

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА
KAZAKH NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER K. SATPAEV**

**«Техникалық ғылым және білім берудің бәсекеге қабілеттілігі»
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ**

ЕҢБЕКТЕРІ

I Том

ТРУДЫ

**МЕЖДУНАРОДНЫХ САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ
«Конкурентоспособность технической науки и образования»**

Том I

PROCEEDINGS

**INTERNATIONAL SATPAYEV'S READINGS
"Competitiveness of technical science and education"**

I volume

Алматы 2016 Almaty

УДК 330 (063)
ББК 65
Ж 18

Главный редактор: Бейсембетов И.К., ректор КазННТУ им. К.И. Сатпаева

Редакционная коллегия

Орунханов М.К., Жунусова Г.Ж., Кумекоев С.Е., Абдыкаппарова С.Б., Дюсембаев И.Н.,
Ахметов Б.С., Байгунчекоев Ж.Ж., Абишева З.С., Бесимбаев Е.Т.

Халықаралық Сәтбаев оқуларының еңбектері – Алматы, ҚазҰТУ 2016 ж. I Том = Труды
Международных Сатпаевских чтений – Алматы: КазННТУ 2016, Том I, 909 с. = Proceedings
International satpayev's readings, 2016 Almaty, I volume

ISBN 978-601-228-807-0

*В книгу включены доклады представленные на Международные Сатпаевские чтения
«Конкурентоспособность технической науки и образования». Доклады соответствуют
научным направлениям Республики Казахстан:*

Инновации в энергосбережении, традиционной и альтернативной энергетике

Инновации в машиностроении, транспорте и технике

*Инновации для восполнения водных, минеральных и углеводородных ресурсов в
геологоразведочной и углеводородной отраслях*

*Инновации для освоения и переработки углеводородного, минерального и техногенного сырья
с получением новых материалов в нефтегазовом, горно-металлургическом и топливно-
энергетическом комплексе*

*Труды данной конференции могут быть полезны преподавателям высших учебных заведений,
докторантам, магистрантам, студентам, работникам науки и производства.*

ISBN 978-601-228-807-0

© Казахский национальный технический
университет имени К.И. Сатпаева, 2016

ИННОВАЦИИ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ, ТРАДИЦИОННОЙ И АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ



ЖОК 621.31 (075. 8)

Абдуллаев Б.М., Адамбаев М.Д.

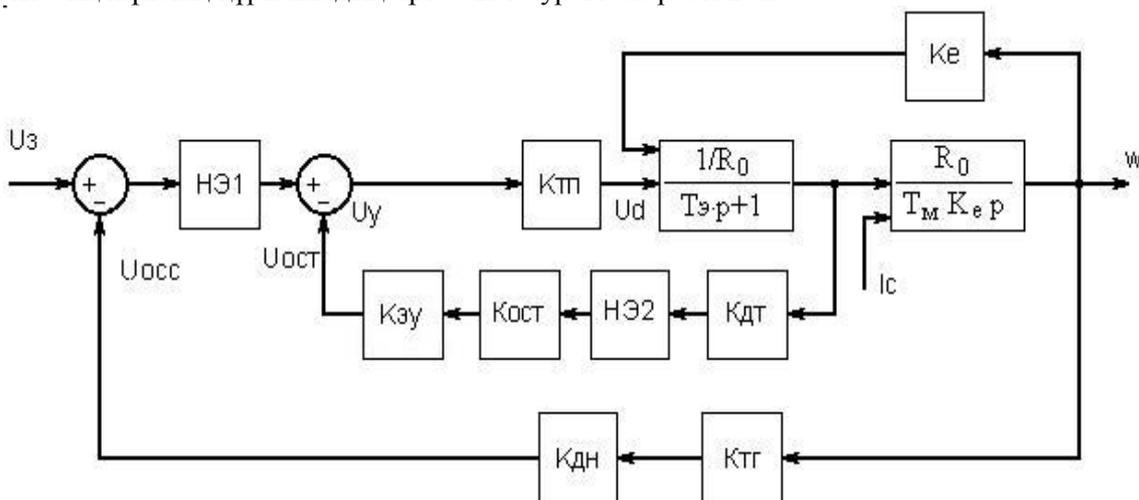
Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті
Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, adambaev_m@mail.ru

ОРТАҚ СУММАТОРЛЫ СҰЛБА БОЙЫНША ЖАБЫҚ ЖҮЙЕГЕ ЗЕРТТЕУ ЖҮРГІЗУ

Түйіндеме: Ортақ сумматорлы сұлба бойынша басқару электр жетегінің жабық жүйеге зерттеу жүргізілді. Форсировканы шектеуді есептеу және қаралып отырған электр жетегі жүйесінде ток кесердің статикалық есептелуі жүргізілген.

