

ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ШТАМПОВКА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Коротков Ю.Д.

Оренбургский государственный университет

Конструкции деталей и узлов на предприятиях оборонной промышленности отличаются большим разнообразием с применением различных высокопрочных материалов, в том числе и таких, формообразование которых известными способами при механической обработке затруднено, а иногда и невозможно[1]. Большое значение в создании космических аппаратов играют титановые сплавы ввиду их низкой плотности, высокой коррозионной стойкости и удельной прочности, превышающей прочность алюминиевых и магниевых сплавов. Применение титановых сплавов позволяет снизить вес при обеспечении высокого уровня прочностных характеристик и повысить надежность конструкции.

Одной из передовых технологий, которая позволяет получать высококачественные детали требуемой геометрии и экономить металл, является объемная изотермическая штамповка. Процесс реализуется на специальных прессах с применением штамповой оснастки.

В отличие от обычной объемной горячей штамповки при изотермической штамповке требуется, чтобы штамп и штампуемая заготовка были нагреты в процессе деформирования до одной и той же высокой температуры (700-950°C), что исключает нежелательное охлаждение поверхности заготовки и возникающий перепад температур. Это существенно улучшает условия для пластического течения материала в полость штампа и позволяет получать высококачественные заготовки, значительно более близкие по форме к конечным требованиям. Деталь, полученная изотермической штамповкой, не требует дальнейшей механической обработки. Это особенно актуально при изготовлении крупногабаритных деталей типа плоских и криволинейных панелей, замкнутых оболочек, обтекателей и обшивок, выходящих на наружный контур изделия.

Однако при изотермической штамповке требуется применение более дорогих материалов для изготовления штамповой оснастки и сложного оборудования для точного поддержания температуры штампа в процессе деформирования металла

Оборудование и инструмент

Специфика горячего деформирования в изотермических условиях предъявляет особые требования к конструкции и материалам штамповой оснастки и деформирующему оборудованию. Изотермические условия можно создать в специальных штамповых блоках, позволяющих со сравнительно небольшими затратами энергии нагревать инструмент до температуры деформации. Заготовки нагревают в автономном нагревателе или непосредственно в штамповом блоке.

Для практического осуществления изотермической штамповки необходимо обеспечить:

1. Нагрев штампа до высокой температуры (для титановых сплавов - до 700-950°C) и поддержание ее постоянной в процессе штамповки.
2. Работоспособность штамповой оснастки в условиях длительного нагрева до температуры деформации.
3. Надежную теплоизоляцию рабочих частей пресса и окружающего пространства от нагретого до высокой температуры инструмента.

Специальный комплекс для изотермического деформирования включает:

1. Систему нагрева штампа с устройством для теплоизоляции штампов и штампового пространства.
2. Механизм установки нагретого штампа в нагревательную камеру, удаления из камеры.
3. Пресс, оснащенный:
 - нагревательной камерой с механизмами закрепления нижней половины штампа к нижней плите камеры и верхней половины штампа к верхней подвижной плите камеры;
 - системой регулирования, контроля и регистрации температуры; времени нагрева заготовки; скорости рабочего хода ползуна от 0,5 до 10 мм/сек;
 - системой охлаждения.
4. Требования к размещению относительно другого оборудования.

Нагрев печи производится излучением и конвекцией от электронагревательных элементов, расположенных вдоль боковых и задней стенок, на поду и двери. Печь оснащена специально предназначенной оснасткой - литой жаропрочной подовой плитой (максимальная температура применения - 1150°C). Нагрев производится с пяти сторон, с помощью нагревательных элементов, спирального типа. Контроль и регулирование температуры в электропечи осуществляется электронным шкафом управления с цифровой индикацией температуры, который выполнен в виде отдельного шкафа и взаимодействует с термopарами, установленными в рабочей камере электропечи. Система сбора и хранения информации на базе персонального компьютера служит для отображения в реальном времени, сбора и хранения технологических данных о ходе процесса [2].

В качестве деформирующего оборудования для изотермической штамповки используют, как правило, гидравлические прессы. Габаритные размеры рабочего пространства пресса должны быть достаточными для размещения штампового блока установки, а открытая высота должна позволять заменять инструмент без демонтажа блока с пресса.

Для предотвращения нагрева ползуна и стола пресса нижнюю и верхнюю опорные плиты охлаждают водой. В плитах предусмотрены специальные пазы для змеевиков из трубки прямоугольного сечения. От стола и ползуна пресса

опорные плиты изолированы асбоцементными плитами. Загрузка заготовок в штамп и выгрузка осуществляются через рабочее окно с открытой плоскостью разъема штампов.

Штампы и штамподержатели изготавливают из жаропрочных сплавов ЖС6-К, ЖС6-У. Опорные плиты изготавливают из коррозионностойкой стали Х18Н9Т. Подкладные плиты изготавливают из жаропрочного сплава ХН77ТЮР или сплавов 5ХНМ, 5ХНВ, 4Х5В2ФС, 4Х5МФС и др. Кожухи изготавливают из листов жаропрочного сплава (внутренний) и коррозионностойкой стали (наружный).

Типовой технологический процесс изотермической штамповки заготовок из листового титанового сплава включает следующие операции:

1. Нагрев штампа в отдельной печи с выкатным подом.
2. Перенос нагретого до $700\div 950^{\circ}\text{C}$ штампа к прессу.
3. Установка нагретого штампа в термокамеру прессы с температурой, обеспечивающей сохранение температуры штампа длительное время.
4. Закрепление штампа в термокамере.
5. Установка заготовки в штамп – выдержка время для нагрева заготовки до температуры термокамеры.
6. Штамповка по режиму, отработанному предварительно на образцах (температура, скорость ползуна, время выдержки).
7. Удаление детали из термокамеры – на стол для охлаждения деталей.
8. Удаление штампа из термокамеры – на стеллаж для охлаждения и хранения штампа.

Список литературы

1. *Коротков Ю.Д. Особенности электроэрозионной обработки / Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. / Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург, 2017. – 704 с. : ил. – ISBN 978-5-7410-1850-7.*
2. *Официальный сайт ЗАО «Накал» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nakal.ru/>.*