

УДК 621.774.3

# ДЕФЕКТЫ НА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ БЕСШОВНЫХ ТРУБ

О. В. Рожкова

ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» (г. Жлобин, Республика Беларусь)

Представлены результаты исследования дефектов на наружной поверхности горячекатаных бесшовных труб. Приведено описание внешнего вида дефектов, микроструктуры в зоне дефектов и изменений в микроструктуре после травления. Рассмотрены причины возникновения дефектов. Обозначены технологические решения, направленные на предупреждение дефектов.

**Ключевые слова:** горячекатаная бесшовная труба, дефект, классификатор, форма, микроструктура, вкатанная окалина, налипания на реборды вала, вкатанные металлические частицы, инородные металлические включения, причины образования.

**В** процессе освоения производства горячекатаных труб в условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга БМК» был разработан «Классификатор дефектов бесшовных горячекатаных труб». На основе классификатора можно устанавливать причины образования дефектов и принимать меры по их устранению в технологическом потоке. Однако в производственном процессе постоянно происходят изменения, которые сопровождаются образованием новых видов дефектов, что требует проведения дальнейших исследований и дополнения имеющейся информации. Нарботанные в процессе исследований материалы пополняют «Классификатор дефектов бесшовных горячекатаных труб».

По результатам последней работы классификатор был дополнен такими видами дефектов трубопрокатного происхождения, как отпечатки (от вкатанной окалины), отпечатки (от налипаний на реборды вала), вкатанные металлические частицы, инородные металлические включения.

**1. Отпечатки (от вкатанной окалины)** представляют собой углубления, частично заполненные вкраплениями высокотемпературных оксидов металла темно-серого цвета, вдавленными в поверхность металла при деформации. Дефект имеет произвольную форму и расположение (рис. 1).

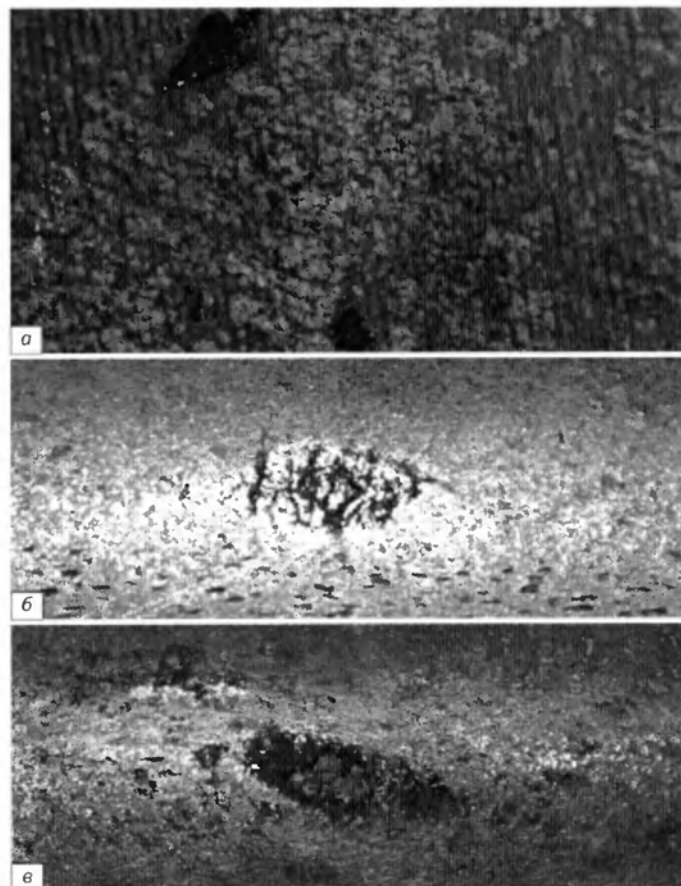
Полость дефекта «отпечатки (от вкатанной окалины)» заполнена частицами окалины серого цвета. Изменений микроструктуры вокруг дефектов либо нет, либо наблюдается частичное обезуглероживание (рис. 2).

