



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-2-54-60>  
УДК 669.112

Поступила 28.04.2021  
Received 28.04.2021

## ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ГИДРОСБИВА НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРОКАТА

*Н. А. ГЛАЗУНОВА, Ю. А. ПОТАПЕНКО, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: nmv.czl@bmz.gomel.by. Тел.: (+375 2334) 54343.*

*Для обеспечения конкурентоспособности металлопроката на современном рынке решающим фактором является качество поверхности проката (без зачистки допускаются дефекты глубиной не более 0,2 мм). Прокатный передел служит источником образования мелких поверхностных дефектов, большинство из которых получено в процессе деформации непрерывнолитой заготовки (НЛЗ, заготовка) на станах горячей прокатки при наличии участков с неудаленной печной окалиной. Это является основной причиной образования таких видов поверхностных дефектов, как вкатанная окалина, рябизна, раковины от окалины, что снижает качество поверхности проката и увеличивает отсортировку металла с поверхностными дефектами. Кроме того, не удаленная с поверхности НЛЗ окалина оказывает отрицательное влияние не только на качество металлопродукции, но и на работу прокатного оборудования.*

*Одно из направлений, позволяющее в условиях производства добиться высокого качества поверхности сортового проката, – эффективное удаление окалины с поверхности исходной заготовки перед горячей деформацией. Удаление окалины с поверхности заготовки производится на установке гидросбива окалины, но не всегда происходит ее удовлетворительное (полное) удаление.*

*Для определения причины некачественного удаления окалины перед горячей деформацией исследовали эффективность работы установки гидросбива и состояние поверхности границы раздела металл – окалина.*

**Ключевые слова.** *Заготовка, прокат, нагрев, поверхность, окалина, классификация, качество, проба, форма, вид, исследование, дефект, окисление, удаление, гидросбив.*

**Для цитирования.** *Глазунова, Н. А. Влияние работы установки гидросбива на качество поверхности проката / Н. А. Глазунова, Ю. А. Потепенко // Литье и металлургия. 2021. № 2. С. 54–60. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-2-54-60>.*

## INFLUENCE OF THE HYDRAULIC PUMP UNIT ON THE QUALITY OF THE ROLLED SURFACE

*N. A. GLAZUNOVA, Yu. A. POTAPENKO, OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC”, Zhlobin City, Gomel Region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: nmv.czl@bmz.gomel.by. Tel. (+375 2334) 54343.*

*To ensure the competitiveness of rolled metal in the modern market, the decisive factor is the quality of the rolled surface (defects with a depth of no more than 0.2 mm are allowed without stripping). Rolling processing is a source of formation of small surface defects, most of which are obtained in the process of deformation of a continuously cast billet (hereinafter referred to as CCB, billet) at hot rolling mills in the presence of areas with non-removed furnace scale. This is the main reason for the formation of such types of surface defects as rolled scale, ripple, scale shells, which reduces the quality of the rolled surface and increases the sorting of metal with surface defects. In addition, the scale not removed from the surface of the CCB has a negative impact not only on the quality of metal products, but also on the operation of rolling equipment.*

*One of the directions that allows to achieve high quality of the surface of long products in production conditions is the effective removal of scale from the surface of the initial billet before hot deformation. Scale removal from the surface of the workpiece is carried out on the installation of a hydraulic descaling unit, but not always a satisfactory (complete) scale removal occurs.*

*To determine the cause of poor – quality scale removal before hot deformation, the efficiency of the hydraulic descaling unit and the state of the metal – scale interface surface were investigated.*

**Keywords.** *Billet, rolled products, heating, surface, scale, classification, quality, sample, shape, type, study, defect, oxidation, removal, hydraulic descaling.*

**For citation.** *Glazunova N. A., Potapenko Yu. A. Influence of the hydraulic pump unit on the quality of the rolled surface. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 2, pp. 54–60. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-2-54-60>.*

В современных экономических условиях возросшей конкуренции на рынке металлопродукции решающим фактором является качество поверхности проката (без зачистки допускаются дефекты глубиной

не более 0,2 мм). Однако не всегда финансовые вложения оправдывают себя и позволяют добиться улучшения качества. Одним из направлений, обеспечивающим выпуск качественной прокатной продукции, является эффективное удаление окалины с поверхности заготовок перед горячей деформацией.

