

УДК 621.771.23

Найзабеков А. Б.  
Талмазан В. А.  
Ержанов А. С.  
Ерназарова Ф. М.  
Калдыбекова А. Т.

## ОБЗОР ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ

Классификация дефектов поверхности для каждого металлургического предприятия является одним из важнейших факторов совершенствования технологических процессов и улучшения показателей качества металлопродукции, особенно ответственного назначения, для которого требования к качеству поверхности являются определяющими. Классификация, определение природы образования поверхностных дефектов, напрямую связана с технологией производства металлопродукции на каждом переделе. Поэтому для каждого предприятия независимо от общепринятой классификации дефектов прокатного и сталеплавильного происхождения классификация дефектов и причины их зарождения специфичны и требуют глубокого изучения.

Нарушения технологии производства стали и непрерывной разливки могут приводить к появлению дефектов поверхности на непрерывнолитой заготовке: трещины, неметаллические включения, поверхностные и подкорковые пузыри, завороты корки, заливины, грубых отпечатки, царапины, риски, торцевые рванины. Дефекты непрерывнолитой заготовки при прокатке трансформируются в дефекты поверхности проката. При этом поверхностные дефекты могут иметь схожий внешний вид, но при этом иметь различную природу происхождения. Исследование причин возникновения поверхностных дефектов предусматривает оценку качества макроструктуры проката. Это позволяет определить природу происхождения дефектов 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. Морфологические признаки дефекта определяют периодичность и длину его распространения по поверхности, а также форму полости дефекта в поперечном сечении проката. Генетические признаки обусловлены физико-химическими процессами производства стали. Они характерны для каждого вида дефектов [1].

По данным работы [2] общий объем производства холоднокатаной продукции в ЛПЦ-2 АО «АрселорМиттал Теміртау» за отчетный период составил 674553,43 т. В рулонах произведено 500638,45 т (74%), в листах – 173914,98 т (26%). Произведенная продукция характеризуется различным качеством, наличием брака, некондиции (табл. 1).

Таблица 1

Качество продукции, произведенной в ЛПЦ-2

Наименование	Рулоны		Листы	
	т	%	т	%
Первый сорт	477871,07	95,453	166997,83	96,023
Второй сорт	18148,24	3,625	4176,14	2,401
Третий сорт	4407,30	0,880	2707,51	1,557
Некондиция	201,35	0,040	25,98	0,015
Брак	10,49	0,002	7,52	0,004
ИТОГО:	500638,45	100	173914,98	100

Качество холоднокатаного листа на АО «АрселорМиттал Теміртау» регламентируется ГОСТ 9045-93, ГОСТ 16523-97, ASTM A568M-98, EN 10131-93, JIS G 3141-96, и др. стандартами. В соответствии с ними холоднокатаные листы различного сорта должны отвечать определенным требованиям. Причинами ухудшения качества холоднокатаного листа могут быть многочисленные дефекты механического происхождения, вызванные механическим повреждением поверхности листов.

На рис. 1 и 2 показаны графики, характеризующие отсортировку холоднокатаного металла в ЛПЦ-2 по дефектам механического происхождения: «наколы», «отпечатки», «риски», «царапины». Процентное соотношение дефектов механического происхождения от общего количества отсортированного металла следующие: «наколы» – 1,82%, «отпечатки» – 0,46%, «риски» – 0,29%, «царапины» – 0,7%.

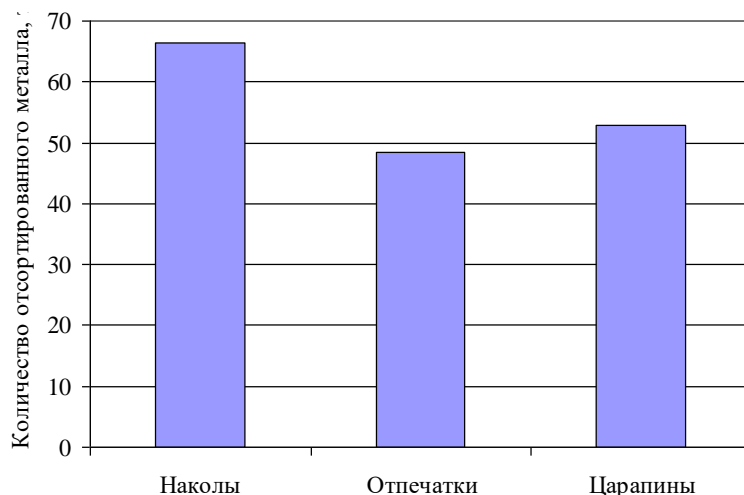


Рис. 1. Количество листовой продукции, отсортированной во второй сорт по дефектам механического происхождения

