным присутствием в расплаве. В последнем случае имеет место максимальная площадь контакта капли. Таким образом, смачивание поверхностей расплавами стекол зависит от природы смачиваемой поверхности, температуры расплава и наличия различных добавок, в том числе оксидов.



Библиографический список

1. Chandratyeva S. S., Fulrath R. M., Pask J. A. Reaction mechanisms in the formation / of PZT solid solutions // J. Amer. Ceram. Soc. – 1981. – № 64, H7. – P. 422–425.
2. Деев А. И., Шестопап Н. П., Бутюгин В. К. Конструкционные материалы на основе графита. – М.: Металлургия. 1969. – С. 15–21.
3. Костиков В. И., Митин Б. Ц., Сумм Б. Д. О движущей силе процесса растекания жидкой фазы по твердой в условиях осложненных интенсивным химическим взаимодействием // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. – 1972. – № 8. – № 7. – С. 1190–1193.
4. Матвиенко В. Н., Баринов Ю. Д. Поверхностные явления в расплавах. – Киев: Наукова думка, 1968. – С. 375–379.

Bibliograficheskiy spisok

1. Chandratyeva S. S., Fulrath R. M., Pask J. A. Reaction mechanisms in the formation / of PZT solid solutions // J. Amer. Ceram. Soc. – 1981. – № 64, H7. – P. 422–425.
2. Deev A. I., Shestopal N. P., Butjugin V. K. Konstrukcionnye materialy na osnove grafita. – М.: Metallurgija. 1969. – S. 15–21.
3. Kostikov V. I., Mitin B. C., Summ B. D. O dvi-zhushhej sile processa rastekaniya zhidkoj fazy po tverdoj v uslovijah oslozhnennyh intensivnym himicheskim vzaimodejstviem // Izv. AN SSSR. Neorganicheskie materialy. – 1972. – № 8. – № 7. – S. 1190–1193.
4. Matvienko V. N., Barinov Ju. D. Poverhnostnye javlenija v rasplavah. – Kiev: Naukova dumka, 1968. – S. 375–379.

© Федорова С. В., 2015