

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев А. Г., Корнев А. Е. Магнитные эластомеры.—М.: Химия, 1987.—С. 197—204. [2]. Евдокимов Ю. М. Повышение адгезионной прочности клеевых систем в деревообрабатывающей и мебельной промышленности направленным физико-химическим воздействием: Дис. ... докт. техн. наук.—М.: МЛТИ, 1985.—С. 214—262. [3]. Зубов П. И., Сухарева Л. А. Структура и свойства полимерных покрытий.—М.: Химия, 1982.—С. 46—121. [4]. Сагдеев Р. З. Магнитные и изотропные эффекты в реакциях свободных радикалов и возбужденных состояний в конденсированной фазе: Дис. ... докт. хим. наук.—Новосибирск, 1977.—387 с. [5]. Сухарева Л. А. Полиэфирные покрытия. Структура и свойства.—М.: Химия, 1987.—С. 128—133.

Поступила 10 мая 1990 г.

УДК 62-529

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ЛАЗЕРНОГО РАСКРОЯ

Ю. Г. ПАВЛОВ, А. С. ИВАННИКОВ, К. П. ШЕРЕМЕТЬЕВ

Московский лесотехнический институт

Современный этап автоматизации технологических процессов характеризуется прежде всего широким применением управляющих ЭВМ для выбора наилучших технологических режимов.

В данной статье рассмотрены вопросы автоматизации технологического процесса раскроя листовых материалов с использованием лазерной установки типа ЛУРМ-1600, связанной с устройством числового программного управления (УЧПУ) типа Н22-1М. Переход на лазерную резку позволяет снять многие ограничения, имеющие место при других методах обработки, и внедрить высокоэффективные комбинированные раскрои.

В настоящее время существуют различные программы единовременного как рационального, так и оптимального раскроя [1—3]. Однако на деревообрабатывающих предприятиях для оперативного управления технологическим процессом в условиях частой смены задач раскроя применение таких программ неэффективно, так как требует организации сложной системы функциональных связей с ЭВМ, а также последующей ручной корректировки получаемых раскройных карт. Наиболее эффективно применение автоматизированного управляющего комплекса, совмещенного с лазерной установкой и позволяющего вести очередное диалоговое проектирование раскройных карт. Комплекс включает также вычислительную микропроцессорную систему и устройство ЧПУ.

Создание такого комплекса предполагает:

- 1) рациональный раскрой листовых материалов в диалоге с микроЭВМ;
- 2) определение оптимальной траектории резания для принятых технологическим карт;
- 3) преобразование траектории резания в коды УЧПУ.

Решение указанных задач позволяет в диалоговом режиме с помощью персональной ЭВМ управлять технологическим процессом раскроя листовых материалов.

1. Рациональный раскрой. Применение микроЭВМ IBM PC, позволяя приблизить управление к производству, дает дополнительные возможности для графического представления результатов расчетов и визуального контроля за ходом проектирования. Задача раскроя — определить наименьшее возможное число исходных листов $S_i(a_i, b_i)$, необходимых для выпуска данной партии деталей вида $r(a_r, b_r)$, в данном количестве по каждому виду n_r . Эффективный вы-

числительный процесс базируется на методе сеток. Отправным в предложенном алгоритме является описание как исходных листов, так и деталей в виде конечных множеств, состоящих из одинаковых ячеек с параметром a_j , кратным, с учетом допусков на точность изготовления и ширину реза лазера, параметрам $a_i, b_i, \alpha_r, \beta_r$, т. е.:

$$\alpha_r = m_r a_j; \quad \beta_r = p_r a_j; \quad a_i = q_i a_j; \quad b_i = g_i a_j,$$

где m_r, p_r, q_i, g_i — целые числа;

$$r = \overline{1, R} \quad (R — \text{общее число деталей}).$$

Такое представление исходного множества листов и деталей позволяет перейти к формированию информации для ЭВМ в виде двумерного массива, где каждой ячейке сетки ставится в соответствие нуль, если она не принадлежит ни одной детали, и число r , если принадлежит r -й детали.

