Горные стационарные установки и машины.
Записки Ленинградского горного института. Л., 1988. Т.117

УДК 672.744.7

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОДЕСТРУКЦИИ НА ВЕЛИЧИНУ ЭФФЕКТА ТОМСА

А.С.МЕДВЕДЕВ, А.Е.ГОРШТЕЙН, М.М.КРЫЖАНОВСКИЙ

В процессе приготовления растворов полимеров в зависимости от типа мешального устройства и формы сосуда, мощности на валу и времени перемешивания полимерные молекулы подвергаются механическому воздействию и в соответствии с уровнем этого воздействия могут быть частично или полностью разрушены (механодеструктированы). Степень механодеструкции в значительной степени определяет вязкостные свойства системы и ее способность снижать коэффициент трения при течении или обтекании тел.

Уровень механического воздействия на полимерные молекулы и его оценка во многом определяет выбор перемешивающего устройства, тип реактора, число оборотов, время перемешивания, способ ввода исходной композиции в воду для приготовления раствора. В связи с этим отыскание способа оценки уровня механического воздействия на раствор и установление связи между уровнем воздействия и степенью деструкции представляет собой важную в практическом отношении задачу.

Степень механического воздействия оценивалась путем продавливания раствора полимера через малое отверстие, например шайбу, при известной скорости истечения W и напора ΔP. Таким образом, меняя перепад давления на шайбе и ее диаметр, можно в широком интервале мощности $\Delta P W$ менять уровень механического воздействия на полимер.

Снятие реологической кривой для соответствующим образом деструктированного полимера и сопоставление ее с аналогичной кривой, снятой для раствора полимера, полученного в аппарате с определенным перемешивающим устройством, позволяет оценить уровень деструкции при приготовлении раствора полимера в аппарате с мешалкой.

Эффект Томса связан с уменьшением трения жидкости о стенки транспортного приспособления или обтекаемого тела. Это обстоятельство позволяет непосредственно осуществить замеры, связанные с эффектом Томса, на установке, принцип работы которой основан на измерении высоты поднятия струи жидкости при постоянном гидростатическом напоре. Высота подъема струи жидкости будет в таких условиях зависеть лишь от коэффициента трения ее о стенки трубки, вязкости жидкости и, очевидно, от величины поверхностного натяжения. Если поверхностное натяжение в ходе обработки растворов меняется мало, его влиянием на уровень поднятия струи можно пренебречь.

Влияние вязкости проявляется особенно сильно на растворах полимеров высокой концентрации. Так, при исследовании растворов полиоксиэти-

лена с концентрацией $c \geq 0{,}1$ % было обнаружено, что уровень поднятия струи жидкости оказался ниже, чем у воды. В связи с этим при обработке результатов эксперимента первичные данные представлены в безразмерном виде путем отнесения высоты струи исследуемого раствора h_i к высоте струи среды (воды) h_0, т.е. $[h] = h_1 / h_0$. Для учета влияния вязкости безразмерная $[h]$ относилась к приведенной вязкости соответствующего раствора

$$[\eta] = \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_0 c_m},$$

где η_i - вязкость исследуемого раствора; η_0 - вязкость среды (воды); c_m - концентрация раствора.

Таким образом, получен некоторый параметр $[h]/[\eta]$, величина которого зависит как от состава раствора, так и от способа обработки и уровня механического воздействия в процессе приготовления или деструкции растворов полимеров. Растворы полимеров подвергались деструкции в процессе продавливания через шайбу и при перемешивании с помощью мешалок различной конструкции.

