



The nontraditional technology of scale removal from the high-carbon wire surface by means of mechanical scalebreaking with electrolyte-plasma post-treatment is developed and tested.

В. А. ЛУЦЕНКО, В. Г. ЧЕРНИЧЕНКО, И. В. СИКАЧИНА, Т. Н. ГОЛУБЕНКО, О. В. ЛУЦЕНКО,
К. Ю. КЛЮЧНИКОВ, Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины

УДК 621.7.022:621.778:504

НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ С ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ КАТАНКИ И ПРОВОЛОКИ

Основной задачей современного металлургического производства является использование новых физических процессов и разработка экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, которые обеспечивают необходимые качественные показатели изготавливаемой металлопродукции при снижении энергозатрат.

В технологических линиях при переработке углеродистой катанки и проволоки традиционно используется кислотное удаление окалины. В последнее десятилетие преимущество отдается механическому удалению окалины вследствие дешевизны и экологической чистоты процесса.

Однако в современной металлургии СНГ наблюдается слабое обновление старых проволочных станов (на которых объем выпускаемой продукции составляет более 30%) и вопросы повышения качества металлопроката на них будут еще долго решаться. Поэтому необходимы новые технологии и оборудование, которые позволят сократить затраты при последующей переработке катанки и проволоки. К числу таких технологий следует отнести электролитно-плазменную очистку поверхности от окалины [1–3], которая в отличие от химической не нуждается в дополнительных расходах на химические материалы, приготовление растворов и утилизацию отработанных материалов. Энергоемкость такой очистки значительно ниже химической и затраты на нейтрализацию отходов при ней незначительные: утилизации подлежит только отделенная окалина.

В Институте черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины совместно с Институтом электросварки им. Е. О. Патона создан экспериментальный технологический участок (ЭТУ) с использованием нетрадиционных способов нагрева,

охлаждения и очистки металла. Схема расположения и состав оборудования ЭТУ приведены на рис. 1.

Для определения эффективности электролитно-плазменной доочистки (7-ЭПО) использовали перенастроенную совместно с Институтом электросварки им. Е. О. Патона установку ЭПН. Исходным материалом для исследований служила холодноволокочная проволока диаметром 3,8 мм из стали с химическим составом: С – 0,76%; Мп – 0,55; Si – 0,42; S – 0,025; P – 0,028; Cr – 0,05; Ni – 0,09; Cu – 0,10%. Микроструктурные исследования по сечению проволоки проводили на микроскопе НЕОРНОТ-2 (ГОСТ 8233). Фотографирование микроструктуры выполняли с помощью цифровой фотокамеры Olympus FE-20. Микротвердость структурных составляющих определяли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 200 г. Механические характеристики определяли на образцах проволоки десятикратной расчетной длины при испытаниях на растяжение по ГОСТ 1497. Определение количества окалины на поверхности проволоки проводили по методике, изложенной в ДСТУ 3683-98. Фазовый состав окалины рассчитывали по дифрактограммам, полученным на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2,0 в медном излучении с графитовым монохроматом. Расшифровку дифрактограмм и идентификацию фаз в поверхностном слое осуществляли по карточкам картотеки ASTM.

Были проведены две серии экспериментов, в ходе которых определяли качественные характеристики и образующуюся окалину на поверхности проволоки при различных способах охлаждения на ЭТУ по следующим технологическим обработкам:

Схема 1. ЭКН → охлаждение на воздухе → МО → ЭПО.