Дефект образуется в результате раскатки пятен неудаленной окалины или из-за попадания окалины из корзины прошивного стана. Причины дефекта: образование поверхностного слоя окалины, имеющего плотное сцепление с поверхностью заготовки в результате несоблюдения соотношения газ – воздух в нагревательной печи; падение соотношения газ – воздух ниже установленных пределов вследствие снижения температуры в нагревательной печи при длительных простоях стана; повышенная продолжительность нагрева; неудовлетворительная работа установки гидросбива окалины перед раскатным станом или редуционно-растяжным станом; загрязнение корзины

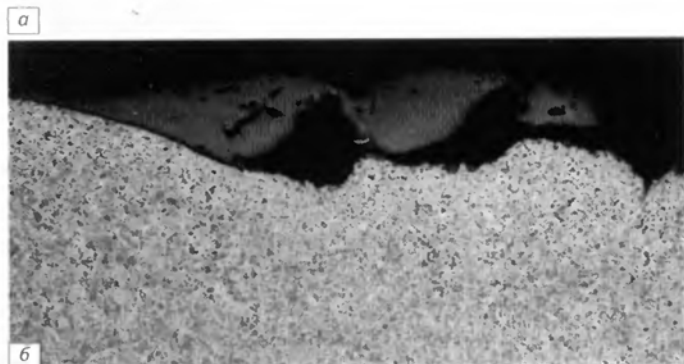
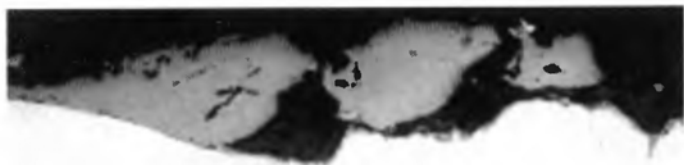
прошивного стана окалиной вследствие неудовлетворительной работы гидросбива окалины [1].

Для предупреждения образования дефекта проводят следующие мероприятия: контроль атмосферы в нагревательной печи; своевременное снижение температуры по зонам печи при длительных простоях стана; своевременный контроль давления и расхода воды в установке гидросбива окалины, состояния форсунок; своевременная очистка корзины прошивного стана от окалины; ревизия форсунок гидросбива окалины.

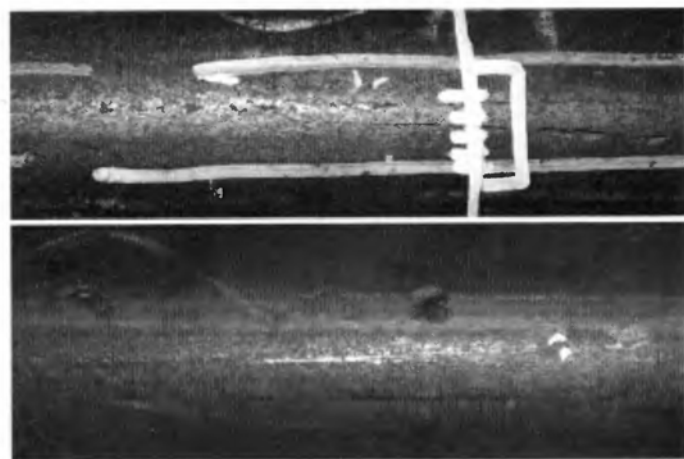
**2. Отпечатки (от налипаний на реборды вала)** представляют собой углубления на поверхности трубы, повторяющиеся через кратные промежутки, расположен-



**Рис. 1.** Внешний вид отпечатков (от вкатанной окалины) на наружной поверхности: а – гильза; б, в – труба



**Рис. 2.** Отпечатки (от вкатанной окалины) в поперечном сечении микрошлифа: *а* — образец не травлен.  $\times 50$ ; *б* — после травления в 4 %-ном спиртовом растворе азотной кислоты.  $\times 50$

