

в заданном горизонте глубины составляет 83%. Дисковыми сошниками производственной сеялки СЗТ-3,6 уложено в заданном горизонте 65% семян. Более высокое качество распределения семян при посеве экспериментальной сеялкой объясняется наличием пневматического транспортирования семян, за счет чего семена, приобретая определенный запас кинетической энергии, фиксируются в почве, что практически полностью исключает их отскоки и перекачивание в бороздке при достижении ее дна.

Заключение. Таким образом, по результатам лабораторно-полевых испытаний универсальной пневматической сеялки установлено, что экспериментальная машина обеспечивает выполнение технологического процесса рядового посева сельскохозяйственных культур с различными физико-механическими свойствами семян с необходимыми эксплуатационными и агротехническими показателями.

Библиографический список

1. Ивженко, С. А. Повышение плодородия почв с использованием ресурсосберегающих технологий и технических средств при выращивании зерновых культур / С. А. Ивженко, А. М. Марадудин, П. В. Тарасенко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – №2. – С. 50-53.
2. Булавицев, Р.А. Обоснование конструктивных технологических параметров катушечно-штифтового высевача аппарата зерновой сеялки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Булавицев Роман Алексеевич. – М. : МГАУ, 2006. – 19 с.
3. Петров, А. М. Обоснование технологии посева и параметров штифтового высевача аппарата пневматической сеялки для посева замоченных семян козлятника восточного : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Петров Александр Михайлович. – Саратов, 1994. – 214 с.
4. Пат. 2142685 Российская Федерация. Высевачающий аппарат / Крючин Н. П., Петров А. М., Ларионов Ю. В., Андреев А.Н. [и др.]. – №98107606/13 ; заявл. 21.04.98 ; опубл. 20.12.99, Бюл. № 35. – 10 с. : ил.
5. Пат. 2081546 Российская Федерация. Устройство для посева семян / Киров А. А., Крючин Н. П., Петров А. М. [и др.]. – № 93003545/13 ; заявл. 21.01.93 ; опубл. 20.06.97, Бюл. №17. – 6 с. : ил.
6. Пат. 2053624 Российская Федерация. Сошник сеялки для мелкозерновых культур / Киров А. А., Крючин Н. П., Куцын Л. М. [и др.]. – № 92005219/15 ; заявл. 11.11.92 ; опубл. 10.02.96, Бюл. № 4. – 6 с. : ил.
7. Крючин, Н. П. Повышение эффективности распределительно-транспортирующих систем пневматических посевных машин : монография. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 176 с.
8. Пат. 2104627 Российская Федерация. Устройство для крепления сошника сеялки / Киров А. А., Крючин Н. П., Ларионов Ю. В. – № 94004108/13 ; заявл. 08.02.94 ; опубл. 20.02.98, Бюл. № 5. – 10 с. : ил.
9. Крючин, Н. П. Разработка комбинированного сошника для мелкозерновых кормовых культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – №3. – С. 21-23.
10. Ларюшин, Н. П. Результаты лабораторных исследований катушечного высевача аппарата / Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, Т. Г. Федина // Нива Поволжья. – 2009. – №1. – С. 77-82.

УДК 539.74.4

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТИТАНА И НИКЕЛЯ С УГЛЕРОДОМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИСКРОВЫМИ РАЗРЯДАМИ В СРЕДАХ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОД

Миронов Денис Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой «Математические методы и информационные технологии», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Россия, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: dvonorim@mail.ru

Мазанко Владимир Федорович, д-р техн. наук, зав. отделом «Нестационарный массоперенос», Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины.

03680, Украина, Киев, бульвар академика Вернадского, 36.

E-mail: vmazanko@imp.kiev.ua

Герцикен Дина Соломоновна, канд. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник отдела «Нестационарный массоперенос», Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины.

03680, Украина, Киев, бульвар академика Вернадского, 36.

E-mail: dina_izotop@mail.ru

Перетяку Павел Васильевич, канд. техн. наук, ст. преподаватель Педагогического университета им. А. Руссо.

3100, Молдова, г. Бельцы, ул. Пушкина, 38.

E-mail: pavel.peretiatcu@gmail.com

Ключевые слова: электроискровой, легирование, фаза, диффузия.

