

**Парусов Э.В.,\***  
**Сычков А.Б.,\*\***  
**Губенко С.И.,\*\*\***  
**Чуйко И.Н.\***

\*Институт черной металлургии  
 им. З. И. Некрасова НАН Украины,  
 г. Днепропетровск, Украина  
 \*\*Магнитогорский государственный тех-  
 нический университет им. Г. И. Носова  
 \*\*\*ГВУЗ «Металлургическая академия  
 Украины»  
 E-mail: tometal@ukr.net

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ БУНТОВОГО ПРОКАТА К ВОЛОЧЕНИЮ

УДК 621.771.252:621.778

Определены рациональные температуры виткообразования бунтового проката, которые позволяют обеспечить наилучшую удаляемость окалины с поверхности металла механическим способом. Установлена взаимосвязь между температурой виткообразования и цветом окалины, образующейся на поверхности бунтового проката, что может служить визуальной оценкой определения режимов охлаждения металла в условиях металлургических предприятий. Показано, что при повышении температур виткообразования до 950 ... 1000 °С удаление окалины с поверхности бунтового проката для сталей широко марочного сортамента возможно осуществить с применением ресурсосберегающего и экологически чистого механического способа.

**Ключевые слова:** бунтовой прокат, окалина, температура виткообразования, деформационно-термическая обработка

### Введение и состояние проблемы

Нагрев металла до температур горячей прокатки и последующая деформационно-термическая обработка вызывают образование на его поверхности оксидов железа (окалины). Как известно [1, 2], фазовый состав окалины зависит от химического состава стали, способа ее раскисления и условий охлаждения металла. Окалина в углеродистых сталях, образующаяся при температурах выше 570 °С состоит из трех оксидов: вюстита ( $\text{FeO}$ ) магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) и гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Окисление начинается с образования на поверхности тонкого оксидного слоя, а затем продолжается благодаря диффузии ионов кислорода и железа, движущихся навстречу друг другу через непрерывно утолщающийся слой окалины. Общее расположение слоев окалины и фазовый состав при различных температурах окисления представлены на рис. 1, 2. Оксиды железа располагаются в порядке уменьшения содержания кислорода по направлению от наружного слоя к поверхности раздела металл-окалина.

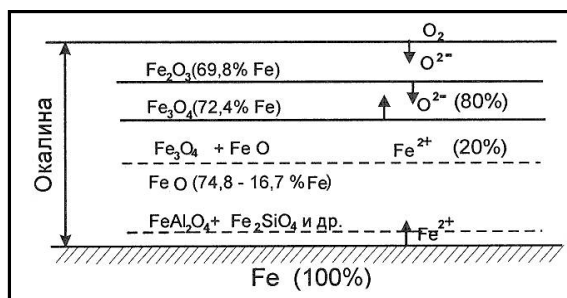


Рис. 1 – Состав и расположение слоев окалины от поверхности раздела металл - окалина в углеродистой стали [2]

Оксиды алюминия и кремния вступая в реакцию с вюститом образуют промежуточные соединений в виде шпинели ( $\text{FeAl}_2\text{O}_4$ ) и фаялита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  или  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ), которые находясь на поверхности раздела, уменьшают адгезию окалины с металлом и скорость диффузии железа в окалину [1, 2]. Сера в окалине не окисляется, но образует на поверхности раздела соединение (сульфид железа), которое повышает адгезию окалины и затрудняет ее удаление. Аналогичное влияние оказывает медь – сначала окисляясь, а затем, восстанавливаясь ионами железа, она образует тонкий металлический слой на границе раздела металл-окалина, защищая его от дальнейшего окисления, но повышая при этом адгезию окалины на поверхности раздела [2].

При медленных скоростях охлаждения и температуре менее 570 °С (см. рис. 2) вюстит распадается на железо и магнетит, который образуется в результате диффузии катионов железа и анионов кислорода [1]. Магнетит является трудноудаляемым и химически инертным соединением, что позволяет ему

выполнять функцию защитного слоя. Ввиду высоких абразивных свойств не полностью удаленный магнетит является причиной преждевременного износа монолитных волок при волочении бунтового проката на метизном переделе. Гематит образуется за счет диффузии анионов железа легко опадает в виде пыли. Он имеет ярко рыжий цвет, и напоминает следы атмосферной коррозии. Вюстит образуется при высоких температурах, причем его формирование вызывает резкое повышение скорости окисления. Он обладает хорошей адгезией к металлу, однако при комнатной температуре является достаточно хрупким. Вюстит практически полностью растворим в растворах серной и соляной кислот [1, 2].

