

Рис. 2 – Эскизы матрицы (а) и пуансона (б) закалочного устройства дисков и их сечение (в)

#### Список использованной литературы

1. Волокушин В.Д. Металловедение и термическая обработка. Уч.-справ. пособие. Винница: Книга-Вега. 2005. - 504 с.
2. Хроника. Второй Всероссийский семинар по проблемам закалочного охлаждения // М и ТОМ. 1997. № 10. С.37-38.
3. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н.Шило [и др.]. - Минск: БГАТУ, 2010. - 320 с.

УДК 621.793.031

### ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛА ПРИ УПРОЧНЕНИИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

*Е.В. Неделько – магистрант БГАТУ,*

*И.А Соловей – аспирант БГАТУ*

*Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Лойко*

Прецизионные пары сельхозтехники являются особым классом соединений, техническое исполнение которых требует особо точного технологического оборудования, оснастки, контрольного и мерительного инструмента. Детали прецизионных пар обычно изготавливают с точностью не ниже 7-го квалитета точности и шероховатостью поверхности не выше  $R_a = 0,63$  мкм.

Улучшение структуры и свойств поверхностного слоя деталей можно получить путем нанесения на поверхности защитно-упрочняющих покрытий. Выбор материала и метода нанесения покрытия зависит, в основном от способности изделия противостоять воздействиям среды, в которой ему предстоит работать.

В качестве материала подложки (образцов) использовали сталь 18Х2Н4ВА. Покрытия химических соединений типа карбид титана  $TiC$ , карбонитрид титана  $TiN+TiC$ , нитрид титана с нитридом хрома  $TiN+CrN$  [1] наносились на установке ННВ-6,6-И1.

Свойства, структура и качество покрытий деталей зависят от технологических параметров процессов химического осаждения покрытий, среди которых основными являются температура, время осаждения, состав и концентрация реагентов парогазовой среды, ее давление и скорость подачи [2].

От указанных параметров зависят структура, фазовый состав, дефектность покрытия, прочность его сцепления с инструментальной основой, а, следовательно, и основные свойства покрытий. Прочность сцепления, кроме того, сильно зависит от кристаллохимического подобия материалов осаждаемого покрытия и инструментальной основы.

Серьезной проблемой данной технологии упрочнения прецизионных деталей является загрязнение поверхности твердыми или расплавленными частицами, снижающими триботехнические характеристики поверхности [1, 2].

Анализ проведенных исследований подтверждает, что при нанесении покрытий методом конденсации с ионной бомбардировкой, наряду с ионами различной зарядности в катодных струях пара могут присутствовать и макрочастицы, (капли, макроблоки) материала катода.

Формирование капельных частиц связано с катодными процессами вакуумной дуги испарителя и теплофизическими характеристиками металла основы покрытия. Установлено, что при перемещении катодных пятен по локально расплавленной поверхности под ними поверхности катода под воздействием создаваемого ими давления, образуются и выбрасываются по нормали к поверхности микро- и макро капельные частицы, количество которых связано с величиной подводимой энергии, т.е. током дуги.

Минимальный ток, проходящий через катодное пятно, при котором возможно горение дуги [3], связан с теплофизическими константами материала катода соотношением:

$$I_K = 2,5 \cdot 10^4 \cdot T_K \cdot \sqrt{\lambda_T}, \quad (1)$$

где  $T_K$  – температура кипения металла катода;  
 $\lambda_T$  – коэффициент теплопроводности.

Если ток больше, образуется несколько катодных пятен и тепловая нагрузка на поверхность катода возрастает, следовательно, увеличивается глубина проплавления поверхности катода и образование капель.

Исходя из сказанного выше, целесообразно использовать в качестве исходного металла покрытия тугоплавкие материалы, максимально улучшить теплоотвод от поверхности катода и отработать технология с целью минимизации содержания и размеров частиц металла. Одним из путей снижения концентрации капельной фазы является улучшение теплоотвода от рабочей поверхности катода.

Размеры и количество структурных дефектов поверхности, связанных с осаждением частиц металла, зависят от времени осаждения покрытия, ускоряющего напряжения и давления реакционного газа.

