

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ И ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

Будилов В.В., Иванов В.Ю., Киреев Р.М., Агзамов Р.М.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств деталей газотурбинных двигателей, работающих в условиях высоких динамических нагрузок, агрессивных сред и температурных колебаниях в настоящее время на финишных операциях используют вакуумные ионно-плазменные методы обработки.

Изучение характеристик плазменных, ионных, электронных, светолучевых технологий [1] показал, что каждый из методов обеспечивает достаточно узкий спектр свойств поверхностей деталей и обладает определенными преимуществами и недостатками. Для обеспечения всего спектра заданных эксплуатационных свойств поверхности, например, сочетание высоких характеристик выносливости, высокой эрозионной и коррозионной стойкости, целесообразно применять ионную имплантацию с последующей термообработкой и нанесением защитного покрытия. Такая комбинированная обработка в настоящее время реализуется последовательно, с использованием различных установок, что приводит к увеличению длительности процесса обработки и технологической себестоимости изделия.

Целесообразно объединение схожих по физическим принципам процессов и технологическим средам методов обработки, в одном операционном пространстве [2].

Такой метод комбинированной обработки получил название интегрированной технологии (ИТ), который обладает целым рядом принципиальных преимуществ: универсальностью, широким спектром возможностей воздействия на обрабатываемую деталь и т.д.

Интегрирование, т.е. объединение технологических процессов в единый вакуумный цикл (например, нанесение покрытий, удаление поверхностного слоя детали, ионная имплантация, термическая обработка и т.д.), позволяет существенно повысить выход годных деталей, поскольку исключается брак связанный с контактом деталей и окружающей среды между циклами обработки, уменьшить время межоперационных циклов и технологическую себестоимость.

По базовым процессам реализуемых на установках технологическое оборудование, т.е. источники заряженных частиц, можно разделить на следующие основные группы: изменение состояния поверхностного

слоя (нагрев, активация и т.д.), получение легированных областей (диффузия, ионное легирование), нанесение защитных покрытий.

В основу приведенных групп оборудования положены различные физические и физико-химические принципы технологических процессов, а именно: нагрев, синтез соединений, радиационные излучения, внедрение примесей в кристаллическую решетку, испарение и конденсация веществ, удаление материалов с поверхности и т.д.

Синтез ИТ с использованием ионных пучков и плазменных потоков является сложной задачей, поскольку содержит в себе большое число факторов воздействия, причем совместное воздействие приводит к еще большему разнообразию свойств поверхности.

Одним из важнейших аспектов проблемы проектирования ИТ с использованием вакуумных ионно-плазменных методов обработки является эффективное сочетание трех составляющих: метода обработки, источника заряженных частиц и базовой установки. При этом на каждом этапе выбора метода обработки, источника и установки возникает необходимость принятия рационального решения. Исходя, из выше изложенного возникла необходимость создания модели позволяющей проектировать ИТ.

Основной целью проектирования ИТ (Z) является получение деталей после обработки с требуемыми эксплуатационными свойствами. Тогда получаем сочетание вида:

$$Z = \{A_i, B_i, C_i, D_i\},$$

где Z - цель (деталь с необходимыми эксплуатационными свойствами),

A_i - эксплуатационные свойства,

B_i - метод обработки,

C_i - источник,

D_i - оборудование.

Результатом работы по проектированию ИТ является синтезированный технологический процесс и скомпонованное оборудование для реализации ИТ. Это список определяет структуру обработки изделия, которая, пройдя все этапы обработки, будет обладать требуемыми эксплуатационными свойствами.

Так как процесс обработки изделия ИТ-ей может включать в себе метод, источник и установку, учитывая, что каждый этап может реализовываться различными способами, структуру синтеза ИТ можно представить в виде иерархического дерева представленного на рис. 1.

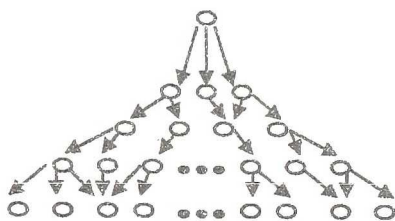


Рисунок 1-Структура синтеза ИТ

На основе модели для решения задачи проектирования интегрированной технологии была разработана экспертная система. Она имеет следующие составные элементы:

1. Модель предметной области - интегрированная технология.