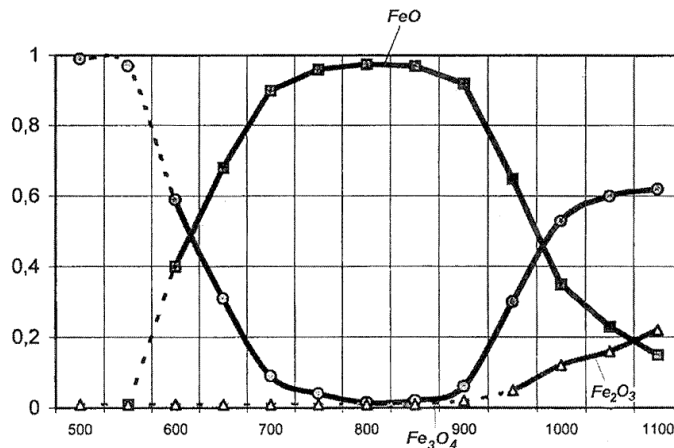


Рис. 2 – Влияние температуры окисления на фазовый состав окалины [3]

Одной из главных задач металлургии на протяжении многих десятилетий является повышение качественных показателей металлопроката и снижение отходов при его производстве. В связи с этим большое внимание уделяется техническим мероприятиям, направленным на уменьшение окалинообразования в процессе деформационно-термической обработки металлопроката. Необходимо отметить, что стремление к снижению потерь металла в окалину в большинстве случаев ухудшает структуру и комплекс механических свойств горячекатаного проката.

Анализ литературных источников [4, 5] свидетельствуют о наличии довольно противоречивых результатов, касающихся формирования общей массы окалины, времени распада вюстита и определения оптимальных температурных диапазонов его образования на поверхности проката в процессе охлаждения на линии Стелмор.

Вместе с тем встречаются результаты, которые не подчиняются свойственному логическому порядку повышения содержания кислорода в слоях окалины по мере удаления от поверхности металла. Так, в соответствии с данными работы [6] на поверхности горячекатаного проката встречаются слои магнетита, соприкасающиеся с поверхностью металла и отделяющие его от вюстита. Важной особенностью окислительных процессов является то, что окалинообразование происходит непрерывно при снижении температуры от температур конца прокатки. В процессе охлаждения металл проходит ряд температурных диапазонов, при которых могут фиксироваться различные закономерности окисления [7].

В работе [2] довольно широко рассмотрены вопросы, связанные с особенностями формирования окалины и способности ее удаления химическим (кислотным) способом, для проката ускоренно охлажденного в бунт. Рассмотрены результаты продолжительности травления бунтов в зависимости от температуры их смотки и массы, а также сделан выбор в пользу химического способа удаления поверхностной окалины, как перспективного способа. Наряду с этим имеется ряд работ, направленных на изучение возможности применения способа механического удаления окалины с поверхности металлопроката [8, 9, 10].

### Цель работы

Целью работы является определение рациональных температур виткообразования бунтового проката, которые позволяют обеспечить наилучшую удаляемость окалины с поверхности металла механическим способом.

### Материал и методика исследований

Исследования выполнены на промышленных партиях бунтового проката из сталей марок SAE 1008 и SAE 1070, химический состав которых соответствовал стандарту ASTM A 510M (табл. 1). Удаляемость окалины определяли в соответствии с методикой компании «Beckaert» по спецификациям: GA-03-16 «Количественное определение общего количества окалины, способности к ее удалению и остаточной окали-

ны с поверхности высокоуглеродистого и низкоуглеродистого проката», GA-03-18 «Испытание на удаление окалины механическим способом с поверхности низкоуглеродистого проката», GS-03-02 «Низкоуглеродистый прокат для механического удаления окалины», GS-06-01 «Высокоуглеродистый стальной прокат качества Стелмор». Используемые приборы и оборудование: разрывная машина «EU-100» и «EDZ-40», раствор соляной кислоты с ингибитором ТДА, приготовленный в соответствии с требованиями ДСТУ 3683-98, высокоточные аналитические лабораторные весы «CUW620HV», световой оптический микроскоп «Axiovert 200 M MAT», электронные растровый микроскоп «VEGA TS5130MM».

Таблица 1

Химический состав исследуемого бунтового проката		Химический состав стали, % по масс.							
Марка стали	Диаметр проката, мм	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
		SAE 1008	5,5; 8,0	0,08	0,33	0,14	0,011	0,007	0,05
SAE 1070	5,5	0,73	0,62	0,19	0,008	0,003	0,04	0,06	0,16

### Результаты исследований и их обсуждение

В процессе переработки бунтового проката одной из главных задач для обеспечения стабильного процесса волочения является подготовка его поверхности. В условиях национальных металлургических предприятий технология подготовки поверхности бунтового проката при волочении в проволоку, заключается в реализации способа кислотного травления. Удаление окалины с поверхности проката и создание определенного микрорельефа повышает его способность к захвату необходимого количества смазки на первом проходе перед началом деформации и обеспечивает получение высококачественной поверхности холоднодеформированной проволоки.

