

УДК 621.438.002.2

Бень А. Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК АВИАДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ВЫДАВЛИВАНИЯ

На современном этапе развития машиностроения, и авиа двигателестроения в том числе, особенно остро стоит проблема повышения долговечности деталей и узлов. Ресурс работы авиационных газотурбинных двигателей напрямую зависит от долговечности лопаток турбины и компрессора, которые являются самыми массовыми и нагруженными деталями. Для решения проблемы повышения долговечности лопаток авиадвигателей актуальной является задача разработки и внедрения новых высокоэффективных методов увеличения их прочности и износостойкости [1, 2].

В машиностроении широкое применение имеют слоистые биметаллические изделия, характерной особенностью которых является высокая прочность и износостойкость, поэтому их используют при изготовлении ответственных узлов и деталей аэрокосмической техники. Однако процессы пластического формообразования слоистых материалов на данном этапе являются малоисследованными.

Существуют технологии изготовления биметаллических лопаток авиадвигателей с защитными покрытиями методами различных напылений, которые в некоторой степени позволяют справиться с существующей проблемой [3], но обладают рядом недостатков, среди которых недостаточная плотность покрытия и невысокая производительность процесса. Существует также способ изготовления лопаток с защитным покрытием методом выдавливания, который отличается высокой трудоемкостью [4].

Таким образом, проблема повышения долговечности лопаток авиадвигателей, в частности, изготовление их из биметалла, является особенно актуальной.

Целью данной работы является решение научно-практической задачи экспериментального обоснования процесса изготовления заготовок компрессорных лопаток методом выдавливания биметаллической заготовки, а также реализация предложенной технологии.

В настоящее время в производстве заготовок лопаток компрессора можно выделить три основных направления:

- штамповка на винтовых и кривошипных горячештамповочных прессах;
- деформирование в изотермических условиях;
- высокоскоростное выдавливание.

К этим способам относятся различные методы обработки металлов давлением, среди которых: высадка, горячее вальцевание, периодическая прокатка, многошпунтовая штамповка и другие. В сравнении с остальными процессами выдавливание имеет ряд преимуществ:

- выдавливание характеризуется всесторонним неравномерным сжатием, которое способствует наибольшей пластичности деформируемого металла, благодаря чему обеспечиваются высокие механические свойства;
- методом выдавливания можно получить различные профили очень сложной формы поперечного сечения, размеры и форму которых можно плавно или ступенчато менять по длине очага деформации и, соответственно, по длине профиля пера лопатки;
- при выдавливании обеспечивается высокая точность размеров сечения;
- по сравнению с другими процессами, выдавливание позволяет увеличить коэффициент использования металла и уменьшить трудозатраты.

Поэтому, изготовление заготовок компрессорных лопаток методом выдавливания значительно сокращает трудоемкость и повышает качество изделий.

На предприятиях биметаллические изделия получают следующими способами: прокаткой, прессованием или выдавливанием, волочением, методами порошковой металлургии и др. При пластическом деформировании биметаллической заготовки можно получить различное

соотношение толщин слоев металла в изделии, которое определяется исходными параметрами заготовки, состоянием металла в условиях пластического деформирования, а также особенностями конкретного способа ОМД.

Независимо от технологии производства биметаллических изделий известно, что для соединения слоев из разных металлов необходимо выполнение следующих условий:

- высокое давление на граничной поверхности слоев для обеспечения сближения металлов на расстояние соизмеримое с межатомным;
- высокая степень деформации, которая обеспечивает разрушение оксидных пленок;
- сдвиговые деформации, которые также обеспечивают взаимодействие слоев металлов [5].

Предлагаемый технологический процесс изготовления биметаллической заготовки компрессорной лопатки состоит из следующих операций:

- подготовку биметаллической заготовки под выдавливание;
- гальваническое покрытие медью, которая играет роль смазки;
- нагрев до деформационных температур;
- выдавливание.

После этого заготовка подвергается ряду механических, финишных обработок, а также холодному вальцеванию пера до технологической толщины.

Согласно предлагаемому технологическому процессу биметаллическая заготовка компрессорной лопатки изготавливается методом выдавливания сложной заготовки, которая состоит из двух частей: внутренней цилиндрической вставки и наружного слоя (рис. 1).

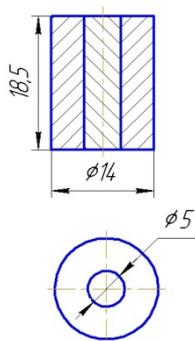


Рис. 1. Заготовка под выдавливание компрессорной лопатки

С целью подтверждения теоретических предпосылок процесса выдавливания биметаллической заготовки были проведены экспериментальные исследования.

