

$$V_1^r S_2^y \leq \frac{\mu_u \cdot E \cdot I \cdot [f_{max}] \cdot V_K}{1020 C_N \cdot l_3^3 B_3 \cdot d_3^q \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7},$$

где $\mu_u = 0,6$; $E = 200000000$ МПа; $I = 12,8$ мм⁴; $[f_{max}] = 0,0015$ мм; $V_K = 42$ м/с; $C_N = 0,14$; $l_3 = 1,2$ мм; $B_3 = 1,2$ мм; $d_3 = 3,61$ мм; $K_{ш} = 4,5$; $K_5 = 1$; $K_6 = 0,8$; $r = 0,8$; $y = 0,7$; $q = 0,2$; $K_7 = 1,1$ при шлифовании на водной СОЖ, при шлифовании на масляной СОЖ $K_7 = 0,88$.

Ограничение 3.

Связано с допустимым уровнем температуры шлифования Θ_{max} , влияющим на структурные и фазовые изменения в обрабатываемом материале, а в ряде случаев приводящем к возникновению прижогов и микротрещин

$$V_1^{(r-0,5)} S_2^{(x-0,25)} \leq \frac{\Theta_{кр} \cdot \lambda_M \cdot d_3^{(0,25-q)} (d_3 + D_K)^{0,25}}{943 a_M^{0,5} \cdot D_K^{0,25} \cdot K_5 K_6 K_7 \cdot B_3^z},$$

где $\Theta_{кр} = 750^\circ\text{C}$; $\lambda_M = 0,14$; $d_3 = 3,61$; $q = 0,2$; $d_3 = 4$; $D_K = 350$ мм; $a_M = 0,065$; $K_6 = 0,8$; $K_7 = 1,1$; $B_3 = 1$; $z = 1,2$; $r = 0,8$ (1.4); $x = 0,55$, $K_5 = 1.3$ при шлифовании на водных СОЖ, при шлифовании на масляной СОЖ $K_5 = 1$.

В процессе исследования сравнивались режимы шлифования дорожки качения приборных подшипников с применением водных и масляных СОЖ. Исследования показали, что при шлифовании с водной СОЖ (рис. 1) скорость вращения детали несколько ниже (на 10...15 %), в тоже время врезная подача увеличилась в 2.4...2.6 раза. Таки образом производительность процесса шлифования увеличилась в диапазоне исследуемой шероховатости поверхности в более, чем в два раза (рис. 2). В табл. 1

приведены оптимальные режимы шлифования.

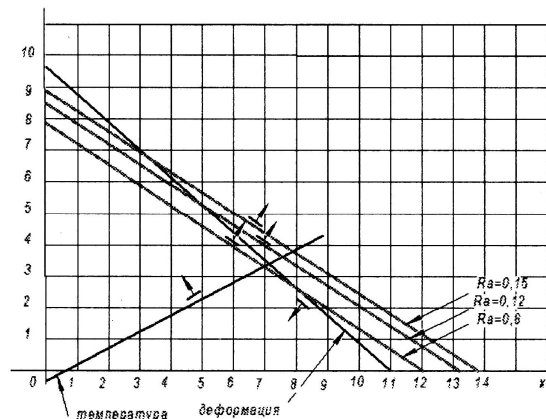


Рис. 1. Модель оптимизации режимов шлифования для водных СОЖ

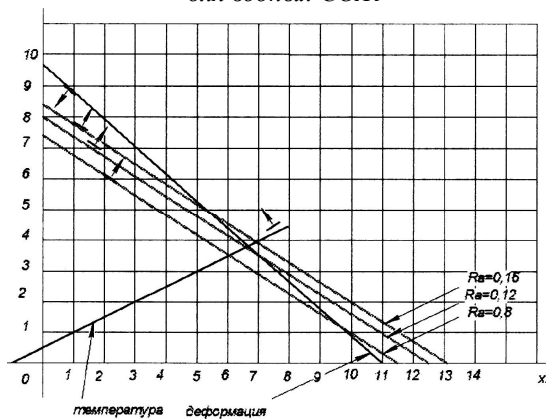


Рис. 2. Модель оптимизации режимов шлифования для масляных СОЖ

Таблица 1 – Оптимальные режимы шлифования

Вид СОЖ	Оптимальные режимы	R_a , мкм		
		0,08	0,12	0,18
Масляная	V_{1opt} , м/мин	33	40	49
	S_{2opt} , мм/мин	0,4	0,66	1,1
Водная	V_{1opt} , м/мин	27	36	44
	S_{2opt} , мм/мин	1,09	1,8	2,6

