

УДК 681.3

Р.Т. Мурзакаев, А.В. Бурылов, А.Р. Шакирзянов

R.T. Murzakaev, A.V. Burylov, A.R. Shakirzyanov

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТА
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЗКИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
РАСКРОЯ ITAS NESTING**

**AUTOMATION OF TOOL PATH GENERATING WITH
ACCOUNT TO TECHNOLOGICAL FEATURES OF CUTTING
IN THE NESTING PROGRAM SYSTEM ITAS NESTING**

Представлены архитектура и особенности функционирования модуля формирования маршрута режущего инструмента, интегрированного в программный комплекс раскроя ITAS Nesting. Модуль позволяет формировать маршрут инструмента с учетом некоторых технологических ограничений и технологий резки: условий предшествования, резки по эквидистанте, правилам выбора точек входа/выхода, технологий совмещенного реза, цепной резки, перемычек и петель. Продемонстрированы результаты генерации маршрута как с оптимизацией траектории режущего инструмента, так и без нее. Отмечена возможность формирования маршрута режущего инструмента в автоматическом и интерактивном режимах для карт раскроя произвольной сложности.

Ключевые слова: режущий инструмента, параметры резки, технологические ограничения, программный комплекс.

In this article an architecture and features of a tool path generating module are presented. This module was integrated into the program system ITAS Nesting. The developed module allows generate a tool path with account to some technological restrictions and cutting technologes include precedence constraints, equidistant contours, entry/exit points, common line cutting, chain cutting, tabs and loops. Also the results of tool path generating with/without optimization was shown. It is important to note that developed module can generate a lool path in automatic and interactive modes for cutting maps of any complexity.

Keywords: cutting tool, parameters of cutting, technological features, program system.

Для автоматизации основных этапов раскроя листовых материалов на предприятиях используются специализированные программные системы, такие как Vintech (Болгария), Astra S-Nesting (Украина), Wrykrys (Чехия), Lantek Expert Cut (Испания), «Техтран» (Россия), ProNest (США) и т.д. Обычно по-

добные системы имеют модульную структуру, где каждый компонент позволяет автоматизировать некоторый этап в процессе раскроя.

Необходимым этапом является построение маршрута режущего инструмента (РИ) для карты раскроя, сформированной ранее. Оптимизация маршрута РИ позволяет уменьшить время и стоимость раскроя и в некоторых случаях повысить качество получаемых заготовок [1, 2]. На основе сформированного маршрута выполняется генерация управляющей программы (УП) для станка с ЧПУ.

В ряде случаев ввиду особенностей материала или сложности сформированной карты раскроя невозможно построить маршрут РИ без участия человека. Тогда специалисты по раскрою полагаются на свой опыт, формализация которого затруднительна. В связи с этим комплекс раскроя должен иметь не только автоматический, но и интерактивный режим формирования маршрута РИ, позволяющий специалисту максимально просто изменить параметры маршрута РИ.

Цель данной работы – автоматизация формирования маршрута режущего инструмента с учетом технологических особенностей резки.

Разработка комплекса ITAS Nesting. Программный комплекс фигурного раскроя ITAS Nesting [3], разрабатываемый на кафедре «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, предназначен для проектирования карт раскроя, подготовки УП для станков с ЧПУ, создания сопроводительной документации, прогнозирования затрат и т.д.

Комплекс имеет модульную структуру и разрабатывается при помощи современных библиотек, инструментов и технологий. Разработка ведется на объектно-ориентированном языке программирования Java (8-я версия), в качестве IDE используется IntelliJ Idea 15. На сервере располагается централизованная база данных под управлением СУБД MySQL. Для доступа к данным используется ORM-фрэймворк Hibernate. Управление версиями проекта осуществляется при помощи распределенной системы контроля версий Git, а для модульного тестирования используется библиотека JUnit 4. Разработка графического интерфейса пользователя ведется при помощи библиотеки SWING, входящей в JDK.

Для автоматизации построения маршрута РИ в ITAS Nesting необходим специальный модуль, позволяющий формировать маршрут с учетом технологических особенностей резки, к которым относятся технологические ограничения (ТО) и различные технологии резки (ТР).

Место модуля формирования маршрута РИ в ITAS Nesting. На рис. 1 представлена связь модуля формирования маршрута РИ с другими модулями комплекса ITAS Nesting. Как видно, модуль получает входные данные из модуля формирования карт раскроя. Результаты формирования маршрута РИ используются при генерации УП.

Входными данными модуля являются карта раскроя и характеристики оборудования. В результате работы будет сформирован маршрут РИ и будут определены параметры резки (рис. 2).

