

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОГО СТАРЕНИЯ

Кривенок А. А., Крупский Р. Ф.

ОАО «Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение им. Ю. А. Гагарина», г. Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край, Россия

Силовой набор летательного аппарата представляет собой систему элементов обладающих высокой прочностью, жесткостью и большой усталостной прочностью, что требует соблюдения ряда технологических требований при их производстве. Эти детали обладают рядом конструктивных и технологических преимуществ, но вызывают необходимость разработки технологии изготовления, позволяющей обеспечить требуемые физико-механические, усталостные, коррозионные и другие свойства, а также необходимые геометрические параметры формы детали. К таким криволинейным деталям силового набора летательного аппарата относятся. При изготовлении этих деталей преимущественно применяются такие технологические процессы как формообразование и фрезерование. В ряде случаев от процесса формообразования отказываются в пользу фрезерования с целью снижения межоперационных переходов, и получения стабильной геометрии, что сокращает этап отработки технологического процесса. Однако такие решения не всегда являются оптимальными по эффективному использованию материала и машинного времени при серийном производстве.

В целях повышения производительности труда, снижения трудовых, материальных затрат и сокращения производственного цикла были проведены исследования по оптимизации технологии изготовления таких каркасных деталей как сегмент шпангоута и пояс бортовой нервюры из высокопрочного труднодеформируемого конструкционного алюминиевого сплава системы Al-Zn-Mg-Cu (В95пч/оч). Наиболее эффективным технологическим процессом для изготовления указанных деталей является фрезерование предварительно формообразованной профильной заготовки.

При фрезеровании заготовки может возникать коробление, которое зависит от напряжений в материале, требуется выбрать такой процесс формообразования заготовок который обеспечит минимизацию остаточных напряжений и наиболее равномерное их распределение.

Технологический процесс формообразования гибкой с растяжением обеспечивает формообразование изогнутых профильных заготовок с равномерным распределением остаточных напряжений, и, следовательно, с минимальным пружинением, что обеспечивает необходимую точность формообразуемых деталей. Ограничением на применение данной технологии являются максимально допустимые пластические деформации материала. Проведённые расчёты показали возможность изготовление исследуемых деталей путем формообразования гибкой с растяжением, но при этом уровень деформации материала заготовок составил 5% и выше, что превышает допустимую для сплава В95пч/оч норму в 3%, и не позволяет применять данный технологический процесс. Полуфабрикаты из этого материала поставляются искусственно состаренными, поэтому дальнейшее деформирование в этом состоянии значительно снижает их прочностные свойства.

Для соблюдения всех ограничений по сплаву В95пч/оч была разработана технология температурного деформирования материала напряжениями, не превосходящими предела упругости, со скоростями деформаций порядка десятые и сотые доли процентов в секунду. Формообразование деталей в режимах ползучести и близких к сверхпластичности позволяет расширить диапазон температурно-силовых режимов нагружения, включая нестационарные режимы деформирования, и совместить процесс формообразования с процессами термообработки материала. Применение таких процессов позволяет значительно снизить уровень нагрузок за счет температуры и увеличения длительности силового воздействия. При этом существенно возрастает деформационная

способность материала, что приводит к сохранению остаточного эксплуатационного ресурса (живучести) деталей на стадии изготовления по сравнению с традиционными технологиями и делает эти процессы экономически выгодными.

При разработке технологического процесса формообразования в режимах ползучести проведены комплексные исследования термоупругих характеристик и характеристик ползучести. На основе этих данных определялись температурные и деформационные режимы для проведения численного моделирования процесса формообразования. Также проводились исследования уровня механических и коррозионных характеристик при термомеханическом старении по результатам которых ФГУП «ВИАМ» внесло корректировки принятых схем и режимов искусственного старения (ТУ 1-804-497-2011, ТР 1.2.2171-2011). Плиты из сплава В95очТФ на металлургическом заводе-поставщике подвергают предварительному искусственному одноступенчатому старению по режиму (Т): нагрев до температуры $(115\pm 5)^\circ\text{C}$, выдержка от 10 до 11 ч (первой ступени режима Т2) для последующего формообразования (Ф) и старения по режиму второй ступени (Т2) на самолетостроительном заводе-потребителе при температуре $160\pm 5^\circ\text{C}$. Эти режимы были успешно внедрены в процесс формообразования на рециркуляционной нагревательной установке РНУ-13 верхней обшивки крыла SSJ-100 из тонких длинномерных плит сплава В95очТ2Ф при совмещении с искусственным старением.

Численное моделирование процесса формообразования заготовок в штампе при режиме термомеханического старения показало положительный результат, обеспечив требуемые геометрические характеристики заготовки, а также удовлетворительное для фрезерования напряженное состояние материала. Распределение напряжений в заготовке не так равномерно как при формообразовании гибкой с растяжением, но их величина ниже, что позволяет избежать коробления при дальнейшем фрезеровании детали.

Проведенные исследования показали возможности применения процессов формообразования в режиме термомеханического старения для ряда каркасных деталей летательного аппарата из сплава В95очТ2Ф. По сравнению с существующими традиционными технологиями изготовления рассмотренных деталей предложенная технология обладает не только высокой эффективностью, но также позволяет сохранить прочностных свойства детали на этапе их производства.