

ружным диаметром  $D$  трубчатым прошиванием, имеющим наружный диаметр  $d_1$ , а внутренний –  $d_0$  (рисунок 1).

Уравнение равновесия для этого случая запишется в виде:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = -\frac{2\tau_k}{h};$$

Тогда уравнение деформирования будет записано:

$$P_0 = \frac{1}{2} \pi \sigma_T \left[ \frac{d_1^2 - d_0^2}{4} \left( 2 + x + 2.2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1^2 - d_0^2}{2h} \right) + d_1 h \right];$$

Таким образом, с помощью последнего уравнения вполне можно рассчитать усилие формоизменения отбортованного участка трубной заготовки на втором переходе.

Усилие раздачи конца трубной заготовки на первом переходе можно определить по известным формулам, приведенным другими авторами.

УДК 621.73.043

#### **Малоотходная штамповка поковок из труднодеформируемых сталей и сплавов**

Студенты гр. 10402112 Азохов Д.Л., Дубенец С.С., Дыдик П.И.

Научный руководитель – Карпицкий В.С.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Современная тенденция развития кузнечно-штамповочного производства направлена на совершенствование, разработку и внедрения малоотходных технологических процессов и конструкции штамповой оснастки для различных способов выдавливания и изготовления поковок сложной формы из трудно деформируемых сталей 12Х21Н5Т, 12Х18Н9Т, Х35Н50ВМ и сплавов ХН78Т, ВТЗ-1, АВ, АК6 и др. обеспечивающих значительную экономию металла и снижение трудоёмкости.

Большое влияние на штамповку поковок выдавливанием и их качество оказывает характер течения металла, конструктивные элементы штампа, степень деформации и скорость истечения металла из очка матрицы. При неправильном соотношении скоростей деформации и рекристаллизации, а также при большом трении деформируемого металла у поверхности ручья матрицы на стержне поковки могут появляться поперечные трещины и разрушения металла поковки. Для получения высококачественных поковок из труднодеформируемых сталей и сплавов особое внимание уделяется подготовки заготовок перед штамповкой. Мерные заготовки для штамповки выдавливанием должны иметь достаточно жесткие допуски по длине и диаметру – в пределах  $\pm 0,5$  мм.

Большое значение для получения высококачественных поковок из трудно деформируемых сталей и сплавов при штамповке выдавливанием имеет правильный выбор способа нагрева, температурных и деформационных режимов штамповки, поскольку эти материалы имеют узкий интервал температур штамповки, высокую чувствительность к термическим напряжениям и узкий допустимый перепад температур в камере рабочей зоны в печи.

При штамповке поковок из жаропрочных сталей и сплавов печи должны быть снабжены автоматическими устройствами, обеспечивающими нагрев заготовок по заданной программе и автоматический контроль режима нагрева заготовки на поддонах или кассетах.

При изготовлении поковок ответственных деталей (диски, компрессорные лопатки и др.) из титановых сплавов с малыми припусками нагрев под штамповку следует производить в печах с защитной атмосферой с целью исключения образования альфированного слоя. Заготовки из алюминиевых и других цветных сплавов рекомендуется нагревать в электрических печах сопротивления камерного и карусельного типов с экранированными нагревателями и принудительной циркуляцией воздуха. Перепад температур в рабочей зоне печи не должен превышать  $\pm 20$  °С.

Индуктивным способом можно нагревать почти все труднодеформируемые материалы. Не рекомендуется нагревать не индукционным способом только жаропрочные стали и сплавы, которые имеют очень узкий температурный интервал штамповки, требуют большую равномерность нагрева металла по сечению заготовки и имеют высокую чувствительность к термическим напряжениям при высокой скорости нагрева, приводящим к образованию трещин при штамповке.

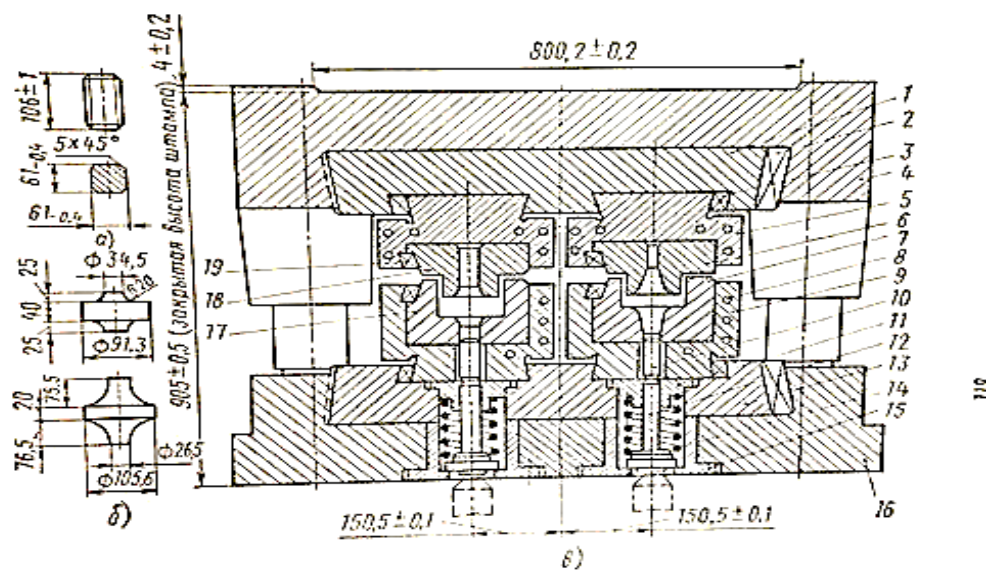


Рисунок 1 – Заготовка (а), переходы штамповки (б) и штамп для выдавливания поковки диска турбины (в):