Түйін сөздер: құрылымдық сұлба, кері байланыс, жылдамдық датчигі, форсировка, ток кесер, электронды күшейткіш.

Жабық жүйенің құрылымдық сұлбасы 1-суретте көрсетілген



1-сурет. Жабық жүйенің құрылымдық сұлбасы

Электр жетегіндегі жылдамдықты тұрақтандыру жүйесі үшін қатаң кері байланыс параметрлерін жылдамдық бойынша анықтаймыз. Мұндағы жиілік түрлендіргіш асинхронды қозғалтқыш, диапазон $D = 7$ кезінде қателікті реттеуді қамтамасыз ету 3% [1].

Жылдамдық датчигі ретінде СТ – 22 типіндегі тұрақты ток тахогенераторы қолданылады, оның параметрлері:

Номиналды кернеу 230В; якордың номиналды тоғы 0,2А ; номиналды жылдамдық 1000 айн/мин; қоздыру тоғы 0,35 А; - $R_{я}=42,3$ Ом; $R_{ос}=127$ Ом.

Тахогенератор төмендегі шарт бойынша таңдалды:

$$\omega_{нтг} \geq \omega_{нде} \quad (1)$$

Тахогенератордың күшейту коэффициенті:

$$K_{мс} = \frac{U_{ТГ}}{\omega_{ТГ}} = \frac{230}{105} = 2,19 \text{ Вс/рад}; \quad (2)$$

Жабық жүйе қажет ететін күшейту коэффициенті:

Сейткулов А.Р., Карабашев О.Э.

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева,
Республика Казахстан, г.Алматы
a.seitkulov@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АЗОТИРОВАННОГО СЛОЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Аннотация. Рассмотрены методы упрочнения сложнопрофильных дорогостоящих режущих инструментов. Предложен метод комбинированной обработки за один технологический цикл с использованием двухступенчатого вакуумно-дугового разряда. Установлены оптимальные параметры формирования азотированного слоя.

Ключевые слова. Комбинированная обработка, ионное азотирование, покрытие, вакуумная плазма, инструментальный материал.

Применение быстрорежущих сталей, как основного инструментального материала для изготовления протяжного инструмента и червячных фрез, обладающих сложно-профильной задней поверхностью, требует создание технологии упрочняющей обработки, обеспечивающую высокую работоспособность при резании и возможность восстановления режущих способностей после проведения переточки режущего инструмента.

Наиболее универсальным способом упрочнения режущего инструмента является конденсация вещества из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки (КИБ). Он позволяет формировать износостойкие покрытия на инструмент из быстрорежущей стали при температурах 450 - 520 °С [1,4,5].

Процесс нанесения покрытий способом КИБ основан на генерации вещества катодным пятном вакуумной дуги. Подача в вакуумное пространство реагирующих газов в условиях ионной бомбардировки приводит к конденсации покрытия на рабочих поверхностях режущего инструмента благодаря протеканию плазмохимических реакций.

Однако в условиях низких скоростей резания жаропрочных никелевых сплавов (1...3 м/мин), малых величин подъема на зуб (0,05...0,015 мм), а также условий нестационарного резания эффективность инструмента с покрытием была нестабильной [3,4,5]. Поэтому для дальнейшего повышения работоспособности инструмента с покрытиями было предложено применить метод комбинированной обработки, заключающиеся в формировании на поверхности инструмента перед нанесением покрытий переходного износостойкого слоя. Данный слой может быть получен с помощью ионного азотирования. Целью создания такого слоя является уменьшение градиента по твердости между инструментальным материалом и износостойким покрытием.

Несмотря на положительные результаты при использовании износостойких покрытий, приходится констатировать, что на сегодняшний день практически отсутствуют данные об оптимальной структуре, микротвердости, а также толщине, которыми должен обладать азотированный слой, формируемый перед нанесением износостойкого покрытия на протяжной инструмент.

