

ПОВЫШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ ПЕНОПЛАСТА В СЛОИСТОЙ ПАНЕЛИ

В.И.Никитин

Изготовление многослойных конструкций с утеплителем из заливочных пенопластов является сложным процессом, требующим учета и взаимоувязки комплекса технологических и кинетических параметров, описывающих особенности явлений, составляющих данный технологический процесс. При этом важнейшим показателем качества изделий может являться перепад плотности утеплителя по его объему. Чем меньше величина этого перепада, тем более равномерно распределена масса пенопласта, следовательно, более однородными будут его физикомеханические показатели, что в свою очередь предопределяет эксплуатационную надежность слоистой конструкции.

Перепад плотности утеплителя из заливочных пенопластов в значительной мере зависит от характера распределения композиции в полости изделия к началу ее вспенивания. При изготовлении слоистых панелей нужно стремиться к тому, чтобы перед реакцией пенообразования композиция быстро и равномерно покрывала поверхность нижней обшивки панели. В этом случае обеспечивается практически одинаковая толщина слоя поднимающейся пены и одновременно соприкосновение поверхности пены со всей поверхностью верхней обшивки, что сводит к минимуму перемещения пеномассы относительно обшивок, способствует равномерному распределению избыточного давления в объеме формируемого слоя пенопласта и образованию однородной ячеистой структуры, а также улучшает адгезионные характеристики.

На практике необходимого характера распределения композиции в полости утепляемой конструкции добиться довольно сложно. Прежде всего это относится к стендовому способу производства слоистых панелей, когда подача заливочной композиции осуществляется периодически в закрытые формы через технологические отверстия, расположенные по длинным или коротким сторонам бортовой оснастки. Ошибки при выборе количества и шага таких отверстий приводят к большим перепадам плотности пенопласта. Так, при подаче фенольной заливочной композиции в каркас панели длиной 7,2 м через отверстия, расположенные в продольном торце каркаса, перепад плотности утеплителя по длине панели доходил до 250 кг/м^3 . Визуальная оценка качества заполнения этих панелей показала, что при такой заливке часто наблюдается неполное заполнение полости панели, так как движущиеся навстречу друг другу фронты пеномассы не смыкаются из-за значительного расстояния между технологическими отверстиями. Установлено (1), что при подаче композиции в данную панель через

четыре отверстия качество заполнения полости панели улучшилось, а перепад плотности пенопласта снизился и не превышал 50 кг/м^3 .

В каждом конкретном случае необходимое количество технологических отверстий нужно определять в зависимости от свойств заливочных композиций и материалов обшивок панели, конструктивных особенностей утепляемой полости и применяемых заливочных устройств. При решении этой задачи важную роль играют знания о кинетике процесса растекания высоковязких вспенивающихся полимерных композиций по твердой поверхности.

Типичные кривые изменения диаметра больших капель пенополиуретановой композиции, растекающихся по твердой горизонтальной поверхности показаны на рис. 1. Исходная температура композиции составляла 30°C , а подложки - 22°C . Из рис. 1 видно, что нарастание диаметра капель прекращается раньше достижения момента статического равновесия. Незавершенность (ограниченность) процесса свободного растекания композиции объясняется наступлением реакций пено- и гелеобразования, с которыми связано резкое нарастание вязкости композиции и образование полимерной пеноструктуры. Наступление этих реакций от начала смешивания компонентов композиции характеризуется временем индукционного периода и временем гелеобразования.

Расчетами было установлено, что чем больше ее толщина, соответствующая максимальному диаметру растекания, и, следовательно, незавершеннее процесс растекания. Отметим, что если бы капли одинаковой жидкости имели возможность свободно растекаться в изотермическом режиме до момента статического равновесия, то к этому моменту они бы имели одинаковую толщину. О степени незавершенности процесса растекания капель композиции можно судить по соотношению между значениями максимальных диаметров растекания капли в условиях свободного и ограниченного растекания. Для упомянутой полиуретановой композиции на рис. 2 показана зависимость максимального диаметра растекания капли от ее массы при ограниченном (эмпирическая кривая 1) и свободном (кривая 2) растекании. Кривая 2 построена с помощью формулы [2]

$$D_m = \sqrt[4]{8m^2 g / \sigma \rho^2 (1 - \cos \Theta)}, \quad (1)$$

где m - масса капли; g - ускорение свободного падения; σ - удельная поверхностная энергия композиции; ρ - ее плотность; Θ - краевой угол смачивания. В рассмотренном случае имели: $\sigma = 0,028 \text{ Н/м}$; $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$; $\theta = 67^\circ$.

