

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

М. А. БЕЗБОРОДОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
СИЛИКАТОВ ДЛЯ СЛУЧАЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИРОСКОПНОЙ  
ВЯЗКОСТИ**

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 21 XII 1947)

Некоторое время тому назад мы показали, что пироскоп как указатель температуры основан на том принципе, что он склоняется при достижении им всегда одной и той же вязкости, которую мы предложили называть пироскопной вязкостью<sup>(1)</sup>. Тогда же нами была сделана попытка подсчитать значение пироскопной вязкости в паузах на основании данных Н. В. Соломина, полученных им экспериментально для вязкости часовъярской глины при температурах 1480° и 1550°С<sup>(2)</sup>. Пироскопная вязкость, определенная таким образом, оказалась  $\leq 10^7$  пуаз.

Подсчеты эти, однако, нельзя было считать достаточно безупречными, так как мы вынуждены были применить метод экстраполяции, а полученная точка лежала далеко за пределами экспериментальных точек. Опытная проверка этой цифры, а также и основного нашего вывода о том, что пироскопы всегда склоняются при одном и том же значении вязкости, связана со значительными техническими затруднениями, так как требует высоких температур.

В практике научного эксперимента нередко пользуются при изучении тех или иных явлений методом подобия. Так например, Г. Тамман изучал процесс кристаллизации стекла на органических моделях, применяя для этого различные органические соединения (бетол, пиперан, бруцин, папаверин и др.), которые имеют невысокие температуры плавления, что весьма облегчало эксперимент и наблюдение<sup>(3)</sup>. Г. Ю. Жуковский и С. Г. Лиознянская изучали потоки в стекловаренной ванне печи на модели, используя вместо силикатного стекла органическую жидкость<sup>(4)</sup>. К. В. Струве наблюдал за конвекционными потоками в стекловаренном горшке также методом подобия<sup>(5)</sup>. Наконец, весьма значительное число исследований было выполнено методом подобия в последнее время М. В. Кирпичевым и его сотрудниками при изучении работы тепловых установок.

Непосредственное изучение силикатной жидкой фазы в керамическом теле при высокой температуре, и в особенности влияния количества и вязкости стеклообразной фазы, пока мало доступно из-за серьезных экспериментальных трудностей. Напротив, применение моделирования, когда силикатную жидкую фазу в керамическом теле можно заменить легкоплавкой органикой, дает возможность вести исследование при сравнительно низких температурах, что значительно облегчает эксперимент и наблюдение.

Первые опытные работы по применению моделирования для изучения роли жидкой фазы в керамике были сделаны в Белорусском

политехническом институте Н. К. Яговдик и А. Б. Калиновской под нашим руководством. Н. К. Яговдик изучала влияние вязкости и количества жидкой фазы в огнеупорах на их деформацию при высоких температурах. А. Б. Калиновская вела изучение пироскопов на моделях. Их работы будут своевременно опубликованы.

В настоящей статье изложена вкратце работа по определению пироскопной вязкости методом подобия. Она представляет некоторую часть всей экспериментальной работы по пироскопам, выполненной А. Б. Калиновской.

После предварительных опытов в качестве жидкой фазы была выбрана смесь из 95% канифоли и 5% касторового масла. При нагревании эта смесь доводилась до полной однородности. После остывания до комнатной температуры получившаяся масса имела вид хрупкого органического стекла, которое легко превращалось в порошок при растирании в ступке.

В качестве твердой фазы применялся отмытый и просушенный кварцевый песок, который перед введением в состав смеси с органикой был рассеян на фракции. Песок содержал 43% зерен размером 0,19—0,14 мм, 55% зерен — 0,14—0,081 мм и 2% зерен с поперечником менее 0,081 мм.

Моделированные пироскопные массы составлялись из порошкообразного органического стекла вышеуказанного состава и отсеянного кварцевого песка. Было изготовлено 10 масс, содержавших жидкую фазу в следующих количествах (в процентах): 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27,5; 30 и 100. Из этой массы были отформованы пироскопы с поперечным сечением в виде равностороннего треугольника, сторона которого в основании пироскопа равна 16 мм, а в вершине его 4 мм. Высота двух ребер пироскопа 61,4 мм, а третьего ребра 60,0 мм.

Для определения вязкости пироскопов при различных температурах применялись цилиндрики, изготовленные из идентичных масс и имевшие высоту 20 мм и диаметр 16 мм.

