



УДК 669

Поступила 06.09.2021

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ДЕФЕКТОВ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БЕСШОВНЫХ ТРУБ

О. В. РОЖКОВА, А. Г. ЩЕГЛОВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: fht.czl@bmz.gomel.by

*Образование дефектов на внутренней поверхности бесшовных труб происходит как в результате трансформации дефектов макроструктуры исходной заготовки, так и вследствие несоблюдения технологии прокатки. Контроль технологического процесса, выявление нарушений технологии, проведение металлографических исследований позволяют классифицировать дефекты и устанавливать причины их образования. Своевременное выявление дефектов и устранение причин, которые приводят к их образованию, позволяет получить качественную продукцию с высокой эксплуатационной надежностью.*

*Представлены результаты исследований дефектов на внутренней поверхности горячекатаных бесшовных труб, полученных в условиях трубопрокатного цеха ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Приведены описания внешнего вида дефектов, микроструктуры в зоне дефектов и изменения в микроструктуре после травления, рассмотрены причины возникновения дефектов. Показано отличие трубопрокатных плен по конфигурации, расположению, повторяемости по длине трубы, микроструктуре в зависимости от причин образования.*

**Ключевые слова.** Бесшовная труба, металл, дефект, плена, прошивная оправка, причины образования, заготовка, микроструктура.

## INVESTIGATION OF THE NATURE OF DEFECTS ON THE INNER SURFACE OF SEAMLESS PIPES

O. V. ROZHKOVA, A. G. SHCHEGLOV, OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC”, Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: fht.czl@bmz.gomel.by

*The formation of defects on the inner surface of seamless pipes occurs both as a result of the transformation of defects in the macrostructure of the initial workpiece, and due to non-compliance with the rolling technology. The control of the technological process, the detection of technological violations, the conduct of metallographic studies allow us to classify defects and determine the causes of their formation. Timely detection of defects and elimination of the causes that lead to their formation allows us to obtain high-quality products with high operational reliability.*

*The results of studies of defects on the inner surface of hot – rolled seamless pipes obtained in the conditions of the pipe rolling shop of OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC” are presented. Descriptions of the appearance of defects, microstructure in the defect zone and changes in the microstructure after etching are given, the causes of defects are considered. The difference between pipe-rolling laps in configuration, location, repeatability along the length of the pipe, microstructure, depending on the causes of formation, is shown.*

**Keywords.** Seamless pipe, metal, defect, rolling lap, sewing mandrel, causes of formation, billet, microstructure.

Для дефектов сталеплавильного и трубопрокатного происхождения свойственны характерные морфологические и генетические признаки. Каждому дефекту присущ свой внешний вид и расположение на поверхности, а также во внутренних слоях изделия, своя форма полости и расположение структурных составляющих [1].

В работе представлены результаты исследования дефектов на внутренней поверхности горячекатаных бесшовных труб, обозначены основные признаки и причины образования дефектов.

Сталеплавильные плены и вздутия по раскатанным дефектам макроструктуры непрерывнолитой заготовки представляют собой разориентированные отслоения металла от внутренней поверхности с волнистыми или рваными краями и замкнутые отрывы слоев металла, расположенные под углом к оси трубы, группового характера (рис. 1) [2].

Разориентированные полости, расположенные под углом к поверхности, суживающиеся вглубь. Полости замкнутого отрыва, расположенные параллельно внутренней поверхности трубы без выхода