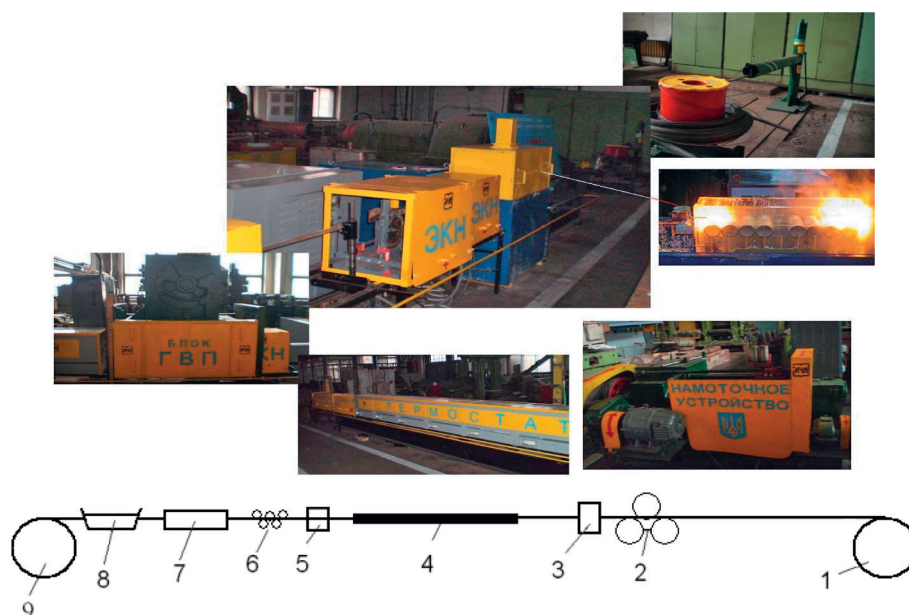


Рис. 1. Схема расположения оборудования экспериментально-технологического участка: 1 – размоточное устройство; 2 – установка электроконтактного (ЭКН) или электролитно-плазменного нагрева (ЭПН); 3 – установка (блок) струйного охлаждения (ГВП); 4 – линия термостатирования; 5 – устройство окончательного охлаждения; 6 – окалиноломатель (МО); 7 – электролитно-плазменная доочистка; 8 – ванна для нанесения подсмачочного покрытия; 9 – намоточное устройство

Таблица 1. Режимы электролитно-плазменной очистки (ЭПО)

Номер режима	Технология обработки	Параметры ЭПО	Скорость пропуска, м/мин	Качество поверхности проволоки*
1.1	Схема 1	три контакта; $U = 225 \text{ V}$; I до 70А; $W - 15,75 \text{ кВт}$	15	Неуд. Пятнистая
1.2	Схема 1	три контакта; $U = 225 \text{ V}$; I до 70А; $W - 15,75 \text{ кВт}$	9	Неуд. Пятнистая
1.3	Схема 1	четыре контакта; $U = 175 \text{ V}$; I до 70А; $W - 12,25 \text{ кВт}$	15	Уд.
2.1	Схема 2	четыре контакта; $U = 225 \text{ V}$; I до 70А; $W - 15,75 \text{ кВт}$	15	Неуд. Пятнистая
2.2	Схема 2	четыре контакта; $U = 175 \text{ V}$; I до 70А; $W - 12,25 \text{ кВт}$	15	Уд.

* Визуально.

Схема 2. ЭКН → патентирование → МО → ЭПО.

На первом этапе исследований холодноволоочную проволоку нагревали в установке ЭКН до температуры 950 °С с технологической скоростью перемещения по участку 15 м/мин. По схеме 1 проволоку охлаждали на спокойном воздухе, по схеме 2 – подвергали ТМО, включающей охлаждение [4] газо-воздушными потоками (ГВП) с температурой конца интенсивного охлаждения 670–680 °С и последующей квазиизотермической выдержкой при 580–600 °С. После охлаждения удаление окалины производили на роликовом окалиноломателе.

На втором этапе изучено влияние режимных характеристик электролитно-плазменной доочистки окалины с поверхности проволоки. Определяли практическую пригодность очищенной проволоки к переработке, произведенной по схемам 1 и 2.

Техническая характеристика установки электролитно-плазменной доочистки:

номинальное рабочее напряжение на электроде плазмотрона-нагревателя:
«основное», В 250–320
номинальное рабочее напряжение на электроде плазмотрона-нагревателя:
«подготовительное», В 200–280
номинальный рабочий ток ячейки нагревателя, А 40–80
количество нагревателей, шт. 8
объем подаваемого электролита, л/мин 4–10.

