

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЕЙ ХВГ, Х18Н10Т И ТИТАНА ВТ-1 ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ УСКОРИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МАГНЕТРОННОЙ ПУШКИ С ВТОРИЧНО-ЭМИССИОННЫМ КАТОДОМ

*А.Н. Довбня, В.В. Закутин, Н.Г. Решетняк, В.П. Ромасько, И.А. Чертищев
В.М. Ажжажа*, А.Н.Аксенова*, С.Д. Лавриненко*, А.П. Свиначенко**

*Научно-исследовательский комплекс «Ускоритель»,
Институт физики твёрдого тела, материаловедения и технологий ННЦ ХФТИ,
Харьков, Украина*

Представлены результаты металлографического исследования поверхности сталей ХВГ, Х18Н10Т и титана ВТ-1 после их облучения трубчатым электронным пучком ускорителя, в котором используется магнетронная пушка с холодным медным вторично-эмиссионным катодом. Показано, что на данном ускорителе можно получать электронный пучок с параметрами, необходимыми для целенаправленной модификации поверхности металлов и сплавов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое распространение получили методы обработки материалов концентрированными потоками энергии (электронными пучками, лазерным облучением, ионной имплантацией) [1-5]. Это дает возможность целенаправленно изменять структурно-фазовое состояние в приповерхностных слоях и соответственно изменять структурно-зависимые свойства облученных материалов. При взаимодействии концентрированных потоков электронов, ионов и фотонов с поверхностью твердого тела имеет место целый комплекс процессов – высокоскоростной нагрев, оплавление, испарение, выброс плазмы и нейтральных частиц с поверхностного слоя, генерация динамических напряжений в твердом теле, распространение ударных волн, перенос и перераспределение вакансий и примесей.

Все эти процессы существенным образом зависят от величины удельного энерговыделения, которое определяется сортом бомбардирующих частиц и энергией применяемых пучков. Использование ионных пучков требует довольно сложного в эксплуатации оборудования. Лазерные пучки имеют сравнительно малый коэффициент полезного действия. Применение концентрированных электронных пучков является более удобным для поверхностной обработки материалов, так как они имеют более высокий КПД преобразования запасаемой электрической энергии в энергию пучка, большую надежность, высокую степень регулирования параметров пучка, меньшую стоимость оборудования. В отличие от лазерного электронного пучка практически полностью поглощается облучаемым материалом, что делает его очень удобным инструментом не только для исследований, но и для практического применения [1, 5, 6].

В работе [1] показано, что для модификации поверхности металлов и сплавов оптимальные параметры электронного пучка имели следующие значения: энергия электронов 50...200 кэВ, удельная мощность на поверхности обрабатываемого материала 1...5 МВт/см², плотность энергии за один им-

пульс 15...80 Дж/см², длительность импульса 5...50 мкс. При таких параметрах пучка глубина модифицированного слоя составляла ~10...100 мкм.

Целью данной работы было исследование возможности целенаправленной модификации поверхности металлов и сплавов при ее облучении электронным пучком ускорителя, в котором используется магнетронная пушка с холодным металлическим вторично-эмиссионным катодом и параметры пучка которого находятся в области вышеуказанных оптимальных значений.

МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИССЛЕДУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

На рис. 1 показана принципиальная схема ускорителя электронов, в котором используется магнетронная пушка с холодным металлическим вторично-эмиссионным катодом.

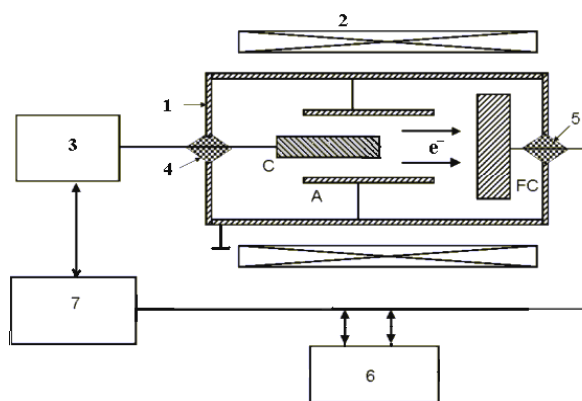


Рис. 1. Принципиальная схема ускорителя электронов с магнетронной пушкой, в которой используется холодный металлический вторично-эмиссионный катод:

*1 – вакуумная камера; С – катод; А – анод;
2 – соленоид; FC – цилиндр Фарадея; 3 – высоковольтный импульсный генератор; 4 – высоковольтный ввод;
5 – вакуумированный разъем; 6 – компьютерная измерительная система; 7 – блок синхронизации*

