



УДК 621.778.1

Поступила 06.09.2017

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТА «ВКАТАННАЯ ОКАЛИНА» НА СОРТОВОМ ПРОКАТЕ СТАНА 850 ПРИМЕНЯЕМОГО В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

THE REASONS OF FORMATION OF DEFECT «ROLLED-IN-SCALE» ON ROLLED METAL FOR AUTOMOTIVE INDUSTRY ON THE MILL 850

*Н. А. ГЛАЗУНОВА, С. В. СТЕФАНОВИЧ, Ю. Л. РОГОВАЯ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37.
E-mail: nmv.czl@bmz.gomel.by*

N. A. GLAZUNOVA, S. V. STEFANOVICH, YU. L. ROGOVAYA, OJSC «BSW» – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel Region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: nmv.czl@bmz.gomel.by

Исследование поверхностных дефектов сортового проката, правильная их классификация позволят установить причину образования и устранить их возникновение в дальнейшем. В данной статье описаны исследовательские работы, проведенные в лаборатории, и рассмотрен ряд предполагаемых причин образования поверхностных дефектов, не имеющих явных признаков, позволяющих их классифицировать согласно ГОСТ 21014-88. По результатам исследований дефекты классифицированы как вкатанная окалина.

The research of the surface defects of rolled metal, their exact classification will allow to establish the reason of formation and to eliminate their occurrence in future. The research works which were carried out at the laboratory are described in this article. A number of alleged causes of formation of the surface defects which do not have the strong indications allowing them to classify according to GOST 21014-88 were considered. By results of these researches defects are classified as rolled-in-scale.

Ключевые слова. *Качество, прокат, классификация, свойства, микрошлиф, исследование, трансформация, дефект, поверхность, окалина, признаки, заготовка.*

Keywords. *Quality, rolled metal, classification, properties, microsection, research, transformation, defect, surface, scale, traces, blank.*

Особое место в производстве сортового проката занимает качество его поверхности. Дефекты, представляющие нарушение сплошности металла, существенно снижают эксплуатационные свойства изделий. Исследование поверхностных дефектов сортового проката, правильная их классификация позволят установить причину образования и устранить их возникновение в дальнейшем.

К прокату для автомобилестроения предъявляются более жесткие требования к качеству поверхности – глубина дефектов не должна превышать 0,3 мм. Поэтому сразу увеличивается отсортировка металла с поверхностными дефектами, которые ранее не учитывались.

Речь пойдет о конкретном дефекте со свойственными ему признаками.

При визуальном осмотре проката эти дефекты представляют собой вид прямолинейных, продольно ориентированных несплошностей металла, штрихообразной формы. Очень часто дефекты визуально не различимы и для определения места их расположения поверхность проката исследуют магнитопорошковым методом (рис. 1).

После исследования макроструктуры поперечного сечения дефектных проб выявлено, что место расположения дефектов соответствует большим граням непрерывнолитой заготовки, как правило, в месте разъемов калибров.

В поперечном сечении микрошлифа дефект может быть единичным или групповым, расположен перпендикулярно поверхности раската, как правило, без разветвлений. Полость дефекта частично либо полностью заполнена окалиной. Стенки окаймлены оксидами либо оксиды отсутствуют. Степень обезу-

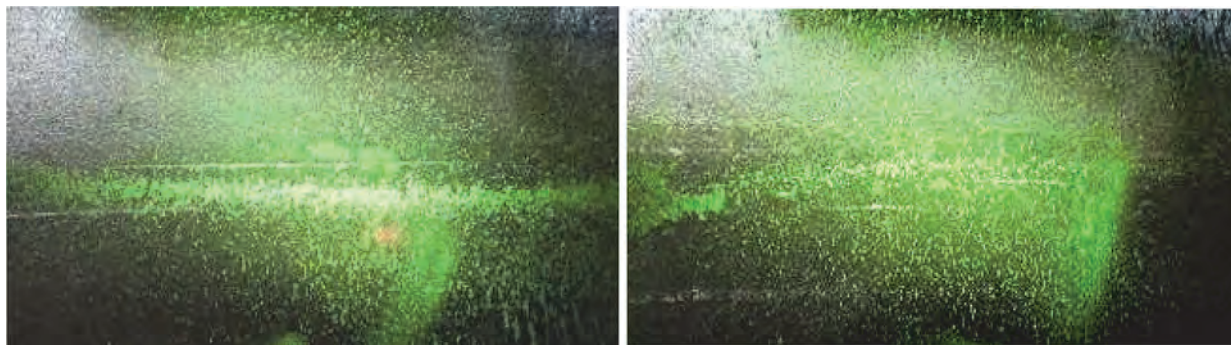


Рис. 1. Поверхностные дефекты на горячекатаных заготовках, не видимые визуально, выявленные при исследовании поверхности ручным дефектоскопом

