

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Асп. Жерносек С. В., асс. Бизюк А. Н., студ. Кульнев А. О.,
к.т.н., проф. Ольшанский В. И.

Витебский государственный технологический университет

В процессах сушки и термофиксации текстильных композиционных материалов ключевую роль играют методы обеспечения энергоэффективности, к которым относится использование электромагнитных волн сверхвысокочастотного (СВЧ) и инфракрасного (ИК) диапазонов.

Оптимизация процессов, происходящих при формировании текстильных композиционных материалов способом импрегнирования с использованием современных способов интенсификации физико-химических процессов с использованием электромагнитных волн позволяет обеспечить снижение энергоемкости базовых процессов, провести сравнительный анализ эффективности высокоинтенсивных способов формирования текстильных композиционных материалов.

В ходе аналитических исследований установлено, что необходимо оптимизировать значения ряда результирующих показателей: расход энергии, высота капиллярного подъема и температура полимерной композиции. Для решения такой оптимизационной задачи применен обобщенный критерий, и значения всех результирующих показателей учитывает обобщенная функция желательности [1].

В результате нормализации результирующих показателей были получены частные функции желательности, все значения которых лежат в пределах от 0 до 1. При этом значению 0 соответствуют наименее, а 1 — наиболее желательные значения оптимизируемых параметров [2,3].

Оптимальными значения входных параметров будут те значения, при которых достигается максимальное значение обобщенной функции желательности. В качестве нормализующих функций выбраны функции желательности Дерринжера [1].

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_k)^{1/k}, \quad (1)$$

где d_i — частные функции желательности ($i \in [1..k]$), k — количество частных функций желательности.

Частные функции желательности d_i определяются путем нормализации результирующих функций Y_i , таким образом, чтобы значения d_i лежали в пределах от 0 до 1, так как результирующие показатели могут иметь различные единицы измерений и диапазоны значений. При этом значению 0 соответствуют наименее, а 1 — наиболее желательные значения функций Y_i [2, 3]:

$$d_i(Y_i) = \begin{cases} 0, & Y_i < a_i \\ \left(\frac{Y_i - a_i}{c_i - a_i} \right)^{s_i}, & a_i \leq Y_i \leq c_i, \\ \left(\frac{Y_i - b_i}{c_i - b_i} \right)^{t_i}, & c_i < Y_i \leq b_i \\ 0, & Y_i > b_i \end{cases}, \quad (2)$$

$$d_i(Y_i) = \begin{cases} 0, & Y_i < a_i \\ \left(\frac{Y_i - a_i}{b_i - a_i} \right)^{s_i}, & a_i \leq Y_i \leq b_i, \\ 1, & Y_i > b_i \end{cases}, \quad (3)$$

$$d_i(Y_i) = \begin{cases} 1, & Y_i < a_i \\ \left(\frac{Y_i - b_i}{a_i - b_i} \right)^{t_i}, & a_i \leq Y_i \leq b_i, \\ 0, & Y_i > b_i \end{cases} \quad (4)$$

где d_i — a_i , b_i , c_i — границы интервала желательности; s_i , t_i — коэффициенты, задающие кривизну линии, соединяющей наиболее и наименее желательные значения на графике функции. Графики данных функций представлены на рисунке 1 [1].

