

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕЗКИ ЗАГОТОВОК ИЗ ЛИСТА И ИХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Л.М. Акулович, докт. техн. наук, профессор, Д.Б. Ермашкевич, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

Рассматриваются основные принципы представления информации и структура интегрированной системы автоматизированного проектирования технологических процессов раскроя листового металла и механической обработки заготовок.

The basic principles of information and structure of integrated computer-aided design process sheet metal cutting and machining work pieces are considered.

Введение

В сельскохозяйственном машиностроении широкая номенклатура деталей почвообрабатывающих, посевных, кормо- и зерноуборочных машин, навесных и прицепных механизмов изготавливается из листовых металлов. Это целый класс деталей – ножи, диски, лемехи, зубья и т.п. Большинство из них работает в условиях коррозионно-абразивного изнашивания, а также воспринимает ударные нагрузки. Поэтому к деталям, изготавливаемым из листового металла, предъявляются требования высоких антифрикционных и демпфирующих свойств. Существующие на предприятиях республики технологии изготовления указанных деталей не обеспечивают ресурс их работы, адекватный зарубежным аналогам. Поэтому предприятия сферы агросервиса многие из сменных деталей закупают у зарубежных фирм, технологии у которых являются ноу-хау производителя.

Для повышения срока службы указанных деталей в республике за последние годы созданы и интенсивно развиваются новые технологии термического упрочнения, плазменного и лазерного легирования, обеспечивающие формирование наноструктурированных поверхностных слоев высокой твердости. Установлено, что значительный ресурс повышения работоспособности этих деталей кроется в материале, из которого формируются триботехнические характеристики трущихся поверхностей. Сочетание материалов и технологий их упрочнения с использованием концентрированных источников энергии позволяет обеспечивать заданное качество комплексных физико-механических характеристик поверхностей указанных деталей машин. Например, новые технологии термического упрочнения ориентированы на использование листового проката из стали марки ШП-60 взамен 65Г или 38ХМ, а технологические возможности современного оборудования термической резки листового материала значительно расширились, что позволяет во многих случаях производить обработку отверстий, окон, контуров деталей окончательно, обеспечивая заданные чертежом требования точности и шероховатости поверхностей. Установки для

лазерной и плазменной резки заготовок из листа обеспечивают точность позиционирования по осям $\pm 0,01$ мм, а точность обработки – $\pm 0,1$ мм. Высокая производительность резки (до 20 м/мин), малые ширина реза и зона термического влияния (диаметр луча составляет сотые доли миллиметра), высокая точность позиционирования, обеспечивающая адекватную точность взаимного расположения вырезаемых контуров заготовки, возможность раскроя сложных контуров деталей из листового материала, отсутствие механического воздействия на обрабатываемый материал позволяют использовать способы термической резки совместно с операциями механической обработки в единых технологических процессах.

Внедрение конкурентоспособных технологий, обеспечивающих высокое качество и минимальную себестоимость продукции, неизбежно приводит к увеличению удельного веса работ по технологической подготовке производства и, как следствие, к необходимости ее автоматизации с целью снижения затрат и сокращения сроков освоения. Одним из наиболее эффективных средств решения возникших задач является компьютеризация проектирования технологических процессов. Поэтому целью настоящей работы является создание эффективного инструмента автоматизированного проектирования технологических процессов раскроя листового металла и механической обработки заготовок.

Все это обуславливает создание систем автоматизированного проектирования (САПР) сквозных технологических процессов изготовления деталей машин, позволяющих разрабатывать как единые технологические процессы изготовления деталей, так и управляющие программы для оборудования с числовым программным управлением.

Основная часть

Существующие системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки (САПР ТП МО) и раскроя листовых материалов (САПР «Раскрой») не могут функциониро-

вать совместно [1]. САПР «Раскрой» решает задачи раскладки заготовок на листе и разработки управляющих программ для машин термической резки. Стоит задача создания интегрированной системы автоматизированного проектирования, в которой термическая резка заготовок из листа представляется на уровне операций механической обработки. При этом для всех операций необходимо учитывать взаимосвязь компонентов структурного и параметрического синтеза.

