

УДК 621.7.044

В.П. САБЕЛЬКИН, докт. техн. наук  
В.С. КРИВЦОВ, канд. техн. наук  
В.Е. ЗАЙЦЕВ  
В.П. ПАВИЧЕНКО  
В.Н. ВОРОНИН, канд. техн. наук  
В.А. КРИВЦОВ

## ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧЕК ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ

В настоящее время в автомобилестроении, самолетостроении, двигателестроении, судостроении широко используются оболочковые детали двойной кривизны: обтекатели, коки, обшивки, днища, рефлекторы приемно-передающих устройств. Размеры таких оболочковых деталей лежат в пределах от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Одним из основных вопросов при выборе технологии изготовления деталей является вопрос точности профиля поверхности получаемых изделий наряду с низкой стоимостью.

В данной работе были проведены исследования по созданию технологии изготовления оболочек двойной кривизны и рассмотрены вопросы по выбору типового представителя деталей двойной кривизны высокой точности профиля поверхности.

В качестве типового представителя были выбраны рефлекторы антенных устройств, которые с технологической точки зрения представляют конструкции, имеющие в своей основе зеркала в виде параболических оболочек с различной относительной глубиной и с относительной толщиной обрабатываемой заготовки в пределах  $0,0009 \dots 0,001$ , что определяет их в класс особотонкостенных конструкций.

Проведен анализ различных существующих схем формообразования деталей двойной кривизны: вытяжка с прижимом фланца заго-

товки: штамповка на прессах эластичными средами; обтяжка на обтяжном пуансоне; обкатка; изготовление сегментов детали с последующей сборкой в стапеле посредством клепки, сварки, пайки; электрогидравлическая штамповка.

Проанализированы достоинства и недостатки существующих схем формообразования, ограничения, накладываемые этими схемами на возможность изготовления данного класса деталей.

При изготовлении рассматриваемого типа деталей различных габаритов широкое распространение получила гидровзрывная штамповка или штамповка энергией взрыва. Преимущество штамповки взрывом в том, что этим способом можно получить изделия любого профиля. Отсутствие пуансонов удешевляет производство, сокращает сроки его подготовки, исключается применение тяжелых и дорогих прессов со сложной энергетической системой и дорогостоящей эксплуатацией. Штампы можно изготавливать из дешевых материалов, а штамповку проводить в холодном состоянии. Гидровзрывная штамповка обеспечивает более точные размеры деталей и лучшую их поверхность по сравнению с обычной штамповкой. Детали, изготовленные штамповкой взрывом, дешевле деталей, изготовленных электрогидравлической штамповкой, вследствие меньшей энергоёмкости процесса.

Разработана схема штамповки деталей двойной кривизны, выбор которой для указанного класса деталей зависит от многих факторов. Одним из основных параметров, определяющим возможность материала к вытяжке, является коэффициент вытяжки. Кроме коэффициента вытяжки, важное значение для возможности осуществления процесса без дефектов имеют отношения  $s/D$ ,  $H/D$  относительная толщина и глубина вытяжки детали. Их значения должны находиться

в определенных границах, чтобы процесс вытяжки шел без складкообразования и без разрывов материала.

Для рассматриваемого класса деталей характерны относительная толщина  $s/D \leq 0,003$  и относительная глубина  $H/D \geq 0,25$ , где  $s$  - толщина листа заготовки,  $D$  - диаметр получаемой детали,  $H$  - глубина проштамповки, поэтому штамповка таких деталей должна проводиться в несколько переходов [1].

Детали двойной кривизны можно разделить на детали с относительно малой глубиной и на детали с относительно большой глубиной. С технологической точки зрения целесообразно первый тип деталей изготавливать прямой штамповкой, а второй - штамповкой с предварительной вытяжкой полуфабриката. В работе рассмотрены обе схемы формообразования деталей двойной кривизны, приведены достоинства и недостатки схем.

К недостаткам прямой штамповки можно отнести то, что из-за большой величины борта изделия в отход уходит значительное количество металла, существенно большее, чем при гидровзрывной штамповке с предварительной вытяжкой полуфабриката.

