



УДК 621.778:621.791  
DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-103-106

Поступила 12.11.2018  
Received 12.11.2018

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ПОР (РАКОВИН) В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ МЕТАЛЛОКОРДА

*И. В. БОРИСОВЕЦ, Т. П. КУРЕНКОВА, А. А. САХАРНАЯ, ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: nmg.plus@bmz.gomel.by*

*Анализ результатов исследований показывает, что около 20% дефектных сварных соединений металлокорда разрушается из-за наличия внутренних пор в зоне сварного шва. В статье проанализированы результаты работы, проведенной в лабораториях ЦЗЛ ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания», и определены возможные причины образования данного дефекта в структуре сварных соединений металлокорда.*

**Ключевые слова.** Металлокорд, стыковая сварка сопротивлением, дефект сварного соединения, сварной шов, зона оплавления, зона термического влияния, хрупкое разрушение, внутренние поры.

**Для цитирования.** Борисовец, И. В. Исследование причин образования внутренних пор (раковин) в сварных соединениях металлокорда / И. В. Борисовец, Т. П. Куренкова, А. А. Сахарная // Литье и металлургия. 2018. № 4. С. 103–106. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-103-106.

## RESEARCH THE CAUSES OF FORMATION OF INTERNAL PORES (BLOWHOLES) IN WELDED JOINTS OF METAL WIRE CORD

*I. V. BORISOVETS, T. P. KURENKOVA, A. A. SAKHARNAJA, OJSC «Byelorussian Steel Works» – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennyya str. E-mail: nmg.plus@bmz.gomel.by*

*Analysis of the research results shows that about 20% of defective weld joints of the metal wire cord are destroyed due to the presence of internal pores in the weld zone. The article analyzes the results of the work carried out in the laboratories of the Belarusian metallurgical works – the management company of the Belarusian metallurgical company holding, and identifies possible causes of this defect in the structure of welded metal wire cord joints.*

**Keywords.** Metal wire cord, resistance butt welding, weld joint defect, weld seam, melting zone, heat-affected zone, brittle fracture, internal pores.

**For citation.** Borisovets I. V., Kurenkova T. P., Sakharnaja A. A. Research the causes of formation of internal pores (blowholes) in welded joints of metal wire cord. Foundry production and metallurgy, 2018, no. 4, pp. 103–106. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-103-106.

Анализ результатов исследований сварных соединений металлокорда, полученных при изготовлении металлокорда в сталепроволочных цехах ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания», показывает, что около 20% дефектных сварных соединений разрушается по причине наличия внутренних пор в зоне сварного шва (рис. 1).

В сварном соединении металлокорда можно выделить несколько зон: сварной шов, зона сплавления, зона термического влияния (рис. 2). Качественное сварное соединение должно обеспечивать безобрывную переработку продукции у потребителя.

Контактная сварка металлокорда относится к стыковой сварке сопротивлением и имеет свои особенности, одна из них – сжатие деталей перед пропуском сварочного тока. При стыковой сварке в соединениях могут образовываться раковины и поры как на поверхности, так и внутри соединения, возможно, с окисленной поверхностью. Выявление данных дефектов не может быть осуществлено оператором после выполнения сварки металлокорда. Поры на поверхности могут быть выявлены только при осмотре сварки с помощью микроскопа, а внутренние поры – при исследовании микроструктуры.