Комбинированная обработка поверхности включает в себя последовательное применение двух установившихся поверхностных технологий для получения слоистого композита с комбинацией свойств, которые невозможно получить ни одной из этих технологий по отдельности. Комбинированную обработку протяжек, включающую азотирование с последующим нанесением износостойкого покрытия реализуют в едином технологическом процессе с использованием двухступенчатого вакуумно-дугового разряда (ДВДР). Вакуумная плазма ДВДР может быть использована для целого ряда плазменных процессов: ионная очистка поверхности, вакуумный прогрев, азотирование и т.д. [1,5].

Для определения оптимальных параметров процесса были проведены исследования характеристик газового разряда. Исследования проводили на установке, в которой двухступенчатый вакуумно-дуговой разряд реализуется на базе трёх дуговых испарителей, трёх дополнительных анодов и перемещаемой заслонки с пневмоприводом, входящих в состав установки. При реализации ДВДР заслонка закрывает ряд из трех вертикально расположенных испарителей (рис.1). Заслонка выполнена таким образом, что при возникновении дугового разряда ионы, атомы и микрокапли металла не проникают в рабочий объём камеры, а проникают только электроны. Электроны, перемещаясь к дополнительному аноду находящемуся напротив закрытых испарителей под действием электрического поля, ионизируют газ в рабочем пространстве камеры. При подключении

источника напряжения смещения к изделию, ионы газа ускоряются за счёт разности потенциалов между корпусом камеры и изделиями. Задавая напряжение смещения в различных диапазонах (50-1250 В) можно соответственно регулировать энергию ионов газа, которыми идёт обработка поверхности изделий. Интенсивность воздействия на поверхность газовой плазмы характеризуется величиной ионного тока.

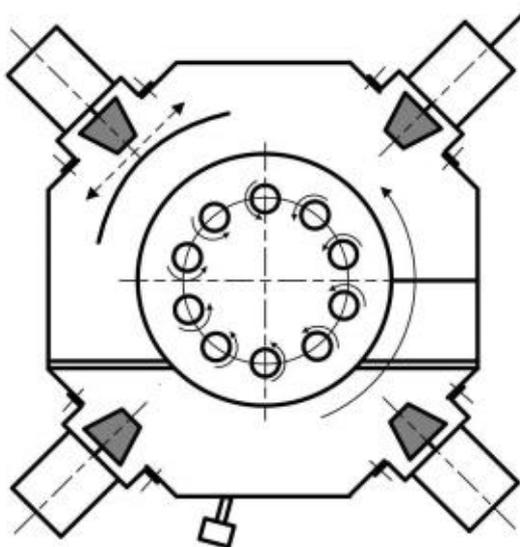


Рисунок 1- Внутрикамерное устройство установки

Исследование влияния параметров процесса ДВДР на величину ионного тока проводили с помощью зонда Ленгмюра при расположении его в различных зонах рабочего пространства установки: зона вблизи катода, зона вблизи дополнительного анода, зона в центре. Результаты экспериментов по влиянию давления рабочего газа на значения ионного тока представлены на рис.2. Как видно из рисунка, определяются две области изменения значений ионного тока с давлением. Первая область – давление рабочего газа в пределах от 0,015 Па до 0,1 Па. В этой области наблюдается пиковое изменение значений ионного тока, достигающего своей максимальной величины при давлении 0,03-0,04Па. Эта область характеризуется нестабильным горением газового разряда, что приводит к возможности возникновения микродуг и локальному перегреву режущих кромок инструмента, приводящему к их отпуску. Вторая область характеризуется стабильным горением газового разряда в пределах 0,1 – 0,5 Па и практически постоянными значениями ионного тока. При увеличении давления рабочего газа больше 0,5 Па наступает область существования тлеющего газового разряда, обработка в котором менее предпочтительна с точки зрения получения азотированного слоя с заданными свойствами.

