5(17)/2003

ISSN 1684-6702

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

Обработка материалов резанием 1

Электрофизические и электрохимические методы обработки 2

Обработка металлов давлением 3

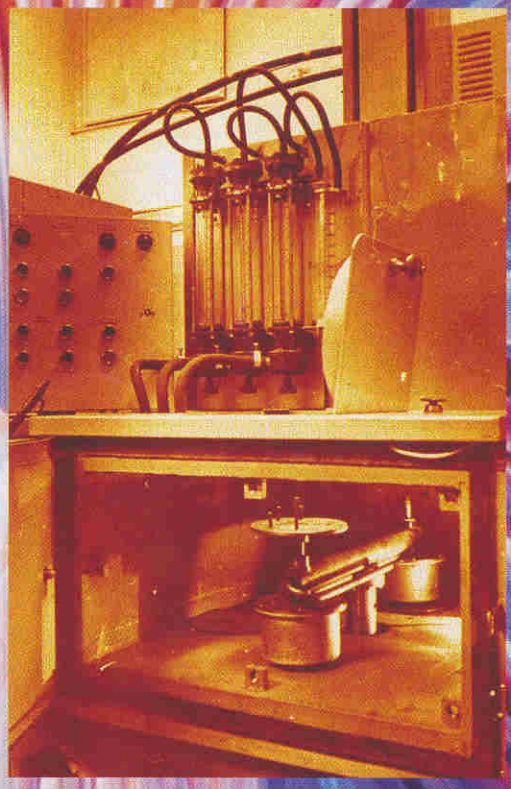
Новые материалы и технологии производства 4

Новое в металлургии 5

Станки и оборудование 6

Выставки и семинары 7

О высокочастотном плазменном напылении читайте на стр. 27–32



ISSN 1684-6702

9 771684 670001

УДК 621:539.389.2:672.1

Нанесение износостойкого покрытия на инструментальные стали и сплавы с использованием высокочастотного индукционного плазмотрона

П. А. Тополянский, инженер,
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Рассмотрен процесс высокочастотного плазменного напыления тонкопленочных покрытий для упрочнения режущего инструмента и деталей технологической оснастки. Приведены его характеристики и исследованы свойства наносимого износостойкого покрытия.

В основе высокочастотного плазменного нанесения покрытий лежит принцип использования физико-химических процессов в плазме высокочастотного разряда. Нанесение покрытий осуществляется в безвакуумном пространстве при атмосферном давлении с помощью высокочастотного индукционного (ВЧИ) плазмотрона, позволяющего получать объемные потоки спектрально чистой плазмы благодаря отсутствию эродирующих электродов [1–11]. Данный метод используется для упрочнения режущего инструмента и технологической оснастки [14]. При этом обеспечивается нанесение износостойких тонкопленочных кремнеуглеродистых покрытий, получаемых за счет плазмохимического синтеза паров элементов и соединений, образующихся при испарении кварцевых стержней с парами этилового спирта.

На рис. 1 показана схема ВЧИ плазмотрона, который состоит из металлической разрядной камеры, вставленной в диэлектрическую кварцевую трубу, газораспределительного блока и индуктора, подключенного к высокочастотному генератору. Термозащита стенок разрядной камеры обеспечивается водоохлаждением ее внутренних полостей. В металлической разрядной камере предусмотрены продольные разрезы для проникновения электромагнитной энергии внутрь камеры. Для исключения попадания плазменного потока через эти разрезы в зону индуктора, камера вставляется в кварцевую трубу. Через газораспределительный блок осуществляется аксиальный или тангенциальный ввод плазмообразующего и реакционного газов. В зону над индуктором устанавливается пучок кварцевых стержней.