Целью исследования является исследование взаимодействия металлов и металлов с исходным покрытием с газообразными и жидкими средами под действием искровых разрядов. Методами послепольного радиометрического анализа, микро-, макро- и электронномикроскопической автордиографии, рентгеноструктурного, микрорентгено-спектрального и микродюриметрического анализов изучены фазовый состав образующегося при электроискровом

легировании покрытия и диффузионной зоны между покрытием и подложкой, протяженность диффузионной зоны и локализация легирующих атомов при обработке титана и никеля в средах, содержащих углерод. Показана роль плотности и агрегатного состояния среды в проникновении и растворении атомов углерода. Определены механические свойства обработанных материалов. Работа проводилась с использованием трех сред в разном агрегатном состоянии, содержащих различное количество углерода. Диффузию легирующего элемента (углерод) и атомов основных металлов (никель, титан), а также фазовый состав образующихся покрытий рассматривали на металлах, подвергнутых ЭИЛ в газообразных средах: метане CH_4 и углекислом газе CO_2 при давлении в камере 0,1 МПа, и углеродосодержащей жидкой среде глицерине. Для гальванических покрытий были подобраны электролиты и режимы нанесения, позволяющие получать слои с зеркальным блеском, с хорошей адгезией, постоянными толщиной и составом по всей обрабатываемой поверхности. Обработка образцов искровыми разрядами и нанесение покрытий проводилась на промышленной установке Элитрон-22. В экспериментах применяли бесконтактный метод легирования, при котором варьировалась величина межэлектродного промежутка МЭП $I_{\text{мэп}}$ от 0,5 до 2 мм. Эксперименты проводили в специальной камере, куда помещали соответствующие среды. Установлено, что применение исходных многокомпонентных покрытий и использование жидких и газообразных сред с высоким содержанием углерода в сочетании с угольным анодом в процессе электроискрового легирования металлов позволяет придавать приповерхностным слоям титана и никеля новые свойства, обеспечивающие необходимые эксплуатационные характеристики.

Известно, что в процессе электроискрового легирования (ЭИЛ) происходит внедрение в катод (образец) не только атомов элементов анода (источника легирующих добавок), но и компонентов газовой или жидкой среды, в которой производится обработка [1-6]. Это может приводить как к улучшению, так и ухудшению эксплуатационных характеристик в зависимости от химического и фазового состава среды. Данный эффект может быть использован для модифицирования поверхности изделий и придания им разнообразных полезных свойств.

Целью исследования является исследование взаимодействия металлов и металлов с исходным покрытием с газообразными и жидкими средами под действием искровых разрядов. Исходя из поставленной цели, в **задачи исследований** входило:

- изучить взаимодействие титана и никеля с углеродом при обработке искровыми разрядами в различных углеродосодержащих средах;
- изучить влияние параметров электроискровой обработки на диффузионные характеристики и определить роль этих факторов;
- определить особенности в формировании структуры и свойств, фазообразования и взаимодействия материала образцов с углеродосодержащими средами при электроискровой обработке.

Материалы и методы исследований. Работа проводилась с использованием трех сред в разном агрегатном состоянии, содержащих различное количество углерода. Диффузию легирующего элемента (углерод) и атомов основных металлов (никель, титан), а также фазовый состав образующихся покрытий рассматривали на металлах, подвергнутых ЭИЛ в газообразных средах: метане CH_4 и углекислом газе CO_2 при давлении в камере 0,1 МПа, и углеродосодержащей жидкой среде – глицерине. Согласно формуле глицерина $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ $[\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}]$, он содержит углерода около четверти атомного состава. Его температура кипения равна 563 К. Поэтому при действии искрового разряда повышение T , достигающее при жестких режимах почти до $T_{\text{кип}}$, приводит к частичной диссоциации, протекающей, как известно, при нагреве до предпереходных температур.

Эксперименты проводили на образцах, изготовленных из четырех материалов: никеля; α -титана; титана, на поверхность которого было нанесено гальваническое никелевое покрытие толщиной ~ 10 мкм, и титана с нанесенным осаждением никель-фосфорным покрытием.

Для гальванических покрытий были подобраны электролиты и режимы нанесения, позволяющие получать слои с зеркальным блеском, с хорошей адгезией, постоянными толщиной и составом по всей обрабатываемой поверхности.

Никелирование осуществляли в слабокислом электролите следующего состава: сернокислый никель NiSO_4 – 140 г; сернокислый натрий Na_2SO_4 – 50 г; сернокислый магний MgSO_4 – 30 г; поваренная соль NaCl – 5 г; борная кислота H_3BO_3 – 20 г; вода – 1000 г. Температура электролита – 18-25°C, плотность тока – 0,8-1 А/дм². Требуемое значение pH = 4,5 получали добавлением небольшого количества (нескольких капель) водного раствора аммиака. Слой никеля толщиной до 1 мкм при плотности тока 0,15 А/дм² осаждается за 20 мин, а при 0,1 А/дм² – за 30 мин. При использовании радиоактивного изотопа Ni его вливали в готовый электролит в виде нескольких капель меченого по никелю сульфата NiSO_4 .

Для осаждения титана использовали электролит следующего состава: титанат натрия Na_2TiO_3 – 75 г/л, уксуснокислый натрий CH_3COONa – 30 г/л, едкий натр NaOH – 35 г/л. При температуре электролита 50°C и катодном токе 1 ÷ 5 А/дм² слой Ti в 1 мкм образуется за 10 мин. При использовании радиоактивного изотопа Ti его вливали в готовый электролит в виде нескольких капель меченой по титану соли Na_2TiO_3 .