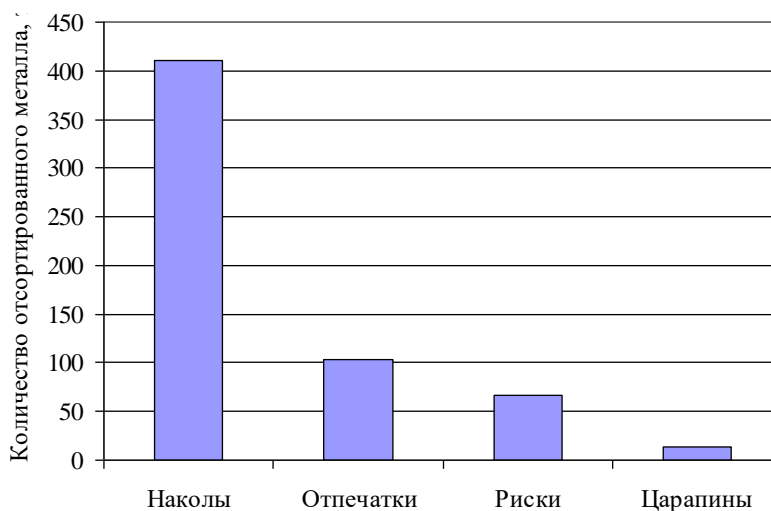


Рис. 2. Количество рулонной продукции, отсортированной в третий сорт по дефектам механического происхождения

Согласно данным работ [3–5], а также на основе данных службы контроля качества АО «АрселорМиттал Теміртау» ниже приведены часто встречающиеся дефекты поверхности на указанном промышленном предприятии.

Риска (рис. 3). Дефект поверхности имеет вид одного или нескольких продольных углублений с закругленным или плоским дном. Он не сопровождается изменениями структуры и неметаллическими включениями. Риска образуется в результате повреждения поверхности полосы тянущими, направляющими, поддерживающими роликами и не-

подвижной проводковой арматурой в линиях стана горячей прокатки, непрерывно-травильного агрегата, агрегатов цеха холодной прокатки.

Во избежание дефекта риска не должно допускаться повреждение поверхности полос при их переработке в цехах горячей и холодной прокатки. Необходимо обеспечивать правильную установку и своевременную замену проводковой арматуры, осуществлять периодическую зачистку поверхности роликов от наваров и заусенцев. Дефект может быть устранен зачисткой.

Царапина (рис. 4). Дефект поверхности имеет вид канавок неправильной формы и произвольного направления. Он не сопровождается изменениями структуры и неметаллическими включениями. Царапины образуются при соприкосновении полосы с острыми кромками проводковой арматуры и других деталей оборудования; относительном смещении витков полосы в рулоне при его намотке и размотке; распушивании витков полосы в рулоне; повреждении поверхности листов при ручной сортировке, транспортировании и складировании.

Необходимо обеспечивать правильную установку и своевременную замену проводковой арматуры, осуществлять периодическую зачистку роликов от наваров и заусенцев; обеспечивать плотную и ровную смотку полос в рулоны; не допускать распушивания и проскальзывания витков полосы в рулонах при намотке и размотке. Поверхность полос и листов при их транспортировании и складировании не должна повреждаться. Рассортировку листов следует проводить преимущественно в потоке. Дефект может быть устранен зачисткой.



Рис. 3. Дефект риска на поверхности холоднокатаной полосы

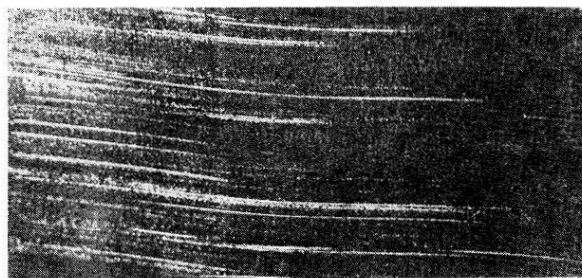


Рис. 4. Царапины на поверхности холоднокатаной полосы

Отпечатки (рис. 5). Дефект поверхности, представляющий собой углубления или выступы, расположенные по всей поверхности металла или на отдельных ее участках. Глубина и высота отпечатков, как правило, небольшая. Единичные локальные отпечатки могут возникать при наличии на валках местных углублений, вызванных выработкой валков. Для предотвращения появления дефекта необходимо тщательно наблюдать за состоянием поверхности прокатных валков и своевременная их замена.