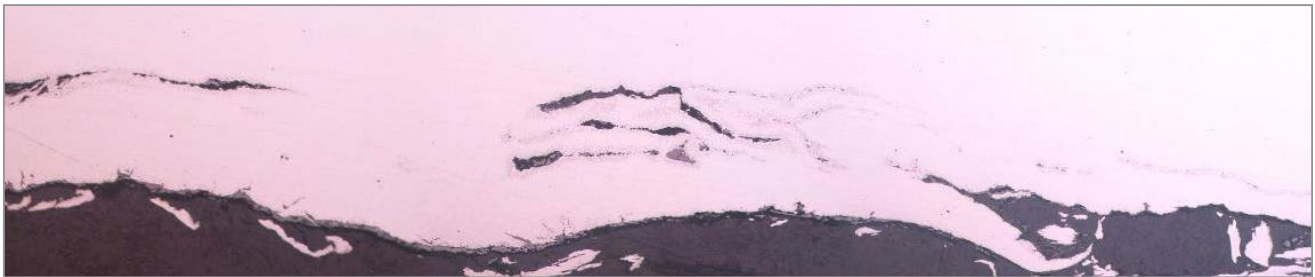
на поверхность. Стенки полостей неровные, концы заостренные. Вдоль полостей и на продолжении располагаются неметаллические включения сложного состава и мелкие глобулярные диффузионные оксиды.

Полости дефектов обезуглерожены, окаймлены ориентированными зернами феррита. Ферритные зоны имеют перлитную оторочку. Строчки диффузионных оксидов, неметаллических включений проходят по ферритным дорожкам, также с перлитной оторочкой. Ликвация легкоплавких компонентов, сопровождающая полости дефектов, неметаллические включения и мелкие глобулярные диффузионные оксиды (рис. 2).

Дефект образуется в результате трансформации дефектов макроструктуры исходной заготовки.



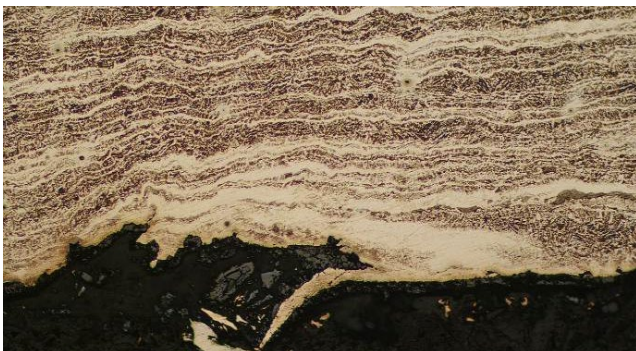
Рис. 1. Внешний вид сталеплавильных плен и вздутий по раскатанным дефектам макроструктуры непрерывнолитой заготовки на внутренней поверхности трубы



*a*



*б*



*в*

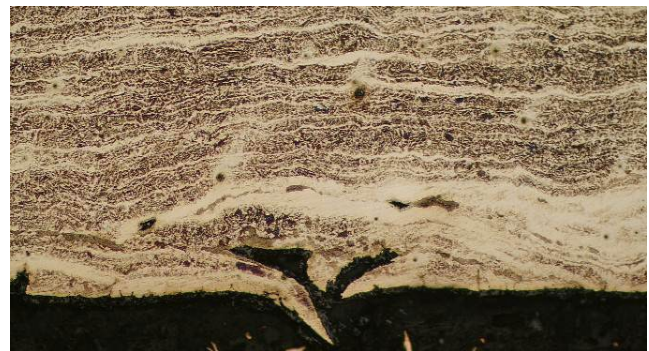


Рис. 2. Сталеплавильные пленки и вздутия по раскатанным дефектам макроструктуры непрерывнолитой заготовки на внутренней поверхности трубы:  
*a* – образец не травлен.  $\times 50$ ; *б* – после травления в 4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты.  $\times 100$ ;  
*в* – после травления реактивом Обергоффера.  $\times 100$