Для создания упрочненных слоев сложного состава использовали методику химического осаждения. При нанесении никель-фосфорного покрытия толщиной от 10 до 40 мкм применялись последовательно химическое обезжиривание поверхности титана, сушка, пескоструйная обработка электрокорундом №10, гибридная обработка в смеси HCl и H₂SO₄ в соотношении 1:1. После этого производилось химическое никелирование при $T = 87-92^{\circ}\text{C}$ в течение 2-3 ч в растворе следующего состава: 20-30 г/л NiSO₄, 20-25 г/л гипофосфита натрия NaHPO₂, 20-25 г/л аминокислоты (глицина) NH₂-CH₂-COOH, 14-17 г/л уксуснокислого натрия CH₃-COONa, 0,002-0,003 мг/л этилмочевины C₃H₈N₂O. Полученное покрытие состояло из пересыщенного раствора фосфора в никеле, причем микронапряжения в покрытии настолько велики, что на рентгенограммах отражения от кристаллографических плоскостей сливаются в одну чрезвычайно уширенную линию (рис. 1, кривая 1).

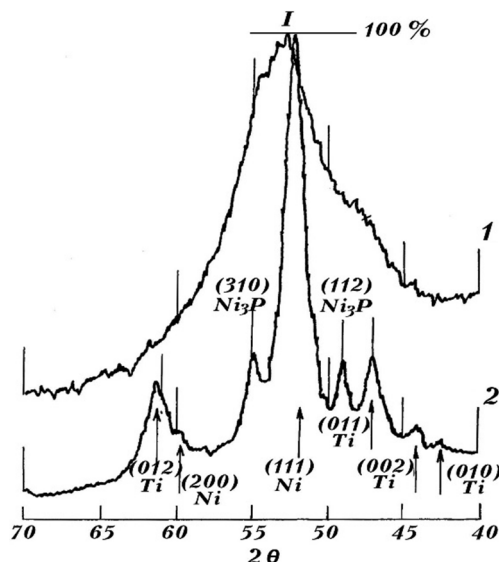


Рис. 1. Рентгенограммы образцов с никель-фосфорным покрытием на титане в исходном состоянии (1) и после часового отжига при 573 К (2)

Однако после отжига в течение 1 ч при 300-350°C происходит выход избыточного фосфора из твердого раствора внедрения и возникают 2 фазы: твердый раствор фосфора в никеле (ГЦК-решетка) и ~ 15% дисперсного (менее 0,05 мкм) фосфида никеля Ni₃P с тетрагональной симметрией (рисунок 1, кривая 2). Диффузионная зона между покрытием и подложкой при столь низких температурах и малых временах составляла сотые доли микрона. Поскольку взаимная диффузия незначительна, концентраций растворенных друг в друге никеля и титана недостаточно для образования интерметаллических фаз даже в микрообъемах.

Обработка образцов искровыми разрядами и нанесение покрытий проводилась по методике, описанной в работе [7], на промышленной установке Элитрон-22, состоящей из генератора импульсных токов и блока нагрузок. Энергия искрового разряда составляла 0,9 и 6,4 Дж. Частота следования разрядных импульсов >60 Гц. Длительность импульса составляла 200 мкс. В экспериментах применяли бесконтактный метод легирования, при котором варьировалась величина межэлектродного промежутка МЭП $I_{МЭП}$ от 0,5 до 2 мм. Время обработки единицы площади 1 см² составляло 1 мин ($t_{обработки} = 1 \text{ см}^2/\text{мин}$). Эксперименты проводили в специальной камере, куда помещали соответствующие среды [8]. При исследовании особенностей проникновения атомов углерода и его локализации среда была меченой по углероду. Для всех экспериментов анод был изготовленным из графита, но при определении подвижности атомов углерода использовали анод, содержащий равномерно распределенный изотоп углерода ¹⁴C (β-, 150 кэВ, 5000 лет). Для металлов мечеными атомами служили нанесенные на поверхность слои (до 1 мкм) изотопов титана ⁴⁴Ti (электронный захват ε, 75,3 кэВ, 60 лет) и ⁶³Ni (β-, 65 кэВ, 125 лет). В экспериментах по определению фазового состава радиоактивные элементы отсутствовали. Все подобные исследования проводились с помощью стабильных изотопов.

Исследования процессов взаимодействия никеля и титана с углеродом анода и сред проводили комплексом методов физико-химического анализа, основанных на разных принципах: послойный радиометрический анализ с применением изотопов углерода ¹⁴C, титана ⁴⁴Ti и никеля ⁶³Ni, микро-, макро-, электронномикроскопическая автордиография, рентгеноструктурный микрорентгеноспектральный, микродюретрический анализы. Также проводились трибологические испытания.