При осуществлении вычислительного процесса после очередного изменения в массиве, соответствующем раскраиваемым листам, происходит пересчет параметров, а лист в целом описывается двумя матрицами текущего состояния, в каждой из которых любой ячейке сетки поставлена в соответствие величина, показывающая число незанятых подряд ячеек соответственно вправо и вниз. Ячейка исходного листа v_{ij} , которой поставлено в соответствие число r с наименьшими координатами, называется установочной точкой r -й заготовки. В плане раскроя положение каждой детали определяется координатами этой точки, а также расположением детали (горизонтальное, вертикальное). Представление исходных данных в виде матриц текущего состояния позволяет хранить их в микроЭВМ и фиксировать положение заготовок в виде целых чисел. Это исключает возникновение погрешности вычислений и предельно упрощает печать карт раскроя, так как используют только операции сложения, вычитания и сравнения.

Процесс построения собственно раскроя состоит из последовательно выполняемых процедур, в каждой из которых осуществляется альтернативное принятие решений по выбору детали, включаемой в раскрой на данном шаге, определению установочной точки и способа укладки данной детали. Представим процесс принятия решений в виде ориентированного графа раскроев. По существу на данном шаге процесса происходит фиксация одного из путей в графе. При реализации на IBM PC предложенного алгоритма в начальной вершине графа осуществляется выбор пути до конечной вершины с учетом случайной последовательности и упорядочения деталей по площади и линейному параметру. Каждой из указанных альтернатив ставится в соответствие вариант рационального раскроя.

Выбор установочной точки выполняется на основе просмотра матриц текущего состояния. В качестве установочной назначается ячейка (ξ_{ij}, η_{ij}) исходного листа, для которой выполняются соотношения

$$[(\xi_{ij} \geq \alpha_r) \wedge (\eta_{ij} \geq \beta_r)] \vee [(\xi_{ij} \geq \beta_r) \wedge (\eta_{ij} \geq \alpha_r)]. \quad (1)$$

При раскрое на произвольном шаге t может оказаться, что в матрице текущего состояния для k ячеек не выполняются условия (1) ни для одной из деталей партии r ; $r = \overline{t, R}$. При этом площадь отхода составляет $S_{30} = k a_j^2$. Очевидно, при выборе установочной точки для детали r необходимо обеспечить минимум S_{30} , что достигается укладкой детали r в установочную опорную точку v_{ij} с параметрами ξ_{ij}^t, η_{ij}^t , удовлетворяющими условиям

$$\xi_{ij}^t = \max_{ij} \{\xi_{ij}\}; \quad \eta_{ij}^t \geq \beta_r; \quad \eta_{ij}^t = \max_{ij} \{\eta_{ij}\}; \quad \xi_{ij}^t \geq \alpha_r. \quad (2)$$

В самом деле, если для произвольной ячейки с координатами ξ_{ij} , η_{ij} хотя бы одно из условий (2) не выполняется, то, сдвигая деталь r влево (вверх) до точки с параметрами, соответствующими условиям (2), получаем новую установочную точку с координатами $\xi'_{ij} \geq \xi_{ij}$, $\eta'_{ij} \geq \eta_{ij}$. Следовательно, прекращается появление новых ячеек, не удовлетворяющих соотношению (1), а значит и $k'_{ij} \leq k_{ij}$ (k_{ij} — число ячеек в области отхода при укладке детали r в точку с координатами i, j). Таким образом, в качестве установочной точки r -й детали выбираем по условиям (1) и (2), определяющим одновременно и способ укладки, ячейку с параметрами ξ'_{ij} , η'_{ij} . После укладки r -й детали пересчитываются параметры матриц текущего состояния, указанная процедура повторяется для детали $r + 1$. Программная реализация данной части автоматизированного комплекса выполняется на языке ФОРТРАН, а графическая визуализация — в режиме Турбо-Паскаль. Эффективность получаемых раскросов оценивали прежде всего по проценту отхода материала в реальных практических задачах, а также осуществляли сравнение на произвольных задачах с программой гильотинного раскроя [3].

Эффективность комплекса иллюстрируется следующей таблицей.