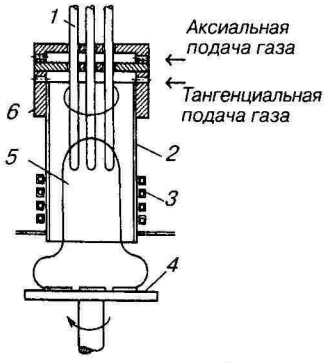


Рис. 1. Схема ВЧИ плазмотрона: *1* — кварцевые стержни; *2* — плазмотрон (кварцевая труба); *3* — индуктор; *4* — стол с деталями; *5* — зона разряда; *6* — газораспределительный блок

Возбуждение разряда обеспечивается вводом в область индуктора разрядной камеры тугоплавкого графитового электрода. При его разогреве снижается пробивное напряжение, и в поле индуктора возникает тлеющий разряд, являющийся первичным источником ионизации. Под действием электромагнитного поля высокой частоты он преобразуется в кольцевой безэлектродный разряд — замкнутый виток плазмы в форме веретенообразного факела. От стенок камеры плазменный факел отделяется потоком плазмообразующего газа, который способствует его стабилизации.

После возникновения самостоятельного газового разряда графитовый электрод убирается из камеры. За счет разогрева пучка кварцевых стержней газоразрядной плазмой происходит их разогрев и испарение с образованием паровой фазы диоксида кремния, которая транспортируется набегающим потоком плазмообразующего газа к выходному срезу разрядной камеры. Одновременно в камеру ВЧИ плазмотрона подается реакционный газ — аргон, барботируемый через этиловый спирт. В зоне высоких температур разлагаются пары реакционных веществ на исходные компоненты, а при

снижении температуры происходит восстановление элементов сплазмохимическим синтезом кремнеуглеродистых соединений, которые уносятся плазмообразующим газом и осаждаются (конденсируются) на напыляемой детали.

Принципиально метод позволяет получать покрытия от SiO_2 до SiC, с твердостью от 14 700 до 34 300 МПа [13].

Данная технология была отнесена к процессам плазмохимической или химико-термической обработки, как тепловой обработке металлов в химически активных средах с целью изменения химического состава, структуры и свойств поверхностного слоя за счет диффузионных процессов и создания покрытий [14–18]. На данный способ упрочнения, который заключается в скоростном нагреве поверхностных слоев изделий в высокочастотной индукционной аргоновой плазме, содержащей в своем составе углерод и кремний, получен патент [19]. При данном способе на поверхности инструментального материала образуется упрочненный слой, состоящий из тонкого износостойкого покрытия и прочного, пластичного подслоя, который формируется благодаря диффузии упрочняющих элементов в поверхность стали.

Таким образом, сущность данного метода упрочнения состоит в нанесении в течение нескольких секунд на рабочую зону подложки кремнеуглеродистого покрытия с одновременной повторной термической закалкой подпленочного слоя основного металла. Образование покрытия осуществляется за счет осаждения на подложке продуктов плазмохимических реакций, происходящих в плазменной струе ВЧИ плазмотрона. Интегральная температура нагрева деталей в процессе упрочнения не превышает 100–150 °С, шероховатость поверхности не изменяется, а микротвердость поверхности после предварительной объемной закалки возрастает в 1,5—2 раза.

Эффективность данного процесса привела к созданию нескольких разновидностей способов упрочнения изделий из инструментальных сталей и твердых сплавов [20, 21], использующих скоростной циклический нагрев в аргоновой плазме, содержащей пары углерода и кремния.

Качество нанесения кремнеуглеродистых покрытий с использованием ВЧИ плазмотрона оценивается, в частности, изменением микротвердости упрочненных поверхностей по сравнению с ее исходным значением. На рис. 2 представлено распределение микротвердости поверхности по радиусу пятна нанесения покрытия. Эксперименты проводились на образцах из стали Х12М диаметром 100 мм и высотой 10 мм, прошедших термическую обработку на твердость 60–61 HRC. Средняя исходная микротвердость поверхности образца составляла 8200 МПа.