Для моделирования интегрированных технологий используются следующие понятия:

- объект предметной области;
- свойства объекта - атрибуты;
- значения атрибутов;

Определенным образом упорядоченная совокупность данных понятий (элементов) образует предметную область. К объектам предметной области интегрированной технологии отнесены:

- метод обработки;
- источник;
- рабочая камера;

Сочетания этих объектов, имеющих конкретные свойства и значения, представляют проектные решения в области интегрированных технологий. Каждый из объектов определяется на совокупности списков его атрибутов со значениями. Примером может являться описание объекта Источник. Объект описывается в виде совокупности возможных значений - моделей конкретных источников:

Источник = \langle источник1, источник2, ... источникN \rangle ,

где каждое из возможных значений источник1..N определено на совокупности списков его атрибутов имеющих конкретные значения (диапазоны):

источникN = \langle атр.1[MINзнач..МАХзнач], атр.2[MINзнач..МАХзнач],... \rangle

где атр.1 - идентификатор атрибута, MINзнач и МАХзнач - его минимальное и максимальное значения соответственно.

Если размерность возможных значений не велика и состав их атрибутов относительно однороден, то возможно приведение модели предметной области к реляционному виду, отображаемому как таблица при-

менимости. При такой форме отображения предметной области ее описание сводится к заданию совокупности таблиц применимости для каждого из объектов (Метод, Источник, Рабочая камера). Задача проектирования ставится как процесс задания или уточнения значений требуемых атрибутов (граничных условий) и выбор на их основе действительных значений объектов из списка возможных. При этом предполагается, что граничные условия или уже заданы или определяются в сеансе проектирования.

2. Модель проблемной области и организация технологической экспертной системы для проектирования интегрированных технологий

Проблемная область включает предметную область и содержит дополнительные информационные ресурсы, к которым отнесены:

Установленные к началу сеанса проектирования факты - атрибуты с конкретными значениями;

- Факты, установленные в течение сеанса проектирования;
- Связи и схему информационных потоков между объектами предметной области, если их более одного,

Организация проблемной области предполагает использование общих информационных потоков в части фактов и решений. Технологическая экспертная система, используемая для проектирования, работает в режиме последовательного отбора (усечения) возможных вариантов решений. Практически это сводится к усечению проблемной области, в которой остаются только те объекты, которые удовлетворяют установленным в сеансе экспертизы атрибутам и их значениям. Структурно-информационная модель проектирования интегрированных технологий приведена на рис.2.

Проектирование организовано таким образом, что все прямо или косвенно установленные в сеансах экспертизы факты сохраняются в общей области и являются доступными для последующих сеансов или экономических расчетов. Тем самым, практически предупреждаются повторные запросы к проектировщику, а при наличии уже установленных к началу проектирования фактов (граничных условий), возможна ситуация, когда диалог с пользователем не требуется.

Указание связей и информационных потоков предметной области позволяет гибко настраивать экспертную систему и производится на основе реляционного описания вида:

Имя объекта предметной области (имя файла БД или таблицы)	Указание на область или структуру данных	Имя области известных фактов	Имя получаемого объекта (итог сеанса экспертизы)
БД_Метод	V4:E9	БД_Нач. усл_	МЕТОД
БД_Источник	V4:E8		ИСТОЧНИК
БД_Рабочая камера	V4:F8		РАБОЧАЯ КАМЕРА

