



*Researches of the most often occurred surface defects of rolled wires, their modification at drawing and influence on technological process and quality of cold-drawn wire with regard to working conditions of hardware shops of BMZ are presented.*

А. Н. САВЕНОК, Т. П. КУРЕНКОВА, И. В. БОРИСОВЕЦ, А. А. САХАРНАЯ,  
ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК»

УДК 669.

## ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ, НАСЛЕДОВАННЫХ С КАТАНКИ, НА КАЧЕСТВО ХОЛОДНОТЯНУТОЙ ПРОВОЛОКИ

На Белорусском металлургическом заводе для производства продукции метизных цехов в качестве исходной заготовки используется катанка собственного производства, которая имеет заданные механические и технологические свойства и качество поверхности, обеспечивающие успешное проведение операций волочения. Несмотря на повышенный контроль качества на всех переделах, на катанке, задаваемой для производства металлокорда и проволоки РМЛ, иногда встречаются дефекты, связанные со способами выплавки, раскисления, разливки стали, нагрева и горячей прокатки заготовки, которые существенно влияют на качество холоднотянутой проволоки.

Многообразие дефектов, а также последующие после их образования переделы, создают значительные трудности при их идентификации. Они возрастают еще и в связи с тем, что металл с поверхностными дефектами, наследованными с катанки, в метизном переделе подвергается значительной пластической деформации.

Опыт, накопленный за время работы метизных цехов, и возможность исследования заготовки предыдущего передела позволяют по наличию характерных признаков с очень большой долей вероятности определить происхождение дефекта.

По своему характеру дефекты холоднотянутой проволоки, наследованные с катанки, могут быть металлургического и прокатного происхождения. Первые образуются при выплавке и разливке стали, вторые – при нагреве и деформации во время прокатки. Холодная пластическая деформация металла – волочение, имеющего даже незначительные поверхностные дефекты, приводит к дальнейшему их развитию, снижению прочностных и пластических свойств проволоки, вплоть до образования обрывов. Знание тенденций видоизменения

дефектов, наследованных с катанки, позволяет идентифицировать дефекты на холоднотянутой проволоке и своевременно проводить мероприятия по их устранению, тем самым, обеспечивая необходимую технологичность производства проволоки особенно тонких диаметров.

В статье представлены исследования наиболее часто встречающихся поверхностных дефектов катанки, их видоизменение при волочении и влияние на технологический процесс и качество холоднотянутой проволоки применительно к условиям работы метизных цехов БМЗ.

### Дефекты сталеплавильного производства Раскатанный пузырь

Раскатанный пузырь на катанке имеет вид прямолинейной продольной несплошности различной протяженности и глубины, хорошо видимой при стравливании (снятии) окалины с поверхности катанки (рис. 1, а). Дефект часто встречается группами. На волоченой проволоке раскатанный пузырь располагается под разным углом к поверхности (рис. 1, б) и имеет различную степень раскрытости в зависимости от количества протяжек. При исследовании микроструктуры характерными признаками дефекта являются обезуглероживание и вторичные оксиды. Полость раскатанного пузыря обычно заполнена окалиной (рис. 1, в). Причина возникновения данного дефекта на катанке – наличие подкорковых пузырей на литой заготовке, возникших из-за нарушения технологии выплавки и разливки стали. Металл с раскатанным пузырем необходимо подвергать тщательной зачистке на катаной заготовке, а также контролировать качество задаваемой в производство катанки.

### Раскатанное загрязнение

В процессе выплавки и разливки стали возможно затягивание шлака, что приводит к поверх-