Размеры листа, м	Число заготовок, шт.	Число листов, шт.	Процент отхода
6 × 5	4	1/1	6,0/16,0
10 × 6	5	1/1	16,0/31,0
12 × 5	4	2/2	49,2/49,2
10 × 4	12	3/4	7,5/30,5
12 × 4	15	8/8	26,0/26,0

Примечание. В числителе — характеристики раскроя в предлагаемом комплексе; в знаменателе — полученные по программе гильотинного раскроя.

2. Определение траектории резания. В соответствии с технологическими требованиями, включающими необходимость обеспечения наивысшей производительности установки, находят длину траектории резания, которая должна быть минимальной. Для этого необходимо минимизировать число повторных резов и острых углов на траектории, что в конечном итоге приводит к значительному повышению производительности. Алгоритм определения на микроЭВМ IBM PC траектории резания, отвечающей указанным требованиям, базируется на представлении карты раскроя неориентированным графом и определении кратчайшей траектории холостого хода лазера на основе модифицированной вычислительной схемы метода ветвей и границ, содержащей процедуры принудительного стягивания, условного ветвления расстояний специального вида на матрице, отражающей альтернативность в возможном выборе направлений как реза, так и холостого хода.

3. Преобразование траектории резания в коды УЧПУ. Полученная на предыдущем этапе траектория резания, представленная множеством угловых точек, преобразуется в коды УЧПУ, для чего используется программа, реализующая постпроцессор. МикроЭВМ обеспечивает возможность подключения внешних устройств с различным быстродействием и IBM PC в контур управления технологическим процессом лазерной резки. В имеющейся лазерной установке

ЛУРМ-1600 управление лазерным резаком и раскройным столом осуществляется при помощи УЧПУ типа H22-1M. Носитель информации—восьмидорожечная перфолента, содержащая коды ISO управляющих символов входного языка УЧПУ. Таким образом, вычислительный комплекс на базе IBM PC используется как для нахождения рационального раскроя и эффективной траектории, так и как система подготовки данных для УЧПУ. Для подготовки перфоленты вычислительный комплекс расширен путем подключения перфоленты ленточного типа ПЛ-150М. Все указанные программы функционируют в среде MS-DOS.

Анализ работы комплекса показал его эффективность для оперативного управления технологическим процессом раскроя при небольших партиях деталей и частой смене их номенклатуры в условиях опытного и мелкосерийного производства. Опытная промышленная выработка проведена на Заволжском КФО с годовым экономическим эффектом 55 тыс. р.

Разработанный автоматизированный комплекс использовали для управления технологическим процессом лазерного раскроя деталей механики пианино. Переход на лазерную технологию позволяет существенно упростить получение деталей и достичь экономии древесины граба. Экономический эффект составил 21 тыс. р. в год.

Элементы разработанного комплекса можно успешно применять для диалогового проектирования раскроев в мебельной и фанерной промышленности, позволяющего в реальных практических задачах получать коэффициенты раскроя не ниже 93 %, а также для проектирования траекторий резания при лазерной, газовой, эль-дуговой резках материалов, обеспечивающего наиболее производительный режим работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Канторович Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.—Новосибирск: Наука, 1971.—320 с. [2]. Математическое обеспечение расчетов линейного и прямоугольного раскроя: Тез. докл.—Уфа: Изд-во УАИ, 1980.—129 с. [3]. Мухачева Э. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.—М.: Машиностроение, 1984.—176 с.

Поступила 20 февраля 1991 г.

УДК 624.011.14 : 624.042.1/3

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕСТНОМУ СМЯТИЮ ПОД УГЛОМ К ВОЛОКНАМ

В. В. ЛАБУДИН, Р. Б. ОРЛОВИЧ, Т. Н. БАЗЕНКОВ

Ленинградский инженерно-строительный институт
Брестский политехнический институт

Современное строительство предъявляет повышенные требования к строительным материалам, конструкциям и изделиям из древесины.

Конструкция из клееной древесины, по сравнению с металлическими и железобетонными, имеют меньшую монтажную массу, большую прочность и жесткость при высокой надежности и долговечности, ниже энергозатраты на их производство. В то же время зависимость свойств древесины от ее строения и пороков, значительный расход качественных пиломатериалов, ползучесть при длительном нагружении и др. ограничивают область применения деревянных клееных конструкций (ДКК).