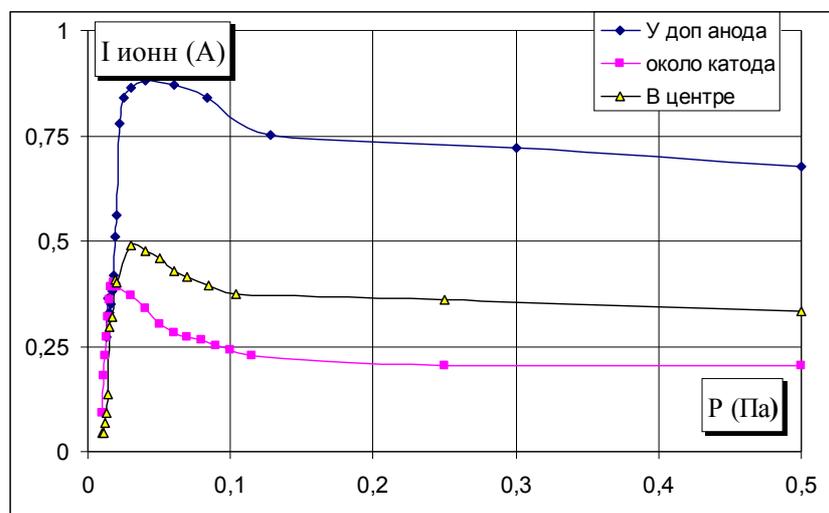


Рисунок 2- Влияние давления рабочего газа на значения ионного тока

Влияние напряжения смещения на интенсивность ионной обработки представлено на рис.3. Как видно из графика зависимость носит линейный характер, с увеличением напряжения прямо пропорционально увеличиваются значения ионного тока и, как следствие, интенсивность обработки.

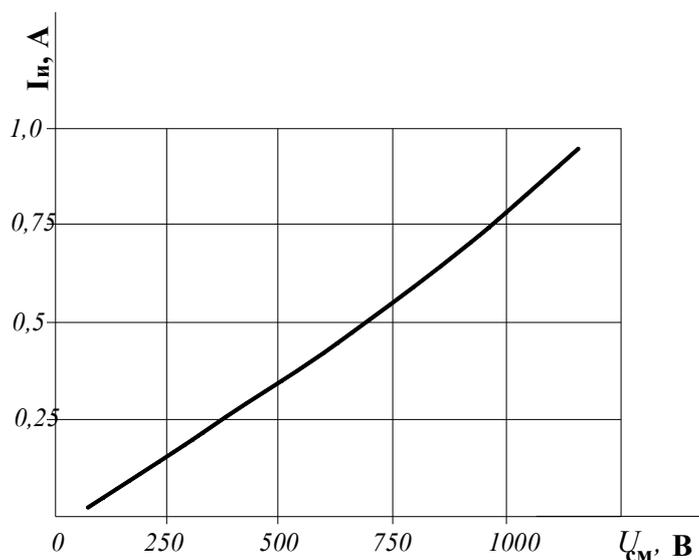


Рисунок 3 - Влияние напряжения смещения на интенсивность ионной обработки

Аналогичный характер носит зависимость ионного тока от величины тока дополнительного анода (рис.4). Увеличение значения тока на дополнительном аноде приводит к увеличению значений ионного тока.

Таким образом, интенсивность обработки в газовой плазме наиболее эффективно может регулироваться изменением величины напряжения смещения и значением соотношения токов катода и дополнительного анода.

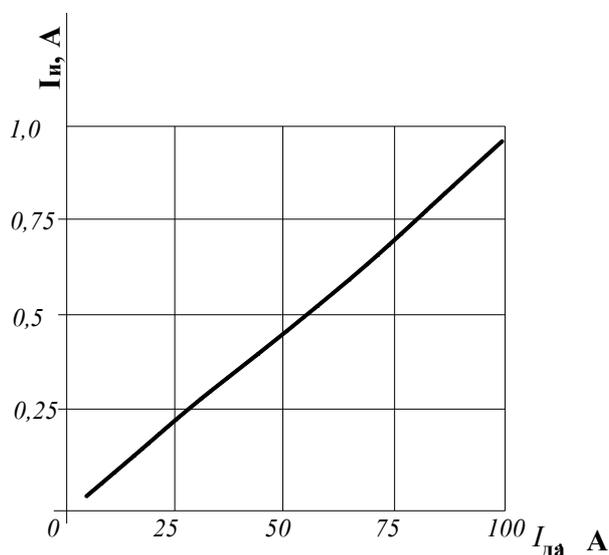


Рисунок 4 - Влияние тока дополнительного анода на интенсивность ионной обработки

Формирующееся при азотировании диффузионное покрытие, состоящее из поверхностной нитридной зоны и зоны внутреннего азотирования, обеспечивает широкий диапазон физико-механических характеристик азотированного инструмента.

Конкретные условия эксплуатации инструмента требуют создания под покрытием азотированного слоя определенной толщины и микротвердости с развитием тех или иных структурных составляющих, которые в конечном итоге и определяют работоспособность инструмента в процессе резания.

