

# **АНАЛИЗ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТА «ПРОДИР» ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕСШОВНЫХ ТРУБ**

**О. В. Рожкова**

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

Научный руководитель М. Н. Верещагин

В трубопрокатном цехе ОАО «Белорусский металлургический завод» – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» в процессе освоения производства труб нефтегазового сортамента при визуальном и ультразвуковом контроле наблюдалась массовая отбраковка труб по дефектам на внутренней поверхности, превышающих предельные (не более 5 %) отклонения от номинальной толщины стенки трубы.

Для определения причины образования и классификации дефектов трубопрокатного происхождения на внутренней поверхности трубы исследовались пробы отбракованных труб. При визуальном осмотре внутренней поверхности разрезанных вдоль проб труб-«лодочек», протравленных в горячем 50%-м растворе соляной кислоты, выявлены дефекты, представляющие собой разной ширины и протяженности углубления произвольного расположения с неровным дном (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид дефектов на внутренней поверхности трубы

При микроструктурном анализе выявлены полости дефектов, перпендикулярные поверхности труб, с тупым, скругленным или прямоугольным дном. У части дефектов стенки плотно сжаты, концы тонкие, зачастую раздвоенные [1].

Также наблюдали дефекты, полости которых заполнены раздробленной окалиной, мелкими металлическими частицами и включениями темного цвета (рис. 2), химический состав которых определяли на электронном микроскопе.

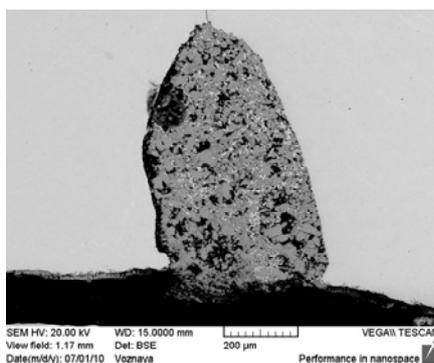


Рис. 2. Включения в полости дефекта

Металлические частицы по химическому составу соответствуют марке прокатываемого металла. Участки окалины –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Темные участки – бура и графитовая смазка.

В области дефектов присутствует текстура деформации. Изменений в микроструктуре нет, обезуглероженный слой отсутствует. Дефекты на представленных пробах труб классифицировали как «продирь» [1].

Для внутренней поверхности труб, полученных непрерывной горячей прокаткой на подвижной удерживаемой оправке характерно наличие дефекта «продирь», но глубина не должна выводить толщину стенки за пределы допустимых минусовых отклонений и приводить к отбраковке труб.

В результате исследования замечено, что дефект «продирь» на разных пробах отличается как по внешнему виду, так и при исследовании микрошлифов, по ширине, глубине, расположению, что свидетельствует о влиянии различных факторов, способствующих образованию дефекта. Рассмотрим эти факторы:

1. В процессе прошивки заготовок формируется внутренняя поверхность гильзы. При высокой температуре (1150–12500 °С) поверхность гильзы интенсивно окисляется, особенно в первые 10–100 с. Использование некачественного антиокислительного порошка, неудовлетворительное (неравномерное, недостаточное или избыточное) нанесение его на внутреннюю поверхность гильзы в связи с определенным технологическим

временем перемещения гильзы (от прошивки заготовки до прокатки в раскатном стане) на ее внутренней поверхности успевают образоваться окалина в количестве до 120–160 г/м<sup>2</sup>.

Попадание остатков неудаленной окислыны в очаг деформации на контакт металла с раскатанной оправкой может послужить причиной образования дефекта «продир» на внутренней поверхности труб при раскатке [3].

2. Немаловажную роль на образование дефекта «продир» оказывает выбор оптимальных обжатий на участке прошивной стан – непрерывный стан, т. е. получение гильзы определенных размеров на прошивном стане и подбор оптимальных скоростных режимов работы непрерывного стана.

3. Несоосность гильзы и раскатной оправки приводит к неравномерности деформации по периметру, графитовая смазка работает в сильно нагруженном состоянии, что приводит к образованию дефектов «продир».

