

УДК 621.73

Кирицев А.ДЛ Каргин Б.С.², Ткачев Р.О.³
Казмириди К.Х.⁴, Пионтковский Б.А.⁵**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАЛОЛИТРАЖНЫХ БАЛЛОНОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАЦИИ ОБЖИМА**

По результатам исследований, проведенных кафедрой КШП, разработана и внедрена на Мариупольском ЗАО «Пожзащита» новая технология изготовления малолитражных баллонов высокого давления с использованием операции обжима с предварительным дифференцированным нагревом очага деформации.

Мариупольское предприятие ЗАО «Пожзащита» выпускает огнетушители различного назначения с использованием углекислоты, находящейся в баллонах под рабочим давлением 14,7 МПа. Баллоны, используемые в огнетушителях, имеют емкость 5, 3 и 2 литра.

В соответствии с ГОСТ 949-73 баллоны емкостью 2 и 3 литра изготавливаются из трубы \varnothing 108 мм., толщиной стенки не менее 3,4 мм., а емкостью 5 л из трубы \varnothing 140 мм., толщиной стенки не менее 4,4 мм. Предел прочности стали не менее 638 Н/мм² (65 кгс/мм²).

До 2000 г. ЗАО «Пожзащита» получало готовые баллоны (обработанные и испытанные) из г. Новосибирска (Россия). Условия рынка заставили отказаться от этой кооперации. Наиболее рациональным было создание собственного производства из цельнокатаных труб, изготавливаемых на заводах Украины.

Баллоны в массовом производстве изготавливаются на специальных обкатных машинах, где из трубных заготовок формируется днище и горловина. В настоящее время такие машины для производства баллонов не выпускаются.

На предприятии «Пожзащита» обкатных машин не было, поэтому принято решение: изготавливать 2 и 3 литровые баллоны на имеющемся оборудовании, используя разработки кафедры кузнечно-штамповочного производства ПГТУ по исследованию обжима концов труб с предварительным дифференцированным нагревом. Теоретические [1] и экспериментальные исследования [2], позволили установить оптимальные параметры нагрева и формоизменения трубы с большими степенями деформаций вплоть до закрытия полости трубы. Этими исследованиями определены критерии потери устойчивости в зависимости от условий деформирования и значения относительной толщины заготовки при которой достигается за один переход максимальная степень деформации, например полное закрытие полости трубы - образование днища баллона. По рекомендациям [2], [3] обжим труб со значительной степенью деформации ($D_r/D_0 > 2$) может производиться при относительной толщине $S_0/D_0 \geq 0,04$; где: S_0 - толщина, D_0 - диаметр трубной заготовки, D_r - диаметр горловины. В нашем случае $S_0 = 4$ мм, $D_0 = 108$ мм, $S_0/D_0 = 0,037$, т.е. относительная толщина S_0/D_0 ходит ся за пределами рекомендуемых значений для обжима с большими степенями деформаций.

В создавшихся условиях можно было использовать способ деформирования с предварительным неравномерным нагревом заготовки [4]. Для этого необходимо тщательно выбрать температурный режим нагрева, определить характер распределения температур по очагу деформаций, подобрать форму обжимаемой части трубы. (по ГОСТ 949-73 она не регламентируется), определить способ нагрева трубы, обеспечивающий заданное неравномерное распределение температур по длине нагретого конца трубы, конструкцию штампа, скорость деформирования, условия трения при штамповке.

¹ ПГТУ, канд.техн.наук., доцент

² ПГТУ, канд.техн.наук., проф.

³ ПГТУ, ассистент

⁴ ЗАО "Пожзащита", инженер

⁵ ЗАО "Пожзащита", инженер

При обжиге максимальная степень деформации ограничивается потерей устойчивости в пределах очага деформации или в недеформируемой части заготовки передающей усилие деформирования на инструмент. Анализ напряженного состояния в очаге деформации при обжиге позволил установить картину распределения напряжений. Наибольшие меридиональные напряжения возникают в зоне перехода от деформируемой части заготовки к недеформируемой так как здесь суммируются все напряжения этого рода по очагу деформации. Естественно, для того чтобы не произошла потеря устойчивости в виде образования кольцевой складки или выпучивания трубы необходимо повысить сопротивление деформации т.е. не нагревать в этом месте заготовку или греть её в минимальной степени для возможности получения минимальной заданной деформации. При обжиге зона перехода от деформированной части к трубе не должна быть нагрета выше температуры 500-600 °С, при которой величина предела текучести ещё достаточно высока. В зоне наибольших деформаций предел текучести должен быть минимальным и соответствовать значениям при температуре 1000-1200 °С. При температуре 1200 °С даже в процессе скоростного индукционного нагрева образуется слой окалины, неблагоприятно влияющей на стойкость инструмента и внешний вид обжатой части поверхности трубы не подвергающейся в дальнейшем механической обработке. Поэтому для нагрева трубы для обжига горловины оптимальной является температура конца трубы 1000-1050 °С, а для получения днища кромка должна быть нагрета до 1200-1250 °С так как необходимо сваривание кромок под действием напряжений возникающих в стенке трубы при обжиге.