В металлургической промышленности окалина, образующаяся на поверхности горячего металла, создает довольно серьезные проблемы. Образование окалины на поверхности металла происходит в течение всего производственного процесса. По месту образования в технологическом процессе различают первичную и вторичную окалину. Первичная (или печная) окалина образуется при нагреве заготовки в печи перед деформацией. Характер и количество образующейся окалины зависит от типа печной атмосферы, температуры и длительности нагрева [1]. Вторичная окалина образуется в процессе горячей деформации (проката), в результате взаимодействия поверхности металла с окружающей средой. Ее характер и количество зависит от качества материала, температуры и длительности процесса деформации. Особенно вредна первичная окалина, полученная при нагреве заготовок в окислительной атмосфере, которая оказывает непосредственное влияние на качество поверхности проката. Поэтому предпрокатный нагрев и прокатка являются не менее важными, формирующими качество, технологическими операциями, чем выплавка и разливка стали. Окалина по своим физическим свойствам отличается от основного металла, и поэтому она оказывает отрицательное влияние не только на качество металлопродукции, но и на работу прокатного оборудования. Прокатный передел является источником образования собственных дефектов, большинство из которых относится к разряду поверхностных [2]. В процессе деформации заготовки на станах горячей прокатки при наличии участков с неудалившейся печной окалиной происходит образование целого ряда поверхностных дефектов. В соответствии с ГОСТ 21014-88 дефекты классифицируются как:

- **вкатанная окалина** – дефект поверхности в виде вкраплений остатков окалины, вдавленной в поверхность металла при деформации;
- **рябизна** – дефект поверхности в виде мелких углублений, образующих полосы или сетку, наблюдаемых после удаления вкатанной окалины (глубина рябизны от вдавленной окалины может достигать 1,0–1,5 мм);
- **раковины от окалины** – дефект поверхности в виде отдельных углублений, частично вытянутых вдоль направления прокатки, образующихся при выпадении вкатанной окалины (отличаются от рябизны большими размерами и меньшим количеством).

Одним из направлений, позволяющим в условиях производства добиться высокого качества поверхности сортового проката, является эффективное удаление первичной окалины с поверхности исходной заготовки перед горячей деформацией.

Наиболее эффективным способом удаления окалины с поверхности заготовки является гидравлический. Гидравлическое удаление окалины (гидросбив, *hydraulic descaling*) – удаление окалины с поверхности металла при горячей прокатке водой под высоким давлением. При гидросбиве происходит удаление окалины водой, подающейся на поверхность заготовки через специальные форсунки под давлением до 80–140 атм. После выдачи из нагревательной печи металла, покрытого окалиной, происходит резкое охлаждение его поверхности, в результате чего слой окалины покрывается сеткой трещин. Воздействие струи воды, подаваемой под высоким давлением, приводит к расклиниванию блоков окалины и их отрыву от поверхности металла [3].

Но не всегда происходит удовлетворительное удаление печной окалины с поверхности заготовки.

Для определения причины некачественного удаления окалины перед горячей деформацией исследовали состояние поверхности границы раздела металл-окалина и эффективность работы установки гидросбива.

### Исследование состояния поверхности границы раздела металл-окалина

При нагреве поверхность стали окисляется и покрывается слоем окалины. Окисление металла при нагреве – это процесс двухсторонней диффузии химических реакций взаимодействия окисляющих газов с железом, легирующими элементами и примесями с поверхности образовавшегося слоя окалины внутрь через этот слой и в обратном направлении.

В случаях, когда проникновение оксидов в глубь металла по границам зерен отсутствует или весьма незначительно и между сталью и окалиной имеется четкая граница (рис. 1), при гидросбиве и пластической деформации окалиноудаление происходит без особых затруднений, при этом поверхность отрыва достаточно гладкая.