Результаты исследований.

Электроискровое легирование никеля. Обработка никеля графитовым анодом в среде углекислого газа CO₂, меченого по углероду ¹⁴C, приводит к образованию в диффузионной зоне на протяжении 50 и

75 мкм при энергии импульса 0,9 и 6,4 Дж концентрационного профиля с переменной концентрацией углерода, в приповерхностном слое до 5 мкм – пересыщенного твердого раствора внедрения с содержанием углерода, достигающим до 2,95 %. Это превышает максимальную концентрацию в равновесных условиях – 2,7 ат.% при 1326°С [9]. Практически те же значения глубин проникновения атомов изотопа углерода ^{14}C в зависимости от энергии искрового разряда имеют место при поступлении углерода в никель из анода при обработке в среде, не содержащей меченых атомов, причем рост глубины проникновения с увеличением энергии разряда наблюдается при обоих значениях межэлектродного промежутка – 0,5 и 2 мм. Отметим, что при всех величинах МЭП и энергии в диффузионной зоне, начиная с 5-10 мкм, наблюдается экспоненциальная зависимость распределения атомов от глубины и равномерное распределение меченых атомов как углерода, так и никеля в плоскостях, параллельных обрабатываемой поверхности (рис. 2). Это проявляется практически до конца диффузионной зоны, однако на расстоянии от поверхности порядка 0,9-0,95 глубины проникновения количество восстановленных β -излучением атомов ^{14}C кристаллов бромистого серебра невелико, и поэтому трудно судить о равномерности их распределения в матрице. Самодиффузия никеля из предварительно нанесенного слоя толщиной до 1 мкм в глубь металла при обработке графитным анодом в среде CO_2 также описывается экспоненциальной зависимостью концентрации от квадрата глубины проникновения, что в сочетании с однородностью распределения параллельно поверхности на различных глубинах указывает на объемный характер миграции атомов. Отметим, что самодиффузия никеля происходила одновременно с проникновением в никель углерода.

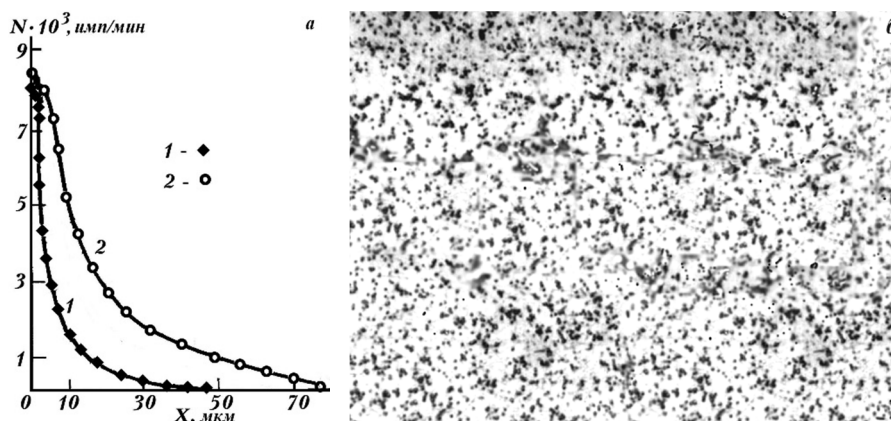


Рис. 2. Концентрационные профили распределения атомов углерода ^{14}C в никеле (а) при обработке в среде углекислого газа, МЭП 0,5 мм:
1 – 0,9; 2 – 6,4 Дж, автордиограмма-реплика никеля (б), снятая с помощью ^{63}Ni параллельно поверхности на глубине 10 мкм, $\times 4800$, 6,4 Дж, 2 мм

Аналогичные результаты (значения максимальной концентрации на поверхности – 3,05 ат.% и глубины проникновения – 78-80 мкм) получены при электроискровой обработке никеля в среде метана, меченого по углероду, при энергии 6,4 Дж (рис. 3). Величина параметра решетки доходит до 0,3546 нм (в исходном состоянии – 0,3524 нм), при этом, несмотря на столь значительное увеличение параметра, решетка остается гранецентрированной.

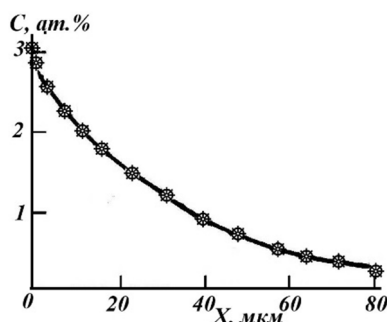


Рис. 3. Концентрационный профиль распределения атомов углерода ^{14}C в никеле при обработке в среде метана, МЭП 0,5 мм, 6,4 Дж

Отметим, что при обработке в данной среде также с ростом энергии импульса происходит увеличение глубины проникновения и количества растворенного углерода. Так, при $W = 0,9$ и 3,14 Дж значения C_{max} и X_{max} составляют соответственно 2,81 и 2,95 ат.%, 52 и 72 мкм (в среднем по 10 образцам).

