

УДК 628.438:519.9

Гараненко Т.Р., асист., Тупчий В.А, студ.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, e-mail: tetiana.garanenko@gmail.com

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА ПОЛОЙ ЛОПАТКИ В ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Эргономичность двигателя, снижения массы и сложность контура деталей, для придания максимально возможной эффективности на больших скоростях вращения, снижение стоимости двигателя, дальнейшая утилизация элементов, ставят новые конструкторско-технологические задачи - повышение газодинамических характеристик путем аэродинамического совершенства. Все выше перечисленное достигается использованием инновационных материалов и усовершенствованными технологиями изготовления [1].

Создание полых металлических лопаток и использование инновационных легких материалов для их изготовления – два современных направлений современного двигателестроения [2,3].

Целью работы является разработка процесса деформирования и его обоснование на основе исследуемых основных закономерностей формообразования полых лопаток. Проведение испытаний по деформированию титановых сплавов и построение диаграмм зависимостей степени деформации и скорости деформации от температуры, напряжений в изотермических условиях.

Для решения поставленных задач пластического формообразования полых лопаток были использованы основные положения теории пластического течения материала, моделирование процесса методом конечных элементов с использованием CAD/ CAE DEFORM 3D, экспериментальное исследование деформирования полых лопаток.

При формообразовании элементов пера полый лопатки материал в зоне рельефа наполнителя лопатки имеет большие деформации растяжения, что приводит к разрушению. Опасной зоной является место максимального утонения на соединении обшивки с наполнителем. Используя экспериментальные и теоретические методы, проводится комплексное исследование формообразования стенок пустотелой лопатки газовой средой, которое включает разработку методов экспериментально-аналитического расчета предельных деформаций при формообразовании профиля полый лопатки на основе модели сверхпластического течения материала в изотермических условиях, а также экспериментальное обоснование этого процесса с получением опытного образца лопатки [4,5].

Проведенное математическое моделирование деформирования листового материала позволило определить напряженно – деформированное состояние и

особенности свободного формообразования элемента полый лопатки. Численные исследования обеспечивают создание реальной физической модели деформирования листовых полуфабрикатов металлических материалов в изотермических условиях.

Объектом исследования является плоский образец диаметром 127мм, толщиной 0,8мм, изготовленный из титанового сплава. Расчет параметров формообразования мембраны основан на реологической модели сплава ВТ6 и ОТ4.

Процесс предполагается изотермическим, модель материала – вязкопластическая, напряженно деформированное состояние осесимметричное, трение между заготовкой и штампом подчиняется закону Кулона $\mu = 0,3$. Начальным условием для моделирования в препроцессоре задавали режим деформирования под давлением газа $P = 10 \text{ МПа}$ при температурах $800^{\circ}, 850^{\circ}$. Заготовка была разбита на 27846 конечных элементов (рис. 1).

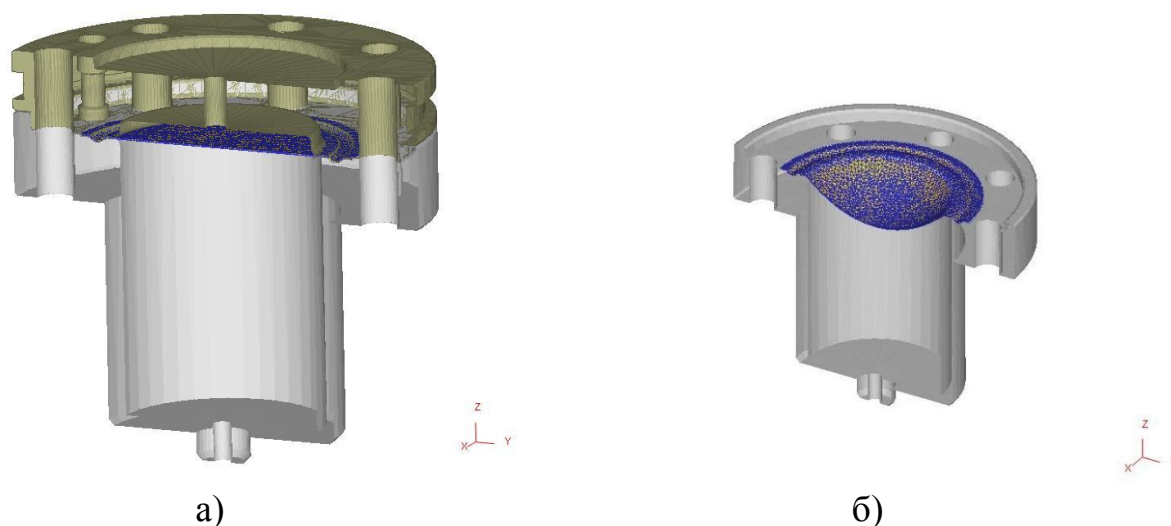


Рис. 1. Расчетная модель процесса свободной формовки:
а) исходное состояние; б) отформованная заготовка

Реологические данные вводили в таблицу препроцессора программы. Deform 3D самостоятельно построил графики соответствующих зависимостей [6]. Трехмерные модели инструмента и сборки штампа построены в программном продукте SolidWorks.