Недостатками кислотного травления являются: неравномерность удаления окалины (локальный перетрав) и эффект наводороживания, который снижает пластические свойства металла. Процесс кислотного травления характеризуется большим расходом кислоты и воды, выбросами в рабочее пространство агрессивных паров, которые разрушают металлоконструкции цехов и системы вентиляции. Особая проблема связана с утилизацией отработанных растворов, что требует строительства дорогостоящих очистных сооружений и выполнения плановых профилактических работ.

Технология бескислотной подготовки поверхности бунтового проката к волочению (механическое удаление) заключается в удалении окалины с помощью специальных аппаратов, имеющих набор роликов, в системе которых происходит перегиб бунтового проката в разных плоскостях (рис. 3). Зачистка остатков окалины выполняется иглофрезами, вращающейся абразивной лентой или металлическими щетками с индивидуальным приводом. Удаление загрязнений и пылевидных остатков окалины происходит во время промывки проката водой. После этого наносят подмазочный слой (буры, извести или фосфатов) и выполняют сушку металла.

С целью разработки научно-обоснованного подхода к возможности применения способа механического удаления окалины при подготовке поверхности металла к волочению вместо кислотного травления, выпущены промышленные партии бунтового проката из сталей марок SAE 1008 и SAE 1070, которые охлаждались на линии Стелмор от температур виткообразования 750 ... 1000 °С. Это позволило сформировать на поверхности проката окалину, имеющую различный фазовый состав.

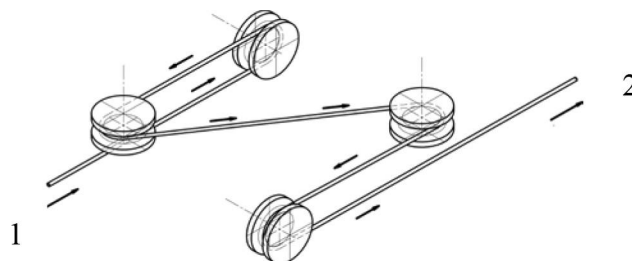


Рис. 3 – Принципиальная схема устройства для удаления окалины механическим способом (стрелки – направление движения бунтового проката через систему роликов):  
1 – от размоточного устройства;  
2 – к волочильному стану

В зависимости от способа удаления окалины (химический, механический) с поверхности проката мировыми компаниями производителями металлургического оборудования выполнена классификация температур виткообразования на линии Стелмор [11]. Для кислотного способа это температура соответствует ~ 850 °С, а для механического способа предлагается более высокая температура ~ 900 °С.

В условиях ОАО «ММЗ» (Молдова, г. Рыбница) оптимальной температурой виткообразования для низко- и высокоуглеродистых сталей, способных подвергаться способу механического удаления окалины считается температура –  $950 \pm 20$  °С. Выбор этого температурного диапазона обусловлен не только формированием оптимального фазового состава окалины, но также особенностями структурообразования в сталях и формирования комплекса механических свойств проката. При охлаждении металла от температур  $950 \pm 20$  °С формируется однородная окалина, которая состоит из ~ 95 % вюстита и легко удаляется с поверхности проката механическим способом.

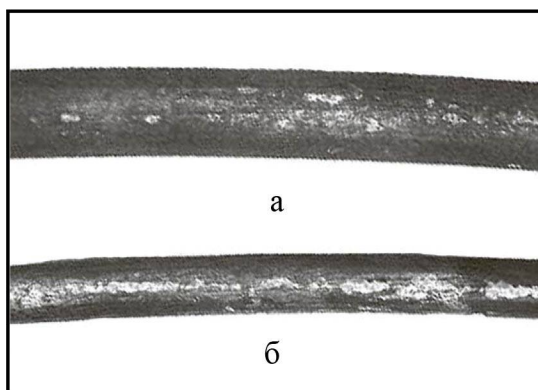
Для предотвращения распада вюстита в процессе непрерывного охлаждения металла на линии Стелмор (рис. 2) на магнетит, который обладает более высокой адгезией к поверхности металла и неудовлетворительной способностью к механическому удалению, изначально применялось ускоренное охлаждение металла в диапазоне температур  $570 \dots 450$  °С. Однако практический опыт производства бунтового проката сварочного назначения, показал, что при прохождении температурного интервала  $570 \dots 450$  °С с низкими скоростями охлаждения ( $\sim 0,5 \dots 1$  °С/с) полного распада вюстита не происходит, а подготовка поверхности металла к волочению может осуществляться с использованием способа механического удаления окалины.

Промышленная переработка бунтового проката, широкого марочного сортамента производства ОАО «ММЗ» показала, что режимы деформационно-термической обработки от температур виткообразования  $950 \pm 20$  °С также обеспечивают удовлетворительную удаляемость окалины при кислотном травлении.