Следует обратить внимание на тот факт, что при обработке в среде метана наблюдается проникновение большего количества углерода, чем при обработке в среде углекислого газа. То есть несмотря на то, что в молекуле CH_4 атом углерода приходится на 4 атома другого элемента, а в молекуле CO_2 – на 2, в первом случае имеют место более интенсивные миграция и растворение. По-видимому, это связано с тем обстоятельством, что масса молекулы метана практически определяется массой углерода (соотношение 12:4, т.е. 3:1), а в углекислом газе масса углерода составляет менее одной трети массы молекулы. Следовательно, введение углерода из среды при использовании одного и того же материала анода (графита в данном случае) в определенной степени лимитируется его количеством в среде.

Действительно, проведенное для сравнения ЭИЛ никеля по вышеуказанным режимам графитовым анодом на воздухе, содержащем, как известно, всего $\sim 0,03\%$ CO_2 , показало, что концентрация углерода на поверхности не превышает 2,05 %, что, по-видимому, связано с проникновением атомов углерода из материала анода. Это подтверждается результатами ЭИЛ никеля в данных условиях обработки на воздухе никелевым анодом. В этом случае максимальная концентрация растворенного углерода в никеле (на поверхности и в приповерхностном слое до 10 мкм) не превышает 0,015%. Следовательно, находящийся в аноде углерод проникает в большем количестве в образец, чем вводится из среды. Отметим, что сходные результаты были показаны в работе [6] при изучении взаимодействия молибдена с углекислым газом, находящемся в воздухе, и углеродом, дополнительно поступающим в молибден из малоуглеродистой стали Ст.45.

Взаимодействие никеля с глицерином при ЭИЛ никелевым анодом приводит к образованию только пересыщенного твердого раствора углерода в никеле с ГЦК-решеткой. Концентрация углерода на поверхности при 0,9 Дж составляет 3,07 ат. % С, а на глубине свыше 70 мкм углерод не выявляется даже с помощью изотопа ^{14}C . При обработке в средах CH_4 и CO_2 даже при энергии разряда 6,4 Дж максимальная концентрация была ниже. Следовательно, при обработке в глицерине, т.е. в среде с большей плотностью и большим содержанием углерода возникает раствор с большим пресыщением. Однако фазы внедрения Ni_3C при взаимодействии с метаном, углекислым газом и глицерином, как и при изотермическом отжиге, обнаружены не были.

Электроискровое легирование титана. Проведенные эксперименты показали, что при обработке титана титановым анодом в среде углекислого газа на поверхности и по толщине формирующегося покрытия наблюдаются 2 фазы: карбид титана TiC и раствор внедрения углерода в титане $\alpha\text{-Ti}$, то есть одновременно с образованием покрытия происходит растворение углерода в титане ($\alpha\text{-Ti}$) и упорядочение твердого раствора (TiC). Концентрация углерода в тонком приповерхностном слое достигает почти 60%, а концентрация кислорода еще выше, что является следствием его большего содержания в среде (рис. 4).

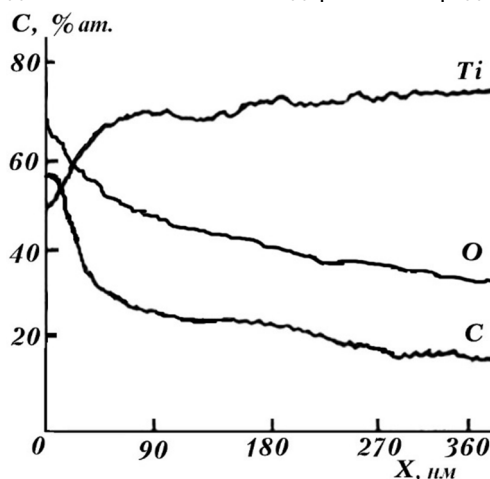


Рис. 4. Распределение O и C, поступающих из среды CO_2 , по глубине диффузионной зоны титана при обработке титановым анодом ($E_{\text{и}}=0,9$ Дж, $t_{\text{л}}=200$ мкс, $t = 10$ с, $l_{\text{мэп}} = 2$ мм)

При проникновении углерода из глицерина при обработке по режиму 0,9 Дж, 200 мкс, $1 \text{ см}^2/\text{с}$, $l_{\text{мэп}} = 2$ мм в слое до 200 нм, т.е. непосредственно на поверхности концентрация C составляет почти 90%, преимущественно находящегося в карбидах, что несомненно связано с большей плотностью среды. Так как эта фаза мелкодисперсна, то различие в содержании углерода в разных точках на поверхности не превышает 5%. Разброс микротвердости по поверхности составил не более 5-7%. Максимальное значение $H_{\mu} \sim 8,7$ ГПа, что почти в 3 раза выше H_{μ} титана в исходном состоянии.

