

Лабораторная работа №1

Формование композитной плиты по препреговой технологии для механических испытаний образцов КМ

Цель работы: Изготовить композитную плиту на основе армирующего материала в виде препрега.

Теоретическая часть:

Технология изготовления изделия из КМ (композиционные материалы) существенно зависит от **материала связующего**.

КМ на **термореактивной матрице** характеризуются необратимым переходом из жидко-вязкого в твердое состояние. При воздействии высоких температур на термореактивное связующее начинается его деструкция (разрушение межзатомных связей с образованием новых химических соединений).

Препрег – это волокна армирующего материала предварительно пропитанные термореактивным связующим, слегка отвержденные и подсушенные.

Преимущества КМ на основе препрегов:

1. Высокая удельная прочность;
2. Высокая жесткость;
3. Высокая износостойкость;
4. Высокая усталостная прочность;
5. Легкость формования.

Недостатки КМ на основе препрегов:

1. Высокая стоимость;
2. Анизотропия упругих свойств КМ;
3. Низкая ударная вязкость;
4. Гигроскопичность (склонность впитывать влагу);
5. Обеспечение необходимых условий для формования;
6. Низкая эксплуатационная технологичность;

7. Небольшой срок хранения препрега.

Технологические параметры формования изделий из КМ:

Качество элементов конструкций из композитов существенно зависит от следующих технологических параметров:

1. Давление
2. Температура
3. Время

Давление формования должно быть таким, чтобы обеспечить требуемую плотность композита, максимально уменьшить его пористость, однако давление не должно повреждать волокна композита (например, для углеродных волокон предельное давление составляет около 2,5 МПа).

Температура формования должна быть выше температуры плавления связующего, обеспечивать необходимую текучесть (вязкость) связующего, однако одновременно с этим температура должна быть ниже температуры деструкции композитной матрицы.

Время выдержки должно обеспечивать максимальную производительность формования и, вместе с тем, отсутствие дефектов, вызванных чрезмерно быстрым охлаждением композита, таких как коробление, остаточные технологические напряжения, трещины и др.

В связи с этим **скорость охлаждения** не должна превышать 1°C в минуту. Для этого обычно композитные изделия остужают естественным образом на воздухе вместе с пресс-формой и печью (аналог отжига и нормализации для металлов). Быстрое охлаждение технологически недопустимо, так как в результате в композите велика вероятность образования значительных остаточных напряжений, которые могут привести к значительному короблению композитной конструкции, в результате которого нормальная эксплуатация изделия будет невозможна, или даже к разрушению в пресс-форме вследствие появления трещин в композите.

Все три параметра являются взаимосвязанными, и увеличение одного из них позволяет уменьшить другие.

Используемое оборудование для изготовления композитных изделий

Изготовление пластинок производится на установке для прессования малогабаритных изделий. Типовая схема процесса представлена на рис. 1.

