

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ VISUAL LISP ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК ДВИГАТЕЛЕЙ

© 2022 И.Н. Хаймович^{1,2}, А.С. Кутумов¹, М.А. Орлов¹

¹ Самарский университет, г. Самара, Россия

² Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

Разработаны алгоритмы расчета конструкции заготовок и штамповой оснастки производства компрессорных лопаток авиационных двигателей из титановых сплавов. Предложенная система проектирования позволяет автоматизировать расчеты детали с применением программного продукта AutoCAD, что приводит к значительному сокращению времени технологической подготовки производства.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, компрессорные лопатки, авиационные двигатели, Visual Lisp, AutoCAD.

В настоящее время значительная номенклатура заготовок компрессорных лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) из титановых сплавов изготавливается путем горячей штамповки. Как показала практика, несмотря на значительный (более 1 мм) припуск по профильным поверхностям, этот традиционный метод имеет ряд конкурентных преимуществ по сравнению с технологическими процессами обработки давлением, обеспечивающими минимальные припуски (изотермическая штамповка, высокоскоростная штамповка, вальцовка). Преимущества заключаются в более высокой производительности и стойкости штамповой оснастки, возможности использования унифицированной поковки для ряда типоразмеров лопаток [1-5].

С помощью системы автоматизированного производства (САПР) путем математических и информационных методов комплексной автоматизации можно снизить вредные условия труда на производстве и все возможные затраты на изготовление продукции (финансовые, временные), а также минимизировать вероятность ошибки при изготовлении изделия, повысив их качество и точность [6].

Цель данной работы — используя базовые возможности CAD / CAM / CAE - систем и

объектно-ориентированной САПР, провести анализ организационно-экономического моделирования системы автоматизированного формирования пространственных моделей элементов штамповки оснастки, который позволит снизить вредные условия труда на производстве, уменьшить финансовые и временные затраты при изготовлении компрессорных лопаток авиационных двигателей, повысить качество изготавливаемых изделий.

Visual Lisp является частью программного продукта AutoCAD и позволяет выполнять серию стандартных команд в индивидуально созданных программах. Применяется для упрощенного программирования и отладки, при разбиении текста на отдельные завершенные функции (ввод исходных данных, создание среды, вычисления точек контура, отрисовки, простановки размеров). Эти функции оформляются как пользовательские (команда «defun») [6].

Исходными данными для получения конкретного экземпляра детали являются номер детали (или ее название), её индивидуальные параметры, точка вставки чертежа и т.д. Эти данные вводятся из командной строки. Команду прописывают в системе AutoLisp [7].

№	D	D1	d2	d3	d4	H	L	c	a	r
1	148	80	110	10	40	26	150	2	8	5
2	100	60	80	8	24	20	120	1.5	5	3
3	130	70	100	6	30	15	125	1.5	6	4
4	160	92	130	12	50	30	100	3	10	6

Рисунок 1 – Данные о детали

Необходимые габаритные размеры и координаты точек сечения пера вводятся с конструкторского чертежа лопатки в ручном и автоматическом режимах. Для повышения наглядности и уменьшения субъективных ошибок в системе предусмотрена серия слайдов. Назначение припусков, штамповочных уклонов, технологического прилива (обыски), а также создание чертежа поковки со всеми размерами выполняются автоматически.