Оказалось, что с увеличением m величина отношения диаметров свободного и ограниченного растекания растет и при $m = 1,6 \text{ кг}$ составляет 1,44. Для фенольных композиций величина этого отношения значительно больше. Рассмотренный случай растекания жидкости

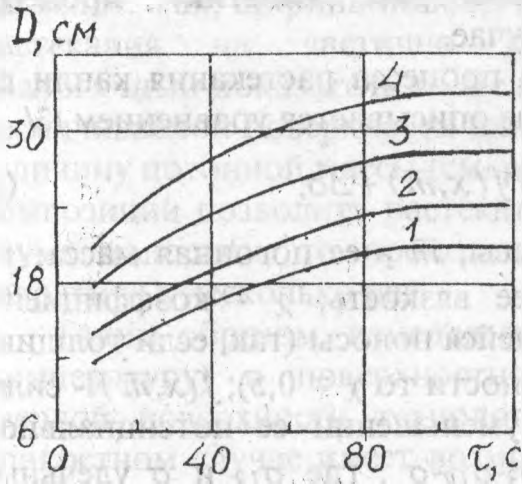


Рис. 1. Изменение диаметра каплей различной массы в процессе растекания
 1- $m = 65$ г, 2- $m = 108$ г,
 3- $m = 147$ г, 4- $m = 190$ г

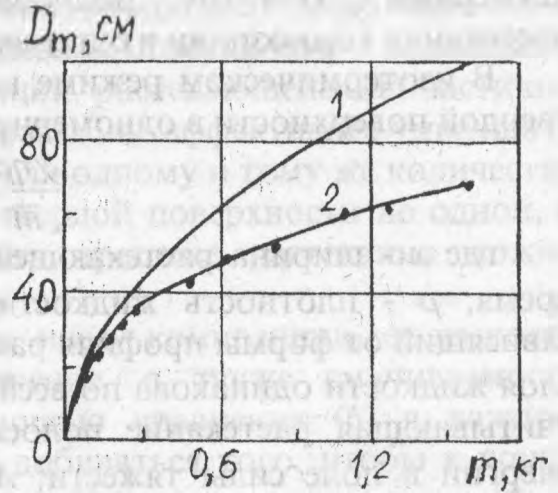


Рис. 2. Зависимость максимального диаметра капли от её массы при свободном (1) и ограниченном (2) растекании

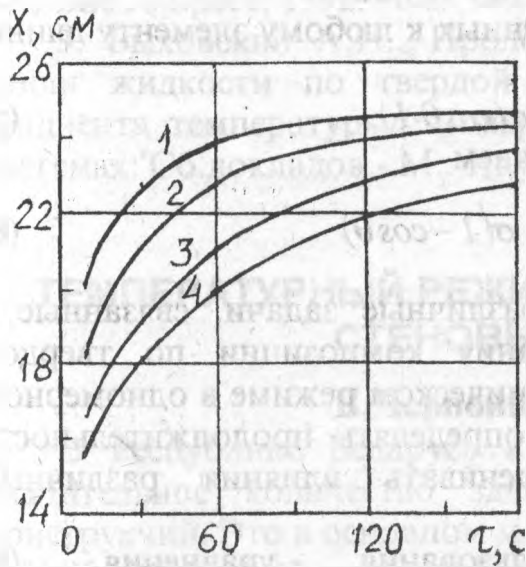


Рис. 3. Зависимость ширины полосы композиции с погонной массой 1,2 кг/м от её вязкости в процессе растекания
 1- $\eta = 1$ Па·с, 2- $\eta = 2$ Па·с,
 3- $\eta = 4$ Па·с, 4- $\eta = 6$ Па·с

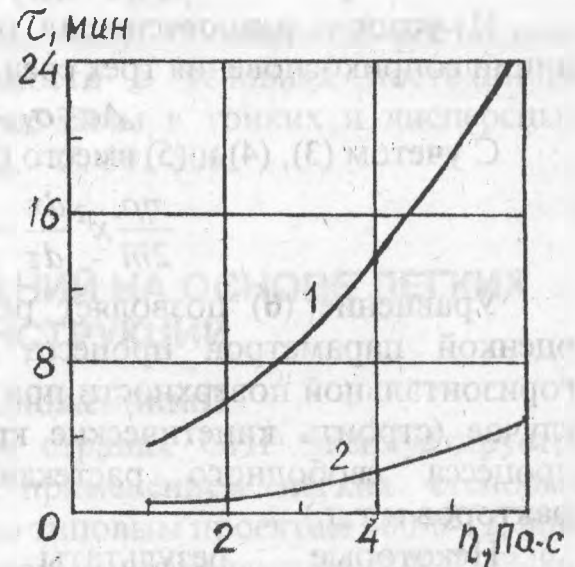


Рис. 4. Зависимость продолжительности растекания полосы композиции от её погонной массы и вязкости
 1- $\bar{m} = 1,2$ кг/м,
 2- $\bar{m} = 0,6$ кг/м

является двумерным. На практике обычно имеет место одномерный случай растекания жидкости, который протекает медленнее, чем двумерный. Поэтому подробнее рассмотрим кинетику процесса растекания композиции в одномерном случае.