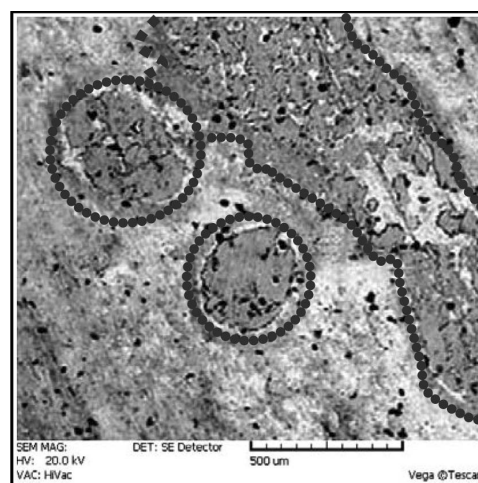
Несмотря на то, что у метизных предприятий не возникает проблем с кислотным удалением окалины с поверхности бунтового проката, охлажденного с применением вышеуказанных режимов деформационно-термической обработки, следует исследовать технологические особенности параметров двухстадийного охлаждения проката, которые обеспечивают формирование оптимального состава окалины вне зависимости от дальнейшего способа ее удаления. На основании работы [1] логично предположить, что уменьшение температуры виткообразования будет снижать толщину слоя окалины, повышать ее плотность и адгезию к металлу.

В ряде случаев после проведения кислотного травления на поверхности бунтового проката наблюдаются светлые и темные участки (рис. 4), которые ошибочно принимают за не полностью удаленную окалину. Попытки полного удаления этих участков с поверхности проката приводят к увеличению времени травления, перерасходу используемой кислоты и локальному перетраву поверхности, при этом также повышается наводороживание металла и снижаются его пластические показатели.

Образование пятен на поверхности проката (рис. 4), согласно работы [1], может быть связано с распадом вюстита при медленном охлаждении в диапазоне температур  $570 \dots 400$  °С на магнетит и железо. Выделяясь на границе металл-вюстит, магнетит повышает адгезию к поверхности металла, в связи с чем способность к удалению окалины при кислотном травлении снижается. Такой вывод подтверждается металлографическим анализом, проведенным с применением растровой электронной микроскопии, позволившим зафиксировать участки поверхности с неполным удалением окалины вследствие разного времени кислотного травления (рис. 5).



**Рис. 4 – Поверхность бунтового проката из стали марки SAE 1008 после кислотного травления:**  
а – температура виткообразования 950 °С, диаметр проката 8,0 мм;  
б – температура виткообразования 830 °С, диаметр проката 5,5 мм



**Рис. 5 – Поверхность бунтового проката из стали марки SAE 1008 с остатками окалины (линиями выделены участки с магнетитом)**

При выполнении исследований температуру виткообразования изменяли в диапазоне температур 750 ... 1000 °С с шагом в 50 °С. Удаляемость окалины с поверхности бунтового проката выполняли, как с использованием химического, так и механического способов. Для дополнительной оценки выполнен металлографический анализ и определены механические свойства проката в зависимости от температуры виткообразования.

На рис. 6 представлена зависимость изменения временного сопротивления разрыву в зависимости от температуры виткообразования.

Анализируя полученные данные можно сделать вывод о том, что для стали SAE 1008 при повышении температуры виткообразования временное сопротивление разрыву снижается ( $\Delta\sigma_b = 45 \dots 58$  МПа), в зависимости от диаметра проката. Данный эффект связан с процессами рекристаллизации, вследствие чего происходит рост зерна и наступает стадия разупрочнения [12]. При этом средний размер условного зерна возрастает на 2 номера.

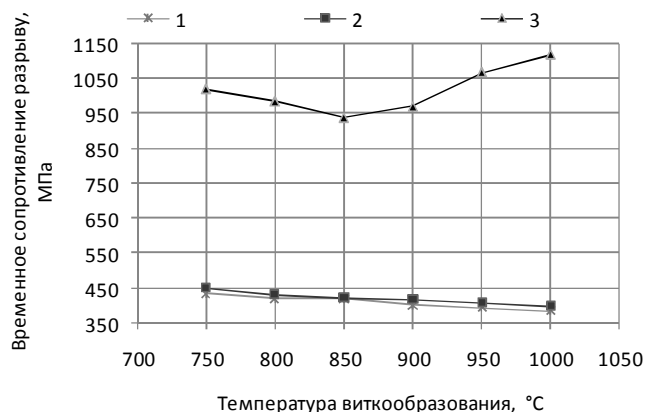


Рис. 6 – Влияние температуры виткообразования бунтового проката на изменение временного сопротивления разрыву:  
1 – сталь SAE 1008, Ø 5,5 мм; 2 – SAE 1008, Ø 8,0 мм;  
3 – SAE 1070, Ø 5,5 мм

Для стали SAE 1070 свойственна экстремальная зависимость с минимумом при температуре 850 °С [11]. Такой характер изменения временного сопротивления объясняется особенностями структурообразования (формирования перлита разной степени дисперсности): термодинамическим фактором при более высоких температурах 850 ... 1000 °С и кинетическим - при низких (750 ... 850 °С) [13]. В последнем случае за счет большей степени переохлаждения в поверхностных слоях образуется сорбит отпуска (рис. 7), который негативно влияет на технологичность проката в процессе волочения, вызывая его повышенную обрывность. При повышении температуры виткообразования процессы рекристаллизации интенсифицируются, а рост среднего размера условного зерна происходит на 2 ... 3 номера по сравнению с низкотемпературным диапазоном (750 ... 850 °С). Рост зерна вызывает повышение устойчивости аустенита, а в процессе последующего непрерывного охлаждения приводит к увеличению количества сорбитообразного перлита 1 балла (рис. 8), в результате чего временное сопротивление возрастает, а разница  $\Delta\sigma_b$  составляет ~ 98 МПа.