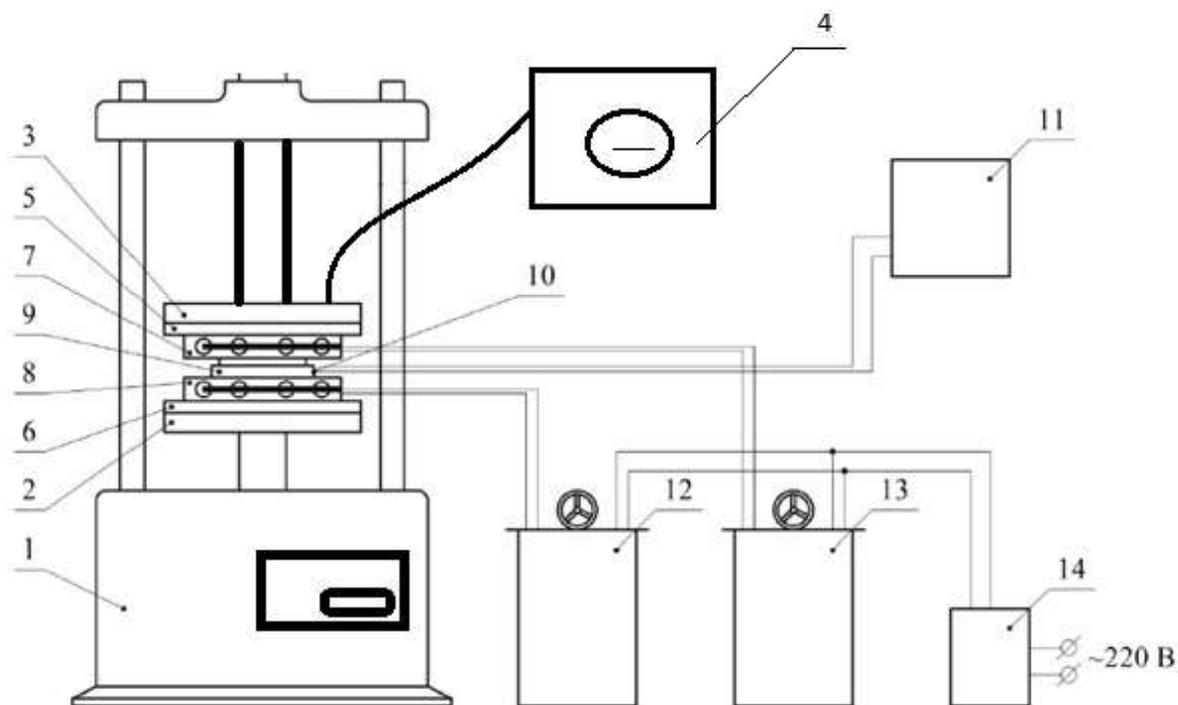


Рис. 1. Установка для прессования малогабаритных изделий

1 – пресс; 2 – нижняя плита прессы; 3 – верхняя плита прессы; 4 – измеритель усилия; 5,6 – прокладки из теплоизоляционного материала; 7 – верхняя нагревательная плита; 8 – нижняя нагревательная плита; 9 – пресс-форма; 10 – термореле; 11 – цифровой вольтметр; 12,13 – регулятор напряжения; 14 – силовой трансформатор.

В качестве заготовки для изготовления образцов из композиционного материала на основе препрега углеткани была выбрана прямоугольная пластина (рис. 2). Пресс-форма для изготовления изделия представляет собой сборный узел формообразующих элементов с габаритными размерами рабочего пространства 250×(115-120) мм. Пресс-форма обязательно должна быть покрыта антиадгезивом (например, фторопластовой пленкой) для исключения прилипания изделия к пресс-форме после формования.

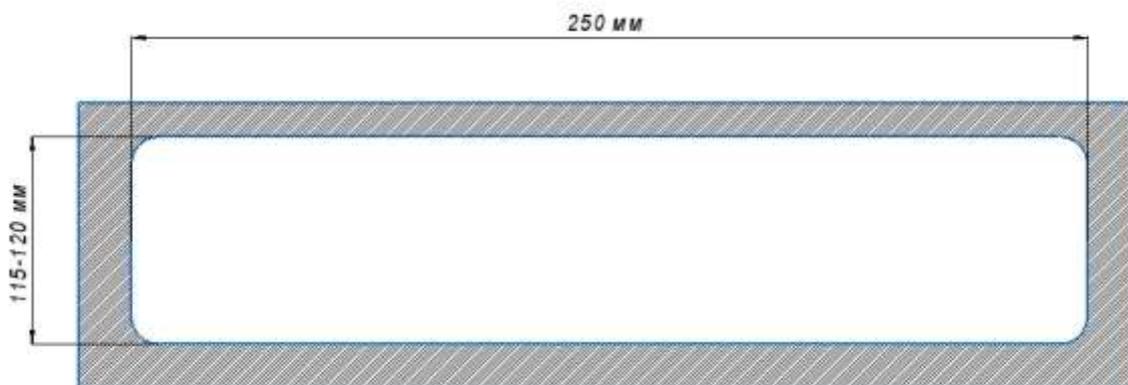


Рис. 2. Пресс-форма для изготовления прямоугольной пластины

Практическая часть:

В данной лабораторной работе исходным материалом для формования композита является углеродная ткань, пропитанная смолой и представляющая из себя полуфабрикат (препрег). Для изготовления использовалось 10 слоев материала.

Давление создается с помощью автоматически регулируемого гидравлического пресса (рис. 3).



Рис. 3. Гидравлический пресс

Нагрев осуществляется с помощью специальных нагревательных плит, оснащенных трубчатыми электрическими нагревателями (ТЭН), питающимися от сети переменного тока 220В.

Для выбора соответствующего усилия следует воспользоваться результатами тарировки прессы 1,3 МПа=1500 кг (табл. 1). Рабочее давление в пресс-форме должно составлять 0,4÷0,5 МПа.

