



УДК 669.

DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-60-66

Поступила 17.05.2019

Received 17.05.2019

ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ГОРЯЧЕКАТАНОГО ПРОКАТА СОРТОПРОКАТНОГО ЦЕХА № 1 СТАНА 850, ИМЕЮЩИХ ПРОКАТНУЮ ПРИРОДУ ОБРАЗОВАНИЯ, НА ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

*И. А. КОВАЛЕВА, Ю. А. ПОТАПЕНКО, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37.
E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by, yua.rogovaja@bmz.iron*

Прокат является завершающей стадией металлургического цикла и оказывает большое влияние на количество и качество выпускаемой продукции, а также на различные технологические и экономические показатели завода.

На ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проводится работа по освоению и поставкам горячекатаного круглого проката для автомобилестроительной отрасли в Западную Европу.

Возрастающие требования, предъявляемые к качеству поверхности горячекатаного проката, являются мощным стимулом совершенствования технологии его производства, которое невозможно без использования современных методов контроля и правильной идентификации обнаруженных дефектов.

Приведены результаты исследования дефектов горячекатаного проката сортопрокатного цеха № 1 стана 850, имеющих прокатную природу образования.

Металлографическое исследование проводили на основе визуального осмотра дефектов, в некоторых случаях с приготовлением темплета для исследования макроструктуры и зоны расположения дефектов; анализа изображений микроструктуры поперечного сечения пробы в районе дефектов. С помощью характерных внешних и микроструктурных особенностей дефектов, специального травления в реактивах были установлены причины их образования, а также предложены рекомендации по их минимизации или полному устранению.

Ключевые слова. *Горячекатаный круглый прокат, технологический процесс, автомобилестроительная отрасль, жесткие требования, природа образования дефектов, показатель качества.*

Для цитирования. *Ковалева, И. А. Исследования дефектов горячекатаного проката сортопрокатного цеха № 1 стана 850, имеющих прокатную природу образования, на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / И. А. Ковалева, Ю. А. Потапенко // Литье и металлургия. 2019. № 2. С. 60–66. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-60-66.*

RESEARCH OF DEFECTS OF HOT-ROLLED STEEL HAVING ROLLING NATURE OF FORMATION OF THE ROLLING SHOP NO. 1 OF ROLLING MILL 850 AT OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF HOLDING «BMC»

I. A. KOVALEVA, Yu. A. POTAPENKO, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by, yua.rogovaja@bmz.iron

Rolling is the final stage of the metallurgical cycle and has a great influence on the quantity and quality of products, as well as on various technological and economic indicators of the plant.

The OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC» is working on the development and supply of hot-rolled round products for the automotive industry in Western Europe.

The increasing requirements for the quality of the surface of hot-rolled steel are a powerful incentive to improve the technology of its production, which is impossible without the use of modern methods of control and proper identification of detected defects.

The article presents the results of the study of defects of hot-rolled products of rolling mill № 1 850, having the rolling nature of formation.

Metallographic study was conducted on the basis of: visual inspection of defects, in some cases with the preparation of a template for the study of macrostructure and location of defects; analysis of images of the microstructure of the cross section of the sample in the area of defects. With the help of characteristic external and microstructural features of defects, special etching in reagents, the causes of their formation were established, and recommendations for their minimization or complete elimination were proposed.

Keywords. Hot-rolled round steel, technological process, automotive industry, strict requirements, nature of defects formation, quality index.

For citation. Kovaleva I. A., Potapenko Yu. A. Research of defects of hot-rolled steel having rolling nature of formation of the rolling shop no. 1 of rolling mill 850 at OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC». Foundry production and metallurgy, 2019, no. 2, pp. 60–66. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-60-66.

Производство проката является завершающей стадией металлургического цикла и оказывает большое влияние на количество и качество выпускаемой продукции, а также на различные технологические и экономические показатели завода. Контроль каждой операции технологического процесса прокатки металла необходим для получения продукции высокого качества без снижения производительности оборудования [1].

На ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проводится работа по освоению и поставкам горячекатаного круглого проката для автомобилестроительной отрасли в Западную Европу. Потребителями продукции являются кузнечные производства и механообрабатывающие предприятия, которые в дальнейшем осуществляют поставки готовых изделий для сборочных производств ведущих автопроизводителей.

В последнее время от многих потребителей поступают заказы с существенно более высокими и жесткими требованиями к поверхности горячекатаного металла, что, в первую очередь, обусловлено их желанием улучшить обрабатываемость при последующей механической обработке деталей.