К положительным моментам относится то, что при прямой штамповке нет необходимости применять предварительную вытяжку полуфабриката. Это приводит к удешевлению требуемой оснастки, уменьшает трудоемкость технологического процесса и его энергоемкость и, следовательно, снижает себестоимость изготовления готового изделия, несмотря на большой расход материала.

При гидровзрывной штамповке с предварительной вытяжкой полуфабриката значительно меньший (на 16...25 %) отход материала, чем при прямой штамповке, меньше материалоемкость оснастки, потребное количество взрывчатого вещества для формообразования готовой детали, величина утонений заготовки. Однако при этом тре-

еется наличие оснастки [2] для предварительной вытяжки полуфабриката, что увеличивает трудоемкость технологического процесса и его энергоемкость.

Типовая антенная система состоит из параболического рефлектора, конструкции для крепления облучателя, опорно-поворотного устройства. Проведен анализ вариантов схем опорно-поворотных устройств: системы с азимутально-угломестной подвеской по двум осям  $Z$  и  $X$ , когда антенна поворачивается по азимуту относительно неподвижной вертикальной оси  $Z$ , а по углу места — относительно подвижной горизонтальной оси  $X$ ; системы с подвеской по двум горизонтальным осям  $X$  и  $Y$ , одна из которых является неподвижной, а вторая подвижной; системы с полярной подвеской, в которой вращение происходит относительно одной, так называемой полярной оси, параллельной оси вращения Земли.

Выбор того или иного типа подвески определяется типом орбит искусственных спутников Земли (ИСЗ), размерами антенны, ее географическим местоположением. Для полноповоротных антенн, работающих с нестационарными ИСЗ, часто применяют второй вариант подвески. Первый вариант подвески используется для работы как с нестационарными, так и со стационарными ИСЗ. В антеннах небольшого диаметра для работы с геостационарными ИСЗ чаще всего применяется полярная подвеска (третий вариант).

Одним из важнейших вопросов при изготовлении деталей двойной кривизны является выбор материала. Проведен анализ возможных вариантов применяемых материалов с учетом основных факторов: прочностных характеристик, технологических, пластических, коррозионных свойств, экономической целесообразности применения данного материала с учетом стоимости самого металла и его покрытия. Были рассмотрены следующие варианты сплавов: мало-

углеродистые стали, легированные стали; титановые сплавы; алюминиевые сплавы. В результате анализа был предложен наиболее рациональный вариант выбора материала для изготовления рефлектора диаметром 1200 мм.

Из алюминиевых сплавов наиболее подходящим является сплав АМЦ-М, как имеющий достаточный уровень механических характеристик, ширину выпускаемого проката, имеет низкую плотность. Изготовление рефлекторов из титановых сплавов представляется нецелесообразным из-за высокой стоимости металла, большой трудоемкости самого процесса штамповки вследствие низких пластических свойств металла. Из сплавов на основе железа наиболее подходящими для изготовления являются низкоуглеродистые стали типа 08 кп. Хотя вес заготовки из стали более чем в два раза больше, чем из алюминиевого сплава, однако ее стоимость в 6 раз ниже. Также значительно ниже стоимость антикоррозионного покрытия для стальной детали, чем для детали из алюминиевого сплава.

Рассмотрев вопрос о конструкционных материалах для оболочек, выбор был остановлен на стали 08 кп из-за низкой себестоимости изготавливаемых деталей, что немаловажно в современных условиях.

Таким образом, в результате проведенной работы были выработаны необходимые исходные данные для выбора материала, основных схем, проектирования технологического оснащения и разработки технологического процесса изготовления оболочек двойной кривизны малой относительной толщины высокой точности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обработка металлов взрывом. - М.: Металлургия, 1991. - 496 с.
2. Сабелькин В.П., Кривцов В.С., Зайцев В.Е., Беланов А.В. Методика расчета оснастки для штамповки деталей двойной кривизны. - Труды ХАИ: Авиационно-космическая техника и технология. - Харьков: ХАИ, 1995, с. 150-155.