Предложенный процесс выдавливания производился в соответствии с серийным технологическим процессом [6] на кривошипном одностоечном прессе усилием 1000 кН в разъемном штампе (рис. 2).



Рис. 2. Разъемная матрица для выдавливания

Слоистые цилиндрические заготовки выдавливались в следующих комбинациях расположения слоев: наружный слой ВТ-8 – внутренний слой ВТ-1, наружный слой ВТ-8 – внутренний слой ВТ-20.

Ранее было проведено исследование течения металла при выдавливании заготовок компрессорных лопаток [7].

На рис. 3 представлены выдавленные заготовки биметаллических компрессорных лопаток по этапам деформирования.

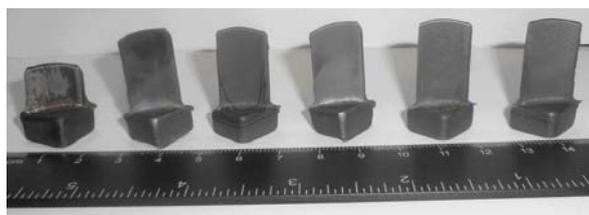


Рис. 3. Продеформированные биметаллические заготовки

После выдавливания заготовки разрезались вдоль пера лопатки по центру внутренней цилиндрической вставки. На рис. 4 показаны сечения выдавленных биметаллических заготовок лопаток с различными степенями деформации относительно исходной высоты заготовки.

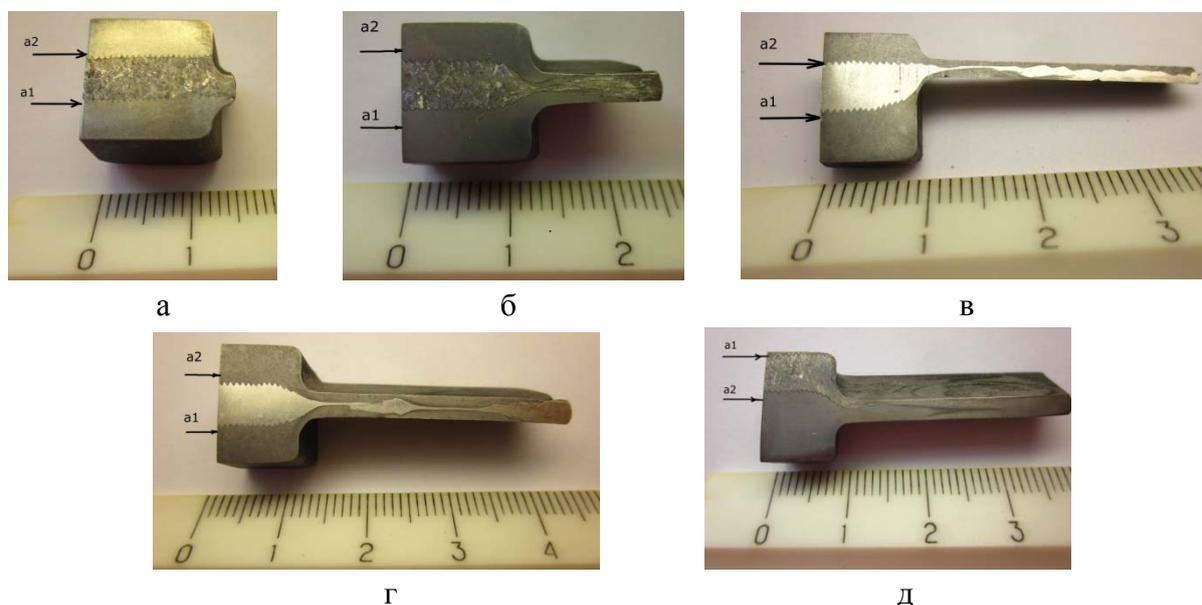


Рис. 4. Сечения заготовок лопаток, выдавленных с постепенным увеличением длины пера:

- а – наружный слой ВТ-8 – внутренний слой ВТ-20, относительная деформация – 30,3 %;
- б – наружный слой ВТ-8 – внутренний слой ВТ-20, относительная деформация – 36,8 %;
- в – наружный слой ВТ-8 – внутренний слой ВТ-1, относительная деформация – 48,6 %;
- г – наружный слой ВТ-8 – внутренний слой ВТ-1, относительная деформация – 50,3 %;
- д – наружный слой ВТ-8 – внутренний слой ВТ-20, относительная деформация – 50,8 %

По мере увеличения степени деформации относительная толщина слоев изменяется. На конечном этапе деформирования внутренний слой в месте перехода от хвостовой части к перу имеет минимальную толщину. На некоторых заготовках (рис. 4, в, г) очевиден перепад соотношения толщин металла в перьевой части заготовки. Это может объясняться изменением радиальных напряжений на контактной поверхности между двумя слоями по мере возрастания степени деформации.