Свойства формирующегося в условиях вакуумно-дугового разряда азотированного слоя определяются целым рядом технологических факторов. Управляя ими, можно регулировать структуру, толщину и микротвердость слоя, которые определяют комплекс необходимых свойств инструмента с учетом конкретных условий его эксплуатации.

Все технологические факторы процесса находятся между собой в сложной зависимости. Поэтому, применяемые в настоящее время технологические процессы ионного азотирования основаны на эмпирических данных и экспериментальном подборе оптимальных режимов диффузионного насыщения.

При азотировании сталей за счёт диффузионных процессов формируется сложная структура поверхностных слоёв, которая может состоять из нитридной зоны и диффузионной зоны - твёрдого раствора азота в железе. Нитридный слой обычно содержит γ' - и ϵ -фазы. Как известно, γ' -фаза – это нитрид Fe_4N с гранцентрированной кубической решеткой и относительно узкой областью гомогенности; ϵ -фаза – нитрид $Fe_{2-3}N$ с гексагональной решеткой и более широкой областью гомогенности. Нитридный слой более твёрдый и хрупкий, чем твёрдорастворный диффузионный. Слой, состоящий из высокоазотистой ϵ -фазы обладает большей твёрдостью и хрупкостью, чем слой из γ' -фазы [2,4,5].

До настоящего времени все этапы вакуумно-плазменной обработки, как правило, проводились в атмосфере чистого азота. При ионном азотировании в атмосфере чистого азота на поверхности образуется хрупкая нитридная зона с повышенным содержанием азота, которая ведет к выкрашиванию режущих кромок, не позволяет обеспечить достаточную адгезионную связь между покрытием и инструментальной матрицей и тем самым существенно ограничивает эффект от применения комбинированной обработки. В тоже время, регулируя составом газовой атмосферы путем разбавления азота инертным газом - аргоном, при необходимости можно подавить образование на поверхности инструмента хрупкой нитридной зоны.

Анализ полученных данных позволяют предположить что, комбинированная обработка быстрорежущего инструмента, включающая азотирование и последующее нанесение износостойкого покрытия, увеличивает стойкость инструмента, применяемого при протягивании дисков турбин из жаропрочных сплавов на никелевой основе, обладающих повышенными физико-механическими свойствами в сравнении с материалами применяемыми до сегодняшнего времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.А., Саблев Л.П., Шулаев В.М., Григорьев С.Н. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия. Монография. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2005. – 236 с.
2. Арзамасов Б.Н., Братухин А.Г., Елисеев Ю.С., Панайоти Г.А. Ионная химико-термическая обработка сплавов. -М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 1999. -400 с.
3. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов:Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001,448 с.
4. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М.: «Машиностроение», 1993, 336 с.
5. Григорьев С.Н., Воронин Н.А., Технологии вакуумно-плазменной обработки инструмента и деталей машин. Учебник. - М.: ИЦ МГТУ «Станкин», Янус-К, 2005. – 508 с.

Сейтқұлов А.Р., Қарабашев О.Э.

Жылдам кесетін болаттан дайындалған профілі күрделі кескіш құралдарды қиыстырып өндеу кезіндегі азотты қабатты түзу ерекшеліктері

Түйіндеме. Қиыстырып өндеу негізінде профілі күрделі құралдардың іске жарамдылығын арттыру бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Ыстыққа төзімді қорытпалар мен конструкциялық болаттарды өндеуге арналған тартып өңдейтін құралға тозуға төтеп беретін жабынды салу алдында түзілетін азотты қабатта болуы тиіс оңтайлы құрылымды, микроқаттылықты, сондай-ақ қалыңдықты таңдау негізделген.

Негізгі сөздер: қиыстырып өндеу, иондық азоттау, жабын, вакуумдық плазма, құрал материалы.

Seitkulov A.R., Karabashev O.E.

Specifics of formation of the nitrided layer during combined treatment of complex-profile cutting tools made of high-speed steel

Resume. The results of studies to improve the performance of complex-profile tools based on combined treatment are presented. The choice of optimal structure, micro-hardness and thickness, which must characterize the nitrided layer formed before applying the wear-resistant coating on the broaching tool designed to handle heat-resistant alloys and structural steels, is substantiated.

Keywords: combined treatment, ion nitriding, coating, vacuum plasma, tool material.