

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ

Бунаков Павел Юрьевич, pavel_jb@mail.ru

*ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет»,
г. Коломна*

Задача раскроя листовых материалов встречается на различных производствах. В условиях автоматизации общие математические критерии оптимизации расположения деталей на раскраиваемых листах должны дополняться технологическими критериями, которые определяются характеристиками раскройного оборудования и используемых материалов, а в ряде случаев и особенностями организации производства. На мебельных предприятиях основным конструкционным материалом является древесно-стружечная плита (ДСтП), которая представляет собой листовой композиционный материал горячего прессования из древесных частиц, связующего вещества и различных добавок. Пиление ДСтП выполняется с помощью сквозных продольных и поперечных пропилов на механических раскройных станках или пильных центрах с ЧПУ (гильотинный раскрой) [1].

Традиционная математическая постановка задачи оптимизации раскроя в качестве критерия ориентируется на максимизацию коэффициента использования материала (КИМ) [2]: $S = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S_{ij} \rightarrow \max$, где S_{ij} –

площадь j -ой заготовки детали, расположенной на i -ом листе материала.

Автоматизация мебельного производства смещает акценты на технологичность и экономическую целесообразность карт раскроя [3].

Соответствующие критерии часто имеют эвристический характер, зависящий от специфики конкретного предприятия, и варьируются в

широком диапазоне. Исходя из этого, разработаны специальные методы и алгоритмы, имеющие характер научной новизны, для оптимизации раскроя листовых материалов с учетом всего комплекса экономических, технологических и организационных факторов, которые реализованы в программном обеспечении БАЗИС-Раскрой.

Минимизация времени раскроя

Гильотинный раскрой является NP-трудной задачей, точное решение которой в общем случае формируется за экспоненциальное время [4, 5]. С учетом большой размерности задач раскроя мебельных заготовок это недопустимо в условиях автоматизированного производства. Анализ практики работы мебельных предприятий показал возможность замены алгоритмов площадного раскроя суперпозицией алгоритмов линейного раскроя (поэтапный раскрой). Задание на линейный раскрой формируется из исходного множества заготовок в соответствии с соотношением

$$M_k(\delta) = \{m_i^k : L(m_i^k) < L_{max}^k(1 - \delta), 0 \leq \delta < 1\},$$

где $M_k(\delta)$ – множество заготовок для формирования k -ой полосы;

$L(m_i^k)$ – размер i -ой заготовки, размещаемой в k -ой полосе;

L_{max}^k – максимальный размер заготовки k -ой полосы;

δ – допустимая вариация размеров.

Под размером понимается линейный размер заготовки, ортогональный направлению текстуры, или максимальный размер при ее игнорировании. Экспериментальные исследования показали, что оптимальное соотношение качества карт раскроя и времени их формирования достигается в диапазоне вариации $0 \leq \delta < 0,2$, а при выходе за него качество карт практически не изменяется. Приемлемое значение шага вариации – от 0.01 до 0.1. Данный алгоритм получил название

регулируемой глубины оптимизации. Его применение позволяет увеличить производительность раскройного оборудования на 20-30%.

Дополнительного уменьшения времени раскроя можно добиться при использовании следующих опций:

- отказ от учета направления текстуры для отдельных заготовок в зависимости от их геометрических размеров и функционального назначения;
- разрешение изменения направления пропилов в полосе с целью уменьшения их общего количества.

Повышение технологичности

Технологичность карт при поэтапном раскрое можно повысить за счет управления порядком размещения полос на листе. Эта опция не влияет на КИМ и время формирования карт, но позволяет уменьшить время и трудоемкость их реализации, а также избежать технологического брака, возникающего вследствие особенностей плитных материалов (при определенном соотношении размеров заготовки у некоторых видов ДСтП может наблюдаться искривление за счет внутренних напряжений). Всего в программе БАЗИС-Раскрой реализовано восемь методов сортировки отпиливаемых полос. Из них наиболее часто используются три:

- размещение наиболее узких полос первого уровня (распил плиты) внутри плиты для исключения искривления;
- сортировка по уменьшению ширины полос за исключением наиболее широкой полосы, которая формируется последней;
- сортировка по уменьшению КИМ с размещением последней самой широкой полосы.

Во втором случае достигается существенная экономия времени за счет двух моментов:

- уменьшение трудоемкости, поскольку самая широкая и тяжелая полоса остается на станке и после поворота распиливается;
- быстрое складирование заготовок в устойчивый штабель.

Третий метод позволяет быстро дифференцировать заготовки на те, которые будут отправлены на последующую обработку, и полосы для дальнейшей распиловки. При этом повышается точность выполнения пропилов, поскольку упоры перемещаются только в одном направлении.

Повышение КИМ

Для повышения КИМ в программе БАЗИС-Раскрой реализована итерационная технология каскадного раскроя. Как правило, задание на раскрой материалов для некоторого проекта предполагает распиловку большого количества плит в соответствии с различными картами раскроя, но с едиными настройками. В силу этого значения КИМ для разных карт раскроя будут в общем случае разными. Для нивелирования этого различия вводится понятие локальной шкалы настроек, которая актуальна для некоторого выбранного подмножества карт. Таким образом, появляется возможность повторной оптимизации карт раскроя с неудовлетворительным значением КИМ. Количество итераций каскадного раскроя и, соответственно, вариантов выбора локальных шкал настроек не ограничено. Анализ опыта использования каскадного раскроя показал, что одна-три итерации позволяют значительно увеличить КИМ без заметного увеличения времени раскроя.

