

УДК 621.45.03

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ ЗАГОТОВОК НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ© 2012 Ф. И. Дёмин¹, А. В. Поляков², Т. В. Полякова¹

¹Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)
²ФГУП ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс", Самара

В статье представлены исследования по влиянию погрешности механических свойств материала исходной заготовки на формирование точности формы рабочих поверхностей детали. Рассмотрены изменения погрешности формы на последующих этапах производства.

Маложесткие детали, раскатка, остаточные напряжения, погрешность формы.

Производство самолетов усложняется тем, что размеры деталей планера изменяются от нескольких миллиметров (крепёжные детали) до десятков метров (стрингеры, полки лонжеронов, листы обшивки, монолитные панели, монолитные шпангоуты, рамы). При этом большинство деталей значительных габаритных размеров обладает малой жесткостью, что создает трудности получения точных размеров в процессе сборки из них узлов и агрегатов. Получили большое развитие бесплазовые методы задания и увязки форм и размеров агрегатов самолета, требующие повышения точности исполняемых маложестких деталей (фюзеляжи, крыло, нервюры и др.) и оценки податливости заготовок в процессе изготовления и сборки. Это требует создание комплекса контрольно-измерительных устройств (лазерные центрирующие измерительные системы, компьютерные устройства).

Требования к точности самолетов и ракет постоянно растут, отклонение профиля фюзеляжа составляет 1-1,5 мм при скорости 1200 км/ч, 1 мм при скорости 2500-3000 км/ч, допуски на размеры силовых деталей (стрингеров, лонжеронов, шпангоутов, панелей) лежат в пределах $\pm 0,2$ мм.

Похожие проблемы обеспечения качественных показателей маложестких деталей характерны и при производстве отдельных деталей газотурбинных двигателей.

В процессе изготовления деталей в современных условиях, постоянно

происходит совершенствование технологических процессов. Исходные заготовки, полученные методом горячего деформирования или литейного производства, формируются с минимальным слоем металла для последующей механической обработки. Повышение геометрической точности исходных заготовок и улучшение качества материала позволяет, в отдельных случаях, для ответственных деталей не обрабатывать механическим методом рабочие поверхности. Так, например, профиль пера лопатки турбины газотурбинного двигателя не подлежит механической обработке. Это позволяет при создании монокристалльных или с направленной кристаллизацией заготовок сохранить полезное качество поверхностей пера лопатки. Обеспечение высокой точности таких деталей требует применения специальных технологических процессов.

Снижение припусков на механическую обработку и повышение точности исходных заготовок - это важное направление в развитии технологического производства современных деталей. Оно требует проведения исследований по анализу наследственности погрешностей параметров изготовления, как исходных заготовок, так и погрешностей параметров на последующих этапах производства.

Весьма важным является анализ точности изготовления маложестких колец ГТД, которые используются для корпусов компрессоров, турбин и для кольцевых

элементов лабиринтных осевых и радиальных уплотнений.

Кольцевые детали ГТД имеют значительные габаритные размеры и, как правило, малую массу. Изготовление таких деталей из углеродистых и легированных сталей, а также из хромоникелевых, титановых и алюминиевых сплавов различных групп контроля материала требуют учета изменения геометрической точности на всех этапах производства.

Требования по точности геометрических параметров таких деталей весьма высокие. Так, например, рабочие поверхности колец компрессора и турбины выполняется в пределах 6 – 7 квалитетов. Погрешность формы таких поверхностей должна иметь небольшие отклонения.

Технологией изготовления исходных заготовок крупногабаритных колец является в основном раскатка. Для колец первой группы контроля материала предусматривается технологическая прибыль. Из неё изготавливается образец и проверяются все механические свойства данного материала кольца.

Технология получения исходной заготовки раскаткой предусматривает несколько этапов предварительного формирования контура. Для этого используется ковка с нагревом в пламенных печах до температуры 1100 -1200° С.