В табл. 1 приведены режимные характеристики электролитно-плазменного способа доочистки проволоки.

Микроструктурный анализ проволоки до- и после окалиноломания показал, что по схеме 1 основу микроструктуры составляет пластинчатый пер-

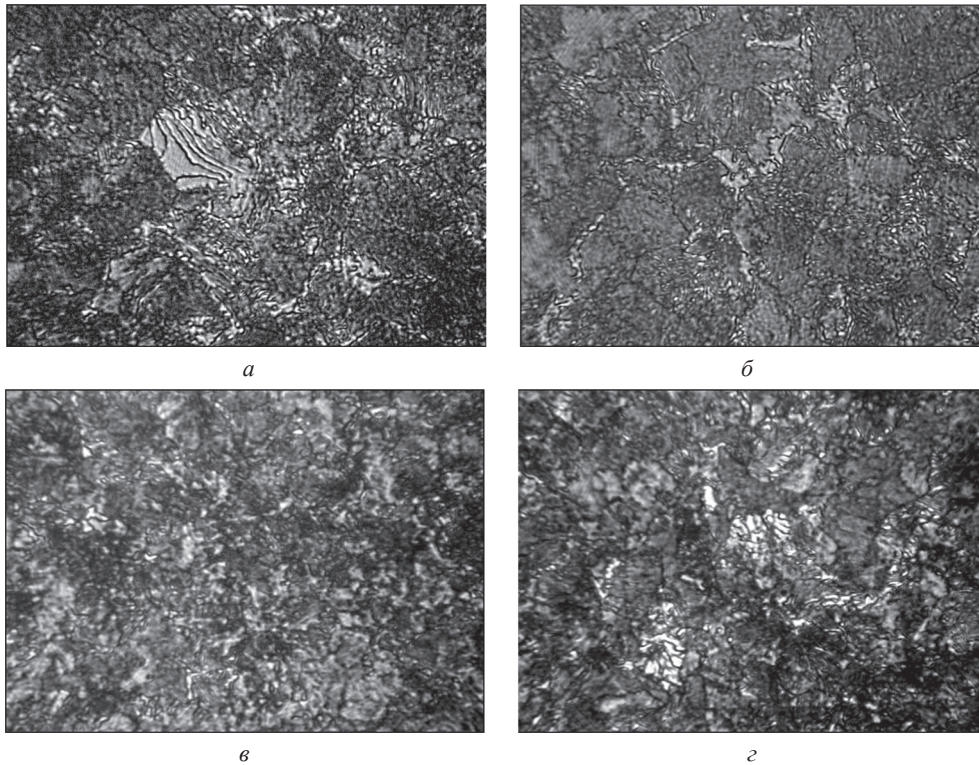


Рис. 2. Микроструктура проволоки диаметром 3,8 мм, обработанной по схеме 1 – воздушное охлаждение (а, б) и схеме 2 – патентирование ГВП (в, г), до (а, в) и после (б, г) окалиноломателя. х800

