

УДК 621.791.75.015

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ СВАРКЕ

М.Ю. Корниенко, Д.М. Веселков, О.Б. Громов, А.В. Лысенко, В.П. Смирнов,

Л.Н. Солодовников, П.Н. Тараторкин, С.А. Школин

*АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт
неорганических материалов имени академика А.А.Бочвара», Москва*

Н.Г. Кашков

ООО «СНК Трейд», Озерск, nkashkov@mail.ru

Описан опыт снижения налипания брызг расплавленного металла, образующихся при дуговой сварке в углекислом газе изделий из конструкционных сталей. Применение антипригарных покрытий со связующим на основе карбоксиметилцеллюлозы с огнеупорными наполнителями Al_2O_3 , ZrO_2 и Y_2O_3 , позволяет минимизировать последующие слесарные работы по зачистке свободных (прилегающих к сварным швам) поверхностей. Проведены металлографические исследования образцов сварных соединений с покрытиями и без них. По потребительским свойствам и соотношению цена/качество оптимальным является покрытие с огнеупорным наполнителем на основе Al_2O_3 .

Ключевые слова: антипригарное покрытие, сварка, сварочные брызги, карбометилцеллюлоза, оксид алюминия, оксид циркония, оксид иттрия.

COMPARATIVE STUDIES OF NON-STICK COATINGS IN URANIUM MELTING

M.Yu. Kornienko, D.M. Veselkov, O.B. Gromov, A.V. Lysenko, V.P. Smirnov,

L.N. Solodovnikov, P.N. Taratorkin, S.A. Shkolin

JSC «A.A. Bochvar High-technology Research Institute of Inorganic Materials», Moscow

N.G. Kashkov

«SNK Trade» LLC, Ozersk

The experience of reducing the adhesion of molten metal splashes formed during arc welding in carbon dioxide of structural steel products is described. The use of non-stick coatings with a binder based on carboxymethyl cellulose with refractory fillers Al_2O_3 , ZrO_2 and Y_2O_3 , made it possible to minimize subsequent plumbing work on cleaning free (adjacent to the welds) surfaces. Metallographic studies of samples of welded joints with and without coatings have been carried out. In terms of consumer properties and price/quality ratio, a coating with a refractory filler based on Al_2O_3 is optimal.

Keywords: non-stick coatings, welding, welding spray, carbomethylcellulose, aluminium oxide, zirconium oxide, yttrium oxide.

Введение

Импортозамещение материалов и технологий в области машиностроения ответственных узлов и механизмов требует повышенного к ним внимания и, зачастую, проведения дополнительных исследований. На одном из машиностроительных предприятий Госкорпорации «Росатом» при замещении сварочной проволоки ОК ПРО 51С (производство ООО «ЭСАБ»-Швеция) из стали марки 09Г2с на отечественную 5G2 (ER70S-6) производства ООО «АЭМЗ» на операции полуавтоматической сварки рам ответственных конструкций повысилось разбрызгивание расплавленного металла, что привело к значительному увеличению налипания брызг на свободных поверхностях изделий и потребовало организации слесарных работ по их зачистке перед операцией окрашивания.

Для выяснения причин повышенного разбрызгивания сварочного металла специалистами АО «ВНИИНМ» были проведены исследования проволок двух вышеуказанных производителей, а именно:

- определение химического состава проволок с помощью рентгеноспектрального микроанализа;
- анализ поперечного сечения проволоки с помощью растрового электронного микроскопа;
- определение массовых долей кислорода, азота, водорода методом восстановительного плавления на установке ТСН-600 фирмы LECO;
- определение массовых долей углерода и серы методом инфракрасной абсорбции на установке CS-230 фирмы LECO.

Проведенные лабораторные исследования проволоки не выявили несоответствий требованиям ТУ 1227-007-93827560-2020 [1] (ООО «АЭМЗ») и ТУ 12227-200-55224353-2018 [2] (ООО «ЭСАБ»). Кроме того, сравнительный анализ результатов исследований данных проволок не выявил сколь-либо существенных различий между ними.

В связи с тем, что при изготовлении одного изделия типа «рама» требуется выполнение более 50 сварных швов в различных пространственных положениях, режимы сварки которых установлены в технической документации и подтверждены испытаниями, изменение технологических параметров сварки было признано нецелесообразным из-за значительных трудозатрат и риском срыва производственных планов.