Надавы (рис. 6). Углубления на поверхности полосы, отличающиеся многообразием формы и периодическим повторением, соответствующим длине периметра рабочего валка. Дефект появляется при схватывании отдельных крупных частиц металла прокатываемой полосы с поверхностью рабочего валка. Меры предупреждения дефекта: а) необходимо применять на последних клетях стана холодной прокатки рабочие валки с твердостью не менее 96 ед. по Шору; б) подавать на рабочие валки каждой клетки стана эмульсию в количестве не менее 200 м<sup>3</sup>/ч; в) не допускать разрыва полос во время прокатки; г) не вести прокатку полос на валках, имеющих «навары».

Надрывы транспортного типа (рис. 7). Темные следы неравномерной деформации металла, сопровождающиеся надрывами его поверхности. Отличаются большой протяженностью по длине полосы. Дефекты возникают при травмировании поверхности полосы. Возникновение царапин во время ее транспортировки по дну петлевой ямы, из ванн в ванну травильной линии, по проводкам, по вышедшим из строя роликам. В дальнейшем царапины переходят в дефект «надрыв». Для борьбы с дефектом необходимо: а) дно петлевых ям и перегородки между ваннами с травильными растворами выложить гранитными блоками, проводки покрыть цветными или пластиковыми материалами, а ролики – кислото- и износостойкой

резиной; б) не допускать в эксплуатацию транспортные средства и механизмы травильной линии, на которых повреждены экранирующие материалы или скопились технологические отходы и случайный скрап.



Рис. 5. Дефекты отпечатки

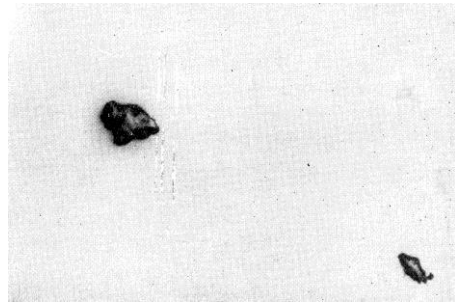


Рис. 6. Дефекты надавы

Штрихи (рис. 8). Узкие, короткие травмы на поверхности полосы, расположенные группами или занимающие значительную площадь по длине и ширине полосы. К появлению данных дефектов приводит совокупность следующих процессов: а) схватывание между частицами прокатываемого металла и поверхностью рабочего вала, что само по себе уже дает дефект поверхности полосы; б) при высокой температуре и давлении в очаге деформации. Меры предупреждения дефекта, предусмотренные для дефекта «надавы». Кроме того: а) уменьшить обжатие полосы в последней клетке стана; б) уменьшить скорость прокатки полосы; в) увеличить натяжение полосы в межклетевых промежутках стана.

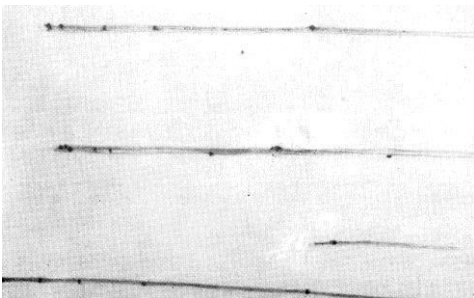


Рис. 7. Надрывы транспортного типа

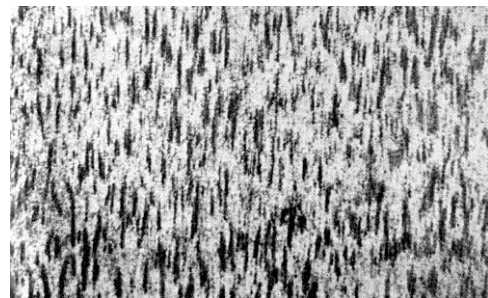


Рис. 8. Штрихи

Рябизна (рис. 9). Дефект поверхности представляет собой светлые штрихи, вытянутые вдоль прокатки от раскатывания мелких углублений, преимущественно от вытравленной вкатанной окалины, имеет групповой характер. В случае попадания загрязнений на полосу при прокатке дефекты имеют более темную поверхность по сравнению с основным металлом. При этом дефект по внешнему виду напоминает остатки окалины. Причины образования дефекта – все причины, приводящие к образованию на подкате дефектов вкатанная окалина, остатки окалины, а также других дефектов в виде углублений (надавов, наколов, продиров). Для предотвращения дефекта должны быть устранены причины образования дефектов вкатанная окалина, раковины от окалины. Не следует допускать образования на поверхности подката других дефектов в виде углублений (надавов, наколов, продиров и т.д.). Дефект исправлению не подлежит.

