

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ ОКАЛИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ НАГРЕВЕ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК

В современном машиностроении широкое применение получили изделия, конструкции которых содержат множество емкостей, резервуаров, сосудов, баков, баллонов. Значительное место среди этих деталей занимают оболочковые конструкции, обеспечивающие им прочность, легкость, технологичность, совершенство формы, экономичность. К одному из наиболее важных элементов оболочковых конструкций относятся днища, к которым, как правило, предъявляются достаточно высокие требования при их изготовлении.

На данном этапе производства днищ для железнодорожных цистерн, цистерн для длительного или кратковременного хранения топлива или газа и т. д., широко применяется горячая листовая штамповка [1, 2]. Технология изготовления включает в себя пламенный нагрев сварной листовой заготовки из стали 09Г2С до температуры 950°C и последующую вытяжку. Наиболее характерными дефектами при вытяжке днищ являются риски на цилиндрической и переходной к эллипсоиде поверхности (рис. 1 а, б). Указанный дефект в дальнейшем может привести к браку готовой продукции. Одной из причин образования рисок является слой окалины на поверхности заготовки. В результате взаимодействия металла заготовки с кислородом в процессе нагрева поверхностные слои металла окисляются, и на поверхности металла образуется слой окалины. Чем продолжительнее нагрев и выше температура, тем больше угар металла. В некоторых случаях угар металла может достигать 4 %, в результате чего ухудшается качество поверхности и возникает необходимость удаления окалины с поверхности заготовки, а это ведет к дополнительным затратам и охлаждению заготовки перед вытяжкой.

Существует достаточно много способов уменьшения окалинообразования [3-5], однако, как показывает практика, многие из них требуют достаточно больших затрат, что может отрицательно сказаться на стоимости готовых изделий. Одним из наиболее прогрессивных способов является применение специальных защитных технологических покрытий [6-8], что частично или полностью уменьшает окисление металла при нагреве. Большинство технологических покрытий, известных на данный момент, являются дорогостоящими и сложными в приготовлении. Поэтому актуальным вопросом остается разработка и исследование эффективных защитных технологических покрытий для уменьшения окалинообразования металла.



Рис. 1. Вид брака при штамповке днищ: а – общий вид; б – увеличенный вид.

Целью работы является разработка и исследование эффективных технологических покрытий при нагреве листовых заготовок.

Для экспериментов использовали листовые заготовки из стали 09Г2С толщиной  $S=2$  мм и диаметром  $D=52,4$  мм. Перед нагревом заготовки обезжиривались и предварительно взвешивались на аналитических весах ВЛА–200г-М. Для исследований влияния состава покрытия на эффективность уменьшения окалинообразования были подготовлены образцы и исследованы следующие технологические покрытия: борная кислота (порошок) 75% + вода 25%, борная кислота (порошок) 50% + вода 50%, борная кислота (порошок) 25% + вода 75%, жидкое стекло,  $Fe_2O_3$  25% + вода 60% + борная кислота (порошок) 25%, борная кислота 3% раствор (борный спирт),  $MgO$  40% + борная кислота 60%,  $MgO$  40% + вода 60%, огнеупорная глина 20% + вода 70% +  $CuO$  5% +  $Fe_2O_3$ , огнеупорная глина 20% + борная кислота 70% +  $CuO$  5% +  $Fe_2O_3$ . Нанесение технологических покрытий на исследуемые образцы осуществлялось окунанием заготовок в ванну с используемыми покрытиями, после чего образцы высушивались. Нагрев листовых заготовок осуществлялся в электрической печи до температуры  $950^{\circ}C$ . Время выдержки образцов в печи определялось, исходя из соотношений 1 минуты нагрева на 1 мм толщины заготовки. Окалинообразование определяли по потере массы металла (1). Для этого с образцов после нагрева сбивалась окалина [9], после чего образцы повторно взвешивали на аналитических весах. Эффективность исследуемых технологических покрытий определяли по потере массы металла.

$$M_y = \frac{100 \times (M_{дн} - M_{пн})}{M_{дн}}, \quad (1)$$

где  $M_y$  - масса угара, %;  $M_{дн}$  - масса до нагрева, гр;  $M_{пн}$  - масса после нагрева, гр.

Зависимость массы угара металла от типа технологических покрытий и зависимость массы угара металла от концентрации борной кислоты представлена на рис. 2, 3.