Поскольку в процессе ЭИЛ происходит не только образование фаз, но и одновременно с образованием их распад, высвободившиеся атомы углерода мигрируют в глубь титана, также образуя твердый

раствор и карбид титана, количество которых спадает с глубиной. Описать полученный профиль можно достаточно корректно с помощью экспоненциальной зависимости концентрации от квадрата глубин проникновения подобно распределению концентраций меченых атомов никеля в никеле, представленной на рисунках 2а и 3.

Электроискровое легирование титана с никелевым покрытием. При обработке титана с исходным никелевым покрытием в глицерине графитным анодом образуется многофазная система. В покрытии и диффузионной зоне присутствуют твердые растворы титана и углерода в никеле, углерода и никеля в титане, карбид титана TiC с ГЦК решеткой типа NaCl и периодом решетки a , равным 0,4321 нм. С ростом энергии искрового разряда и длительности обработки увеличивается глубина проникновения в титан никеля и углерода, концентрационный профиль и распределение H_μ спадает с глубиной более полого, но максимальные значения концентрации и микротвердости практически не изменяются. Трибологические испытания показали, что в тонком приповерхностном слое (до $X \cong 2-5$ мкм) стойкость к истиранию незначительна. Затем на протяжении 10-25 мкм износостойкость практически не изменяется и является максимальной для каждого режима ЭИЛ. На больших глубинах износостойкость резко падает.

При введении углерода из газовой среды в титан с исходным никель-фосфорным покрытием возникают твердый раствор углерода и титана в уже существующем растворе фосфора в никеле, раствор углерода и титана в никеле, карбид титана в небольших количествах, и часть атомов углерода и титана из подложки попадает в фосфид никеля. Атомы кислорода растворяются в основном металле и покрытии, но в фосфиде никеля и карбиде титана их нет. Окислы также не обнаружены. Отметим, что новые фазы внедрения не появляются.

Обработка титана с исходным покрытием (твердый раствор и фосфид) как графитным, так и никелевым анодом в глицерине способствует появлению дополнительно к вышеуказанным следующим фаз: раствора фосфора в титановой основе и формирующемуся никелевом покрытии, небольших количеств фосфида титана Ti_3P с тетрагональной решеткой и недостатком фосфора. В области между формирующимся покрытием и основным металлом, где находится исходное покрытие, также частично сохранился фосфид Ni_3P . Фазовый состав при взаимодействии титана с исходным покрытием с никелем и глицерином представлен на рисунке 5.

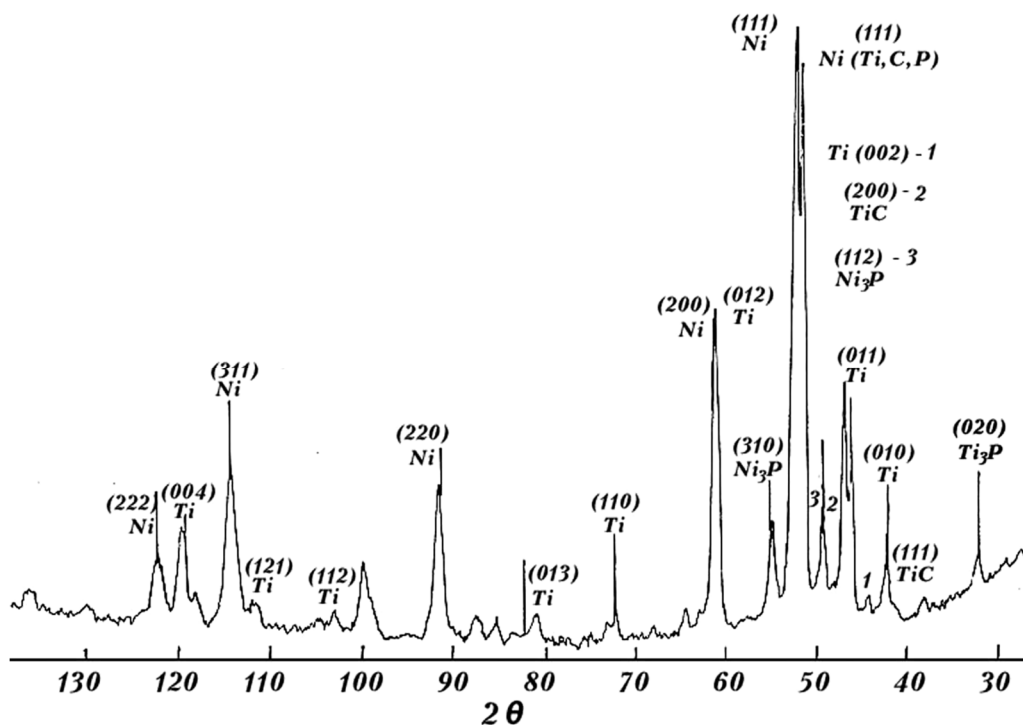


Рис. 5. Рентгенограмма титана с никель-фосфорным покрытием после ЭИЛ никелевым анодом в глицерине, Со-излучение, 6,4 Дж, 2 мм, 200 мкс, 1 см²/мин