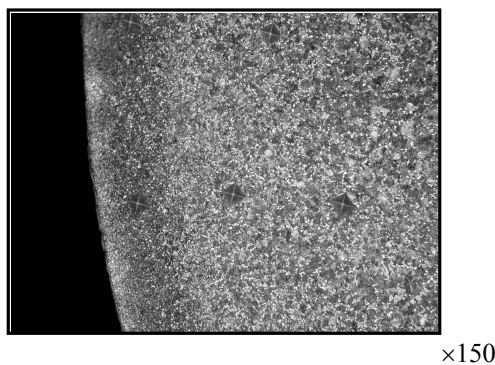


Рис. 7 – Сорбит отпуска в поверхностных слоях бунтового проката SAE1070 при температуре виткообразования 750 °С

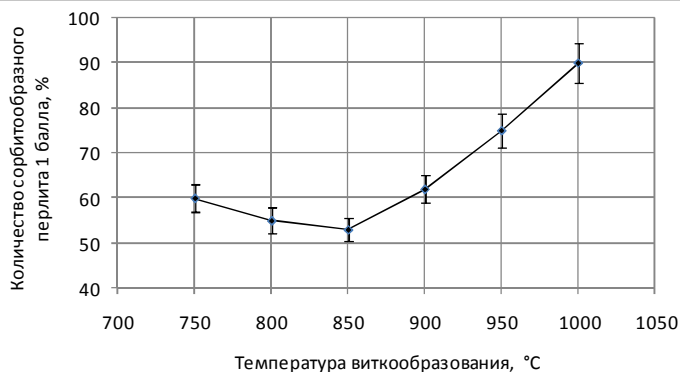


Рис. 8 – Изменение количества сорбитообразного перлита 1 балла в зависимости от температуры виткообразования

Время необходимое для удаления окалины с поверхности бунтового проката при кислотном травлении снижается при уменьшении температуры виткообразования (рис. 9). Изменение необходимого времени длительности кислотного травления минимально при низких температурах виткообразования. Такой эффект можно объяснить тем, что при снижении температуры виткообразования уменьшается толщина слоя окалины, что и обеспечивает быстрое ее удаление с поверхности проката.

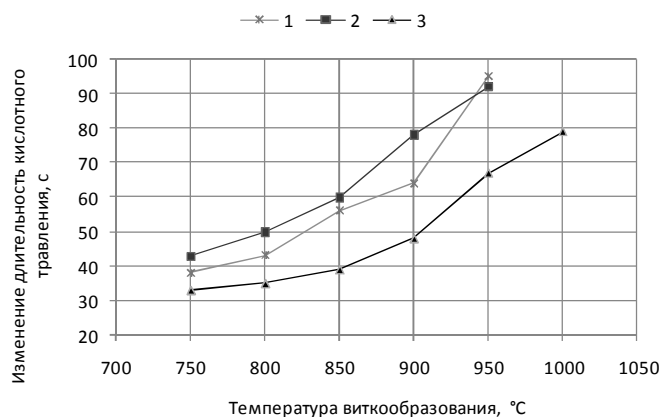


Рис. 9 – Изменение длительности кислотного травления при удалении окалины с поверхности проката в зависимости от температуры виткообразования:  
1 – SAE 1008, Ø 8,0 мм; 2 – SAE 1008, Ø 5,5 мм; 3 – SAE 1070, Ø 5,5 мм

На рис. 10, 11 представлены данные (механический способ удаления) по удаляемости окалины и ее остаточному количеству на поверхности проката в зависимости от изменения температуры виткообразования.