Возрастающие требования, предъявляемые к качеству поверхности горячекатаного проката, являются мощным стимулом совершенствования технологии его производства, которое невозможно без использования современных методов контроля и правильной идентификации обнаруженных дефектов.

В соответствии с нормативно-технической документацией (технологическими инструкциями, техническими условиями, государственными отраслевыми стандартами) на поверхности горячекатаных заготовок не допускаются трещины, плены, рванины, волосовины, раковины, раскатанные загрязнения, раскатанные газовые пузыри, раскатанные корочки, закаты, подрезы, скворечники, чешуйчатость, ус. Допускаются такие дефекты, как риски, вмятины, отпечатки, рябизна, волосовины, если их глубина не превышает $\frac{1}{4}$ суммарного допуска по диаметру [2].

Для горячекатаных заготовок, предназначенных для ответственного специального назначения (по заказу европейских производителей автокомпонентов), эти требования более жесткие.

Перед специалистами завода была поставлена задача минимизации или полного исключения дефектов в процессе горячей прокатки металла.

При установлении причин появления дефектов учитывали размеры дефектов и степень пораженности ими как отдельной горячекатаной заготовки, так и плавки; периодичность повторения дефектов в пределах заготовки, плавки; частоту появления в продукции разных плавков из одной или разных марок стали; конкретные условия производства и переработки металла [2].

Металлографическое исследование проводили на основе визуального осмотра дефектов, в некоторых случаях с приготовлением темплета для исследования макроструктуры и зоны расположения дефекта. В светлом поле зрения с помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUSGX-51» с анализом изображений микроструктуры по программе «Stream Motion» были исследованы поперечные сечения проб в районе дефектов. С помощью характерных внешних и микроструктурных особенностей дефектов, специального травления в реактивах были установлены причины их образования, а также предложены рекомендации по их минимизации или полному устранению.

Как правило, дефекты прокатного происхождения являются следствием нарушения или несовершенства технологии проката. От правильного подобранного режима нагрева металла и соблюдения процесса самого проката, охлаждения после прокатки зависит его качество поверхности, структура, механические свойства.

Рассмотрим основные прокатные дефекты, не допустимые на поверхности горячекатаных заготовок.

Прокатная плена

Дефект представляет собой отслоение металла, которое соединено с основным металлом, и ориентировано в направлении прокатки (рис. 1, а). Дефект может сопровождаться разрывами металла. В зоне дефекта имеет место небольшое обезуглероживание (рис. 1, б).

Причина возникновения дефекта: сверхнормативная выработка валков или их травмирование, приводящее к образованию на металле выступов, которые при дальнейшей прокатке раскатываются в плены.

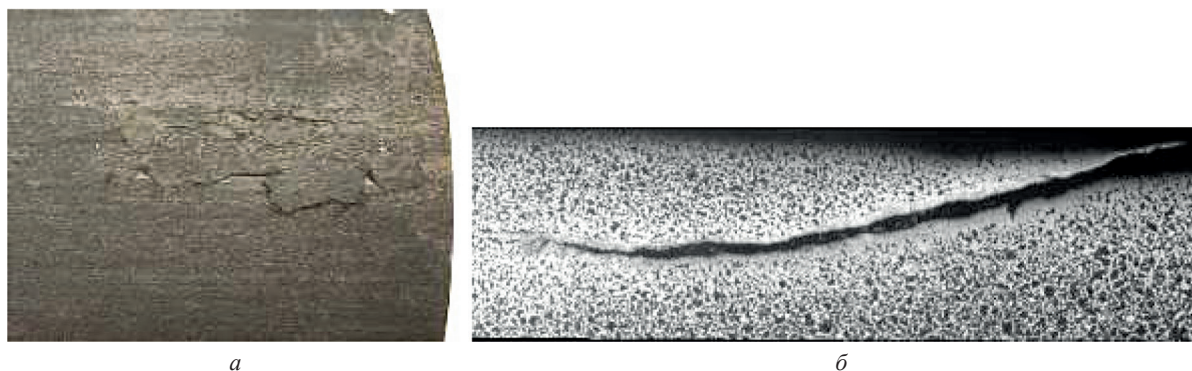


Рис. 1. Дефект «Прокатная пленка»: а – внешний вид; б – при увеличении микроскопа. $\times 200$

Устранение дефектов: не допускать сильной выработки или применения травмированных валков, проводить своевременную перевалку.