Организационно-производственные аспекты раскроя

Раскрой плитных материалов, как первая технологическая операция изготовления корпусной мебели, является определяющей для реализации всех операций последующей обработки. Можно сказать, что она задает начальные условия реализации технологического процесса. От того, как

они будут сформированы, зависит время выполнения всей текущей производственной программы. Это требует создания средств формализации организационно-производственных особенностей предприятия и учета их в алгоритмах оптимизации карт раскроя. Для программы БАЗИС-Раскрой разработаны два соответствующих механизма: технология фиксированного уровня и оптимальное штабелирование заготовок.

Технология фиксированного уровня раскроя (количества поворотов плиты) ориентирована на предприятия, в парке оборудования которых присутствуют пильные центры и механические раскройные станки. Первые из них одновременно раскраивают пакеты плит, количество которых определяется типом центра и имеет фиксированную кратность. В том случае, когда требуемое количество плит не кратно количеству загружаемых плит, автоматически реализуется один из двух действий:

- раскрой большего количества плит с формированием избыточного множества заготовок для работ будущих периодов;
- формирование двух видов карт раскроя, соответственно, для пильного центра и механического раскройного станка, который распиливает плиты по одной штуке.

Технология фиксированного уровня позволяет оптимизировать загрузку раскройного оборудования с помощью варьирования номера уровня раскроя. Другими словами, до определенного уровня раскрой плит и полос выполняется в пакетном режиме на пильном центре, а затем – на раскройном станке по одному листу.

Технология оптимального штабелирования деталей – это способ организации планируемой передачи заготовок на последующие технологические участки. Оптимизация работы фрезерно-присадочного и

кромкооблицовочного оборудования требует минимизации количества переналадок. Следовательно, с участка раскроя должны выходить партии заготовок одинаковых типоразмеров. Алгоритмически это реализуется за счет определения уровня штабелирования – ограничения на количество различных типоразмеров деталей, размещаемых на одной плите. По сути, этот параметр определяет количество групп заготовок, складываемых на раскройном участке перед передачей их на последующую обработку. Уменьшение этого количества за счет учета определения уровня штабелирования при оптимизации карт раскроя позволяет:

- сократить производственные площади для размещения заготовок;
- сократить количество операций сортировки заготовок, чреватых субъективными ошибками при получении близких по типоразмерам заготовок;
- обеспечить равномерную загрузку всех технологических участков.

Использование рассмотренных выше технологий, безусловно, увеличивает время формирования карт раскроя и в ряде случаев уменьшает КИМ. Однако опыт использования программы БАЗИС-Раскрой на различных мебельных предприятиях показал, что они способны обеспечить требуемое соотношение затрат времени, качества, технологичности и экономичности крат раскроя.

Штриховое кодирование

Автоматизация идентификации заготовок на всех производственных участках с помощью штрихового кодирования является неотъемлемой частью цифровизации производства. Поскольку раскрой материалов является первой технологической операцией изготовления корпусной мебели, программа БАЗИС-Раскрой предполагает создание автоматизированного рабочего места оператора станка, оснащенного

принтером для печати бирок. Параллельно выходу каждой заготовки с раскройного станка печатается бирка, ориентированная таким образом, чтобы оператор мог быстро наклеить ее на заготовку.

Информационное наполнение и конфигурация бирок, тип штрихового кода и объем кодируемой в нем информации определяются до начала работ по формированию карт раскроя. Следует отметить параметр очередности печати бирок для одинаковых карт раскроя, который определяется типом оборудования:

- для механических раскройных бирки печатаются в соответствии с порядком появления заготовок;
- для пильных центров одинаковые бирки группируются и печатаются партиями для групп одинаковых заготовок.

Алгоритмы оптимизации, реализованные в программе БАЗИС-Раскрой, учитывают полный комплекс геометрических, экономических, технологических, производственных и организационных аспектов работы мебельного предприятия [6]. Они гарантируют оптимальное соотношение требований экономии материалов и времени формирования с требованиями технологичности карт раскроя и эффективной загрузки станочного оборудования.

Литература

1. Мухачева Э. А. Комплекс алгоритмов и программ расчета гильотинного раскроя / Э.А. Мухачева, А.И. Ермаченко, Т.М. Сиразетдинов, Т.Ю. Жукова // Информационные технологии. 2004. – № 8. – С. 18-25.
2. Канторович Л.В. Рациональный раскрой промышленных материалов: издание второе, исправленное и дополненное – Новосибирск: Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1971.– 299 с.
3. Евдокимова С. А. Разработка подсистемы автоматизации раскроя материалов для производства мебели по индивидуальным заказам: автореф. дисс. канд. техн. наук:

05.13.12 – Воронеж, 2003.–15 с.

4. Мухачева Э. А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Применение АСУ – М.: Машиностроение, 1984.–176 с.

5. Пресняков Р. А. Геометрическое моделирование и оптимизация раскроя в САПР заказных корпусных мебельных изделий: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.12 – Воронеж, 1999. – 17 с. \

6. Бунаков П. Ю. Новые технологии автоматизированного раскроя материалов для мебельного производства / П.Ю. Бунаков, Н.В. Каскевич – Коломна: Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, 2013. – 278 с.