

Рис. 1. Кривая ДСК стекла состава $85\text{MoO}_3-15\text{P}_2\text{O}_5$, Скорость нагрева – $10^\circ\text{C}/\text{мин}$.

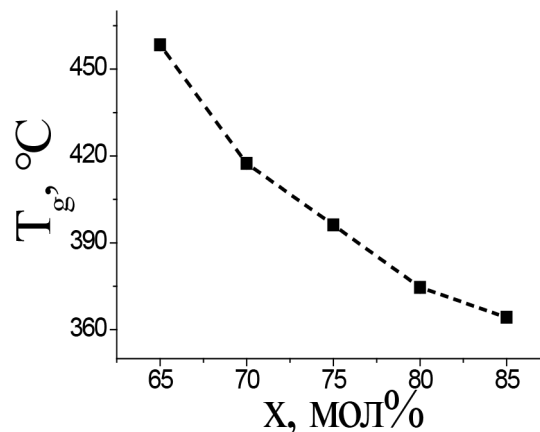


Рис. 2. Зависимость T_g стекол $x\text{MoO}_3-(100-x)\text{P}_2\text{O}_5$

контролировали с помощью рентгенофазового анализа (РФА), проводимого на дифрактометре Rigaku D-MAX-2200V, Cu K α -излучение в интервале углов рассеяния 2θ от 15 до 70° .

Термическое поведение стекол исследовали методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) в платиновых тиглях на калориметре DSC 204 F1 Phoenix (Netzsch) в температурном диапазоне от 35°C до 600°C либо на термоанализаторе STA 449C Jupiter (Netzsch) при температурах от 35 до 700°C .

Все аморфные материалы были черного цвета и имели стеклянный блеск. На их порошковых рентгенограммах отсутствуют пики кристаллических включений. Состав $90\text{MoO}_3-10\text{P}_2\text{O}_5$ не является стеклом, т.к. на его рентгенограмме присутствуют рефлексы от кристаллических фаз – MoO_3 и MoO_2 . В работе [2] аморфные составы в аналогичной системе были получены

до 83 мол% MoO_3 .

Согласно данным ДСК (рис. 1), стекла при $x=80$ и 85 мол% MoO_3 ступенчато кристаллизуются выше температуры стеклования (T_g). Символами T_{c1} , T_{c2} и T_{c3} обозначены их температуры кристаллизации. Другие составы плавятся, минуя стадию кристаллизации. Обнаружено, что термическая стабильность стекол, определяемая по разности температур T_c-T_g , уменьшается с ростом содержания оксида переходного металла.

На основании полученных данных по термическим свойствам стекол установлено, что с увеличением содержания MoO_3 температура стеклования уменьшается (рис. 2). Таким образом, оксид молибдена в исследуемых стеклах выступает в роли модификатора, т.е. разрушает сетку стекла.

Список литературы

1. Levy M., Souquet J.L. // *Materials Chemistry and Physics*, 1989.– V.23.– P.171–188.
2. Bridge B., Patel N.D. // *J. Materials Science*, 1986.– V.21.– P.1187–1205.
3. Mansingh A., Dhawan A., Sayer M. // *J. Non-Cryst. Solids.*, 1979.– V.33.– P.351–365.
4. Murawski L., Chung C.H., Mackenzie J.D. // *J. Non-Cryst. Solids.*, 1979.– V.32.– P.91–104.

РАСЧЁТ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ГРАФИТОВОМ РЕАКТОРЕ

Н.В. Виноградов

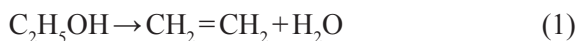
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.В. Коробочкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, izjumov.nikolay@rambler.ru

При расчете химического реактора на основе носителя из пористого графита интересной задачей является определение зоны теплопередачи из области тепловыделения в область те-

плопоглощения. В нашем случае исследовался графитовый реактор с совмещенной зоной теплопоглощения на первом этапе и тепловыделения на втором этапе последовательного превра-

щения этанола в окись этилена. Первая область реактора представляет собой пористый графит с нанесенным на него Al_2O_3 . В этой области идет эндотермический процесс превращения этанола в этилен по реакции:



Оптимальной температурой данной реакции можно считать 350–380 °С.