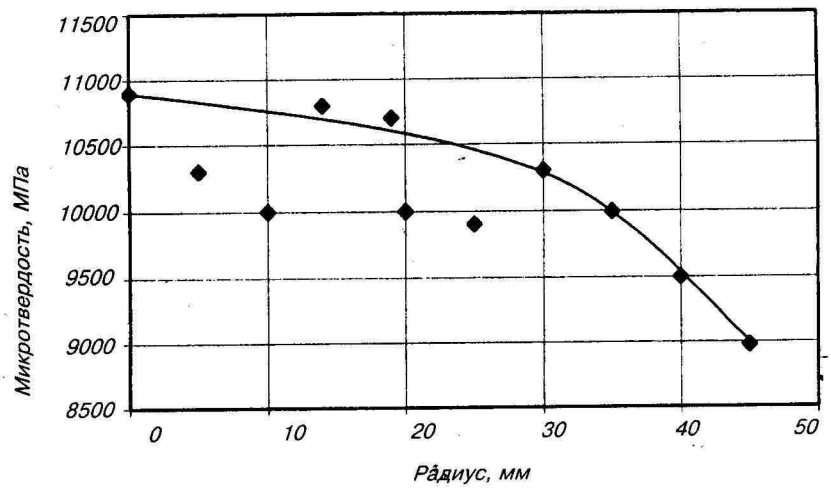


Рис. 2. Распределение микротвердости на поверхности образца по радиусу пятна нанесения покрытия после напыления износостойкого покрытия ВЧИ плазмотроном

Микротвердость определялась на микротвердомере с процессором «Микромет» фирмы «Buehler» (США) при нагрузке 20 гс. При этом микротвердость поверхности — это интегральная величина от вклада покрытия и подпленочного слоя. Режим обработки вышеуказанных образцов ВЧИ плазмотроном соответствует оптимальным характеристикам по эксплуатационным признакам. Как видно из рис. 2, распределение экспериментальных точек аппроксимируется гауссовой кривой. Средний диаметр пятна упрочнения (микротвердость выше 10 000 МПа) составляет 70 мм. Отпечатки микротвердости имели ровные очертания, что свидетельствует о достаточной пластичности полученного покрытия (1 балл по шкале хрупкости).

На рис. 3 показано изменение микротвердости поверхности в зависимости от количества циклов

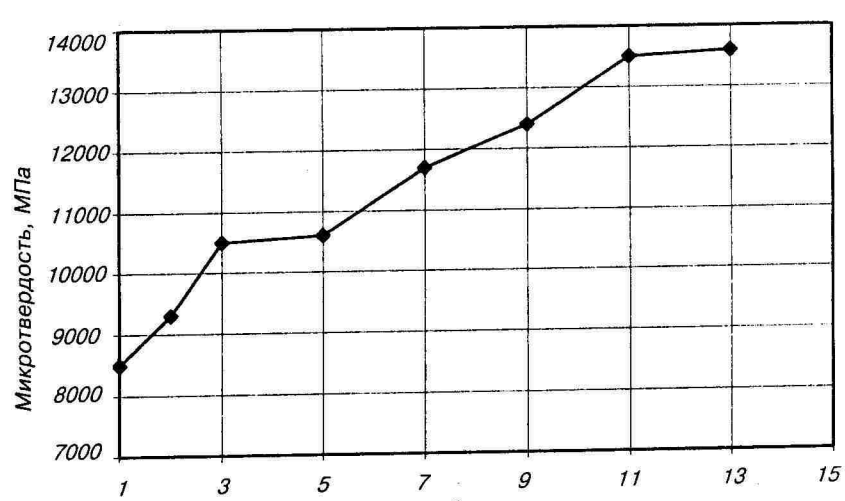


Рис. 3. Зависимость микротвердости поверхности после напыления износостойкого покрытия ВЧИ плазмотроном от количества (*n*) циклов-проходов

(длительностью по 15 с каждый) при нанесении покрытия с использованием ВЧИ плазмотрона. Эксперименты проводились на образцах, аналогичных рассмотренным выше. Повышение микротвердости за счет циклической обработки определяется ростом толщины покрытия и влиянием структурных изменений в приповерхностном слое за счет повторных термических воздействий. Ограничение роста микротвердости может быть связано с образованием более рыхлых слоев покрытия с низкой когезионной прочностью сцепления, а также с окончанием диффузионных процессов и стабилизацией содержания высоколегированного остаточного аустенита в поверхностном слое.

Были проведены также замеры твердости образцов по методу Роквелла (шкала «С») при нагрузке 150 кгс. После обработки твердость увеличилась на 4–6 единиц. Следовательно, упрочнение образцов достигается не только благодаря образованию покрытия (которое не может влиять на твердость по Роквеллу вследствие продавливания пленки), но и в результате упрочнения подпленочного слоя основного металла за счет структурных изменений.

