

УДК 681.5.011

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОУПРУГИХ ПРЕССОВ В ЦЕЛЯХ МИНИМИЗАЦИИ НОРМ РАСХОДА ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИЗДЕЛИЯ

Ермоленко С.А., студентка гр. Т11О-303Б-20, III курс
Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский университет),
г. Москва

В настоящее время наиболее важной задачей, стоящей перед технологом на предприятии является проблема разработки или совершенствования технологии получения бездефектного изделия, характеризующейся минимальной нормой расхода основного материала. С учетом того, что затраты на приобретение основного металлического материала при производстве деталей машиностроения представляют наиболее весомую долю в себестоимости продукции, которая может достигать до 80-90%, то снижение норм расхода основного материала даже на 1-2% приводит к значительной экономии средств [1].

С учетом резкого подорожания металлических материалов, в современной ситуации стали активно развиваться различные специальные способы штамповки, которые характеризуются минимальными припускам получаемых полуфабрикатов на последующую механическую обработку, минимальными допусками на размеры полуфабрикатов, минимальными штамповочными уклонами. Известно, что этим требованиям соответствуют способы изотермической штамповки и штамповки металлических материалов в состоянии сверхпластичности [2].

Одним из видов деформационного оборудования, в котором можно осуществлять рассматриваемые виды штамповки являются термоупругие прессы или термокомпрессионные установки. Суть данных устройств заключается в том, что они представляют массивный замкнутый контур, в котором, за счет коэффициента термического расширения металлических материалов, увеличиваются в размерах силовые элементы. При этом происходит сжатие и деформирование находящейся в центральной зоне заготовки в радиальном направлении [3, 4].

Такая установка была сконструирована для изотермической штамповки ребристых авиационных обечаек конической формы. На рисунке 1 представлена схема термокомпрессионного устройства для изготовления авиационных

оболочек. В центральной части оборудования смонтирована система водяного охлаждения 1. Назначение данной системы заключается в быстром охлаждении сердечника 7, который также расположен в центральной части оборудования и представляет собой массивную втулку. Основой конструкции всей системы является опорная рама 2. Помимо самой установки на опорной раме крепиться выходная труба для слива технологической воды 3, поступающей из системы охлаждения. Охлаждение сердечника необходимо для быстрого снижения температуры в центральной части оборудования, снятия термокомпрессионных усилий с внутренней части штамповой оснастки и извлечения готового изделия.

Пуансон, состоящий из стержня 6 и секторов 7, является основным рабочим инструментом, изменение температуры которого при нагреве создает силовое воздействие на заготовку. В качестве материала пуансона используется штамповая сталь, как правило, в большинстве случаев применяются стали 30ХГСА, 5ХГВ, 5ХНМ и т.д. Контейнер-матрица 5, изготовленный из того же материала что и элементы пуансона, является массивным жестким телом, воспринимающим, возникающую в процессе термического расширения рабочих элементов, нагрузку.

