

Несмотря на то, что нержавеющими сталями традиционно считают стали с содержанием хрома более 12%, современная зарубежная металлургия активно ведет работу над созданием нержавеющих материалов с более низким содержанием хрома (до 5%) при сохранении коррозионной стойкости на уровне сталей с 15-17% Cr. Это весьма актуально, поскольку одной из основных причин разрушения стальных нержавеющих конструкций часто является электрохимическая коррозия, обусловленная неоднородностью зон сварных швов и основного металла.

В настоящее время развитие методов плазменной технологии высоких энергий дает дополнительные возможности, получение покрытий тонких пленок, широко применяемых в настоящее время в различных областях техники, в том числе и в ремонтно-обслуживающем производстве.

Процесс нанесения покрытия на поверхность режущего инструмента определяется как свойствами материала покрытия и инструмента, так и спецификой протекания процессов формирования покрытия. Исходя из выше сказанного, все методы нанесения покрытий можно разделить на две группы.

В первую группу входят методы химического осаждения покрытий из парогазовой фазы (ХОП), которые не применимы для упрочнения стальных рабочих элементов вследствие высокой химической агрессивности и экологической опасности используемых компонентов процесса.

Вторая группа наиболее перспективна – это методы физического осаждения покрытий (ФОП).

К этим методам относятся: метод получения тонких пленок распылением материалов ионной бомбардировкой (РИБ) и метод генерации потока осаждаемого вещества термическим испарением (МТИ).

Нанесение износостойких покрытий на режущие элементы является комплексной задачей.

Покрытие в конечном счете должно быть безвредным для человека при попадании в перерабатываемый продукт, быть твердым и износостойким. Следовательно, оно должно обладать высокими механическими свойствами и прочностью сцепления с основой. Любое покрытие должно обладать максимальной инертностью к биологически активным средам, поэтому необходимо учитывать тип химической связи материала покрытия.

Таблица 2 – Твердость некоторых карбидных покрытий, полученных различными способами физического осаждения.

Материал покрытия	Метод нанесения	Микротвердость, кгс/мм <sup>2</sup>
TiC	РИБ	2500-3000
	МТИ	2400
Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	МТИ	2200
	РИБ	1900-2200

Таблица 3 – Твердость некоторых нитридных покрытий, полученных методами физического осаждения.

Соединение	Метод нанесения	Микротвердость, кгс/мм <sup>2</sup>
TiN	МТИ	1900-2800
	РИБ	1400-4000
CrN	МТИ	1900-2400
	РИБ	3500

Необходимо отметить то, что применение многослойных икомпозиционных покрытий значительно увеличивает возможность оптимизации их свойств по сравнению с основой и обрабатываемым материалом.

Рациональным и обоснованным методом упрочнения рабочих элементов является метод распылением материалов с ионной бомбардировкой (РИБ) и напыление композиционных многослойных покрытий, содержащих адгезионные слои TiC, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> и наружный слой TiN, являющийся биологически индифферентным по отношению к биологическим средам перерабатываемой продукта.

#### Список использованной литературы

1. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве: монография / В.А. Лойко (и др.). - Мн.: БГАТУ, 2007. - 187 с.
2. Мацевитый В.М., Борушко М.С., Береснев В.М., Романова Л.М., Удовенко Е.С. Структура и механические свойства вакуумно-плазменных покрытий TiCN // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – №3 - 1984.

УДК 621.373.826:621.762

### ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ВОЗДУШНОЙ ИМПУЛЬСНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ

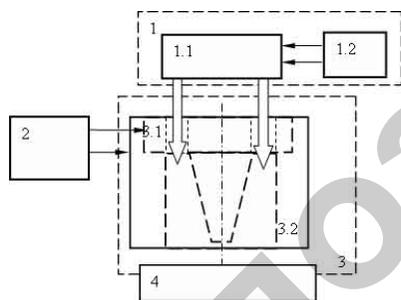
М.А. Хабиб – студентка 5 курса БГАТУ

Научный руководитель – ст. преподаватель П.Н. Василевский

Появление в конструкционных среднеуглеродистых сталях закалочных структур, приводит к повышению их твердости, прочности и износостойкости с одновременным уменьшением пластичности. Учитывая, что для деталей машин, формирующих узлы трения или сопряжения, которые в процессе эксплуатации испытывают пульсирующие переменные нагрузки, требуются материалы, поверхностный слой которых обладает повышен-

ными прочностными и износостойкими свойствами, а приповерхностный – имеет пластичность на уровне конструкционных низкоуглеродистых сталей [4], поэтому развитие перспективных технологий термической обработки, вызывающей поверхностную модификацию конструкционных среднеуглеродистых сталей, является перспективным направлением для металлургии и сварочного производства. Эта задача может решаться путем развития технологий импульсно-плазменной обработки, в которых в качестве плазмообразующего вещества используется воздух [5, 6]. Для этого необходимо изучить характер возникающей в этих условиях модификации поверхностного слоя конструкционной среднеуглеродистой стали, что и является целью этой работы.