Результаты расчета по определению напряженно-деформированного состояния элемента полый лопатки представлены на рис. 2, рис. 3, рис. 4.

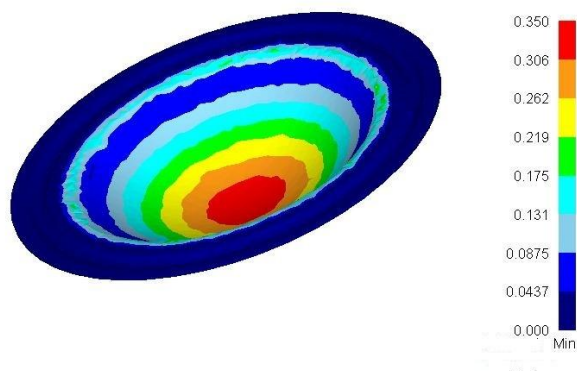


Рис. 2. Накопленная деформация на последнем шаге

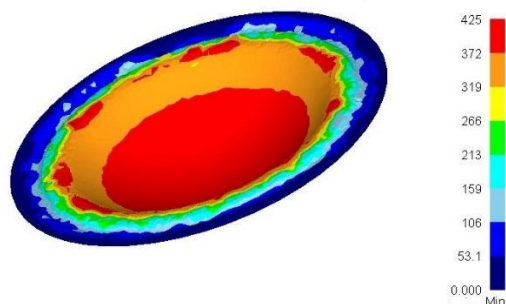


Рис. 3. Распределения истинных напряжений

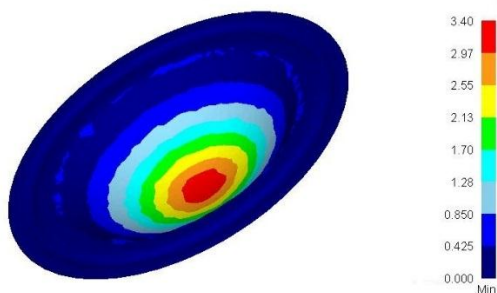


Рис. 4. Распределения скорости деформации

Проведены исследования деформации листового титана в изотермических условиях. Исследованы закономерности формообразования полых лопаток в процессе газостатической формовки.

Проведено математическое моделирование свободной формовки элемента полых лопатки из титановых сплавов.

Разработан метод экспериментально – аналитического построения кривых деформирования на основании испытаний на изгиб. Данный метод целесообразно использовать как для гомогенных, так и для труднодеформируемых материалов с ограниченной пластичностью. Теоретически определена система уравнений для нахождения коэффициентов аппроксимации кривой деформирования. Полученные кривые деформирования материала используем для разных операций формообразования, основываясь на гипотезе об единой кривой.

К современному авиадвигателестроению предъявляются все больше высокие требования – экономичность, экологичность, эффективность и эргономичность. Эти и другие требования приводят к появлению и решению трудных вопросов, которые выдвигают технологию производства авиадвигателей в ряд инновационных направлений.

Список використаних джерел:

1. Каримбаев Т.Д. Облегченные широкохордные лопасти вентиляторов ТРДД. Особенности технологий их изготовления/ Т.Д. Каримбаев, А.А. Луппов // Конверсия в машиностроении. – 2005. - № 4-5. С. 108-112.
2. Кайбышев О.А. Численный анализ вариантов конструкции пустотелой вентиляционной лопасти / О.А. Кайбышев, А.К. Галимов, А.А. Круглов, Р.Я. Лутфуллин, Р.В. Сафиулин // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2004. - № 1. С. 90-95.
3. Гусев Ю.А. Анализ напряженно-деформированного и динамического состояния широкохордной лопасти вентилятора ТРДД / Ю.А. Гусев, Ф.Ф. Сиренко, Н. Бабиито, В.В. Бойко // Вестник двигателестроения. – 2010. - № 2. – С. 109-113.
4. Кайбышев О.А. Сверхпластичность, измельчение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов / О.А. Кайбышев, Ф.З. Утяшев. – М.: Наука, 2002. – 438 с.
5. Смирнов О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности / О.М. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1979. -184 с.
6. Практическое руководство к программному комплексу Deform 3D: учебное пособие / В.С. Паршин, А.П. Карамышев, И.И. Некрасов и т.д. – Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 266 с.