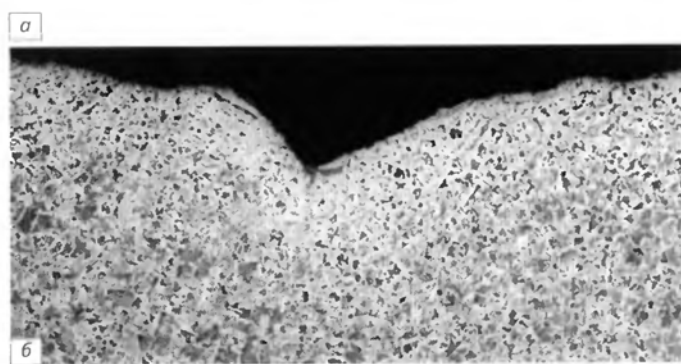


**Рис. 3.** Внешний вид отпечатков (от налипания на реборды валка) на наружной поверхности труб

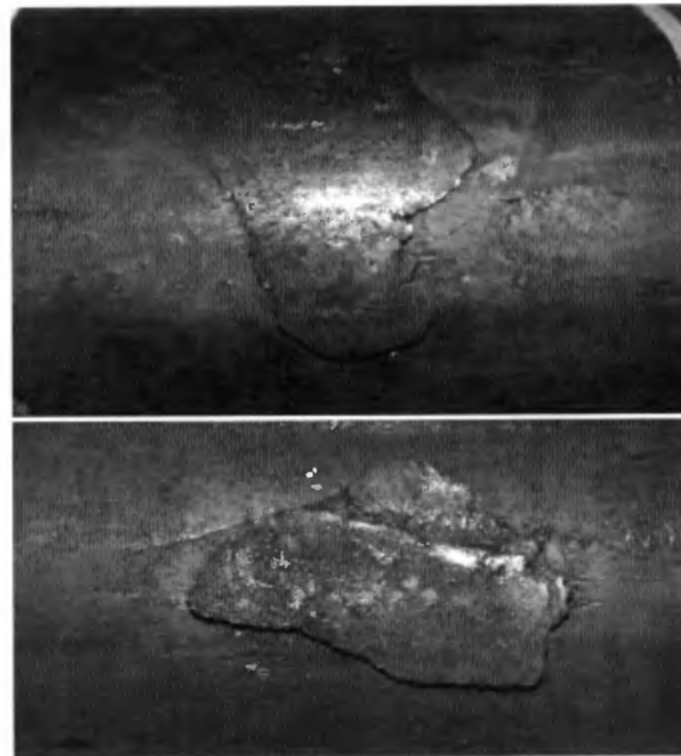
ные с одной, двух или трех сторон. Отпечатки вытянуты в направлении прокатки, повторяют форму и размер налипания на реборды валка. При образовании дефекта на ранних стадиях прокатки труб края отпечатков прикатаны [2] (рис. 3). Изменений микроструктуры вокруг отпечатков (от налипания на реборды валка) либо нет, либо наблюдается частичное обезуглероживание [2] (рис. 4). Образование дефекта происходит в результате налипания металла на реборды валков стана [2].

Для предупреждения образования дефекта проводят периодический осмотр рабочей поверхности валков и ее очистку при необходимости; не допускают повышенного износа рабочей поверхности валков, своевременно их заменяют.

3. **Вкатанные металлические частицы** представляют прикатанные и частично приварившиеся к наружной поверхности трубы частицы металла неправильной формы произвольного расположения (рис. 5).



**Рис. 4.** Отпечатки (от налипания на реборды валка): *а* — образец не травлен.  $\times 50$ ; *б* — после травления в 4 %-ном спиртовом растворе азотной кислоты.  $\times 50$



**Рис. 5.** Вкатанные металлические частицы на наружной поверхности трубы

Полость углубления, в котором располагается металлическая частица, повторяет ее контуры и размеры, окислена. Микроструктура частицы отличается от структуры основного металла. Между металлической частицей и металлом трубы имеется четкая граница (рис. 6).

Дефект «вкатанные металлические частицы» образуется в результате загрязнения межклетового пространства станов металлическими частицами, «ко-

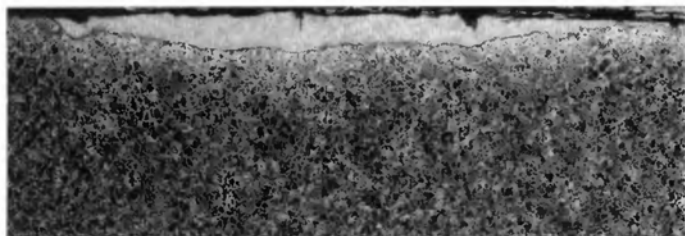


Рис. 6. Микроструктура в районе вкатанной металлической частицы после травления в 4 %-ном спиртовом растворе азотной кислоты.  $\times 50$

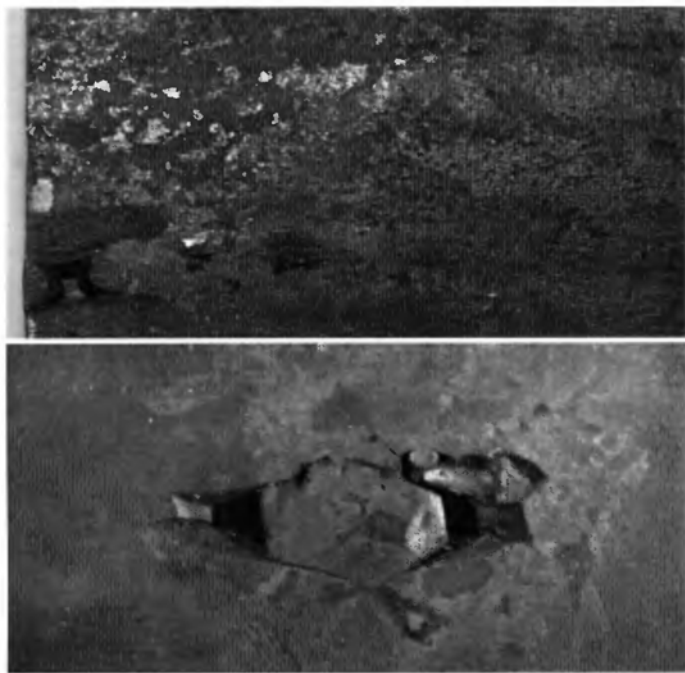


Рис. 7. Внешний вид инородных металлических включений

ронками», заусенцами и др. Своевременная очистка межклетевого пространства станов при переходах либо профилактиках предупредит образование дефекта.