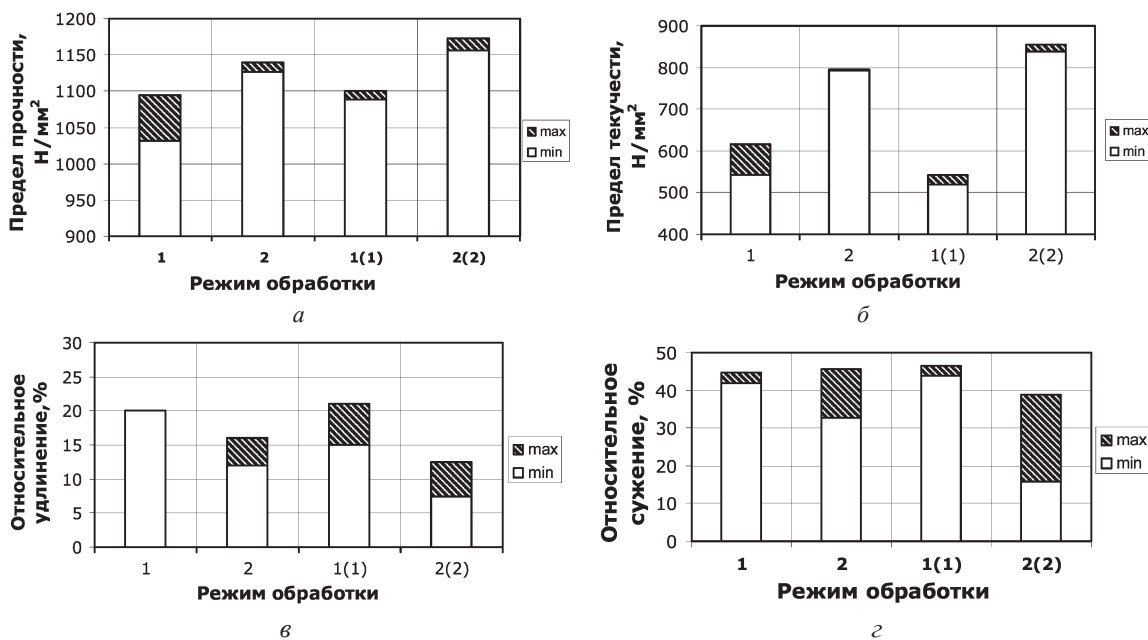


Рис. 3. Изменение механических свойств проволоки диаметром 3,8 мм после обработки по схемам: 1 – схема 1 до МО; 2 – схема 2 до МО; 1(1) – схема 1 после МО; 2(2) – схема 2 после МО

лит 1–4-го балла (рис. 2, а, б), а по схеме 2 пластинчатый перлит 1–2-го балла (рис. 2, в, г).

Результаты исследований механических свойств, представленные в виде гистограмм на рис. 3, 4, показывают, что предел прочности, относительное удлинение и сужение для проволоки, обработанной по схеме 1 до и после окалиноломания, изменяются незначительно. Для проволоки, обрабо-

танной по схеме 2, предел прочности повысился на 34 Н/мм^2 , а пластические свойства понизились. Согласно требованиям [5], предел прочности ограничен не более 1250 Н/мм^2 .

Анализ результатов механических свойств (рис. 4) свидетельствует о незначительном влиянии электролитно-плазменной обработки на механические характеристики. Так, предел прочности