Методический подход решения поставленной задачи состоит в следующем. Структура Ст.п.= {V, S} интегрированной САПР ТП рассматривается как множество $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ элементов каждой системы и множество связей $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ между ними. Информация о размерах и точности всех элементов детали, о расположении элементарных поверхностей, шероховатости и т.п. представляется в виде конструкторско-технологического шифра [2]. Этот шифр служит ключом для поиска в таблицах кодированных сведений (ТКС) нужной при проектировании информации. Несмотря на разнообразие ТКС в рассматриваемых САПР, все они являются модификацией одной общей идеи – представление в виде множеств однотипных кортежей реквизитов, описывающих элементы детали.

Следующим шагом является систематизация исходной информации, которая определяет эффективность автоматизированного проектирования технологических процессов. Рациональное представление этой информации, то есть формализация ее в системном виде, осуществляется на основе следующих основных принципов [3, 4]:

- технологический процесс рассматривается, с одной стороны, как просто перечень отдельных его элементов, а с другой стороны – как совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов;
- процесс проектирования разбивается на рациональные этапы (выбор типа заготовки, синтез маршрута обработки, расчет технологических режимов и т.п.);
- оптимизация принятых решений.

Входные данные интегрированной САПР ТП раскроя листового материала и механической обработки заготовок разделены на условно-постоянные и переменные (рис. 1).



Рисунок 1. Структура входных данных

Технологический процесс изготовления детали с одной стороны (стороны структуры) представляется как совокупность взаимосвязанных этапов, операций и переходов, а с другой (со стороны функции) – как часть производственного процесса, связанную с ко-

личественным и качественным преобразованием объектов производства из состояния заготовок C_3 в состояние готовых изделий C_H . Реализация технологических процессов приводит к изменению качественных и количественных характеристик объектов производства. В результате функция технологического процесса может быть описана как $C_3 \rightarrow C_H$. В соответствии с разделением технологического процесса на операции общая функция расчленяется на ряд операционных функций φ_j . Функция каждой φ_j -операции характеризует промежуточное изменение качественного состояния заготовки $C_{j-1} \rightarrow C_j$.

Состояние заготовки C_j характеризуется формой, межоперационными размерами, их точностью, шероховатостью и физико-механическими свойствами поверхностей, полученных в результате выполнения j -й операции.

Таким образом, процесс проектирования технологических процессов представляется в виде нескольких уровней или этапов. На каждом уровне проектирования исходными данными являются техническое задание (ТЗ), набор элементов и их параметров, характеризующих рассматриваемый уровень. При проектировании выбрана линейная стратегия (рис. 2 а), которая считается более эффективной по сравнению с последовательным приближением к цели итерационным методом (рис. 2 б).

Для обеспечения системного единства проектирующих подсистем требуется создание единой информационной модели. В технологии машиностроения принята следующая иерархическая классифика-

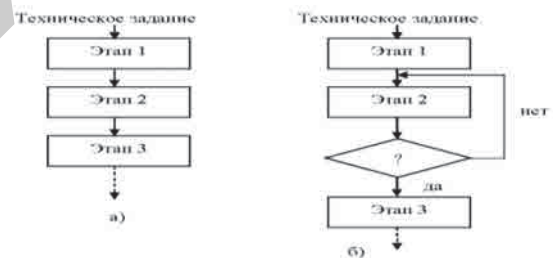


Рисунок 2. Схемы проектирования с использованием линейной (а) и циклической (б) стратегий

ция элементов технологических процессов: план обработки (расчерковки) → маршрут обработки → операция → установ → переход → проход → ход → шаг. Использование указанной иерархии определяет набор этапов и базовую номенклатуру информационных моделей, определяющих системное единство САПР ТП. В результате такой декомпозиции процесс проектирования технологического процесса сводится к решению задач различной степени детализации на взаимосвязанных уровнях: от формирования состава и структуры маршрута обработки до расчета режимов обработки и разработки управляющих программ.