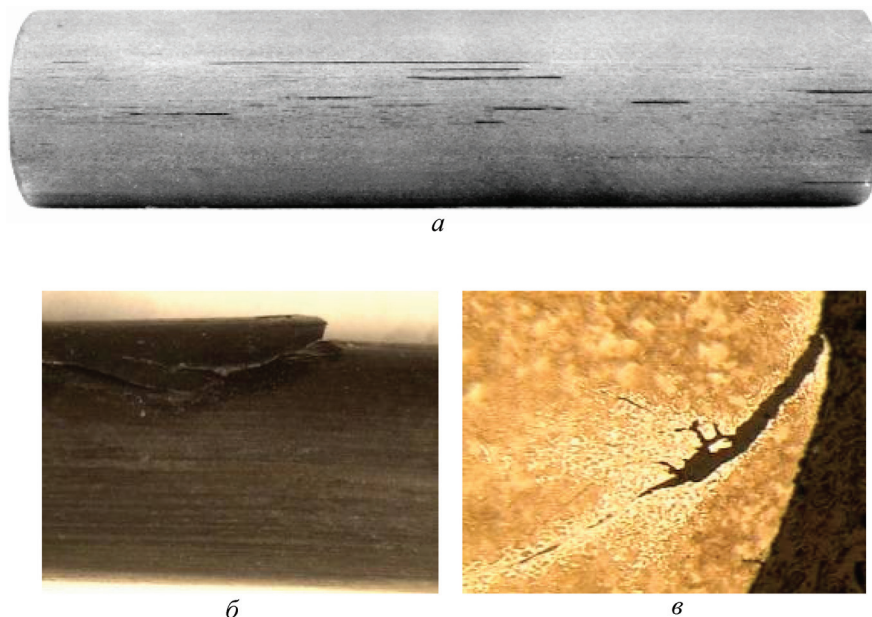


Рис. 1. Раскатанный пузырь: *а* – внешний вид дефекта на поверхности катанки; *б* – внешний вид дефекта на поверхности холоднотянутой проволоки; *в* – микроструктура проволоки в зоне дефекта

ностному загрязнению слитка или литой заготовки. Причиной образования данного дефекта является наличие неметаллических включений преимущественно экзогенного характера. При прокатке раскатанное загрязнение вытягивается в направлении деформации (рис. 2, *а*).

На волоочной проволоке данный дефект имеет различную протяженность и глубину проникновения (рис. 2, *б*). На микрошлифах видны грубые неметаллические включения, вышедшие на поверхность проволоки или находящиеся вблизи поверхности (рис. 2 *в*). Обезуглероживания, как правило, не наблюдается. Для избежания появления данного дефекта необходимо поддерживать постоянный уровень металла в промковше и кристаллизаторе, правильно подбирать и применять качественные шлакообразующие смеси, использовать качественный огнеупорный материал и соблюдать технологию внепечной обработки стали.

#### *Инородная металлическая частица стале-плавильного происхождения*

При исследовании обрывов холоднотянутой проволоки встречается поверхностный дефект в виде продольных или поперечных трещин, расположенных по одной направляющей (рис. 3, *а*), степень раскрытости которого зависит от количества протяжек.

При исследовании макро- и микроструктуры данного дефекта была выявлена различная травимость основного металла и инородной макрочастицы (рис. 3, *б, в*). Дальнейшее исследование показало, что дефект наследуется с непрерывнолитой заготовки и обусловлен локальной химической неоднородностью металла либо попаданием посторонних металлических предметов из внешних источников в процессе выплавки и вышедших на поверхность в процессе разливки стали. Данного дефекта можно избежать, если не допускать попа-



Рис. 2. Раскатанное загрязнение: *а* – внешний вид дефекта на поверхности катанки; *б* – внешний вид дефекта на поверхности холоднотянутой проволоки; *в* – микроструктура проволоки в зоне дефекта с наличием шлаковых включений

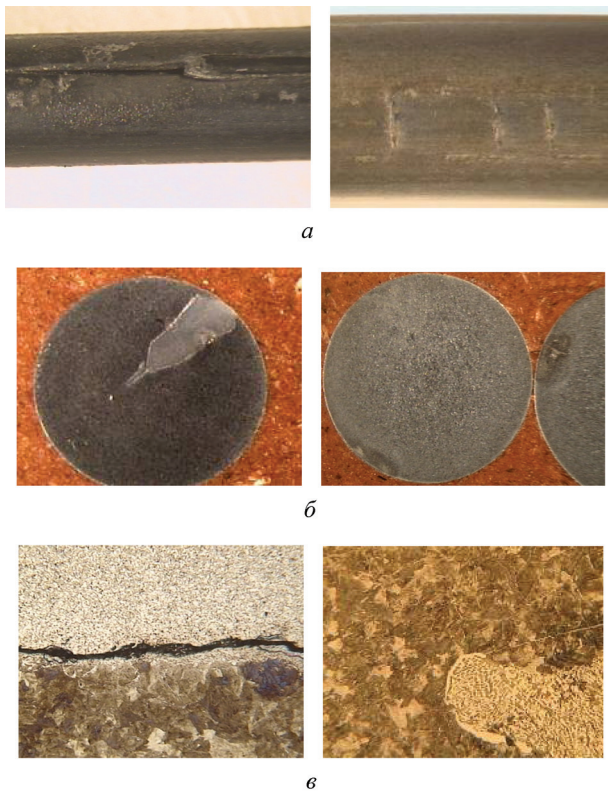


Рис. 3. Инородная металлическая частица на поверхности холоднотянутой проволоки: *а* – внешний вид дефекта; *б* – макроструктура дефекта в поперечном сечении; *в* – микроструктура дефекта после травления в 2%-ном растворе азотной кислоты

дания металлических предметов в кристаллизатор во время разливки и удалять на необходимую длину головную часть литой заготовки.