Использование воздуха в качестве плазмообразующего газа позволяет в конструкции импульсно-плазменной установки (ИПУ) применять такие функциональные элементы (рис. 1), как источник постоянно действующей воздушной плазмы, ускорительную камеру и высоковольтный блок питания и управления (ВБПУ). При этом ВБПУ [8] может содержать такие конструктивные элементы, как электронный модуль управления, обеспечивающий задание количества импульсов, амплитуды их напряжения и частоты следования, а также емкостной накопитель энергии высоковольтных разрядов и ионитронный разрядник. Для ускорения воздушно-плазменных потоков ускорительная камера ИПУ может включать в себя [6,7] ионизатор, совмещенный с выходом источника постоянно действующей плазмы и соединенный с выходом ВБПУ коаксиальный ускоритель, конструкция которого обеспечивает создание импульсного электромагнитного поля с азимутальной магнитной составляющей. Приведенная на рис.1 функциональная схема ИПУ, позволяет этой установке задать следующий алгоритм ее работы.



1 – источник постоянно действующей воздушной плазмы: 1.1 – плазматрон; 1.2 – устройство подачи плазмообразующего газа и электрического тока; 2 – ВБПУ; 3 – ускорительная камера: 3.1 – ионизатор; 3.2 – ускоритель; 4 – обрабатываемая поверхность

Рисунок 1 – Функциональная схема опытного образца ИПУ

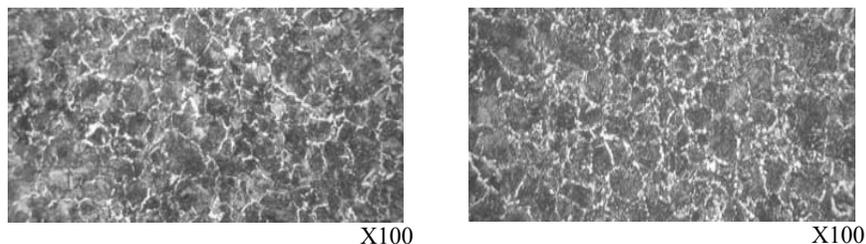
С помощью плазматрона 1.1 (рис. 1) в рабочую зону ионизатора 3.1 постоянно подается воздушная плазма. При подаче с выхода ВБПУ высоковольтного импульсного напряжения на ускоритель 3.2, в нем возникают высоковольтные разряды, протекающие в воздушной плазме. Благодаря специальной конструкции ускорителя 3.2 плазма разогревается и ускоряется, обеспечивая воздействие на обрабатываемую поверхность 4 импульсных плазменных потоков. С учетом приведенной на рис. 1 функциональной схемы, была разработана [4,5] и изготовлена опытная установка ИПУ с рабочими характеристиками, приведенными в таблице.

Таблица – Рабочие характеристики опытного образца ИПУ

Характеристики	Единицы измерения	Значения
Давление плазмообразующего газа на выходе источника постоянно действующей воздушной плазмы	бар	2
Амплитуда напряжения импульсного тока на выходе ВБПУ	кВ	1 – 3
Емкость накопителя энергии высоковольтных зарядов	мкФ	240 – 960
Регулируемый диапазон частоты импульсного тока высоковольтных зарядов	Гц	0,1 – 10
Длительность высоковольтных разрядов	мс	0,5 – 1,5
Выходной диаметр ускорительной камеры	см	3
Температура воздушно-плазменных потоков на выходе ускорительной камеры	10 <sup>3</sup> К	до 10–12
Давление воздушно-плазменных потоков на выходе ускорительной камеры	бар	до 60
Скорость воздушно-плазменных потоков на выходе ускорительной камеры	км/с	до 1–4
Уровень шума	дБА	не более 110
Потребляемая мощность ИПУ от сети переменного тока частотой 50 Гц	кВт	до 25