Основными узлами ускорителя являются:

Магнетронная пушка, состоящая из катода С и анода А, размещенных в вакуумной камере (1), давление в которой перед началом эксперимента составляет $\sim 10^{-6}$ Торр. Анод через резистор (на рисунке не показано) заземлен. Он представляет собой полый цилиндр из нержавеющей стали с внутренним диаметром 78 и длиной 140 мм. Катод С - медный цилиндр диаметром 40 и длиной 85 мм. Продольное магнитное поле для генерации и транспортировки электронного пучка магнетронной пушки создается четырехсекционным соленоидом (2), который размещается снаружи вакуумной камеры. Соленоид питается от источника постоянного тока (на рисунке не показан). Амплитуду и продольное распределение магнитного поля, создаваемого соленоидом, можно регулировать путем изменения величины тока в его секциях.

Устройство мишени, на котором размещаются и закрепляются облучаемые образцы, находится в вакуумной камере и располагается на торцевой части цилиндра Фарадея (ФС), которая во время облучения образцов охлаждается водой. Торцевая часть ФС изготовлена из нержавеющей стали и находится на расстоянии ~ 100 мм от торцевой поверхности анода. Высоковольтный импульсный генератор (3), соединен с помощью высоковольтного ввода (4) с катодом С, а цилиндр Фарадея через вакуумированный разъем (5) соединен с компьютерной системой (6), обрабатывающей результаты измерений параметров импульса напряжения и тока пучка на цилиндре Фарадея и выводящей полученные данные измерений на экран компьютера. Блок синхронизации (7) задает работу импульсного генератора и компьютерной системы.

В схеме высоковольтного импульсного генератора (рис. 2) используются полные разряды накопительных емкостей C_1 и C_2 , которые подаются на первичную обмотку импульсного трансформатора Тр. Вторичная обмотка импульсного трансформатора соединена с катодом, что обеспечивает получение на нем импульса напряжения специальной формы с амплитудой выброса 190 кВ, длительностью спада выброса $\sim 0,6$ мкс. Амплитуда плоской части импульса напряжения составляет ~ 150 кВ, ее длительность ~ 15 мкс, частота следования импульсов - 2 Гц.

Принцип работы описанной магнетронной пушки основан на вторично-эмиссионном размножении электронов и получении электронного пучка в скрещенных электрическом и магнитном полях. При этом образуется электронный пучок трубчатой формы.

Схема ускорителя электронов на основе магнетронной пушки с холодным металлическим вторично-эмиссионным катодом и работа отдельных его узлов более подробно описаны в работе [7].

Перед облучением материалов на данном ускорителе было проведено исследование формирования электронного пучка в зависимости от величины импульса напряжения на катоде, величины и распределения магнитного поля вдоль оси магнетрон-

ной пушки. Определена зависимость тока пучка на цилиндре Фарадея от распределения магнитного поля вдоль канала транспортировки. Погрешность измерений составляла 1...2 %. Выбраны оптимальные режимы работы ускорителя.

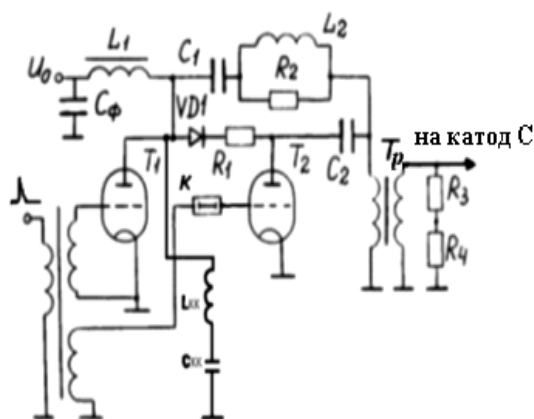


Рис. 2. Схема питающего высоковольтного импульсного генератора

В качестве исследуемых материалов были взяты нержавеющие стали марок X18H10T, ХВГ и титан ВТ1. Выбор этих сталей обусловлен тем, что они широко применяются в промышленности и свойства их поверхности после облучения потоком заряженных частиц, а также электронными пучками, уже изучены в ряде работ. Титан был выбран исходя из тех соображений, что характеристики поверхности чистого титана ВТ1 и целого ряда сплавов на его основе ВТ6, ВТ8М, ВТ9 уже исследовались после облучения потоком заряженных частиц, в том числе электронными пучками ускорителя [4,8]. Сопоставление результатов, полученных в этих работах, с нашими данными позволяют оценить возможности используемого нами ускорителя.