- 1, 13 – подкладные плиты; 2, 3 и 19 – клинья; 4, 16 – плиты; 5, 9 – обойма;  
6, 18 – пуансоны; 7, 17 – матрицы; 8 – отверстие для нагревателей;  
10 – выталкиватель; 11, 15 – втулки; 12 – толкатель; 14 – пружина

Для штамповки поковок из жаропрочных, титановых, алюминиевых и других труднодеформируемых сплавов применяют блоки со встроенными нагревателями. Преимущество встроенного электронагрева заключается в обеспечении сквозного прогрева штампов до требуемой температуры и поддержания её с помощью системы терморегулирования на заданном уровне в процессе работы штампа и при вынужденных остановках. Штампы нагреваются с помощью стержней, расположенных в отверстиях верхней и нижней обоймы и соединенных в цепь хомутами и токопроводящими шинами. Стержни, хомуты и шины изготовлены из меди и составляют электрическую цепь низкого напряжения. При нагреве штампов необходимо стремиться к тому, чтобы температура верхней и нижней частей блока была одинакова. Несоблюдение этого условия может привести к поломке колонок.

На рисунке 1 приведены заготовка, переходы штамповки поковки диска турбины из жаропрочного сплава ХН77ТЮРУ и конструкция двухручьевого штампа с электронагревом для штамповки комбинированным выдавливанием на КГШП усилием 25МН с гидравлическим выталкивателем. Диски штампуют из заготовок со стороной квадрата  $61^{-0,4}$ мм, высо-

той  $106^{\pm 1}$ , мм, которые после отжига и фрезеровки проверяют ультразвуковым дефектоскопом на отсутствие внутренних пороков металла. Температура нагрева исходных заготовок под штамповку в первом ручье  $1150 \pm 10^{\circ}\text{C}$ , температура конца штамповки  $1000-1040^{\circ}\text{C}$ . После окончательной штамповки диски подвергают закалке при  $1080^{\circ}\text{C}$  в течении 8 ч., старению при  $750^{\circ}\text{C}$  в течении 16 ч. Такой технологический процесс штамповки дисков позволяет получать поковки с малыми припусками под механическую обработку, с направлением волокон, ориентированных по конфигурации поковки, и с высокими механическими свойствами.

УДК 621.73.043

### Разработка технологии изготовления конических зубчатых колес методом сферодвижной штамповки

Студенты гр. 104412 Осадчий М.С., Шенец А.Л., Пилипцевич Д.С.  
 Научный руководитель – Кудин М.В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

В конструкциях современных двигателей широкое применение находят детали сложного рельефа, к которым относятся зубчатые колёса, диски, фланцы. Следствие несовершенства применяемой технологии изготовления таких деталей связано с большим объёмом черновой механической обработки и повышенным расходом дорогостоящих и дефицитных материалов. Одним из путей решения этой проблемы является разработка и внедрение новых процессов, обеспечивающих получение заготовок с минимальными припусками на механическую обработку и высоким коэффициентом использования металла. К числу таких процессов, основанных на локальном приложении нагрузки, относится сферодвижная штамповка.

Сущность сферодвижной штамповки (рисунок 1) заключается в том, что общая деформация осуществляется в результате локального, последовательного и многократного воздействия пуансона и матрицы на заготовку, в результате чего деформируемые участки подвергаются последовательному пульсирующему нагружению.

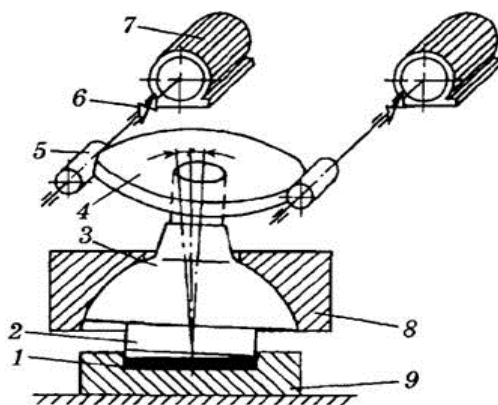


Рисунок 1 – Схема конструкции сферодвижной штамповки:  
 1 – заготовка; 2 – пуансон; 3 – водило; 4 – червячное колесо; 5 – червяк;  
 6 – муфта; 7 – электродвигатель; 8 – подпятник; 9 – матрица

Таким образом, уменьшение контактной поверхности, пульсирующий характер нагружения и изменение схемы действия сил в зоне очага деформации оказывают большое влия-