Зависимость приведенной высоты струи $[h]/[\eta]$ от уровня механического воздействия на раствор полимера типа полиоксиэтилена представлена на рис.I. Как видно из рис.I, по мере увеличения мощности происходит снижение приведенной высоты струи до некоторого минимума, затем ее возрастание и выход на постоянную величину. Снижение приведенной величины вероятнее всего определяется разрушением ассоциатов или конформационным изменением макромолекул. Повышение связано с эффектом вязкости. При увеличении мощности на шайбе член $(\eta_1 - \eta_0)$ стремится к некоторой малой величине, поскольку $\eta_i \to \eta_0 + k\varphi$, где k - некоторый коэффициент, в случае сферы $k = 2{,}5$; φ - объемная доля дисперсной фазы в системе, т.е. вязкость даже разрушенной полностью системы больше вязкости дисперсионной среды. Повышение $[h]/[\eta]$ связано с ростом концентрации частичек в системе - с увеличением φ. При предельном разрушении полимерных молекул величина приведенной высоты струи остается постоянной.

Эти данные позволяют оценить уровень механического воздействия различных размешивающих устройств при соответствующих числах оборотов в процессе приготовления растворов полимеров. Следует отметить своеобразное поведение деструктированных растворов высоких концентраций, подвергнутых последующему разведению. Оказалось, что исходные растворы высоких концентраций ($c \geq 0{,}15$ %) при продавливании через шайбу под давлением до 0,3 МПа склонны увеличивать величину h_i, что связано, вероятнее всего, с гомогенизацией композиции. При последующем раз-

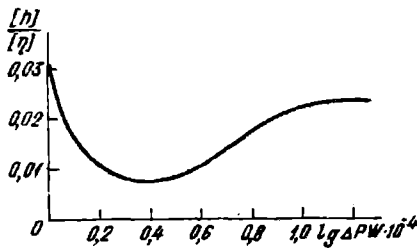


Рис.1. Зависимость приведенной высоты струи от уровня механического воздействия

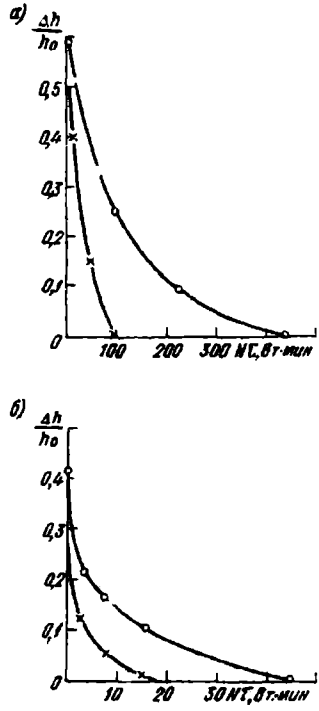


Рис.2. Уровень механического воздействия в зависимости от длительности перемешивания при c = 0,15 % (а) и c = 0,05 % (б)

ведении такого деструктированного раствора до концентрации 0,05 % наблюдается падение h_1 до некоторой постоянной величины при высоких давлениях. Отсюда вытекает важный практический вывод о том, что при проведении испытаний перемешивающих устройств контролировать их влияние на свойства растворов нужно лишь при рабочих концентрациях или, по крайней мере, достаточно близких к ним.

Последующие опыты по механодеструкции полимерных растворов осуществлялись на мешальных устройствах различной конструкции. Уровень механического воздействия на раствор полимера для данного перемешивающего устройства оценивался по интенсивности и длительности перемешивания. Затем определялась мощность воздействия и совершаемая при этом работа. Результаты этих исследований для растворов полимеров двух концентраций приведены на рис.2. Как видно из рис.2, длительное перемешивание приводит к разрушению ассоциатов и отдельных молекул и эффект Томса снижается вплоть до его исчезновения. При этом, как и следовало ожидать, при одинаковой работе эффект разрушения системы турбинной мешалкой значительно выше.

Аналогичная картина наблюдается при использовании сосуда с отражательными перегородками, которые применяются для создания дополнительной турбулизации потока. При этом разрушение системы и падение эффекта Томса происходит при значительно меньшей работе и практически не зависит от формы мешалки.

При одной и той же затраченной на перемешивание работе N_τ, особенно в начальный момент, падение эффекта Томса на более концентрированных растворах на 25–30 % больше, чем на разбавленных.