Для проведения эксперимента были приготовлены четыре серии образцов. Каждая серия содержала сплавы X18H10T, ХВГ и титан ВТ1. Образцы представляли собой сегменты круга радиусами 25, 30 и 30 мм соответственно и толщиной 9 мм каждый.

Две серии образцов подвергались облучению тремя импульсами, две другие – пятнадцатью.

Поперечные размеры пучка определялись по отпечатку на облученных образцах и торцевой поверхности цилиндра Фарадея (рис. 3).

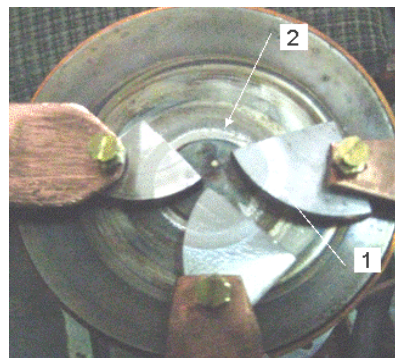


Рис. 3. Отпечаток пучка на мишенях (1) и цилиндре Фарадея (2)

Морфология поверхности облученных образцов и глубина кратеров, образованных под действием электронного луча, изучались с помощью оптического микроскопа МИМ-8.

Измерение микротвердости поверхности образцов проведено на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100 г. При измерении микротвердости на каждом образце делалось по 3 дорожки, после чего были построены графики зависимости микротвердости облученной и необлученной области от расстояния.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали эксперименты, при напряжении на катоде ~120 кВ, длительности импульса 10 мкс и частоте следования импульсов 2 Гц магнетронная пушка формирует электронный пучок, ток которого равен 125 А с плотностью мощности на мишени ~4 МВт/см² и плотностью энергии ~ 5 Дж/см². Амплитуда выброса начального напряжения составляет ~190 кВ, длительность его спада ~ 0,6 мкс.

Типичные для выбранного режима облучения образцов осциллограммы импульсов напряжения (U) на катоде и тока пучка (In) на цилиндре Фарадея показаны на рис. 4.

При вышеуказанных параметрах формирование пучка начинается от величины магнитного поля ~1400 Э и сохраняется до значения ~1600 Э. Ширина зоны генерации электронного пучка по магнитному полю ΔH составляет ~200 Э, что позволяет в достаточно широких пределах регулировать как размеры сечения пучка, так и удельную мощность на облучаемой поверхности. Это является важной характеристикой ускорителя при его использовании в экспериментальных и технологических целях.

Визуальное изучение границ отпечатка между облученной и необлученной поверхностями на мишенях и цилиндре Фарадея показывает, что они имеют четкие очертания (см. рис.4). Это свидетельствует о достаточно высокой азимутальной однородности пучка. Данное утверждение хорошо согласуется с результатами работы [7].

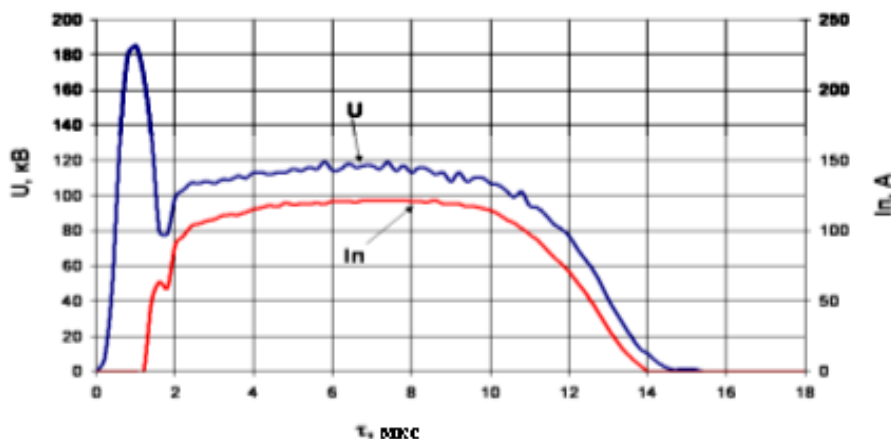


Рис. 4. Осциллограммы импульсов напряжения (U) на катоде и тока пучка (In) на цилиндре Фарадея

На рис. 5-7 показаны микрофотографии необлученных и облученных электронным пучком с энергией 120 кэВ и плотностью мощности ~3 МВт/см² (плотность энергии ~30 Дж/см²) в импульсе поверхностей сталей X18H10T, ХВГ и титана ВТ-1 при воздействии 3 и 15 импульсами. Ширина облученной области зависела от количества поданных на поверхность импульсов (N=3 и 15).

