

# ИНТЕГРИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА В САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК

Ковалькова И.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара.

Сроки создания нового изделия во многом зависят от продолжительности подготовки его производства. Практика показала, что при ручном проектировании эти сроки, применительно к компрессорным лопаткам, достигают 6...9 месяцев [1]. Это заметно сдерживает развитие производства в современных условиях.

Специалистами кафедры ОМД и лаборатории комплексных САПР лопаток турбомашин Самарского государственного аэрокосмического университета разработана интегрированная САПР технологической подготовки производства (САПР ТПП) штампованных поковок компрессорных лопаток, которая в сотни раз сокращает подготовительный период. На рис.1 представлена принципиальная структура этой системы, которая состоит из трех последовательных блоков: разработка штампованной поковки (САПР ШП), формирование обобщенной математической модели окончательного обжимного штампа (САПР ОММ) и проектирование штамповой оснастки (САПР ШО).

Базовым программным продуктом является графический редактор AutoCAD14, его приложение AutoDesk Mecanical Desktop и язык программирования AutoLISP. Программы расчета и работы с монитором написаны на языках Visual C++, С и FORTRAN. САПР ТПП имеет нестандартный пользовательский интерфейс в среде MS DOS и WINDOWS-95. С помощью современных версий графического редактора AutoCAD14 можно в режиме программирования формировать рабочие чертежи и создавать объемные модели изделий сложной формы. С целью расширения практического применения САПР ТПП модель может быть передана в системы типа Сimatron, CATIA и т.п. для редактирования в интерактивном режиме средствами трехмерного моделирования и разработки управляющих программ для изготовления оснастки на станках с ЧПУ [2].

Блок САПР ШП позволяет сформировать чертеж штампованной поковки в заданном масштабе, с необходимыми размерами, координатами точек профиля пера и заданными технологическими условиями. Автоматизированный ввод исходных

данных возможен в случае согласования структуры файла конструкторских размеров лопатки с системой ввода. Для облегчения ручного ввода и исключения субъективных ошибок в системе предусмотрена серия слайдов (рис. 2). Припуски на любую поверхность поковки, угол поворота поковки в штампе, радиусы закруглений и другие технологические параметры могут варьироваться в широких пределах.

Формирование профиля пера поковки предусматривает построение эквидистантных кривых для всех базовых сечений, создание на их основе упрощенной модели поверхности пера и восстановление с ее помощью любых необходимых промежуточных сечений. На кромках пера, помимо регламентированного припуска, предусматривается дополнительный, который назначается в исходных данных и выполняет в дальнейшем роль сужающегося мостика облойной канавки (рис. 3). Такая конструкция способствует повышению стойкости штампа.

Для повышения плавности поверхностей пера поковки, что особенно важно при малых припусках, разработан программный модуль, выполняющий автоматическое сглаживание контура профиля пера поковки в продольном и поперечном направлениях с помощью кубических сплайнов [3]. Программой предусмотрен визуальный контроль плавности любого поперечного сечения пера (рис. 3) и продольных сечений вдоль его кромок.

Система автоматизированного формирования чертежей поковок разработана для однозамковых и двухзамковых компрессорных лопаток, изготавливаемых в открытых штампах, для однозамковых лопаток с креплением типа "ласточкин хвост" при их штамповке в закрытых штампах на высокоскоростных молотах.

Полученные в САПР ШП размеры поковки автоматически передаются в систему генерации математической модели окончательного обжимного штампа. При этом предусмотрен ручной контроль ввода и корректировки. Необходимость последней возникает в случае изменения размеров поковки в результате согласований с механообработывающими цехами. Кроме того, эта процедура, реализуемая с помощью слайдов, позволяет осуществить чисто ручной ввод исходных данных и обеспечить функционирование САПР ОММ как независимой системы.

При формировании обобщенной математической модели учитывается концептуальный анализ решений инженеров – технологов при формировании линии разреза штампов и определении оптимального угла поворота поковки в штампе с целевой функцией, минимизирующей сдвигающие усилия на рабочих поверхностях

вкладышей, также проектируется предпочтительная для конкретного производства форма мостика заусеничной канавки.