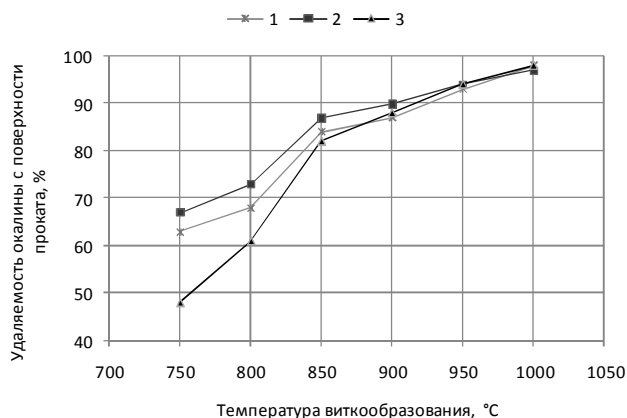
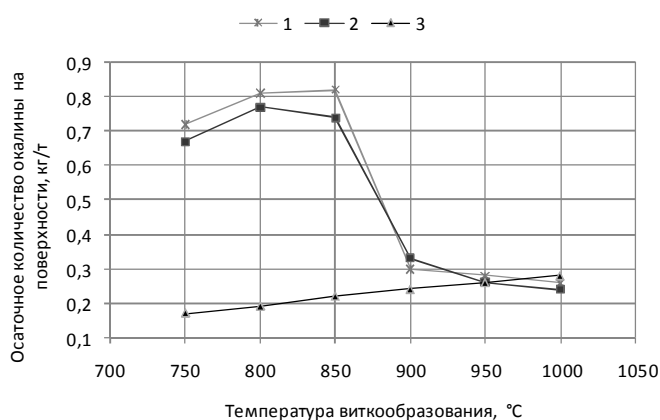


Рис. 10 – Удаляемость окалины с поверхности бунтового проката механическим способом в зависимости от температуры виткообразования:  
1 – SAE 1008, Ø 8,0 мм; 2 – SAE 1008, Ø 5,5 мм; 3 – SAE 1070, Ø 5,5 мм

Анализируя полученные результаты, можно отметить некоторое различие в удаляемости окалины с поверхности проката марок SAE 1008 и SAE 1070 механическим способом. Это объясняется различием скоростей воздушного охлаждения от температур виткообразования и особенностями прохождения температурного интервала 570 ... 450 °С.

При выполнении исследований установлена зависимость цвета формирующейся окалины на поверхности проката в зависимости от температуры виткообразования. Наиболее оптимальным с точки зрения товарного вида проката (темно серый цвет) является диапазон температур 950 ... 1000 °С. При понижении температуры виткообразования цвет поверхности проката изменяется от серо-коричневого (~ 850 °С), до ярко красно-ржавого (~ 750 °С). Формирование цвета, похожего на возникновение следов коррозии металла обусловлено наличием легко удаляемого пылевидного слоя гематита. При высоких температурах виткообразования на поверхности проката образуется преимущественно вюстит (черно-серый цвет), затем магнетит (серый цвет). При снижении температуры виткообразования поверхностные слои металла значительно переохлаждаются и формируется гематит, за счет тепла сердцевины происходит самоотпуск поверхностных слоев проката и гематит частично (в зависимости от температуры) восстанавливается в вюстит. При низких температурах виткообразования гематит остается на поверхности бунтового проката.



**Рис. 11 – Изменение остаточного количества окалины на поверхности бунтового проката после ее механического удаления в зависимости от температуры виткообразования:**  
1 – SAE 1008, Ø 8,0 мм; 2 – SAE 1008, Ø 5,5 мм; 3 – SAE 1070, Ø 5,5 мм

В целом необходимо отметить, что наиболее оптимальным технологическим режимом при использовании кислотного травления является температурный диапазон 750...800 °С. Однако необходимо понимать, что в этом температурном интервале существенно ухудшаются структурные и механические свойства бунтового проката марок SAE 1008, SAE 1070.

Таким образом, показана эффективность технологических мероприятий, направленных на повышение температуры виткообразования (до ~ 950...1000 °С) проката не только с точки зрения образования хорошо удаляемой механическим способом окалины, но и формирования качественных показателей бунтового проката.

Согласно результатам исследований, имеются все необходимые предпосылки для замены традиционного и широко распространенного в настоящее время способа подготовки поверхности (кислотное травление) бунтового проката к волочению на ресурсосберегающий и экологически чистый способ механического удаления окалины. Следует отметить и еще один положительный момент: помимо окаинообразования на поверхности бунтового проката происходит обезуглероживание, степень развития которого снижается с ростом температуры виткообразования [13]. Это в свою очередь позволяет улучшить равномерность формирования микроструктуры бунтового проката и повысить технологичность его переработки на метизном переделе.

Следует отметить, что при высоких температурах виткообразования (950...1000 °С) на поверхности бунтового проката могут наблюдаться участки с отпавшей окалиной, которые возникают даже при минимальном механическом воздействии на металл. Это свидетельствует об очень слабой адгезии вюстита на границе раздела металл-окалина. На оголенных участках поверхности проката при хранении и транспортировке в полуоткрытых вагонах могут возникать следы коррозии. Для решения этой проблемы можно воспользоваться идеей компании «Beaert», которая в спецификациях на закупку бунтового проката указывает, что каждый бунт необходимо упаковывать в специальные тканево-пропиленовые чехлы. Это позволяет защитить поверхность проката не только от развития коррозии, но и от механических повреждений в процессе погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки.