Для определения фазового состава поверхностной зоны образцов из стали Х12Ф1 проводился рентгеноструктурный анализ. Исследования проводились на дифрактометре ДРОН-2 в излучении CuK_a с монохроматизацией дифрагированного излучения и на дифрактометре УРС50-ИМ в излучении CoK_a с β-фильтром. Съемка проводилась в непрерывном режиме со скоростями 1,0; 0,5; 0,25 град/мин. В результате исследований было установлено наличие на поверхности образцов слоя карбида кремния β-модификации толщиной до 5 мкм. Под карбидом кремния располагается подслой с высоким содержанием γ-твердого раствора углерода и кремния в железе (высоколегированного аустенита) с большей степенью пересыщенности (степенью искажения кристаллической решетки). Количество высоколегированного аустенита у границы со слоем карбида кремния составляет 95 %. По мере удаления от поверхностной зоны с покрытием количество и степень легированности аустенита падают и на расстоянии свыше 20 мкм в структуре стали содержится 15 % аустенита, т. е. среднее количество, характерное для стали марки Х12Ф1. Именно благодаря образованию аустенитного подслоя высокой степени легированности наблюдается повышение твердости поверхностного слоя образцов по Роквеллу.

С целью определения характеристик разгаростойкости изготавливались образцы диаметром 20 мм и длиной 60 мм и наносилось покрытие на оптимальном режиме. Критерием оценки разгаростойкости являлось число циклов теплосмен до появления первых трещин и до начала разрушения покрытия. Нагрев производился в хлорбариевой ванне до температуры 950 °С с выдержкой в 30 с. Охлаждение проводилось в воде при комнатной температуре в течение 15–20 с. Продолжительность переноса образцов составляла 5 с. В результате данных испытаний количество теплосмен до появления первой трещины составило 7, до разрушения покрытия — 30.

Для определения износостойкости изготавливались образцы, представляющие собой кольцо с наружным диаметром 42 мм, внутренним 26 мм и толщиной 2 мм. На торцовую поверхность наносилось покрытие при оптимальном режиме. Образцы закреплялись на валу специального стенда и вращались со скоростью 0,55 м/с. Контртелом являлась пластина из твердого сплава марки Т5К10, устанавливаемая в специальной втулке. Пластинчатая пружина поджимала втулку с контртелом к боковой поверхности вращающегося образца с удельной нагрузкой 100 кгс/см^2. После совершения валом стенда заданного количества оборотов образцы взвешивались на аналитических весах. При этом износ, оцениваемый потерей массы, отнесенной к пути трения, составил $0,8 \cdot 10^{-4}$ мг/м.

Результаты дальнейших исследований показали, что применение высокочастотной индукционной плазмы, содержащей углерод и кремний, позволяет получать переходную зону с особыми свойствами: высокой твердостью, прочностью, разгаростойкостью и одновременно высоким сопротивлением ударным нагрузкам [14].

В то же время благодаря тонкопленочному покрытию с высокой микротвердостью изделие приобретает износостойкость, примерно в 2,5 раза превышающую износостойкость после обычной термической обработки. Важными преимуществами разработанного процесса являются отсутствие продавливания слоя при износе в условиях повышенных динамических нагрузок, а также пониженная температура объемного (интегрального) нагрева изделий — 100–150 °С. Последнее обстоятельство обеспечивает возможность обработки изделий из инструментальных сталей с низкой температурой отпуска порядка 200 °С без опасности их разупрочнения. Необходимо отметить, что получаемое покрытие не меняет исходной шероховатости поверхности изделий.