Полученные размеры конструкции поковки в автоматическом режиме передаются в блок расчета обобщённой математической модели окончательного штампа. В САПР предусмотрен блок контроля ввода, который позволяет применить ручной ввод, исключив блок проектирования поковки, изменить любой поковочный размер после автоматического ввода, а также дополнительно ввести недостающие параметры.

```
(command "_dimlinear" P9 P17 "_t" "" Ptd1)
(setq P18 (list 0 (- (/ D 2)))
Ptd (list (- 20) 0))
)
(command "_dimlinear" P1 P18 "_t" "" Ptd)
(setq P19 (list L (- (/ d1 2) C))
PtL (list (/ L 2) (+ (/ D 2) 20)))
)
(command "_dimlinear" P1 P19 "_t" "" PtL)
(setq Ptc (list L (+ (/ d1 2) 10)))
)
(command "_dimlinear" P9 P19 "_t" "2x45%d" Ptc)
(setq P20 (list H (- (- (/ D 2) a)))
PtH (list (/ H 2) (- (+ (/ D 2) 10))))
)
(command "_dimlinear" P18 P20 PtH)
(setq P21 (list H (- (/ D 2) a)))
(setq mp1 (MidPoint P6 p21)
mp2 (MidPoint P21 p8)
PtU (Polar P6 (* pi (/ 100. 180.)) 15.))
)
(command "_dimangular" mp1 mp2 PtU)
(setq Pta (list (+ 10 H) (+ 10 (/ D 2))))
(command "_dimlinear" P21 P6 "_ver" Pta)
)
(setvar "DIMSD1" 1)
(setvar "DIMSE1" 1)
(command "_dimstyle" "_s" "Half" "y")
(command "_dimstyle" "_r" "Half")
(setq P22 (list 0 20)
Pt7 (list (- 10) 0))
)
(setq rt (strcat "%c" (rtos d2)))
(command "_dimlinear" P22 P03 "_t" rt Pt7)
(setvar "DIMSD1" 0)
```

Рисунок 2 – Часть подпрограммы, позволяющей задавать параметры компрессорных лопаток

Таким образом, мы получаем применение математических методов и алгоритмов при создании интегрированной системы автоматизированного проектирования технической подготовки заготовительного производства (САПР ТПЗП) компрессорных лопаток.

Использование предлагаемых методов и разработанных средств автоматизации проектирования объектов ТПЗП позволяет в 15-20 раз сократить время подготовки производства при одновременном повышении качества и точности проектных решений [7,8].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глухов С.В., Хавлин Т.В., Михайлов А.Н., Михайлов Д.А., Михайлов В.А. Последовательность и составляющие общего процесса разработки метода повышения ресурса лопаток турбин газотурбинных двигателей // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. - 2019. - № 1 (64). - С. 93-104.
2. Гречников Ф.В., Ненашев В.Ю., Хаймович И.Н. Управление технологической подготовкой производства компрессорных лопаток на основе интегрирования автоматизированного проектирования и инженерного анализа // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2008. - № 6. - С. 42-46.
3. Иващенко А.В., Нечитайло А.А., Ковалькова Е.А., Хаймович И.Н. Организация штамповочного производства при определении области компромисса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2018. - Т. 20. - № 6 (86). - С. 47-52.
4. Махитко В.П., Хаймович И.Н., Клентак А.С. Имитационное моделирование в мелкосерийном производстве // Вестник Самарского муниципального института управления. - 2019. - № 3. - С. 17-25.
5. Хаймович И.Н. Автоматизация проектирования объектов заготовительно-штамповочного производства компрессорных лопаток авиационных двигателей // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. - 2014. - № 2. - С. 44-48.
6. Хаймович И.Н., Кутумов А.С. Автоматизация проектирования заготовок и штампов компрессорных лопаток авиационных двигателей // В сб. материалов международной молодежной научной конференции, посвященной 60-летию полёта в космос Ю.А. Гагарина «XVI Королёвские чтения», Самара, Самарский университет, 2021. - С. 482.
7. Возмищев Н.Е., Склярова Н.С. Создание приложений для AutoCAD на языке программирования AutoLisp. – Москва, 2013. – 262 С.
8. Хаймович И.Н. Разработка методики оптимизации параметров штампов компрессорных лопаток авиационных двигателей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2014. - Т. 16. - № 4. - С. 214-219.

APPLICATION OF VISUAL LISP INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT FOR AUTOMATION OF ENGINE COMPRESSOR BLADES PRODUCTION

© 2022 Irina N. Khaimovich^{1,2}, A.S. Kutumov¹, M.A. Orlov¹

¹ Samara University, Samara, Russia

² Samara University of Public Administration
"International Market Institute", Samara, Russia

Algorithms for calculating the design of blanks and die equipment for the production of aircraft engine compressor blades from titanium alloys have been developed. The proposed design system allows you to automate the calculations of the part using the AutoCAD software product, which leads to a significant reduction in the time of technological preparation of production.

Keywords: computer-aided design system, compressor blades, aircraft engines, Visual Lisp, AutoCAD.