С увеличением времени конденсации содержание металлических включений в покрытии экспоненциально растет, причем более интенсивно при больших токах дуги (рис.1), что объясняется увеличением экспозиции бомбардировки подложки капельным компонентом плазменного потока.

Повышение тока дуги приводит к существенному росту содержания включений металла как в нитридтитановом, так и в карбонитридтитановом покрытии (рис. 2), одновременно увеличивается доля более крупных включений.

С увеличением давления реакционной парогазовой смеси содержание включений экстенсивно уменьшается в диапазоне  $10^{-3} - 10^{-2}$  Па в связи с созданием противодавления на расплавленную зону под катодным пятном, затем в диапазоне  $10^{-2} - 10^{-1}$  Па интенсивно падает в связи с образованием тонкой пленки карбонитридов на рабочей поверхности катода и последующим ее ростом, повышение ее дугостойкости, скорости перемещения катодных пятен, их количества [1].

Увеличение давления реакционного газа в вакуумной камере в процессе нанесения покрытий в целом способствует улучшению качества покрытий. Цвет покрытия становится более однородным, исчезает серый оттенок. Одновременно снижается количество и размеры включений (капель титана) на поверхности.

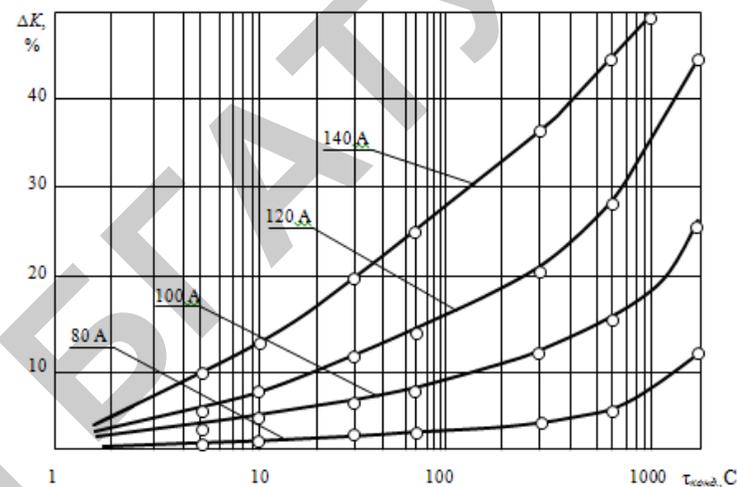


Рис. 1 – Зависимость содержания включений титана от тока дуги и времени конденсации карбонитридтитанового покрытия.

Это объясняется увеличением размеров расплавленной зоны в районе катодного пятна вследствие повышения плотности энергии в них при неизменной интенсивности теплоотвода.

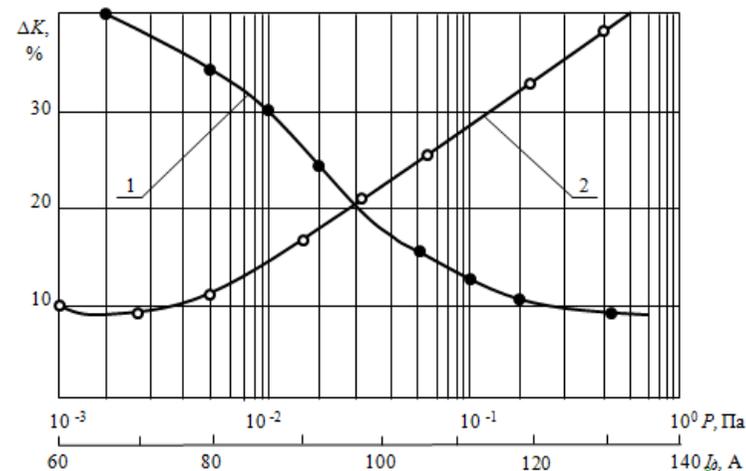


Рис. 2 – Зависимость содержания включений титана в карбонитрид-титановом покрытии от давления реакционной парогазовой смеси 1 и тока дуги 2

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