Изучению влияния различных режимов упрочнения инструментальных материалов на структурно-напряженное состояние поверхностного слоя, реализуемых на аналогичном оборудовании, посвящено исследование [13]. В процессе упрочнения помещенный в плазменный поток образец подвергали плазмохимической обработке, в результате которой на рабочей поверхности инструмента формировалась пленка оксикарбида кремния толщиной 300–1000 нм, обладающая повышенной твердостью и хорошей адгезией. Химический и фазовый состав покрытия контролировали методами ИК-спектроскопии и ультрамягкой рентгеновской спектроскопии. Контроль структурных изменений в подпленочном слое обработанного в плазме инструментального материала осуществляли методом рентгеноструктурного анализа. Съемку проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 в FeK_a-излучении с графитовым монохроматором. В качестве объектов исследования были выбраны инструментальные стали трех марок: 9ХС, ХВГ, Р6М5. В исходном состоянии образцы были термообработаны согласно стандартной технологии, обеспечивающей оптимальные эксплуатационные свойства выбранных марок стали.

На основании исследований авторы делают выводы, что в процессе плазмохимического нанесения упрочняющих покрытий с использованием ВЧИ плазмотронов происходит химико-термическая обработка подпленочного слоя материала инструмента с изменением его струк-

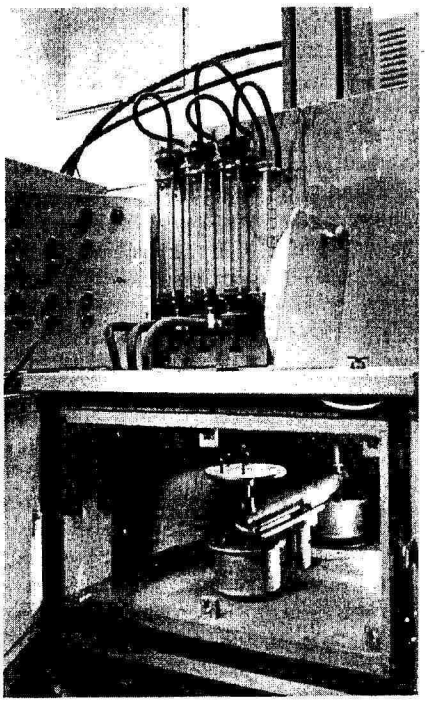


Рис. 4. Общий вид технологического блока

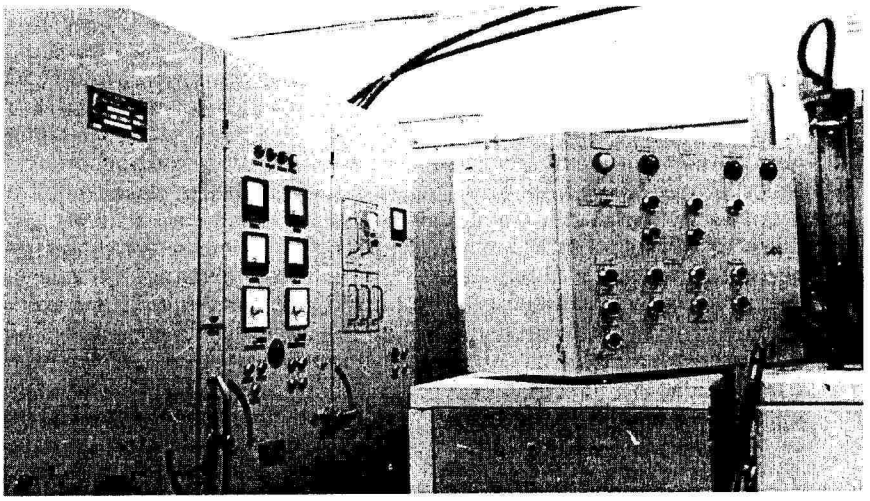


Рис. 5. Общий вид высокочастотного генератора и пульта управления процессом упрочнения

турного состояния. При этом изменение структурно-напряженного состояния рабочей поверхности инструмента может происходить как в сторону увеличения уровня внутренних напряжений, так и в сторону его снижения. Это определяет либо упрочнение, либо разупрочнение подпленочного слоя. В зависимости от режимов нанесения покрытия определялся характер изменений фазового состава в подпленочном слое, а также структурных изменений в матрице железа. Оптимальным режимом упрочнения является вариант нанесения износостойкого покрытия, обеспечивающего практически неизменные физико-механические свойства и стабильный уровень внутренних напряжений исходных образцов стали, обработанных по стандартной технологии. Этот вывод принципиально важен для оптимизации и разработки новых плазменных процессов упрочнения с минимальным термическим влиянием на материал основы.