В изотермическом режиме кинетика процесса растекания капли по твердой поверхности в одномерном случае описывается уравнением [3/

$$\frac{\chi \eta \rho}{\bar{m}} x^2 \frac{dx}{d\tau} = f(x, \bar{m}) + \Delta\sigma, \quad (2)$$

где x - ширина растекающейся полосы; \bar{m} - ее погонная масса; τ - время; ρ - плотность жидкости; η - ее вязкость; χ - коэффициент, зависящий от формы профиля растекающейся полосы (так, если толщина слоя жидкости одинакова по всей поверхности то $\chi = 0,5$); $f(x, \bar{m})$ - сила, учитывающая растекание полосы при уменьшении ее потенциальной энергии в поле силы тяжести; $\Delta\sigma = \sigma_{13} - \sigma_{12} - \sigma$, где σ_{13} и σ удельные поверхностные энергии твердого тела и жидкости; σ_{12} - удельная межфазная энергия на границе твердая подложка - жидкость.

Для реальных значений \bar{m} можно полагать, что толщина растекающейся полосы постоянна ($\chi = 0,5$) и равна

$$y = \bar{m} / \chi \rho \quad (3)$$

При завершении свободного растекания полосы суммарное давление в ней равно нулю

$$\rho g y / 2 + \Delta\sigma / y = 0 \quad \text{или} \quad \rho g y^2 / 2 + \Delta\sigma = 0 \quad (4)$$

Из условия равновесия сил, приложенных к любому элементу длины линии соприкосновения трех сред, имеем

$$\Delta\sigma = \sigma_{13} - \sigma_{12} - \sigma = \sigma(\cos\theta - 1) \quad (5)$$

С учетом (3), (4) и (5) вместо (2) получаем

$$\frac{\eta \rho}{2\bar{m}} x^2 \frac{dx}{d\tau} = \frac{g\bar{m}^2}{2\rho x^2} - \sigma(1 - \cos\theta) \quad (6)$$

Уравнение (6) позволяет решать различные задачи, связанные с оценкой параметров процесса растекания композиции по твердой горизонтальной поверхности при изотермическом режиме в одномерном случае (строить кинетические кривые, определять продолжительность процесса свободного растекания, оценивать влияния различных факторов и т.д.).

Некоторые результаты использования уравнения (6) проиллюстрированы на рис. 3 и 4. На рис. 3. видно, что с увеличением вязкости композиции процесс ее растекания протекает медленнее и завершается позднее. Данный вычислительный эксперимент был выполнен при $\Delta\sigma = \sigma(1 - \cos\theta) = 0,1$. Поскольку на практике коэффициент поверхностного натяжения для заливочных полимерных композиций обычно не превышает $\sigma = 0,08$ Н/м, то твердая поверхность, на которой выполняется эксперимент, является частично несмачиваемой. Если бы

твердая поверхность была частично смачиваемой, то кривые растекания (см.рис. 3), построенные в той же системе координат, прошли бы выше. Так, ширина полосы композиции вязкостью $\eta = 1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ через 200 с растекания на частично смачиваемой поверхности превышает аналогичный показатель той же композиции, растекающейся на частично несмачиваемой поверхности в полтора раза. Еще эффективнее уменьшать величину погонной массы (см. рис. 4). Если одному и тому же количеству композиции позволить растекаться на твердой поверхности не одной, а двумя полосами, то продолжительность процесса растекания можно сократить в несколько раз.

Таким образом, изменяя погонную массу композиции, ее вязкость (температуру) и поверхностное натяжение, а также смачиваемость твердой поверхности технолог с помощью уравнения (6) в каждом конкретном случае имеет возможность добиваться того, чтобы к концу индукционного периода (начало вспенивания) процесс растекания композиции был завершен.

Литература

1. Артюшина А.А., Гурьев В.В., Ким Т.И., Груздев И.В. Влияние технологии изготовления на плотность фенольного пенопласта в напели // Пластические массы. - 1989.- № 2. - С. 58-59
2. Никитин В.И. Математическое моделирование и ЭВМ: Учебное пособие. - Брест, 1992. 70 с.
3. Быховский А.И., Пролесковская А.Ю. О кинетике растекания капли жидкости по твердой поверхности в условиях постоянного градиента температуры// Поверхностные силы в тонких и дисперсных системах: Сб.докладов.- М.: Наука, 1972. - С. 301-306.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ЛЕГКИХ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.Черноиван, Н.Сложеникина

В Республике Беларусь и других странах СНГ эксплуатируется значительное количество зданий с применением легких стеновых конструкций. Это в основном модули по типовым проектам 400-0-12, 400-0-20.83, 400-0-21.83 с трехслойными стеновыми панелями по ГОСТ 23486-79 со стальными обшивками и средним слоем из заливочных композиций.

Ввиду высокой технологичности изготовления и монтажа наибольшее применение нашли панели заводского изготовления с обшивками из профилированной стали и средним слоем из заливочного пенопласта марки "SYSPUR SH4055" (панели типа "сэндвич").