Другим вариантом решения проблемы налипания сварочных брызг предложено использование специального покрытия для снижения их адгезии к поверхностям изделия около сварных швов и облегчения их механической зачистки после операции сварки. В настоящее время на рынке имеется широкий выбор различных эмульсий и антипригарных препаратов в виде спреев и паст, однако производители зачастую не раскрывают их химического состава. Например, использование производителями в составе препаратов соединений бора, в частности, нитрида бора, ограничивает

возможность применения в атомной технике из-за способности его поглощать нейтроны, а присутствие масел в некоторых составах требует последующей дополнительной очистки и обезжиривания поверхностей.

Основными требованиями к покрытию являются:

- снижение количества сварочных брызг, сцепленных с поверхностью металла изделий;
- отсутствие частиц нанесенного покрытия и порообразования в сварных швах;
- простота нанесения и удаления покрытия после сварки;
- низкая стоимость.

Для защиты свободных поверхностей изделий было предложено опробовать антипригарные составы, ранее хорошо зарекомендовавшие себя при плавке активных металлов. Для проведения испытаний были выбраны составы со связующим на основе карбоксиметилцеллюлозы с огнеупорными наполнителями Al_2O_3 , ZrO_2 , Y_2O_3 и воды.

Основная цель данной работы – оптимизация операции сварки для снижения налипания брызг сварочного металла на свободных поверхностях.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

- провести сравнительные испытания предложенных составов по защите свободных поверхностей от налипания брызг расплавленного металла;
- провести металлографические исследования сварных швов различной конструкции (стыковых, угловых, тавровых), полученные с использованием и без антипригарного покрытия.

Методика исследований

При приготовлении антипригарных составов были использованы в качестве огнеупорных наполнителей глинозем ГОСТ 6912.1-93 [3], иттрия оксид ТУ 48-4-524-90 [4], циркония двуокись ГОСТ 21907-76 [5]; в качестве связующего – карбоксиметилцеллюлоза ТУ 2231-002-50277563-2000; и растворитель – дистиллированная вода. Составы готовили в соответствии с ТУ 20.59.59-001-15679575-2024 и по технологии, указанной в [6]. В качестве образцов для исследований использовали пластины из стали марки Ст3 толщиной 4 мм, рабочие поверхности которых обрабатывали наждачной бумагой для удаления грубой ржавчины и обезжиривали этиловым спиртом.

На первом этапе различные покрытия наносили краскопультom на часть пластины так, чтобы в каждом виде покрытия оставалась полоса шириной около 10 мм, толщина покрытия ~ 100 мкм. Внешний вид пластины после нанесения покрытий показан на рис. 1.

Сварочный шов выполняли методом ручной дуговой сварки электродами марки ОЗС-12 на режиме: ток сварки –100 А, напряжение дуги –65 В, в один проход по

прямолинейной траектории. После испытаний пластину промывали водой от остатков покрытия, осматривали с использованием лупы 10х и фотографировали.

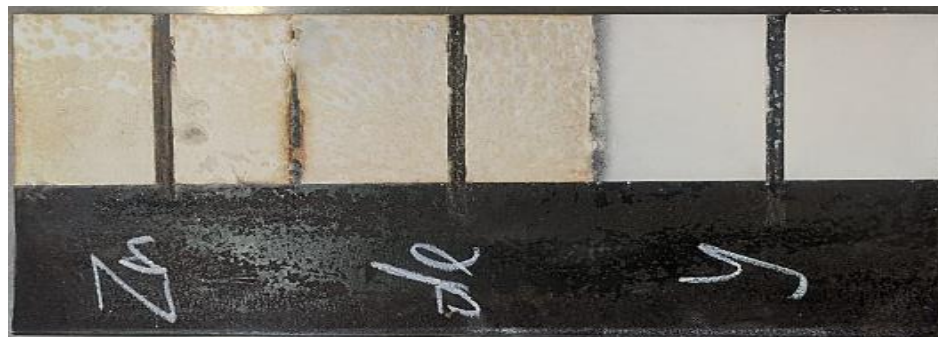


Рис. 1. Внешний вид пластины с нанесенными покрытиями

На втором этапе из на половину окрашенных пластин были собраны три типа сварных соединений по ГОСТ 5264-80: С2, У4, Т1 [7]. Сварочный шов накладывали методом ручной дуговой сварки электродами марки ОЗС-12 диаметром 2 мм по режиму: ток сварки – 65-75 А, напряжение дуги – 55-65 В, в один проход, с колебаниями электрода поперек стыка. Сваренные пластины очищали от остатков покрытия осматривали с использованием лупы 10х и фотографировали.

