

УДК 621.9.022:621.791.927

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
ВЫСОКОХРОМИСТОГО КОМПЛЕКСНО ЛЕГИРОВАННОГО
НАПЛАВОЧНОГО СПЛАВА ЧУГУНА, РАБОТАЮЩЕГО
В УСЛОВИЯХ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК
И ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР**

**STUDY OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF HIGH-CHROMIUM
COMPLEX LEGATED SURFACING CAST IRON ALLOY OPERATING
UNDER SIGNIFICANT LOADS AND HIGH TEMPERATURES**

А. А. Галинский, В. С. Прошин, В. Н. Кусков

A. A. Galinsky, V. S. Proshin, V. N. Kuskov

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Ключевые слова: наплавка; чугун; высокохромистый сплав; наплавочная порошковая лента
Key words: surfacing; cast iron; high-chromium alloy; surfacing powder tape

В данной работе изложены результаты исследований структуры, влияния наиболее распространенных электродов и порошковых лент для сварки и наплавки высоколегированных сталей и типов источников питания на состав наплавленного металла.

Цель исследований — разработка методики определения оптимальных режимов наплавки, типа и марок наплавочных порошковых лент для изготовления и ремонта лотка засыпного аппарата доменной печи, а также аналогичных конструкций.

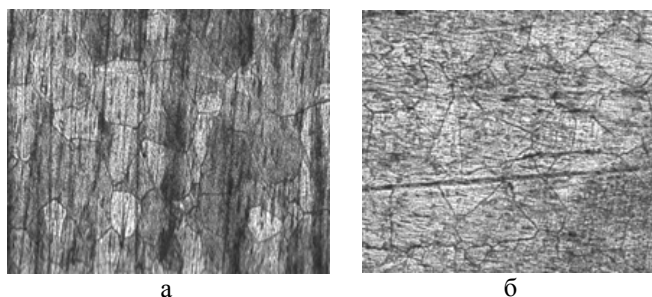
Достижению поставленной цели способствовало сочетание теоретических, экспериментальных и вычислительных методов исследования. Работу выполняли в лабораторных условиях на базе предприятия ЗАО ИПФ «Вектор».

Наряду с традиционными использовали инверторный источник питания. Применяли следующие современные методики и оборудование: рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) со спектрометром X-MET 5 000 и растровую электронную микроскопию Fischerscope XRAY XDV-SDD, JSM 6490 [1].

Использовали металлографический метод, измерения механических и электрических характеристик.

Наплавку выполняли в два прохода пластинами сталей 12X18H10T (рис. 1 а) и 20X13 (рис. 1 б) размерами 70 х 50 х 8 мм. Хромо-никель-титановая сталь имеет аустенитную структуру, жаропрочная сталь 20X13 — мартенситную или бейнитную в зависимости от скорости охлаждения. Их заготовки сваривали встык.

Плотность сплавов при 20 °С составляет $7,92 \cdot 10^3$ кг/м³ у стали 12X18H10T и $7,76 \cdot 10^3$ кг/м³ у стали 20X13.



а

б

*Рис. 1. Структура металла исследуемого образца (увеличение в 400 раз):
а) 12X18H10T; б) 20X13*

Для определения химического состава наплавленного металла, электродного стержня и покрытия использовали РФА зачищенного шва на спектрометре X-MET 5 000 с пакетом программ X MET. Источником возбуждения служила рентгеновская трубка с родиевым анодом PW 1404/00 (напряжение — 60 кВ, сила тока — 50 мА). Время на определение одного элемента на глубине 0,1–0,5 мм от поверхности составляло около 1 мин.

Для исследования были выбраны электроды ЦЛ-9, УОНИ-13\НЖ и порошковая лента ПЛ-НП 450Х20Б7МВ2Ф Б-У [2] при соединении пластин из стали 20Х13, а также электроды ОЗЛ-8, ОК-61.30 и Feji ER-308 — при соединении пластин из стали 12Х18Н10Т. Эти электроды наиболее широко применяются в различных отраслях промышленности. Сварка всех соединений выполнялась на постоянном токе обратной полярности с различными режимами: сила тока 60 А, 80 А, 100 А и 120 А [3].