### Дефекты прокатного производства Вкатанные металлические частицы

На рис. 4, *а* показан внешний вид дефекта на поверхности катанки, который возникает при попадании на поверхность проката частиц металла при выкрашивании валков или разрушении элементов проводкой арматуры, сопровождающихся выкрашиванием частиц металла. Этот дефект представляет собой глубокие надрывы с внедренными кусочками металла и классифицируется по ГОСТ 21014 как вкатанные металлические частицы. На холоднотянутой проволоке дефект приводит к обрыву (рис. 4, *б*). При исследовании микроструктуры видно, что основной металл и вкатанные частицы имеют различную травимость из-за отличий по химическому составу (рис. 4, *в*). В большинстве случаев наличие данного дефекта сопровождается изменением структуры основного металла с присутствием сорбита отпуска (рис. 4, *г*). Предупреждение дефекта возможно при правильной настройке проводковой и кантующей арматуры, исключении ее наваривания, при недопущении попадания постороннего металла в зону проката и контроле качества задаваемой в производство катанки.

### Ус (дефект формы)

При несоблюдении температурных режимов и режимов обжатий, неправильной подаче металла в калибр, при переполнении калибров или неправильной настройке валков или привалковой арматуры образуется поверхностный дефект, классифицируемый по ГОСТ 21014 как ус. Дефект пред-

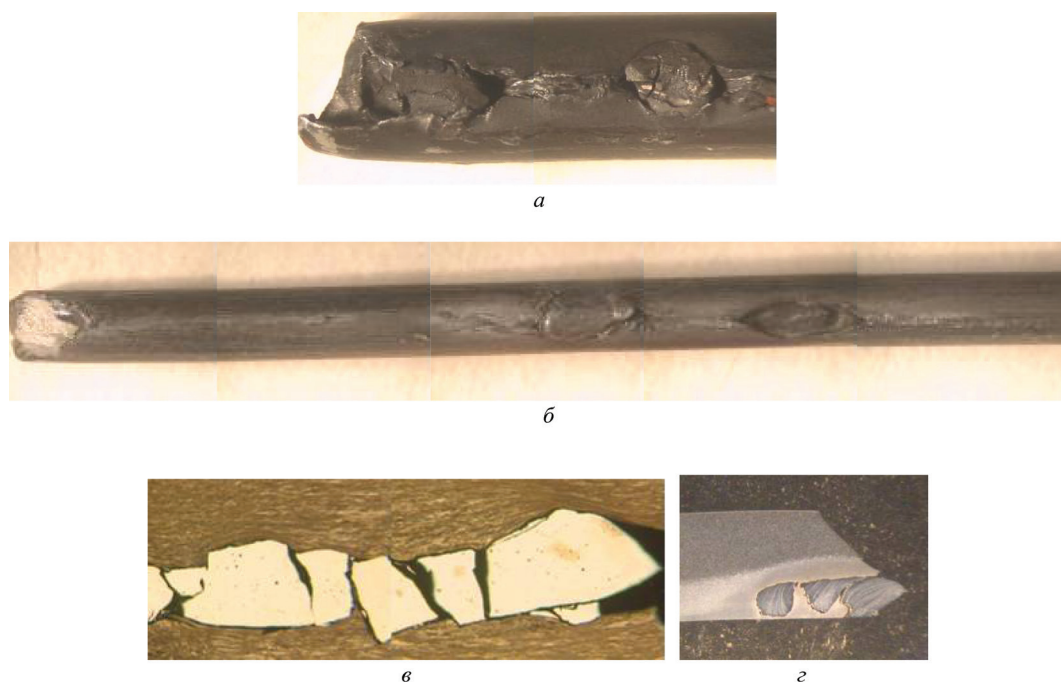
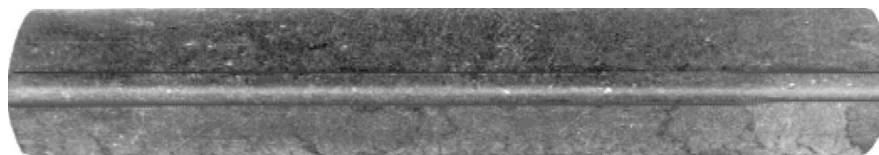