На рис. 5, а,б, 6, а,б, 7, а,б представлены поверхности границы раздела облученной и необлученной областей при увеличении в 50 раз, где а - соответствует 3 импульсам воздействия, б - 15. На рис. 6, в,г, 7, в,г, 8, в,г - области внутри облученной поверхности при увеличении в 160 раз, где в - соответствует 3 импульсам воздействия, г - 15.

Анализ приведенных микрофотографий показывает, что облучение электронами поверхностей сталей X18H10T и ХВГ вызывает существенные изменения в структуре их приповерхностного слоя. Уже при 3 импульсах воздействия отчетливо видно изменение рельефа поверхности, вызванное ее плавлением и интенсивным испарением (см. рис. 6,а и 7,а). На участках внутри облученной области (см. рис. 6,в, 7,в) даже при небольшом увеличении (×160)

видно образование кратеров и характерных вокруг них валиков, что связано с выбросом материала и выходом на поверхность газов и наиболее летучих элементов с приповерхностного слоя. Поверхность между кратерами характеризуется шероховатостью и волнистостью. Увеличение количества импульсов до 15 и связанное с этим увеличение переданной энергии приводит к уменьшению плотности кратеров (см. рис. 6,б и 7,б), шероховатость и волнистость между ними сглаживаются (см. рис. 6,г и 7,г). Диаметр кратеров, наблюдаемых на поверхности облученных сталей X18H10T и ХВГ при 3 импульсах приблизительно одинаков и равен ~200 мкм, глубина их 12...20 мкм и 13...18 мкм соответственно. А при 15 импульсах диаметр кратеров уже отличается - для стали X18H10T он равен ~400 мкм, а для стали ХВГ - ~600 мкм, их глубина соответственно 10...27 и 11...67 мкм. Подобные картины морфологии облученных поверхностей уже наблюдались в вышеуказанных работах [4, 6, 9], что подтверждает возможность используемого нами ускорителя для изменения характеристик приповерхностного слоя и возможности целенаправленной его модификации.

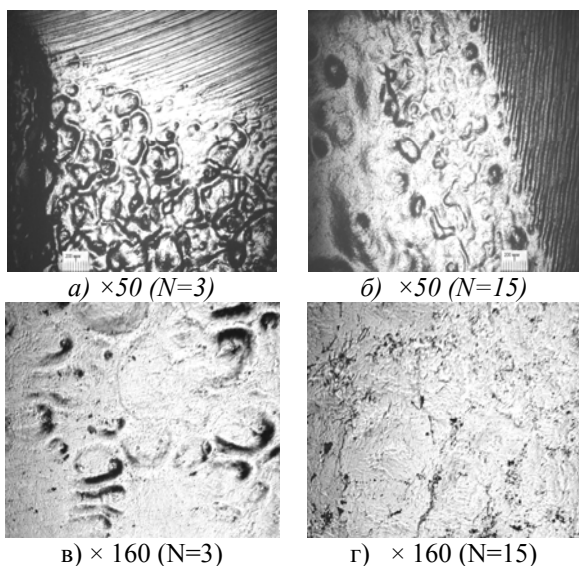


Рис. 5. Граница раздела необлученной и облученной электронным пучком с энергией ~ 120 кэВ и плотностью мощности ~ 3 МВт/см² (~ 30 Дж/см²) поверхности стали X18H10T при 3 (а) и 15 (б) импульсах воздействия ($\times 50$), и участок внутриоблученной области при 3 (в) и 15 (г) импульсах воздействия ($\times 160$)

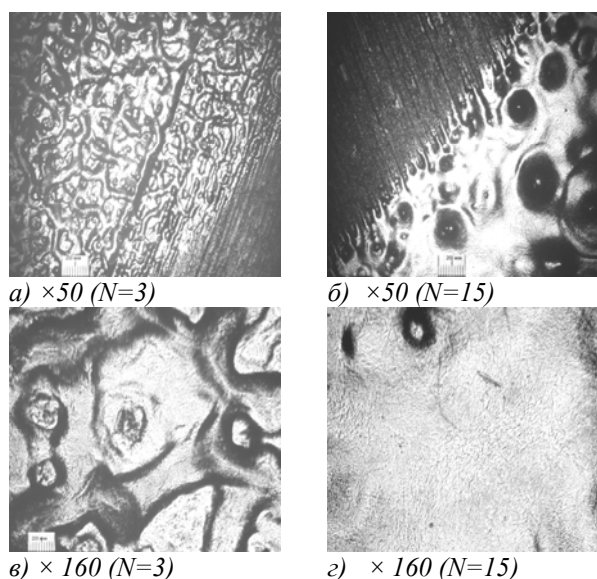


Рис. 6. Граница раздела необлученной и облученной электронным пучком с энергией 120 кэВ и плотностью мощности ~ 3 МВт/см² (~ 30 Дж/см²) поверхности стали ХВГ при 3 (а) и 15 (б) импульсах воздействия ($\times 50$), и участок внутриоблученной области при 3 (в) и 15 (г) импульсах воздействия ($\times 160$)