Наиболее сложным элементом создания САПР ОММ окончательного штампа является формирование поверхности разбега штампов по периметру поковки. На основании анализа возможных конструкций однозамковых лопаток разработаны многовариантные алгоритмы выбора конструкторских решений на отдельных участках контура гравюры штампа. Программная реализация расчетных алгоритмов позволила создать ОММ окончательного штампа. Математическая модель сформирована и хранится в виде трехмерных координат массива точек, полностью описывающих контуры верхнего и нижнего вкладышей. Такое представление ОММ, на наш взгляд, является универсальным и позволяет использовать ее для проектирования любой технологической оснастки. Кроме того, появляется возможность представления спроектированных объектов одновременно как в виде объемных моделей, так и в виде чертежей со всеми исполнительными размерами. Такой подход отвечает современным требованиям развития конструкторско – технологической деятельности, хорошо вписывается в существующую организационную структуру согласования и хранения технической документации, сложившуюся на предприятиях.

В блоке САПР ШО по программам, написанным на языке AutoLISP, автоматически формируются: каркасная модель и согласованные рабочие чертежи окончательного штампа, комплект чертежей шаблонов для контроля и слесарной доводки, чертежи (общий вид и детализовка) штампа для обрезки заусенцев. Система легко поддается расширению за счет введения дополнительных расчетных блоков, например, построения объемных моделей шаблонов, деталей обрезающего штампа, программ расчета входных конструкторских и технологических параметров и т.п. Кроме того, возможно, многократное проектирование всего комплекса оснастки при изменении исходных данных (припуски, угол поворота поковки в штампе и другие) с целью выбора наиболее рациональной конструкции штампа.

Каркасная модель состоит из набора поверхностей, описывающих гравюру штампа и наружные поверхности вкладышей (рис. 4). Она может быть передана, по желанию пользователя, в другие CAD/CAM – системы (CATIA, Cimatron, SolidWorks) в виде трехмерного объекта, с последующей ручной доработкой, в соответствии с чертежом штампа, следующих элементов:

- 1) радиусов закруглений в полости штампа и на входных кромках мостика заусеничной канавки;



- 2) фасок вдоль наружных углов вкладышей;
- 3) транспортных отверстий.

Полученные модели позволяют разработать управляющие программы для изготовления штампов на станках с ЧПУ. Чертежи окончательного штампа, шаблонов, детализовка обрезного штампа выполняются в виде типовых видов и разрезов в выбранном масштабе с простановкой всех необходимых рабочих размеров (рис. 5).

В разработанной САПР ТПП заложены отдельные технологические и конструкторские решения, учитывающие опыт и традиции ОАО "Моторостроитель" (г. Самара), по заказу которого выполнена эта работа (базы установки шаблонов, габаритные размеры вкладышей, форма мостика заусеничной канавки по контуру пера и другие). Весь процесс проектирования конструкции штампованной поковки, штампа и выпуска рабочей документации в виде двух-трехмерных моделей был проведен на данном заводе. В результате был разработана поверхностная модель окончательного обжимного штампа, которая была передана в систему Cimatron для дальнейшего программирования фрезерной обработки.

Во время работы со специалистами завода были разработаны рекомендации по конфигурации модели с точки зрения инженеров-технологов, работающих с обрабатываемыми программами. Благодаря этим замечаниям при производстве штампа удалось получить качественную поверхность изделия с меньшим количеством проходов фрезы и более рационально использовать имеющийся набор инструментов.

После изготовления штампа, он был проверен шаблонами, сформированными в блоке САПР ШО. Контрольные шаблоны показали правильность конструкции детали. Произведенный эксперимент доказал работоспособность данной системы.

Благодаря интегрированию инженерного анализа и автоматического проектирования удалось добиться того, что разработанная САПР характеризуется высоким качеством проектирования окончательного обжимного и обрезного штампов, достигается высокая степень унификации и интеграции, время проектирования технологической подготовки производства сокращается в сотни раз. САПР ТПП относится к интеллектуальным специализированным разработкам компьютеризации инженерной деятельности, включающих знания технолога, относящимся к категории активных информационных ресурсов.