При мелкосерийном производстве производится многократный нагрев заготовок, что увеличивает цикл производственного процесса. Получение исходных заготовок таким способом не позволяет создать малые припуска на последующую механическую обработку и вносит значительные неравномерности механических свойств материала.

На рис. 1 представлены зоны изменения качественных показателей заготовок в технологических процессах изготовления деталей.

Процессы изменения механических свойств материала, происходящие при формировании исходных заготовок методами деформирования в горячем состоянии, занимают зону 1. В этой зоне происходят изменения механических свойств материала и его неравномерности за

счет процессов происходящих во внутренней перестройке материала.

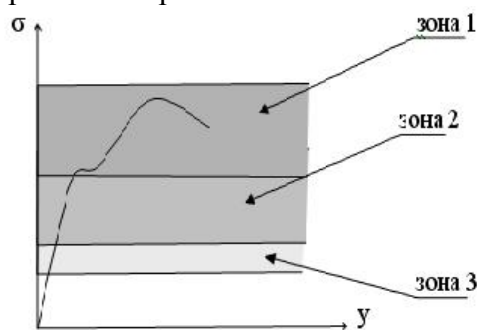


Рис. 1. Зоны формирования качественных показателей заготовок

Зона 2, с которой связана грубая механическая обработка материала на предварительных этапах, вносит изменения, которые отличаются от изменений в зоне 1 и проявляются, как правило, в пределах упругих деформаций материала.

Зона 3 - зона отделочных, доводочных работ при механическом формировании рабочих и конструкторских поверхностей. В этой зоне изменения должны быть незначительными, т. к. эта зона формирования заданной точности геометрических и других параметров качества детали.

С целью анализа неравномерности механических свойств исходных заготовок, для колец первой группы контроля из технологической прибыли были вырезаны 12 элементов по всему периметру заготовки. Из этих элементов изготовлены образцы, прошедшие термическую обработку в соответствии с технологическим процессом изготовления колец. Проведенные исследования механических свойств материала, представлены в табл. 1.

Механические свойства материала в поперечном направлении исходных заготовок принимались равными для продольных сечений. Это условие было проверено на основании зависимостей твердости заготовки от предела текучести.

Таблица 1

Вид обработки	Внутренний диаметр кольца (мм)	Наибольшее отрицательное изменение диаметра (мм)	Наибольшее положительное изменение диаметра (мм)	Погрешность формы (мм)
Черновая обработка	825	-0,23989	0,22324	0,46313
	828,5	-0,25411	0,23768	0,49179
	832	-0,27014	0,25369	0,52383
	836	-0,29231	0,2753	0,56761
Черновая обработка	851,5	-0,41457	0,40106	0,81563
	853	-0,43180	0,41862	0,85042
	854,5	-0,45032	0,43752	0,88784
	856	-0,47023	0,45784	0,92807

По результатам исследований и оценке статистических данных колец за несколько лет производства построена диаграмма (рис. 2) неравномерности пределов текучести материала колец, полученных методом раскатки.

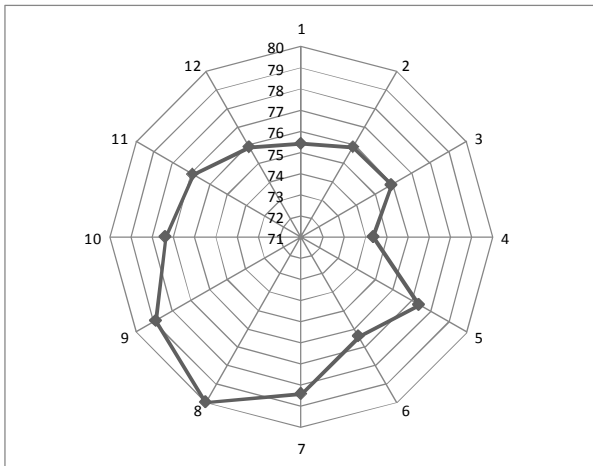


Рис. 2. Диаграмма остаточных напряжений в заготовке перед операциями механической обработки

Для оценки погрешности формы мало жесткого кольца на трех основных этапах обработки и учета съема припуска на черновых и чистовых операциях при механической обработке были проведены компьютерные исследования с использованием программы ANSYS. Моделирование кольца предусматривало проверку изменений погрешности формы от наследственности неравномерности погрешности остаточных напряжений, полученных при раскатке колец.