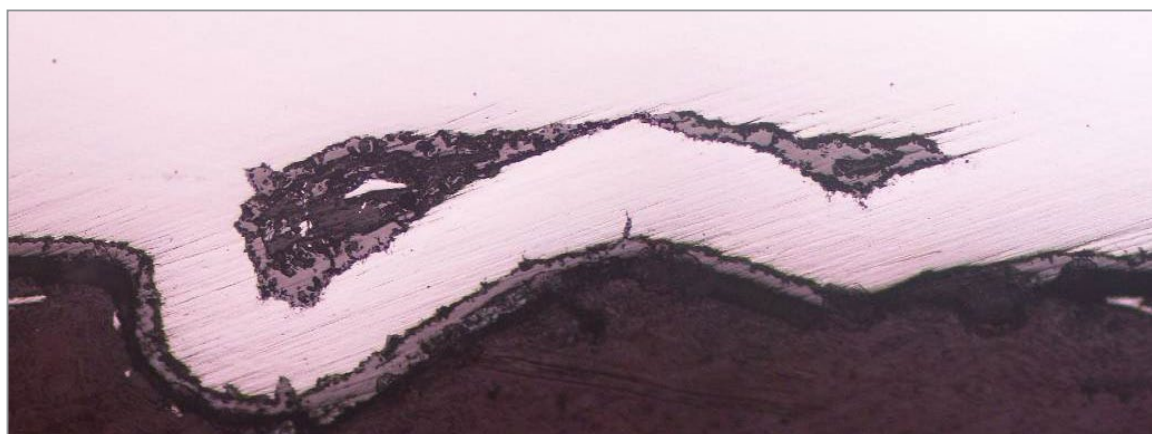
Трубопрокатные плены и вздутия имеют вид замкнутых отрывов слоев металла и отслоений с волнистыми краями, продольного направления, расположенные под углом к оси трубы, группового характера (рис. 3).

Полости, расположенные под углом к поверхности, суживающиеся вглубь, шире у поверхности, с тупым или острым концом. В полостях может содержаться окалина. Полости замкнутого отрыва, расположенные параллельно внутренней поверхности трубы без выхода на поверхность. На продолжении полостей наблюдаются строчки раскатанной окалины и мелких глобулярных оксидов.

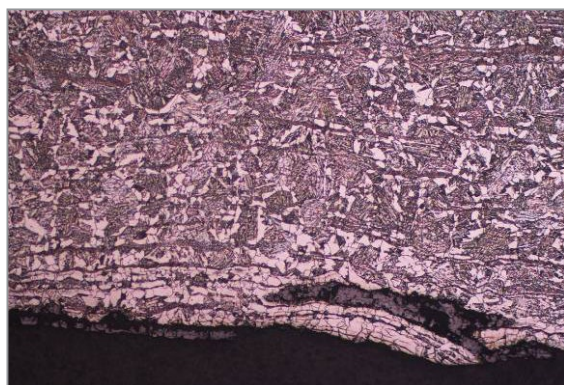
Полости дефектов частично обезуглерожены. Ликвация легкоплавких компонентов в зоне дефекта не наблюдается (рис. 4).



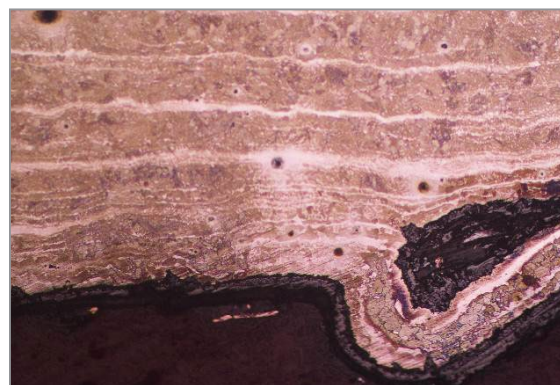
Рис. 3. Внешний вид трубопрокатных плен и вздутий по причине неудовлетворительной настройки прошивного стана



*a*



*б*



*в*

Рис. 4. Трубопрокатные плены и вздутия по причине неудовлетворительной настройки прошивного стана на внутренней поверхности трубы:  
*a* – образец не травлен.  $\times 100$ ; *б* – после травления в 4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты.  $\times 100$ ;  
*в* – после травления реактивом Обергоффера.  $\times 100$

Дефект образуется по причине неудовлетворительной настройки прошивного стана, обуславливающей повышение обжатий перед носком оправки в несколько раз; пониженной пластичности центральной зоны заготовки; неправильного положения носка оправки относительно пережима валков [3].