Как видно из рисунка 5, в диффузионной зоне помимо следующих фаз, определяемых по рентгеновским рефлексам: Ti_3P [(020)], TiC [(111), (200)], Ni_3P [(112), (310)], Ti [(010), (002), (011), (012), (110), (013), (112), (121), (004)], Ni [(111), (200), (220), (311), (222)], твердый раствор C ; P ; Ti в Ni (111), присутствуют также неидентифицируемые фазы.

Образование в формирующемся покрытии, исходном покрытии и диффузионной зоне мелкодисперсных упрочняющих фаз TiN и Ti_3P наряду с существовавшим до ЭИЛ фосфидом Ni_3P приводит к росту износостойкости (от 1,2 раза при $W = 0,9$ Дж до 1,7 раз при 6,4 Дж) и микротвердости за пределами исходного покрытия. Это видно из рисунка 6, представляющего результаты, полученные при обработке искровыми разрядами по режиму: 3,14 Дж, 2 мм, 200 мкс, 1 см²/мин. В то же время применение газообразных сред и никелевого покрытия гораздо слабее влияет на микротвердость поверхностных слоев.

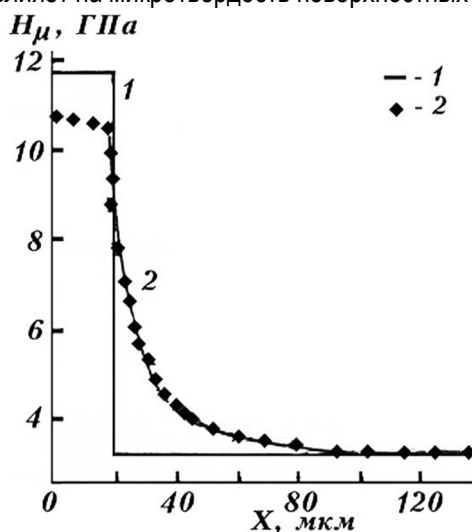


Рис. 6. Микротвердость Ti с $Ni-P$ покрытием: исходное состояние (1), после легирования в глицерине анодом из графита (2)

Изучение взаимодействия никель-фосфорного покрытия на титане с атомами углерода в процессе ЭИЛ показало, что фазовый состав образующихся слоев не зависит от того, были ли в исходном покрытии пересыщенный твердый раствор или двухфазное состояние. Из этого следует, что выход избыточного фосфора из кристаллической решетки никеля происходит в течение процесса ЭИЛ, то есть за несколько секунд, в то время как при изотермических отжигах на это требуется не менее 1 ч. Следовательно, как и для атомов легирующих примесей, для атомов основного материала имеет место увеличение их подвижности.

Необходимо отметить, что, как следует из сравнения рентгенограмм на рисунке 7, увеличение энергии искрового разряда приводит не только к росту подвижности атомов и увеличению концентрации растворенного углерода в никеле, титане, а также в покрытиях на них, но и увеличению гомогенности образующихся и исходных фаз, в частности, карбидов и фосфидов.

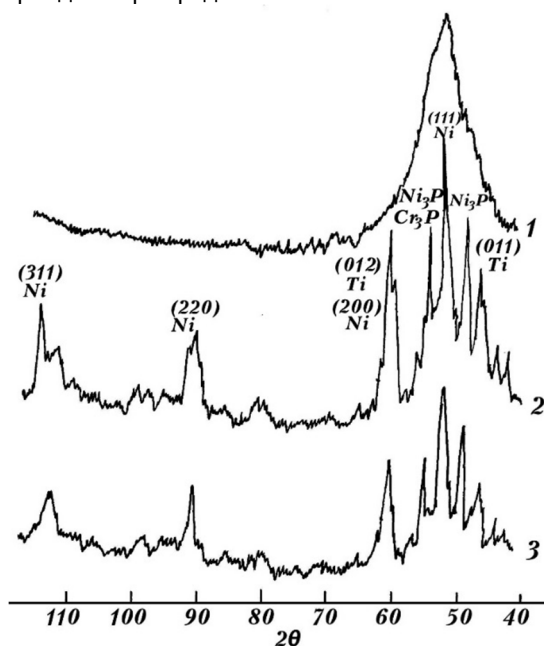


Рис. 7. Рентгенограмма титанового образца с никель-фосфорным покрытием в исходном состоянии (1) после легирования углеродом в среде углекислого газа с энергиями 0,9 Дж (2) и 3,14 Дж (3)

Проведенные для сравнения эксперименты при использовании тех же режимов и среды CO₂, но титанового и никелевого анодов, показали, что с ростом энергии разряда возрастает однородность твердых растворов и фаз внедрения.

