

УДК 621

**И.И. Кавун, В.Г. Гусев****I.I. Kavun, V.G. Gusev**Владимирский государственный университет  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ РАСКРОЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА**

### **THE MODERN METHODS CHARACTERISTIC OF SHEET MATERIAL OPENING**

Рассмотрены основные характеристики современных систем раскроя листового материала и способы повышения их эффективности. Приведены CAD/CAM-системы, используемые в заготовительном производстве. Описана последовательность автоматизированного раскроя листового материала в программной среде «Интех-раскрой».

**Ключевые слова:** раскрой листового материала, «Интех-раскрой», числовое программное управление, управляющая программа, CAD/CAM-система.

The basic characteristics of sheet material opening modern systems and ways of their efficiency raising are observed. The main characteristics of sheet material opening modern systems are observed. The CAD/CAM-systems used in procuring manufacture are resulted. The automatic opening sequence of sheet material in the software product "Intech-opening" is resulted.

**Keywords:** sheet material opening, Intech-opening, numerical program control, management program, CAD/CAM-system.

В машиностроении и других отраслях промышленности значительная часть продукции изготавливается путем раскроя листовых материалов на различном технологическом оборудовании. К такому оборудованию относятся, в частности, установки с числовым программным управлением (ЧПУ) для лазерной, плазменной, газовой (газокислородной), электроэрозионной и гидроабразивной резки материала, гильотинные ножницы, прессы для листовой штамповки и др.

Использование систем автоматизированной разработки управляющих программ (УП) для указанного оборудования (computer-aided manufacturing, CAM-систем) обеспечивает значительное сокращение времени на подготовку программ в сравнении с ручным программированием [1]. Разработка УП для технологического оборудования резки предполагает предварительное геометрическое моделирование заготовок, получение раскройной карты листового материала, а в дальнейшем оптимизацию раскроя, обеспечивающую минимальный расход ма-

териала. Программное обеспечение, позволяющее автоматизировать процесс описания геометрии заготовок при проектировании операций раскроя, принято относить к CAD-системам (computer-aided design).

Современные технологии резки металла позволяют осуществлять раскрой стального материала значительной толщины и добиваться требуемого качества кромок. Сегодня можно быстро и качественно «распускать» литой, прокатный и листовой металл.

Существуют несколько способов промышленного раскроя металла: традиционный механический (при помощи специальных ножниц, резцов и пил), ударный (посредством гильотины), термический (газокислородная, плазменная и лазерная резка), а также холодный гидроабразивный способ [2]. В зависимости от формы и типа реза способы можно классифицировать на поверхностные (частичное выполнение пазов и сверление локальных отверстий) и разделительные (нарезка заготовки на части), а по качеству получаемой кромки – на чистовые, не требующие дополнительной обработки, и черновые (заготовительные).

Каждая технология имеет свои особенности: ограничение по толщине обрабатываемого материала, различное качество получаемой поверхности реза, производительность, скорость рабочего процесса и т.д. Кратко охарактеризуем известные способы раскроя металла.

Резка с помощью ленточнопильных станков (ЛПС) не требует значительных затрат. Оборудование отличается простотой, ремонтпригодностью, не требует проведения специального обслуживания, характеризуется малыми потерями материала в стружку за счет узкого реза (0,6–0,9 мм), что позволяет выгодно раскраивать цветные и прочие дорогостоящие металлы, а также тонкостенные профили.

Качественный рез без заусенцев исключает дальнейшую доработку поверхностей. Сравнительно высокая точность по перпендикулярности обработанной поверхности позволяет исключить последующую подрезку торца, а низкая шероховатость – последующее шлифование. Указанные достоинства ленточнопильных установок обеспечивают низкую технологическую себестоимость изделия.

Ударная резка с использованием гильотины обеспечивает ровные, без зазубрин поверхности. Она характеризуется низкой энергоемкостью процесса рубки и отсутствием отходов (стружки). Установлено ограничение по толщине металла – 6 мм (для самых мощных гильотин с гидравлическим приводом). Гильотины не рассчитаны на проведение фигурной и криволинейной резки.

