

Ю.И. Усенко \*, В.И. Иванов \*\*, В.П. Грицай \*\*, Т.Н. Нестеренко \*\*

### ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ОБРАБОТКА В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛКОВ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ СТАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ

*Национальная металлургическая академия Украины,  
г. Днепропетровск,  
Запорожская государственная инженерная академия,  
пр. Ленина, 226, г. Запорожье, 69006, Украина*

Состояние поверхности стальной холоднокатаной полосы для глубокой вытяжки, величина и равномерность шероховатости являются важнейшими ее качественными показателями и оказывают существенное влияние на штампуемость металла, внешний вид и прочность защитных покрытий.

При прочих равных условиях лучшими свойствами обладает металл, микрогеометрия поверхности которого характеризуется хаотично расположенными, но равномерно распределенными по ее различным участкам микровпадинами и микровыступами, имеющими заданную высоту. В свою очередь, микрогеометрия поверхности стальной полосы после холодной прокатки в значительной степени зависит от состояния микропрофиля рабочей поверхности валков прокатных станов.

Нанесение на рабочую поверхность валков микрорельефа с заданными параметрами шероховатости, как правило, осуществляют различными механическими методами с использованием гидроабразивных и свободно абразивных частиц [1, 2].

В настоящее время наряду с механическими методами обработки поверхности металла получают распространение и электрофизические методы: ультразвуковой и электроразрядный в импульсном режиме (электроискровой) [3].

Электроразрядный метод обработки следует отнести к наиболее перспективным, так как он в отличие от механических методов является инженерно управляемым и экологически чистым, а в отличие от ультразвукового метода – характеризуется высокой производительностью процесса, относительной дешевизной оборудования и простотой его обслуживания.

Сущность метода заключается в изменении шероховатости и свойств поверхностного слоя металла под воздействием импульсных электрических разрядов, которые протекают в рабочей диэлектрической жидкости, заполняющей пространство между электродом-инструментом (анодом) обрабатываемой деталью (катодом). Формирование поверхностного слоя обрабатываемого металла происходит под воздействием высоких температур ( $10^4$ – $10^5$ °С), которые развиваются в зоне действия импульсного электрического разряда. Получение такого уровня температур в канале разряда достигается с использованием генератора электрических импульсов, позволяющих создавать большую концентрацию энергии.

В Национальной металлургической академии Украины (г. Днепропетровск) совместно с сотрудниками Запорожской государственной инженерной академии выполнен комплекс исследований, направленных на изучение возможности использования электроразрядной обработки для нанесения микрорельефа с заданным уровнем шероховатости на рабочую поверхность литых валков станов холодной прокатки стальной полосы.

Эксперименты проводили на стенде, разработанном на кафедре теплотехники и экологии металлургических печей НМетАУ и позволяющем успешно моделировать рассматриваемый процесс применительно к обработке валков прокатных станов [4]. Во время исследований варьировали вели-

чину рабочего напряжения, которое подводят к электроду-инструменту (в диапазоне от 40 до 300 В), частоту следования электрических разрядов (от 50 до 450 кГц), а также скорость вращения изделий (от 30 до 300 мин<sup>-1</sup>).

В результате подачи импульсного напряжения на рабочие электроды процесс электроразрядной обработки поверхности металла периодически повторяется. Под воздействием серии высокочастотных импульсных разрядов рабочая поверхность валка покрывается явно выраженными микроуглублениями в виде множества лунок, которые по форме приближаются к шаровым сегментам и, накладываясь одна на другую, формируют матовый высокоразвитый микрорельеф, который характеризует шероховатость обрабатываемой поверхности.

В процессе электроразрядной обработки, наряду с образованием шероховатой рабочей поверхности прокатных валков, происходит значительное упрочнение ее тонкого поверхностного слоя. Это достигается путем легирования обрабатываемого материала, как продуктами испарения электродов-инструментов, так и пиролиза диэлектрической жидкости, а также в результате высокоскоростной закалки микроскопических объемов металла, располагаемых в зоне действия электрического разряда.

На основании проведенных исследований разработана и изготовлена в условиях опытного завода НМетАУ конструкция универсального многоместного станка серии СЭИ для электроразрядной обработки в импульсном режиме рабочей поверхности валков станов холодной прокатки полосового металла.

Станок содержит подвижную станину, на которой смонтированы роликовые опоры для закрепления прокатных валков, ванну с рабочей жидкостью (индустриальным маслом марки 20), двигатель привода вращения обрабатываемых валков, генератор импульсов постоянного тока и систему электродных кассет (по три кассеты на каждое обрабатываемое изделие), которые представляют собой обоймы из диэлектрического материала со свободно размещаемыми электродами-инструментами (медными пластинами). Для обеспечения безопасности технологического процесса электроразрядной обработки поверхности прокатных валков станки оборудованы защитными колпаками и зонтами вытяжной вентиляции.