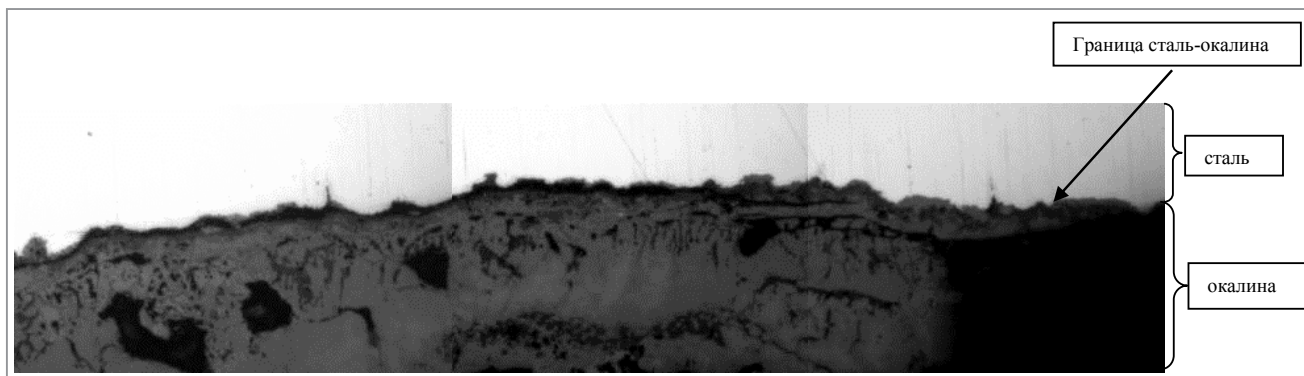


Рис. 1. Четкая граница между сталью и окалиной на образце заготовки после нагрева под прокатку по соответствующему режиму.  $\times 500$

Наиболее сильно вдавливание окалины, образование оспин и рябизны проявляется в случаях, когда твердость окалины выше твердости металла. В очаге деформации окалина резко охлаждается и растрескивается. Охлаждаясь, она становится более твердой и вдавливается в примыкающие к ней слои металла [2]. При высокотемпературном окислении легированной стали в окалину переходит небольшая часть легирующих элементов. Наличие в составе окалины таких элементов, как Si, Cr, Mn, Ni, также способствует увеличению твердости окалины.

При нагреве стали в восстановительной атмосфере при коэффициенте расхода окислителя  $< 1$  образующаяся плотная окалина удаляется значительно трудней и повышает вероятность образования вкатанной окалины и рябизны.

Весьма нежелательным является появление в окалине жидкой фазы, сопровождающейся ионизацией границ зерен стали, проникновением окалины между ними, интенсивно происходит рост смешанной зоны (окалина + металл) и, как следствие, ее прочность сцепления с металлом возрастает [4].

Исследовали фрагмент заготовки после нагрева в нагревательной печи с нарушением режима (завышена температура и время нагрева), на поверхности которой после прохождения через установку гидросбива остались значительное количество так называемой «липкой окалины» (рис. 2, *а*) и участки расплавленной окалины (рис. 2, *б*), имеющей прочную связь с металлической поверхностью.