УДК 669.245:621.762

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МГТД ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

©2016 А.В. Сотов, Р.Р. Кяримов, А.В. Агаповичев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

NUMERICAL SIMULATION OF PART BLANKS FOR ADDITIVE PRODUCTION TECHNOLOGY

Sotov A.V., Kyarimov R. R., Agapovichev A.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

This paper presents computer operation for manufacturing a torch of the GTE combustion chamber (CC) by method of selection laser melting using metal powder VKNA-IVR. The combustor of the aircraft gas-turbine engine (GTE) is a complex and responsible assembly where rely the level of perfection of all engine.

В данной работе рассмотрена компьютерная подготовка заготовки горелки камеры сгорания (КС) МГТД методом селективного лазерного сплавления металлического порошка ВКНА-1ВР. Камера сгорания авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) является сложным и ответственным узлом, от степени совершенства которого зависят основные данные всего двигателя, его надёжность и ресурс. Основное назначение камеры сгорания - преобразование химической энергии в тепловую.

В настоящее время во всём мире проводятся интенсивные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы не только по созданию новых, но и по совершенствованию развитых ранее технологических методик и систем послойного селективного лазерного сплавления (СЛС) изделий и деталей машин. Методы СЛС являются одними из наиболее перспективных способов реализации технологии быстрого прототипирования, поскольку они позволяют создавать изделия сложной геометрии за короткие промежутки времени. Следует также отметить, что немаловажным процессом в СЛС технологии является подготовка моделей заготовок с помощью специальных компьютерных программ для аддитивного производства.

Для компьютерной подготовки изготовления деталей необходимо выполнение следующего алгоритма действий:

- построение 3D модели;
- преобразование модели в формат STL;
- форматирование данного файла в специальном программном пакете MagicsRP;
- передача готового файла в 3D установку SLM 280 HL.

На первом этапе была разработана 3D модель горелки КС в программе трёхмерного моделирования NX 9.0 (рис. 1). Модель горелки была разделена на три составляющие части в связи с тем, что на входной поверхности присутствовали малоразмерные каналы для течения воздушного потока, где не требовалось построения материала поддержки в силу сложности её последующего удаления из внутренней полости.

Далее объекты сохранены как отдельные файлы и преобразованы в формат STL.

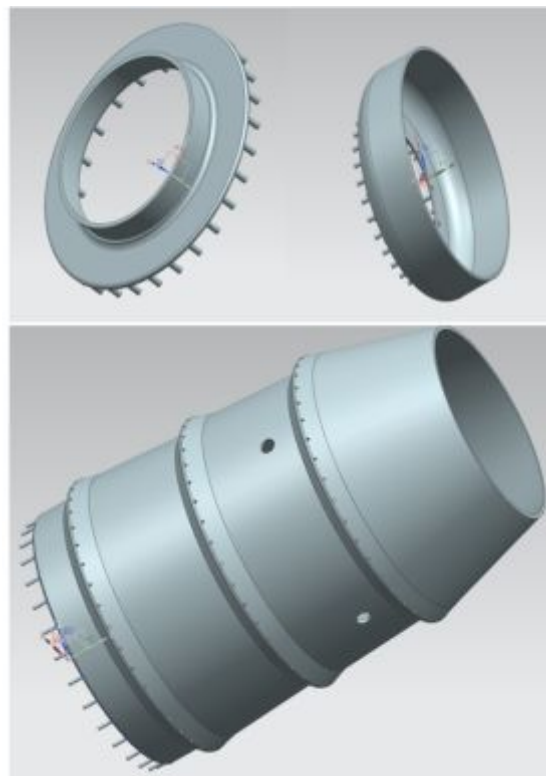


Рис. 1. 3D модель горелки КС в программном пакете NX

Особенностью при выращивании изделий из металла является крепление деталей на платформе построения за счёт специального материала поддержки. Поддерживающие структуры необходимы для устойчивого положения детали во время послойного сплавления внутри камеры построения. Материал поддержки делается тонкостенным для того, чтобы после полного построения деталь можно было легко отделить от платформы. Структура поддержки представляет собой тонкостенные ряды блоков дополнительно выращенного материала между платформой построения и изделием. В данном случае поддержка была выращена высотой 4 мм относительно плоскости платформы построения.