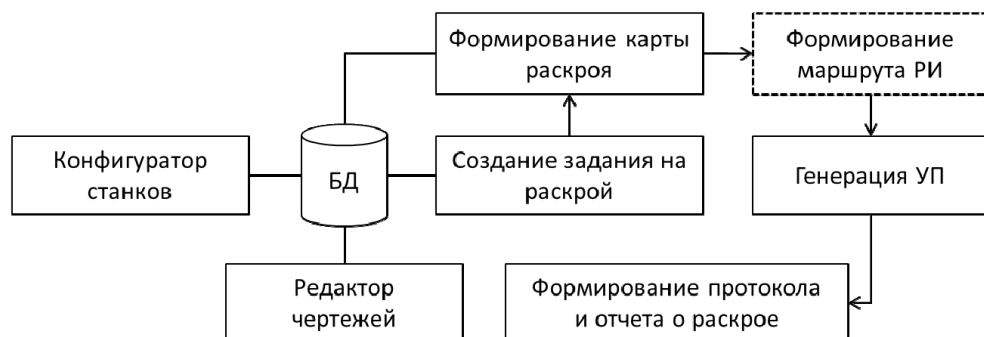


Рис. 1. Место модуля формирования маршрута РИ в структуре комплекса раскрой ITAS Nesting

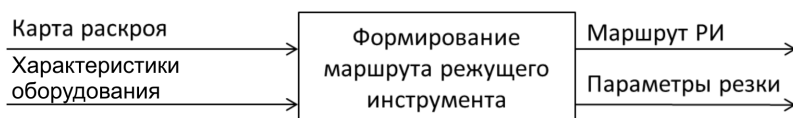


Рис. 2. Входные и выходные данные разрабатываемого модуля

Далее дано краткое описание входных и выходных данных.

Карта раскрой состоит из множества деталей, которые могут быть вложены друг в друга. Каждая деталь имеет один внешний и, возможно, несколько внутренних контуров. Контуров деталей задаются наборами дуг и прямых либо могут быть окружностями.

Характеристики оборудования включают в себя:

- метод резки: лазерный, плазменный или гидроабразивный (ГАР);
- скорости холостого и рабочего хода;
- время пробивки материала (время одной врезки);
- ширину реза инструмента.

Маршрут РИ включает:

- сгенерированный порядок обработки контуров;
- направление резки каждого контура;
- координаты точек входа/выхода РИ;
- информацию об использовании специализированных технологий резки, таких как мосты, перемычки, петли на углах и т.д.

К параметрам резки, определяемым по сформированному маршруту и входным характеристикам оборудования, относятся:

- суммарная длина холостых и рабочих переходов;
- общее количество точек врезки.

Функционирование модуля. Типичная схема работы модуля формирования маршрута РИ состоит из десяти этапов (таблица).

Схема работы модуля в автоматическом и интерактивном режимах

№ п/п	Этап формирования маршрута РИ	Режим	
		Автоматический	Интерактивный
1	Построение иерархии вложенности контуров	Да	Нет
2	Определение участков совмещенного реза	Да	Нет
3	Выбор стратегии формирования маршрута	Да	Да
4	Создание порядка обработки контуров	Да	Да
5	Генерация эквидистантных контуров	Да	Нет
6	Задание направления резки контуров	Да	Да
7	Выбор точек входа/выхода инструмента и генерация подходов и отходов к контуру	Да	Да
8	Генерация допустимых холостых и режущих переходов между контурами	Да	Да
9	Установка перемычек и петель на углах	Да	Да
10	Расчет параметров резки	Да	Нет

Часть этапов формирования маршрута РИ может осуществляться как в интерактивном, так и в автоматическом режиме, что позволит опытному пользователю гибко использовать особенности карты раскроя и режущего оборудования.

Приведенная схема позволяет формировать маршрут РИ с учетом ТО и некоторых ТР. Рассмотрим учитываемые ТО.

1. Правила обработки контура детали:

– для сохранения геометрии резка должна выполняться на расстоянии от контура по так называемой эквидистанте;

– врезка инструмента выполняется с некоторым смещением относительно эквидистанты;

– точка выхода инструмента, как правило, находится на некотором расстоянии от эквидистанты, однако встречаются ситуации, когда можно выйти на эквидистанте (например, при резке контура в форме окружности);

– при использовании ГАР врезка на внешнем контуре должна выполняться только на углах, при лазерной – возможна в произвольном месте.

2. Ограничения на порядок обработки контуров, так называемые условия предшествования [5]:

– обработка внешнего контура детали может осуществляться только после обработки всех ее внутренних контуров;

– обработка деталей, вложенных во внутренний контур другой детали, должна производиться раньше контура, в котором они находятся.

Из ТР учитываются совмещенный рез, цепная резка, перемычки и петли. Подробный обзор различных ТР приведен в работах [2, 3].