Вкатанная окалина

Дефект представляет собой тонкие полоски из темно-серых мазков, расположенных строчкой (дорожкой), вытянутых в направлении прокатки и образующихся при раскатывании достаточно крупных частиц вкатанной окалины (рис. 2, а). На поперечном микрошлифе выявляются мелкие углубления, заполненные окалиной (рис. 2, б).

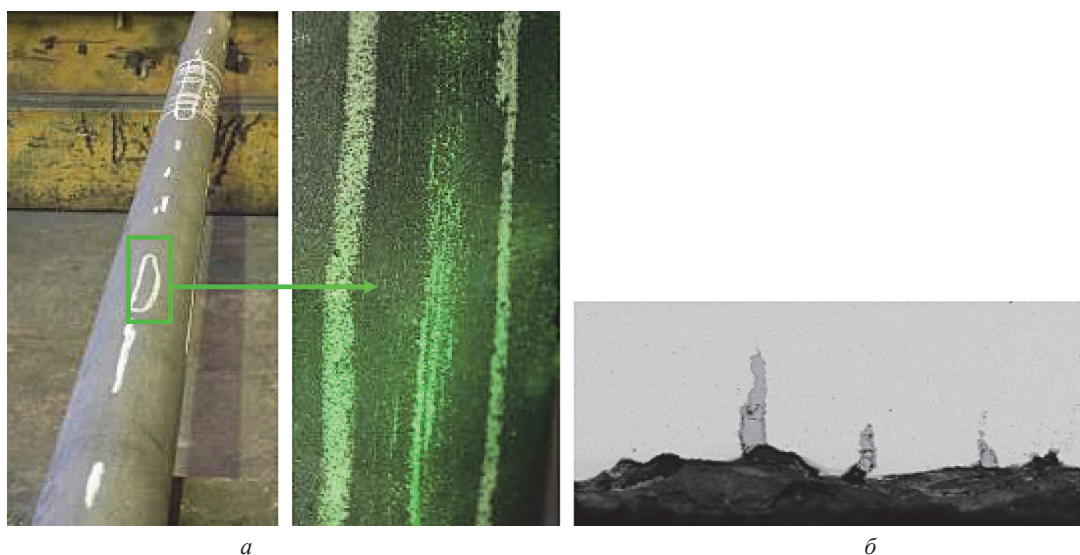


Рис. 2. Дефект «Вкатанная окалина»: а – внешний вид; б – при увеличении микроскопа. $\times 100$

Причина возникновения дефекта: наличие на непрерывнолитой заготовке перед прокаткой остатков окалины вследствие неудовлетворительной работы гидросбива при горячей прокатке. Причиной также может быть оплавление или перегрев непрерывнолитой заготовки в методической печи и некачественная подготовка поверхности валков стана горячей прокатки.

Устранение дефектов: обеспечение полного удаления окалины с поверхности непрерывнолитой заготовки при горячей прокатке, в том числе за счет бесперебойной качественной работы гидросбива, своевременной замены сопел и их правильной установки, достаточного давления воды в системе, соблюдение режима нагрева слябов без перегрева и оплавления, своевременная перевалка рабочих валков на стане горячей прокатки и отсутствие перегревов металла.

Отпечаток

Дефект поверхности, представляющий собой углубления или выступы, расположенные по всей поверхности раската или на отдельных его участках, образовавшихся от выступов или углублений на прокатных валках. Дефект может периодически повторяться по длине заготовки (рис. 3, а). В сечении дефекта наблюдается небольшая вмятина (выпуклость) или изменение шероховатости по сравнению с участками не травмированного проката (рис. 3, б).

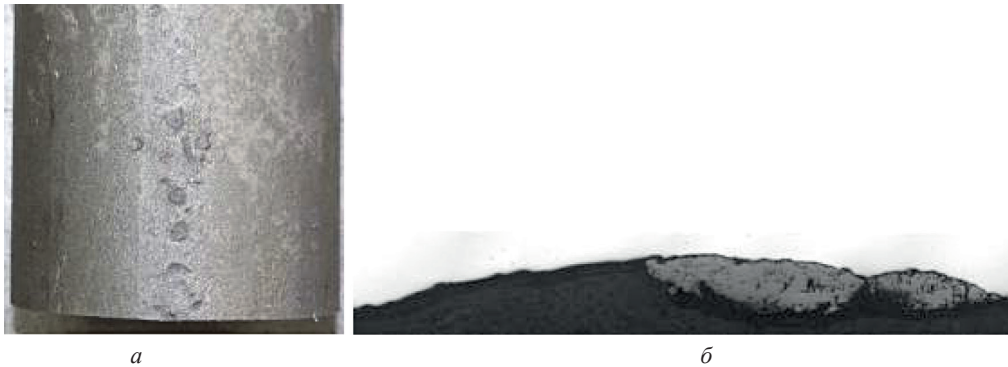


Рис. 3. Дефект «Отпечаток»: а – внешний вид; б – при увеличении микроскопа. $\times 200$