Поведение пироскопов при нагревании и вязкость пироскопных масс изучались в специальной установке, сконструированной А. Б. Калиновской и состоявшей из термостата, имевшего прозрачную стеклянную переднюю стенку для непосредственного наблюдения, и приспособления для подачи давления на цилиндрики со строго рассчитанным грузом. Температура в термостате измерялась термометром, проверенным по точкам плавления льда и кипения воды. Конуса устанавливались в термостате по 3 штуки одновременно. Они приклеивались к обожженной глиняной подставке при помощи капли расплавленной органической массы.

Сначала определялась температура полного склонения пироскопов. Затем пироскопы вынимались из термостата и вместо них устанавливался в холодный термостат цилиндр для определения вязкости. Термостат постепенно разогревался до той температуры, при которой склонились соответствующие пироскопы. По достижении этой температуры на цилиндр накладывался груз весом 500 г.

Груз вызывал деформацию — сжатие по вертикальному направлению, которое измерялось индикатором с точностью до 0,01 мм; одновременно записывалось время в секундах, в течение которого происходила деформация.

Подсчет вязкости массы в паузах при температуре падения пироскопа производился по формуле, предложенной Н. В. Соломиным для подобного способа определения вязкости (6):

$$\eta = \frac{Pz(t - \Delta t) 981}{3\Delta t q} \text{ пауз,}$$

где  $\eta$  — вязкость в пуазах,  $P$  — нагрузка в г,  $z$  — время в секундах, в течение которого происходит деформация,  $\Delta l$  — деформация в см,  $q$  — площадь поперечного сечения цилиндрика в см<sup>2</sup>,  $(l - \Delta l)$  — средняя высота образца после испытания.

Кроме вышеупомянутых масс, содержащих 95% канифоли и 5% касторового масла, были испытаны массы с жидкой фазой состава 97% канифоли и 3% касторового масла, имевшие относительно большую вязкость, чем первые.

Результаты наблюдений приведены в табл. 1, из которой видно, что вязкость пироскопов при температуре их падения, т. е. пироскопная вязкость ( $\eta_{п}$ ), равна  $n \cdot 10^7$  пуаз, где  $n$  заключается в пределах от 0,35 до 6,20.

Таблица 1

Содержание жидкой фазы в %	Средняя температура полного склонения в °С		Вязкость в пуазах $\times 10^{-7}$ п и температуре полного склонения, т. е. пироскопная вязкость ( $\eta_{п}$ )	
	состав жидкой фазы: 95% канифоли + 5% касторового масла	состав жидкой фазы: 9% канифоли + 3% касторового масла	состав жидкой фазы: 97% канифоли + 5% касторового масла	состав жидкой фазы: 97% канифоли + 3% касторового масла
100,0	69,0	78,0	5,1	2,0
30,0	80,0	—	4,83	—
27,5	81,0	—	2,03	—
25,0	83,0	87,0	1,3	1,48
22,5	85,5	—	4,03	—
20,0	87,0	—	6,2	—
17,5	89,0	92,0	3,4	0,78
15,0	92,5	—	2,25	—
12,5	95,0	—	не опред.	—
10,0	104,0	—	0,35	—

Таким образом, экспериментальное определение пироскопной вязкости ( $\eta_{п}$ ), выполненное по методу подобия, показало, что пироскопы склоняются при одном и том же порядке значений вязкости и что эта вязкость имеет величину около  $10^7$  пуаз.

Некоторое расхождение опытных цифр, выражающих пироскопную вязкость, можно объяснить, по всей вероятности, условиями эксперимента.

Лаборатория химии и технологии силикатов  
Белорусского политехнического института  
Минск

Поступило  
21 XII 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> М. А. Безбородов, ДАН, 50, 363 (1945); Изв. Туркм. фил. АН СССР, № 3—4, 175 (1945); № 5—6, 159 (1945). <sup>2</sup> Н. В. Соломин, Легкая промышленность, № 1—2, 13 (1942). <sup>3</sup> Г. Гамман, Сборн. Строение стекла, 1933, стр. 31. <sup>4</sup> Г. Ю. Жуковский и С. Г. Лиознянская, Керамика и стекло, № 1, 14 (1932). <sup>5</sup> К. В. Струве, Керамика и стекло, № 3, 13 (1932). <sup>6</sup> Н. В. Соломин, ЖТФ, 15, в. 11, 862 (1945).