Для определения влияния типа источников питания и электродов была разработана специальная методика.

Использовали следующий порядок подготовки деталей:

1. Выбор и разметка стандартного листа с учетом ширины реза 3 мм, марки стали, толщины, ориентации и размеров заготовок для сварки 70 х 60 (металлическая линейка ГОСТ 427-70).

2. Плазменная резка заготовок 70 х 60 с применением агрегата «Сварог» CUT-40В.

3. После предварительной разметки (металлическая линейка ГОСТ 427-70) опилование зон термического влияния 5 мм с помощью ленточнопильного станка по металлу. В процессе опилования необходимо проводить охлаждения несколько раз, не допуская перегрева пластин выше 623 К (350 °С).

4. Предварительный подогрев до температуры 623 К (350 °С) готовых образцов стали марки 20Х13 перед наплавкой посредством помещения в термическую печь САО 14.3.6/5С2. Максимальная температура печи — 500 °С. Установленная мощность — 55 кВт [4].

5. Наплавку соединений необходимо выполнить по требованиям ГОСТ Р ИСО 857-1-2009. В процессе сварки фиксировать силу сварочного тока с помощью амперметра DC 0-200 В 200А, техника выполнения первого слоя с обратными поступательными движениями для получения наилучшего провара корня шва.

6. Образцы наплавленного металла остудить до комнатной температуры.

7. Удаление шлаковой корки с поверхности облицовочного шва выполнить шлакоотделителем.

8. Заготовки для шлифования вырезать в поперечном сечении сварных швов в 30 мм от края образцов.

9. В различных точках площади шлифа определить химический состав наплавленного металла, делая не менее 5 замеров равномерно по высоте шва. Зафиксировать содержание легирующих элементов, используя спектрометр X-MET 5000 и прилагаемую к нему инструкцию.

10. Выполнить фотографирование характерных участков наплавленного и исходного металла, а также мест их соприкосновения.

11. Рассчитать эффективную тепловую мощность источника $Q_{\text{э}}$ нагрева по формуле [1] $Q_{\text{э}} = \eta UI$, где η — КПД сварной дуги; U — напряжение на дуге, В; I — сварочный ток, А.

12. Построить графики зависимости содержания легирующих элементов в наплавленном металле от $Q_{\text{э}}$, рассчитать коэффициенты регрессии и выполнить анализ результатов. Принять во внимание погрешность измерений.

Выводы

Поскольку в наплавленный металл одновременно переходят несколько элементов, взаимодействуя с кислородом, мы приняли во внимание все возможные индивидуальные реакции основных реагентов с кислородом, а также учли их взаимодействие.

Учитывая, что оксиды «чужих» элементов не растворяются в железе, а кислород в железе растворяется незначительно, они образуют собственную фазу в виде включений. Примем активность оксидов (вводимых в наплавленный металл элементов и FeO) равную 1.

Стоит отметить видимое уменьшение зоны термического влияния по мере приближения к верхней поверхности пластины в результате увеличения ширины разделки кромок.

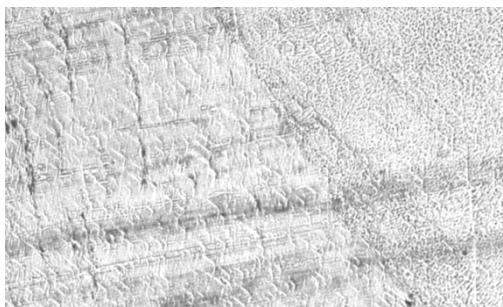


Рис. 2. Фото сварного соединения стали 12X18H10T

В нижней части верхнего слоя в центре фотографии (рис. 2) виден след всплывавшего пузырька. В области соединения трех слоев (рис. 3) возникает опасность зарождения усталостной трещины.



Рис. 3. Наложение слоев в сварном соединении стали 12X18H10T

На процесс перехода легирующих элементов в наплавленный металл влияют окисление элементов, разбрызгивание и испарение [5].