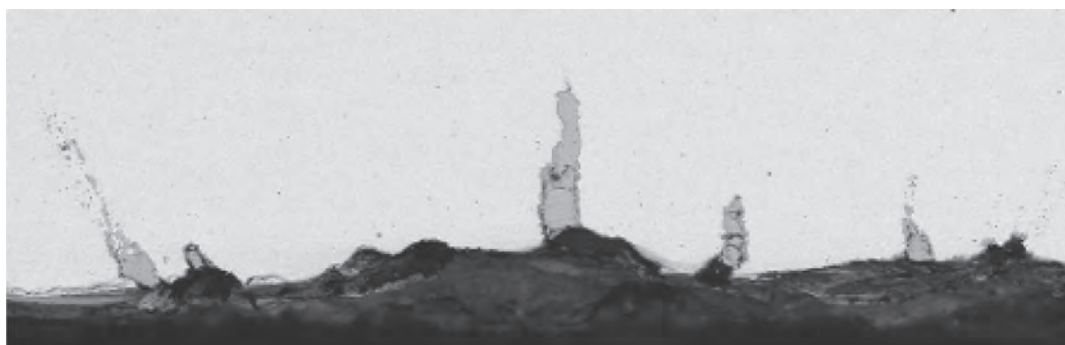


Рис. 2. Исследуемые поверхностные дефекты в поперечном сечении микрошлифа, шлиф не травлен. '100

глероживания такая же, как у поверхностного слоя. В микроструктуре значительных изменений не наблюдается. Глубина распространения дефекта от 0,2 до 4,5 мм, чаще всего глубина дефекта составляет 1–2 мм (рис. 2).

Наблюдаемые признаки дефекта не позволяют его однозначно классифицировать по ГОСТ 21014-88, дефекты могли быть унаследованы с непрерывнолитой заготовки или образовались в процессе производства проката.

Для объективной и точной классификации и установления возможной причины их образования был проведен ряд исследовательских работ. Предполагали несколько причин образования дефекта:

1. Влияние несоответствия геометрических размеров НЛЗ.
2. Трансформация видимых механических повреждений НЛЗ в виде рисок и царапин.
3. Неэффективное удаление окалины с поверхности НЛЗ гидросбивом.
4. Наличие окалины, имеющей прочное сцепление с металлом.

Исследовали отдельно каждую из предполагаемых причин образования данных дефектов.

1. Несоответствие геометрических размеров НЛЗ

Несмотря на то что геометрические размеры осмотренной НЛЗ не имели отклонений и соответствовали требованиям НД, после осмотра прокатанных заготовок были выявлены описанные выше поверхностные дефекты.

Следовательно, версия о влиянии геометрических размеров не подтвердилась.

2. Трансформация видимых механических повреждений НЛЗ в виде рисок и царапин

После проката блюмов с дефектами механического происхождения и блюмов без дефектов на раскатах от дефектных и бездефектных блюмов были выявлены исследуемые дефекты.

Следовательно, предположение о том, что механические повреждения могут трансформироваться в исследуемые нами дефекты, не подтвердилось.

3. Неэффективное удаление окалины с поверхности НЛЗ гидросбивом

Версии о влиянии нарушения геометрии и механических повреждений непрерывнолитых заготовок на образование исследуемых нами дефектов не нашли своего подтверждения. Предположили, что причиной образования исследуемых дефектов могло послужить не качественное удаление печной окалины с непрерывнолитой заготовки гидросбивом перед деформацией. Остатки не удаленной окалины при последующей деформации вкатываются в поверхность металла, что приводит к образованию целого ряда поверхностных дефектов. В соответствии с ГОСТ 21014-88 такие дефекты классифицируются как вка-