Стратегии формирования маршрута РИ. В текущей реализации модуля имеется несколько стратегий формирования маршрута РИ:

– «змейка» – удобна для использования на простых картах раскроя с большим числом одинаковых деталей (рис. 3, а);

- стратегия с рандомизацией – используется при лазерной резке в случаях, когда материал сильно нагревается (рис. 3, б);
- минимизация длины холостого хода – используется для сложных карт раскроя и позволяет построить маршрут без лишних перемещений РИ [4];
- минимизация времени резки – снижает не только длину холостого хода, но и сокращает количество точек врезки.

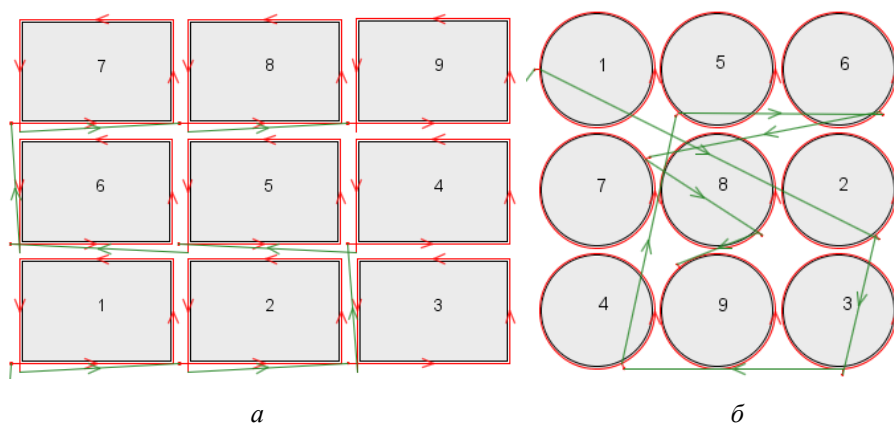


Рис. 3. Стратегия «змейка» (а) и стратегия с рандомизацией (б)

Пример маршрута РИ, сформированный для сложной карты раскроя, содержащей 120 контуров произвольной формы, представлен на рис. 4.

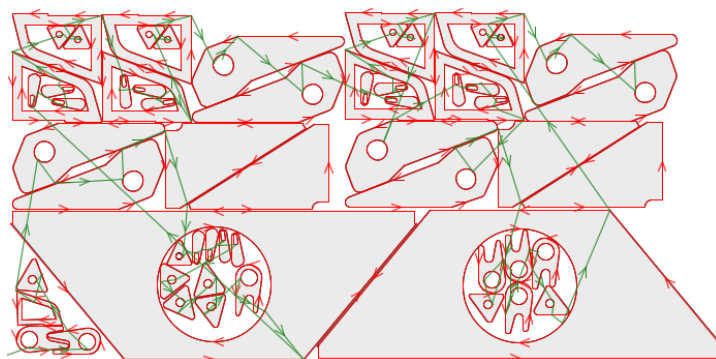


Рис. 4. Маршрут РИ для сложной карты раскроя

Таким образом, разработан программный модуль, автоматизирующий формирование маршрута РИ с учетом условий предшествования, резки по эквидистанте, особенностей выбора точек входа/выхода, технологий совмещенного реза, цепной резки, перемычек и петель. Модуль позволяет формировать маршрут РИ в автоматическом и интерактивном режимах для любых карт раскроя (в том числе содержащих детали произвольной формы и вложенные друг

в друга детали). Кроме того, возможна генерация маршрута как с минимизацией длины холостого хода или времени резки, так и без нее, например «змейкой» или рандомизированной стратегией.

Список литературы

1. Верхотуров М.А., Тарасенко П.Ю. Математическое обеспечение задачи оптимизации пути режущего инструмента при плоском фигурном раскрое на основе цепной резки // Вестник Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2008. – Т. 10, № 2 (27). – С. 123–130.

2. Петунин А.А. О некоторых стратегиях формирования маршрута инструмента при разработке управляющих программ для машин термической резки материала // Вестник Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – Т. 13, № 2 (35). – С. 280–286.

3. Мурзакаев Р.Т., Шилов В.С., Брюханова А.А. Программный комплекс фигурного раскроя материала IGAS Nesting // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 13. – С. 15–25.

4. Мурзакаев Р.Т., Шилов В.С., Бурылов А.В. Применение метаэвристических алгоритм для минимизации длины холостого хода режущего инструмента // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 14. – С. 123–136.

Получено 08.09.2016

Мурзакаев Рустам Талгатович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

Бурылов Артем Валерьевич – магистр кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: artyom.burylov@mail.ru.

Шакирзянов Арсен Рустемович – студент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: arsen.shakirzyanov@mail.ru.