Исследования изнашивания наплавленных слоев в исходном состоянии показали, что весовой износ по глубине изменяется весьма сложным образом в различных ее структурных зонах [2].

В ходе проведенного исследования было установлено следующее:

1. Наибольшим сопротивлением абразивному износу обладает мелкозернистая средняя зона [2].
2. Установлен характер структурных превращений при нагреве металла наплавки [2].
3. На интенсивность абразивного износа металла наплавки существенное

влияние оказывает вид микроструктуры материала. Наибольшая износостойкость наблюдается у наплавки с мелкоигольчатой структурой, включающей первичные карбиды [2].

4. Получены значения параметра интегральной износостойкости металла наплавки $K_{\text{инт}}$ [5].

- Для исходного состояния $K_{\text{инт}} = (1,05 \pm 0,04) \text{ г/см}^2 \cdot \text{час}$.
- После отжига $K_{\text{инт}} = 1,45 \text{ до } 2,89 \text{ г/см}^2 \cdot \text{час}$.
- Закалка от 900°C не только благоприятно сказывается на структуре материала и его твердости, но и способствует существенному увеличению параметра интегральной износостойкости до уровня $K_{\text{инт}} = 0,58 \text{ г/см}^2 \cdot \text{час}$.

Библиографический список

1. Кусков В. Н., Мамадалиев Р. А., Обухов А. Г. Переход легирующих элементов в наплавленный металл при сварке стали 12Х18Н10Т // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11–9. – С. 1794–1797.
2. Структура и свойства высоколегированного наплавочного сплава, работающего в условиях термоциклирования / Д. М. Левин [и др.] // *Известия Тульского государственного университета. Серия: Физика*. – 2004. – С. 1–15.
3. Ремонт изношенных изделий с применением порошковых лент / В. Н. Кусков [и др.] // *Научный альманах*. – 2014. – № 1 (1). – С. 211–214.
4. Мамадалиев Р. А., Кусков В. Н., Галинский А. А. Влияние источника нагрева на легирование наплавленного металла при получении соединений высоколегированных сталей // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11–3. – С. 515–518.
5. Прогнозирование химического состава металла, наплавленного электродами с рутиловым и ильменитовым покрытиями / И. К. Походня [и др.] // *Автоматическая сварка*. – 1976. – № 7. – С. 1–4.

Сведения об авторах

Галинский Андрей Александрович, ассистент кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89199486170, e-mail: Don-Andre-1990@yandex.ru

Прошин Владимир Спартакович, студент кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89324782388, e-mail: v.s.proshin@gmail.com

Кусков Виктор Николаевич, д. т. н., профессор кафедры технологии машиностроения, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89129239950, e-mail: vnkuskov@yandex.ru

Information about the authors

Galinsky A. A., Assistant at the Department of Technology of Mechanical Engineering, Industrial University of Tyumen, phone: 89199486170, e-mail: Don-Andre-1990@yandex.ru

Proshin V. S., Student at the Department of Technology of Mechanical Engineering, Industrial University of Tyumen, phone: 89324782388, e-mail: v.s.proshin@gmail.com

Kuskov V. N., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Technology of Mechanical Engineering, Industrial University of Tyumen, phone: 89129239950, e-mail: vnkuskov@yandex.ru

УДК 621.438:622.691.4.052.006

АДАПТИВНАЯ ПРИВЕДЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА ADAPTIVE REDUCED CHARACTERISTIC OF CENTRIFUGAL BLOWERS OF NATURAL GAS

С. И. Перевошиков

S. I. Perevoschikov

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Ключевые слова: центробежные нагнетатели; приведенные характеристики; параметрическая диагностика

Key words: centrifugal blowers; reduced characteristic; parametric diagnostics

Центробежные нагнетатели являются основным средством доставки природного газа его многочисленным потребителям, и от эффективности их эксплуатации существенно зависят надежность и результативность работы как отдельных газовых магистралей, так и газотранспортных систем в целом.

Эффективность работы данных машин достигается различными средствами, но главным образом эксплуатацией в соответствии с их техническими характеристиками. Для этого используются приведенные характеристики нагнетателей, пред-