В данной системе функции компьютера и человека распределены в сторону последнего, поэтому интерфейс САПР ТПП является средством реализации пользовательских целевых функций.

### Список литературы

1. Братухин А.Г., Язов Г.К., Карасев Б.Е. и др.// Современные технологии в производстве газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1997. – 416 с.
2. Учет тенденций развития технологий компьютерного проектирования в планировании работ по созданию САПР штампового оснащения./ Аронов Б.М., Бибииков В.В., Дмитриева И.Б., Иващенко В.И., Ковалькова И.Н., Ненашев В.Ю. В сб.: Проблемы и перспективы развития двигателестроения в Поволжском регионе. : СГАУ, Самара, 1997, - 27-29 с.
3. Алгоритмы и система автоматизированного проектирования заготовок компрессорных лопаток. Аронов Б.М., Бибииков В.В., Дмитриева И.Б., Иващенко В.И., Ковалькова И.Н., Ненашев В.Ю., Птичкин В.И., Петров Ю.К. Деп. N 3712-B96 от 19.12.96.

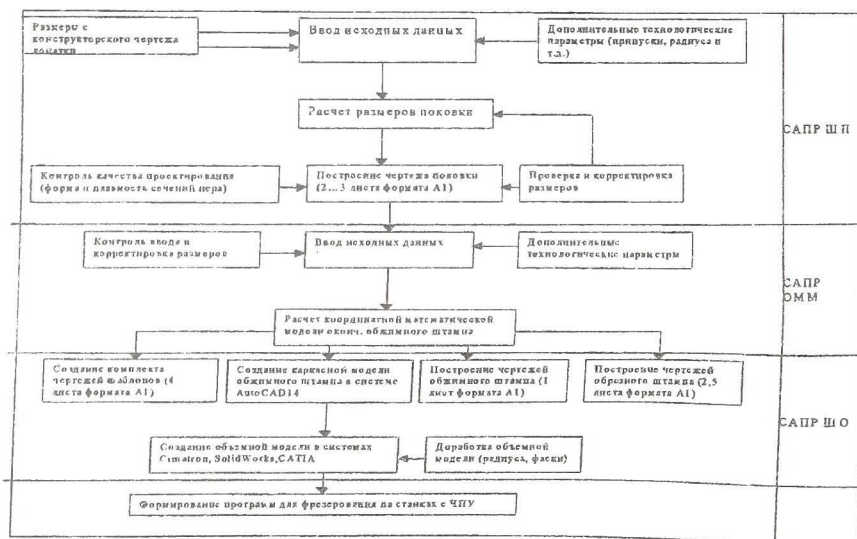


Рисунок 1 - Принципиальная структура САПР ТПП компрессорных лопаток.

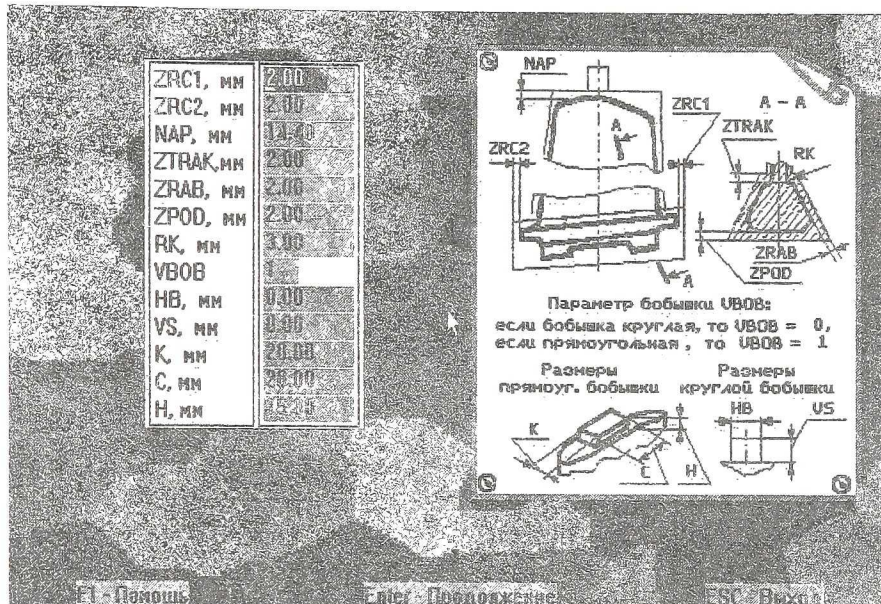


Рисунок 2 - Слайд ввода исходных данных.