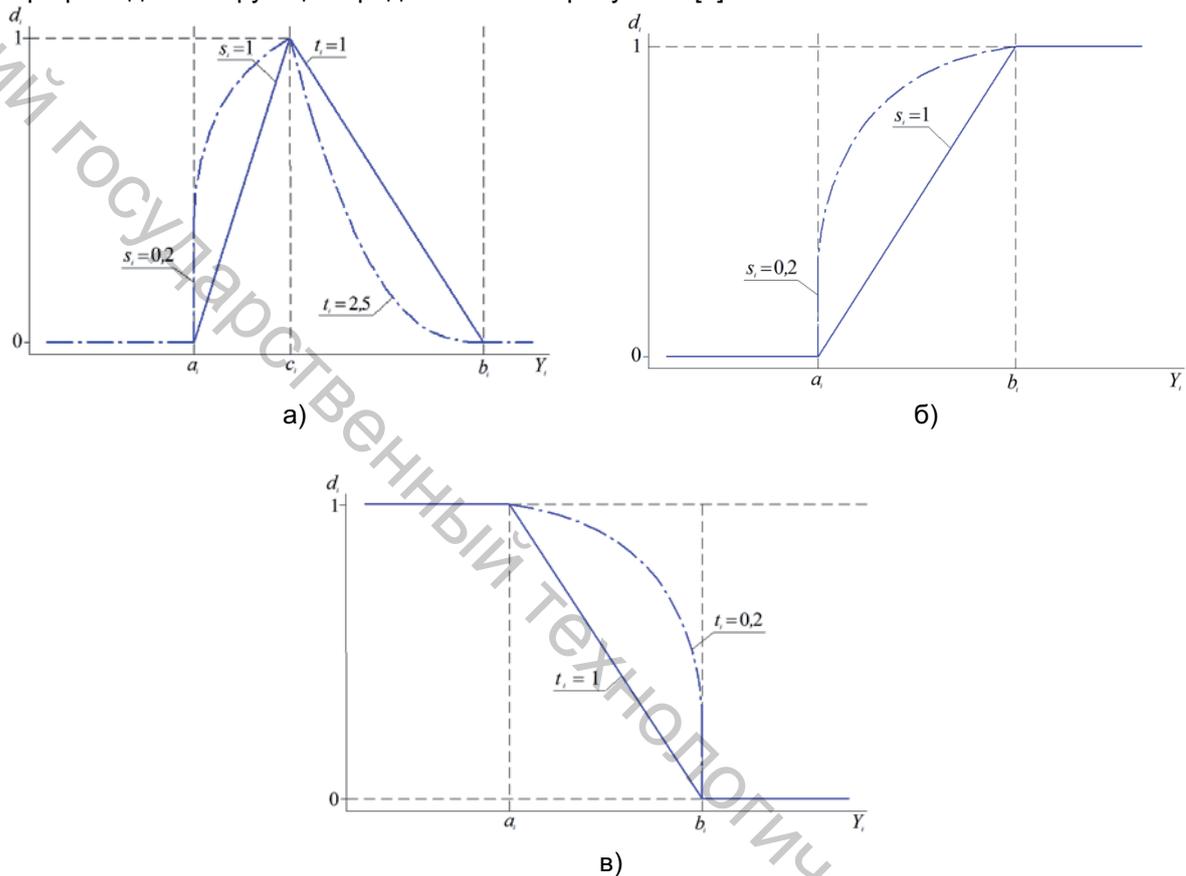


Рисунок 1 — График функций желательности: а) для формулы (2); б) для формулы (3); в) для формулы (4)

При проведении экспериментов использовалась полимерная композиция (водная дисперсия стирол-акрилата) трех концентраций: 100 г/л, 200 г/л, 300 г/л; мощность излучения устанавливалась на трех уровнях: 300 Вт, 450 Вт, 600 Вт для СВЧ-излучения и 1800 Вт, 2200 Вт, 2600 Вт для ИК-излучения.

В задаче оптимизации процесса пропитки текстильных материалов существует диапазон наиболее желательных температур, который обусловлен физико-химическими свойствами полимерной композиции. Используемая полимерная композиция имеет рабочий диапазон температур от 20 °С до 50 °С. В результате экспериментов установлено, что наилучшие показатели физико-механических свойств полимерной композиции достигаются при температуре 45 °С, поэтому такая температура принята в качестве наиболее желательной.

В случае, когда оптимизируемым параметром является высота поднятия полимерной композиции, наиболее желательными являются максимальные значения. В качестве нижней границы диапазона желательности взято значение $h = 0$, а в качестве верхней границы — $h = 70$ мм.

