

ОТЗЫВ

*официального оппонента на диссертацию Князева Ярослава Олеговича
«Разработка технологии штамповки поковок компрессорных лопаток
авиационных газотурбинных двигателей из титанового сплава»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.02.09. «Технологии и машины обработки давлением».*

На отзыв поступила диссертация объёмом 122 стр., содержащая 45 рисунков, 12 таблиц, библиографический список из 137 наименований и автореферат на 17 стр. машинописного текста, иллюстрированный 12 рисунками и включающий одну таблицу.

Актуальность темы диссертации. С развитием двигателестроения в авиационной промышленности появилась потребность в ряде технологически сложных деталей, к которым предъявляются высокие требования по точности и надёжности. Одной из таких деталей является лопатка компрессора. Проблемы при изготовлении таких деталей связаны не только со сложностью формы поковки, но и с предъявляемыми к ним высокими требованиями по точности. У поковок лопаток последних ступеней компрессора отношение площади поперечного сечения замка к площади поперечного сечения пера достигает таких значений, что их изготовление требует увеличения числа заготовительных переходов или увеличения количества металла, который уходит в облой, что негативно сказывается на норме расхода металла. Для уменьшения объема заготовки автор использует на заготовительных переходах комбинированные процессы выдавливания и высадки, которые реализуются в разъемном закрытом штампе. Во избежание ошибок при расчете объема заготовки, а также размеров полуфабрикатов по переходам, моделированием кинематики течения металла установлен объем металла, вытесняемый в компенсатор, что важно для качественного заполнения штампа. Установлено влияние ряда геометрических технологических параметров на величину этого объема.

Актуальность темы диссертации заключается в том, что посредством применения современного метода моделирования процессов ОМД инженеру – технологу, ещё на стадии проектирования, предоставляется возможность обоснованно определять такие параметры процессов деформирования, как низкий расход металла, тепловой режим и затраты энергии, высокое качество штампуемых изделий, в первую очередь – по заполнению ручьев штампа и более равномерному распределению деформации в готовых поковках.

Научная новизна работы содержит следующие положения:

- изучено напряженно-деформированное состояние при высадке замковой части поковки лопатки компрессора авиационного двигателя с

помощью метода конечных элементов, что позволило разработать рациональную технологию процесса;

- исследовано влияние отдельных геометрических параметров, степени деформации и коэффициента трения на относительное удлинение перьевой части поковки во время процесса высадки с одновременным истечением металла в перьевую часть, являющейся компенсатором, что позволило получить зависимость, учитывающую суммарное влияние коэффициента трения, геометрических параметров заготовки и инструмента на удлинение перьевой части поковки;

- разработана математическая модель, позволяющая определить первоначальную длину пера, обеспечивающую полное заполнение штампа на операции высадки;

- предложена методика расчёта размеров поволок компрессорных лопаток со значительным перепадом площадей поперечного сечения, с использованием комбинирования процесса выдавливания и высадки на заготовительных переходах, которая позволяет рассчитывать технологию производства любых деталей подобного типа.

Практическая значимость диссертации:

- разработана новая технология производства поволок компрессорных лопаток со значительным перепадом площадей поперечного сечения с использованием комбинирования процессов высадки и выдавливания;

- предложена методика расчета размеров поволок компрессорных лопаток по переходам.

Наиболее важные теоретические положения полученные автором:

- установлено влияние основных геометрических параметров и технологических факторов на относительное удлинение перьевой части поволок компрессорных лопаток;

- обобщение полученных результатов по влиянию геометрических параметров и коэффициента трения и объединение их в одну зависимость, позволяющую определить полное удлинение перьевой части поковки на операции высадки.

Анализ содержания диссертации. В разделе 1 приведён анализ состояния вопроса, рассмотрены наиболее распространённые способы изготовления поволок компрессорных лопаток, отдельно рассмотрены основные заготовительные процессы, применяемые при производстве поволок со значительным перепадом площадей поперечного сечения. Проведен анализ марок титановых сплавов и рассмотрена специфика их штамповки. Предложена новая технология штамповки поволок лопаток компрессора со значительным перепадом площадей поперечного сечения по участку «перо-замок» при помощи комбинирования процессов высадки и выдавливания на заготовительных переходах. Сформулированы цели и задачи исследования.

В разделе 2 проанализированы возможности математического моделирования при изучении процессов обработки металлов давлением,

рассмотрен метод конечных элементов, проведён анализ программного комплекса QForm, изучены допущения, используемые данным программным комплексом. Разработана методика проведения исследования. В ходе исследования определена величина удлинения перьевой части лопатки компенсатора и установлено влияние на эту величину геометрических размеров заготовки и штампового инструмента. Установлено, что квадратную в плане замковую часть заготовки можно обоснованно заменить на осесимметричную, а, следовательно, расчеты можно проводить с помощью модуля двухмерного моделирования, что значительно уменьшило время моделирования.

