

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТОЧНЫХ ЗАГОТОВОК ЛОПАТКИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Щукин В.Я.¹, Кожевникова Г.В.^{1,2}, Кожевников Д.А.¹

1) Белорусский национальный технический университет;

2) Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

Основные требования, предъявляемые к авиационным сплавам: высокая прочность, низкий удельный вес и жаропрочность материалов для деталей двигателей. Наибольшее применение среди жаропрочных сплавов получили сплавы на основе никеля. Они подразделяются на деформируемые, литые и порошковые. Литые сплавы обладают более высокой жаропрочностью, но низкой обрабатываемостью резаньем. Деформируемые сплавы обладают меньшей жаропрочностью, но более высокими механическими свойствами, обрабатываемостью резаньем, и главное высокой надежностью и относительно низкой себестоимостью. По этой причине деформируемые сплавы получили наибольшее применение при производстве лопаток и дисков авиационных двигателей. Их рабочая температура находится в диапазоне 760–980°C, длительная прочность 700 МПа при 1000 часах работы.

Надежность и ресурс лопаток (рисунок 1) определяют надежность и ресурс всего двигателя. Качество лопаток зависит не только от материала и конструкции, но и во многом от технологии изготовления. Обрыв лопатки при работе двигателя недопустим, так как он приводит к авиационным катастрофам.

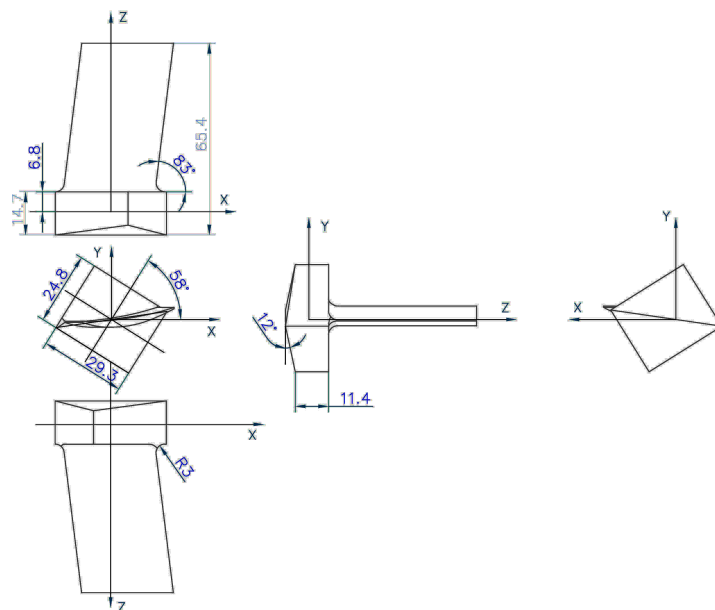


Рисунок 1 – Чертеж лопатки авиационного двигателя из жаропрочного деформируемого сплава на основе никеля

Технология производства лопаток авиационных двигателей включает:

- предварительную термообработку для повышения пластических свойств сплава;
- нанесение защитной обмазки на заготовку;
- нагрев заготовки;
- штамповка одним или сочетанием методов: в условиях сверхпластичности и/или методом изотермической штамповки;
- механическая обработка;
- термическая обработка с целью повышения жаропрочности.

Нанесение покрытий на заготовку осуществляется с целью предотвращения ее окисления и также в качестве смазки при штамповке. Предварительная термообработка может осуществляться методом контролируемой динамической рекристаллизации, совмещенной с определенными режимами предварительной горячей деформации, способствующие значительному измельчению зерна. В итоге мелкодисперсная структура сплава позволяет осуществить штамповку лопатки в режиме сверхпластичности. Сверхпластичность – это явление аномального повышения пластических свойств сплава за счет атомарной диффузии и проскальзывания зерен относительно друг друга. Процесс протекает при строгом соблюдении диапазона температур и скоростей деформаций. При выходе из этого диапазона эффект сверхпластичности исчезает.

Изотермическая штамповка осуществляется с подогревом штампа до температуры штампуемого сплава (до 1200°C). Подогрев штампа, как правило, осуществляют токами высокой частоты. Скорость деформации при изотермической штамповке ниже, чем в традиционных горячих процессах обработки металлов давлением. Подогрев штампа в этом случае предотвращает остывание заготовки и, как следствие, предотвращает рост усилия штамповки и снижение пластических свойств сплава. Оба способа – изотермическая штамповка и штамповка в условиях сверхпластичности могут реализовываться в одном процессе. Заключительная термообработка осуществляется для придания сплаву более высоких жаропрочных свойств.

Недостаток существующей технологии штамповки лопаток авиационных двигателей заключается в перерасходе металла из-за отсутствия предварительного его перераспределения. Мировой опыт показывает, что наиболее прогрессивным способом перераспределения металла в заготовке перед ее штамповкой при крупносерийном и массовом производстве является метод поперечной прокатки. Он позволяет получать высокоточную заготовку без снижения температуры ее нагрева. Способ поперечной прокатки производительный и отличается высокой стойкостью инструмента – до 1 млн заготовок. Основное его преимущество при прокатке жаропрочных никелевых сплавов локальный контакт инструмента с заготовкой, что предотвращает потерю тепла заготовкой. Увеличивая скорость прокатки можно добиваться увеличения температуры заготовки за счет превращения работы деформации в тепло и, тем самым, переводить процесс в условие сверхпластичности.