Остатки окалины (рис. 10). Дефект поверхности холоднокатаных полос представляет собой раскатанные остатки окалины, не вытравившиеся с поверхности подката. Дефект имеет вид строчек и мазков, вытянутых в направлении прокатки. Данный дефект – следствие остатков неудаленной при травлении окалины на поверхности горячекатаных полос (подката). Остатки окалины предупреждаются качественной работой окалиноломателя, соблюдением установленных режимов нагрева металла, исключением подплавления и перегрева металла, соблюдением установленных сроков перевалок рабочих валков чистой группы клетей стана горячей прокатки, исключением износа и перегрева валков. Также должна обеспечиваться плотная смотка рулонов, эффективная и качественная работа ли-

нии непрерывно-травильных агрегатов. Не допускать попадания минеральных масел в травильный раствор и наличия поверхностных дефектов на подкате. Необходимо также уменьшать скорость движения полосы в травильных ваннах, увеличивать температуру и концентрацию травильного раствора. При этом использовать ингибиторы травления для исключения перегрева на участках полос, не пораженных дефектами. При наличии незначительных остатков окалины на поверхности подката (в виде неглубоких оспин точечной вкатанной окалины, мазков красной окалины) дефект может быть частично или полностью выкатан при холодной прокатке.

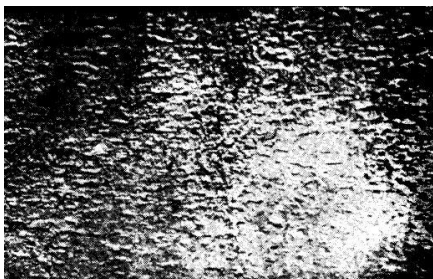


Рис. 9. Рябизна



Рис. 10. Остатки окалины

Пятна загрязнений (рис. 11). Дефект поверхности имеет вид черных и темносерых пятен, полос, натеков, разводов на отожженном холоднокатаном металле. Чаще всего это пятна сажи, эмульсии и масла, загрязненные окислами железа, продуктами износа валков и др. Пятна загрязнений образуются из-за наличия на поверхности полосы после прокатки значительного количества эмульсии; высокой концентрации эмульсии; наличия в ней большого количества минеральных масел и механических примесей; использование прокатной эмульсии с низкой моющей способностью. Причиной образования пятен является также наличие в защитном газе при отжиге холоднокатаных полос повышенного количества окиси углерода и метана; загрязнение полосы при дрессировке и порезке. Данный дефект может быть предупрежден, если обеспечивать требуемую концентрацию эмульсии; не допускать повышения содержания в эмульсии механических примесей и свободных масел; обеспечивать качественное удаление эмульсии с поверхности полосы после прокатки. Необходимо по возможности использовать эмульсии на основе эмульсолов с неионогенными эмульгаторами и моющими добавками; не допускать повышенного содержания окиси углерода и метана в защитном газе печи для отжига холоднокатаной стали; не допускать загрязнения соприкасающихся с полосой частей оборудования при операциях дрессировки и отделки. В ряде случаев возможна очистка поверхности металла от загрязнений путем промывки, обезжиривания, протирания.

Цвета побежалости (рис. 12). Потемнение (окисление) поверхности металла до черного цвета, охватывающее значительную площадь обычно вдоль кромок полосы. Причины, приводящие к образованию дефекта следующие: а) неплотность муфеля или песочного затвора вокруг муфеля, из-за чего происходит подсос воздуха в защитную атмосферу; б) неплотность в огнеупорной кирпичной кладке стенда или в его металлоконструкциях; в) некачественный состав защитного газа (наличие кислорода более 0,002%) или водяных паров; г) низкое давление защитного газа – ниже  $390 \text{ Н/м}^2$  ( $39 \text{ кгс/м}^2$ ); д) высокая температура металла во время снятия муфеля (более  $120^\circ\text{C}$ ); е) быстрый подъем нагревательного колпака стенда.