Трубопрокатные плены представляют собой отслоения металла продольной ориентации, соединенные с изделием одной стороной, расположенные по винтовой линии (рис. 5). Глубина дефектов чаще всего не превышает 1 мм [1].

Полости плен расположены под углом к поверхности и плавно суживаются вглубь. Изменений микроструктуры либо нет, либо имеется частичное обезуглероживание с плавным переходом к нормальной микроструктуре (рис. 6) [3].

К образованию дефекта приводит неудовлетворительное состояние (выкрашивание окалины или грубый износ) рабочей поверхности прошивной оправки.

Трубопрокатные пленки представляют собой отслоения металла от поверхности трубы в форме углов, округлостей, концы которых вытянуты в продольном направлении. После глубокого травления проб труб в 50%-ном растворе соляной кислоты в месте расположения дефектов наблюдаются участки более темные, чем основной металл (рис. 7).



Рис. 5. Внешний вид трубопрокатных плен по причине износа прошивной оправки

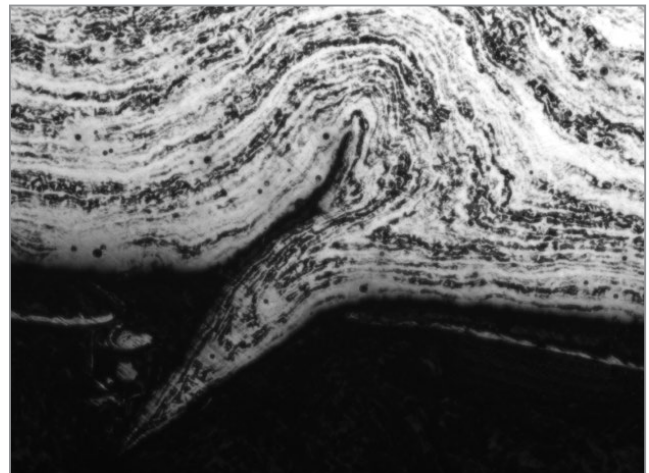
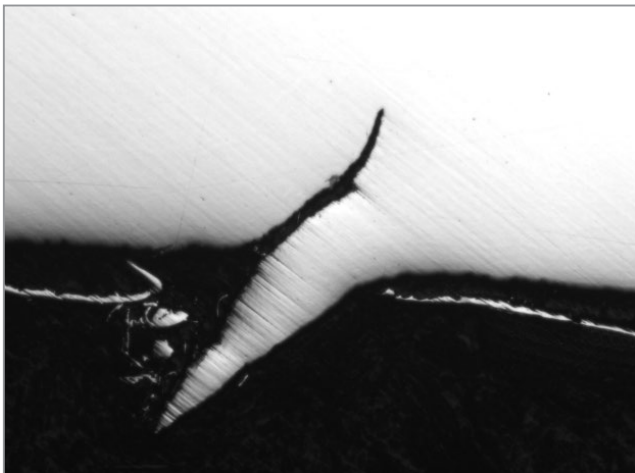


Рис. 6. Трубопрокатные пленки по причине износа прошивной оправки в поперечном сечении микрошлифа:  
а – образец не травлен. х50; б – после травления реактивом Обергоффера. х50



Рис. 7. Внешний вид трубопрокатных плен по причине попадания воды на внутреннюю поверхность гильзы

Полости плен расположены под углом к поверхности и плавно суживаются вглубь. После травления в 4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты в месте дефекта наблюдается структура закалки (рис. 8).

Образование дефекта происходит в результате попадания во внутреннюю полость гильзы воды для внутреннего охлаждения прошивной оправки вследствие нарушения герметичности соединения «адаптер-оправка».

Трубопрокатные плен в виде отслоений округлой формы, повторяющихся по длине трубы через кратные интервалы (рис. 9).

Полости плен разнонаправлены, расположены под углом к поверхности и плавно суживаются вглубь. Изменений микроструктуры либо нет, либо имеется частичное обезуглероживание с плавным переходом к нормальной микроструктуре (рис. 10).