Высокочастотное плазменное нанесение тонкопленочных износостойких покрытий осуществляется на установках «Плазма-401» и «Плазма-403», разработанных для упрочнения инструмента и деталей технологической оснастки (рис. 4, 5). В качестве источника питания в этих установках используется генератор типа ВЧИ-63/5-ИГ мощностью 60 кВт и частотой 5,28 МГц.

Технологический процесс упрочнения включает: закрепление деталей на вращающемся столе таким образом, чтобы обрабатываемая поверхность располагалась перпендикулярно потоку плазмы, выставление оптимальной высоты торца ВЧИ плазмотрона и верхней плоскости деталей, поворот стола с остановкой под работающим ВЧИ плазмотроном, проведение трех циклов обработки с длительностью воздействия плазменного потока в каждом цикле 15 с и промежуточным охлаждением деталей воздухом до температуры 20–30 °С. Механизм подъема и опускания стола позволяет при отработке режимов выбирать оптимальное для данного вида обработки расстояние от разрядной камеры до обрабатываемой поверхности. Конструкция газораспределительной головки обеспечивает возможность подачи газа одновременно в двух направлениях — аксиальном и тангенциальном. Тангенциальная подача необходима для формирования, стабилизации разряда и охлаждения разрядной камеры. Осевая подача увеличивает протяженность плазменного потока, что, в свою очередь, позволяет размещать обрабатываемые изделия в зоне, где не происходит их перегрева. Оптимальные рабочие параметры установки, обеспечивающие стабильный процесс обработки: напряжение — 10 кВ, сила тока — 5,5 А, расход газа — 40 л/мин (в каждом направлении). Суммарная площадь испарения пучка кварцевых стержней составляет 5000 мм^2.

Данный процесс упрочнения характеризуется экспрессностью и доступностью основных компонентов покрытия, обладает большей универсальностью по сравнению с напылением в вакууме, размеры зоны воздействия плазменного потока выше по сравнению с лазерным и электронно-лучевым методами упрочнения.

К недостаткам использования данного метода упрочнения относятся: высокая энергоемкость и громоздкость оборудования, сложность в ремонте ВЧИ плазмотрона; отсутствие маневренности процесса упрочнения труднодоступных поверхностей, расположенных неперпендикулярно оси плазмотрона; высокая энергоемкость процесса, значительные расходы газа и воды; высокие шумовые характеристики; отсутствие возможности контроля расстояния между торцом кварцевых стержней и верхним витком индуктора, что влечет за собой снижение качества получаемых покрытий.

Основными элементами установки являются: генераторный блок, блок нагрузочного контура, технологический блок и пульт управления. В табл. 1 представлены технические характеристики процесса и установки высокочастотного плазменного нанесения износостойких покрытий.

Как показали производственные

Таблица 1

Технические характеристики технологии и установки для высокочастотного плазменного нанесения покрытий

№ п/п	Технические характеристики	Размерность	Параметр
1	Диаметр пятна упрочненной зоны	мм	70
2	Габариты упрочняемых деталей, не более: диаметр, высота	мм	200 100
3	Режим нанесения покрытий: по времени, по длине упрочняемой поверхности		циклический циклический
4	Установленная мощность	кВА	96
5	Расход аргона при давлении 1,0–1,5x10^5 Па	м^3/ч	6–10
6	Расход воды при давлении 2,0–2,5x10^5 Па	м^3/ч	4,5
7	Расход сжатого воздуха при давлении 4x10^5 Па	м^3/ч	1200
8	Расход этилового спирта	г/ч	40–60
9	Расход кварцевых стержней	г/ч	3,6–5,3
10	Эквивалентный уровень звука на рабочем месте	дБА	83
11	Габаритные размеры генераторного и технологического блоков установки	мм	1340x2000x2280 1000x2350x3260
12	Масса оборудования, не более	кг	3200
13	Минимальная площадь участка, занимаемая оборудованием	м^2	30

Таблица 2

Производственные испытания стойкости технологической оснастки с кремнеуглеродистыми покрытиями, нанесенными ВЧИ плазмотроном

