



УДК 669.  
DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-61-65

Поступила 17.01.2019  
Received 17.01.2019

## ВЛИЯНИЕ РАСКИСЛЯЮЩЕГО ПОРОШКА НА КАЧЕСТВО ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ТРУБ

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

*В статье описан опыт использования раскисляющего порошка в технологическом процессе производства горячекатаных бесшовных труб; процессы, происходящие при подаче на внутреннюю поверхность полой заготовки раскисляющего порошка. Приведены результаты опытно-промышленных испытаний раскисляющего порошка различного химического состава. Показано влияние химического состава раскисляющего порошка на образование дефектов на внутренней поверхности труб. Описаны этапы металлографических исследований дефектов на внутренней поверхности труб, указаны причины образования дефекта «трубопрокатная пленка».*

**Ключевые слова.** Полая заготовка, раскисляющий порошок, химический состав, труба, дефект, трубопрокатная пленка.  
**Для цитирования.** Рожкова, О. В. Влияние раскисляющего порошка на качество внутренней поверхности горячекатаных труб / О. В. Рожкова // Литие и металлургия. 2019. № 1. С. 61–65. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-61-65.

## INFLUENCE OF DEOXIDIZING POWDER ON THE INTERNAL SURFACE OF HOT-ROLLED PIPES

O. V. ROZHKOVA, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail fht.czl@bmz.gomel.by

*The article describes the experience of using deoxidizing powder in the technological process of production of hot-rolled seamless pipes; the processes that occur when applying to the inner surface of the hollow billet deoxidizing powder. The results of experimental and industrial tests of deoxidizing powder of different chemical composition are presented. The influence of the chemical composition of the deoxidizing powder on the formation of defects on the inner surface of the pipes is shown. Describes the stages of metallographic analysis of the defects on the inner surface of the pipe, provided the reasons for the formation of the defect «pipe rolling lap (skin)».*

**Keywords.** Hollow billet, deoxidizing powder, chemical composition, pipe, defect, pipe-rolling lap (skin).  
**For citation.** Rozhkova O. V. Influence of deoxidizing powder on the internal surface of hot-rolled pipes. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 1, pp. 61–65. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-61-65.

Качество внутренней поверхности горячекатаных бесшовных труб остается актуальным вопросом и требует постоянного контроля и улучшения. Условия эксплуатации труб определяют требования к качеству поверхности. По требованиям многих стандартов на поверхности труб такие дефекты, как пленки, трещины, закаты, раковины и другие, являются недопустимыми и приводят к отсортировке.

В процессе нагрева, деформирования и транспортировки нагретого металла происходит окисление поверхности. Образовавшаяся окалина оказывает влияние на процесс прокатки, особенно в непрерывном стане горячей прокатки труб на удерживаемой оправке. Окалина на внутренней поверхности металла, во-первых, повышает трение между металлом и оправкой, а затем затрудняет продвижение материала по оправке, во-вторых, приводит к браку по причине некачественной внутренней поверхности и, в-третьих, повышает износ оправки. Следовательно, для обеспечения нормального процесса прокатки необходимо снизить окалинообразование и защитить внутреннюю поверхность полой заготовки от окисления.

В технологическом процессе производства бесшовных труб важное место занимает процесс подачи на внутреннюю поверхность гильзы раскисляющего порошка. Обычно распыление раскисляющего порошка внутри полой заготовки осуществляется с азотом. Между раскисляющим порошком и окалиной

на внутренней поверхности полой заготовки происходит химическая реакция, которая приводит к отделению окалины. Отделившиеся частицы сдуваются азотом. В процессе транспортировки полой заготовки к стану непрерывной прокатки реакция между раскисляющим порошком и окалиной продолжается. Одновременно образуется своеобразное вязкое расплавленное вещество, которое служит дополнительной смазкой при последующей прокатке.

Дозировка распыляемого раскисляющего порошка зависит от внутреннего диаметра и длины полой заготовки. При недостаточном количестве порошка на внутренней поверхности полой заготовки не будет достигнут требуемый результат от проведенной противоокислительной обработки; избыточное содержание порошка приведет к образованию отходов. Накапливание на внутренней поверхности полой заготовки в течение короткого периода прокатки большого количества окалины приведет к образованию дефектов (техническая документация).