Металлографический анализ проводился на шлифах, полученных из образцов, вырезанных поперек стыка в участках с покрытием и без, после шлифования наждачной бумагой различной зернистости (от 100 меш и до 1200 меш) и полирования алмазной пастой №4 на фетровом круге. Для исследования при увеличениях 100 и 200 крат применялся оптический микроскоп Carl Zeiss Axio Imager.Z2m и программного обеспечения AxioVision с функцией сшивки панорамных изображений.

Результаты и обсуждение

На рис. 2 показаны фотографии пластины до и после нанесения швов. Значимой разницы в свойствах антипригарных составов и полученных сварных швах выявлено не было, поэтому оптимальным по соотношению цена/качество был признан состав с глиноземом (Al_2O_3).



а) покрытие с Y_2O_3



б) покрытие с Al_2O_3



в) покрытие с ZrO_2

Рис. 2. Внешний вид пластины со сварными швами: (а) до и (б-г) после удаления покрытий

Последующие эксперименты проводили с составом, содержащим Al_2O_3 . На рис. 3 показан внешний вид сваренных образцов, пунктиром выделен участок с несколькими крупными каплями расплавленного металла, которые имели слабую адгезию с подложкой и были легко удалены механически с помощью ветоши. На рис. 4 показаны панорамные микрофотографии, полученные с использованием оптического микроскопа. Анализ при увеличении 200 \times полученных шлифов сварных соединений с нанесенным антипригарным покрытием и без него показал, что каких-либо дефектов в металле сварных соединений не обнаружено. Сварные швы соответствуют требованиям, приведенным в технических условиях предприятия-изготовителя 319-ТУ2 «Общие требования».