Исследование микрофотографий поверхностей облученного титана VT-1 показывает, что 3 импульса облучения приводит к существенному сглаживанию шероховатости поверхности (см. рис. 7,а), при большем увеличении (см. рис. 7,в) облученная область напоминает полированную поверхность.

При воздействии 15 импульсами на поверхности облученной области наблюдается сильное измене-

ние ее морфологии и можно выделить зону, близкую к границе раздела необлученной и облученной поверхностей, которая характеризуется мелкозернистой полиэдрической структурой, характерной для α -твердого раствора титана, и область с четкой игольчатой (пластинчатой) мартенситной структурой, обозначаемой обычно как α' (см. рис. 7,б). На рис. 7,г при большем увеличении мартенситная структура видна очень четко.

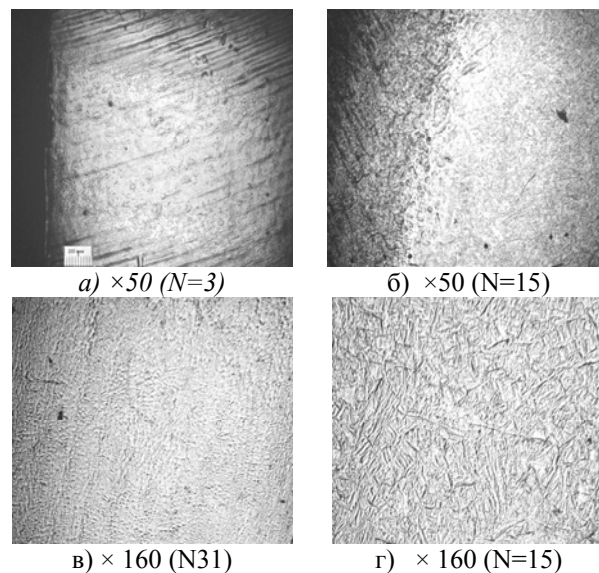
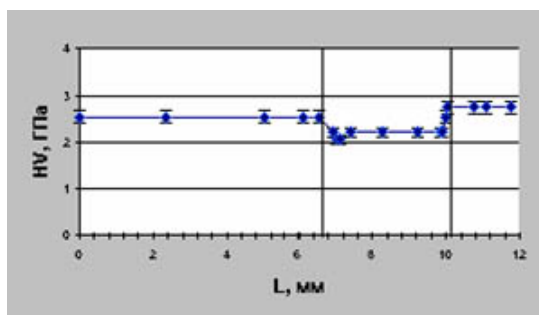


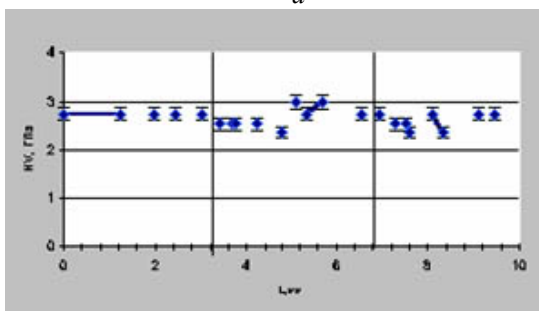
Рис. 7. Граница раздела необлученной и облученной электронным пучком с энергией 120 кэВ и плотностью мощности ~ 3 МВт/см² (~ 30 Дж/см²) поверхности титана VT-1 при 3 (а) и 15 (б) импульсах воздействия ($\times 50$), и участок внутри облученной области при 3 (в) и 15 (г) импульсах воздействия ($\times 160$)

На рис. 8-10 представлены зависимости изменения микротвердостей сталей X18H10T, ХВГ и титана VT-1 от координаты на облученной (выделено в центре вертикальными линиями) и необлученной областях поверхности при 3 (а) и 15 (б) импульсах воздействия электронным лучом.