Исследование граничного слоя между слоями заготовки проводилось металлографическими методами при 500-кратном увеличении. На рис. 5, а приведено состояние граничной поверхности в перьевой части лопатки, которая подвергается деформации выдавливания. На рис. 5, б представлено состояние граничной поверхности в хвостовой части лопатки, которая претерпевает деформацию осаживания. Как видно, в первом случае зерна имеют вытянутую направленную равномерную структуру, а во втором – структура имеет зернистый характер. Просматриваются также участки возникновения интерметаллидных соединений, которые в перьевой зоне увеличиваются.

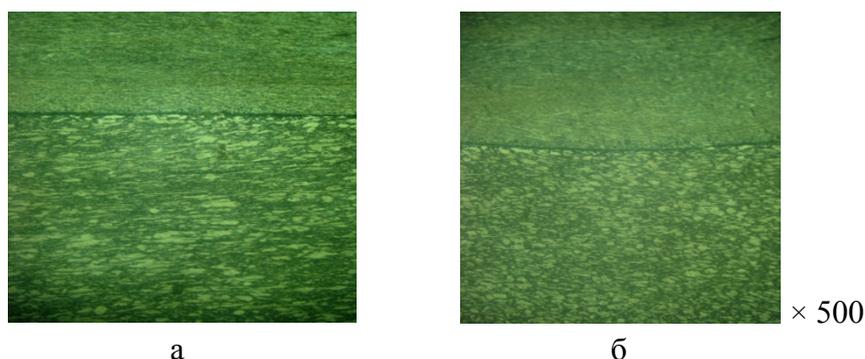


Рис. 5. Граница контакта двух слоев выдавленной заготовки компрессорной лопатки: а – перьевая часть; б – хвостовая часть

Таким образом, металлографические исследования показали, что при прохождении биметаллической заготовки через область всестороннего неравномерного сжатия в пояске матрицы достигается взаимодействие между слоями заготовки с возникновением интерметаллидного слоя.

ВЫВОДЫ

Представлена возможность получения биметаллической заготовки компрессорной лопатки. Проведенные экспериментальные исследования по выдавливанию биметаллической заготовки показали, что данный процесс является возможным при использовании соответствующих комбинаций металлов. Металлографические исследования доказали, что при выдавливании биметаллической заготовки происходит взаимодействие слоев и образование в зоне взаимодействия интерметаллидов. Полученные результаты дают основу для усовершенствования процесса в дальнейших исследованиях. Благодаря биметаллической конструкции компрессорной лопатки повышается коррозионная стойкость, износостойкость, устойчивость от воздействия вибрационных нагрузок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богуслаев В. А. *Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД* / В. А. Богуслаев, Ф. М. Муравченко, П. Д. Жеманюк. – Запорожье, 2003. – 396 с.
2. Крымов В. В. *Производство лопаток газотурбинных двигателей* / В. В. Крымов, Ю. С. Елисеев, К. И. Зудин. – М.: Машиностроение – Полет, 2002. – 376 с.
3. Абраимов Н. Б. *Высокотемпературные материалы и покрытия для газовых турбин* / Н. Б. Абраимов. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
4. Кутыкова А. С. *Технология изготовления лопаток с защитным покрытием методом изотермического выдавливания биметаллической заготовки под изотермическую штамповку [Электронный ресурс]* / А. С. Кутыкова // *Наука и образование: электронное научно-техническое издание*. – 2009, 07 июля. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/129368.htm>.
5. Тітов В. А. *Дослідження процесу виготовлення біметалевих трубчастих елементів витягуванням* / В. А. Тітов, Р. С. Борис // *Обработка материалов давлением: сб. науч. тр.* – Краматорск: ДГМА, 2009. – № 2(21). – С. 173–177.
6. *Влияние параметров горячего выдавливания заготовок рабочих лопаток компрессора на качество их изготовления* / Ю. С. Кресанов, А. Я. Качан, В. В. Чигиринский, А. Н. Бень // *Вестник двигателестроения*. – 2009. – № 2. – С. 108–115.
7. Чигиринский В. В. *Исследование течения металла при выдавливании заготовок компрессорных лопаток* / В. В. Чигиринский, А. Н. Бень // *Обработка материалов давлением: сб. науч. тр.* – Краматорск: ДГМА, 2013. – № 1(34). – С. 100–105.

Бень А. Н. – аспирант ЗНТУ.

ЗНТУ – Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье.

E-mail: BenAnna1985@yandex.ru