Рис. 4. Вкатанные металлические частицы: *а* – внешний вид дефекта на поверхности катанки; *б* – внешний вид дефекта на поверхности холоднотянутой проволоки; *в* – микроструктура дефекта с внедренными частицами твердого сплава; *г* – наличие сорбита отпуска в микроструктуре дефекта (светлые участки)

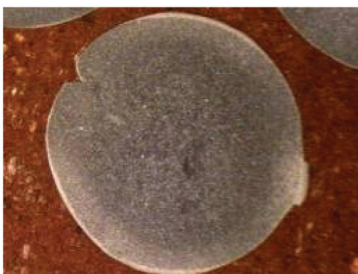




*a*



*б*



*в*

Рис. 5. Ус: *a* – внешний вид дефекта на поверхности катанки; *б* – макроструктура катанки в поперечном сечении; *в* – макроструктура в зоне обрыва после первой волокны холоднотянутой проволоки в поперечном сечении

ставляет собой продольный выступ на поверхности профиля с одной или двух диаметрально противоположных сторон прутка (рис. 5, *a*). При этом изменений в микроструктуре не наблюдается (рис. 5, *б*). В большинстве случаев катанка с наличием уса на поверхности не допускается к дальнейшей переработке, так как даже небольшие искажения формы могут в дальнейшем повлиять на качество волооченной проволоки и привести к обрыву уже на первых стадиях волочения (рис. 5, *в*). Для исключения данного дефекта необходим периодический контроль геометрических размеров проката, настройка валков и привалковой арматуры, соблюдение температурных режимов проката. Ус является одной из причин образования заката.

#### **Закат**

Закат, как и ус, может образоваться по всей длине бунта и на отдельных участках. Закат располагается на одной или двух противоположных сторонах катанки и представляет собой прикатанный продольный выступ (рис. 6, *a*), образовавшийся в результате закатывания уса, подреза, грубых следов зачистки и глубоких рисок. Данный дефект образуется также из-за неправильной задачи металла

в калибр либо из-за переполнения калибров. Создание правильной калибровки и соблюдение заданных условий обжатия позволят избежать образования данного дефекта на катанке. На поперечных микрошлифах закат располагается под небольшим углом к поверхности без разветвления, заполнен окалиной (рис. 6, *б*). Металл вокруг дефекта, как правило, обезуглерожен. Последующая холодная деформация катанки (волочение) может привести к растрескиванию края заката и образованию перпендикулярных оси надрывов (рис. 6, *в*), что мешает нормальному ходу технологического процесса при производстве металлокорда.

#### **Дефекты хранения и транспортировки катанки**

##### **Коррозия**

Коррозионные пятна (рис. 7, *a*) начинают образовываться в местах отсутствия окалины при длительном хранении катанки или при непосредственном попадании осадков (влаги) во время транспортировки бунтов к месту переработки. Места коррозии представляют собой участки с бурым или красноватым осадком (ржавчиной) различной тол-



*a*



*б*



*в*

Рис. 6. Закат: *a* – внешний вид дефекта на поверхности катанки; *б* – микроструктура дефекта в поперечном сечении катанки; *в* – внешний вид дефекта на поверхности холоднотянутой проволоки

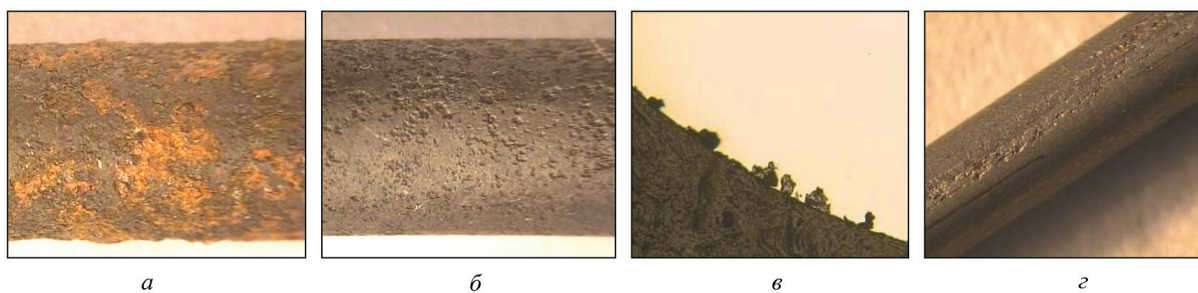


Рис. 7. Коррозия: *а* – внешний вид дефекта на поверхности катанки; *б* – внешний вид дефекта на поверхности катанки после травления на участке грубосреднего волочения и травления; *в* – «разъеденная» поверхность в поперечном сечении микрошлифа; *г* – внешний вид дефекта на поверхности холоднотянутой проволоки