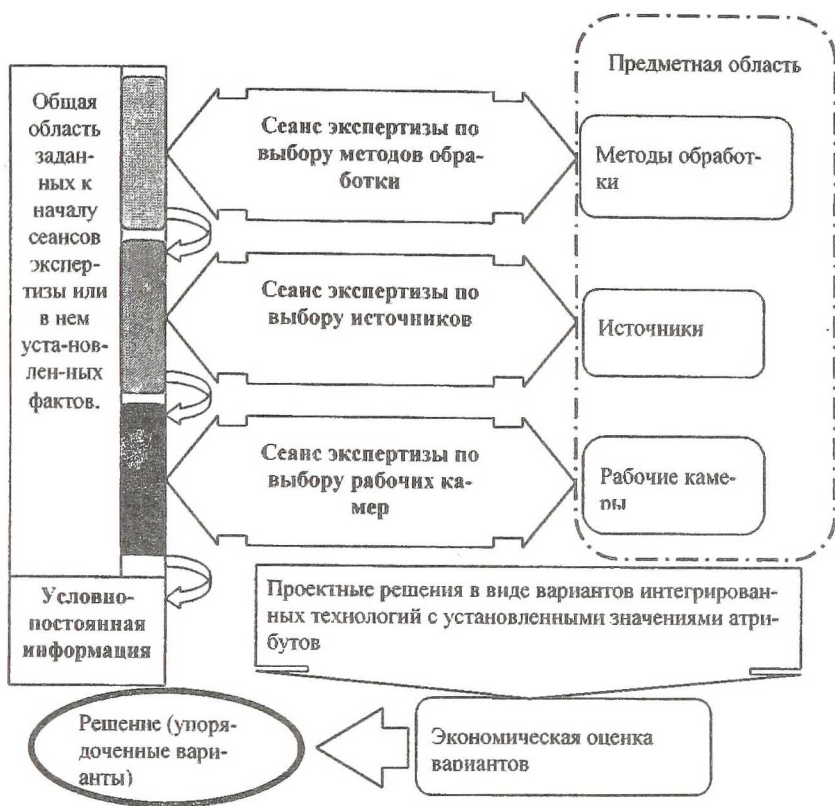


Рисунок 2-Структурно-информационная модель проектирования интегрированных технологий

Данное описание обеспечивает настройку проекта на БД любого вида. В качестве примера можно привести вариант реализации, выполненный на основе рабочей книги MS EXCEL. Рабочая книга содержит все необходимые описания и имеет следующую структуру

3. Модель технико-экономических расчетов

Итогом сеансов экспертизы являются варианты решений соответствующие заданным граничным условиям. Для определения наиболее рациональных вариантов они ранжируются согласно их экономическим характеристикам. В этой связи, после подбора технически пригодных вариантов производится технико-экономическое моделирование. На этой стадии, все варианты последовательно анализируются системой, и для

каждого рассчитывается интегральный показатель затрат. Исходными данными является информация, полученная в сеансах экспертизы, варианты решений и условно-постоянная информация, описывающая производственные условия, тарифы и стоимость требуемых ресурсов, и другие параметры, используемые в расчетах.

Модель экономических расчетов обеспечивает учет эффекта, вызванного интеграцией технологий, что проявляется в виде компенсации или сокращения ряда затрат. С этой целью модель содержит настроечные элементы, позволяющие задавать требуемые схемы расчета.

Реализация технико-экономической модели выполнена в виде электронной таблицы.

При помощи разработанной модели была проанализирована возможность модернизации установок ННВ-6,6-И1 для проведения на ней интегрированной ионно-имплантационной технологии. Расчеты эффективности обработки лопаток компрессора интегрированной технологией на модернизированной установке ННВ-6,6-И1 выполненной на основании предлагаемой модели показали, что при обработке лопаток компрессора (ионная имплантация, термообработка, ионно-плазменное напыление) снижается технологическая себестоимость обработки на 25–38 % и время обработки на 35–45 % по сравнению с типовым ТП.

Список литературы

1. Попов В.Ф. Ионно-лучевые установки./Лен.энергоиздат,1981-С136.
2. Згуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления и проектирования./Киев Высш.Ш.,1990 –С350.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИНТЕЗА НИТРИДА ТИТАНА ИЗ ОКСИДА ТИТАНА В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ

Трусов Д.В., Бичуров Г.В., Трусов В.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В данной работе исследовалось влияние количества соотношения компонентов в системе, давления внешнего азота, относительной плотности загрузки реактора, плотности исходной шихты на максимальной температуры и линейной скорости горения при синтезе нитрида титана из оксида титана в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением азидов (СВС-Аз).