

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА РАСКРОЯ И РЕЗКИ СТЕКЛА

В производстве по раскрою листового стекла перед технологами стоит задача оптимизации процесса, состоящая в том, чтобы заполнить лист деталями так, что их общая площадь не будет превышать исходный размер заготовки, но при этом будет максимально возможной для разрезов. Важно рассмотреть возможные варианты расположения всех деталей на нескольких листах одновременно и выбрать наиболее рациональный способ. Для оптимизации производственного плана раскроя и резки стекла необходимо применение программных средств разработки для исключения ошибок из-за человеческого фактора.

Рациональный раскрой материалов выполняется на основе использования алгоритмов, которые исследовали Л.В. Канторович, В.А. Залгаллер, Э.А. Мухачева, В.М. Картак и др. [1].

Используемый подход предполагает разделение плоских заготовок P_i длиной L_{0i} и шириной W_{0i} ($i=1, \dots, n$) на детали длиной L_j и шириной W_j ($j=1, \dots, m$). Каждая j -я деталь при раскросе может вращаться на 90° ; при этом необходимо вычесть ширину реза, которая задается и находится параллельно сторонам детали. Число вырезанных деталей каждого типа j должно удовлетворять условию: $0 \leq N_j \leq M_j$, где N_j – число вырезаемых деталей j -го типа, M_j – число деталей j -го типа, которые необходимо вырезать. При этом решается задача максимизации средней плотности заполнения всех листов, участвующих в раскросе.

Исследования проведены в УЧПП «КУВО» – крупнейшем в СНГ производителе широкой номенклатуры стекол для пассажирского транспорта, сельхозтехники и спецтехники. Основные направления деятельности предприятия: производство многослойных ветровых (триплекс) стекол, кругового остекления автобусов, включая стеклопакеты и форточки, плоского и гнутого закаленного стекла для транспорта и оказание услуг по его монтажу.

УЧПП «КУВО» активно развивает новые направления деятельности: производство архитектурного, интерьерного, мебельного и защитного стекла, автомобильных стеклопакетов и форточек. Этому способствует наличие на предприятии широкого набора технологий и оборудования по промышленной переработке стекла. Предельные размеры производимых стекол (в развертке): многослойных – до 1900x2900мм; закаленных плоских – до 1500x2500мм; закаленных гнутых – до 1800x1800мм. При разработке технологии был взят накопленный зарубежный опыт в области производства стекла и добавлены процессы из собственного опыта раскроя этого материала.

Основными процессами в оптимизации изготовления и резки стекол являются учет, оперативное планирование, участок резки. В процессе учета сотрудниками отдела сбыта принимаются заказы, составляются договора, определяются сроки выполнения работ. Руководитель создает портфель заказов, анализирует отчёты о плане работ, задает определенный диапазон времени по датам заказов. Также ведется учет выполненных заказов, на основе которого формируется отчет, показывающий, какое количество продукции было выполнено, вид продукции, дату отгрузки, полное наименование заказчика.

Процесс оперативного планирования позволяет создавать объем работ на каждый день. В него можно вносить различные изменения по изготавливаемой продукции, добавлять и удалять отдельные позиции, устанавливать дату выполнения определенного заказа. Преимуществом этого процесса является возможность контроля за ходом выполнения плана, а также определения остатков тех деталей, которые еще необходимо изготовить. В УЧПП «КУВО» сделан анализ, показывающий, что максимальная мощность производства ежедневно варьируется в диапазоне от 10 до 30 видов стекол в день, вырезаемых в количестве от 400 до 500.

После оперативного планирования данные в виде полей: изделие, код стекла, размеры передаются на участок резки. Важным критерием этого бизнес-процесса является создание карты раскроя (рисунок 1). Карта раскроя показывает, как именно нужно разрезать тот или иной лист материала и какие детали при этом будут получены. Этот документ подают на раскройный участок. По нему выполняют раскрой или, в случае использования станка с ЧПУ, контролируют правильность выполнения раскроя.