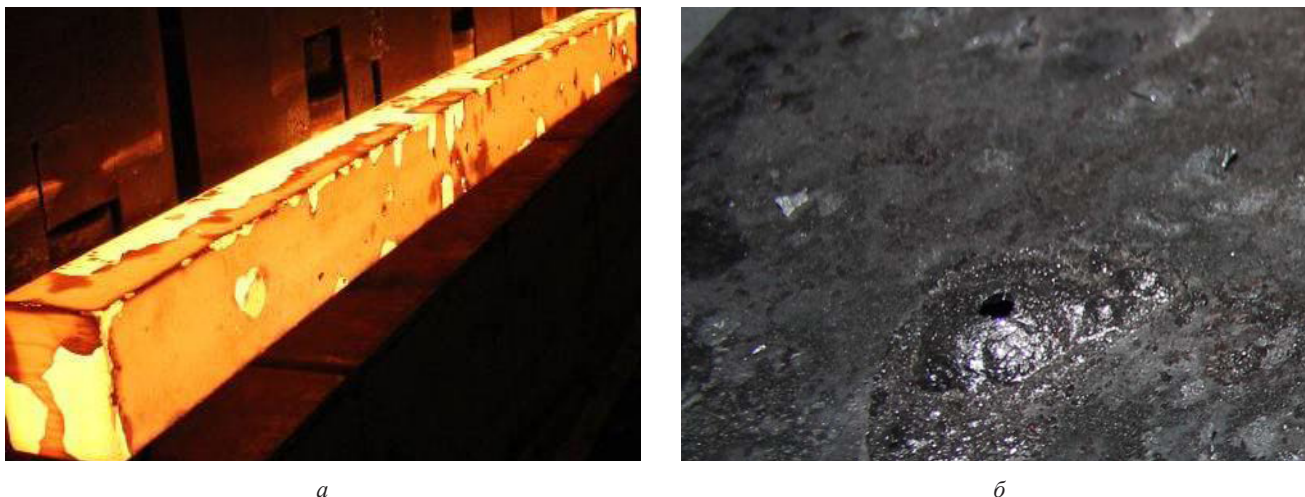


Рис. 2. Поверхность заготовки после гидросбива: *а* – с неудалившейся окалиной; *б* – участки расплавленной окалины

В зоне с неудалившейся окалиной исследовали поверхность с помощью оптического микроскопа. При исследовании выявили, что между окалиной и металлом имеется слой так называемой «липкой» окалины из-за проникновения оксидов в глубь металла по границам зерен, четкая линия раздела окалина-металл полностью отсутствует (рис. 3).

Соблюдение технологии нагрева (отсутствии перегрева стали и подплавления окалины) позволило предотвратить образование «липкой окалины» и уменьшить сцепление окалины с поверхностью металла, что значительно улучшило условия удаления окалины с поверхности заготовки на установке гидросбива перед горячей деформацией (рис. 4, *в*).