Усилие в пресс-форме:

$$F_{п.ф.} = P_{п.ф.} * a * b = 0,5 * 250 * 115 = 14,4 \text{ кН}$$

Давление на прессе

$$P_n = \frac{F_n * 4}{\pi * d^2} = \frac{14400 * 4}{3,14 * 0,12^2} = 1,3 \text{ МПа}$$

Таблица 1

| Нагрузка, кг. | Показания манометра, МПа |
|---------------|--------------------------|
| 0 | 0 |
| 50 | 0,05 |
| 100 | 0,09 |
| 150 | 0,13 |
| 200 | 0,17 |
| 250 | 0,22 |
| 300 | 0,26 |
| 400 | 0,35 |
| 500 | 0,43 |
| 600 | 0,52 |
| 700 | 0,61 |
| 800 | 0,69 |
| 900 | 0,78 |
| 1000 | 0,87 |
| 2000 | 1,74 |
| 3000 | 2,6 |
| 4000 | 3,47 |
| 5000 | 4,34 |
| 6000 | 5,21 |
| 7000 | 6,07 |
| 8000 | 6,94 |
| 9000 | 7,81 |
| 10000 | 8,68 |
| 11000 | 9,55 |
| 12000 | 10,41 |

Параллельно с приложением давления включаются нагревательные плиты, происходит нагревание пресс-формы. Нагрев контролируется с помощью термопар, установленных в верхней и нижней нагревательных плитах. При достижении температуры равной 120°C начинается отсчет времени формования, по истечению которого нагрев выключается, происходит плавное остывание композита вместе с пресс-формой и установкой до комнатной температуры (весь процесс занимает порядка 10÷12 часов). Контроль температуры происходит на мониторе установки (рис. 4).

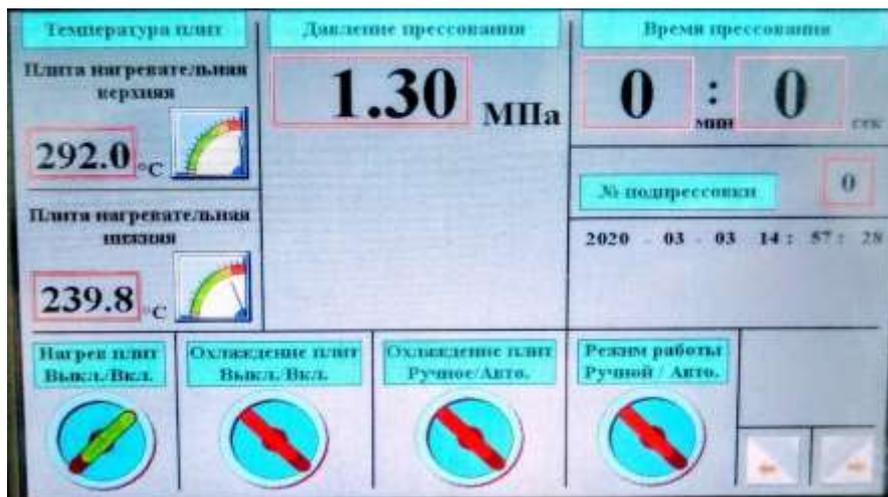


Рис. 4. Панель контроля температуры и давления.

Выводы

Фотография готового изделия представлена на рис. 5. Выводы должны состоять из двух частей:

1 часть – по цели работы;

2 часть – по результатам: провести внешнюю дефектоскопию полученного композита, оценить наличие неровностей поверхности, разнотолщинности, расслоений по углам плиты, сделать вывод о качестве полученного изделия, спрогнозировать количество стандартных образцов требуемого качества для механических испытаний на растяжение и изгиб, которые можно изготовить из данной плиты.

Требования к отчету:

- 1) Название и цель работы;
- 2) Краткие теоретические сведения о препрегах;
- 3) Схематичное изображение установки для формования;

- 4) Пошаговое представление операций, необходимых для изготовления композитной плиты;
- 5) Расчет необходимого усилия (давления) прессы для обеспечения требуемого уровня давления в пресс-форме;
- 6) Выводы по работе;



Рис. 5. Готовое изделие

Контрольные вопросы:

- 1) Что такое препрег? В чем преимущества композитов на основе препрегов?
- 2) Понятие анизотропии. Является ли анизотропия негативным явлением?
- 3) Основные технологические параметры формования изделий из КМ, назначение и связь их между собой.
- 4) Чем вызвана необходимость соблюдать столь невысокую скорость охлаждения композита (≤ 1 °С/мин)?
- 5) Чем ограничиваются предельное давление и максимальная температура при формовании композита?
- 6) Виды дефектов изделия из КМ на основе препрегов и возможные причины их возникновения.
- 7) Чем ограничен срок жизни препрегов?