

Т.Ф.БОГИНСКАЯ, Е.Я.ГОЛОВКИНА,  
канд.техн.наук, А.С.ЛАЗАРЕВ,  
канд.техн.наук (БПИ)

## СТРУКТУРА САПР ПРОЦЕССА ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Во многих работах описываются отдельные стадии технологического процесса газотермического нанесения покрытий. Все они с различной степенью точности решают главную проблему — оценивают параметры процесса, обеспечивающего заданное качество изделия. Сложился определенный стереотип в создании систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), основанный на прямом переносе решений АСУ в САПР, вследствие чего САПР ТП газотермических покрытий разрабатываются как информационные системы обеспечения, позволяющие в реальном масштабе времени с помощью ЭВМ найти нужные данные, выбрать визуально среди нескольких вариантов лучший (по мнению оператора) и изготовить с помощью ЭВМ комплект технической документации.

В данной работе сделана попытка построения структуры САПР ТП, которая на основе комплекса задач механики сплошных сред решает задачу проектирования технологии, т. е. определяет метод нанесения газотермического покрытия и набор значений управляемых параметров, обеспечивающих максимальный уровень его свойств (прочность на отрыв и плотность) при минимуме экономических и энергетических затрат с выдачей комплекта технической документации.

САПР ТП нанесения газотермических покрытий охватывает три направления: плазменное, газопламенное и детонационное. Система работает в двух режимах: автоматическом (как полностью формализованная) и диалоговом. Первый режим предполагает наличие полного набора исходных данных и алгоритмов, не допускающих двойственности любой ситуации, в которой может находиться система. Доступ в работающую САПР ТП на промежуточных этапах для корректировки технологии невозможен. Второй режим осуществляется в условиях частичного внесения в систему информации на основе визуальной оценки оператором отдельных стадий развития процесса. Реализация описанных режимов возможна лишь с применением модульного принципа структуризации САПР ТП.

САПР ТП нанесения газотермических покрытий относится к классу сложных имитационно-оптимизационных динамических систем. Имитационные блоки решают задачи моделирования отдельных этапов развития процесса во времени, а оптимизационные системы осуществляют организацию структуры и связи параметров управления с показателями качества покрытия.

Весь процесс САПР ТП разделен на пять этапов, развивающихся в своих интервалах времени. Обмен информацией между отдельными модулями может быть автоматическим или с привлечением оператора (диалог) (рис. 1). Если из результатов первого этапа видно, что параметры газовой струи неудовлетворительны, оператор может не продолжать счет, а вернуться к первому этапу, изменив значение управляемого параметра (например, скорость истече-