Целью настоящей работы явилось исследование влияния химического состава раскисляющего порошка на качество внутренней поверхности горячекатаных бесшовных труб. В трубопрокатном цеху ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» произведена прокатка двух опытных партий труб. При производстве труб опытных партий по завершении операции прошивки в полулю заготовку подавали раскисляющий порошок различного химического состава.

При производстве труб опытной партии № 1 использовали раскисляющий порошок № 1 с содержанием фосфора до 11%, углерода – до 16, серы – до 0,2%.

В процессе прокатки труб опытной партии № 2 применяли раскисляющий порошок № 2 с содержанием фосфора до 0,007%, углерода – до 4, серы – до 18%.

По завершении процесса прокатки проведены визуальный осмотр и ультразвуковой контроль внутренней поверхности труб опытных партий, металлографические исследования, в ходе которых определены и изучены генетические и морфологические признаки дефектов, классифицированы дефекты и установлена причина образования.

В результате ультразвукового контроля труб опытных партий дефекты на внутренней поверхности выявлены не были. При визуальном осмотре внутренней поверхности труб на трубах партии № 1 дефекты не обнаружены, на трубах опытной партии № 2 выявлены множественные отслоения металла различной длины, расположенные произвольно по поверхности трубы, вытянутые в направлении прокатки (рис. 1). От отсортированных труб с дефектами партии № 2 и труб без дефектов партии № 1 отобраны образцы для исследования.

В лабораторных условиях проводили визуальный осмотр образцов труб после глубокого травления в 50%-ном растворе соляной кислоты.

После удаления окалины на образцах труб партии № 1 дефектов не выявлено, на образцах труб партии № 2 наблюдаются участки темного цвета с множественными отслоениями, часть из которых под слоем поверхностной окалины до травления не просматривалась. Внешний вид дефектов на образцах труб партии № 2 показан на рис. 2.

Для проведения металлографических исследований из образцов труб партии № 2 в месте дефектов были вырезаны поперечные образцы и приготовлены микрошлифы. Исследование проводили на полированных шлифах и шлифах после травления. На полированных микрошлифах исследовали расположение полости дефекта, ее форму, наличие неметаллических включений. Травлением микрошлифов в ре-



Рис. 1. Внешний вид дефектов на внутренней поверхности образцов труб опытной партии № 2



