

Національна академія наук України
Відділення ядерної фізики та енергетики
Національний науковий центр
«Харківський фізико-технічний інститут»
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
National Academy of Sciences of Ukraine
Department of Nuclear Physics and Energy
National Science Center «Kharkov Institute of Physics and Technology»
V.N. Karazin Kharkiv National University

5-а Міжнародна конференція
«ВИСОКОЧИСТІ МАТЕРІАЛИ:
ОТРИМАННЯ, ЗАСТОСУВАННЯ, ВЛАСТИВОСТІ»,
присвячена пам'яті академіка В.М. Ажажі

10–13 вересня 2019 року
м. Харків, Україна

МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

The 5-th International Conference
«HIGH PURITY MATERIALS:
PRODUCTION, APPLICATION, PROPERTIES»
Dedicated to memory of Academician V.M. Azhazha

September 10–13, 2019
Kharkiv, Ukraine

PROCEEDINGS

Харків
2019

УДК 669.2; 538.9

5-а Міжнародна конференція «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості». 10–13 вересня 2019 р. м. Харків, Україна: Матеріали доповідей. – Харків: ННЦ ХФТІ, 2019. – 117 с.

До збірника матеріалів 5-ї Міжнародної конференції «Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості» (10–13 вересня 2019 р., м. Харків, Україна) увійшли тези доповідей, що надійшли до оргкомітету та були прийняті до опублікування.

Proceedings of the 5-th International Conference «High purity materials: Production, application, properties» (September 10–13, 2019, Kharkiv, Ukraine) includes theses of reports received by organizing committee and accepted for publication.

Схвалено Науково-технічною радою Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій ННЦ ХФТІ НАН України

Редакційна колегія:

*В.М. Воеводін, М.О. Азаренков, Г.П. Ковтун,
М.М. Пилипенко, О.П. Щербань*

Верстка збірника здійснювалася з оригіналів,
наданих авторами в електронному вигляді.

Тексти тез доповідей та їх назви в змісті відтворені мовами оригіналів,
в редакції, запропонованій авторами.