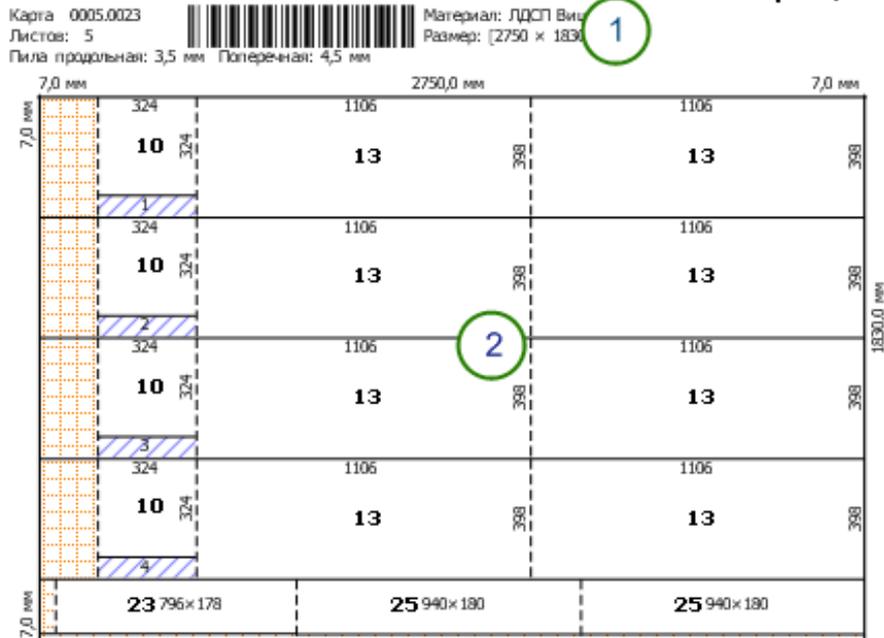


Рисунок 1 – Пример технологической карты раскроя

В заголовке карты раскроя содержатся следующие данные: номер задания, номер карты, количество листов, штрих-код карты, материал, размеры листа, номер страницы, количество страниц в задании, ширина пила вдоль, ширина пила поперёк (только в том случае, если ширина пила поперек листа отличается от ширины пила вдоль).

На основе этого процесса имеется возможность вычисления коэффициента использования материала, количество расположенных деталей и др.

Обобщенный алгоритм решения поставленной задачи оптимального раскроя и резки стекла состоит из последовательности следующих шагов:

Шаг 1. Задается множество заготовок P и множество деталей D .

Шаг 2. Из множества P заготовок выбирается один лист P_i .

Шаг 3. Из множества D деталей выбирается такое подмножество D_{0i} , что лист P_i раскраивается оптимальным образом.

Шаг 4. Из множества деталей D исключается множество D_{0i} .

Шаг 5. Из множества P исключается P_i .

Шаг 6. Если выполняются условия: множество $D \neq \emptyset$ и множество $P \neq \emptyset$, то возвращаемся к шагу 2.

Такой подход обеспечивает качественное заполнение первых листов из множества P , но затем плотность заполнения начинает заметно снижаться. Наиболее совершенным методом решения задачи является использование генетического алгоритма для раскроя листа [2].

В соответствии с генетическим алгоритмом каждый индивидуум в популяции представляет собой вариант раскроя. Индивидуум кодируется с помощью набора деталей (генов), расположенных по порядку и флага

возможности их поворота (вокруг оси на 90°). Метод раскроя использует этот порядок для последовательного размещения элементов на плоскости листов. На этапе получения новой популяции генотип каждого индивидуума рассматривается как последовательность генов и как набор генов; каждый раскроенный лист из набора рассматривается как неделимая единица (далее блок генов). Цель генетического алгоритма состоит в использовании лучшей перестановки генов и наборов генов, чтобы алгоритм размещения находил оптимальный разрезаемый образец. При этом задачей оптимизации является максимизация средней плотности заполнения набора листов. Оптимизация выполняется одновременно для всех листов, которые рассматриваются алгоритмом размещения.

Основным преимуществом предложенного решения поставленной задачи является решение глобальной задачи оптимизации, а не отдельного листа. Генетический алгоритм может динамически расширять область решения задачи (ввод новых данных) по ходу ее оптимизации. Преимуществом является также то, что в любой момент времени можно получить текущее решение для всей задачи.

Себестоимость разработанной программы составляет около 50 белор. р, в то время как у аналогичных, таких как «АстраРаскрой», «Cutting» – от 100 белор. р. Основные потребители программы: индивидуальные предприниматели, унитарные предприятия и другие частные компании, которые оказывают услуги в производстве и резке стекла, выполняют заказы населения.

Литература

1. Мухачева А.С., Чиглинцев А.В. Генетический алгоритм поиска минимума в задачах двумерного гильотинного раскроя. Информационные технологии, 2001, № 3. – С. 27–31.
2. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях ; пер. с англ. Осипов А. И. М. : ДМК Пресс, 2011. – 312 с.: ил.