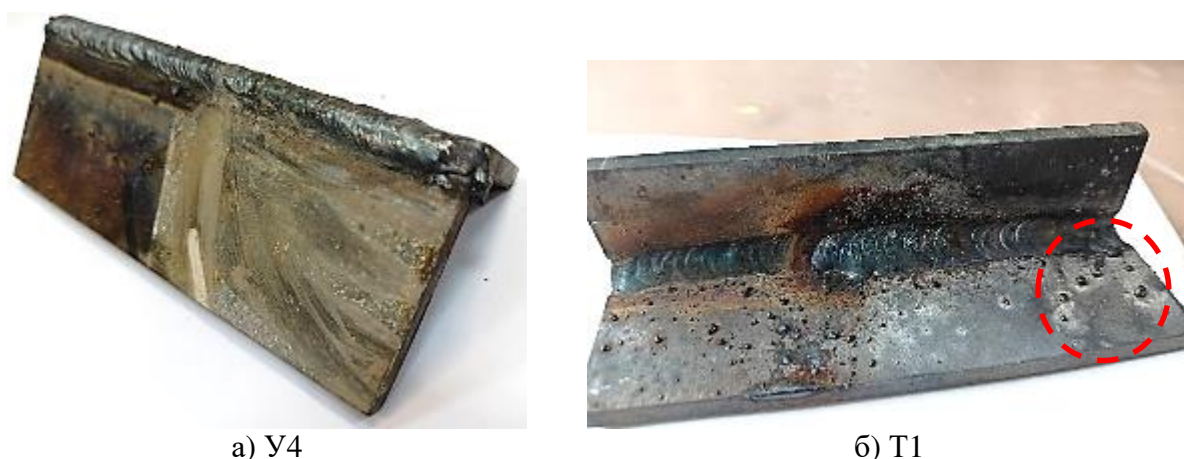


Рис. 3. Внешний вид сварных соединений

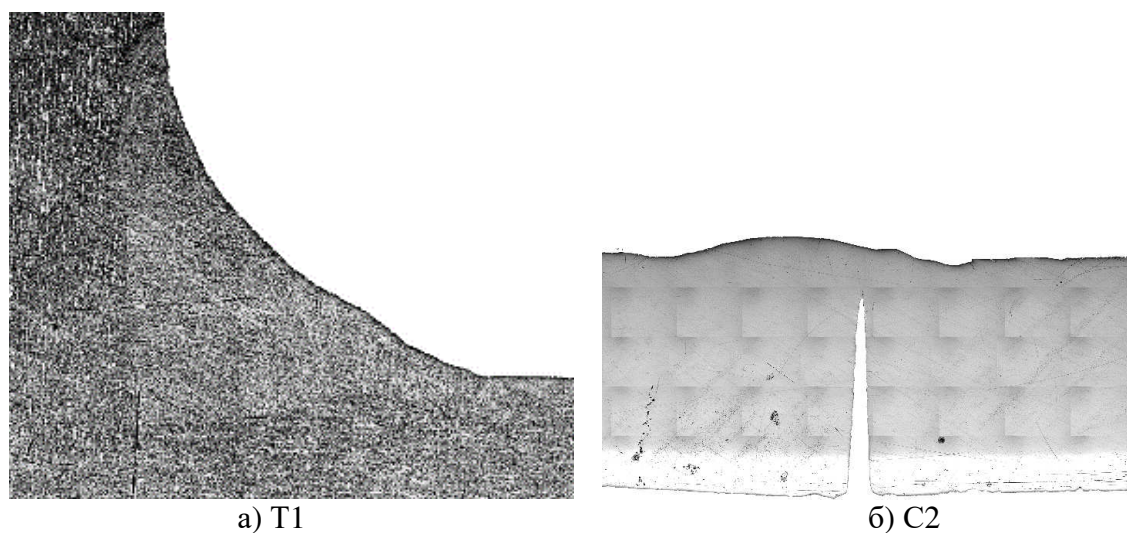


Рис. 4. Фотографии шлифов сварных соединений Т1 (а) и (б) С2 из зоны с покрытием, снято при увеличении 100х

Опытно-промышленные испытания антипригарного покрытия

На основании полученных в результате исследований результатов было принято решение о проведении опытно-промышленных испытания антипригарного покрытия на предприятии-изготовителе изделия типа «рама» (см. выше). На рис. 5 показаны фотографии рамы на различных этапах испытания.

На основании полученных результатов были проведены опытно-промышленные испытания на предприятии заказчика.

