

Математическое моделирование процессов прессования композиционных материалов на основе граничных отсеков

Студенты гр.10402119 Гаворовский А.П., Биленко Ю.Э.
Научный руководитель – Костюченко Ю.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Прессование композиционных материалов заключается в пластической деформации материала при одновременном воздействии на него тепла и давления и в последующей фиксации формы изделия. Прессование композитов проводится, как правило, в пресс-формах, конфигурация полости которых соответствует конфигурации будущего изделия.

Пресс-формы устанавливаются на прессах, назначение которых – создание необходимого давления прессования. Помещенный в пресс-форму холодный или предварительно подогретый материал разогревается до температуры прессования и, подвергаясь под давлением прессования деформации одномерного течения, заполняет полость формы и одновременно уплотняется.

Фиксация формы изделия происходит в результате отверждения реактопластов или охлаждения термопластов, либо охлаждения под давлением до температуры ниже температуры стеклования (для термопластов).

Параметры процесса прессования композиционных материалов: начальная температура композиционного материала и пресс-формы, удельное давление и скорость его приложения, время выдержки в пресс-форме, температура извлечения изделия из пресс-формы, давление прессования 0,01–250 Мпа. При переработке реактопластов решающее влияние на режимы оказывает скорость отверждения, а при прессовании термопластов – скорость охлаждения сформованного изделия.

Метод прессования применяется: для получения изделий сложной формы, разнообразных размеров и толщин из композитных материалов с порошкообразными, волокнистыми, листовыми волокнистыми наполнителями на основе термопластичных и реактивных связующих.

Метод прессования композитов имеет разновидности:

- прямое прессование (горячее или компрессорное);
- литьевое прессование (трансферное);
- профильное прессование (штранг-прессование).

Прямое прессование композиционных материалов: пресс-материал в виде порошка, таблеток, таблеток либо заготовок из листовых или волокнистых полуфабрикатов загружают в открытую полость пресс-формы или между обогреваемыми плитами пресса и подвергают воздействию тепла и давления. Параметры процесса определяются типом ПКМ, конфигурацией и габаритными размерами изделия. Оборудование: прессы.

Применяется для переработки:

- термореактивных и термопластичных композиционных материалов, изготовления толстых листов, блоков, толстостенных изделий сложной формы и переменного сечения;
- заготовок простой формы, подвергающихся дальнейшей механической обработке;
- изделий из композитов, содержащих большое количество абразивных частиц.

Литьевое прессование композиционных материалов: предварительно размягченный (пластифицированный) материал впрыскивается перемещающимся в осевом направлении поршнем из загрузочной камеры через литниковые каналы в предварительно замкнутую пресс-форму. Параметры процесса литьевого прессования композиционных материалов: удельное давления впрыска 150–200 Мпа, давление в пресс-форме 50–65 Мпа. Оборудование для литьевого прессования: специальные трансферные гидравлические прессы с двумя (верхним и нижним) рабочими плунжерами или универсальные прессы с

одним верхним плунжером. Литьевое прессование применяется: главным образом для переработки композиционным материалов на основе быстротвердеющих реактопластов и высоковязких термопластов.

Профильное прессование композиционных материалов: пресс-материал продавливается через профильную фильеру с открытыми входными и выходными отверстиями или специальную головку. В процессе продавливания происходит формование и получение данного профиля, а в случае реактопластов – их отверждение. Процесс с периодически повторяющимся циклом, обеспечивающий непрерывное производство профилей благодаря тому, что за один цикл выдавливается не вся порция композиционного материала, а оставшийся подогретый ПКМ сваривается с вновь поступившей порцией.

Метод занимает промежуточное положение между прессованием и экструзией. Параметры процесса профильного прессования ПКМ: давление прессования 250–400 МПа для реактопластов и 40–50 МПа для термопластов. Оборудование для профильного прессования ПКМ: специальные горизонтальные прессы, поршень которых медленно совершает рабочий ход и быстро возвращается в исходное положение, пресс-форма со сменной матрицей. Профильное прессование применяется (наряду с экструзией) для получения труб, стержней и других профильных изделий большой длины.