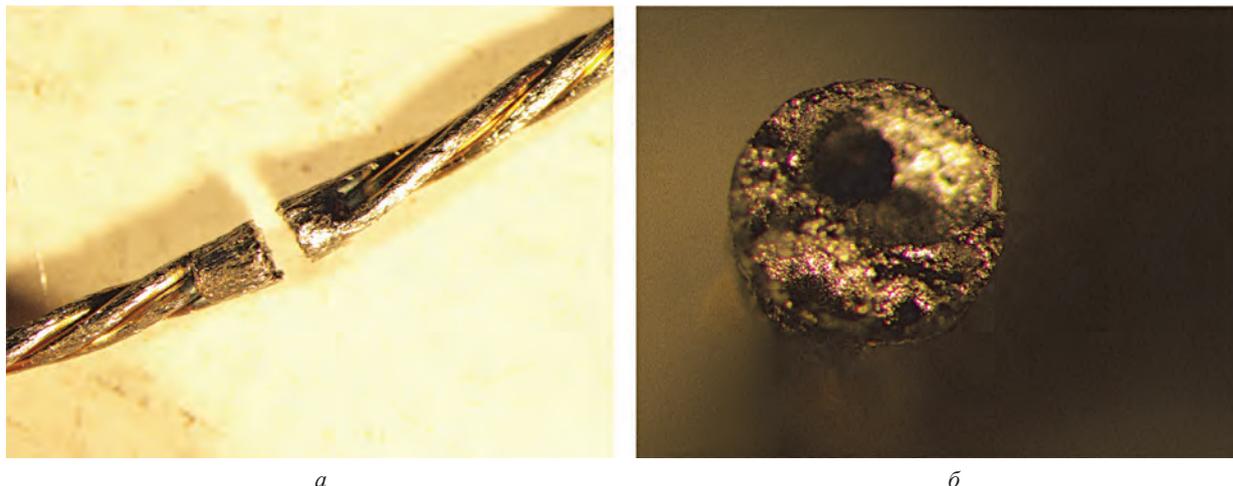


Рис. 1. Внешний вид разрушения (обрыва) сварки металлокорда (а) из-за наличия внутренней поры в зоне сварного шва (б)

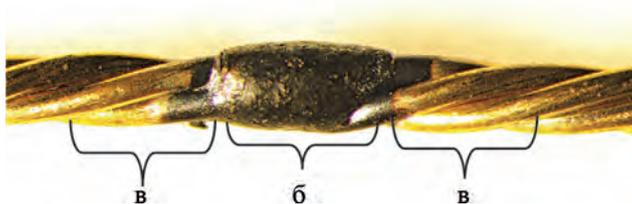


Рис. 2. Зоны сварного соединения металлокорда: а – сварной шов; б – зона сплавления; в – зона термического влияния

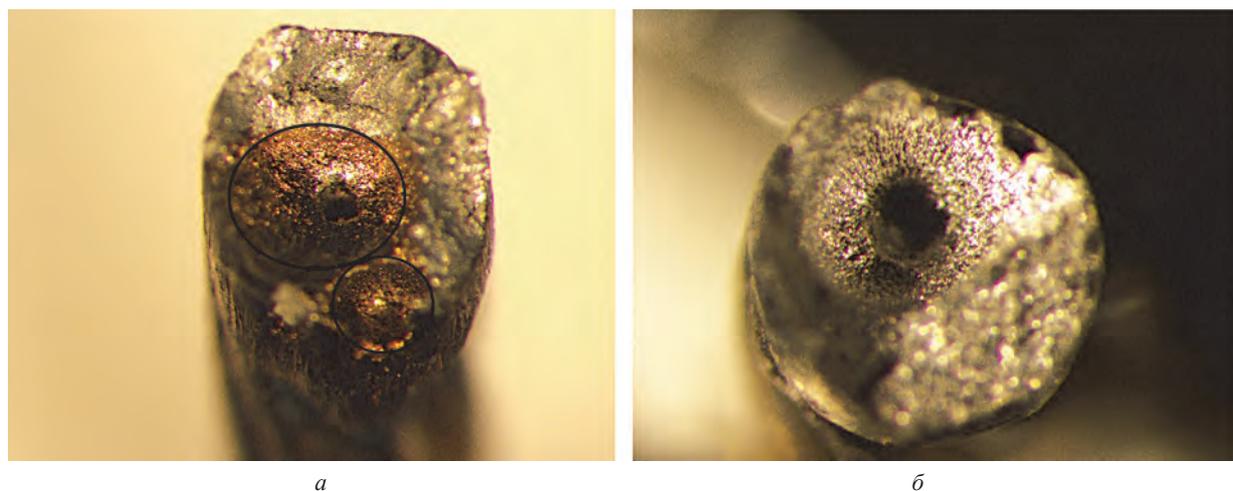


Рис. 3. Расположение внутренних полостей в объеме сварных соединений, выявленных в обрывах сварки металлокорда: а – две окисленные полости в объеме сварки; б – одна полость без следов окисления

Металлографическое исследование зоны сварных соединений концов металлокорда показывает, что полости (раковины, поры) бывают единичные и множественные, разной формы, размера, различного расположения по сечению зоны сварки (рис. 3).

