

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ СТЕРЖНЕЙ МЕТОДОМ РОЛТРУЗИИ**

Земцов Н.А. студент гр. ММ-321, Скляр Ю.А. к.т.н., ст. преподаватель

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля*

Широкое применение композиционных материалов в автомобильных конструкциях различного назначения обуславливает создание более совершенных композитных структур и разработку технологических процессов для их реализации в конкретных изделиях. Стержневые композитные профили находят применение в качестве силовых и подкрепляющих элементов автомобильных конструкций, причем характер их нагружения обуславливает действие нагрузки преимущественно в осевом направлении. Такого рода стержневые элементы изготавливаются, в большинстве своем, методом пултрузии, позволяющем получать длинномерные изделия с высокими скоростями изготовления[1]. Однако пултрудированные композитные профили, в силу однонаправленности армирования, обладают невысокими сдвиговыми и трансверсальными упругими и прочностными характеристиками и низкой прочностью при продольном сжатии, величину которых определяют параметры матрицы и адгезия между волокнами и связующим. Для устранения указанных недостатков целесообразно использовать пространственную схему армирования таких изделий, вводя один и более слоев вспомогательной трансверсальной арматуры[2]. Предложен технологический процесс роллтрузии, позволяющий успешно совместить пространственное армирование с непрерывным формованием длинномерных профилируемых стержней на основе волокнистых композитов.

Отличительными особенностями такого метода являются введение в технологический регламент операции нанесения вспомогательной арматуры, и также использование в качестве формующего тракта приводных профилированных роликов (рис. 1). Причем, синхронизация скорости протягивания со скоростью вращения формующих роликов позволяет значительно снизить деформативность армирующего

материала и искажение его структуры в процессе формования[3].

Важнейшей стадией процесса ролтрузии наряду с нанесением вспомогательной арматуры, является прохождение пропитанного термореактивным связующим волокнистого материала через зону формования. В формирующих роликах происходит удаление излишков связующего, уплотнение армирующего наполнителя, а также отверждение связующего до степени, обеспечивающей сохранение формы профильного изделия и допустимый уровень его физико-механических характеристик.

Поэтому возникает необходимость определения оптимального соотношения термокинетических параметров ролтрузии - скоростей протяжки изделия и отверждения связующего с распределением температурных полей в зоне формования.

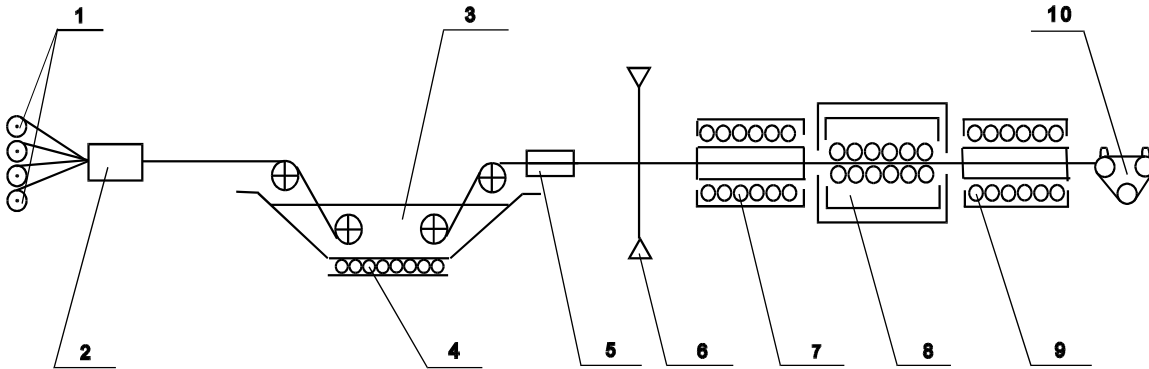


Рис. 1. Схема непрерывного технологического процесса формования профиля методом "ролтрузии"

1 - шпулярник; 2 - распределительное устройство; 3 - пропиточная ванна; 4 - нагревательный элемент; 5 - отжимная фильера; 6 - обмоточный узел; 7 - термокамера предварительной обработки; 8 - формирующие ролики; 9 - полимеризационная термокамера; 10 - протягивающее устройство.

Для решения поставленной задачи используется одномерная термокинетическая модель ролтрузионного формования профильных стержневых изделий из волокнистых композитов, основанная на решении связанной задачи теплопроводности и теплообмена в системе профиль-формирующие ролики с помощью общего уравнения Дамкелера для потока тепла в одном направлении и уравнения кинетики отвержденного связующего[4,5].

$$\begin{cases} \frac{\partial \beta}{\partial t} = F(\beta) \cdot l \cdot \frac{E(\beta)}{RT}; \\ \rho C_p S \frac{\partial T}{\partial t} - \lambda S \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \rho C_p S V \frac{\partial T}{\partial x} + \eta P (T - T_{-p}) - \\ Q_0 \rho S \frac{\partial \beta}{\partial t} = 0 \end{cases}$$

где  $\rho$  - плотность материала профиля;  $C_p$  - теплоёмкость материала профиля;  $S, P$  - площадь и периметр поперечного сечения профиля, соответственно;  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности материала профиля;  $h$  - коэффициент теплопередачи системы профиль-среда;  $T_{CP}$  - температура среды;  $T(t)$  - температура профиля;  $t$  - время;  $Q_0$  - полный тепловой эффект реакции отверждения;  $\lambda$  - степень отверждения связующего.

Предложенная модель позволяет определить тепловой режим формуемого профиля, а также промежуточную и конечную степень отверждения связующего с учетом формы и размеров профилируемого изделия и скорости протягивания. В сочетании с хемореологическими диаграммами связующего, предложенная термокинетическая модель может быть использована для расчета технологических параметров процесса роллтризионного формования сложноармированных композитных профилей.

Для проверки адекватности модели проведены экспериментальные исследования, показавшие хорошее соответствие между теоретическими и опытными данными. Образцы профильных эпоксиуглеродных стержневых изделий, имеющие внутренний слой спиральной обмотки и слой внешней оплетки органической нитью, были изготовлены на роллтризионной установке. Удельная прочность при продольном сжатии таких стержней в сравнении с однонаправленными выше на 20...30 процентов, а трансверсальные характеристики – на 30...40, что позволяет говорить о перспективе такой технологии при создании элементов силового набора современных автомобилей.

#### Литература

1. Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів /С.А. Бичков, О.В. Гайдайчук, В.С. Гайдайчук, В.Д. Гречка, В.М. Кобрін. - К. ІСДО: - 1995 - 376 с.
2. Коструб В.А. Исследование процесса формования композитов методом роллтризии //Слоистые композиционные материалы-98: Сборник трудов конференции /Волгоград.гос.тех.ун-т, Волгоград, 1998, С.322-323.
3. Коструб В.А. Процесс роллтризии как метод создания сложноармированных композиционных стержневых изделий //Композиционные материалы в промышленности (Славполик-98): Тезисы докладов Международной конференции. Киев: АТМ Украины. - С. 87.
4. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М.: Химия - 1976. - 232 с.
5. Лыков А.В. Тепломассообмен. - М.: Энергия. - 1972. - 560 с.