

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКСИДИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ ПРОШИВНЫХ ОПРАВОК НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ

Ю. Л. Герасимов, С. В. Авдеев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Прошивная оправка является специализированным технологическим инструментом, предназначенным для получения полых заготовок в процессе поперечно-винтовой прокатки. При прошивке оправки испытывают экстремальные силовые и тепловые нагрузки.

В ходе изготовления прошивные оправки, применяемые на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», подвергаются окислительному отжигу для создания защитного плотного слоя окалины. Оксидный слой на поверхности оправки обладает смазывающими свойствами, позволяет снизить коэффициент трения, предотвратить схватывание заготовки и оправки, предохранить основной металл оправки от перегрева.

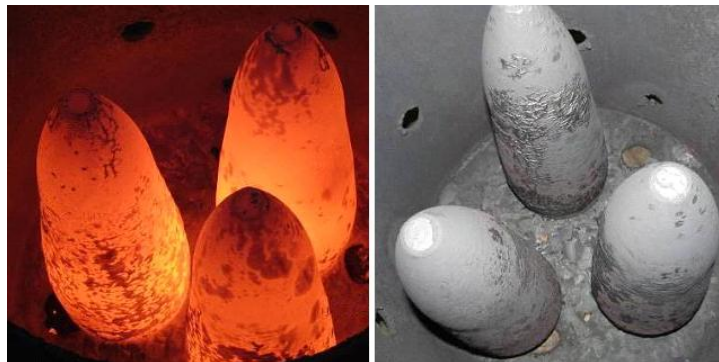
После проведения термообработки вследствие неконтролируемого печного окисления оксидная пленка на поверхности прошивных оправок зачастую имеет отслоения, вспучивания, местами наблюдается «шелушение» окалины, наличие красно-бурого цвета (рис. 1).

Цель работы: исследование влияния оксидированного покрытия прошивных оправок, применяемых на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», на их стойкость.

**Объект исследований:** оправки из кованой заготовки стали 20ХН4ФА диаметром 120 мм.

В рамках 1-го этапа исследования подготавливались образцы размером  $15 \times 10 \times 5$  мм, вырезанные в 3-х характерных местах оправки: в прошивной части, раскатном конусе и цилиндрическом пояске.

При содействии специалистов БНТУ (г. Минск), был проведен комплексный анализ оксидированного покрытия и стальной основы подготовленных образцов: металлографический, микродюретрический, химический, микрорентгеноспектральный, фазовый рентгеноструктурный анализ, анализ механических свойств.



а)

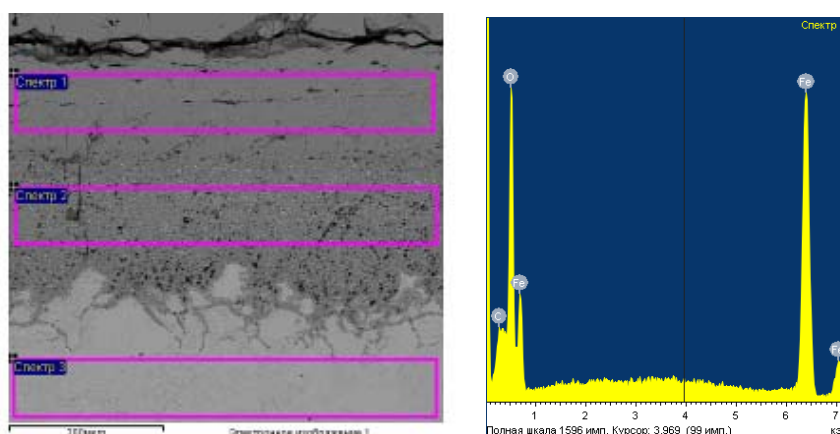
б)

Рис. 1. Прошивные оправки в корзине шахтной печи:  
а – после извлечения из печи; б – при охлаждении на воздухе

По результатам проведенных исследований было установлено, что структура металлической основы оправки состоит из феррито-перлитной смеси. При этом были выявлены остатки литой структуры, свидетельствующие о недостаточной степени укова заготовки. Твердость стальной основы оправки 22–23 HRC.

В состав покрытия входят оксиды железа, располагающиеся слоями в соответствии с уменьшением содержания кислорода в направлении от наружного слоя к внутреннему. Структура покрытия состоит из двух зон: верхней и нижней, причем на поверхности верхней зоны имеется тонкий (0,02–0,03 мм) слой, соответствующий оксиду Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В более глубоких слоях содержание кислорода снижается. Твердость верхней зоны покрытия 420–540 HV.

Нижняя зона покрытия имеет толщину 0,25 мм. Усредненные результаты микрорентгеноспектрального анализа показывают наличие никеля и хрома в нижней зоне покрытия (рис. 2). Твердость нижней зоны покрытия 370 HV.



| Спектр   | В стат. | С    | О     | Si   | Cr   | Fe    | Ni   | Итого  |
|----------|---------|------|-------|------|------|-------|------|--------|
| Спектр 1 | Да      | 5,55 | 28,11 |      |      | 66,34 |      | 100,00 |
| Спектр 2 | Да      | 6,25 | 28,18 | 0,33 | 1,30 | 59,81 | 4,12 | 100,00 |
| Спектр 3 | Да      | 7,48 |       | 0,47 | 0,89 | 87,66 | 3,50 | 100,00 |

Рис. 2. Распределение элементов по зонам покрытия и в металлической основе

Фазовый анализ выявил наличие в структуре покрытия следующих фаз: магнетита Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и гематита Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Линии вюститита FeO на дифрактограмме обнаружены не были. Результаты количественного фазового анализа (табл. 1) позволяют отметить, что магнетит присутствует в значительно меньшем количестве по сравнению с гематитом.