С помощью специальной программы MagicsRP все 3 части модели, составляющие горелку КС, были отредактированы и расположены на специальной платформе построения размерностью 100×100 мм (рис. 2). Изделие располагались на платформе в вертикальном положении, это расположение наиболее эффективно при сплавлении металлического порошка, и не требует дополнительного формирования материалов поддержек.

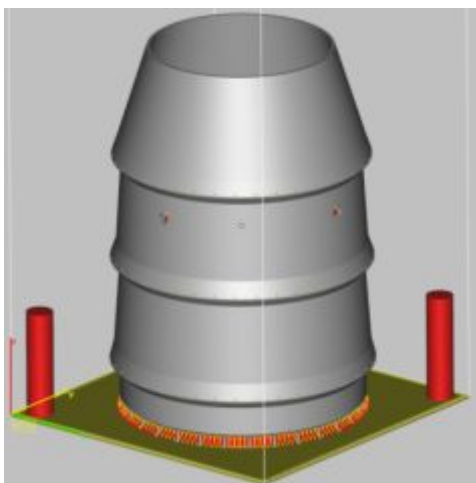


Рис. 2. Расположение горелки камеры сгорания на платформе построения в программе Magics

После того, как модель горелки КС МГТД была отредактирована в программе MagicsRP, рабочий файл с моделью был

загружен в 3D машину SLM 280 HL. На данной установке файл горелки был разбит на слои в 50 мкм, также было произведено окончательное позиционирование на платформе построения, проведён подбор параметров лазерного излучения.

Далее был запущен процесс автоматического построения детали. В камере построения, заполненной азотом, лазер выборочно сплавил слои металлического порошка. В результате методом послойного лазерного сплавления была получена деталь ГТД. Изделие снято с платформы построения путём отделения от материала поддержки и зачищено от оставшегося неспечённого металлического порошка.

УДК 621.452-226:620.191

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ РЕСУРСА ДИСКОВ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

©2016 Н.В. Туманов, М.А. Лаврентьева, А.Н. Серветник, Н.А. Воробьева,
Е.П. Кузьмин, А.И. Калашникова

Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва

THE SERVICE LIFE CONFIRMATION OF AIRCRAFT ENGINE DISKS MADE FROM HEAT-RESISTANT NICKEL SUPERALLOYS BASED ON PHYSICAL METHODS OF RESEARCH

Tumanov N.V., Lavrentjeva M.A., Servetnik A.N., Vorobjeva N.A., Kuzmin E.P., Kalashnikova A.I. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation)

The work proposes the techniques for service life determination of aircraft engine disks using the physical methods of research. Examples of techniques application are presented.

Исчерпанию циклической долговечности дисков авиационных газотурбинных двигателей (АГТД) из гранулируемых и деформируемых жаропрочных никелевых сплавов неизбежно предшествует стадия устойчивого роста (УР) трещин малоциклового усталости (МЦУ), продолжительность которой составляет значительную часть общего ресурса дисков (от начала эксплуатации до потери работоспособности) [1]. На основании расчёта периода УР трещины МЦУ в критической зоне диска определяются нижняя оценка ресурса диска

до первого ремонта (не учитывающая наработку до зарождения трещины МЦУ и период её неустойчивого роста) и межремонтный ресурс [2]. Особенностью этого расчёта является то, что он базируется на физически обоснованной и верифицированной математической модели УР трещин МЦУ и измеримой характеристике УР (шаге усталостных бороздок), определяемой в процессе электронно-микроскопических фрактографических исследований [3-4]. Модель позволяет в каждой высоконапряженной зоне диска рассчитать