В разделе 3 проведено исследование влияния геометрических параметров, степени деформации и коэффициента трения на относительное удлинение перьевой части поковки. Сформулированы допущения и последовательность проведения компьютерных экспериментов. В ходе моделирования рассматривались не сами геометрические параметры, а их безразмерные величины: отношения к диаметру перьевой части. На основе анализа результатов предложены рекомендации по ограничению предельных значений данных параметров для уменьшения величины удлинения перьевой части. В число рассмотренных параметров, влияющих на удлинение пера включены следующие: длина перьевой части, отношение площади поперечного сечения замка и пера, радиус скругления дна матрицы, радиус скругления на переходе «замок-перо», угол наклона перьевой части, степень деформации на операции высадки и коэффициент трения. Выявлен фактор, оказывающий наибольшее влияние на относительное удлинение (отношение длины перьевой части к её диаметру). Получено определяющее соотношение, позволившее рассчитать первоначальные размеры заготовки. Ряд проведенных компьютерных экспериментов показал адекватность полученной зависимости и ошибка при её использовании оставила от 2 до 4%

Раздел 4 посвящен разработке инженерного метода расчёта геометрических размеров заготовки и полуфабрикатов по переходам. Исходя из геометрических размеров поковки, разрабатывается чертёж полуфабриката после операции высадки с учетом облоя, увеличения длины перьевой части и значения длины технологической бобышки, затем, используя полученную зависимость, рассчитываются размеры заготовки после операции выдавливания и первоначальные размеры заготовки. Приведена блок-схема методики расчёта, позволяющая проследить последовательность проектирования технологических переходов горячей штамповки и, при необходимости, составить программу, позволяющую значительно сократить время заполнения технологической документации. Приводится сравнение базовой технологии (под высокоскоростное фрезерование) и предложенной (под холодное вальцевание), из которого видно, что разработанная технология позволила увеличить коэффициент использования металла с 10,3% до 46,5%

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций,

сформулированных в диссертации, базируется на основных закономерностях теории пластического деформирования металлов, фундаментальных закономерностях численного метода конечных элементов и результатах проведенных экспериментов.

Замечания по работе.

1. В диссертации отсутствуют формулировки научной новизны, практической значимости и положений, выносимых на защиту.

2. Задачи, сформулированные в диссертации, не согласуются с задачами в автореферате.

3. Выводы по разделам диссертации сформулированы неудачно, содержат перечисление выполненных работ, а необходимо показать, что выявлено нового в результате выполненных исследований.

4. Использование компьютерного моделирования ставит перед исследователем задачу корректного задания начальных и граничных условий и обоснование принятых допущений, о которых в диссертации не упоминается, поэтому требует пояснения какова реология сплава ВТ8, используемая в программном комплексе QFORM.

5. Не ясно, какова технология изготовления заготовок со скругленными торцевыми кромками (рис. 1.3, стр.16) и необходимы ли дополнительные операции в технологическом процессе.

6. Изменение коэффициента трения принято автором в соответствии с законом Амонтона-Кулона, поэтому значения $f > 0,5$ не имеют физического смысла и приводить в таблицах (3.8, стр. 65) и на графиках (рис. 3.15, стр.67; рис.3.16, стр. 68) эту область ошибочно. Отсутствует обоснование выбора значения коэффициента трения $f=0,3$, используемое при моделировании. Также сомнительно «...использование идеальной смазки с коэффициентом трения $f=0$ » (стр. 65), модель не должна противоречить основам физики и механики процессов деформирования.

7. Автор ошибочно отождествляет понятия «распределение лагранжевых линий» в компьютерных моделях поковок со структурой металла поковок (табл.3.1, стр. 106). Для суждения о структуре необходимы результаты макро- или микроструктурного анализа сплава, а о «лучших прочностных характеристиках» можно говорить при наличии результатов испытаний. То же самое касается рассуждений о «увеличении стойкости штампов» (стр. 107), изучением которой автор не занимался.

8. Содержание раздела 4 не соответствует его названию, кроме пункта 4.4, где речь идет о выборе температурного режима.

9. Оформление алгоритмов (стр.99-104) не соответствует стандартам ЕСПД ГОСТ 19.003 Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические.

10. Автор, использует противоречащие исследуемой технологии горячей объемной штамповки словосочетания «температура начала ковки», «температура конца ковки» (стр.91).

11. Непонятно почему при расчете объема заготовки по формулам, приведенным на стр. 91, при утверждении о принятии положения «объем металла, расходуемый на угар при нагреве, равен 1,5%» автор использует значение коэффициента угара 1,03?

12. В диссертации отсутствует акт передачи результатов исследования на ОАО «ММП им. В.В Чернышева», что констатируется в выводе 4.

13. Термин «усилие» отсутствует в Международной системе физических величин СИ.

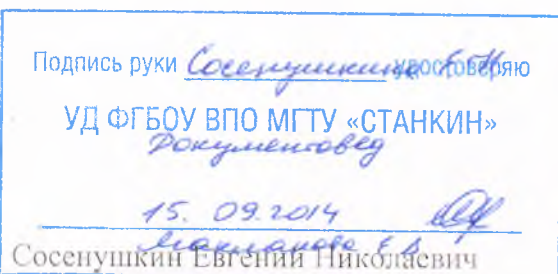
14. Текст диссертации имеет повторы, в нём встречаются многочисленные опечатки и отсутствие знаков пунктуации.

Заключение по диссертации.

Диссертация Князева Я.О. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для развития двигателестроения страны – поэлементное формирование поковок компрессорных лопаток со значительным перепадом площадей поперечного сечения при помощи комбинирования процессов высадки и выдавливания в разъёмном закрытом штампе с компенсатором в виде продолжения перьевой части.

В целом диссертация соответствует требованиям пункта 9 Положения ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор Князев Ярослав Олегович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.09. «Технологии и машины обработки давлением».

Официальный оппонент
д.т.н., профессор



Сосенушкин Евгений Николаевич
УД ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»
Тел. 89163521514

127994, Москва, Вадковский пер.,1