Тип технологической оснастки	Материал оснастки	Материал обрабатываемой заготовки	Толщина заготовки, мм	Средняя стойкость до упрочнения, тыс. шт.	Стойкость после упрочнения, тыс. шт.	Относительное повышение стойкости
Пуансон и матрица вырубного штампа	Х12М	Сталь электротехническая 3413	0,5	7,0	12,6	1,8
То же	Х12М	Бронза БрХ	1,0	20,0	61,0	3,0
То же	Х12М	Сталь электротехническая 1312	0,5	90,0	135	1,5
То же	Х12М	Сталь 08 кп	1,5	18,0	26,0	1,5
Детали гибочного штампа	У10	Медь М1	3,0	20,0	90,0	4,5
То же	У10	Сталь 08 кп	1,5	10,0	24,0	2,4
Пуансон прошивочный	ХВГ	Сталь 15	3,2	8ч	16ч	2,0

испытания технологической оснастки и режущего инструмента с кремнеуглеродистым покрытием на рабочих зонах, проведенные в ОАО «Электросила», где внедрены установки «Плазма-401» и «Плазма-403» (табл. 2), их эксплуатационная стойкость повышается в 1,5—6 раз. Испытания инструмента, штампов, деталей пресс-форм литья под давлением, различных трущихся пар с данными покрытиями, выполненные на ряде предприятий, выявили повышение их стойкости минимум в 2 раза.

Литература

1. **Бакман Л. Л., Княжевская Г. С., Эйленкриг Г. С.** и др. Применение высокочастотной плазмы в технологии. — Сер. 25. – Технология и организация произв. Обз. информ. — Информэлектро, 1980. — 41 с.

2. **Сыноров В. Ф.** и др. Получение пленок SiO_2 плазменным методом // Электронная техника. — Сер. 14. — Вып. 3. — 1967. — 41–45.

3. **Галимов Ю. Г., Тарзиманов К. Д., Шарифуллин С. Н.** Исследование продуктов осаждения на подложку при распылении SiO_2 ВЧ-плазмой // Физика и химия обработки материалов. — 1976. — № 5. — 128–131.

4. **Даутов Г. Ю., Самигуллин А. А., Хакимов Х. Ш.** и др. Нанесение тонких пленок высокочастотной индукционной плазмой низкого давления // Физика и химия обработки материалов. — 1978. — № 6. — 42–45.

5. **Суровцев И. С.** Получение тонкопленочных покрытий методом высокочастотной ВЧ безэлектродной плазмы // Жаростойкие покрытия для защиты конструкционных материалов. — Л., 1977. — С. 174–177.

6. **Гончаров Э. В.** и др. Плазменный способ осаждения беспористых пленок SiO_2 при атмосферном давлении // Физика и химия обработки материалов. — 1979. — № 3. — С. 55–60.

7. **А. с. 217552,** H 01f 41/14, H 05h 1/22, H 01j 37/34, C 23c 15/00. Способ плазменного нанесения пленок / Э. В. Гончаров, В. А. Гольдфарб, В. В. Крячко, В. Ф. Сыноров. Опубл. в БИ. — 1975. — №18.

8. **Гончаров Э. В., Бакман Л. Л., Дегтяренко В. Н.** и др. Нанесение защитных покрытий в потоке индукционной плазмы на поверхность металлов // Высокотемпературная защита материалов: Тр. 9-го Всесоюзного совещания по жаростойким покрытиям. — Л.: Наука, 1981. — С. 144–148.

9. **Гапонов М. А., Рубинштейн В. М., Суровцев И. С.** Плазмохимическое осаждение пленок карбида кремния на

металлические поверхности // Тезисы докладов 4-го Всесоюзного симпозиума по плазмохимии. — Ч. 2. — Днепропетровск, 1984. — С. 63–65.

10. **Макеева Н. Н., Суровцев И. С., Терехов В. А.** и др. Пленки карбида кремния, полученные в плазме высокочастотного разряда // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. — 1987. — № 6. — С. 924–926.