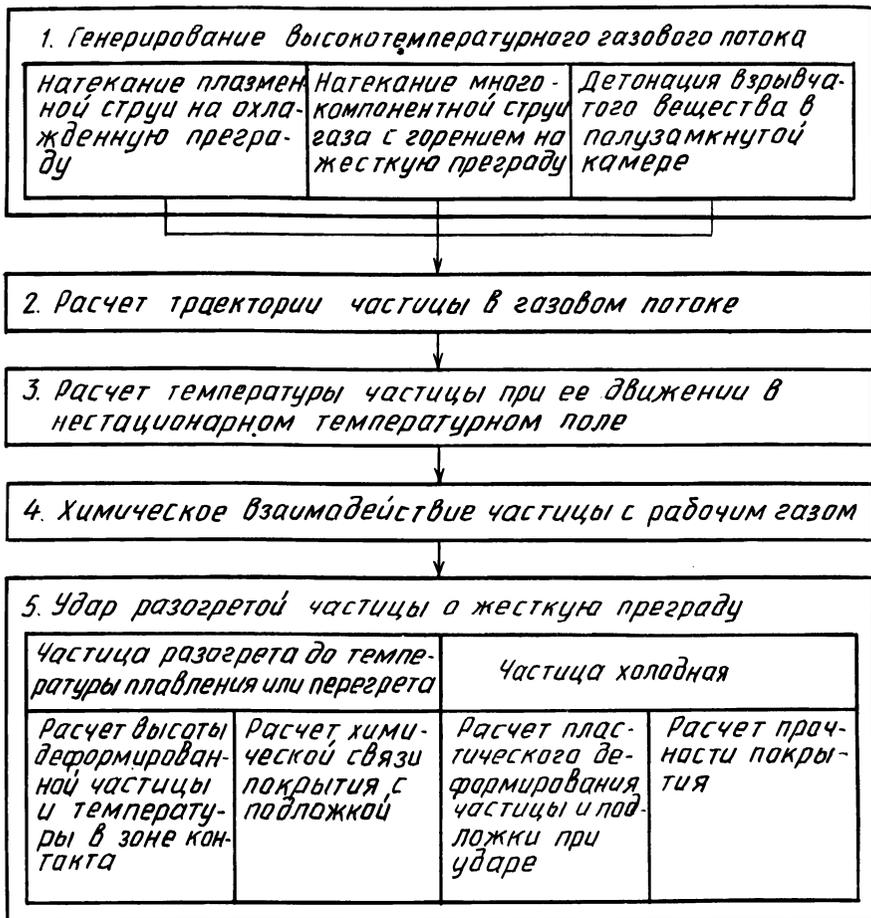


Рис. 1. Структура САПР ТП (диалоговый режим работы)

ния газовой струи). Расчет задач четвертого этапа может показать, что частица материала за время полета химически взаимодействует со струей газа, покрываясь нитридной пленкой. Если условия эксплуатации готового изделия с данным покрытием не допускают этого, необходимо изменить еще один управляемый параметр (например, размер частицы) с тем, чтобы ликвидировать явление и вернуться ко второму этапу.

Таким образом, диалоговый режим требует высокой профессиональной подготовки оператора, работающего с системой автоматизированного проектирования, который по сути дела берет на себя функцию оптимизации технологического процесса.

Работа САПР ТП газотермических покрытий в диалоговом режиме показала, что для перехода к автоматическому режиму необходимо решить три проблемы: определить набор управляемых параметров; задать функционал системы (т. е. показатель качества покрытия); разработать алгоритм оптимизации САПР ТП.