ЗМІСТ

ВЫСОКОЧИСТЫЙ ЦИНК ДЛЯ НИЗКОФОНОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ <i>Г.П. Ковтун, А.П. Щербань, Д.А. Соловьев, В.Д. Вирич, Ю.В. Горбенко</i>	8
ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ ЦИНКА МЕТОДОМ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ <i>А.П. Щербань, Г.П. Ковтун, Д.А. Соловьев, Ю.В. Горбенко, Т.Ю. Рудычева, Д.Г. Малыгин, И.В. Колодий, В.Д. Вирич</i>	10
ЦИРКОНИЙ ЯДЕРНОЙ ЧИСТОТЫ – ОСНОВА ПРОИЗВОДСТВА ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ С УЛУЧШЕННЫМИ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИМИ РАДИАЦИОННЫМИ И КОРРОЗИОННЫМИ СПЛАВАМИ <i>А.П. Мухачев, Н.Н. Пилипенко, Е.А. Харитонова</i>	12
ЭФФЕКТИВНЫЙ И ИДЕАЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ СУБЛИМАЦИИ Sm, Eu, Tm, Yb <i>А.И. Кравченко</i>	13
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН БИНАРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НИЗКОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ КОМПОНЕНТОВ В ТВЕРДОЙ α -ФАЗЕ <i>А.П. Щербань, О.А. Даценко</i>	14
ЕВОЛЮЦІЯ СТРУКТУРИ СПЛАВІВ Zr1%Nb ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ВМІСТУ ЗАЛІЗА <i>М.М. Пилипенко, А.О. Дробішевська, Ю.С. Стадник, М.М. Пилипенко мол., Р.Л. Василенко</i>	15
ЗОННОЕ РАФИНИРОВАНИЕ ЦИРКОНИЯ <i>О.Е. Кожевников, Н.Н. Пилипенко, Ю.С. Стадник, И.Г. Танцюра</i>	16
КОРОЗИЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЛАВУ Zr1%Nb ІЗ РІЗНИМ ВМІСТОМ ЗАЛІЗА <i>М.М. Пилипенко, А.О. Дробішевська, Ю.С. Стадник, В.А. Зуйок</i>	17
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК Ti-Zr-Ni КВАЗИКРИСТАЛЛОВ <i>С.В. Малыгин, В.В. Кондратенко, И.А. Копылец, С.В. Суровицкий, Е.Н. Зубарев, Ю.С. Богданов</i>	18
СТРУКТУРА И МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СПЛАВА Ti41Zr38,3Ni20.7 НА СТАЛИ EUROFER ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМОЙ <i>С.В. Малыгин, В.А. Махлай, С.В. Суровицкий, С.С. Геращенко, В.В. Кондратенко, И.А. Копылец</i>	20
РАЗВОРОТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ ОБРАЗЦОВ С ГЦК-СТРУКТУРОЙ <i>Е.Е. Бадиян, А.Г. Тонкопряд, О.В. Шеховцов, Е.В. Фтёмов, Р.В. Шуринов</i>	22
ВПЛИВ ВОДНЮ, ОРІЄНТАЦІЇ ГІДРИДІВ ТА ТЕМПЕРАТУРИ НА ОПІР МАЛОЦИКЛОВОЇ ВТОМИ ОБОЛОНОК ТВЕЛІВ ЗІ СПЛАВУ Zr-1%Nb <i>С.П. Кліменко, Т.П. Черняєва, В.М. Грицина, А.П. Редкіна</i>	24
ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕОРІЄНТАЦІЇ ГІДРИДІВ В ОБОЛОНЦІ (Zr-1%Nb) МАКЕТІВ ТВЕЛ ПІД ВНУТРІШНІМ ТИСКОМ ПРИ ВИПРОБУВАННІ, ЩО ІМІТУЄ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ВЯП І АВАРІЇ З ГРАНИЧНИМ НАГРІВАННЯМ ОБОЛОНОК ДО 410 °C <i>А.П. Редкіна, Т.П. Черняєва, В.М. Грицина, В.С. Красноруцький, Л.А. Петельгузов, О.О. Слабостицька</i>	25
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДНЮ НА ТЕРМІЧНУ ПОВЗУЧИСТЬ ОБОЛОНОК ТВЕЛІВ ЗІ СПЛАВУ Zr-1%Nb ПРИ ТЕМПЕРАТУРІ 410 °C МЕТОДОМ РЕЛАКСАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ <i>Т.П. Черняєва, С.П. Кліменко, В.В. Грудницький, В.М. Грицина, А.П. Редкіна</i>	27
УСТАНОВКА ДЛЯ ГІДРУВАННЯ ТА ТЕРМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ МАКЕТІВ ТВЕЛІВ ПІД ВНУТРІШНІМ ТИСКОМ <i>А.П. Редкіна, Т.П. Черняєва, В.М. Грицина, В.А. Долгий, В.О. Чуносков</i>	28
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ПЛАВКА ЦИРКОНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ <i>О.Е. Кожевников, Н.Н. Пилипенко, Ю.С. Стадник, В.Д. Вирич</i>	29