Вторая область реактора представляет собой пористый графит с нанесенным на него металлическим тонкодисперсным серебром. В этой зоне идет экзотермический процесс окисления этилена кислородом до окиси этилена:



Оптимальная температура реакции – 360–400 °С.

Особенностью такого реактора является движение газов из зоны теплопоглощения в зону тепловыделения. Передача тепла по графиту в обратном направлении определяется теплопроводностью графита. Разброс температуры при переходе из зоны тепловыделения в зону теплопоглощения максимально составляет 30–50 °С. При полном использовании теплоты реакции в зоне тепловыделения, которая в дальнейшем используется для поддержания необходимой температуры в зоне теплопоглощения, возникает тепловой баланс. В реальных условиях даже частичная рекуперация тепла прямо в рабочей зоне реактора за счёт теплопередачи по твердому носителю (графиту) является удачным решением за счет упрощения конструкции реактора.

Для простоты расчетов можно предположить, что температуры газовой фазы и твердого графитового носителя в любой точке реактора совпадают. Это возможно при невысоких скоростях газового потока и размере пор 8–15 мкм, что и реализуется в рассматриваемом реакторе. Тогда можно сделать следующее допущение: считать, что газы проходят через прямую трубку графитовой матрицы, а не по извилистым траекториям (рис. 1).

Из рисунка видно, что при движении газов справа налево передача тепла идет не только напрямую с помощью газового потока, но и по твердой графитовой матрице в обратном направлении. Расстояние, на котором разница температур составляет допустимые 30–50 °С для двух типов последовательно проходящих реакций можно определить по формуле:

$$q = \lambda \Delta T / \delta,$$

где q – количество тепла, передаваемого из зоны тепловыделения в зону теплопоглощения по графитовому носителю; λ – теплопроводность поликристаллического графита; ΔT – допустимая разница температур между зонами тепловыделения (реакция 2) и теплопоглощения (реакция 1); δ – расстояние теплопередачи с заданной разностью температур.

Задавая параметры самих реакций (теплоемкость, состав газов, степень разбавления азотом, скорость потока и т.д.), можно рассчитать расстояние δ , на которое осуществляется теплопередача по графитовому носителю и выдерживается заданный температурный режим, как для первой, так и для второй реакции. Зная значение δ , можно определить минимальное расстояние, на которое необходимо ввести катализатор для реакции 1 и для реакции 2. Общий размер двух каталитических зон должен быть равен значению δ . Проведенные расчеты для графитового реактора дали разброс значений каталитических зон от 2 мм до 2,9 см при приемлемых скоростях течения газовых потоков. Данные расчеты применимы в случаях, когда тепловыделение в экзотермической реакции превышает теплопоглощение в эндотермической реакции.

Графит является хорошим материалом для реакторов с каталитическими процессами, в которых требуется передача тепла по твердому носителю из зон тепловыделения в зоны теплопоглощения даже при движении потоков реагентов в направлении, противоположном тепловому потоку.

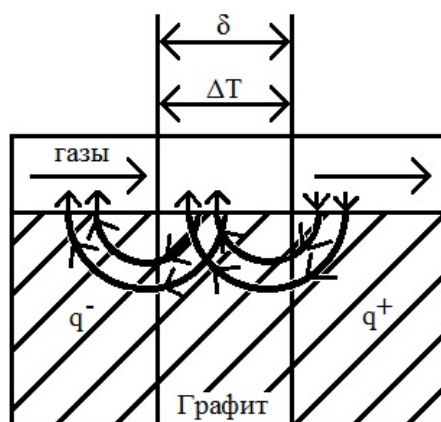


Рис. 1. Движение газов и передача тепла в графитовом реакторе