Модель кольца, созданная по узлам и выбранным типам элементов, рассчитывалась исходя из свойств материала (XH68МВТЮК) со следующими механическими данными $E=1,9 \cdot 10^{11}$ Па и $\mu=0,3$. Заданные остаточные напряжения задавались командой INISTATE, которая позволяла производить многократную загрузку напряжений.

Результаты расчета по деформации кольца представлены на рис. 3.

В результате проведенных расчетов были получены данные деформаций кольца при черновой и чистовой обработке.

При черновой обработке снимался припуск 3.5 мм за 2 прохода, наружный диаметр кольца оставался неизменным (881 мм), внутренний менялся от 825 до 832 мм, при чистовой обработки снимался припуск 1.25 мм за 2 прохода (данные приведены в табл. 2).

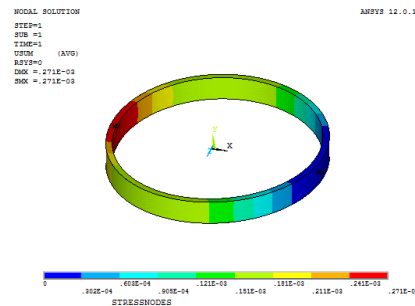


Рис. 3. Распределение деформаций после черновой токарной обработки

Таблица 2 – Осевые деформации кольца при черновой и чистовой обработке

Вид обработки	Внутренний диаметр кольца (мм)	Наибольшее отрицательное изменение диаметра (мм)	Наибольшее положительное изменение диаметра (мм)	Погрешность формы (мм)
Черновая обработка	825	-0,23989	0,22324	0,46313
	828,5	-0,25411	0,23768	0,49179
	832	-0,27014	0,25369	0,52383
	836	-0,29231	0,2753	0,56761
Черновая обработка	851,5	-0,41457	0,40106	0,81563
	853	-0,43180	0,41862	0,85042
	854,5	-0,45032	0,43752	0,88784
	856	-0,47023	0,45784	0,92807

По результатам табл. 2 построен график зависимости овальности от величины снятого припуска (рис. 4).

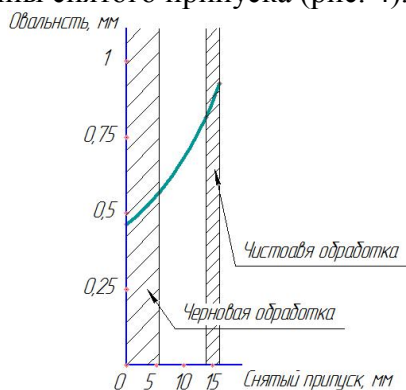


Рис. 4. Зависимость овальности от величины снятого припуска

При воздействии остаточных напряжений проявляется погрешность формы – овальность. Также был выявлен

характер деформации, который показан рис. 5.

Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что при разработке технологических процессов изготовления маложестких крупногабаритных колец необходимо большое внимание уделять равномерности механических свойств материала при создании исходных заготовок.

Погрешность формы рабочих и конструкторских поверхностей деталей даже при незначительных изменениях на черновых и чистовых этапах последующей обработки будут иметь значительные величины, которые порождены наследственностью исходной заготовки.