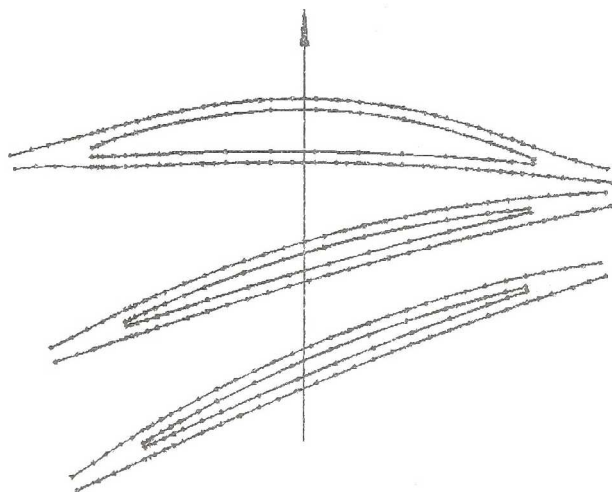


Рисунок 3 - Профили сечений пера после назначения припусков и формирования мостика заусеничной канавки



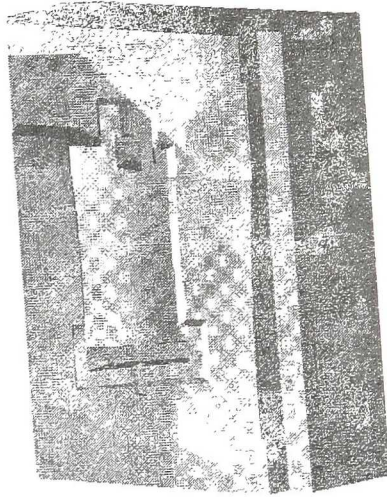


Рисунок 4 - Каркасная модель нижнего вкладыша окончательного штампа.

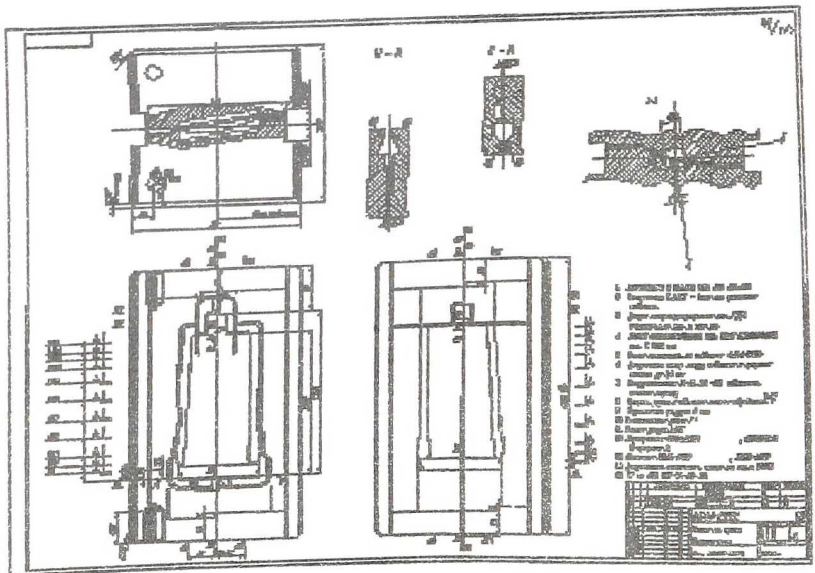


Рисунок 5 - Чертеж окончательного обжимного штампа.