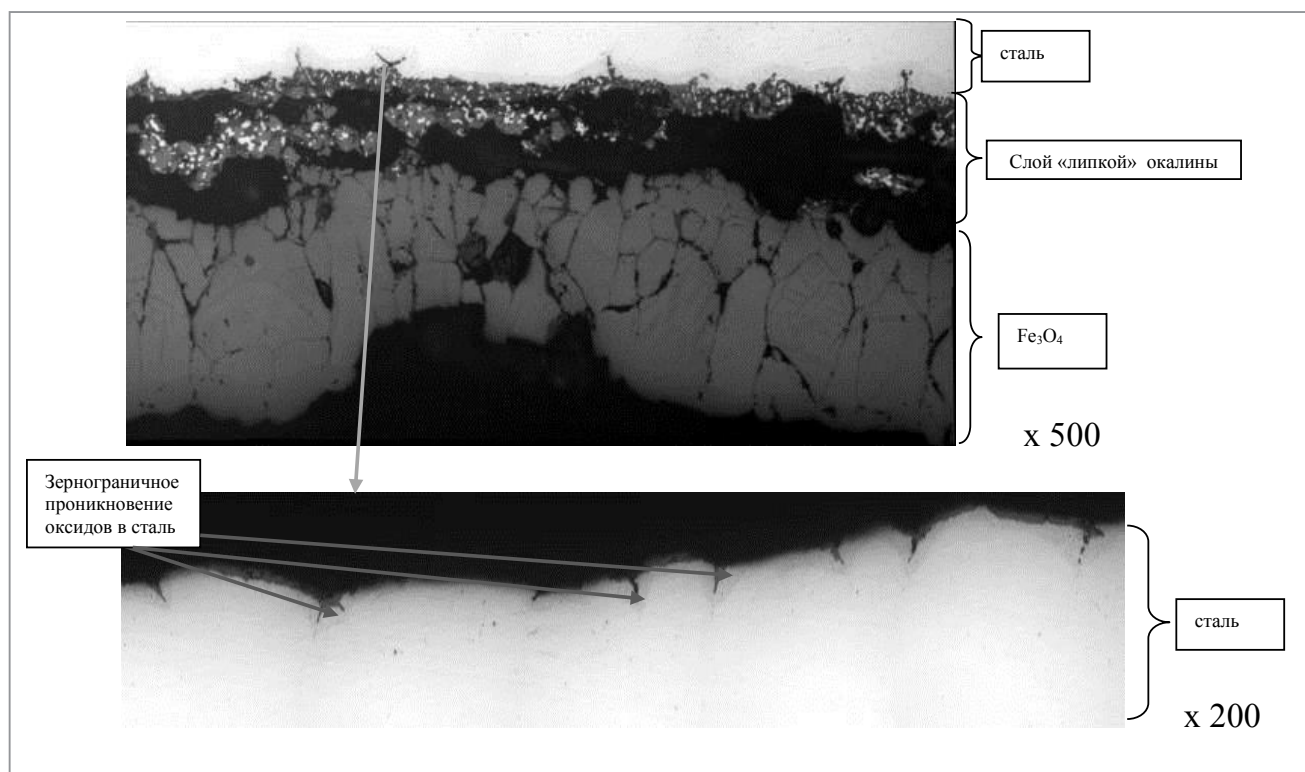


Рис. 3. Поверхностная окалина в поперечном сечении микрошлифа заготовки, которая не удалась после прохождения через установку гидросбива

### Эффективность работы установки гидросбива

При массовом выявлении дефектов «вкатанная окалина» на поверхности горячекатаной заготовки провели работу по определению причин их образования. При соблюдении режимов нагрева под прокатку и условий деформации проверили работу и состояние оборудования установки гидросбива. Для этого прокатали непрерывнолитые заготовки одной марки стали по трем режимам: нагретые по соответствующему режиму без удаления печной окалины, полностью отключив установку гидросбива (рис. 4, *а*); с неудовлетворительной работой установки гидросбива (недостаточное давление воды) (рис. 4, *б*); с удовлетворительной работой установки гидросбива для удаления окалины (рис. 4, *в*).



Рис. 4. Внешний вид непрерывнолитой заготовки после нагрева перед деформацией:  
*а* – отключена установка гидросбива; *б* – неудовлетворительная работа установки гидросбива;  
*в* – удовлетворительная работа установки гидросбива

Когда процесс прокатки заготовки проводили с отключенной установкой гидросбива, окалина полностью сохранилась на поверхности заготовки (рис. 4, *а*). При недостаточном давлении воды наблюдается не полное удаление окалины (рис. 4, *б*). Когда процесс прокатки заготовки проводили с удовлетворительно работающей установкой гидросбива, наблюдается полное удаление окалины с поверхности заготовки (рис. 4, *в*).

Поверхность горячекатаного проката исследовали визуально и магнитопорошковым методом. На прокате после полного удаления гидросбивом окалины поверхностные дефекты не выявлены. На заготовках, прокатанных с неудовлетворительной работой установки гидросбива и с отключенной системой гидросбива, визуальными различимых дефектов не обнаружено. После исследования поверхности проката магнитопорошковым методом выявлены короткие штрихообразные поверхностные дефекты, место расположения которых отмечено маркером (рис. 5, 6).

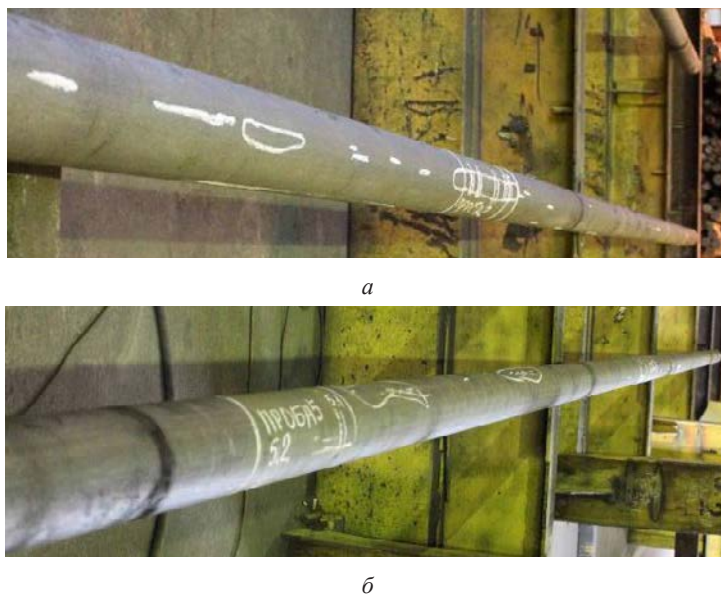


Рис. 5. Расположение дефектов на поверхности горячекатаного металла:

*а* – прокатанного без удаления окалины с поверхности НЛЗ;

*б* – прокатанного после неполного удаления с поверхности НЛЗ печной окалины гидросбивом

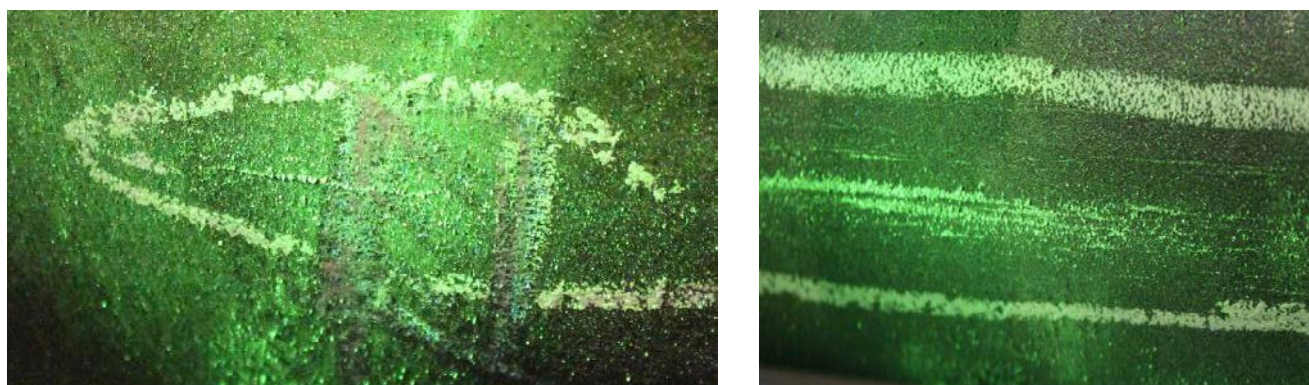


Рис. 6. Внешний вид дефектов на поверхности горячекатаного металла при исследовании магнитопорошковым методом

В зоне выявленных дефектов исследовали поверхность, макро- и микроструктуру.

На поверхности горячекатаных проб после удаления поверхностной окалины методом горячего травления в 50%-ном растворе  $\text{СНl}$  наблюдаются групповые продольные штрихообразные несплошности, вытянутые вдоль направления деформации различной протяженностью (рис. 7).

При исследовании поперечных макро- и микрошлифов обнаружены групповые и единичные полости, заполненные окалиной. В зоне дефектов наблюдается незначительное поверхностное обезуглероживание [Справочник-атлас «Дефекты стальных заготовок и металлопродукции». Минск: Государственное предприятие «СтройМедиаПроект», 2019]. Дефекты классифицированы по ГОСТ 21014-88 как «вкатанная окалина» глубиной залегания в исследуемых сечениях на пробе с неудовлетворительным удалением окалины до 1,0 мм; на пробе, прокатанной без гидросбива, – до 1,5 мм (рис. 8–11).





Рис. 7. Поверхность горячекатаного проката после удаления поверхностной окалины:

*a* – от пробы, прокатанной без гидросбива; *б* – от пробы, прокатанной с неудовлетворительным удалением окалины гидросбивом