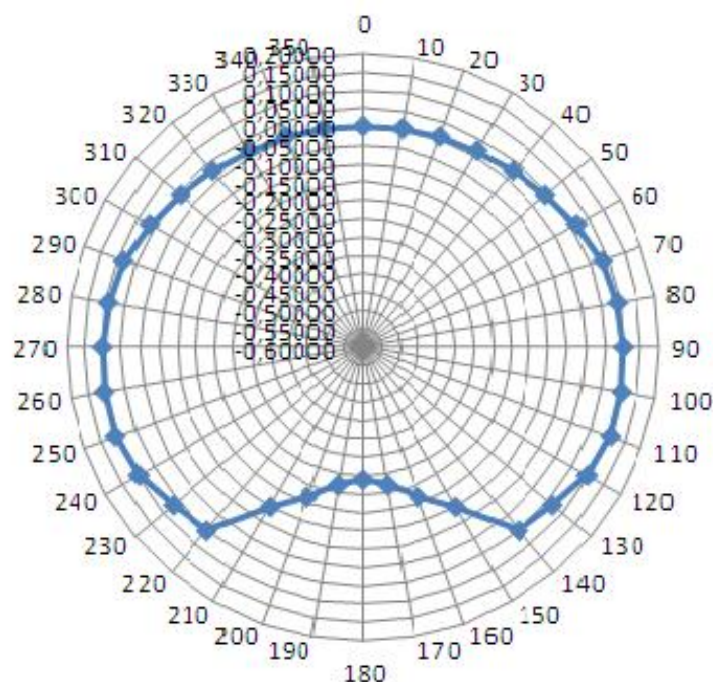


Рис. 5. Диаграмма распределения деформаций от остаточных напряжений

С целью уменьшения влияния наследственности исходной заготовки требуется:

1. Оптимизировать режимы раскатки колец.
2. Уменьшить массу раскатной заготовки.
3. Оптимизировать условия проведения термических операций исходной заготовки.
4. При необходимости для высокоточных колец производить вторую раскатку колец после черновых операций механической обработки.

Библиографический список

1. Абибов, А.А. Технология самолетостроения [Текст] / А.А. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов // Учебник для авиационных вузов. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
2. Демин, Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей [Текст] / Ф.И. Демин, Н.Д. Проничев, И.Л. Шитарев // Учеб. пособие. – М.: Машиностроение. 2002. – 328 с.

INVESTIGATION OF HEREDITY OF ERRORS IN THE WORKPIECES PARAMETERS ON GEOMETRICAL ACCURACY OF READY DETAIL

© 2011 F. I. Dyomin¹, A. V. Polyakov², T. V. Polyakova¹

¹Samara State Aerospace University
named after academician S.P. Korolyov (National Research University)
²«Progress» Design Bureau

This paper presents research on the effect of the error of the mechanical properties of the material on the formation of the initial workpiece shape accuracy of the working surfaces of parts. Also considered are changes in the form of error in the subsequent stages of production.

Small rigidity, workpiece, rolling, residual stresses, form error.

Информация об авторах

Демин Феликс Ильич, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: исследование точности изготовления деталей газотурбинных двигателей.

Поляков Алексей Викторович, инженер-конструктор, ФГУП ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс". E-mail: polyakov_63@mail.ru. Область научных интересов: исследование точности изготовления мало жестких деталей.

Полякова Татьяна Викторовна, аспирант, кафедра производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: tatjana-galuzina@rambler.ru. Область научных интересов: исследование точности изготовления мало жестких деталей.

Dyomin Felix Ilyich, doctor of technical sciences, professor, department of Aircraft Engines Industry, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). Area of research: accuracy research problem when manufacturing details of gas-turbine engines.

Polyakov Aleksey Victorovich, design engineer, «Progress» Design Bureau. E-mail:

polyakov_63@mail.ru. Area of research: accuracy research problem when manufacturing pads with small rigidity.

Polyakova Tatyana Victorovna, engineer, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: tatjana-galuzina@rambler.ru. Area of research: accuracy research problem when manufacturing pads with small rigidity.