ВИРОБНИЦТВО ЦИРКОНІЮ ЗА МАГНІСТЕРМІЧНОЮ СХЕМОЮ З ВІТЧИЗНЯНОЇ СИРОВИНИ	
<i>М.М. Пилипенко, Т.Б. Янко, Ю.С. Стаднік</i>	30
e-IRRADIATION, TEMPERATURE, AND STRESS EFFECT ON CORROSION OF Zr-, Ni-Cr-, AND Fe-Cr-BASED ALLOYS NEAR THE WATER COOLANT SUPERCRITICAL TRANSITION	
<i>O.S. Bakai, V.M. Boriskin, M.I. Bratchenko, S.V. Dyuldya</i>	31
ЗАВИСИМОСТЬ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПЛОСКИХ ОБРАЗЦОВ ДВУМЕРНЫХ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ ЧИСТОГО Al ОТ РАЗМЕРА ЗЕРЕН И ТОЛЩИНЫ	
<i>Е.Е. Бадиян, А.Г. Тонкопряд, О.В. Шеховцов, Е.В. Фтёмов, Р.В. Шуринов</i>	33
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА НОВОГО КЛАССА МАТЕРИАЛОВ – ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫЕ СПЛАВЫ	
<i>В.Ф. Горбань, С.А. Фирстов, Н.А. Крапивка</i>	35
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ	
<i>В.Ф. Горбань, А.А. Андреев, Н.А. Крапивка, В.А. Столбовой, М.В. Карпец, И.В. Сердюк, С.А. Фирстов</i>	36
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЫЛЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА СВЕРХТВЕРДЫХ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ	
<i>В.Ф. Горбань, А.А. Андреев, Н.А. Крапивка, О.В. Соболев, И.В. Сердюк, М.В. Карпец, В.А. Столбовой, С.А. Фирстов</i>	37
СВОЙСТВА КАРБИДНЫХ И ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ	
<i>А.А. Андреев, В.Ф. Горбань, Н.А. Крапивка, И.В. Сердюк, М.В. Карпец, В.А. Столбовой, С.А. Фирстов, А.М. Чикрыжов</i>	39
ВОИДИОННЫЙ МЕХАНИЗМ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ДИФФУЗИИ В ВОЛЬФРАМЕ И МОЛИБДЕНЕ	
<i>Т.И. Мазилова, Е.В. Саданов, И.М. Михайловский</i>	40
МЕДЬ СО СТОЧНЫХ ВОД ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	
<i>А.А. Нестер</i>	41
INTERVAL ANALYSIS IN ASSESSING THE SAFETY AND RELIABILITY OF NUCLEAR POWER PLANT UNITS	
<i>O.V. Efimov, T.V. Potanina, T.O. Yesipenko, T.A. Garkusha, T.I. Berkutova</i>	43
ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПЕРСОНАЛУ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС	
<i>О.В. Єфімов, М.М. Пилипенко, Т.В. Потанина, Т.О. Єсіпенко, В.Л. Каверцев, Т.А. Гаркуша</i>	45
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ДИСЛОКАЦИОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УЛЬТРАЗВУКА В ЭКСТРУДИРОВАННОМ ЧИСТОМ ГАФНИИ	
<i>А.С. Булатов, П.Н. Вьюгов, В.С. Ключко, А.В. Корниец, О.Е. Кожевников, Д.Г. Мальхин, Т.С. Юркова, В.И. Спицына, П.А. Хаймович, Н.А. Шульгин</i>	47
MODIFICATION OF THE ALUMINUM ALLOY BY THE RADIATION AND MECHANICAL PROCESSING	
<i>S.Ye. Donets, V.V. Lytvunenko, V.F. Klepikov, Yu.F. Lonin, A.G. Ponomarev, S.Ye. Selivanov, R.I. Starovoytov, V.T. Uvarov</i>	49
ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В АТОМНОЙ И НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	
<i>Н.А. Азаренков, В.Е. Семенов, С.В. Литовченко, Н.Г. Стервеедов</i>	50
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Fe-Cr-Al, ЛЕГИРОВАННОГО Y, Mo И Zr	
<i>В.Н. Воеводин, В.А. Белоус, В.И. Коваленко, А.С. Куприн, В.Г. Маринин, В.Д. Овчаренко, А.Ю. Ростова, П.И. Стоев, М.А. Тихоновский, Г.Н. Толмачёва, А.С. Тортика</i>	52

МЕДЬ СО СТОЧНЫХ ВОД ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

А.А. Нестер

Хмельницкий национальный университет, Хмельницкий, Украина

E-mail: nesteranatol111@gmail.com

В Украине есть острая потребность в меди, которая используется очень широко в электротехнической промышленности и других отраслях. В то же время в Украине неизвестны разведанные месторождения медных руд. Перспективные и прогнозные ресурсы медных руд оценены: в Волынском регионе, на Донбассе и в Днепровско-Донецкой впадине в пределах Украинского щита в Средне-Приднепровском и Волынском регионах. Общие ресурсы руд Волынского района со средним содержанием меди 1,0% оцениваются в 28 млн. т металла. Все изложенное свидетельствует о недостатке залежей медных руд в Украине. Ежегодные потребности Украины в этом металле составляют приблизительно 120...140 тысяч т, двадцать процентов из которых обеспечиваются собственным медным утилем, а остальные потребности в виде черновой меди приходится завозить из соседних России и Польши.