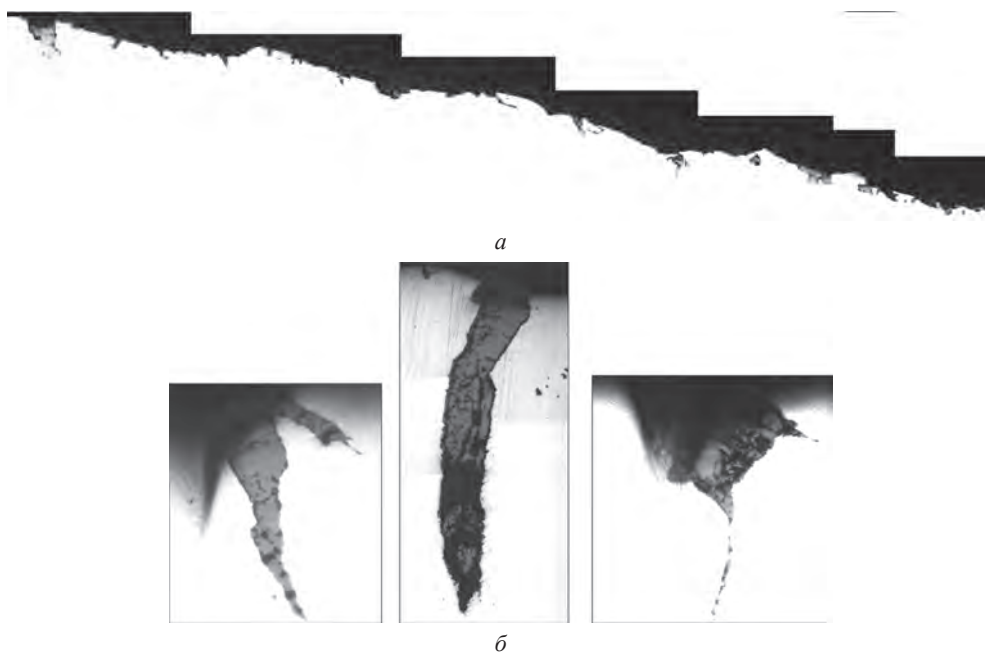


Рис. 3. Поверхностные дефекты в поперечном сечении микрошлифа, вырезанного из заготовки, прокатанной без удаления печной окалины, полностью отключив систему гидросбива, шлиф не травлен: *a* – панорамный снимок поверхности; *б* – отдельные дефекты. *a* – $\times 50$; *б* – $\times 200$

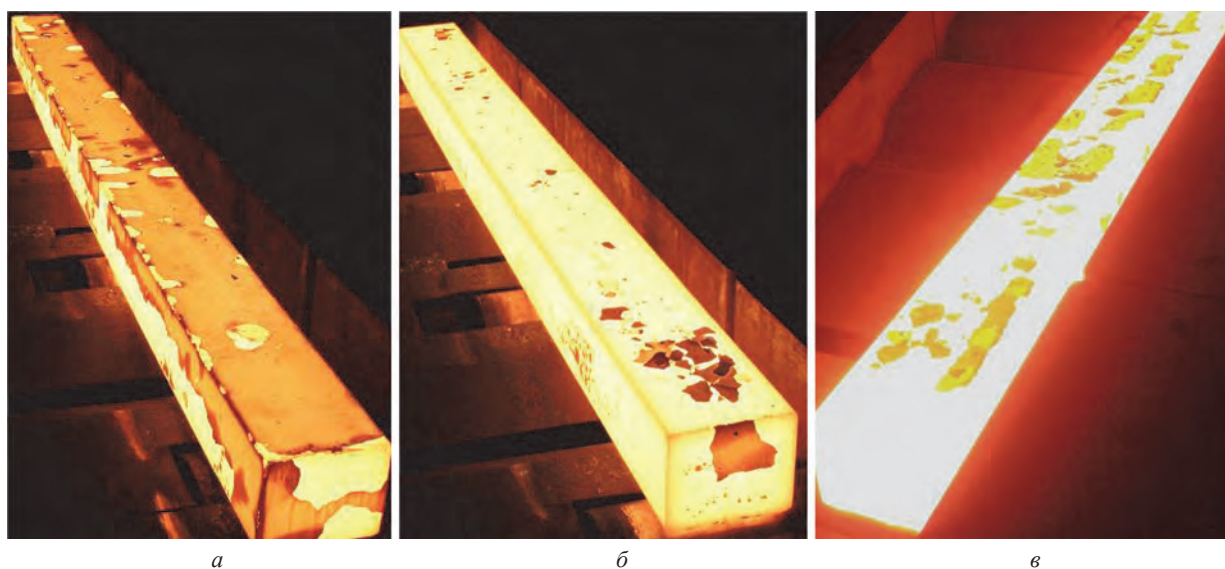


Рис. 4. Внешний вид НЛЗ сечением 250×300 мм после удаления печной окалины на установке гидросбива: *a* – из стали марки Ste460; *б* – из стали марки 40X; *в* – из стали марки 16/20MnCr

танная окалина – дефект поверхности в виде вкраплений остатков окалины, вдавленной в поверхность металла при деформации.