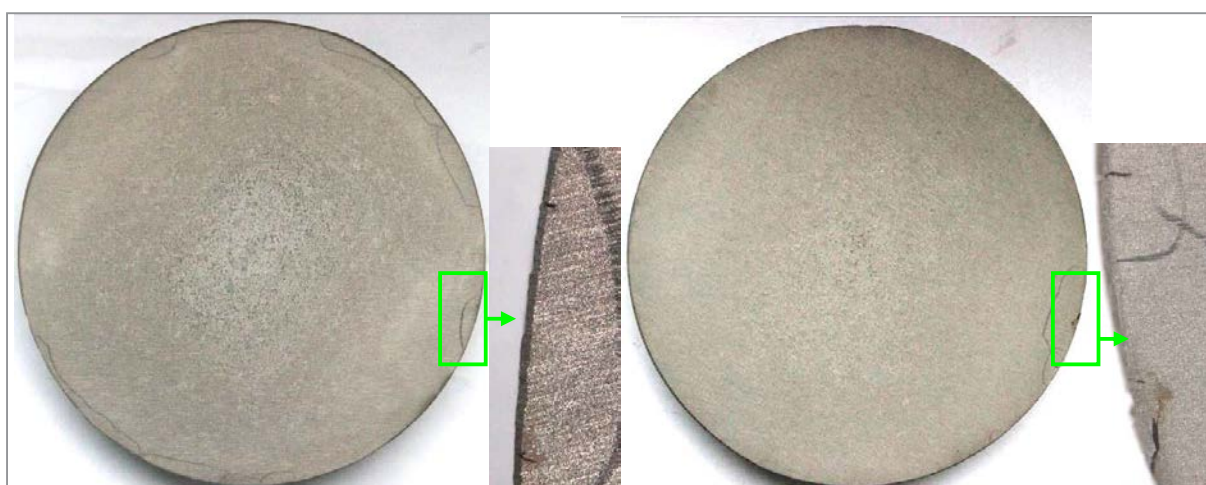


Рис. 8. Дефекты в поперечном сечении макротемплетов



Рис. 9. Дефекты «вкатанная окалина» на поверхности проката в поперечном сечении микрошлифа. х 200

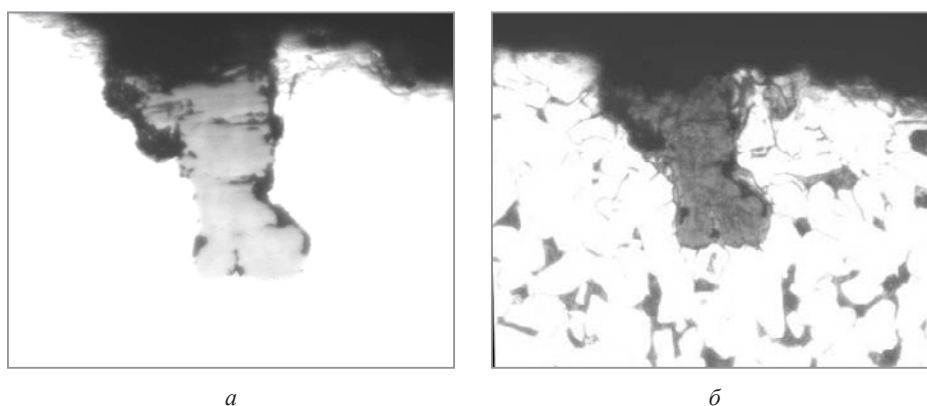


Рис. 10. Поверхностные дефекты «вкатанная окалина» в поперечном сечении микрошлифа пробы, прокатанной с неудовлетворительным удалением окалины гидросбивом: *a* –шлиф не травлен; *б* – после травления в реактиве «Nital». *a, б* – х 200