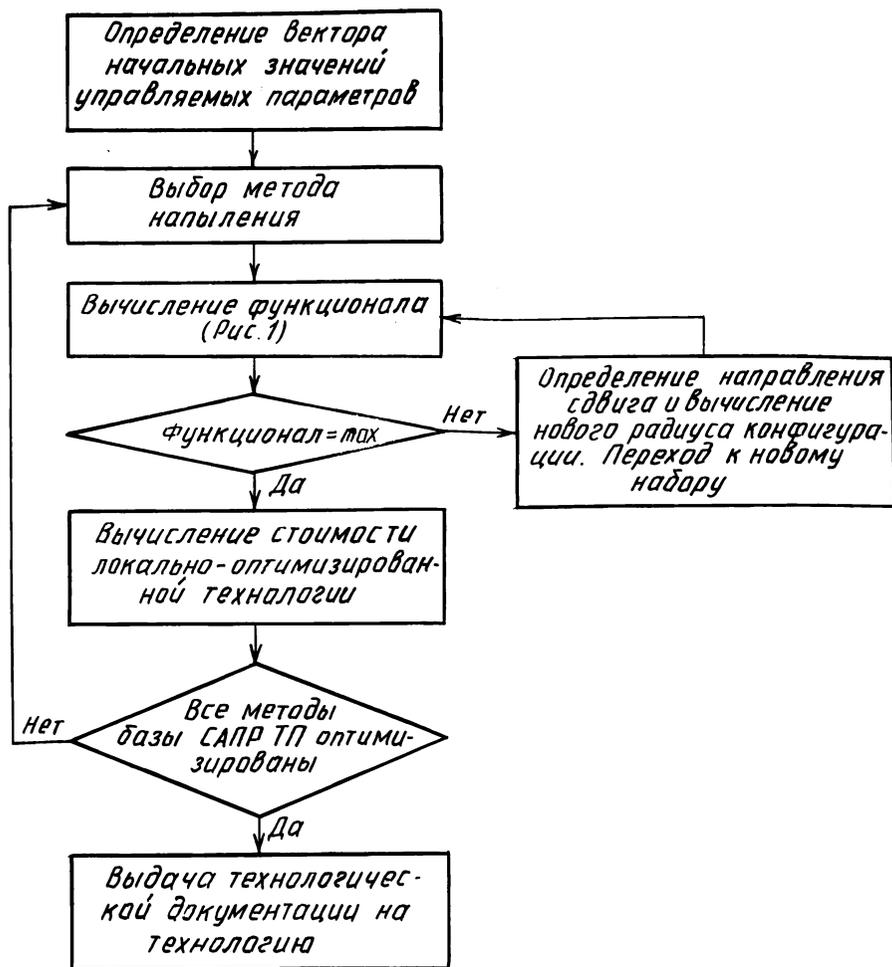


Рис. 2. Структура САПР ТП (автоматический режим работы)

В качестве управляемых параметров САПР ТП были выбраны: скорость и температура газового потока на выходе из плазмотрона, вязкость и плотность рабочего газа, размер частиц, коэффициент аэродинамического сопротивления частицы в потоке вязкого газа, расстояние от плазмотрона до подложки, температура напыляемой детали. Этот набор может быть расширен, но из соображений экономии времени ЭВМ желательно его максимально уменьшать. В качестве показателя качества выбрана прочность сцепления покрытия с подложкой.

Главным звеном автоматического варианта САПР ТП является алгоритм оптимизации. Поскольку рассмотренные выше управляемые параметры не изменяются во времени, САПР ТП газотермических покрытий относится к классу сложных систем с распределенными параметрами. Этот факт позволяет использовать для ее оптимизации метод конфигураций (аналог алгоритма Уайлда для унимодальных систем).

Схема функционирования САПР ТП в автоматическом режиме показана на рис. 2. Модульный принцип конструирования системы позволяет расширять ее как путем разработки новых технологий (например, металлизации), так и усовершенствования решений отдельных задач.

Принятая концепция конструирования САПР ТП адекватна технологическому процессу и высокоэффективна, но имеет особенности. Предположение о существовании единственного локального экстремума, на котором основан алгоритм оптимизации, в отдельных случаях не оправдывается, т. е. система проявляет неустойчивость при определенных значениях управляемых параметров. Это не противоречит примененным в САПР ТП решениям, но требует ее расширения.

УДК 621.785

Г.Я.БЕЛЯЕВ, канд.техн.наук,  
М.А.МИШКИНА, В.В.КОМАРОВСКИЙ (БПИ)

### ЛАЗЕРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ

Одно из основных преимуществ лазерной термической обработки по сравнению с обычными методами в том, что можно обрабатывать детали с поверхностями сложного профиля, коробление которых должно быть минимальным, т. е. в тех случаях, когда нагрев обрабатываемой зоны обычными методами затруднен. При изготовлении ряда деталей предъявляются жесткие требования к точности выполнения диаметров выступов и впадин, профиля зуба, окружного и осевого шагов, а также к параметрам шероховатости поверхности, ее коррозионной и износостойкости.

Традиционные методы упрочнения таких деталей (объемная закалка, микро-термическая обработка, закалка ТВЧ и др.) не применимы в связи с их короблением и отсутствием процесса доводки после термообработки. Поэтому для улучшения триботехнических свойств подобных деталей предлагается использовать наиболее приемлемый способ упрочнения их рабочей поверхности – лазерную обработку. Известно, что, варьируя параметры лазерного излучения, можно в широких пределах изменять физико-механические свойства металлов, микро- и макрогеометрию облучаемой поверхности и другие характеристики.

Для исследования режимов и схем упрочнения и последующих испытаний на сравнительную износостойкость упрочненных поверхностей сложного профиля на машине трения СМТ-1 использовались образцы высотой 20 мм, вырезанные из заготовок специальных деталей, и стандартные из материалов, применяемых при изготовлении этих деталей. Образцы подвергались лазерной термообработке (лазер непрерывного действия "Кардамон" мощностью до 800 Вт). Обработка велась в фокусе линзы из арсенида галлия (фокусное расстояние линзы 1000 мм) по винтовой линии. Частота вращения образца и подача стола изменялись в таких пределах, чтобы получить упрочненную поверхность как с перекрытием зон, так и без него. Лазерная термообработка произ-