Для проверки данной версии прокатали одну непрерывнолитую заготовку (из низкоуглеродистой стали) без удаления печной окалины, полностью отключив систему гидросбива.

На полученном прокате визуально дефекты не просматривались, а выявлялись только магнитопорошковым методом в виде групповых продольных штрихообразных полостей, вытянутых вдоль направления прокатки, различной протяженностью, расположенных с двух диаметрально противоположных сторон.

При исследовании поперечных макротемплетов и микрошлифов, вырезанных в месте расположения дефектов, обнаружены групповые и единичные полости, заполненные окалиной. В зоне дефектов наблюдается поверхностное обезуглероживание. Расположение дефектов соответствует большим граням непрерывнолитой заготовки. Дефекты классифицированы по ГОСТ 21014-88 как «вкатанная окалина», глубиной залегания в исследуемых сечениях до 1,35 мм (рис. 3). Полученные дефекты аналогичны по расположению и морфологическим признакам исследуемым дефектам.

Во время исследований была проведена проверка работы системы гидросбива. Все параметры системы соответствуют технической документации, т. е. можно исключить неэффективность ее работы. В ходе проверки было замечено, что после гидросбива наблюдается неполное удаление окалины не на всем марочном сортаменте НЛЗ. Так, на поверхности непрерывнолитой заготовки из низкоуглеродистой стали (Ste460) после прохождения системы гидросбива сохраняется большая часть окалины, а на поверхности непрерывнолитых заготовок, идущих следом за ней (т. е. режим нагрева тот же), из легированных марок (40X, 16/20MnCr) – практически полное удаление печной окалины.

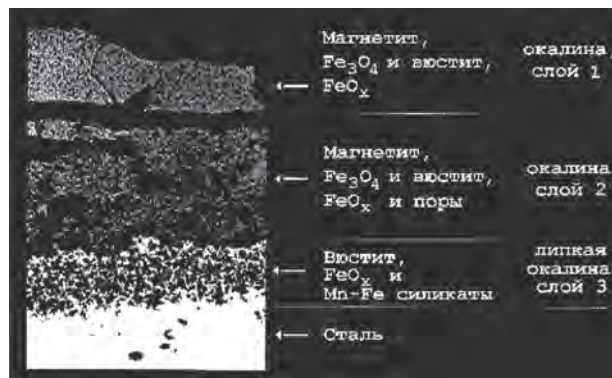


Рис. 5. Строение слоев окалины

Поэтому следующим этапом исследования стало определение причины образования окалины, имеющей прочное сцепление с металлом, которая плохо удаляется системой гидросбива и приводит к образованию дефекта «вкатанная окалина».

4. Образование окалины, имеющей прочное сцепление с металлом

Для начала выделили несколько причин образования окалины, имеющей прочное сцепление с металлом, так называемой «липкой» окалины. Предполагаемыми причинами образования такой окалины могут быть: нерациональный температурный режим нагрева металла (температура и время нагрева), химический состав стали, соотношение газ-воздух в атмосфере печи и другие факторы.

Провели исследование поверхностной окалины непрерывнолитой заготовки до и после нагрева в печи.

Из литературных источников известно, что при нагреве металла под прокатку необходимо предотвратить образование так называемой «липкой окалины», имеющей прочную связь с металлической поверхностью (рис. 5). Решающую роль на прочность сцепления окалины с металлом оказывает не изменение химического или фазового состава окалины, а состояние поверхности границы раздела металл – окалина. В случаях, когда проникновение оксидов в глубь металла по границам зерен отсутствует или весьма незначительно и между сталью и окалиной имеется резкая граница, при пластической деформации окалиноудаление происходит без особых затруднений, при этом поверхность отрыва достаточно гладкая.

Весьма нежелательным является появление в окалине жидкой фазы, сопровождающейся ионизацией границ зерен стали, проникновение окалины между ними интенсифицируется (происходит рост смешанной зоны) и, как следствие, ее прочность сцепления с металлом возрастает.