На зависимостях изменения микротвердости стали X18H10T при 3 и 15 импульсах воздействия (см. рис.8, а,б) видно, что ее значения в облученной области изменяются. При воздействии 3 импульсами (см. рис. 8,а) значение микротвердости во всей облученной области в пределах погрешности измерения одинаково, равно 2,2 ГПа, и уменьшено по сравнению с микротвердостью в необлученной области приблизительно на 20 %. При облучении 15 импульсами изменение значения микротвердости носит более сложный характер. Со стороны меньшего радиуса пучка (левая сторона выделенной центральной области (см. рис. 8,б) значения микротвердости уменьшены приблизительно на 15 % от значения в необлученной области, далее значение микротвердости увеличивается и в пределах погрешности измерения достигает значений, характерных для необлученной области.

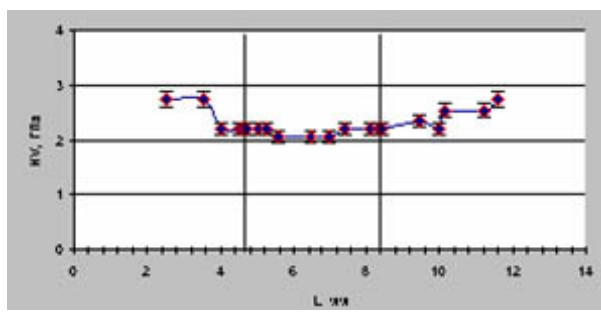


а

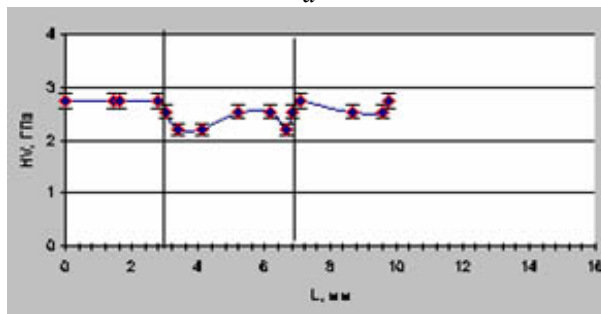


б

Рис. 8. Изменение микротвердости (HV) стали X18H10T от расстояния на облученной (выделено в центре вертикальными линиями) и необлученной областях поверхности при 3 (а) и 15 (б) импульсах воздействия электронным пучком

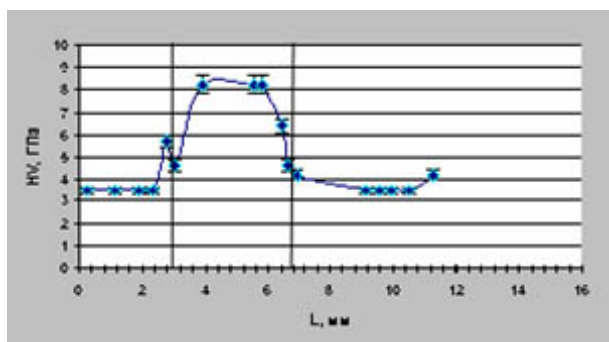


а

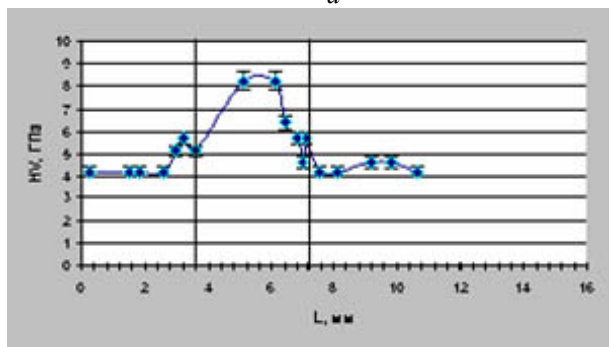


б

Рис. 10. Изменение микротвердости (HV) титана VT-1 от расстояния на облученной (выделено в центре вертикальными линиями) и необлученной областях поверхности при 3 (а) и 10 (б) импульсах воздействия электронным пучком



а



б

Рис. 9 Изменение микротвердости (HV) стали XBG от расстояния на облученной (выделено в центре вертикальными линиями) и необлученной областях поверхности при 3 (а) и 15 (б) импульсах воздействия электронным пучком

Наблюдаемое нами уменьшение микротвердости нержавеющей аустенитной стали X18H10T характерно для сталей этого типа при их закалки обычным способом, когда наблюдается недогрев или недостаточно интенсивное охлаждение [12].

Различное изменение микротвердости, наблюдаемое при 3 и 15 импульсах, может быть связано с различным количеством переданной энергии облученной поверхности и некоторой возможной неоднородностью пучка (правая часть выделенной центральной области (см. рис. 8,б).