4. Значительными факторами, связанными с применением технологической смазки, влияющими на возникновение внутренних дефектов в горячедеформированных трубах, являются: толщина исходного слоя смазки на оправке, температура прокатываемого металла и свойства применяемой смазки.

Увеличение скорости скольжения металла по оправке сопровождается ростом толщины слоя жидкой смазки, захватываемой в очаг деформации, и соответствующим уменьшением коэффициента трения. С ростом обжатия стенки трубы увеличивается доля участков внедрения микровыступов поверхности оправки в деформируемый металл, «пропахивая» слой смазки, разделяющий поверхности трения, что и обуславливает увеличения коэффициента трения [3].

5. Износ, повреждение поверхности оправок, налипание на нее частиц металла и окислыны при горячей прокатке связаны в основном с качеством материала оправки, уровнем разогрева поверхности оправок, цикличностью их теплового нагружения, антифрикционными и теплоизоляционными свойствами технологической смазки, а также ее недостатком на контакте с гильзой [3].

При внешнем осмотре труб видно, что дефекты, расположенные на внутренней поверхности, повторяют контуры дефектов на рабочей поверхности выработанных раскатных оправок.

6. Образование грубого дефекта «продир» на внутренней поверхности труб также можно связывать с образованием на заднем конце гильзы дефекта в виде тонкой металлической кромки.

При передаче гильзы от прошивного стана к раскатному стану достаточно тонкая металлическая кромка успевает охладиться и при вводе раскатной оправки происходит захват и вовлечение металла в просвет гильзы.

В результате проведенной работы было предложено дефект «продир» на внутренней поверхности труб классифицировать по видам, что дает возможность определить и устранить причины образования каждого из видов дефектов. Были выделены 4 основные группы дефектов.

К продирам 1-го вида относятся дефекты в виде углублений неправильной формы с неровным дном, вытянутые вдоль направления прокатки, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга.

Возможными причинами повреждения внутренней поверхности труб и появление на ней «продиров 1 вида» являются:

- а) неполная защита от окисления внутренней поверхности гильзы;
- б) недостаточное или избыточное нанесение смазки;
- в) несоответствие свойств смазки требуемым (вязкость, концентрация);

г) налипание на оправку частиц металла и окалины при горячей прокатке.

Продирь 2-го вида представляют собой прикатанные продольные углубления незначительной длины, причиной образования которых является неполная защита от окисления внутренней поверхности гильзы.

Продирь 3-го вида – несплошности металла, расположенные на внутренней поверхности трубы, имеющие различную протяженность. По краям дефектов могут наблюдаться прикатанные выступы кромок металла.

К причинам образования продиров 3-го вида относятся:

- а) износ поверхности раскатных оправок;
- б) несоосность гильзы и раскатной оправки;
- г) недостаточное или избыточное нанесение смазки;
- д) несоответствие свойств смазки требуемым (вязкость, концентрация).

Продирь 4-го вида представляет собой продольное углубление с тупым чашеобразным дном. Дефект периодически сопровождается пленой.

Причины образования продиров 4-го вида следующие:

- а) несоблюдение таблиц прокатки (несоответствие диаметра раскатной оправки внутреннему диаметру гильзы);
- б) вовлечение металла в просвет гильзы с дефектного заднего конца при вводе раскатной оправки.

Часто встречаются трубы с дефектом «продирь» 2-х видов одновременно, это говорит о совокупности нескольких факторов, способствующих их образованию.

Предложенная методика классификации продиров по видам в настоящее время широко используется специалистами трубопрокатного цеха завода и позволяет своевременно определять и устранять причины образования продиров, в результате чего наблюдается снижение количества несоответствующей продукции по дефекту «продирь» на внутренней поверхности труб.

#### Л и т е р а т у р а

1. Дефекты стальных слитков и проката / В. В. Правосудович [и др.]. – М. : Интермет Инжиниринг, 2006. – С. 142–143.
2. Данченко, В. Н. Непрерывная прокатка / В. Н. Данченко. – М., 2002. – С. 411, 450.