Результаты проводимых в лабораториях ЦЗЛ исследований показывают, что в технологическом процессе производства проволоки и металлокорда внутренние поры в структуре сварки наблюдаются только в сварном соединении, выполненном на металлокорде. В сварных швах, выполненных при сварке концов проволоки, полости не образуются. Таким образом, одной из особенностей пор, выявляемых в сварных соединениях металлокорда, является то, что они образуются при сварке витых проволочных структур, не имеющих сплошного металлического сечения.

В ЦЗЛ ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» совместно с технологическим персоналом сталепроволочных цехов и технического управления была проведена работа по определению возможных причин образования внутренних пор в структуре сварных соединений металлокорда. Для этого были преднамеренно выполнены сварки концов металлокорда с различными отклонениями от требований технологической документа-

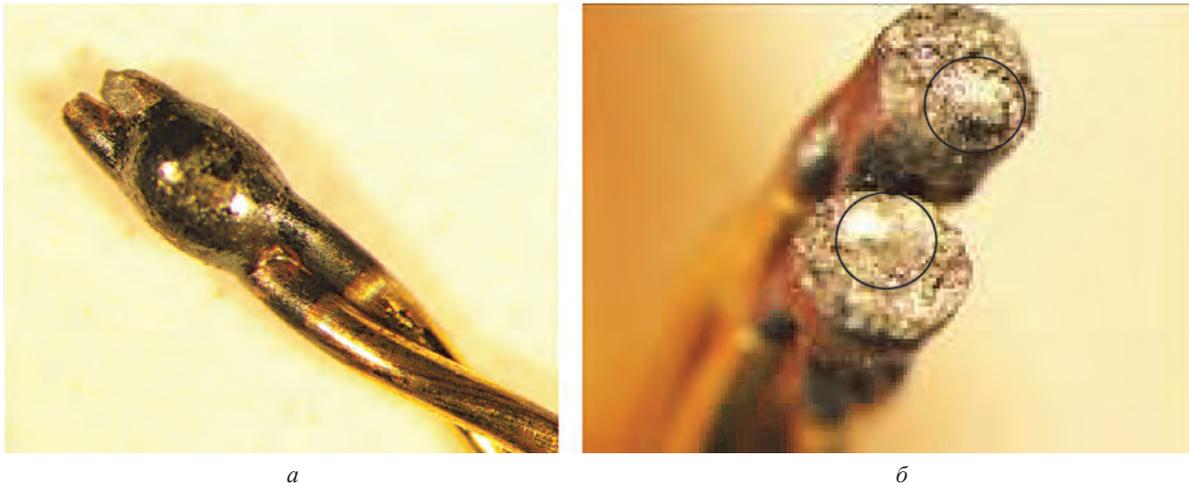


Рис. 4. Внешний вид разрушения сварки после испытания на растяжение: *а* – пластичное разрушение в зоне термического влияния; *б* – хрупкое разрушение в зоне сварного шва из-за наличия внутренней полости

ции, регламентирующей порядок выполнения сварных соединений. При проведении исследований были допущены следующие отклонения:

- отрезание концов металлокорда кусачками взамен специальных ножниц;
- недостаточное число витков укрутки концов металлокорда для отжига перед сваркой;
- смещение концов свариваемого корда в зажимах сварочного аппарата и использование несоответствующих диаметру металлокорда канавок зажимов сварочного аппарата.

Для сравнения также были выполнены две сварки в строгом соответствии с требованиями технологической документации. Всего было выполнено 35 сварных соединений концов металлокорда различных конструкций. Все произведенные сварки были испытаны на соответствие установленным требованиям по диаметру и разрывному усилию, после чего было проведено металлографическое исследование их структуры.

Ниже представлены основные результаты проведенных испытаний и исследований.