Таким образом, полученные изменения микротвердости показывают, что при соответствующем выборе режимов облучения нержавеющей аустенитных сталей может быть получена закалка поверхности, которая будет смягчающей термической операцией, вызывающей увеличение ее пластичности.

Облучение поверхности стали XBG электронным пучком приводит к значительному увеличению ее микротвердости. На рис. 9,а видно, что даже при 3 импульсах воздействия микротвердость увеличивается от значения 3,5 ГПа в необлученной области) до 8,2 ГПа в облученной. Воздействие 15 импульсами (см. рис. 9,б) не приводит к дальнейшему изменению микротвердости. Наблюдаемая особенность поведения изменения микротвердости инструментальной легированной стали XBG уже отмечалась в работе [9]. Полученные значения микротвердости при облучении электронным лучом совпадают со значениями, получаемыми в условиях оптимальной термической обработки [12]. Однако наблюдаемые кратеры на облученной поверхности указывают на необходимость выбора более оптимальных режимов облучения.

Из рис.10, а,б видно, что микротвердость титана VT-1 при тех же режимах облучения, что и для сталей X18H10T и XBG уменьшается как при воздействии 3 импульсов, так и 15. В случае воздействия 3 импульсов значение микротвердости во всей облу-

ченной области в пределах погрешности измерения одинаково и равно 2 ГПа (в необлученной области ~2,6 ГПа). При облучении 15 импульсами в области меньшего радиуса пучка (левая сторона выделенной центральной области, рис.10, б) значения микротвердости уменьшаются до значений ~ 2 ГПа, в области большего радиуса пучка (правая сторона выделенной центральной области) увеличивается до значений 2,5 ГПа. Уменьшение микротвердости поверхности облученного титана характерно для полученного титанового мартенсита α' [12]. Увеличение микротвердости при закалке, в том числе и с использованием электронных пучков, можно ожидать у титановых сплавов, имеющих $\alpha+\beta$ либо β -исходную структуру после охлаждения на воздухе. Увеличение микротвердости и прочности связывается с образованием у них при закалке ω -фазы, которая в нашем сплаве не может присутствовать, так как в составе сплава ВТ-1 нет в достаточном количестве элементов, стабилизирующих β -фазу.

Таким образом, проведенные исследования показали, что рабочие характеристики электронного пучка, получаемого на данном ускорителе электронов, в котором используется магнетронная пушка с холодным металлическим вторично-эмиссионным катодом, находятся в пределах параметров электронных пучков ускорителей, применяемых в настоящее время для облучения металлов и сплавов. Металлографическое изучение облученной поверхности материалов подтвердило возможность ее целенаправленной модификации.

Простота конструкции ускорителя, потенциально большой срок его службы, высокая плотность тока в пучке и ее высокая азимутальная однородность, возможность регулировать параметры электронного пучка в достаточно широких пределах делают данный ускоритель удобным инструментом в различных экспериментальных исследованиях и технологических применениях.

ВЫВОДЫ

1. На ускорителе, в котором используется магнетронная пушка с холодным медным вторично-эмиссионным катодом, получен электронный пучок с параметрами: энергией электронов 120...140 кэВ, длительностью импульса 10 мкс, плотностью мощности до 4 МВт/см², плотностью энергии ~35 Дж/см² и частотой посылок 2 Гц.

2. Показано, что выбранные характеристики электронного пучка позволяют при облучении поверхности сталей X18N10T, ХВГ и титана ВТ-1 вызывать оплавление приповерхностного слоя, изменять его структуру, уменьшать величину зерна, изменять значения микротвердости.

3. Для оптимальной модификации поверхности различных металлов и сплавов необходимо проводить исследования результатов различных режимов облучения.

4. Ускоритель с данными параметрами электронного пучка может быть рекомендован для целенаправленного модифицирования поверхности металлов и сплавов и применен в различных исследовательских и технологических целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Engelko, G. Mueller, A. Andreev, et al. Pulsed electron beam facilities (GESA) for surface treatment of materials. Tenth international conference on applied charged particle accelerators in medicine and industry// *Proceeding. Russia, Saint-Petersburg, 1-4 October, 2001*, p. 412-417.

2. В.П. Табаков, А.В. Рандин. Применение импульсной лазерной обработки для повышения работоспособности быстрорежущего инструмента с многослойными покрытиями // *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2005, № 1, с. 32.

3. А.П. Гопкало, А.В. Трапезон, А.В. Рутковский. Модифицирование поверхности материалов низкоэнергетическим ионным воздействием // *Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов в машиностроении, ОТТОМ-2*. Харьков, 2001, ч. 2, с. 94-98.

