

**10. Самойлович, Ю.А.** Затвердевание стальных слитков квадратного сечения // *Металлургическая теплотехника*: Тр. ВНИИМТ. – Свердловск: Среднеурал. кн. изд-во, 1965. – № 12. – С. 96–113.

*УДК 621.774*

**Н.И. ИВАНИЦКИЙ**, канд. техн. наук,  
**Н.В. СОРОКИН** (БНТУ)

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПРОШИВНЫХ ОПРАВОК МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ОАО «ЗАВОД ЛЕГМАШ»**

Проблема производства стальных бесшовных горячекатанных труб весьма актуальна, так как они находят весьма широкое применение в качестве конструкционных труб в строительстве, машиностроении, нефтяной промышленности и др. В настоящее время трубоброкатное производство Республики Беларусь ставит своей задачей повысить стойкость прошивных оправок отечественного производства не ниже 200 проходов. Эксплуатационная стойкость прошивных оправок в значительной мере определяет качество внутренней поверхности полых заготовок, их геометрические параметры, производительность процесса прошивки и, в конечном итоге, себестоимость выпускаемой продукции.

Прошивные оправки в процессе эксплуатации работают в тяжелых условиях. Одним из наиболее опасных видов изнашивания прошивных оправок является адгезионное изнашивание [1]. При высоких скоростях скольжения и давления появляются чистые от пленок металлические поверхности и между ними образуются адгезионные связи. В результате на одной поверхности трения образуются углубления, а на другой – вырванные частицы, которые вызывают интенсивное разрушение трущихся поверхностей. При высоких температурах происходит сваривание, что является причиной отказа в работе прошивных оправок. Одним из путей предупреждения схватывания металлических поверхностей является снижение прочности адгезионной связи [2]. Достаточно эффективно это может достигаться разделением поверхностей трения жидким или

твердым смазочным материалом. При использовании жидкостной смазки коэффициент трения минимален (0,005–0,01), а при использовании твердой смазки коэффициент трения несколько выше (0,02–0,15). В качестве твердых смазочных материалов применяют графит, дисульфид молибдена. Оксидный слой на поверхности оправки также может выступать в качестве смазки и защитного покрытия в процессе прошивки [3].

Также частым дефектом в ходе работы прошивной оправки является оплавление носика. Как видно из рисунка 1, существующие в блоке структурные дефекты в процессековки не исчезают и переходят именно на носик прошивной оправки [4]. Было предложено для недопущения оплавления носика и повышения стойкости прошивной оправки увеличить степень укова заготовки.

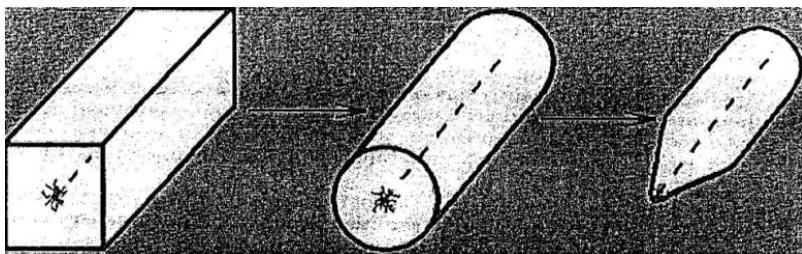


Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления прошивных оправок из поковок

В условиях ОАО «Завод Легмаш» прошивные оправки изготавливаются из стали 20ХН4ФА с последующей высокотемпературной оксидацией в шахтных печах. При этом на оправке образуется оксидный слой толщиной 0,1–0,5 мм, который при эксплуатации оправки служит прослойкой между основным телом прошивной оправки и внутренней частью гильзы бесшовной трубы для предотвращения схватывания (заваривания) прошивной оправки в заготовке трубы.

Из литературных источников [1, 2] известно, что при высокотемпературной оксидации (900–1000 °С) на поверхности металла формируется слой, состоящий из оксидов FeO (вюстит), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (гематит), и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (магнетит). Наличие в составе оксидной пленки FeO неблагоприятно сказывается на ее сплошности, так как он является

внутренним слоем и легко отслаивается, поэтому при формировании оксидного слоя следует избегать образования вюстита. Как видно из рисунка 2, интенсивное образование вюстита происходит в температурных пределах от 700 °С до 800 °С и от 1100 °С до 1200 °С. Из диаграммы изотермического превращения оксидов железа следует, что для уменьшения количества FeO необходимо проводить очень медленное охлаждение в интервале температур 600–200 °С, либо изотермическую выдержку в этом интервале [5]. Изотермическая выдержка при температуре 420–440 °С во время охлаждения позволит добиться более полного превращения FeO в Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

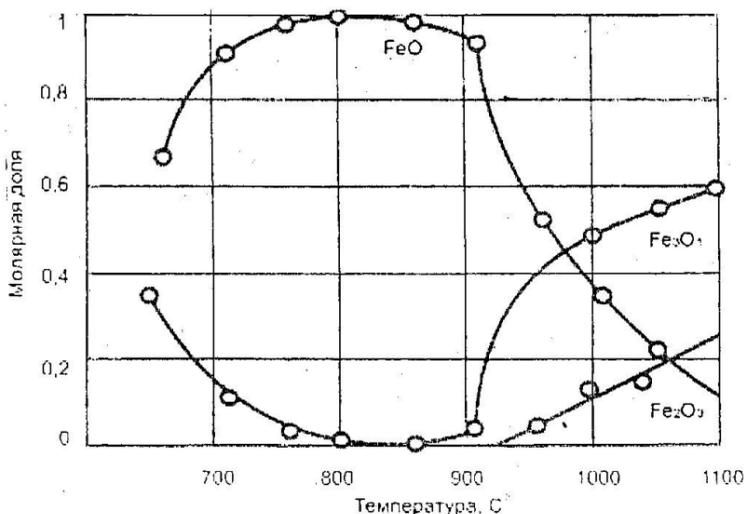


Рисунок 2 – Количественная доля оксидов в зависимости от температуры нагрева

В условиях ОАО «Завод Легмаш» прошивные оправки подвергаются оксидации при температуре 900 °С в течение 6 ч, после чего происходит охлаждение оправок вместе с печью до температуры 300 °С. Для проведения производственных испытаний было подготовлено 2 партии прошивных оправок. Оправки 1-й партии были изготовлены из блюма с обычной степенью укова, а оправки 2-й партии – из блюма с повышенной степенью укова. Было изготовле-

