

В результате выполненных исследований установлена зависимость содержания включений металла в покрытии от времени конденсации, тока дуги и давления парогазовой смеси и показана возможность снижения путем оптимизации указанных выше параметров.

#### Список использованной литературы

1. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве: монография / В.А. Лойко (и др.). – Мн.: БГАТУ, 2007. – 187 с.
2. Аксенов И.И., Андреев А.А., Брень В.Г. и др. Покрытия, полученные конденсацией плазменных потоков в вакууме (способ конденсации с ионной бомбардировкой) // Украинский физический журнал. - 1979. - Т.24, № 4. - С. 515-525.
3. Кесаев, И. Г. Катодные процессы электрической дуги / И. Г Кесаев. – Москва : Наука, 1988. - 297 с.

УДК 621.762

### АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*И.А Соловей – аспирант БГАТУ,  
Е.В. Неделько – магистрант БГАТУ  
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Лойко*

Из условий функционирования оборудования мясоперерабатывающих производств и опыта эксплуатации оборудования следует, что практически все отказы и неисправности связаны выходом из строя рабочих органов вследствие износа или недостаточно высоких физико-механических свойств рабочих элементов, что приводит к простоем оборудования и дополнительным затратам на его ремонт.

Основными рабочими элементами оборудования мясоперерабатывающих производств являются: ножи куттерные, решетки и ножи к волчкам, шнеки и т.д.

Машины применяемые в мясоперерабатывающем производстве предназначены для измельчения сырья на частицы правильной формы определенных размеров для соблюдения одинаковых режимов при дальнейшей обработке и дозировке. Качественная резка зависит от конструктивных особенностей машины, режима ее эксплуатации, от вида и состояния сырья режущего инструмента. Резка сырья осуществляется стальными ножами различной формы (пластинчатыми, дисковыми, треугольными, трубчатыми, серповидными, винтовыми и т.д.).

Ножи могут изготавливаться методом штамповки из листа металла или выгачиванием из заготовки. Срок службы ножа напрямую зависит от правильного подбора стали, из которой он изготавливается, термообработки, а также способов упрочнения режущей кромки. Эти изделия изготавливают, как правило, из углеродистой стали.

Выбор материала для производства куттерных ножей зависит от условий резания, формы заточки, сорта разрабатываемого в процессе резания сырья. В настоящее время в промышленности применяют куттерные ножи, изготовленные из специальной легированной нержавеющей стали. Но большая часть ножей для промышленных мясорубок, куттеров на мясоперерабатывающих предприятиях изготавливается из низколегированных углеродистых сталей 65Г или 60С2.

Кроме того применяются следующие стали: быстрорежущая – Р6М5 (HSS), инструментальная штамповая Х12МФ (SKD-11), конструкционная подшипниковая ШХ15 (SUJ2), инструментальная углеродистая У10А (SK5), нержавеющая 40Х13 (SUS420), инструментальная легированная - 9ХС, инструментальная штамповая 6ХС. Химический состав сталей приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав сталей, применяемых для изготовления рабочих элементов.

Импор-тные	Отечест-венные	С	Si	Mn	Cr	P	Ni	V	Cu
HSS	Р6М5	0,82-0,9	до 0,5	до 0,5	3,8-4,4	до 0,03	до 0,4	1,7-2,1	-
SKD-11	Х12МФ	1,45-1,65	0,1-0,4	0,15-0,45	11-12,5	до 0,03	до 0,35	0,15-0,3	до 0,3
SUJ2	ШХ15	0,82	до 0,5	до 0,5	3,8-4,4	до 0,03	до 0,4	1,7-2,1	до 0,25
SK5	У10А	0,96	0,17-0,3	0,17-0,28	до 0,2	до 0,025	до 0,2	-	до 0,2
SUS420	40Х13	0,35-0,44	до 0,8	до 0,8	12-14	до 0,03	до 0,6	-	до 0,3
9CrSi	9ХС	0,85-0,95	1,2-1,6	0,3-0,6	0,95-1,25	до 0,03	до 0,35	до 0,15	до 0,3
6CrSi	6ХС	0,6-0,7	0,6-1	0,15-0,4	1-1,3	до 0,03	до 0,35	до 0,15	до 0,3

Несмотря на то, что нержавеющей стали традиционно считают стали с содержанием хрома более 12%, современная зарубежная металлургия активно ведет работу над созданием нержавеющей 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 нержавеющей 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-