В Украине минерально-сырьевая база цветной металлургии недостаточна, и много предприятий этой отрасли работают на привозном сырье или переплавляют утиль цветных металлов. При размещении этих предприятий также учитываются потребительский, транспортный и экологический факторы. Цветная металлургия является загрязнителем окружающей среды и главным источником поступления тяжелых металлов.

Специфика твердых отходов производства заключается в том, что в малых количествах они не оказывают заметного влияния на окружающую среду, а в больших сосредоточениях становятся экологическим бедствием. Поэтому в данное время во всем мире активно ведутся исследования и разработки техники и технологий для переработки и обезвреживания отходов. Проблема заключается в том, что доведение предложений до практической реализации в промышленности связано с многочисленными трудностями финансового, социального и технического характера.

Проблема утилизации отходов промышленного и бытового происхождения приобретает в данное время все более острый характер в связи с тем, что объемы генерирования отходов постоянно возрастают, тогда как темпы их переработки несравненно малы. В результате к настоящему времени накоплены сотни миллионов тонн разных твердых отходов, которые необходимо перерабатывать и обезвреживать. Масштабы ежегодного продуцирования и накопления твердых отходов требуют создания мощных перерабатывающих установок производительностью, измеренной миллионами тонн в год с их промышленным освоением. Это целесообразно осуществлять на базе уже имеющихся проектов, освоенных передовыми странами. Специфика твердых отходов производства заключается в том, что в малых количествах они не оказывают заметного влияния на окружающую среду, а в больших сосредоточениях становятся экологическим бедствием.

В то же время источником пополнения ресурсов утиля цветных металлов частично может стать производство плат и гальваники, где медь используется в качестве проводникового материала и стравливается в процессе подготовки поверхности к использованию (нанесение рисунка и стравливание).

Обследования показали, что предприятиями, которые занимаются изготовлением печатных плат сбрасывается в сточные воды целый спектр металлов – медь, железо, никель, хром и т.д. Так при годовой односменной работе линии травления печатных плат производительностью $14 \text{ м}^2/\text{ч}$ будет изготовлено почти 28000 м^2 заготовок, а количество выделенного металла (меди) составит приблизительно 14 т , что при цене 85 грн/кг составит $14000 \text{ кг} \cdot 85 \text{ грн/кг} = 1190000 \text{ грн}$. Или в долларовом эквиваленте $\$44000$.

Этот металл может быть повторно использован при использовании решений регенерации травильных растворов одновременно с основным процессом. Так количество металла, которое будет стравливаться при возобновлении промышленного производства плат может составить (при односменной работе и количестве линий в работе 350 шт.) $14000 \text{ кг} \cdot 350 = 4900000 \text{ кг} = 4900 \text{ т}$.

Негативной стороной производства печатных плат может стать образование шламов. Для примера рассмотрим состояние с образованием шламов при работе линий травления печатных плат. При производительности линии травления $14 \text{ м}^2/\text{ч}$ количество шламов за 8 ч работы достигнет величины более 110 кг , что при месячной односменной работе составит $2400 \dots 2500 \text{ кг}$.

Современные предприятия, которые в лучшее для производства время, вырабатывали приблизительно $4 \cdot 10^3 \text{ м}^2$ плат, накопили на своей территории по $1000 \dots 3000 \text{ т}$ и более в виде шламов, которые сохраняются в емкостях, полиэтиленовых мешках и попадают под действие атмосферных осадков. В процессе действия на них атмосферных осадков соли вымываются и переходят в грунт, поверхностные воды, загрязняя окружающую среду и повышая уровень экологической опасности. Поэтому регенерация растворов является основой для получения медного сырья и повышения экологической безопасности территорий производства плат.

5-а Міжнародна конференція
«Високочисті матеріали: отримання, застосування, властивості»,
присвячена пам'яті академіка В.М. Ажажі

10–13 вересня 2019 року
м. Харків, Україна

МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ

Відповідальні за випуск М.М. Пилипенко, Т.В. Сітнянська

Підписано до друку 28.08.19. Формат 60x84/16. Ризодрук.

Ум. друк. арк. 6,9. Обл.-вид. арк. 6,5. Тираж 130 прим. Замовлення №32.

Національний науковий центр
«Харківський фізико-технічний інститут»
61108, Харків, вул. Академічна, 1