Газокислородная резка позволяет проводить раскрой заготовок толщиной до 200 мм. Она применима далеко не для всех металлов. Хромоникелевые, высокоуглеродистые и высоколегированные стали обработке газокислородной струей не поддаются. Недостатками данной технологии являются большая ширина реза и низкое качество.

Из-за высокой температуры металл частично деформируется, а на кромках остаются наплывы, окислы и грат, поэтому газокислородный способ чаще всего применяют для резки малоответственных деталей, которые подвергаются в дальнейшем дополнительной обработке.

Для лазерной резки характерны высокая производительность, возможность фигурной резки, отсутствие отходов, искривления и деформации заготовки [3]. Основным недостатком лазерной технологии – низкий КПД (не более 15 %). Лазер не используется для обработки алюминия, титана и высоколегированных сталей, являющихся сильными отражателями. Мощности лазера может хватить для разрезания самых тонких стальных листов, изготовленных из этих материалов.

Плазменная резка при помощи высокотемпературной плазменной струи позволяет добиться более качественного результата, чем при использовании смеси газа и кислорода [4]. По сравнению с кислородной резкой она обеспечивает минимальные деформации материала, а по сравнению с лазерной – более низкую технологическую себестоимость.

Гидроабразивная резка – это сегодня самый прогрессивный способ, позволяющий проводить качественную резку металла толщиной до 300 мм. Холодная гидроабразивная струя высокого давления позволяет получать качественные кромки. Любые дефекты обработки полностью исключаются. Ровные кромки не требуют проведения дополнительной обработки.

Недостатки гидроабразивной резки – высокая стоимость процесса и быстрый износ оборудования. Из-за работы под высоким давлением гидроабразивные установки требуют регулярного текущего обслуживания и ремонта.

По основным показателям рассмотренные способы раскроя проранжированы по 10-балльной системе (таблица). Максимальная оценка – 10 баллов, минимальная – 1 балл. Приведенные цифры являются субъективными, однако они отражают основные преимущества и недостатки способа.

Оценка способов раскроя по основным показателям (в баллах)

Способ резки	Максимальная толщина металла	Ширина реза	Качество реза	Производительность	Стоимость оборудования	Безопасность
Гильотина	1	10	9	9	6	7
ЛПС	9	9	8	4	7	6
Газокислородная	8	5	5	6	5	3
Плазменная	6	6	7	9	7	5
Лазерная	3	10	9	7	4	7
Гидроабразивная	9	8	10	5	2	8

В зависимости от результатов, которые должны быть достигнуты при раскрое материала, потребители могут выбрать по данным вышеуказанной таблицы наиболее выгодный способ для практической реализации.

Весьма важным при раскрое листового материала является использование современных компьютерных технологий. Автоматическое размещение контура деталей на листовом материале – главное назначение любого из представленных вариантов программного обеспечения. Правильное распределение контуров деталей на листовом материале позволяет повысить коэффициент использования и уменьшить его расход до 10 %.

Практика показывает, что коэффициент использования материала при раскрое листа редко превышает 0,5–0,6. Очень сложно грамотно использовать всю площадь листа, когда все детали имеют различную форму и размеры, поэтому в этом плане значение такого показателя, как ширина реза, отходит на второй план.

Увеличение расхода материала в функции ширины реза составляет единицы процентов от общей массы листового материала, в то время как размещение контуров деталей на листе – десятки процентов, т.е. потери из-за раскладки будущих деталей значительно превышают потери, вызванные изменением ширины реза.

Повышение эффективности раскроя листового материала обеспечивается использованием современных программных продуктов. Программное обеспечение «Раскрой WL» является специализированной CAD/CAM-системой, предназначенной для использования в заготовительном производстве при изготовлении листовых деталей произвольной формы. Оно служит для автоматизированного проектирования процессов термической резки и используется в сочетании с высокопроизводительным металлорежущим оборудованием, обеспечивающим повышенную геометрическую точность изделий.

Программное обеспечение «Интех-раскрой» позволяет автоматизировать технологию раскроя материала и разработку управляющих программ для газокислородных, плазменных и лазерных установок.