Заключение. Следовательно, как вытекает из определенных в работе особенностей образования фазового состава покрытия и переходной зоны между покрытием и основным металлом, локализации и распределения атомов в диффузионной зоне, а также механических характеристик, применение исходных многокомпонентных покрытий и использование жидких и газообразных сред с высоким содержанием углерода в сочетании с угольным анодом в процессе электроискрового легирования металлов позволяет придавать поверхностным слоям титана и никеля новые свойства, обеспечивающие необходимые эксплуатационные характеристики.

Библиографический список

1. Тышкевич, В. М. Особенности формирования многокомпонентных покрытий на титановом сплаве BT-20 при электроискровом легировании / В. М. Тышкевич, Д. С. Герцрикен, В. М. Фальченко, А. И. Янович // Вісник Черкаського Держуніверситету. – 1999. – №9. – С. 16-23. – (Сер. фіз.-мат.).
2. Арсенюк, В. В. Вплив електроіскрової обробки на фазовий склад молибденових покриттів на сталі 20 / В. В. Арсенюк, Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко [и др.] // Металознавство та обробка металів. – 2002. – №4. – С. 3-8.
3. Мазанко, В. Ф. Вплив газового середовища на формування покриттів на залізі за електроіскрового легування / В. Ф. Мазанко, Є. В. Іващенко, С. П. Ворона, К. М. Храновська // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2008. – №44 (2). – С. 117-119.
4. Герцрикен, Д. С. Взаимодействие железа с газами воздуха под действием искровых разрядов / Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко, Чао Шенжу [и др.] // Взаимодействие излучений с твердым телом : мат. 8-й Международной конференции. – 2009, 23-25 сент. – Минск : Издательский центр БГУ, 2009. – С. 24-26.
5. Герцрикен, Д. С. Взаимодействие меди с газами воздуха под действием искровых разрядов / Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко, Чао Шенжу [и др.] // Взаимодействие излучений с твердым телом : мат. 8-й Международной конференции. – 2009, 23-25 сент. – Минск : Издательский центр БГУ, 2009. – С. 27-29.
6. Герцрикен, Д. С. Взаимодействие никеля и молибдена с газами воздуха под действием искровых разрядов / Д. С. Герцрикен, В. Ф. Мазанко, Чао Шенжу [и др.] // Актуальные проблемы прочности : мат. 50 Международного симпозиума. – 2010, 27 сент. – 1 окт. – Витебск : Издательский центр Института технической акустики НАН Беларуси, 2010. – Ч. 2. – С. 164-167.
7. Верхотуров, А. Д. Технология ЭИЛ металлических поверхностей. – Киев : Техника, 1982. – 181 с.
8. Храновська, К. М. Масоперенесення, структурні та фазові зміни у залізі та міді при їх легуванні за умов температурних градієнтів. : автореф. дис. ...канд. техн. наук / Храновська Катерина Миколаївна. – Київ : Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, 2009. – 21 с.
9. Коваль, Ю. Н. Кристаллическая структура металлов и сплавов / Ю. Н. Коваль, О. М. Барабаш. – Киев : Наукова Думка, 1986. – 599 с.

УДК 631.358.459(088.8)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРУТКОВЫХ ЭЛЕВАТОРОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ КЛУБНЕНОСНОГО ПЛАСТА

Воронков Владимир Витальевич, ст. преподаватель кафедры «Тракторы и сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д.К. Беляева.

153022, г. Иваново, ул. Ташкентская, д. 77.

E-mail: voronkov58@list.ru

Ключевые слова: прутковый, элеватор, сепарация, почва, битер, фартук, траектория.

Цель исследования – повышение сепарирующей способности прутковых элеваторов картофелеуборочных машин за счет предварительного разрушения клубненосного пласта. Для этого необходимо интенсифицировать процесс сепарации почвы прутковыми элеваторами уборочных машин. Поставленную задачу можно решить путем разрушения почвенных комков, находящихся в клубненосном пласте, до сепарируемых размеров. Прутковый элеватор вследствие недостаточной площади активной зоны полностью решить эту проблему не способен. В связи с этим в статье рассматривается использование дополнительных устройств, служащих для деформации клубненосного пласта на стадии его схода с рабочих органов подкапывающих секций картофелеуборочных машин. Наиболее оптимальным способом разрушения почвенных комков является динамическое воздействие на них со стороны рабочих органов таких устройств. Предложена конструкция активного битера с гибкими прутками, на которые посажены шарообразные ударники, имеющие эластичную поверхность. Это позволяет обеспечить процесс разрушения почвенных комков с наименьшими усилиями и деформациями, что минимизирует повреждаемость клубней