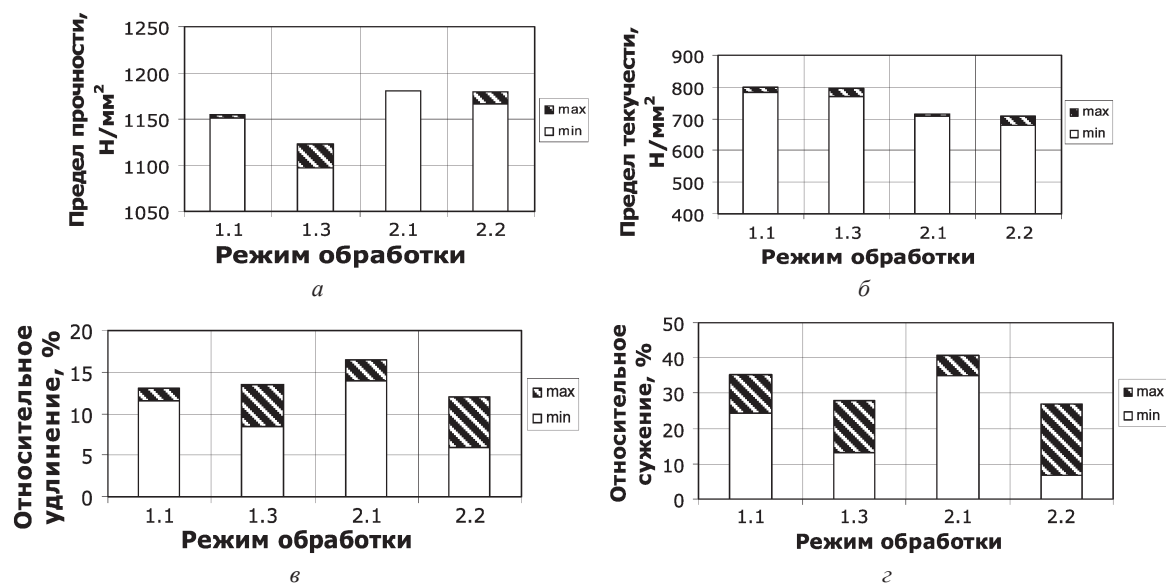


Рис. 4. Механические свойства проволоки диаметром 3,8 мм после различного охлаждения, окалиноломания и электролитно-плазменной доочистки. Режимы обработки: 1.1, 1.3, 2.1, 2.2 (см. табл. 1)

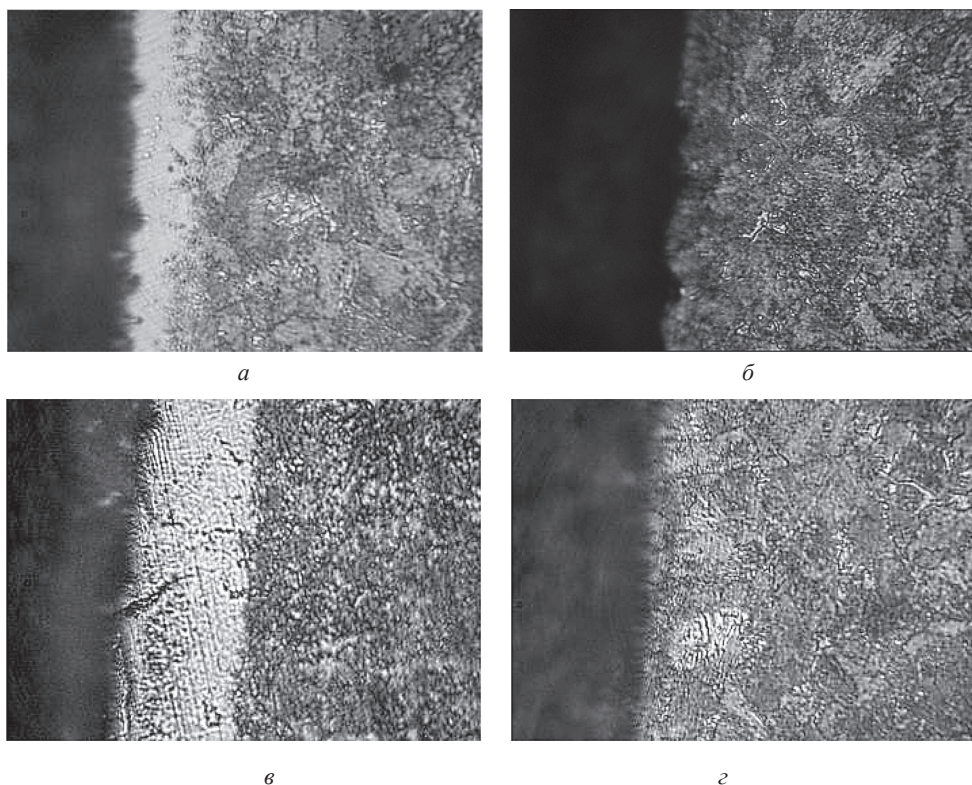


Рис. 5. Микроструктура проволоки диаметром 3,8 мм после электролитно-плазменной доочистки по режимам (см. табл. 1): а – 1.1; б – 1.3; в – 2.1; г – 2.2. x500

(рис.4, режим 1.3) увеличился на 31 Н/мм² и составил 1123 Н/мм², что соответствует требованиям [5].

Как показал анализ структур, при обработке проволоки в электролитно-плазменной установке по режимам 1.1, 1.2 и 2.1 (табл. 1, рис. 5, а, в) в поверхности образуются мартенситные структуры (микротвердость 680 HV₂₀₀), а при режимах 1.3, 2.2 (табл. 1, рис. 5, б, г) не происходят какие-либо заметные изменения в структуре проволоки (микротвердость 350 HV₂₀₀).