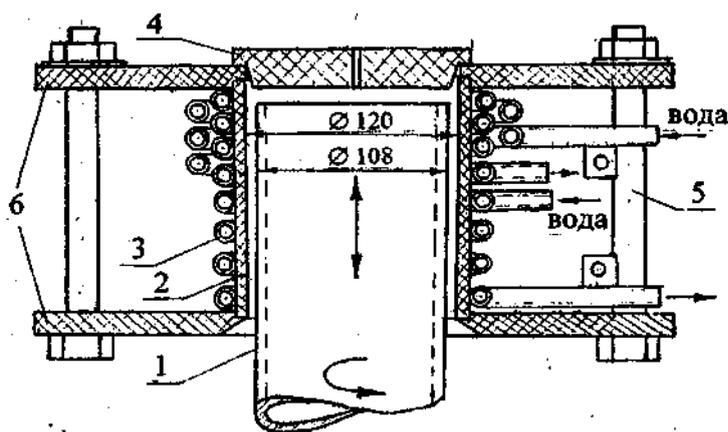
Дифференцированный нагрев трубных заготовок перед деформацией открывает большие возможности, которые недостижимы при деформировании равномерно нагретой или холодной заготовки. Кроме этого дифференцированный нагрев по своей сути является наиболее прогрессивным, что при современных ценах на энергосистемы является немаловажным. Необходимым условием успешного проведения деформации с дифференцированным нагревом является сохранение заданного перепада температур до конца процесса нагрева. Поэтому сам процесс нагрева, перенос заготовки и деформация должны проходить быстро, чтобы в минимальной степени происходил переток тепла из наиболее нагретых зон в наименее нагретые. В современных условиях быстрый заданный неравномерный нагрев может быть достигнут в условиях высокочастотного индукционного нагрева в специальных индукторах.

Вторым важным условием эффективности описываемого процесса деформирования трубы является большая скорость деформирования. Скорость деформирования на универсальных кривошипных прессах (0,2-1м/с) вполне обеспечивают эти требования. Следует так же отметить, что дифференцированный нагрев необходимо, по возможности, применять при листовой

и объемной штамповке и в других видах формоизменения, что приведет к значительной экономии энергоресурсов и снижению стоимости продукции.

Нагрев заготовок при обжиге концов труб производится в высокочастотном индукторе, специально разработанном для данного случая (рис.1).

Индуктор представляет собой медную трубку $\varnothing 12 \times 2$ мм., навитую на асбоцементную трубу с внутренним диаметром 120 мм. Первый слой навивки имеет переменный шаг из 8 витков, второй слой состоит из 3 витков плотной навивки для конца нагреваемой трубы, где



- | | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 1. Заготовка-труба | 4. Крышка асбестоцементная |
| 2. Труба асбестоцементная | 5. Шпильки крепления |
| 3. Индуктор | 6. Плиты крепления асбестоцементные |

Рис.1-Конструкция индуктора

будет максимальная деформация. Навивка обоих слоев должна идти в одном направлении. Трубка индуктора изолирована асбестовой лентой и пропитана лаком. Вся трубка разделена на два контура охлаждения. Такая конструкция индуктора обеспечивает нагрев трубы перед обжимом при котором на длине около 100 мм обеспечивается перепад температур 400-500 °С, что необходимо для обжима трубы за один переход с коэффициентов обжима $(D_{н.}/D_{г.}) = 2$ и более. Нагревать нужно быстро, чтобы до деформирования не произошло выравнивание температур, а это сделало бы не возможным интенсивный обжим. Продолжительность нагрева определяется циклом штамповки и составляла в нашем случае 20-25 секунд. При наладке процесса температура нагрева заготовки трубы контролировалась четырьмя термопарами, зачеканенными в стенку трубы на длине нагрева. На нагретой трубе отмечалось неравномерное распределение температуры на поверхности (нагрев пятнами). Причины такого нагрева могут быть разные, в том числе, та, что трубы поступают с заводов-поставщиков не отоженные и разностенные по длине окружности в диаметральном сечении. Наши предыдущие исследования показали так же, что неравномерность зазора между индуктором и трубной заготовкой очень сильно влияет на распределение температур. Создана установка для нагрева с вращением трубы скоростью 40-60 оборотов в минуту, которая сняла все вопросы, связанные с неравномерным нагревом в диаметральной плоскости. Заданная неравномерность нагрева, как предусмотрено технологическим процессом по длине нагретой части трубы, сохранилась.