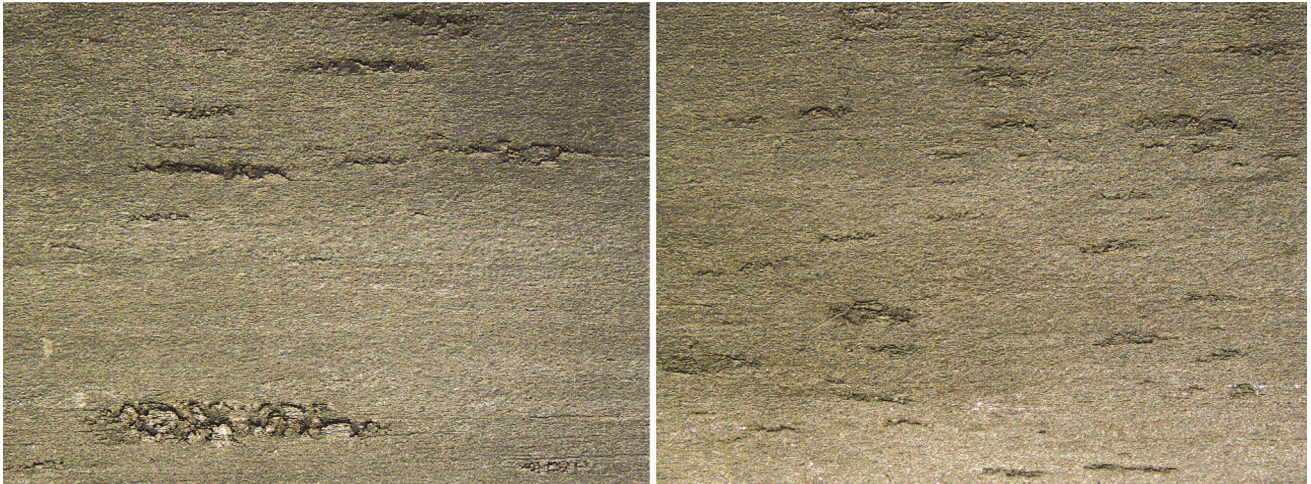


Рис. 2. Внешний вид образцов труб партии № 2 после глубокого травления в 50%-ном растворе соляной кислоты

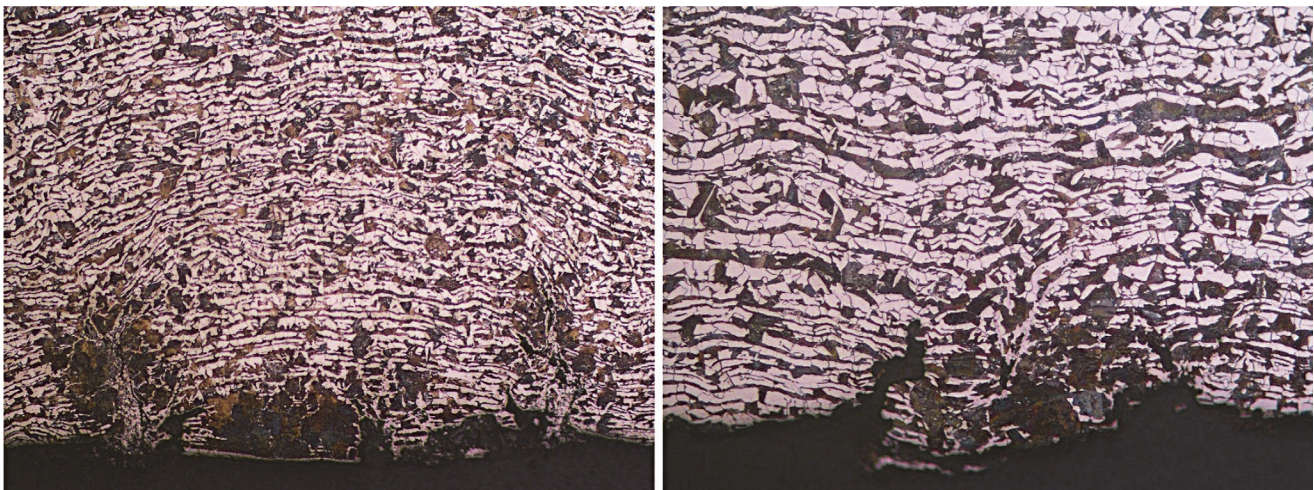


Рис. 3. Микроструктура в зоне дефектов, травление реактивом Nital. *а* –  $\times 100$ ; *б* –  $\times 200$

активе Nital и реактиве Обергоффера определяли расположение структурных составляющих, наличие сегрегации легкоплавких компонентов.

В результате исследования внутренней поверхности всех образцов труб наблюдаются разветвленные полости и широкие полости с неровным дном, неравномерные по ширине. В полости дефектов обнаружены темно- и светло-серые вкрапления неправильной формы различной величины. Анализ образцов после травления реактивом Nital показал в зоне дефектов структуру перлита, отличную от феррито-перлитной структуры основного металла. Микроструктура в зоне дефектов после травления реактивом Nital показана на рис. 3, *а*, *б*.

После травления реактивом Обергоффера в месте дефектов выявлена сегрегация легкоплавких компонентов. Микроструктура в зоне дефектов, выявленная реактивом Обергоффера, представлена на рис. 4, *а*, *б*.

По выявленным морфологическим признакам исследуемые дефекты классифицированы как трубопрокатные плены. Глубина залегания дефектов в исследуемых сечениях составила 0,5 мм.

Для установления природы образования дефектов определяли химический состав включений в зоне дефектов на РЭМ с РМА (рис. 5).