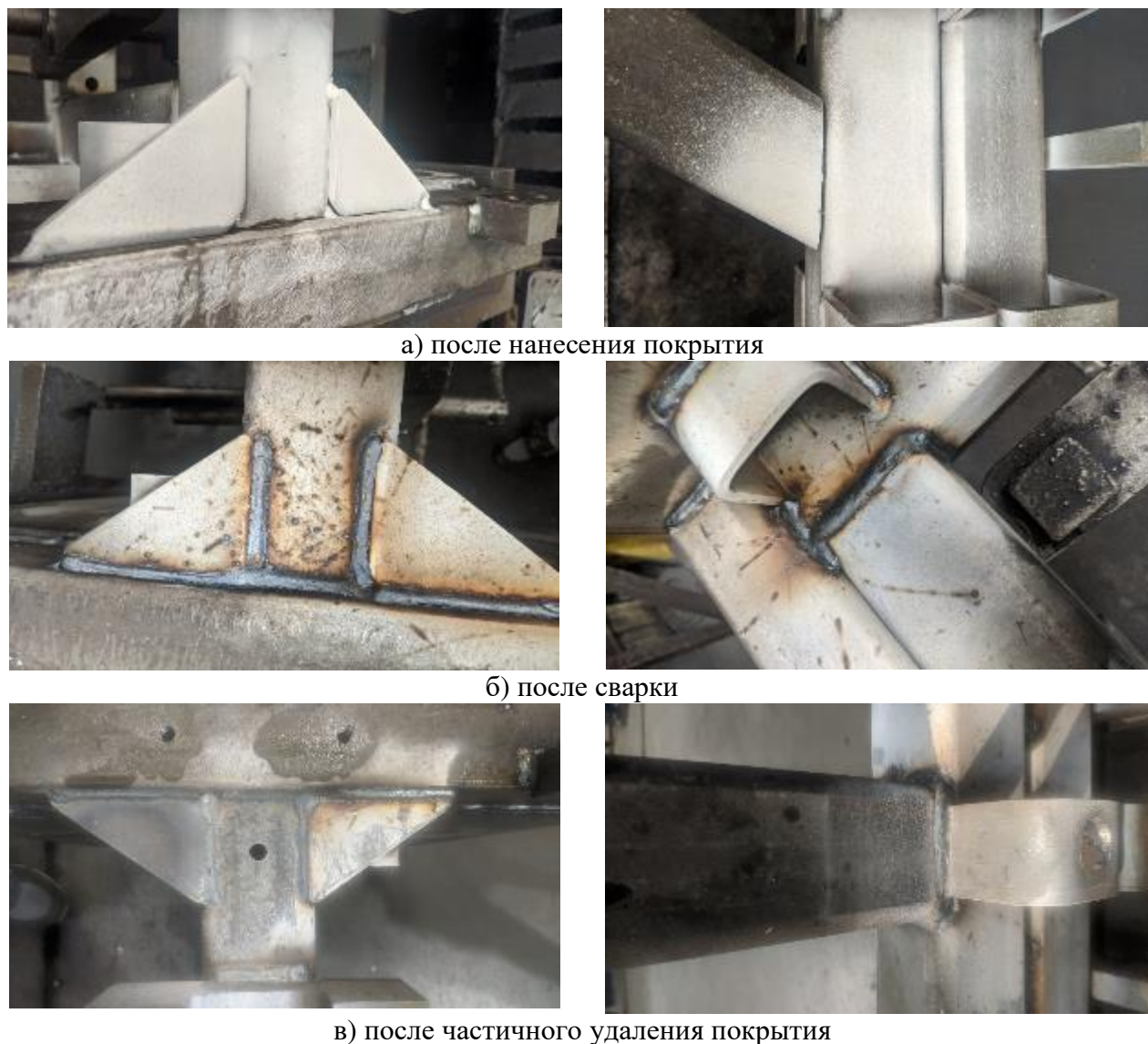


Рис. 5. Фотографии рамы на различных этапах испытаний

По результатам испытаний был сделан вывод, что на защищенных поверхностях изделий с нанесенным покрытием сварочные брызги, сцепленные с поверхностями рамы практически отсутствуют, а имеющиеся брызги расплавленного металла легко удаляются вместе с слоем антипригарного покрытия с помощью влажной ветоши и жесткой щетки.

На поверхностях рамы, не обработанных антипригарным покрытием, количество сварочных брызг, сцепленных с поверхностью и требующих слесарной механической обработки существенно выше.

После обезжиривания и травления произведено порошковое окрашивание рамы по действующему техпроцессу с последующей проверкой адгезии в местах нанесения антипригарного покрытия. Адгезия порошкового покрытия составила 2 балла по ГОСТ

15140-78 [8], что соответствует требованиям конструкторской документации на изделие.

Сваренная рама успешно прошла контроль качества, после чего на нее было нанесено покрытие по серийной технологии. После аттестации рамы с покрытием она была отправлена на дальнейшую сборку.

Выводы

При проведении сварочных работ применение антипригарные покрытия со связующим на основе карбоксиметилцеллюлозы с огнеупорными наполнителями Al_2O_3 , ZrO_2 и Y_2O_3 позволяет значительно уменьшить налипание брызг расплавленного металла на свободные поверхности изделий и снизить затраченные человеко-часы на последующую зачистку сварных швов.

Согласно результатам металлографических исследований, качество сварных швов не зависит наличия на исходных заготовках защитного покрытия. Примененный состав легко удаляется проточной водой без применения дополнительного оборудования.

Покрытие с глиноземом (Al_2O_3) по ТУ 20.59.59-001-15679575-2024 рекомендовано к внедрению в промышленное производство для защиты свободных поверхностей от брызг расплавленного металла при операциях дуговой сварки.

Список литературы

1. ТУ 1227-007-93827560-2020. Проволока сварочная сплошного сечения марки SG2 (ER70S-6). Технические условия. Редакция 5, Абинск, 2020 г.
2. ТУ 1227-200-55224353-2018. Проволока сварочная сплошного сечения марки ОК ПРО 51С для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей перлитного класса в среде защитных газов, ООО «ЭСАБ», Москва, 2018 г.
3. ГОСТ 6912.1.-93. Глинозем. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1994.
4. ТУ 48-4-524-90. Окиси редкоземельных элементов.
5. ГОСТ 21907-76. Циркония двуокись. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1985.
6. Состав и способ приготовления противопригарной краски для графитовой литейной оснастки при плавке и литье химически активных металлов и сплавов, заявка на патент, МПК В22С 3/00, 2021.
7. ГОСТ 5264-890. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. М.: Стандартинформ, 2010.
8. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. М.; Стандартинформ. 2009