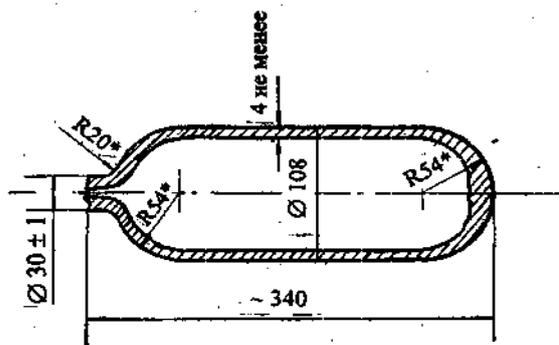
Значительные трудности возникли при расчете индуктора. Дело в том, что рассчитать двухслойный индуктор с переменным шагом и частичным вторым слоем невозможно или сделать очень сложно. При предварительном расчете определялась в зависимости от теплофизических и геометрических параметров заготовки мощность, необходимая для одного витка индуктора [5], затем определялась общая мощность, необходимая для нагрева всей заготовки. Учитывая заданную переменную температуру по длине заготовки, подбирались зазоры между витками. Окончательные размеры индуктора корректировались в производственных условиях.

Индукционная установка работает в полуавтоматическом режиме. Введение заготовки в индуктор, ее вращение, продолжительность нагрева, остановка заготовки по окончании нагрева и извлечение её из индуктора производятся автоматически, а подача холодной заготовки к индуктору и перенос нагретой заготовки на стол штампа - вручную. Питание индуктора производится от тиристорного преобразователя частоты ТПЧ-100-2,4 (мощность 100 кВт, частота 2,4 кГц). Температура нагрева при установленном времени нагрева регулируется величиной изменения тока в индукторе.

Конструкция штампа определяется заданной формой, размерами изделия и условиями деформирования. Для получения баллона (рис. 2) необходимо образовать на одном конце трубной заготовки горловину с утолщенной стенкой для нарезки конической резьбы и на втором конце днище с увеличенной толщиной стенки для надежного сваривания кромок деформированной трубы.

Основным ограничением при обжиме конца трубы в обычных условиях является потеря устойчивости в очаге деформации или на необжатой части трубы. Во избежание этого при необходимости значительной деформации в обычных условиях обжим, чаще всего, проводят в несколько переходов с промежуточным отжигом или применяют усложненные конструкции штампов, которые позволяют лишь незначительно увеличить деформацию за один переход без потери устойчивости.

Разработанная нами конструкция штампа (рис. 3) и дифференцированный нагрев заготовки позволяет производить обжим до любой заданной степени деформации за один переход,

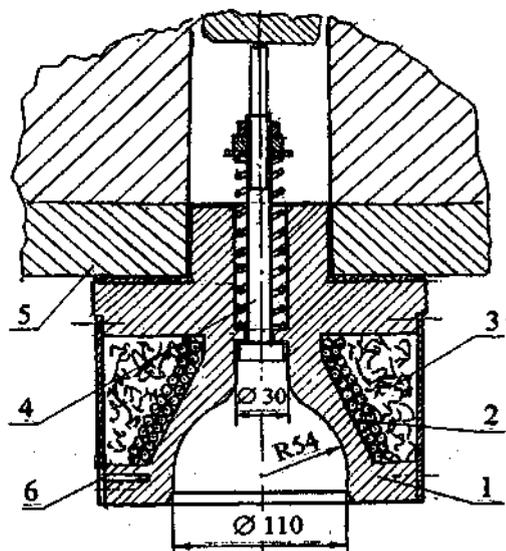


Размеры обозначенные * служат для построения инструмента и ГОСТом 949-73 не регламентируются

Рис.2-Баллон, емкость 2 л.

что в несколько раз сокращает расходы на изготовление инструмента, многократный нагрев и другие составляющие технологического цикла.

Важнейшим условием деформирования трубы в таком штампе является сохранение заданной температуры за время обжима. С этой целью штамп нагревается и его температура не должна быть ниже 450-500 °С, а процесс деформирования идти достаточно быстро во избежание чрезмерного остывания кромки деформированной трубы.



1. Штамп
2. Нагреватель нихромовый
3. Термоизоляция асбестовая
4. Выталкиватель
5. Подштамповая плита
6. Место для термометра

Рис.3-Конструкция штампа

Подогрев штампа производится перед штамповкой нихромовыми нагревателями, находящимися в штампе (см. рис. 3), контролируется термопарой и регулируется подаваемым напряжением на нагреватель. В процессе работы, когда температура штампа стабилизируется, нагреватели отключаются.