4. **Инородные металлические включения** представляют собой частицы разрушенного инструмента и оборудования трубопрокатных агрегатов, вкатанные в поверхность трубы. В местах выкрошивания таких частиц остаются полости, имеющие форму и размеры вкатанного в металл трубы предмета. Имеется граница раздела между включением и металлом трубы [2] (рис. 7).

Полость углубления, в котором располагаются инородные металлические включения, окислена и повторяет их форму и размеры. В некоторых случаях наблюдается текстура деформации. Вдавленные инородные частицы и металл трубы имеют разную микроструктуру. Между металлом трубы и включением имеется четкая граница [2] (рис. 8).

К образованию дефекта приводят поломки прокатного инструмента или оборудования трубопрокатных агрегатов во время эксплуатации. Выкрошившиеся при этом металлические частицы вкатываются в металл труб [2]. Для предотвращения образования дефекта необходимо проводить своевременные профи-

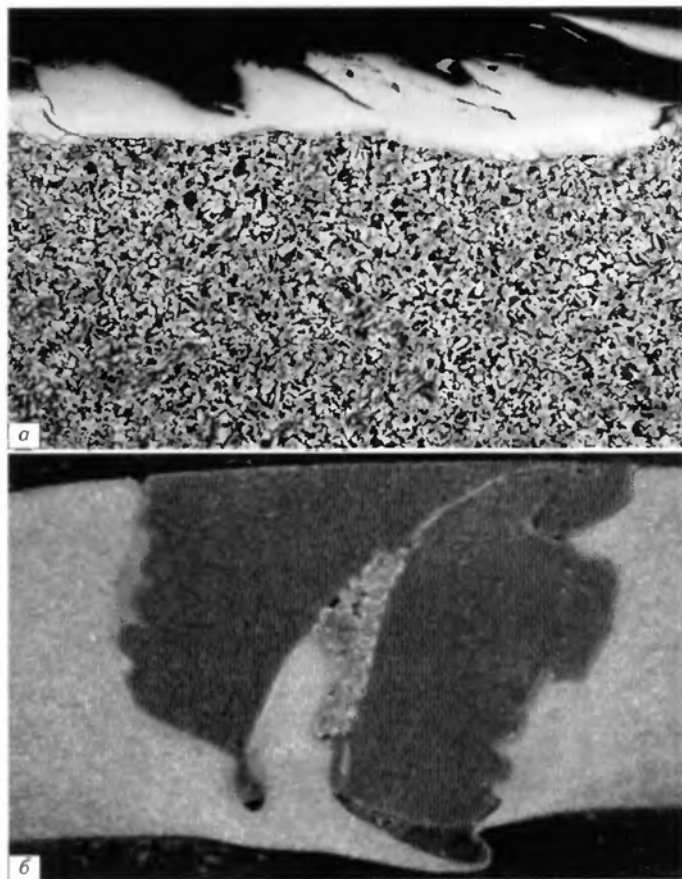


Рис. 8. Инородные металлические включения в поперечных микрошлифах после травления в 4 %-ном спиртовом растворе азотной кислоты: а —  $\times 100$ ; б —  $\times 50$

лактические ремонты и заменять изношенные части оборудования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Причины образования дефектов трубопрокатного происхождения горячекатаных бесшовных труб: отпечатки (от вкатанной окалины), отпечатки (от налипаний на реборды валка), вкатанные металлические частицы, инородные металлические включения — указывают на необходимость содержания технологического оборудования, прокатного и ремонтного инструмента в исправном рабочем состоянии. Основными мерами предупреждения такого рода дефектов являются своевременное проведение профилактических и ремонтных работ технологического оборудования, использование качественного прокатного инструмента, неукоснительное исполнение технологической дисциплины.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романцев Б. А., Гончарук А. В., Вавилкин Н. М., Самусев С. В. Трубное производство : учеб. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. — 970 с.
2. Правосудович В. В., Сокуренько В. П., Данченко В. Н. и др. Дефекты стальных слитков и проката: справочное издание. — М. : Интермет Инжиниринг, 2006. — 384 с.

Статья поступила 11.03.2020