Большая плотность следов разрядов (50–100 на см<sup>2</sup>) и равномерность их размещения по всей площади контакта электродов-инструментов и рабочей поверхности прокатных валков позволяют формировать на ней равномерный микрорельеф с заданными параметрами шероховатости.

Формирование импульсов тока, подводимых к электродам-инструментам станка серии СЭИ и обрабатываемой поверхности валков прокатных станов, производится при помощи генератора импульсов, изготовленного по классической RC-схеме и состоящего из двенадцати одинаковых контуров. К каждому обрабатываемому изделию (валку) подведено три контура, что позволяет повысить производительность станка. В процессе заряда накопительного конденсатора от источника постоянного тока напряжением 100–200 В, осуществляемого через токоограничительный резистор, наблюдается повышение напряжения на его обкладках, а также напряжения промежутка между электродом-инструментом и обрабатываемой поверхностью валка, подключенного параллельно конденсатору. При напряжении определенной величины энергия, запасенная в накопительном конденсаторе, выделяется в виде короткого импульса большой мощности, что вызывает появление микроуглублений на обрабатываемой поверхности. В процессе разряда конденсатора напряжение промежутка между электродом-инструментом и обрабатываемой поверхностью валка уменьшается до величины, при которой разряд не может поддерживаться. Резко увеличивается сопротивление межэлектродного промежутка, быстро уменьшается величина тока и прекращается его протекание. Восстановление диэлектрических свойств данного промежутка характеризуется зарядкой накопительного конденсатора. Далее процесс повторяется с частотой, зависящей от параметров схемы, расстояния между электродами и качества жидкого диэлектрика.

Глубину микровпадин и диаметр лунок, получаемых на станках серии СЭИ, регулируют путем изменения энергии электрического разряда. Независимо от твердости поверхности обрабатываемого металла электроразрядная обработка в импульсном режиме позволяет изменять уровень ее шероховатости в широком диапазоне (1–20 мкм Ra) и обеспечить высокое сопротивление изнашиванию поверхности рабочих валков станов холодной прокатки. Изотропность шероховатости поверхности валков, которая получена на станках данной серии, составляет 0,8–0,9.

Станки серии СЭИ просты в изготовлении, компактны, экономичны, работают в автоматическом режиме по программе от управляющей ЭВМ и не требуют вмешательства обслуживающего персонала.

Электроразрядную обработку в импульсном режиме рабочей поверхности валков станов холодной прокатки с использованием специализированных станков СЭИ-1 и СЭИ-2 впервые примени-

ли на Нижегородском металлургическом заводе. Поверхность каждого прокатного валка обрабатывали при помощи четырехканальной системы электродов-инструментов. При этом сплошность обрабатываемой поверхности достигали после десяти проходов электрода-инструмента, а возможность выбора режимов обработки рабочей поверхности прокатных валков (изменением в заданных пределах регулируемых электрических параметров исследуемого процесса) позволила получать в производственных условиях высокоразвитые изотропные поверхности с широким диапазоном шероховатости и глубины упрочнения.

Техническая характеристика станков серии СЭИ представлена в таблице.

*Техническая характеристика станков серии СЭИ*

Наименование параметра	Тип станка		
	СЭИ-1	СЭИ-2	СЭИ-3
Диаметр валов, мм	45–90	100–150	200–320
Количество одновременно обрабатываемых валов	4	4	2
Потребляемая мощность, кВт	2,0	4,0	6,0
Величина рабочего напряжения, В	0–150	50–250	50–250
Частота поступления импульсов, кГц	0–200	0–300	0–400
Скорость вращения валков, об/мин	60–240	70–100	90–100
Задаваемый интервал шероховатости, мкм	0,5–1,2	0,8–2,0	1,0–2,5
Глубина упрочнения поверхностного слоя, мкм	0,12–0,70	0,15–1,20	0,15–1,20
Производительность, валков/сутки	8–10	16–20	10–16
Габаритные размеры, м	0,6×1,2×0,9	1,1×1,7×0,8	1,2×2,2×1,0

Опытно-промышленные испытания литых валков станков холодной прокатки стальной полосы Нижегородского металлургического завода, предварительно подвергнутых электроразрядной обработке на станках СЭИ-1 и СЭИ-2, зафиксировали повышение более чем в 1,7–2,0 раза срока их службы в условиях цеха холодной прокатки стальной полосы, что является несомненным преимуществом данного метода. При этом наблюдается рост производительности прокатных станков и увеличение количества тонколистового металла, прокатанного без переделки валков с заданной микрогеометрией. Достигнута принципиальная возможность перевода станка СЭИ-2 на электроразрядную обработку в импульсном режиме рабочей поверхности валков дрессировочных станков путем реконструкции его механической части.