Температуры заготовки и штампа являются очень важными факторами влияющими на распределение деформации в зоне формовки горловины и особенно днища баллона. Установлено, что наиболее благоприятная температура конца трубной заготовки в начале деформации для конструкционных сталей, из которых изготавливаются баллоны, должна быть, 1000-1050 °С, а деформированного участка переходящего в цилиндрическую трубу (Ю—650 °С) температура штампа 500-550 °С.

Должны быть обеспечены значительные меридиональные напряжения в зонах примыкающих к обжимному концу, создаются благоприятные условия для заполнения полости штампа, где находится горловина с необходимым утолщением стенки или смыкания стенок при формировании днища с дальнейшим

свариванием их и закрытием полости. При относительно тонкостенной трубе ($S_0/D_0 < 0,04$) этот процесс идет с некоторыми затруднениями и сопровождается излишним утолщением стенки в зоне наибольших деформаций, особенно это проявляется при формовке днищ. В связи с этим, чтобы не использовать дополнительные операции для получения днищ баллонов, было принято решение, получать днища на обкатной машине, ранее работающей на одном из предприятий и приобретенной заводом. Следует отметить, что производительность обкатной машины в 2-3 раза ниже, чем 1,6 МН кривошипного пресса на котором производится штамповка горловин.

Для получения качественной горловины баллона, обеспечения большей производительности при эксплуатации штампа не допустим перегрев поверхностного слоя его рабочей части. С этой целью, а так же для снижения расхода электроэнергии и наиболее благоприятного течения металла в горловину производится смазка рабочей поверхности штампа водно-графитовой смазкой ОГВ-75 или ГФП, производимыми на ОАО «Маркограф». Смазка наносится распылением перед каждой штамповкой. Расход смазки 3-4 грамма на заготовку. Первый штамп был изготовлен из стали 38ХГСА. Стойкость штампа составила более 15 тыс. изделий. Такая высокая стойкость при горячем деформировании объясняется незначительными нормальными напряжениями на контактной поверхности. Теоретический анализ показывает, что величина этих напряжений зависит от значений меридиональных, тангенциальных напряжений и прямо пропорциональна относительной толщине в месте деформации.

Производство баллонов с использованием разработанной новой технологии позволило снизить себестоимость продукции и обеспечить выпуск огнетушителей в соответствии с планом.

Выводы

Горловины и днища малолитражных баллонов высокого давления можно получать обжимом конца трубной заготовки за один переход с предварительным дифференцированным нагревом и соблюдением параметров процесса, изложенных в настоящей работе. Производительность при этом в два раза выше, чем на обкатных машинах.

Перечень ссылок

1. *Кирицев А.Д., В.К.Икорский В.К.*, Обжим толстостенных труб с неравномерным нагревом очага деформаций. // Известия вузов. Черная металлургия. -1965. - № 3. - С 11-15
2. *Попов Е.А.*, Основы теории листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1968.- 283с.
3. *Горбунов М.К.*, Штамповка деталей из трубчатых заготовок. -Машгиз, 1960.- 272с.
4. *Кирицев А.Д., Каргин Б.С., Ткачев Р.О.*, Исследование и разработка технологического процесса обжима концов труб из сплава Д1б. //Вестник Приазов. гос. техн. ун-та: Сб. науч. тр.- Мариуполь 1996.-Вып.2.- С 126-131
5. *Слухоцкий Е.А., Рыскин СИ.*, Индукторы для индукционного нагрева. - Л.: Энергия, 1974.- 197с.

Кирицев Анатолий Дмитриевич. Кандидат технических наук, доцент кафедры кузнечно-штамповочного производства ПГТУ, окончил Мариупольский металлургический институт в 1949г. Основные направления научных исследований - новые технологии и оборудование в области импульсной техники,ковки крупных поковок, деформации труб.

Каргин Борис Сергеевич. Кандидат технических наук профессор зав.кафедрой КИШ1 ПГТУ, окончил мариупольский металлургический институт в 1963г. Основные направления научных исследований - совершенствование процессовковки и штамповки.

Ткачѳв Ростислав Олегович. Ассистент, зав. лабораторией КГПП1 ПГТУ, окончил Мариупольский металлургический институт в 1991г. Основные направления научных исследований - разработка, исследование и внедрение новых технологий в области формоизменения трубных заготовок.

Казмириди Константин Харлампиевич. Генеральный директор, председатель правления ЗАО "Пожзащита", окончил Мариупольский металлургический институт в 1972г. Основные направления научных работ — внедрение процессов интенсификации получения корпусных заготовок баллонов.

Пионтковский Бронеслав Антонович. Главный инженер ЗАО "Пожзащита", окончил Мариупольский металлургический институт в 1965г. Основные направления научных работ - внедрение процессов интенсификации получения корпусных заготовок баллонов.

Статья поступила 26.02.2001.