

УДК 678.02:621.365

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ
НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Т. А. Манько, д. т. н., проф.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Введение

При существующей технологии изготовления изделий из полимерных композиционных материалов коэффициент реализации исходной прочности наполнителей в готовом композите невысок. Одной из причин снижения прочности от теоретически возможной является уменьшение прочности наполнителей в результате длительного нагрева в процессе термоотверждения связующих при формовании изделий. Снижение прочности наполнителей в интервале температур 370–470 К практически линейно зависит от температуры нагрева и составляет для волокон типа кевлар примерно 10–20 % по сравнению с прочностью волокон при компактной температуре [1].

В работе изучали влияние длительного нагрева на прочность органических волокон и жгутов.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований были выбраны органические арамидные волокна СВМ, СВМ-С и жгуты ЖСВМ, ЖСВМ-С, ЦФ-НКВМ. Нагрев волокон и жгутов осуществляли в сушильном электрошкафу типа СНВС. В работе применяли стандартные методы испытаний образцов. Испытания на прочность проводили согласно ГОСТ 25.602-80.

Режим термоотверждения наполнителей приведен на рисунке. Данные сравнительных испытаний прогретых волокон и жгутов, усредненные по результатам 11–13 измерений, представлены в таблице 1.

Результаты исследований

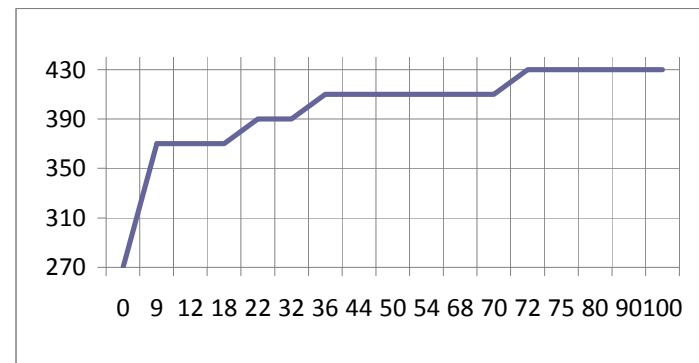


Рис. Режим термообработки органических наполнителей при длительном нагреве

Таблица 1

Прочностные характеристики органических волокон и жгутов

Марка наполнителя	P_u , Н	σ_u , МПа	P , Н	σ , МПа	$\Delta P/P_u \cdot 100\%$	$\Delta\sigma/\sigma_u \cdot 100\%$
ЖСВМ	2036		1726		15,2	
ЖСВМ-С	1775		1549		12,7	
ЦФ-ЖСВМ	1618		1363		15,7	
СВМ		2873		2481		13,6
СВМ-С		3413		2981		12,6

В таблице 1 приняты обозначения: P , P_u – усилия разрыва жгутов, подвергнутых нагреву; σ , σ_u – разрушающее напряжение волокон после нагрева и исходных; $\Delta P = P_u - P$; $\Delta\sigma = \sigma_u - \sigma$.

Анализ полученных результатов показал, что наблюдается уменьшение прочностных характеристик при длительном нагревании в интервале температур 370–470 К примерно на 15 % с исходными показаниями.

На следующем этапе исследований изучали влияние температуры нагрева при фиксированном времени термоотверждения на прочность органожгутов ЖСВМ. В таблице 2 приведены усредненные по результатам 11–15 измерений значения разрывной нагрузки P жгутов ЖСВМ после термообработки в интервале температур 350–150 К (P_u – разрывная нагрузка исходного материала).

Таблица 2

Прочностные характеристики органожгута ЖСВМ

Режим термоотверждения	P , Н	P_u , Н	$\Delta P/P_u \cdot 100\%$
290–450 К/2 ч; 450 К/6 ч	1875	2036	91,2
290–420 К/2 ч; 420 К/6 ч	1931	2036	94,8
290–390 К/1,5 ч; 390 К/6 ч	1747	1813	96,3
290–370 К/1,5 ч; 370 К/6 ч	1973	2036	96,9
290–350 К/1,5 ч; 350 К/6 ч	1993	2036	97,9

Результаты измерения разрывных усилий при растяжении жгутов ЖСВМ показывают, что термоотверждение при температурах 370–450 К приводит к потере прочности на 3,0–8,0 % по сравнению с исходной прочностью, при этом уменьшение прочности органожгутов происходит практически линейно с ростом температуры. Применение длительных ступенчатых режимов нагрева жгутов ЖСВМ приводит к большому снижению прочности, составляющему 15,2 % при термоотверждении в интервале температур 370–430 К в течение 29 ч (табл. 1).

Проведенные исследования позволяют предложить в качестве одного из возможных путей повышения коэффициента реализации исходной прочности органоуполнителей применение температурных режимов отверждения связующего в органоупластиках, исключающих использование высоких температур (420–450 К).

Одновременно с изучением режимов термоотверждения исследовали влияние магнитного поля на прочностные показатели органонаполнителей. Исследуемые волокна СВМ и жгуты ЖСВМ выдерживали в магнитном поле напряжённостью 9,55 кА/м, 23,87 кА/м при вышеприведенных термовременных условиях нагрева. Результаты прочностных испытаний волокон и жгутов, подвергнутых термомагнитной обработке, практически не отличаются от результатов, полученных с использованием термоотверждения. Заметного влияния магнитного поля на прочность органонаполнителей в проведенных экспериментах обнаружено не было [2]. Отсутствие воздействия магнитного поля на прочностные свойства наполнителей может быть объяснено тем, что при термомагнитной обработке уже сформированных волокон материал не переводится в вязкотекучее состояние, при котором появляется возможность ориентации макромолекул в магнитном поле.

Полученные результаты согласуются с экспериментальными данными, приведенными в работе [3], где показано, что получасовая термомагнитная обработка при температурах до 620 К не оказывает существенного влияния на прочностные характеристики органоволокон.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют заключить, что длительные ступенчатые режимы нагрева органонаполнителей приводят к потере прочности до 15 %, снижение прочности происходит практически линейно с ростом температуры. Для повышения коэффициента реализации исходной прочности в изделиях из эпоксиорганопластиков можно рекомендовать применение температурных режимов отверждения, исключающих использование верхних ступенек (420–450 К). Указанные рекомендации могут быть применены при получении высокопрочных изделий из полимерных композиционных материалов.

Литература

1. Справочник по композиционным материалам: в 2 кн. Кн.1 / Под ред. Дж. Любина. – М. : Машиностроение, 1998.
2. Манько Т. А. Упрочнение органопластиков / Т. А. Манько, И. М. Ермолаев // Приднепровский научный вестник. – М. : Машиностроение, 2008. – № 36. – С. 46–48.
3. Черкин И. З. Эпоксидные полимеры и композиции / И. З. Черкин, Ф. М. Смехов. – М. : Химия, 2002. – 232 с.