Причины возникновения дефекта: наличие выступов или углублений, наваров, порезов, выкрошек на поверхности прокатных валков, попадание металлических частиц в очаг деформации при прокатке.

Устранение дефекта: своевременно производить перевалку рабочих валков и очистку или замену роликов; соблюдать чистоту проводковой арматуры стана, не допускать попадания посторонних частиц на заготовку.

Риска

Дефект поверхности, представляющий собой продольное углубление с закругленным или плоским дном (рис. 4, а).

Дефект сопровождается изменением структуры металла, возможно наличие окалины, закатанной под бортик риски (рис. 4, б).

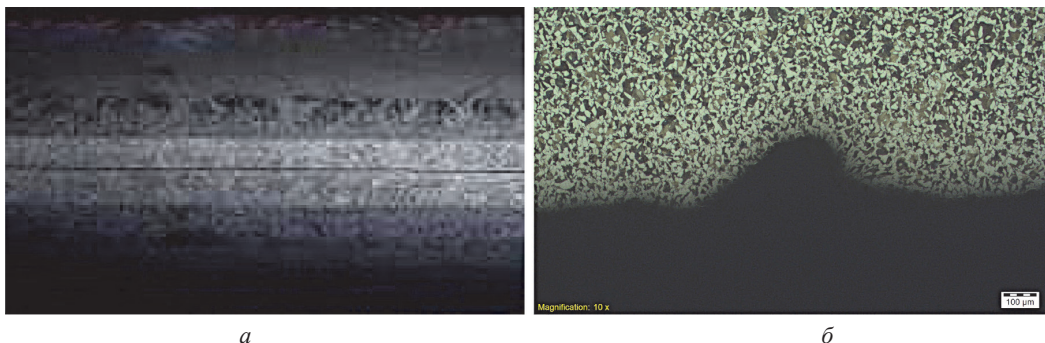


Рис. 4. Дефект «Риска»: а – внешний вид; б – при увеличении микроскопа $\times 200$

Причины возникновения дефекта: травмирование поверхности металла прокатной арматурой. Неудовлетворительное состояние поверхности роликов рольгангов.

Устранение дефекта: систематически проверять состояние поверхности прокатной арматуры.

Рванина

Рванина представляет собой раскрытые разрывы, расположенные перпендикулярно или под углом к направлению наибольшей вытяжки металла; образуются при горячей деформации металла из-за пониженной пластичности. Дефект образуется при горячей деформации малопластичного металла (рис. 5, а).

Рванина на прокате обычно расположена полосами вдоль направления деформации, часто периодически повторяясь.

В момент образования разрывы обычно тонкие, но последующая деформация приводит к их расширению.

В зоне рванин микроструктура обычно крупнозернистая и по границам зерен наблюдаются разрывы, заполненные оксидами (рис. 5, б).

Если рванины возникают до передела (горячей деформации), то обезуглероживание и окисление в зоне дефекта могут отсутствовать или быть незначительными.

Причины возникновения дефекта: при удовлетворительном качестве металла рванины могут образоваться вследствие неблагоприятных условий нагрева (перегрев, пережог, неравномерный нагрев, недогрев) или деформации (большие степени обжатия, неоптимальная схема калибровки) [3].



Рис. 5. Дефект «Рванина»: *a* – внешний вид; *б* – при увеличении микроскопа. $\times 200$

С целью исключения данного дефекта необходимо контролировать режимы нагрева и выдержки в печи непрерывнолитых заготовок.

Подрез

Подрез представляет собой продольное углубление по всей длине прутка или на отдельных участках его поверхности, образовавшееся из-за неправильной настройки валковой арматуры или одностороннего перекрытия калибра (рис. 6, *a, б*).