но по 10 оправок каждой партии. После проведения высокотемпературной оксидации по указанному выше режиму прошивные оправки были направлены на производственные испытания. Результаты производственных испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Стойкость прошивных оправок

Партия оправок	№ п/п	Толщина оксидного слоя, мкм	Твердость стальной основы, hb	Количество проходов	Среднее значение количества проходов
I группа	1	239	213–209	200	126
	2	236	217–212	120	
	3	241	215–209	111	
	4	239	213–210	251	
	5	250	217–209	148	
	6	246	215–209	200	
	7	210	217–212	80	
	8	197	215–209	52	
	9	235	217–212	124	
	10	242	217–209	240	
II группа	1	236	217–212	116	149
	2	241	215–209	155	
	3	238	213–210	251	
	4	210	217–209	84	
	5	246	215–209	284	
	6	250	217–212	210	
	7	192	217–212	88	
	8	235	217–212	210	
	9	242	217–209	263	
	10	239	215–209	126	

Как видно из таблицы, прошивные оправки, изготовленные из бьюма с повышенной степенью укова и прошедшие высокотемпературную оксидацию, показали более высокую (на 18–20 %) эксплуатационную стойкость по сравнению с оправками 1-й партии. Снижение дефектности носовой части оправок обеспечило более высокую прочность и, как следствие, повышение долговечности прошивного инструмента.

Следует отметить также несколько характерных особенностей изнашивания оправок. Во-первых, существенная разбежка толщины

оксидного слоя от 192 мкм до 250 мкм, что оказывает влияние на долговечность оправок. Видимо, это обусловлено особенностями расположения оправок в печной садке. Во-вторых, отсутствие прямой корреляции между толщиной оксидного слоя и долговечностью оправки. Можно отметить, что при толщине оксидного слоя менее 200 мкм стойкость оправок резко снижается до 80–50 проходов. Возможно, это обусловлено строением оксидного слоя (рисунок 3).

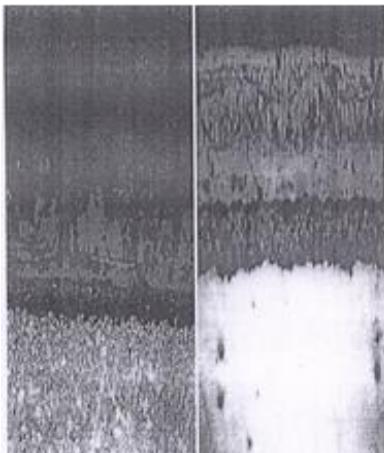


Рисунок 3 – Микроструктуры оксидных слоев на стали 20ХН4ФА после термической обработки:  $t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 6\text{ ч}$  ( $\times 200$ )

Таким образом, повышение степени укова заготовки, обеспечение равномерности оксидирования всей партии (не менее 200 мкм) обеспечивают повышение долговечности прошивных оправок на 18–20 %. Предполагаемый экономический эффект при этом может составить примерно 17 руб. на 1 оправку.

### Список литературы

1. Берштейн, М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. В 2 т. : т. 1 / Под общей редакцией М.Л. Берштейна. – М.: Металлургия, 1968. – 596 с.

2. Берштейн, М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. В 2т. : т. 2 / Под общей редакцией М.Л. Берштейна. – М.: Металлургия, 1968. – 576 с.

3. Луценко, В.А. Влияние параметров высокоскоростной термомеханической обработки на процессы окисления углеродистой стали / В.А. Луценко // Литье и металлургия. – 2005. – № 2. – С. 96–98.

4. Удот, А.Ю. Исследование путей повышения стойкости прошивных оправок производства ОАО «Завод Легмаш»: маг. диссертация: 1-42 80 01 / А.Ю. Удот. – Минск: Металлургия, 2012. – 166 с.

5. Окисление металлов; под ред. Бенара Ж. перев. с франц. – Металлургия, 1969. –Т. II. – 444 с.

6. Сорокин, Н.В. Изучение причин низкой стойкости прошивных оправок и разработка технологических рекомендаций по повышению их долговечности: маг. диссертация: 1-42 81 01 / Н.В. Сорокин. – Минск, 2016. – 67 с.

*УДК 669.186.6*

**П.Э. РАТНИКОВ, канд. техн. наук,  
Г.А. РУМЯНЦЕВА, канд. техн. наук (БНТУ),  
С.Л. ШЕНЕЦ (ГНУ ФТИ НАНБ)**

## **ИССЛЕДОВАНИЯ УГАРА ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЧЕРНЫХ СПЛАВОВ В ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ**

В продолжение проведенных работ [1–3] по определению угара легирующих элементов при выплавке черных сплавов в индукционных тигельных печах повышенной частоты были проведены дополнительные исследования в этом направлении. С этой целью были проведены опытно-промышленные плавки черных сплавов в печах различной емкости в разных научных организациях Республики Беларусь.

**Плавки в филиале БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт»**