Результаты исследований показали, что на национальных метизных предприятиях необходимо переориентировать технологический процесс подготовки поверхности бунтового проката к волочению на механический способ удаления окалины, которому на сегодняшний день не существует альтернативы, ввиду его экологической чистоты, простоты и дешевизны.

### Выводы

1. Показано, что при повышении температур виткообразования до 950...1000 °С удаление окалины с поверхности бунтового проката для сталей широко марочного сортамента возможно осуществить с применением ресурсосберегающего и экологически чистого механического способа. Удаление окалины с поверхности бунтового проката также возможно выполнить при использовании кислотного травления, однако, длительность такой операции во времени увеличивается.

2. Высокотемпературная раскладка на витки с последующим регулируемым воздушным охлаждением позволяет достичь эффективного комплекса рациональных структурных и механических показателей бунтового проката.

3. Установлено, что формирование оптимального фазового состава окалины, состоящей из вюстита, и ее способность к удалению механическим способом определяются температурой виткообразования, уменьшение которой вызывает в стали SAE 1008 снижение пластичности и рост прочностных показателей. В стали SAE 1070 при снижении температуры виткообразования появляется запрещенная нормативной документацией структура сорбита отпуска, а количество сорбитообразного перлита 1 балла уменьшается.

4. При охлаждении бунтового проката от более высоких температур виткообразования, вследствие разного теплового расширения окалины и металла, происходит растрескивание окалины, при этом ее адгезия с металлом значительно понижается, что позволяет в дальнейшем обеспечить эффективное ее удаление с поверхности (до ~ 98 %).

5. Установлена взаимосвязь между температурой виткообразования и цветом окалины, образующейся на поверхности бунтового проката, что может служить визуальной оценкой определения режимов охлаждения металла в условиях металлургических предприятий.

### Литература

1. Губинский В. И. Уменьшение окалинообразования при производстве проката / В. И. Губинский, А. Н. Минаев, Ю. В. Гончаров. – К.: Техніка, 1981. – 135 с.
2. Стальная проволока / Х. Н. Белалов, А. А. Клековкин, Н. А. Клековкина [и др.]. – Магнит.: Магн. госуд. техн. универ. им. Г. И. Носова. – 2011. – 689 с.
3. Ледков В. Г. Непрерывные травильные линии / В. Г. Ледков. – М.: Металлургиздат. – 1961. – 158 с.
4. Развитие производства катанки на современных проволочных станах за рубежом / Г. П. Борисенко, Ю. С. Чернобривенко, В. Д. Носов [и др.] / Обзорн. информ. Черметинформация, Сер. 7, 1974, вып. 3.
5. Сапожников А. Я. Оборудование для регулирования охлаждения катанки на современных проволочных станах СССР и за рубежом / А. Я. Сапожников, В. Г. Губанков, В. К. Полякова // Металлургическое оборудование. – М.: НИИинформтяжмаш. – 1973. – 54с.
6. Moreau J. P. Le calaminage des produits siderurgues. – Prat. inds. mec., 1966, 49. № 6.
7. Окисление металлов и сплавов. монография / О.Кубашевский, Б. Гопкинс ; пер. В. А. Алексеев. – 2-е изд. - М.: Металлургия, 1965. - 428 с.
8. Взаимосвязь толщины и удельной массы окалины на поверхности высокоуглеродистой катанки / В. В. Парусов, Э. В. Парусов, И. Н. Чуйко, А. Б. Сычков, И. В. Дервянченко // Строительство, материало-ведение, машиностроение: Сб. научн. тр. – Днепрпетровск: ПГАСА, 2004. – Вып. 27. – Ч.2. – С. 26-29.
9. Взаимосвязь структурных, механических и технологических характеристик катанки из стали 80 КРД / Э. В. Парусов, В. В. Парусов, В. А. Луценко, А. Б. Сычков, О. В. Парусов, И. Н. Чуйко // Стальные канаты: Сб. научн. тр. – Одесса: Астропринт, 2007. – С. 155–161.
10. Луценко В. А. Окалинообразование при термомеханической обработке катанки в потоке высокоскоростного стана / В. А. Луценко // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». – 2006. – № 12. – С. 54-57.
11. Современные требования к качественным показателям катанки различного назначения / Э. В. Парусов, И. Н. Чуйко, Л. В. Сагура [и др.] // XIX Международная научно-практическая конференция «Металлургия: технологии, инновации, качество», 15-16 декабря 2015 г. Российская Федерация, Новокузнецк // Материалы конференции. – 2015. – С. 90-96.
12. Разупрочняющая термомеханическая обработка проката из углеродистой стали / В. В. Парусов, А. Б. Сычков, В. А. Луценко, Э. В. Парусов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 6. – С. 54–56.
13. Взаимосвязь структурных, механических и технологических характеристик катанки из стали 80КРД / Э. В. Парусов, В. В. Парусов, А. Б. Сычков [и др.] // Стальные канаты: Сб. научн. тр. – Одесса: Астропринт. – 2007. – С. 155–161.