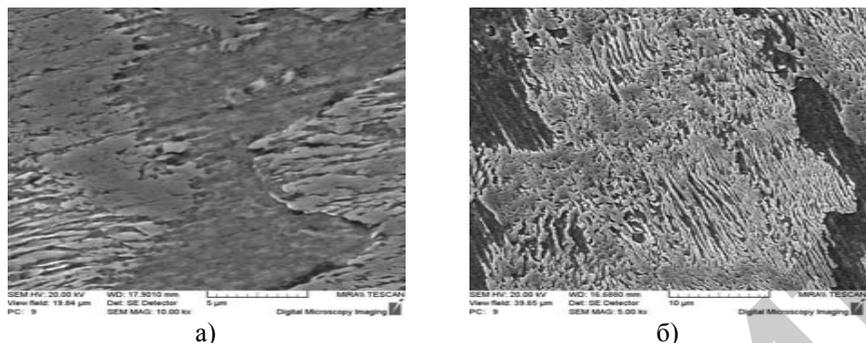
При проведении исследований использовались стальные образцы с полированной поверхностью. В качестве модельного материала, из которого изготавливались образцы, была выбрана сталь 45 (ГОСТ 1050-88). Обработка импульсными потоками воздушной плазмы осуществлялась в течение четырех секунд с частотой 2 Гц.

Структура поверхностного слоя исследуемой стали изучалась на световом микроскопе типа МИМ-7 и на электронном сканирующем микроскопе типа «CAMSCAN». Результаты металлографических исследований, полученные с использованием методики микроскопического исследования металлов и сплавов [9], представлены на рис. 2 и 3.



а) — исходная структура; б) — структура после импульсной обработки потоками воздушной плазмы

Рисунок 2 – Структура стали 45 в световом микроскопе



а) — исходная структура; б) — структура после импульсной обработки потоками воздушной плазмы

Рисунок 3 – Структура стали 45 в электронном сканирующем микроскопе

Измерение с помощью микротвердомера типа МПТ-3 микротвердости поверхностного слоя на глубину до 1000 мкм показало, что у исходных образцов этот показатель по мере удаления от поверхности в среднем монотонно уменьшался от 2,0 ГПа до 1,7 ГПа. После обработки импульсными потоками воздушной плазмы характер распределения микротвердости практически не изменился и отличался от исходных лишь тем, что микротвердость вблизи поверхности увеличилась в два с половиной – три раза (5,5 ГПа – 6,0 ГПа), в то время, как на глубине 1000 мкм он остался практически неизменным (1,8 ГПа).

На основе анализа полученных результатов металлографических исследований можно сделать следующие выводы.

1. На определенных режимах импульсной обработки потоками воздушной плазмы конструкционных среднелегированных сталей в тонких поверхностных слоях из-за быстропротекающих высокотемпературных процессов могут возникать мартенситные превращения, увеличивающие микротвердость поверхности в два с половиной – три раза, что способствует повышению ее прочностных и износостойких свойств.

2. На этих режимах обработки структура приповерхностных слоев конструкционных среднелегированных сталей остается практически неизменной, что обеспечивает им пластичность на уровне конструкционных низкоуглеродистых сталей.

#### Список использованной литературы

1. Шепеляковский, К. З. Упрочнение деталей машин поверхностной закалкой при индукционном нагреве. М.: Машиностроение – 1972. – 288 с.
2. Гуляев, А.П. Металловедение: учебник для вузов. 6-ое изд. перераб. и доп. [Текст] – М: Металлургия – 1986. – 544 с.

УДК 621.902

### ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ НОЖЕЙ РОТОРНЫХ КОСИЛОК

*И.В. Кудревич – студент 5 курса БГАТУ*

*Научный руководитель – ст. преподаватель П.Н. Василевский*

Повышение мощности зерно- и кормоуборочной техники, скоростных и силовых режимов ее работы сопровождается значительным возрастанием нагрузок на рабочие механизмы, в частности, на режущие элементы. Кроме высоких динамических, знакопеременных и ударных нагрузок ножи кормоуборочных техники подвергаются абразивным, эрозионным и агрессивным коррозионным воздействиям. В процессе эксплуатации кромка лезвийной части теряет режущие свойства, кроме этого, преимущественно на передней поверхности ножей образуются сколы, микротрещины, зазубрины, каверны, что приводит к снижению ресурса работы и производительности. Потери времени на различные ремонтные работы сопровождаются увеличением стоимости скоса 1 га кормов или травы, что в свою очередь дает дополнительную нагрузку на финансовую сторону кормозаготовки.

В настоящее время ножи роторных косилок изготавливают из стали 65Г с последующей термической обработкой на троостит, обеспечиваю-