Затем следует выбрать метод проектирования. В большинстве современных САПР ТП разработка технологических процессов осуществляется следующими методами:

- проектирование в диалоговом (интерактивном) режиме, в том числе методом синтеза с использованием конструкторско-технологических элементов (КТЭ);

– проектирование в автоматическом режиме.

В «диалоговых» системах технологические процессы создаются технологом, в основном в диалоговом режиме с использованием достаточно развитых баз данных, либо технолог использует технологические процессы, ранее разработанные и занесенные в базу данных, т.е. в основу положен принцип заимствования ранее принятых решений. В процессе работы на предприятии накапливаются типовые, групповые, единичные технологические процессы, унифицированные операции, планы обработки конструктивных элементов и поверхностей, т.е. самопроизвольно создается база знаний, уровень которой определяется технологической квалификацией предприятия-пользователя. Эти системы представляются в «коробочном» виде и являются инструментальным средством для создания силами пользователя систем, ориентированных на их условия. Такой подход требует длительного времени адаптации к условиям предприятия, поскольку база знаний создается постепенно, по мере разработки технологических процессов, при этом требуется высокая квалификация технологов предприятия.

САПР ТП, функционирующие в автоматическом режиме, имеют ряд преимуществ перед «диалоговыми» системами. Основой функционирования таких систем являются комплексные технологические процессы (КТП). С одной стороны, КТП в отличие от типового процесса представляет собой избыточный типовой технологический процесс для любой детали, входящей в группу с примерно общими конструктивными и технологическими признаками. С другой стороны, КТП представляет собой формализованный технологический алгоритм, содержащий операции, модели оборудования и переходы на определенную группу деталей с условиями их назначения.

Используя опыт ОАО «Институт Белорганкинпром») создания САПР ТП МО (механической обработки), для обеспечения режима автоматического проектирования в структуре интегрированной САПР каждый КТП представлен в виде массивов:

- управляющий массив (УМ);
- комплексная операция (КО);
- содержание операции (СО).

Структура управляющего массива (УМ) используется для определения состава технологического процесса в виде упорядоченного перечня комплексных операций (рис. 3).

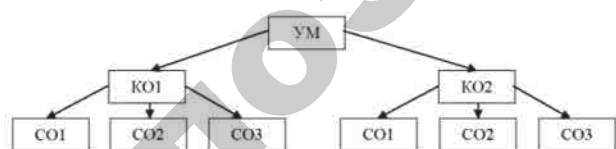


Рисунок 3. Типовая структура КТП

В УМ приводятся все возможные комплексные операции, которые могут встречаться при обработке деталей определенной группы с логическими условиями их назначения. В результате анализа логических условий выбираются комплексные операции, из которых формируется состав проектируемого технологического процесса.

Комплексная операция (КО) представляет собой массив, имя которого формируется из обрабатываемо-

го управляющего массива. В КО описывается перечень входящих операций, условия их назначения и модели оборудования. Массивы КО могут входить как в один, так и в несколько УМ, что дает возможность использовать один и тот же массив КО в разных УМ.

Содержание операции представляет собой массив, имя которого получено из записи СО массива комплексной операции. В содержании операции задается перечень переходов, которые входят в данную операцию с условиями их назначения.

Структурная схема интегрированной САПР ТП раскроя листового материала и механической обработки заготовок приведена на рис. 4.



Рисунок 4. Структурная схема интегрированной САПР ТП

Таким образом, новизна предложенной методики интеграции САПР ТП МО и САПР «Раскрой» основывается на формализации представления комплексных технологических процессов, систематизации входных данных рассматриваемых систем и создании единой базы данных.

Заключение

Предложена методология интеграции систем автоматизированного проектирования САПР ТП МО и САПР «Раскрой», включающая систематизацию входных данных, использование комплексных технологических процессов и их формализацию, создание единой базы данных. На основании методики разработана структура интегрированной САПР ТП раскроя листового металла и механической обработки заготовок, ориентированной на проектирование технологических процессов в автоматическом режиме. Использование в САПР комплексных технологических процессов не требует высокой квалификации технологов предприятия-пользователя, так как в КТП заложена база знаний опытных специалистов.