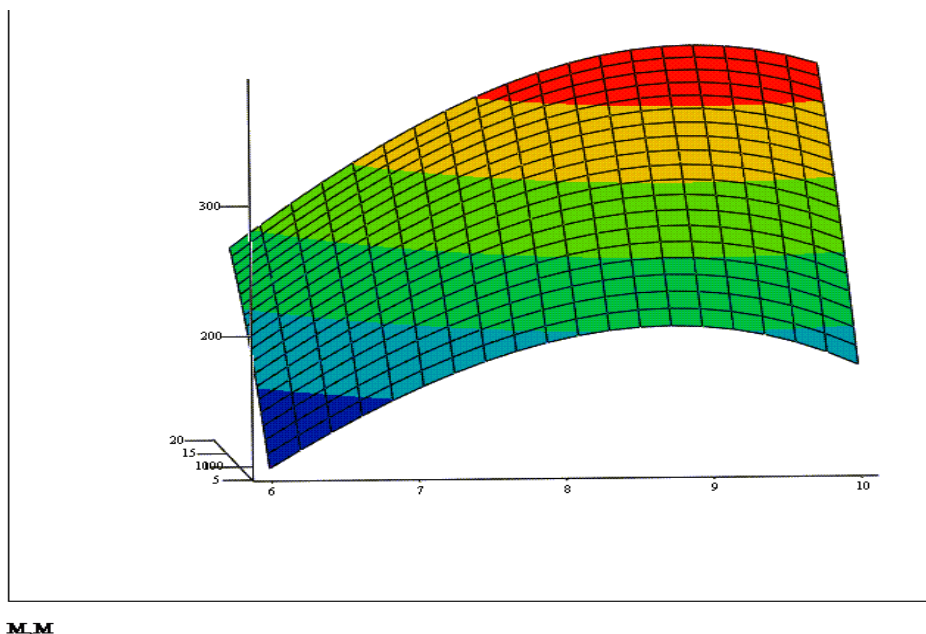
Экспериментально полученные зависимости предела прочности на сжатие от процентного содержания гранитной крошки и извести, а также усилия прессования приведены в таблице 1, по которой видно, что количество экспериментальных точек равно 7, а количество параллельных исследований составляет 4. Ошибка измерения у испытательной машины, при помощи которой проводили исследования предела прочности на сжатие, составляла $\pm 5\%$ (при доверительной вероятности 95 %).

Таблица 1 – Сводные данные эксперимента

Параметр		Обозначение	Номер эксперимента						
			1	2	3	4	5	6	7
Содержание, %	Гранитный отсев		94	94	94	92	92	90	90
	Известь	X1	6	6	6	8	8	10	10
Усилие прессования, т		X2	10	15	20	5	10	5	10
Предел прочности на сжатие, Мпа	1	Y1	162	194	235	195	270	184	258
	2	Y2	155	198	238	201	257	186	260
	3	Y3	158	202	243	198	272	183	258
	4	Y4	163	205	244	204	272	188	262

Статистические модели строятся на основе собранные статистически обработанных экспериментальных данных и очень часто описываются полиномами той или иной степени. Область применения такой модели ограничивается ближайшей окрестностью рабочих точек.

В рамках исследований была построена математическая модель технологического процесса прессования композиции гранитная крошка – известь, проведена проверка ее на адекватность, вычислены оптимальные параметры процесса, а также построена графическая зависимость предела прочности на сжатие от процентного содержания гранитной крошки и извести, а также усилия прессования (рисунок 1).



М.М

Рисунок 1 – Поверхность, отображающая зависимость предела прочности на сжатие от содержания извести в композиции гранитная крошка – известь и усилия прессования:

$$Y = -301,37 + 8,09 \cdot x_2 + 1,03 \cdot x_1 \cdot x_2 + 17,28 \cdot x_1^2 - 0,2 \cdot x_2^2 - 1,34 \cdot x_1^3$$

В целях проверки математической модели на адекватность на основании полученных данных было проведено натурное моделирование.

Натурное моделирование предусматривало проведение эксперимента с прессованием состава композиции известь – гранитная крошка при оптимальных условиях получения прессованных образцов. В этих целях был приготовлен состав композиции, включающий 10 % извести и 90 % гранитного отсева, который прессовался с усилием 60 кН.

Полученные прессованные образцы подвергались запарке и последующей сушке на воздухе в нормальных условиях, после чего подвергались испытанию прочности на сжатие. Условия получения образцов и их показатели прочности приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы и прочностные свойства прессованного известково-гранитного вяжущего

№ образца	Состав вяжущего, %		Усилие прессования, кН	Предел прочности, кгс/см ²
	известь	гранитный отсев		
1	10	90	60	210
2				204
3				207
4				202

Полученные в результате проведения натурального моделирования результаты позволяют утверждать, что созданная на основе экспериментальных данных физико-химическая модель технологического процесса получения прессованных строительных изделий из композиции известь – гранитный отсев, при заданных условиях, является адекватной. Сходимость полученной модели и натуральных испытаний составляет 95–99 %.