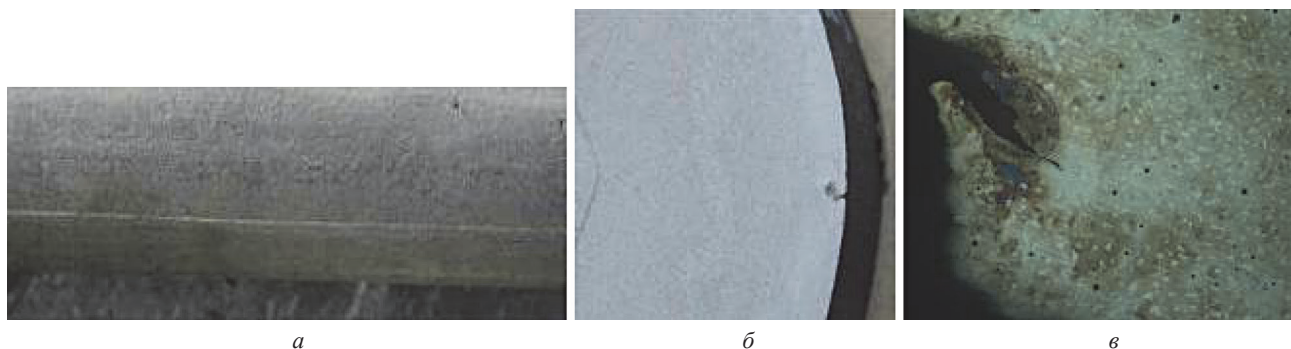


Рис. 6. Дефект «Подрез»: *a* – внешний вид; *б* – макроструктура; *в* – при увеличении микроскопа. $\times 200$

Микроструктура металла в зоне прикатанного подреза характеризуется обезуглероживанием и наличием вкатанной окалины (рис. 6, *б*).

Устранение дефекта: правильная настройка валков, валковой арматуры, правильная настройка клетки.

Закат

Закат представляет собой прикатанный прямолинейный продольный выступ с одной стороны проката или с двух диаметрально противоположных его сторон. Дефект, как правило, проходит по всей длине прутка (рис. 7, *a*).

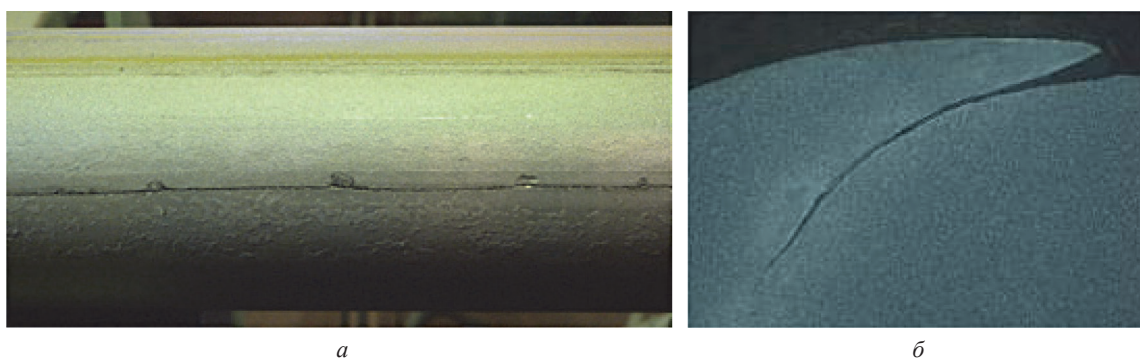


Рис. 7. Дефект «Закат»: *a* – внешний вид; *б* – при увеличении микроскопа. $\times 200$

На поперечных микрошлифах видна характерная особенность заката – расположение под острым углом к поверхности металла. Признак заката – конец дефекта не разветвлен и огибается волокном. Дефект заполнен окалиной и металл по его стенкам обезуглерожен (рис. 7, б).

Дефект образуется при прокатке заготовок или прутков с подрезами, усами, заусенцами и другими продольными выступами. Дефект может также получаться на конце раскатов из-за неправильной задачи в калибры [3].

Чешуйчатость

Чешуйчатость – дефект поверхности, представляющий собой отслоение или разрывы в виде сетки, образовавшиеся при прокатке из-за перегрева (пережога) или пониженной пластичности металла периферийной зоны. Чешуйчатостью может быть покрыта вся поверхность проката или часть ее.

При пониженной пластичности периферийной зоны в ней при первом обжати возникают мелкие разрывы, которые при последующих проходах раскрываются в мелкие чешуйки языкообразной формы, связанные с металлом (рис. 8, а). На микрошлифах поверхностного слоя с резко выраженной чешуйчатостью видна сетка оксидов, образовавшихся по следам разрывов (рис. 8, б).