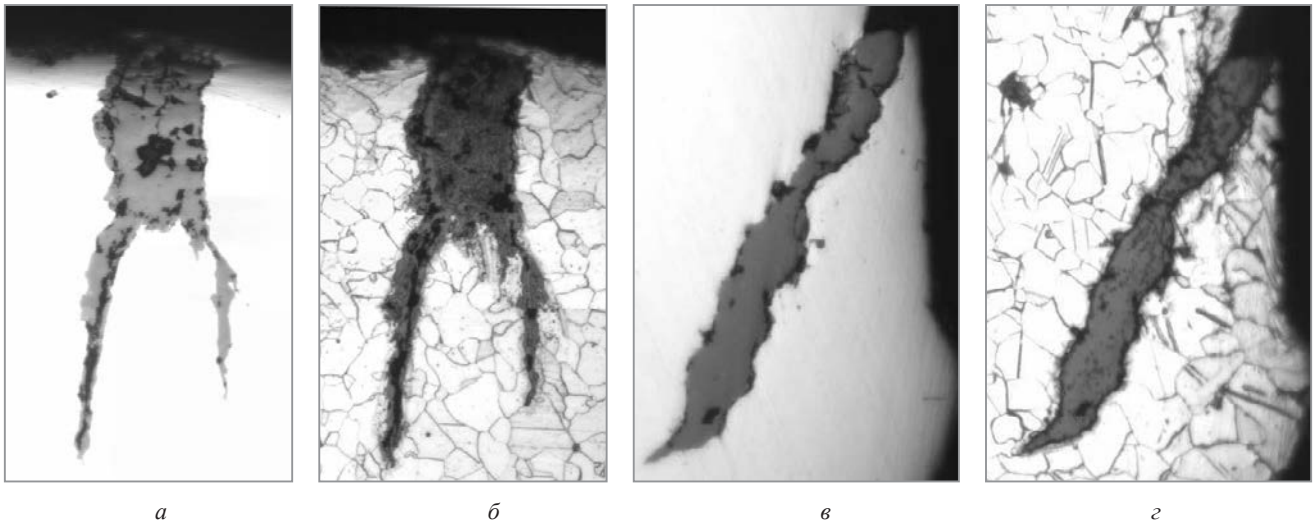


Рис. 11. Поверхностные дефекты «вкатанная окалина» в поперечном сечении микрошлифа пробы, прокатанной без удаления окалины гидросбивом: а, в – шлиф не травлен; б, з – после травления в реактиве «Nital». а – з – х 200

### Выводы

1. Основное влияние на образование прокатных дефектов «вкатанная окалина», «рябизна» и раковины от окалины оказывает качество удаления печной окалины с поверхности заготовки перед горячей деформацией.

2. При неудовлетворительной работе установки гидросбива, а также при удовлетворительной работе установки гидросбива, но при несоблюдении режима нагрева заготовки перед деформацией и получении трудноудаляемой так называемой «липкой» окалины происходит неполное удаление окалины, что в дальнейшем приводит к массовой отсортировке проката по поверхностным дефектам «вкатанная окалина», «рябизна» и раковины от окалины.

3. При удовлетворительной работе установки гидросбива и соблюдении оптимального режима нагрева заготовок перед деформацией дефекты «вкатанная окалина», «рябизна» и раковины от окалины не образуются.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Грудев А. П., Машкин Л. Ф., Ханин М. И. Технология прокатного производства. М.: Metallurgija, 1994.
2. Северденко В. П., Макушок Е. М., Раввин А. Н. Окалина при горячей обработке металлов давлением. М.: Metallurgija, 1977.
3. Михеев В. А., Павлов А. М. Гидросбив окалины в прокатных цехах. М.: Metallurgija, 1964.
4. Лебедев А. Н. Исследование химического состава и температур плавления окалины // Изв. вузов. Черная металлургия. 1986. № 10.

### REFERENCES

1. Grudev A. P., Mashkin L. F., Hanin M. I. *Tehnologija prokatnogo proizvodstva* [Technology of rolling production]. Moscow, Metallurgija Publ., 1994.
2. Severdenko V. P., Makushok E. M., Ravvin A. N. *Okalina pri gorjachej obrabotke metallov davleniem* [Dross during hot working of metals by pressure]. Moscow, Metallurgija Publ., 1977.
3. Miheev V. A., Pavlov A. M. *Gidrosbiv okaliny v prokatnyh cehah* [Descaling in rolling shops]. Moscow, Metallurgija Publ., 1964.
4. Lebedev A. N. *Issledovanie himicheskogo sostava i temperatur plavljenija okaliny* [Investigation of the chemical composition and melting temperatures of the scale.]. *Izvestija Vuzov. Chernaja metallurgija =Proceedings of high schools. Ferrous metallurgy*, 1986, no. 10.