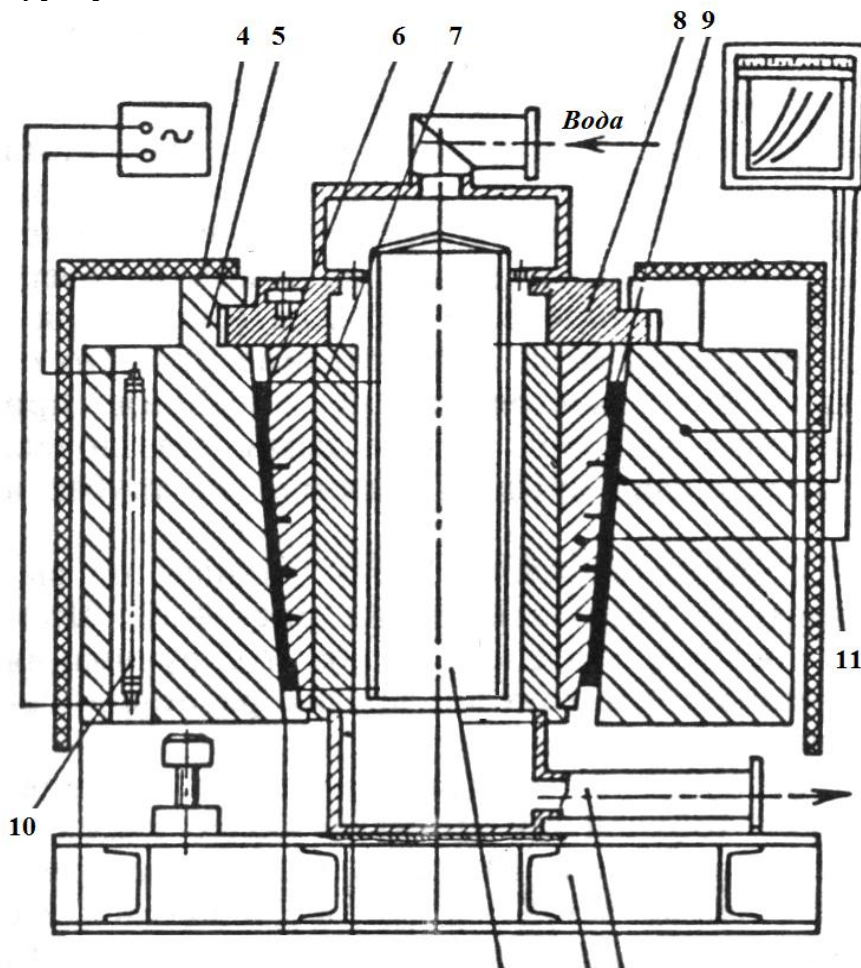


Рисунок 1 – Схема термокомпрессионного оборудования [2]

Запорное устройство, выполненное в виде фиксирующего кольца 9 предотвращает вертикальное смещение пуансона вместе с заготовкой 8.

Нагрев устройства осуществляется посредством нагрева системы трубчатых электрических нагревателей 10, установленных в неподвижную матрицу 5. контроль температуры нагрева элементов пуансона, заготовки матрицы-контейнера осуществляется с помощью системы термоизмерительных устройств (системой термопар) 11.

Система водоохлаждения 1 обеспечивает интенсивное охлаждение пуансона после завершения этапа деформирования, уменьшение его диаметра, и как следствие этого, ликвидацию созданного натяга, что делает возможным извлечение готового изделия. Потери тепла предотвращают с помощью теплоизоляционного кожуха 4, выполненного из асбестовых плит и прокладок. Схема термопресса, представленного на рисунке 1, показана в момент окончания процесса штамповки, когда рельеф штампуемой детали полностью оформлен.

Была разработана технология изотермической штамповки ребристых авиационных обечаек из высокопрочных алюминиевых сплавов в условиях которой основная деформационная операция выполнялась с применением устройства, схема которого представлена на рис. 1. Однако, необходимо отметить тот факт, что на реальном производстве для минимизации норм расхода основного металлического материала производственный технолог вынужден применять заготовки минимальной толщины. Однако, при несоблюдении точных температурно-скоростных параметров деформирования возможно образование дефектов в виде утяжин на тыльной плоской поверхности ребристой авиационной обечайки. На рисунке 2 представлен пример отштампованной ребристой обечайки конической формы, а на рисунке 3 представлен брак в виде сформировавшейся утяжины на тыльной стороне изделия.

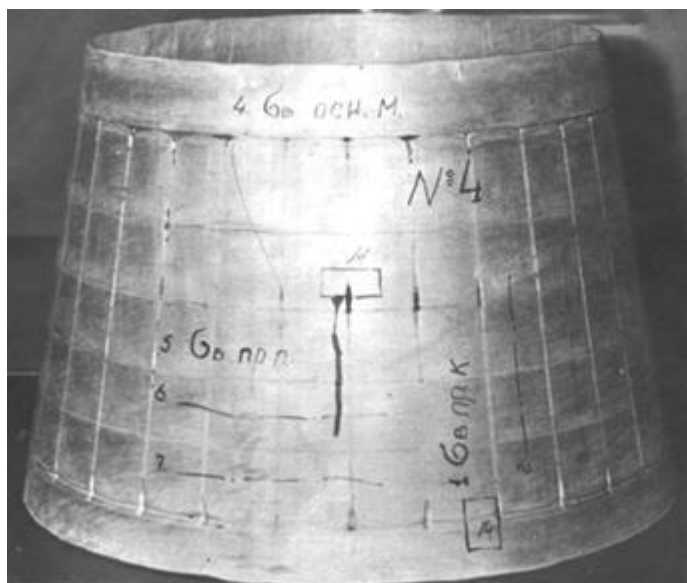


Рисунок 2 – Внешний вид штампованной ребристой авиационной замкнутой обечайки

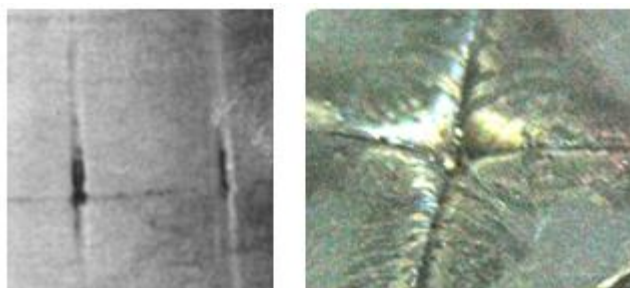


Рисунок 3 – Брак в виде сформировавшейся утяжины на тыльной стороне изделия.

Установлено, что формирование утяжины происходит за счет превышения оптимальных скоростей деформирования и отрыва полотна заготовки при заполнении ребер. Скорость движения инструмента зависит от интенсивности нагрева рабочих элементов системы.