Результаты физико-механических испытаний 34 сварных соединений металлокорда соответствовали установленным требованиям по диаметру и разрывному усилию. При испытании данных сварок на растяжение разрушение произошло пластично в зоне термического влияния (рис. 4, *а*). Только одна сварка, выполненная после отрезания концов металлокорда кусачками вместо специальных ножниц, имела хрупкое разрушение в зоне сварного шва, при этом разрывное усилие было ниже установленных требований. При исследовании зоны разрушения в данном образце была выявлена крупная пора  $d \approx 0,5$  мм (рис. 4, *б*).

При исследовании структуры выполненных сварок установлено, что на образцах всех вариантов изготовления имеются внутренние полости. Данные полости имеют различный размер, расположены преимущественно в околошовной зоне, где проволочная структура металлокорда переходит в зону сварного шва (рис. 5, *а*), а также непосредственно в зоне сварного шва (рис. 5, *б*).

Важно отметить, что на двух образцах, полученных после отрезания концов металлокорда кусачками, и на трех образцах, полученных при несоосном соединении концов металлокорда, были выявлены полости, размер которых составил приблизительно 1/3 диаметра сварного шва. Расположены данные полости были непосредственно в околошовной зоне, но разрушение образцов металлокорда произошло пластично вне зоны образования полостей. Можно предположить, что их размер не был критичным и наличие дефекта не повлияло на результат физико-механических испытаний.

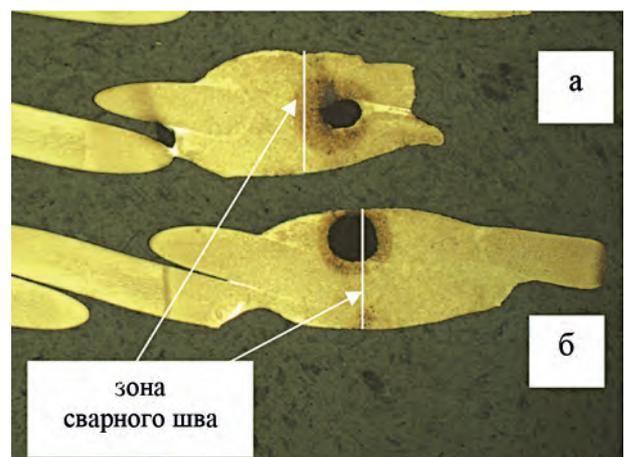


Рис. 5. Микроструктура сварного соединения металлокорда в продольном сечении после испытания на растяжение: *а* – внутренняя полость в околошовной зоне; *б* – внутренняя полость в зоне сварного шва

Анализ расположения полостей указывает на то, что образование дефектов небольшого размера по сечению сварного соединения связано, вероятнее всего, с усадочными раковинами, которые образуются при недостатке жидкого металла в условиях сварки несплошных проволочных металлических конструкций. При использовании кусачек для отрезания концов металлокорда и при несоосном соединении нитей корда при сварке, а также при использовании несоответствующих диаметру металлокорда канавок зажимов сварочного аппарата повышается вероятность образования внутренних полостей критического размера.

Влияния числа витков укрутки на вероятность образования раковин и пор не установлено.

### **Выводы**

Вероятной причиной образования полостей (пор, раковин) служит недостаток жидкого металла в сварном соединении в условиях сварки несплошных проволочных конструкций. При некачественной подготовке концов металлокорда перед сваркой (отрез кусачками и недостаточная стыковка концов металлокорда) вероятность образования полости критического размера возрастает. Наличие внутренних полостей небольшого размера не является признаком некачественной сварки и не приводит к ее разрушению при переработке металлокорда.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. **Кочергин К. А.** Контактная сварка. Машиностроение, 1987.
2. **Руге Ю.** Техника сварки (справочник в 2-ух частях). Москва. Metallurgija, 1984.
3. **Катаев Р. Ф.** Теория и технология контактной сварки. Учебное пособие. Екатеринбург, 2015.

### **REFERENCES**

1. **Kochergin K. A.** *Kontaktная svarka* [Contact welding]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987.
2. **Ruge Ju.** *Tehnika svarki* [Welding technique]. Moscow, Metallurgija Publ., 1984.
3. **Kataev R. F.** *Teorija i tehnologija kontaktnoj svarki* [Theory and technology of resistance welding]. Ekaterinburg, 2015.