Поступила в редакцию 29.06.2016



Parusov E. V., Gubenko S. I., Sychkov A. B., Chuiko I. N. **Outlook using environmentally friendly way of preparing of surfaces rolled steel to drawing.**

The rational temperature of coil formation of rolled steel are identified, which allows to provide the best removability of scale from the metal surface by mechanical means. The relationship between temperature of coil formation and color scale formed on the surface of rolled steel is installed that can serve as a visual assessment of the definition of the metal cooling modes in the conditions of metallurgical enterprises.

It is shown that with increasing temperature of formation to 950 ... 1000 °C descaling rolled steel surface to become widely grades can be realized with the use of resource-saving and environmentally friendly mechanical way.

High-layout on the coil and then controlled air cooling achieves an effective set of rational structural and mechanical properties rolled steel.

The formation of the optimal scale phase composition consisting of wustite, and its ability to remove mechanically way determined by temperature of coil formation, which causes a decrease in steel the SAE 1008 decrease in ductility and increased strength characteristics is founded.

The steel SAE 1070 with a decrease in temperature of coil formation appears prohibited normative documents structure of vacation sorbit and the amount of sorbit 1 point decreases.

Upon cooling rolled steel from higher temperatures of coil formation due to differential thermal expansion of the metal and slag, dross cracking occurs, with its adhesion to a metal is considerably reduced, allowing further effective to ensure its removal from the surface (до ~ 98 %).

**Keywords:** rolled steel, scale, temperature of coil formation, deformation and heat treatment.

### References

1. Gubinskiy V. I., Minaev A. N., Goncharov Yu. V. Umenshenie okalinoobrazovaniya pri proizvodstve prokata, K.: Tehnika, 1981, 135 p.
2. Belalov H. N., Klekovkin A. A., Klekovkina N. A. Stalnaya provoloka, Magnit.: Magn. gosud. tehn. univer. im. G. I. Nosova, 2011, 689 p.
3. Ledkov V. G. Nepreryivnyye travilnyye linii, M.: Metallurgizdat, 1961, 158 p.
4. Borisenko G. P., Chernobrivenko Yu. S., Nosov V. D. Razvitie proizvodstva katanki na sovremennykh provolochnykh stanakh za rubezhom, Obzorn. inform. Chernetinformatsiya, Ser. 7, 1974, no. 3.
5. Sapozhnikov A. Ya., Gubankov V. G., Polyakova V. K. Oborudovanie dlya regulirovaniya ohlazhdeniya katanki na sovremennykh provolochnykh stanakh SSSR i za rubezhom, Metallurgicheskoe oborudovanie, M.: NIInformtyazhmash, 1973, 54 p.
6. Moreau J. P. Le calaminage des produits siderurgues. – Prat. inds. mec., 1966, 49. № 6.
7. Kubashevskiy O., Gopkins B. Okislenie metallov i splavov; per. V. A. Alekseev, 2-e izd., M.: Metallurgiya, 1965, 428 p.
8. Parusov V. V., Parusov E. V., Chuyko I. N., Syichkov A. B., Derevyanchenko I. V. Vzaimosvyaz tolschiny i udelnoy massyi okaliny na poverhnosti vyisokouglerodistoy katanki, Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie, Sb. nauchn. tr., Dnepropetrovsk: PGASA, 2004, No. 27, pp. 26–29.
9. Parusov E. V., Parusov V. V., Lutsenko V. A., Syichkov A. B., Parusov O. V., Chuyko I. N. Vzaimosvyaz strukturnykh, mekhanicheskikh i tehnologicheskikh harakteristik katanki iz stali 80 KRD, Stalnyie kanaty, Sb. nauchn. tr., Odessa: Astroprint, 2007, pp. 155–161.
10. Lutsenko V. A. Okalinoobrazovanie pri termomekhanicheskoy obrabotke katanki v potoke vyisokoskorostnogo stana, Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii «Chernaya metallurgiya», 2006, No12, pp. 54-57.
11. Parusov E. V., Chuyko I. N., Sagura L. V. Sovremennyye trebovaniya k kachestvennyim pokazatelyam katanki razlichnogo naznacheniya, HHH Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Metallurgiya: tehnologii, innovatsii, kachestvo», 15-16 dekabrya 2015 g. Rossiyskaya Federatsiya, Novokuznetsk, Materialyi konferentsii, 2015, pp. 90-96.
12. Parusov V. V., Syichkov A. B., Lutsenko V. A., Parusov E. V. Razuprochnyayuschaya termomekhanicheskaya obrabotka prokata iz uglerodistoy stali, Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost, 2003, No 6, pp. 54–56.
13. Parusov E. V., Parusov V. V., Syichkov A. B. Vzaimosvyaz strukturnykh, mekhanicheskikh i tehnologicheskikh harakteristik katanki iz stali 80KRD, Stalnyie kanaty: Sb. nauchn. tr., Odessa: Astroprint, 2007, pp. 155–161.