В зависимости от способа охлаждения высокоуглеродистой проволоки после отдельного нагрева на поверхности формируется окалина различного количественного (табл. 2) и фазового составов. При охлаждении на воздухе (схема 1) формируется окалина следующего состава: 75% вюстита, 18% магнетита и 7% гематита, а при ТМО с охлаждением ГВП (схема 2) – 35% вюстита, 40% магнетита и 25% гематита. Поэтому, как видно из таблицы, окалина, образованная по схеме 1, более

рыхлая и легко отделяется от поверхности проволоки в процессе окалиноломания. После механического удаления (окалиноломания) количество остаточной окалины на проволоке, подвергнутой ТМО с охлаждением ГВП (схема 2), в 2 раза больше, чем при охлаждении на воздухе.

Т а б л и ц а 2. Количество окалины на углеродистой проволоке диаметром 3,8 мм

Схема обработки	Количество окалины, кг/т		
	до МО	после	
		МО	ЭПО
Исходное состояние	0,8068	–	-
Схема 1	6,9708	1,6249	0,2924
Схема 2	5,5583	3,5559	0,2845
Требования [5]	не более 0,5		

Использование в технологической схеме электролитно-плазменной доочистки при мощности 12,25 кВт обеспечивает дополнительное удаление остаточных оксидов железа, магнетита и гематита. Количество остаточной окалины при всех технологических схемах составило менее 0,3 кг/т.

Из проволоки, подвергнутой ЭПО по режимам 1.3 и 2.2 после нанесения подсымазочного покрытия на волочильном стане магазинного типа UDZSA2500/5 при скорости волочения 3 м/с, изготавливали плющеную ленту размером 0,7×4,0 мм. Переработка проходила стабильно, качество готового изделия соответствовало требуемым нормам.

Следует отметить, что удаление окалины с поверхности высокоуглеродистой катанки и проволоки таким нетрадиционным комбинированным способом в сравнении с кислотным является экологически чистым и малозатратным процессом (дешевле в 4,5 раза).

Выводы

Показано, что в охлажденной на воздухе высокоуглеродистой проволоке основу микроструктуры до и после очистки составляет пластинчатый перлит 1–4-го балла, а при ТМО патентированием ГВП – пластинчатый перлит 1–2-го балла. Механические свойства проволоки при всех режимах обработки и очистки соответствовали требованиям ТУ У 27.3-23365425-638:2008 «Проволока стальная термически обработанная».

Установлено, что в зависимости от способа охлаждения высокоуглеродистой проволоки после отдельного нагрева на поверхности формируется окалина различного количественного и фазового составов. При охлаждении на воздухе окалина в своем составе имеет больше вюститита, а после ГВП – магнетита и гематита, при этом количество остаточной окалины на ней после механического окалиноломания в 2 раза больше. После дополнительной очистки электролитно-плазменным способом количество остаточной окалины менее 0,3 кг/т.

Разработанный комбинированный способ бескислотного удаления окалины может быть использован в технологических и термотравильных линиях по переработке углеродистой катанки и проволоки.

Литература

1. Снижение окалинообразования в печах для нагрева металла / Ю. С. Зайцев, В. А. Каштанов, А. В. Каштанов и др. // Черная металлургия. 2009. № 7. С. 66–68.
2. Освоение технологии волочения проволоки с бескислотной подготовкой поверхности / В. Л. Чинокалов, В. П. Муштей, М. П. Глушков и др. // Сталь. 1997. № 8. С. 50–51.
3. Электролитно-плазменная закалка дисковых пил / А. И. Тюрин, Ю. Н. Тюрин, А. И. Трайнов // МИТОМ. 1998. № 1. С. 9–10.
4. Бернштейн М. Л., Займовский В. А., Капуткина Л. М. Термомеханическая обработка стали. М.: Металлургия, 1983.
5. Проволока стальная термически обработанная: ТУ У 27.3-23365425-638:2008.