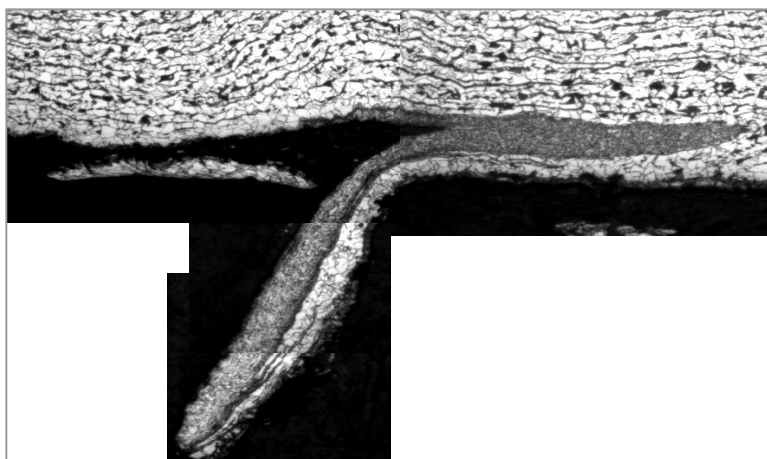


Рис. 8. Микроструктура в районе трубопрокатной плены после травления в 4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты. x50



Рис. 9. Внешний вид трубопрокатных плен по причине повреждения внутренней поверхности гильзы штифтом

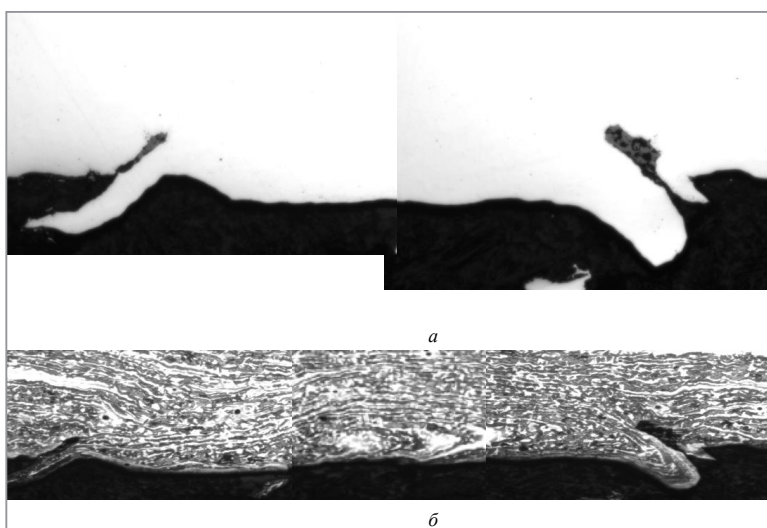


Рис. 10. Трубопрокатные плены по причине повреждения внутренней поверхности гильзы штифтом в поперечном сечении микрошлифа:  
*a* – образец не травлен. x100; *б* – после травления реактивом Обергоффера. x50

Дефект образуется в результате повреждения внутренней поверхности гильзы штифтом для крепления прошивной оправки по причине износа посадочного отверстия под штифт и, как следствие, выпадения штифта.

#### Выводы

Показаны отличительные морфологические и генетические признаки дефектов сталеплавильного и трубопрокатного происхождения на внутренней поверхности горячекатаных бесшовных труб. Представлены внешний вид, расположение и микроструктура трубопрокатных плен в зависимости от причин образования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Правосудович В. В., Сокуренок В. П., Данченко В. Н. и др.** Дефекты стальных слитков и проката: справ. изд. М.: Интермет Инжиниринг, 2006. 384 с.
2. **Бернштейн М. Л.** Атлас дефектов стали. М.: Металлургия. 1979. 188 с.
3. Дефекты стальных заготовок и металлопродукции: Справ.-атлас / З. А. Микирова, Е. А. Перетягина, В. И. Грицаенко. Минск: СтройМедиаПроект. 2019. 326 с.