Поверхностная окалина непрерывнолитой заготовки до нагрева под прокатку имеет четкую линию раздела окалина-металл, проникновение оксидов в глубь металла по границам зерен весьма незначительно, слой «липкой окалины» отсутствует (рис. 6).

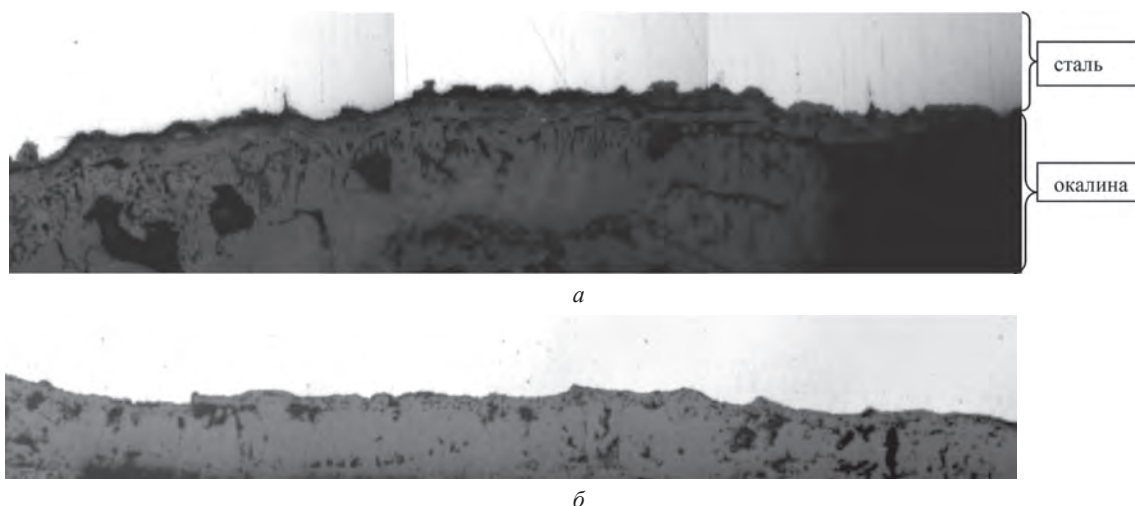


Рис. 6. Поверхностная окалина на образце блюма до нагрева под прокатку. а – $\times 500$; б – $\times 200$

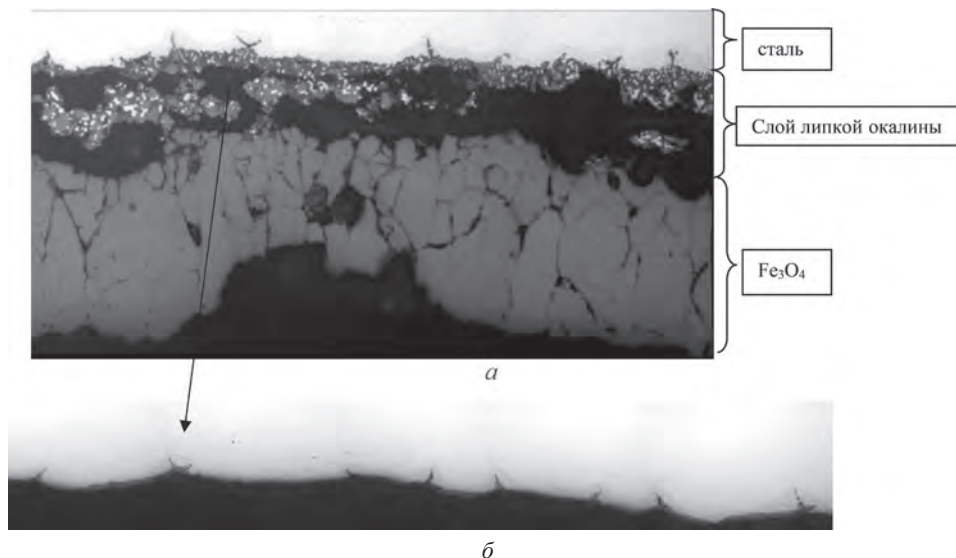


Рис. 7. Поверхностная окалина на образце бьюма после нагрева под прокатку. *a* – $\times 500$; *б* – $\times 200$

Поверхностная окалина н/л заготовки после нагрева имеет большую толщину, окисление происходило по границам зерен и линия раздела окалина-металл полностью отсутствует (рис. 7).

