

УДК 621.642.02

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦЕЛЬНОТЯНУТЫХ БАЛЛОНОВ ИЗ СПЛАВА АМг5**

Георгий Алексеевич Каранин

*Студент 5 курса,  
кафедра «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»  
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова*

*Научный руководитель: В.А. Лобов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Высокоэнергетические устройства  
автоматических систем»*

Для хранения сжатых и сжиженных газов под давлением наряду со стальными и композитными широко распространены баллоны из термически неупрочняемого алюминиево-магниевый сплав АМг5. В БГТУ «ВОЕНМЕХ» предложена и запатентована технология изготовления таких баллонов многопереходной глубокой вытяжкой и последующим обжимом горловины с нагревом перед каждым переходом до температуры рекристаллизации [1]. Данный способ имеет ряд преимуществ перед известными технологиями получения баллонов закаткой из трубной заготовки [2] заключающихся в повышении герметичности и прочности готовых изделий.

Тем не менее при штамповке возможно появление брака в виде растрескивания кромки, появления надрывов и задиров вследствие высокого коэффициента трения, недостаточного прогрева заготовки или неравномерного остывания. Кроме того применяемая графитовая смазка приводила к появлению царапин, а в некоторых случаях на полуфабрикатах образовывались трещины и разрывы (рис. 1, а).

Для определения характеристик прочности и пластичности материала при различных температурах были проведены испытания стандартных цилиндрических образцов на разрыв в соответствии с ГОСТ 1497-84 на испытательной машине Shimadzu AG-X-100 kN с установленной нагревательной печью. По результатам испытаний построены кривые деформационного упрочнения для температур в интервале от 20° С до температуры начала рекристаллизации в 315° С.

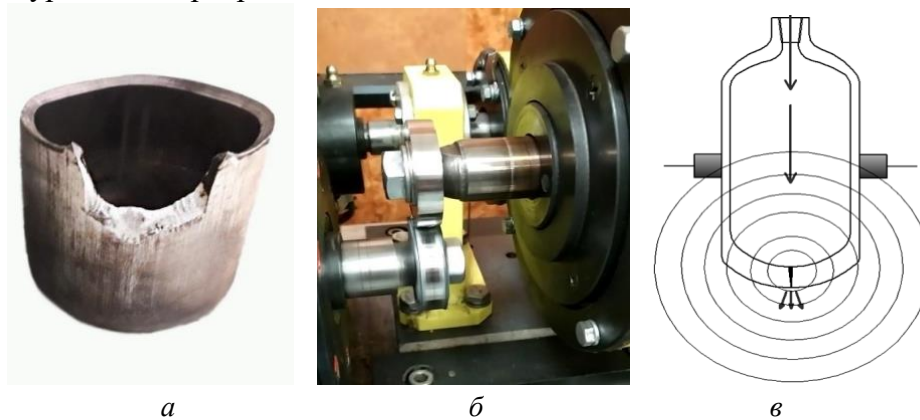


Рис. 1. Разрушение полуфабриката при штамповке (а), определение коэффициента трения на машине ИИ 5018 (б) схема контроля качества баллона датчиками АЭ (в)

Также было проведено исследование эффективности различных смазочных материалов на машине трения ИИ 5018. Испытания проведены по схеме «диск–диск» для определения коэффициента трения скольжения (рис. 1, б) при различных силах сжатия дисков и с разными скоростями вращения. Неподвижный диск изготавливали из материала баллона (АМг5), а вращающиеся диски из инструментальной стали 40Х и из сплава АМг5. Проанализированы смазки состоящие из минеральных масел, загущённых натриево-кальциевым мылом высших жирных кислот с добавлением различных присадок, а также модификаций (ультрадисперсного жаропрочного алюминиевого порошка, поликарбонатофторида, фторида графена и т.д.). По результатам испытаний измеряли размеры пятна контакта и фиксировали коэффициент трения. Окончательные испытания проведены непосредственно на заготовках баллонов при первой и второй вытяжках проводимых на гидравлическом прессе ПО-54. Наилучшие результаты показала экспериментальная смазка из смеси минеральных масел загущённых натриево-кальциевым мылом высших жирных кислот с добавлением фторида графена, антиокислительной, противоизносной, противозадирной присадок, а также ультрадисперсного жаропрочного алюминиевого порошка и поликарбонатофторида (ПКФ), обладающая высокой теплостойкостью, и низким коэффициентом трения.

Несмотря на отсутствие внешних дефектов при изготовлении в металле могут оставаться микротрещины, расслоения, внутренние разрывы, плены и другие внутренние дефекты. Поэтому контроль качества готовых изделий предложено производить неразрушающим методом – акустической эмиссией (АЭ) с помощью прибора ЛОКТОН 2004. Акустическая эмиссия – излучение материалом упругих колебаний от источника, вызванное внутренней динамической локальной перестройкой его структуры. Природа колебаний может быть различна – образование и развитие трещин, релаксация или деформация материала и т.д. [3].

Методика испытаний баллонов АЭ заключается в следующем. Установленный на испытательном стенде баллон от компрессора нагружается давлением воздуха в 10 бар и остаётся на 24 часа. При наличии утечек в металле возникают импульсы на которые реагируют два датчика АЭ, фиксируемые с торцевых сторон баллона (рис. 1, в). Полученные результаты выводятся в виде таблицы локаций на компьютер, по которой можно определить место возможной утечки по точке максимальной концентрации импульсов на расстоянии между двумя датчиками. У баллонов, изготовленных предлагаемым способом [2], практически не наблюдалось концентрации импульсов ни в одной зоне, а отдельные всплески по амплитуде незначительно превосходили порог чувствительности. Разработанная методика позволяет контролировать изделия на уровне 100% от изготовленной партии с указанием места дефекта при его наличии.

## Литература

1. Пат. 2699701 Рос. Федерация, МПК7 В21D51/24. Способ изготовления баллонов высокого давления / Лобов В.А., Ремшев Е.Ю., Афимьин Г.О., Затеруха Е.В.; № 2018142457; заявл. 30.11.2018; опубл. 09.09.2019. Бюл. №25. – 8 с.
2. Лобов В.А., Ремшев Е.Ю., Игнатенко В.В., Затеруха Е.В., Разработка технологии изготовления и методики контроля качества цельнотянутых баллонов из сплава АМг5 // Вестник МГТУ «Станкин». – 2020. – №3 (54) – С. 47-51. DOI: 10.47617/2072-3172\_2020\_3\_47.

3. *Войченко К.Ю., Ремшев Е.Ю., Силаев М.Ю.*, Исследование возможностей оценки качества нагруженных металлических конструкций акустическими методами неразрушающего контроля // Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов обработки металлов давлением: мат. международ. науч.-техн. конф. / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2014. – С. 61-66.