Целесообразно снижение расхода энергии на единицу объема аппретирующей композиции, при этом для результирующего показателя наиболее желательными являются минимальные значения. В качестве нижней границы диапазона желательности для обоих способов

интенсификации процесса взято значение $E = 0$, а в качестве верхней границы — $E = 0,5 \text{ Дж/мм}^3$ для ИК-излучения.

Регрессионные коэффициенты определялись методом наименьших квадратов с использованием системы компьютерной алгебры Maple. Для проверки адекватности регрессионных функций определены коэффициенты детерминации R^2 .

В результате исследований установлено, что концентрация по-разному влияет на изменение температуры полимерной композиции для разных способов интенсификации пропитки. Увеличение концентрации композиции при СВЧ-способе приводит к уменьшению максимальной температуры, в то время как для ИК-способа ситуация противоположная. При СВЧ-способе температура растет значительно быстрее, чем при ИК-способе. Увеличение концентрации полимерной композиции приводит к уменьшению максимальной высоты поднятия аппарата, а увеличение мощности излучения приводит к увеличению максимальной высоты поднятия, для обоих способов интенсификации процесса. Однако для достижения одинаковой высоты поднятия полимерной композиции при ИК-способе требуется значительно больше времени, чем при СВЧ-способе.

При использовании ИК-излучения происходит нагрев полимерной композиции по свободной площади поверхности, а при использовании СВЧ излучения нагрев происходит по всему объему полимерной композиции. Установлено, что обобщенные функции желательности для ИК- и СВЧ-способов интенсификации имеют одинаковый характер и интенсификация процесса формирования текстильных композиционных материалов с использованием СВЧ излучения позволяет достигать заданной высоты поднятия полимерной композиции (эффективности пропитки) со значительно меньшими энергозатратами и за значительно меньшее время.

Список использованных источников

1. Derringer, G. C. Simultaneous optimization of several response variables // G. Derringer, D. Suich. / Journal of Quality Technology 12 (4). — 1980. Pp. 214 – 219.
2. Harrington, J. The desirability function // Industrial Quality Control, 21 (10). — 1965. — Pp. 494 – 498.
3. Севостьянов, А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов текстил. пром-ти / А. Г. Севостьянов. — Москва : Легкая индустрия, 1980. — 392 с.

УДК 621.914.2:(658.512.2:004.42)

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИСКОВЫХ ФАСОННЫХ ФРЕЗ

*Студ. Бондарев Е.А., инж. Фирсов А.С.,
ст. преп. Климентьев А.Л., асс. Гусаров А.М.*

Витебский государственный технологический университет

Широкое применение различных систем автоматизированного проектирования в машиностроении обуславливается рядом причин. В частности к таким причинам можно отнести высокие требования, предъявляемые к точности деталей, расширяющуюся номенклатуру производимых изделий, необходимость улучшения конструкций и сокращение сроков технологической подготовки производства. Это справедливо и для проектирования режущего инструмента.

Объектом разработки выбраны дисковые фасонные фрезы, представляющие собой специальный инструмент для высокопроизводительной обработки разнообразных профилей. При этом фасонные фрезы имеют фасонную производящую поверхность, форма и размеры которой, в общем случае, зависят от формы и размеров обрабатываемой поверхности, кинематики процесса фрезерования и расположения оси фрезы относительно детали.

Для обеспечения нормальных условий при фрезеровании дисковыми фасонными фрезами в зависимости от обрабатываемого материала назначают некоторые значения переднего и заднего углов фрезы. В силу ненулевых значений переднего и заднего углов при проектировании фасонных фрез появляется необходимость осуществлять коррекционный расчет профиля фрезы. Эта необходимость обусловлена несовпадением исходного профиля детали и профиля фрезы. Таким образом при проектировании фасонной фрезы необходимо осуществлять