Структура интегрированной САПР ТП будет использована при разработке алгоритмов и программного обеспечения. Внедрение САПР ТП на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения позволит улучшить качество технологических процессов изготовления деталей из листовых сталей, уменьшить сроки их разработки в 3...10 раз в зависимости от сложности деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулович, Л.М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: учеб. пос. / Л.М. Акулович, В.К. Шелег. – Мн.: Новое знание; М: ИНФРА-М, 2012. – 488 с.
2. Горанский, Г. К. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах

подготовки производства / Г. К. Горанский, Э. И. Бендерова. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
3. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов / Н.М. Капустин [и др.]; под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высшая школа, 2004. – 415 с.
4. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 430 с.

УДК 541.133.08:519.8

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.05.2012

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ ПРОГРАММНЫМ СПОСОБОМ

Н.В. Исаеня, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

Предложен алгоритм вычисления коэффициентов настройки прибора для измерения концентрации моющих растворов на основе обработки экспериментально полученной таблицы их проводимости в зависимости от концентрации и температуры.

The method of adjustment coefficients calculation of a device based on the experimentally obtained table of solution conductivity versus concentration and temperature is proposed.

Введение

При ремонте двигателей внутреннего сгорания после разборки их предварительно отмывают в моющих растворах от всевозможных загрязнений и нагара. Основным фактором ухудшения моющей способности растворов, применяемых на ремонтных заводах в процессе их эксплуатации, является истощение моющих средств в результате их взаимодействия с загрязненными поверхностями и разбавление растворов водой для компенсации их естественной убыли. Поэтому для определения концентрации в процессе мойки необходимо постоянно осуществлять отбор проб моющего раствора, и в лаборатории завода путем химического анализа определять его концентрацию с целью добавления моющего средства. В связи с этим большое значение приобретает контроль концентрации экспресс-методом непосредственно во время технологического процесса мойки. Кроме того, поддержание оптимальной концентрации может обеспечить регламентируемое качество очистки и исключить перерасход моющих средств, а в перспективе датчик концентрации раствора будет одним из основных элементов системы автоматического регулирования концентрации моющего средства в растворе.

Так как синтетические моющие средства являются электролитами, то за основной информационный параметр их концентрации в растворе целесообразно принять проводимость растворов, которая представляет собой величину, обратную удельному сопротивлению, и измеряется в сименс/сантиметрах. Кроме того, кондуктометрический метод измерения концентрации на основе электропроводности широко применяется в химической и кондитерской промыш-

ленности, крахмало-паточном производстве, сахарной промышленности и т. д., так как их жидкие продукты тоже принадлежат к проводникам второго рода, т. е. электролитам. Однако существенное влияние на значения проводимости оказывает температура растворов, которое необходимо устранить.

Основная часть

Экспериментально полученная таблица проводимости моющего раствора МС-8 в зависимости от его концентрации и температуры приведена в табл. 1. Анализ данной таблицы показывает, что при фиксированных концентрациях с изменением температуры от 20 до 70 °С проводимость раствора изменяется приблизительно в 2,5 раза. В общем виде для любого раствора таблица проводимостей состоит из *n* строк (по количеству значений температуры) и *m* столбцов (по количеству значений концентрации) (табл. 2). Идея состоит в том, что в экспериментально полу-

Таблица 1. Экспериментальная таблица проводимости моющего раствора МС-8 в зависимости от концентрации и температуры

Температура, T °С	Концентрация раствора, N г/л					
	5	10	15	20	25	30
20	0,23	0,46	0,69	0,9	1,11	1,32
30	0,32	0,61	0,89	1,18	1,45	1,7
40	0,42	0,73	1,1	1,43	1,75	2,05
50	0,5	0,89	1,31	1,7	2,07	2,42
60	0,58	1,05	1,51	1,95	2,38	2,78
70	0,65	1,21	1,71	2,2	2,68	3,14