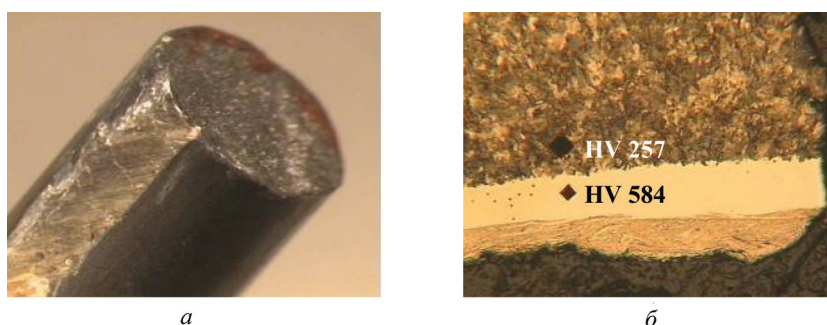


Рис. 8. Механические повреждения на поверхности катанки: *а* – внешний вид обрыва; *б* – микроструктура в зоне обрыва в продольном сечении

щины. После удаления этих участков на поверхности катанки остаются углубления (язвы) (рис. 7, *б*). На рис. 7, *в* показана «разъеденная» поверхность металла на микрошлифе. При волочении язвы приводят к образованию мелких поверхностных дефектов, не оказывающих существенного влияния на технологический процесс, но ухудшающих качество поверхности проволоки-заготовки (рис. 7, *г*). При правильных условиях и сроках хранения катанки коррозии можно избежать.

#### **Механические повреждения катанки**

При несоблюдении правил обвязки и транспортировки катанки возникает местный дефект поверхности, представляющий собой вмятины или грубые потертости (рис. 8, *а*). В большинстве случаев на поверхности катанки в очаге механического повреждения присутствует мартенсит, имеющий низкие пластические свойства (рис. 8, *б*). Об-

рывы катанки с механическими повреждениями происходят уже на первых этапах волочения.

Поверхностные дефекты, наследованные с катанки, оказывают существенное влияние на технологический процесс производства проволоки всех видов назначения и приводят к следующим последствиям: обрывам в процессе грубосреднего волочения и на последующих переделах; преждевременному выходу из строя волок и, как следствие, к их повышенному расходу; увеличению количества сварок на заготовке; увеличению расходного коэффициента металла; снижению производительности оборудования.

Устранение при изготовлении исходного металлопроката всех приведенных выше дефектов способствует улучшению условий сухого волочения, следовательно, повышению качества готовой и передельной холоднодеформированной проволоки.

#### **Литература**

1. Альбом дефектов литой заготовки, сортового проката и метизной продукции Белорусского металлургического завода. Жлобин, 1997. Т. 1, 2.
2. Б и т к о в В. В. Технология и машины для производства проволоки. Екатеринбург: УрО РАН, 2004.
3. ГОСТ 21014 – 88. Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности.
4. Атлас дефектов стали / Под ред. М. Л. Бернштейна. М.: Металлургия, 1979.
5. Дефекты стали: Справ. / Под ред. С. Н. Новокщеновой. М.: Металлургия, 1984.
6. Е ж о в А. А., Г е р а с и м о в а Л. П. Дефекты в металлах: Справ.-атлас. М.: Русский университет, 2002.
7. К р а с и л ь н и к о в Л. А., Л ы с е н к о А. Г. Волочильщик проволоки. М.: Металлургия, 1987.
8. Г о р л о в с к и й М. Б., М е р к а ч е в В. Н. Справочник волочильщика проволоки. М.: Металлургия, 1993.
9. Х а р и т о н о в В. А., К о п ь е в А. В., П о к а ч а л о в В. В. Дефекты проволоки. Виды. Способы контроля. Удаление. Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2001.