Таблица 1

| Интенсивность, отн. ед.        |                                |     |      | Интенсивность, %               |                                |     |      |
|--------------------------------|--------------------------------|-----|------|--------------------------------|--------------------------------|-----|------|
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | FeO | α-Fe | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | FeO | α-Fe |
| 25223,4                        | 2618,4                         | –   | –    | 90,6                           | 9,4                            | –   | –    |

Методом рентгеновской тензометрии были определены остаточные напряжения на образце оправки. Величина напряжений – до 90 МПа. Характер напряжений – растягивающие.

Таким образом, несмотря на наличие развитой переходной зоны в структуре оксидированного покрытия растягивающие внутренние напряжения, низкая твердость стальной основы, недостаток специальных легирующих элементов (V, W, Mo и др.) и отсутствие «вязкой» окалины – вюстита в функциональном переходном слое – в совокупности приводят к низкой стойкости прошивных оправок.

После проведения лабораторных исследований для подтверждения полученных результатов, осуществлялись экспериментальные испытания оправок в промышленных условиях. В рамках 2-го этапа исследования были отобраны 15 оправок с разбием их на 3 группы по наличию визуальных дефектов оксидированного покрытия:

- 1) оправки без визуальных дефектов;
- 2) оправки с красно-бурым налетом и шелушением оксидированного покрытия;
- 3) оправки с отслоением верхнего слоя оксидированного покрытия.

Промышленные испытания отобранных прошивных оправок осуществлялись при прокате профилера размера труб 60,3 × 5,54 мм из стали марки В.

В целях адекватного сравнения полученной стойкости эксперимент производился согласно нижеприведенной методике.

**Методика проведения испытаний:**

- 1) настройка прошивного стана на получение одинакового размера гильзы;
- 2) одинаковая длина прошиваемой заготовки (2550 мм);
- 3) задача оправок в прошивной стан в режиме чередования;
- 4) постоянные и равномерные условия охлаждения оправок.

В табл. 2 приведена общая статистика по средней стойкости испытанных прошивных оправок для каждой группы качества наружной поверхности.

Из приведенных данных видно, что все отобранные прошивные оправки испытывались в одинаковых условиях и показали одинаково низкую стойкость.

Таким образом, можно отметить, что красно-бурый налет является следствием наличия большого количества гематита в структуре оксидированного покрытия оправок.

*Таблица 2*

**Сравнительная средняя стойкость оправок**

| Качество оксидированного покрытия прошивных оправок | Количество использованных оправок, шт. | Число проходов |           |
|---|--|----------------|-----------|
|   |  | суммарное      | условное* |
| Без визуальных дефектов                             | 5                                      | 43             | <b>45</b> |
| Красно-бурый налет и шелушение                      | 5                                      | 62             | <b>64</b> |
| Отслоения оксидной пленки                           | 5                                      | 56             | <b>58</b> |

\*Условное число проходов – это суммарное число проходов прошивки, отнесенное к стандартной длине заготовки, равной 2455 мм.

Отслоения верхнего слоя оксидированного покрытия вызваны внутренними напряжениями в системе «защитное покрытие – стальная основа» в результате проводимой термообработки. По имеющимся практическим данным, верхний слой окали-

ны «прирабатывается» в начальный период разогрева оправки и защитные функции выполняет переходной слой.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Изучено строение оксидированного покрытия прошивных оправок ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Установлено, что покрытие состоит из двух зон, включающее оксиды  $Fe_2O_3$  и  $Fe_3O_4$  с различным количественным соотношением.

2. Растягивающие внутренние напряжения, низкая твердость стальной основы, недостаток специальных легирующих элементов (V, W, Mo и др.) и отсутствие фазы вюстита FeO в функциональном переходном слое в совокупности приводят к низкой стойкости прошивных оправок.

3. Дефекты оксидированного покрытия оправок, такие как красно-бурый налет, отслоение и шелушение верхнего слоя оксидной пленки являются следствием действующей технологии термообработки – отжига в шахтной электрической печи.

#### Л и т е р а т у р а

1. Вавилкин, Н. М. Прошивная оправка / Н. М. Вавилкин, В. В. Бухмиров. – М. : МИСИС, 2000. – 128 с.
2. Трубное производство : учебник / Б. А. Романцев [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издат. Дом МИСИС, 2011. – 970 с.
3. Герасимов, Ю. Л. Совершенствование калибровки оправки диаметром 120 мм для прошивки заготовок в двухвалковом стане поперечно-винтовой прокатки / Ю. Л. Герасимов, С. В. Авдеев, Ю. Л. Бобарикин // Металлург. – 2015. – № 9. – С. 62–65.
4. Iida, S. Influence of iron oxide of carbon steel on lubricating properties in seamless pipe hot rolling and the effectiveness of borax application / S. Iida, Y. Hidaka // Tetsu-to-Hagane/Journal of the Iron and Steel Institute of Japan. – 2010. – № 9. – P. 550–556.
5. Сенякина, А. С. Исследование микротвердости оправки прошивного стана и ее влияние на износостойкость / А. С. Сенякина, О. А. Макарова // Изв. ВолгГТУ. – 2013. – № 20 (123). – С. 60–62.