Для автоматизированной разработки технологического процесса раскроя материала в программном продукте «Интех-раскрой WL» необходимо подготовить задание на проектирование (список деталей-претендентов), при этом программа накапливает сгенерированные карты раскроя. Карты раскроя формируются при размещении деталей-претендентов на одном или нескольких листах, которые могут быть заданы непосредственно или выбраны из библиотеки.

Важными при формировании карт раскроя являются различные алгоритмы стыковки контуров деталей, которые позволяют уменьшить занимаемую деталями площадь, например, при группировке деталей и попарной сты-

ковке одинаковых деталей, а также при размещении деталей в областях произвольной формы (внутренних контурах деталей и деловом остатке). Такие алгоритмы позволяют экономить используемый материал и уменьшить технологическую себестоимость раскроя.

Для автоматизированного раскроя материала необходимо выполнить следующие этапы:

- 1) выбрать деталь, которая должна быть получена из листового материала;
- 2) вычертить деталь в программной среде, например в «КОМПАС-3D V12»;
- 3) сформировать список деталей с указанием марки и толщины листового материала, указать количество деталей, дать ссылки на файл с геометрией деталей и загрузить эти данные в программу «Интех-раскрой».

В программе «Интех-раскрой» производится автоматическая раскладка контуров деталей на листовой материал, при этом формируется и управляющая программа для последующего раскроя. Загрузка управляющей программы в станок может выполняться с использованием обычной флеш-карты. Кадры управляющей программы считываются и преобразуются системой ЧПУ в управляющие электрические сигналы, передаваемые на исполнительные органы станка, который выполняет резку листа в строгом соответствии с введенными данными и разработанной управляющей программой.

Для увеличения производительности оборудования с ЧПУ, на котором производится раскрой материала, в первоочередном порядке следует обратить внимание на операцию загрузки листового металлопроката на раскройный стол станка, а также операцию выгрузки готовых деталей.

Дело в том, что машинное время работы оборудования с ЧПУ при резке деталей в лучшем случае равно вспомогательному времени на загрузку/выгрузку, а в большинстве случаев раскроя оно составляет 40 % от общего технологического цикла термической резки заготовок.

Эти данные свидетельствуют о том, что существенное повышение производительности процесса резки листовых материалов можно обеспечить путем уменьшения вспомогательного времени на операцию раскроя, поэтому в первую очередь рекомендуется детально проработать вспомогательные переходы загрузки/выгрузки деталей из рабочей зоны станка.

Одним из эффективных путей решения этой задачи является применение поворотных столов либо одного стола с двумя рабочими зонами: в одной зоне осуществляется резка материала, в другой – выгрузка/загрузка.

Таким образом, анализ известных способов раскроя листового материала позволил оценить их технологические возможности и проранжировать по основным показателям процесса резки (качество реза, производительность, технологическая себестоимость, безопасность, коэффициент использования

материала и др.), что позволяет потребителям выбрать для конкретных производственных условий наиболее выгодный способ раскроя материала. Наилучшие результаты обеспечиваются при использовании современных компьютерных технологий раскроя: «Раскрой WL», «Интех-раскрой» и других CAD/CAM-систем.

### Список литературы

1. Техтран – система программирования оборудования с ЧПУ / А.А. Лиферов, О.Ю. Батунер, М.Ю. Блюдзе [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1987. – 109 с.
2. Никифоров Н.И. Справочник молодого газосварщика и газорезчика. – М.: Высшая школа, 1990.
3. Методы и технологии резки листового материала [Электронный ресурс]. – URL: <http://promexcut.ru/metodyi-i-texnologii-rezki-listovogo-metalla> (дата обращения: 5.11.2015).
4. Резка металла [Электронный ресурс]. – URL: <http://rezhemmetall.ru/rezka-metalla/page/3> (дата обращения: 5.11.2015).

Получено 07.12.2015

**Кавун Илья Иванович** – магистрант, механико-технологический факультет, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, e-mail: [illia8612@rambler.ru](mailto:illia8612@rambler.ru).

**Гусев Владимир Григорьевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения», Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, e-mail: [prof\\_gusev@mail.ru](mailto:prof_gusev@mail.ru).