В результате изучения полученных спектров в зоне дефектов обнаружены такие элементы, как P, S, Na, K, Si, Ca. После рассмотрения материалов, используемых при прокатке, было установлено, что такие же химические элементы входят в состав раскисляющего порошка № 2.

Высокое содержание С в составе раскисляющего порошка № 2 объясняет наличие в зоне дефектов науглероживания (структура перлита). Наличие Р в количестве 11% в составе дезоксиданта объясняет присутствие высокого содержания Р в полости дефектов и ликвацию Р в зоне дефекта (см. рис. 4).



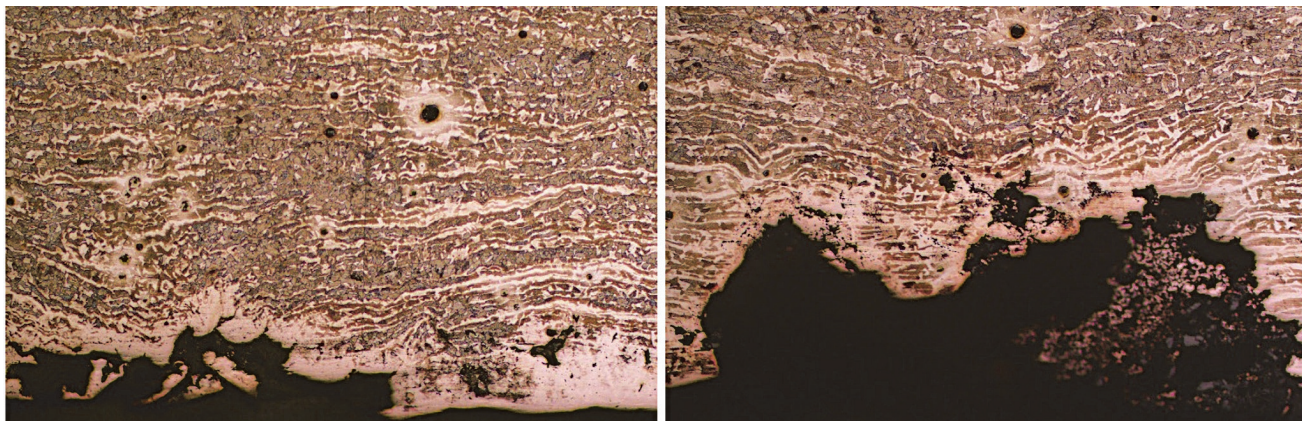


Рис. 4. Микроструктура в зоне дефектов, травление реактивом Обергоффера. а, б – ×50