11. **Лавренко В. А.** Формирование карбидокремниевого покрытия в высокочастотном разряде // Порошковая металлургия. — 1986. — № 7. — С. 46–48.

12. **А. с. 1147062,** МКИ С 23с11/12, С23с 17/00. Способ поверхностной обработки стальных изделий / Н. И. Зимин. Заяв. 10.01.1983; Опубл. 1985. Бюлл. № 11. — 194 с.

13. **Тригуб В. Б., Лихолет И. В., Гапонов М. А.** Воздействие низкотемпературной плазмы на поверхность инструментального материала // Физика и химия обработки материалов. — 1990. — № 3. — 49–52.

14. **Тафт В. И., Рабинович Г. Е.** Прогрессивные методы нанесения упрочняющих покрытий на режущий инструмент и технологическую оснастку. — Электротех. промышленность. — Сер. 25. Технология и орг. произв. Обзор. информ. — 1986. — Вып. 2 (12). — 48 с.

15. **Рабинович Г. Е., Тафт В. И., Житин Н. И.** и др. Химико-термическая обработка инструмента и оснастки в высокочастотной плазме // Электротехника. — 1986. — № 3. — С. 52–53.

16. **Дашкевич И. П., Княжевская Г. С., Томашевич Ю. Г.** и др. Повышение износостойкости штамповой оснастки и инструмента при обработке в индукционной плазме при атмосферном давлении // Применение токов высокой частоты в электротермии: Тез. докладов 10-й Всесоюз. научно-техн. конф. — М.: Информэлектро, 1986. — С. 6.

17. **Дашкевич И. П., Княжевская Г. С., Томашевич Ю. Г.** Плазменное упрочнение металлообрабатывающего инструмента и штамповой оснастки: Новая высокочастотная техника для машиностроительногопроизводства.— М.: Энергоатомиздат, 1988. — С. 32–37.

18. **Переладов Н. П., Бакман Л. Л., Томашевич Ю. Г.** Повышение стойкости режущего инструмента с покрытием из SiC. Обработка резанием (технология, оборудование, инструмент). — ЭИ НИИМАШ, 1983. — Вып. 4. — С. 19–22.

19. **А. с. 1220377,** С 23с 8/00, С 23с 4/10. Способ химико-термической обработки стальных изделий / Л. Л. Бакман, В. И. Белов, П. А. Тополянский и др. Заяв. 24.04.1984; Опубл. 1985.

20. **А. с. 1750266,** кл. С 23 с 12/00. Способ химико-термической обработки стальных изделий / С. А. Ермаков, Г. Е. Рабинович, П. А. Тополянский и др. Заяв. 11.04.90; Опубл. БИ. — 1992. — № 27.

21. **А. с. 1793004,** кл. С 23с 8/36, В 22f 3/24. Способ химико-термической обработки изделий из твердого сплава / Г. Е. Рабинович, С. А. Ермаков, П. А. Тополянский и др. Заявл. 17.04.91; Опубл. 7.02.93, БИ 1993. — № 5.

РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ В ЖУРНАЛЕ «МЕТАЛЛООБРАБОТКА»
Рекламные расценки, руб. (в т. ч. НДС 20%)

Цветные полосы		Черно-белые полосы	
1-я стр. обложки	15000	1 полоса (А4)	4000
2-я стр. обложки и каждая стр. вкладки	12000	1/2 полосы	2500
3-я стр. обложки	1000	1/4 полосы	1125
4-я стр. обложки	13000	1/8 полосы	800
Скидки при единовременной оплате:			
2-х публикаций		10%	
3-х публикаций		15%	
4-х – 9-ти публикаций		20%	
10-ти и более		30%	

Примечание. *При размещении цветного рекламного модуля А4 сопутствующая статья (1–2 страницы), при условии ее одобрения членами редколлегии, печатается бесплатно.*

Требования к файлам, предоставляемым для публикации: растровые изображения предоставляются в формате TIFF (с разрешением не меньше 300 dpi) либо в формате JPEG, выполненные в программах Adobe Photoshop 5.0 либо Corel Draw 9.0, 10.0. Рекламные модули предоставляются на компакт-дисках либо присылаются по e-mail в заархивированном виде с разбивкой на дискеты.