Поэтому при разработке технологии изотермической штамповки на подобном виде оборудования крайне важно соблюдение заданных температурно-скоростных параметров деформирования [5].

Для соблюдения точных температурно-скоростных параметров была разработана автоматизированная система управления работой термокомпрессионных установок. Однако, соблюдение точных параметров все равно оставалось проблемой. Большое влияние оказывала инерционность системы: уже после отключения сигнала на нагрев повышение температуры в

рабочей зоне продолжалось за счет эффекта теплопроводности металлических материалов. Тепло шло от зон с более высокой температурой, расположенных вокруг трубчатых электронагревателей.

Были предложены изменения в программную часть системы, основанные на широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала [5, 6]. Однако, использование технологии широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала не привело к достижению требуемых результатов.

Решение проблемы инерционности автоматизированной системы управления стало возможным только при использовании прогнозирования поведения системы и предупредительного, более раннего отключения или включения трубчатых электронагревателей [7]. Использование точных температурно-скоростных режимов деформирования и большая длительность процесса деформации сделали возможным использование разработанной технологии для проведения штамповки материалов в состоянии сверхпластичности [8].

Кроме того, известно, что оборудование данного вида может также использоваться и для компактирования и спекания таких труднодеформируемых материалов как гранулы жаропрочных никелевых сплавов, титановых сплавов, алюминиды никеля NiAl и др. В настоящее время ведутся активные работы в данном направлении [9].

Кроме того, было проведено имитационное моделирование участка изотермической штамповки, который является частью цеха механической обработки металлических материалов. Имитационное моделирование проводилось с применением программного продукта имитационного моделирования отечественной разработки AnyLogic. Целью проведения имитационного моделирования было определение потребности в основном оборудовании, обеспечивающим бесперебойную работу всех рабочих мест на всей цепочке технологического процесса, снижение времени нахождения полуфабрикатов на промежуточных местах хранения между операциями, уменьшение объемов производственных запасов. Известно, что управление материальными ресурсами и, в том числе, минимизация объемов межоперационных запасов в условиях технологических процессов со сложной организацией производственного цикла является одной из задач, решаемых имитационным моделированием в прикладных программных средах [10]. Применение программ имитационного моделирования производственных процессов позволяет ускорить процесс оптимизации производственных сред [11]. Это и было сделано применительно к рассматриваемому участку изотермической штамповки: подобрано основное и вспомогательное оборудование с учетом производительности и габаритов цехового пространства, определена цикличность производства, определены минимальные уровни межоперационных запасов перед каждой операцией технологического процесса.

Список литературы:

1. Братухин А.Г., Иванов Ю.Л., Марьин Б.Н. и др. Современные технологии авиастроения. Под ред. А.Г Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. 832 с.
2. Галкин В.И. Закономерности компактирования и технология производства полых изделий из волокнистых композиционных материалов на металлической основе. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: МАТИ, 1996. 32 с.
3. Жаров М.В. Информационно-измерительная система для управления производственным процессом на термокомпрессионном технологическом оборудовании // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2018. № 63. с. 116-121. doi: 10.21667/1995-4565-2018-63-1-116-121
4. Изаков И.А., Капитаненко Д.В., Сидоров С.А., Чеботарева Е.С. Нагревательные установки для изотермического деформирования. Часть 1. Типы установок // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2019. № 3. – с 23-32.
5. Жаров М.В. Измерительно-управляющая система термокомпрессионного оборудования с регламентированными температурно-скоростными параметрами деформирования // Измерительная техника. 2022. № 12. с. 46–51. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-12-46-51>
6. He Sh., Chunjiang Q., Yunlei Z. Analysis of a chain of integrators with pulse-width-modulation controller // American control conference (ACC). 2020. pp. 3653-3658.
7. Жаров М.В. Система автоматизированного управления работой термоупругих прессов: решение проблемы инерционности системы // Автоматизация в промышленности. 2021. № 4. с. 31-36. doi: 10.25728/avtprom.2021.04.07.
8. Готлиб Б.М., Вакалюк А.А. Изотермическая штамповка изделий в условиях близких к сверхпластичности // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 4. с. 9-13.
9. Жаров М.В. Сравнительный анализ особенностей технологий получения качественного сферического порошка алюминид никеля NiAl // Metallurg. 2022. № 11. с. 57–65. doi: 10.52351/00260827_2022_11_57.
10. Жаров М.В. Имитационное моделирование производственной среды цехов механической обработки // Автоматизация в промышленности. 2020. № 5. с. 34-37. doi: 10.25728/avtprom.2020.05.07
11. Yan-mei Y., Xin-jun L. Optimization of exwarehouse and warehousing for logistics park based on computer simulation // Proceed. of the 2016 3rd Int. Conf. on Materials Eng., Manuf. Techn. and Control (ICMEMTC 2016), China, Taiwah, 26–27 February 2016. – China, Taiwah, 2016. pp. 1331–1337.