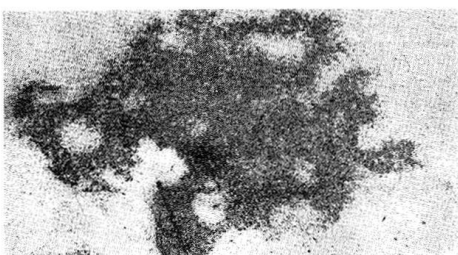


Рис. 11. Пятна загрязнений

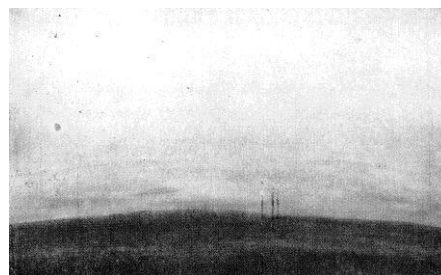


Рис. 12. Цвета побежалости

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. Данные мероприятия позволят своевременно осуществлять корректировку технологического процесса. В свою очередь достоверность результатов во многом зависит от совершенства и надежности методов и средств контроля, а также от системы сопровождения технологического процесса.

### ВЫВОДЫ

Определяющим показателем качества холоднокатаного проката является отсутствие поверхностных дефектов. При этом важную роль играют мероприятия по выявлению факторов, влияющих на образование различных видов дефектов. На предприятии АО «АрселорМиттал Теміртау» разрабатываются программы модернизации существующего оборудования, которые направлены на устранение некоторых возможных причин появления дефектов поверхности. Для этого необходимо знать не только природу происхождения дефектов, но места и причины их образования в технологической цепочке. Металлографические исследования не всегда позволяют выявить такие причины. Также необходимо четкое знание технологических процессов и механизмов влияния различных факторов на образование поверхностных дефектов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычков А.Б. Трансформация дефектов непрерывнолитой заготовки в поверхностные дефекты проката / А.Б. Сычков, М.А. Жигарев, А.В. Перчаткин // *Металлург.* – 2006. – №2. – С. 60–64.
2. Статистическая оценка качества холоднокатаного листа / А.Б. Найзабеков, В.А. Талмазан, И.Ю. Евтушенко, К.В. Мантуров, А.С. Ержанов // *Труды V Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии».* – Темиртау: КГИУ, 2009. – С. 353–361.
3. Новокрещенова С.М. Дефекты стали. Справочник / С.М. Новокрещенова, М.И. Виноград. – М.: Металлургия, 1984. – С. 199.
4. Мазур В.Л. Предупреждение дефектов листового проката / В.Л. Мазур, А.И. Добронравов, П.П. Чернов. – К.: Техника, 1986. – С. 141.
5. Беняковский М.А. Дефекты поверхности автомобильного листа / М.А. Беняковский, Е.П. Сергеев. – М.: Металлургия, 1979. – С. 72.

### REFERENCES

1. Sychkov A.B. Transformacija defektov neprerivnolitoj zagotovki v poverhnostnye defekty proka-ta / A.B. Sychkov, M.A. Zhigarev, A.V. Perchatkin // *Metallurg.* – 2006. – №2. – S. 60–64.
2. Statisticheskaja ocenka kachestva holodnokatanogo lista / A.B. Najzabekov, V.A. Talmazan, I.Ju. Evtushenko, K.V. Manturov, A.S. Erzhanov // *Trudy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Nauchno-tehnicheskij progress v metallurgii».* – Temirtau: KGIU, 2009. – S. 353–361.
3. Novokreshhenova S.M. Defekty stali. Spravochnik / S.M. Novokreshhenova, M.I. Vinograd. – M.: Metallurgija, 1984. – S. 199.
4. Mazur V.L. Preduprezhdenie defektov listovogo prokata / V.L. Mazur, A.I. Dobronravov, P.P. Chernov. – K.: Tehnika, 1986. – S. 141.
5. Benjakovskij M.A. Defekty poverhnosti avtomobil'nogo lista / M.A. Benjakovskij, E.P. Sergeev. – M.: Metallurgija, 1979. – S. 72.

Найзабеков А. Б. – д-р техн. наук, проф. РГП «РИИ»  
Талмазан В. А. – канд. техн. наук, доц. каф. ОМД РГП «КГИУ»  
Ержанов А. С. – ст. преп. каф. ОМД РГП «КГИУ»  
Ерназарова Ф. М. – студент РГП «КГИУ»  
Калдыбекова А. Т. – студент РГП «КГИУ»

РГП «РИИ» – Республиканское государственное предприятие «Рудненский индустриальный институт», г. Рудный, Республика Казахстан;

РГП «КГИУ» – Республиканское государственное предприятие «Карагандинский государственный индустриальный университет», г. Темиртау, Республика Казахстан.

E-mail: info@rii.kz, kaf-omd@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.02.2017 г.