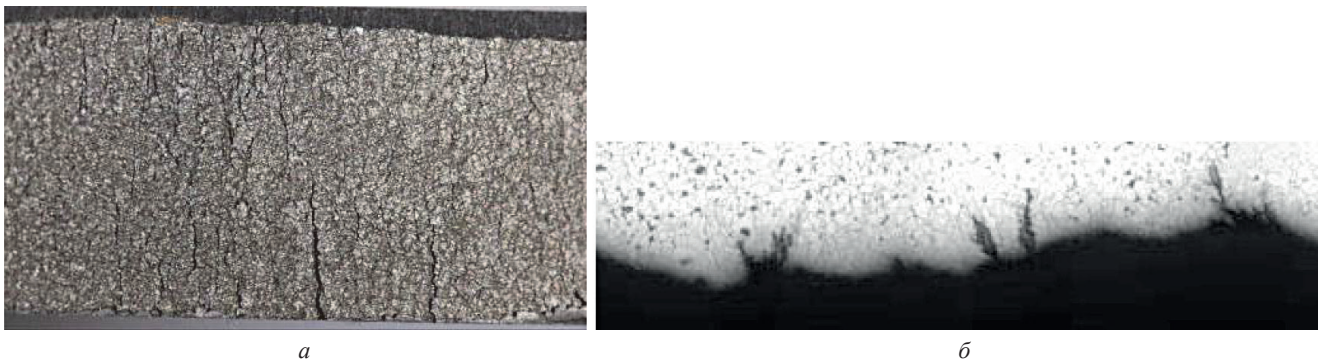


Рис. 8. Дефект «Чешуйчатость»: а – внешний вид; б – при увеличении микроскопа. $\times 100$

В том случае, если низкая пластичность поверхностного слоя металла связана с высокой температурой нагрева поверхностного слоя перед выдачей металла на деформацию, границы кристаллитов оплавляются и по ним при деформации возникают разрывы.

Для предотвращения появления чешуйчатости необходимо соблюдать оптимальные температуры нагрева стали перед деформацией (не допускать перегрева и пережога поверхности).

Точно определить природу дефекта можно посредством металлографического исследования, результаты которого анализируются совместно с информацией о нарушениях технологических процессов производства стали и проката. Металлографические исследования позволяют определить морфологические и генетические признаки дефектов. Также необходимо четкое знание технологических процессов и механизмов влияния различных факторов на образование поверхностных дефектов. Для этого необходимо изучение не только природы происхождения дефектов, но места и причины их образования в технологической цепочке.

Для повышения качества готовой продукции и снижения себестоимости производства металлопроката необходимым условием является точная классификация дефектов поверхности проката по происхождению, а также по морфологическим и генетическим признакам.

Проведенные исследования позволили организовать мероприятия для своевременной корректировки технологического процесса прокатки, и, тем самым, минимизировать поверхностные прокатные дефекты, а в некоторых случаях полностью исключить процесс их образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалева И. А., Ходосовская Н. А., Венгура А. В., Гордиенко В. В. Влияние температуры посадки металла в нагревательную печь на трансформацию трещин, полученных при кристаллизации непрерывнолитых заготовок стали марки S355J2 // Литье и металлургия, 2012. № 1. С. 10–13.
2. Правосудович В. В. и др. Дефекты стальных слитков и проката: Справ. изд. М.: Интермет Инжиниринг, 2006. 384 с.
3. Дефекты стали: Справ. изд. / Под ред. С. М. Новокшеновой, М. И. Виноград. М.: Металлургия, 1984. 199 с.

REFERENCES

1. **Kovaleva I. A., Hodosovskaja N. A., Vengura A. V., Gordienko V. V.** Vlijanie temperatury posada metalla v nagrevatel'nuju pech' na transformaciju treshhin, poluchennyh pri kristallizacii nepreryvnolityh zagotovok stali marki S355J2 [The effect of the temperature of the metal landing in the heating furnace on the transformation of cracks obtained during the crystallization of continuously cast billets of steel grade S355J2]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2012, no. 1, pp. 10–11.
2. **Pravosudovich V. V. i dr.** *Defekty stal'nyh slitkov i prokata* [Defects of steel ingots and rolled products]. Moscow, Internet Inzhiniring Publ., 2006, 384 p.
3. *Defekty stali* [Steel defects]. Moscow, Metallurgija Publ., 1984, 199 p.