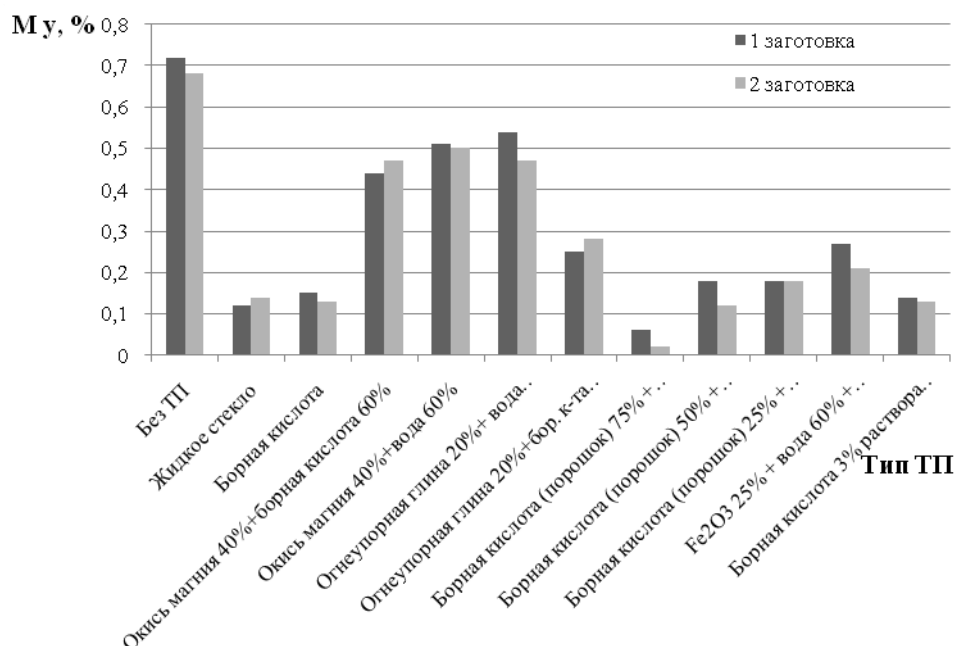
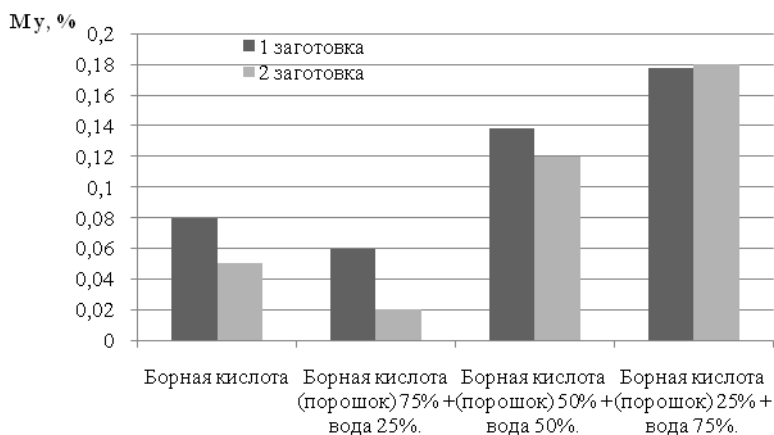


Рис. 2. Зависимость массы угара металла от типа технологических покрытий

Анализ полученных результатов показывает, что без применения технологического покрытия угар металла составляет 0,7%. При применении технологических покрытий угар металла значительно уменьшается. Наименьший процент угара металла наблюдается при применении жидкого стекла, 3% раствора борной кислоты (борный спирт) и различных концентраций борного порошка, и составляет около 0,1%. Однако, несмотря на высокую эффективность жидкого стекла, его использова-

ние на производстве приводит к значительному вреду для здоровья рабочих и окружающей среды.



**Рис. 3.** Зависимость массы угара металла от концентрации борной кислоты

Как показывают эксперименты (см. рис. 3), количество угара возрастает с уменьшением концентрации борного порошка. Наименьший угар металла наблюдается при использовании борной кислоты (борного спирта) и 75% раствора борного порошка. При этом значительно уменьшается угар металла и улучшается качество поверхности листовой заготовки.

## ВЫВОДЫ

В результате экспериментов для уменьшения окалинообразования было разработано и исследовано технологическое покрытие на основе борной кислоты, при этом окалинообразование уменьшается до 0,1-0,05%, т. е. в 6-8 раз по сравнению с нагревом без покрытия. Данное покрытие является простым в изготовлении и не дефицитным.

### Перечень ссылок

1. Мовшович И.Я. Опыт штамповки тонкостенных сферических днищ на гидравлических прессах / И.Я. Мовшович, В.И. Бер // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2008. – № 3. – С. 27-29.
2. Демин В.А. Горячая листовая штамповка днищ / В.А. Демин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2002. – № 8. – С. 16-18.
3. Солнцев С.С. Защитные покрытия металлов при нагреве / С.С. Солнцев, А.Т. Туманов – Справоч. пособ. М.: Машиностроение, 1976. – 240с.
4. Солнцев С.С. Защитные технологические покрытия и тугоплавкие эмали / С.С. Солнцев – Справоч. пособ. М.: Машиностроение, 1984. – 256 с.
5. Солнцев С.С. Защитные покрытия металлов при нагреве / С.С. Солнцев – Справоч. пособ. М.: Кнжный дом «Либроком», 2009. – 248 с.
6. Петров А.Н. Исследование коллоидно-графитовых теплозащитных покрытий для никелевых сплавов / А.Н. Петров // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2012. – № 5. – С. 35-38.
7. Валеева А.Х. Метафосфатное стекло как защитно-смазочный материал при горячей деформации циркониевых сплавов / А.Х. Валеева, И.Ш. Валеев, М.В. Маркушев, Р.Р. Мулюков // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2010. – № 3. – С. 40-43.
8. Акаро И.Л. Применение органосиликатных материалов при горячей штамповке / И.Л. Акаро, Г.И. Норцица, И.А. Акаро // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2003. – № 11. – С. 44-47.

9. Пат. 76293 Україна, МПК(1012) В21В 45/00, В21В 45/04. Склад для видалення окалини із заготовок під об'ємне штампування / *Каргін С. Б., Каргін Б. С., Кухар В .В., Аніщенко О. С., Лисенко В. В.*; заявник та патентовласник ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». - № u201208272; заявл. 06.07.12; опубл. 25.12.12, Бюл. № 24. 3 с.: іл.

Рецензент: д.т.н., проф. Самотугин С.С.

*Стаття поступила 10.10.14*