4. А.Б. Белов, А.В. Крайников, В.И. Энгелько, К.И. Ткаченко, Г.Е. Ремнев и др. Перспективы применения концентрированных импульсных потоков энергии для изготовления и ремонта деталей машин // *Двигатель*. 2006, № 1 (43).

5. N.G. Reshetnyak, A.N. Dovbnya, V.V. Zakutin, et al. The electron accelerator based on the secondary-emission source material – surface treatment // *Abstracts XX th Russian Conference on Charged Particle Accelerators. Russia, Novosibirsk, 10-14 September*, p. 108.

6. И.М. Неклюдов, В.Б. Юферов, Л.Г. Сороковой, О.С. Друй, Н.А. Косик, Е.В. Муфель, И.В. Буравилов, В.И. Ткачев, А.Н. Пономарев. О некоторых процессах при взаимодействии мощного импульсного электронного пучка с поверхностями твердых тел // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Плазменная электроника и новые методы ускорения»*. 2003, № 4, (3), с. 326-328.

7. А.Н. Довбня, В.В. Закутин, Н.Г. Решетняк и др. Исследование азимутальной однородности электронного пучка в магнетронной пушке с вторично-эмиссионным катодом // *Вестник Харьковского Национального университета. Серия физическая «Ядра, частицы, поля»*. 2004, № 642, в. 3(25), с. 91-96.

8. М.Ф. Ворогушин, В.А. Глухих, Г.Ш. Манукян и др. Пучковые и ионно-плазменные технологии // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»*. 2002, № 2, с. 101-109.

9. В.В. Уваров, В.Ф. Клепиков, В.В. Литвиненко, А.Г. Пономарев, В.И. Шеремет. Модификация свойств поверхностных слоев сталей и сплавов сильноточными РЭП микросекундной длительности // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»*. 2003, № 6, с.120-123.

10. В.А. Шулов, А.Г. Пайкин, А.Б. Белов, А.Ф. Львов, В.И. Энгелько и др. Применение сильноточных импульсных пучков для модификации свойств деталей из (А+В)-титановых сплавов // *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2005, № 11, с. 67.

11. В.А. Шулов, А.Г. Пайкин, А.Б. Белов, А.Ф. Львов, В.И. Энгелько и др. Применение сильноточных импульсных пучков для модификации свойств деталей из (А+В)-титановых сплавов // Уп-

рочняющие технологии и покрытия. 2005, № 12, с. 12.

12. А.П. Гуляев. *Металловедение*. М.: «Металлургия», 1978, с.306-307, 439, 417, 514.

Статья поступила в редакцию 05.09.2008 г.

ВИВЧЕННЯ ПОВЕРХНІ СТАЛЕЙ ХВГ, Х18Н10Т ТА ТИТАНУ ВТ-1 ПІСЛЯ ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОНИМ ПУЧКОМ ПРИСКОРЮВАЧА НА ОСНОВІ МАГНІТРОННОЇ ГАРМАТИ З ВТОРИННО-ЕМІСІЙНИМ КАТОДОМ

А.М. Довбня, В.В. Закутін, М.Г. Решетняк, В.П. Ромас'ко, І.А. Чертіщев, В.М. Ажжажа, Г.М. Аксьонова, С.Д. Лавриненко, О.П. Свинаренко

Наведені результати металографічного дослідження поверхні сталей ХВГ, Х18Н10Т та титану ВТ-1 після їх опромінення трубчастим електронним пучком прискорювача, в якому використовується магнетронна гармата з холодним мідним вторинно-емісійним катодом. Показано, що на даному прискорювачі можливо одержувати пучок електронів з параметрами, необхідними для цілеспрямованої модифікації поверхні металів та сплавів.

INVESTIGATION OF THE SURFACE OF KhVG, Kh18N10T STEELS AND VT-1 TITANIUM AFTER IRRADIATION WITH ELECTRON BEAM OF THE ACCELERATOR BASED ON THE MAGNETRON GUN WITH A SECONDARY-EMISSION CATHODE

A.N. Dovbnya, V.V. Zakutin, N.G. Reshetnyak, V.P. Romas'ko, I.A. Chertishchev, V.M. Azhazha, A.N. Aksyonova, S.D. Lavrinenko, A.P. Svinarenko

Results of metallographic investigation of the surface of KhVG, Kh18N10T steels and VT-1 titanium after irradiation with a pipe electron beam of the accelerator based on the magnetron gun with a copper secondary-emission cathode are presented. It has been shown that this accelerator can provide an electron beam with parameters required for a purposeful modification of the surface of metals and alloys.