Кроме того, результаты экспериментов, выполненных в производственных условиях, свидетельствовали о качественном превосходстве микроповерхности готовых стальных полос, прокатанных в валках, подвергнутых электроразрядной обработке. Так, установлено, что количество микровыступов на единицу длины микропрофиля изменяется в зависимости от конечной величины параметра  $R_a$ : при  $R_a = 1,2–1,5$  мкм количество микровыступов достигает величины 180–200, при  $R_a = 2,0–3,0$  мкм – 120–150, а при  $R_a = 6,0–7,0$  мкм – 50–100. Следовательно, для любого значения параметра  $R_a$  из вышеприведенного диапазона получаемая плотность микровыступов исключает вероятность свариваемости витков в рулонах стальной полосы и ленты при отжиге в колпаковых печах. Как следствие, существенно повышается качество готовой продукции, и улучшаются условия работы на дрессировочных станах.

Как показали испытания, защитные покрытия такого полосового металла (как органического, так и неорганического происхождения) обладают высокой адгезией и однородностью, равномерностью нанесения по длине и ширине полосы, стойкостью при работе в агрессивной среде. Этому способствуют как высокое развитие поверхности полосового металла, так и ее микропрофиль, который представляет собой монотонно чередующиеся микровыступы и микровпадины одинаковой высоты и глубины.

В процессе усовершенствования конструкции станков данной серии осуществили замену РС-генератора импульсов электрического тока новым генератором, в зарядную и разрядную цепи которого ввели управляющие тиристоры, которые позволили полностью использовать энергию накопительных конденсаторов и способны создавать электрические импульсы малой мощности с большой частотой следования.

Возможность выбора режимов обработки рабочей поверхности валков станков холодной прокатки на станках серии СЭИ позволяет обеспечить минимальный расход материалов покрытий при высоком их качестве за счет получения оптимальных значений шероховатости на поверхности стальной полосы.

**Заключение.** При обработке валков станов холодной прокатки полосового металла электрическими импульсными разрядами с использованием универсальных станков серии СЭИ достигается нанесение на их рабочие поверхности матового изотропного микрорельефа с высокими качественными и эксплуатационными характеристиками.

*Поступила 02.09.04*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Малкин А.Я. Жидкостное полирование и его применение в промышленности. М., 1952.
2. Беляковский М.Е., Ширинская С.А., Фирсов П.А. Микрогеометрия валков и холоднокатаной ленты // *Металлург.* 1969. С. 31–32.
3. Лазаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. М., 1981.
4. Усенко Ю.И., Иванов В.И., Нестеренко Т.Н., Грицай В.П. Импульсная электротепловая обработка поверхности прокатных валков // *Прогрессивные технологии машиностроения и современность.* Донецк, 1997.

#### Summary

It is offered the technology of electric discharge treatment in the impuls regime of the cast rollers working surface, which, from one side, allows to create on the surface of treatment mikrorelef with the prescribed parameters of roughness, and, with other, to give the substantial consolidating for the superficial layer of metal for the workshops of steel bar cold rolling and strip of a number of metallurgical plants of NIS countries. It is developed, made and passed the successful industrial tests the universal equipment for realization of the developed technology. Possibility of the choice of treatment regimes for surface rollers in the wide range of electric parameters allows due to the receipt of rational values of roughness and compactness of microbulges on the bar surface to secure a minimum expense of coverages materials with high their quality.

---

М.И. Дворник, А.Д. Верхотуров, Т.Б. Ершова, В.И. Палажченко

## ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА НА СОСТАВ ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК8 В ВОДЕ

*Институт материаловедения Хабаровского Научного центра  
Дальневосточного отделения Российской Академии наук,  
ул. Тихоокеанская, 153, г. Хабаровск, Россия*

#### Введение

Современная промышленность широко использует твердые сплавы типа ВК, ТК [1]. Сокращение запасов кондиционного сырья и высокая стоимость вызывают необходимость поиска путей рециркуляции сплавов из отходов, образующихся в процессе производства изделий из твердых сплавов и при их эксплуатации. По расчетам специалистов при сохранении темпов развития промышленности и отсутствии новых месторождений вольфрама, его запасов хватит на 15–20 лет [2]. Поэтому уже сейчас в мире перерабатывается около 30% твердого сплава.

Основной проблемой переработки твердого сплава является его измельчение. Одним из перспективных методов получения порошка из компактных отходов является метод электроэрозионного диспергирования, впервые предложенный Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко в 1943 году [3]. Работы по диспергированию различных материалов продолжены в 70–90 годы XX века в Институте неорганической и физической химии АН Киргизской ССР и в НПО «Тулачермет» [4, 5]. Возрастает интерес к

---

© Дворник М.И., Верхотуров А.Д., Ершова Т.Б., Палажченко В.И., *Электронная обработка материалов*, 2005, № 2, С. 14–19.