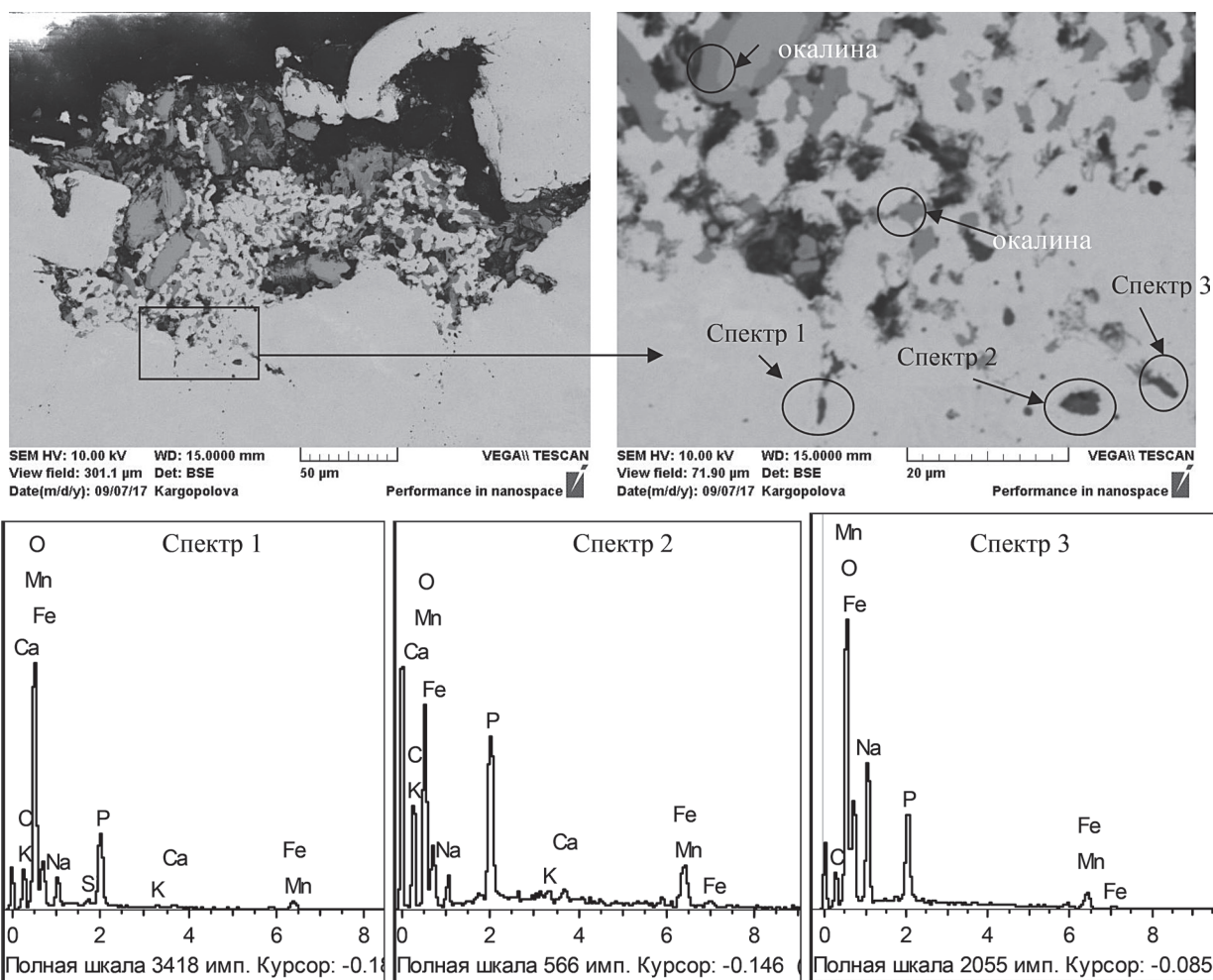


Рис. 5. Химический состав включений в зоне дефекта

Как известно, вредное действие фосфора на свойства стали может усугубляться из-за сильной склонности его к ликвации. Действие фосфора на свойства феррита проявляется в его упрочняющем влиянии. Фосфор относится к сильным упрочнителям [1]. Поэтому в местах скопления дезоксиданта в гильзе образовались локальные участки с ликвацией фосфора и при дальнейшей деформации в этих участках произошло образование дефектов из-за снижения пластичности. При последующей деформации дефекты трансформировались в пленки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что причиной образования трубопрокатных плен на внутренней поверхности труб явилось снижение пластичности металла в зоне участков с ликвацией фосфора из-за локального налипания раскисляющего порошка № 2.

### **Выводы**

1. По результатам исследований установлено, что применение раскисляющего порошка с содержанием фосфора до 0,007%, углерода – до 4, серы – до 18% привело к образованию на внутренней поверхности труб дефекта «трубопрокатная плена».

2. Трубопрокатные плены на внутренней поверхности труб образовались в результате снижения пластичности металла в зоне участков с ликвацией фосфора, связанных с локальным налипанием раскисляющего порошка.

3. Использование раскисляющего порошка с содержанием фосфора до 11%, углерода – до 16, серы – до 0,2% позволяет исключить образование дефектов на внутренней поверхности труб.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г. Специальные стали: Учеб. для вузов. М.: Metallurgija, 1985. 408 с.

### **REFERENCES**

1. Gol'dshtejn M. I., Grachev S. V., Veksler Ju. G. *Special'nye stali* [Special steels]. Moscow, Metallurgija Publ., 1985, 408 p.