При проведении первого этапа работы получены следующие результаты:

1. Исследуемые дефекты классифицированы как вкатанная окалина.
2. Установлена основная причина образования дефектов «вкатанная окалина» – получение трудноудаляемой «липкой окалины» на поверхности непрерывнолитой заготовки после нагрева перед деформацией.

Установление причины получения вкатанной окалины на поверхности проката позволит своевременно производить корректировки техпроцесса и не допускать образования подобных дефектов.

Проведение второго этапа исследовательской работы было направлено на выявление причины и способов предотвращения образования трудноудаляемой «липкой окалины» на поверхности НЛЗ при нагреве под деформацию.

Образование окалины зависит от температуры, продолжительности нагрева и атмосферы нагревательной печи, химического состава металла.

При проведении второго этапа исследования были произведены изменения состава атмосферы (соотношение расхода газа и воздуха) нагревательной печи стана 850 и снижена температура нагрева по зонам нагревательной печи (см. таблицу, опытный режим).

Режимы нагрева НЛЗ марки стали StE460

| Зона печи | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Максимальное значение температуры, °С | | 1120 | 1120 | 1180 | 1200 | 1180 | 1200 |
| Минимальное значение температуры, °С | | 1030 | 1030 | 1110 | 1130 | 1110 | 1130 |
| Штатный режим – технологическая инструкция ТИ 840-П2-01 | | 1140–1160 | 1140–1160 | 1240–1250 | 1250–1270 | 1210–1230 | 1250–1260 |
| I часть | Соотношение газ: воздух согласно ТИ | – | – | – | 1:10 | 1:10 | 1:10 |
| II часть | Соотношение газ: воздух увеличено | – | – | – | 1:12 | 1:11 | 1:10 |
| III часть | Соотношение газ: воздух уменьшено | – | – | – | 1:9 | 1:9 | 1:9 |

Для проведения исследования использовали одну плавку, разделенную на три части:

I часть – температура в печи снижена, соотношение расхода газа и воздуха (λ) согласно технологической инструкции (см. таблицу);

II часть – температура в печи снижена, соотношение расхода газа и воздуха (λ) увеличено (см. таблицу);

III часть – температура в печи снижена, соотношение расхода газа и воздуха (λ) уменьшено (см. таблицу).

Опытные части плавки отделяли друг от друга посредством посада в нагревательную печь заготовок другой плавки.

В результате проведенного исследования на поверхности проката всех трех частей плавки наблюдалось незначительное количество дефектов, глубина которых не превышала 0,2 мм.

Наибольший уровень дефектности выявлен на раскатах, прокатанных по режиму второй опытной части плавки (соотношение расхода газа и воздуха (λ) увеличенное, с пониженной температурой нагревательной печи). Наименьший уровень дефектности соответствует режиму I опытной части плавки (соотношение расхода газа и воздуха (λ) согласно ТИ 840-П2-01, но с пониженной температурой).

Понижение температуры нагрева по зонам нагревательной печи позволило предотвратить образование «липкой окалины» и уменьшить сцепление окалины с поверхностью металла, что значительно улучшило условия удаления окалины с поверхности металла на установке гидросбива перед горячей деформацией.

Все выявленные поверхностные дефекты на исследуемых пробах аналогичны и классифицированы по ГОСТ 21014 как вкатанная окалина глубиной залегания в исследуемом сечении до 0,2 мм.

Выводы

1. На поверхности исследуемого проката наблюдались единичные дефекты, глубина которых не превышала 0,2 мм при максимально допустимой глубине дефектов не более 0,3 мм.

2. Выявленные на поверхности раската дефекты классифицированы по ГОСТ 21014 как вкатанная окалина.

3. Основной причиной образования дефекта «вкатанная окалина» является наличие на поверхности непрерывнолитой заготовки после нагрева в нагревательной печи трудноудаляемой так называемой «липкой» окалины.

4. Оптимальное соотношение расхода газа и воздуха (от 1:9 до 1:10) и понижение температуры нагрева по зонам нагревательной печи позволило уменьшить сцепление окалины с поверхностью металла, что значительно улучшило удаляемость окалины с поверхности металла на установке гидросбива перед горячей деформацией и соответственно качество поверхности готового проката.

5. Учитывая факторы, способствующие образованию дефекта «вкатанная окалина», можно значительно сократить отбраковку по поверхностным дефектам проката для автомобилестроения с жесткими требованиями к качеству поверхности.