Программа Президиума РАН
Отделение нанотехнологий и информационных технологий
Проект № 27.4
«Физические основы электронно-пучковой наноструктуризации металлов и сплавов »

Руководитель проекта: д.т.н. Коваль Николай Николаевич
Ответственный исполнитель проекта: д.ф.-м.н. Иванов Юрий Федорович

Учреждение Российской академии наук Институт сильноточной электроники Сибирского отделения РАН
634055, г.Томск, пр-т Академический, 2/3
тел.: (3822)491706 , факс: (3822)492410,
электронный адрес: koval@opee.hcei.tsc.ru

Цель проекта: **Формирование в поверхностных слоях металлов и сплавов нано- и субмикрокристаллической многофазной структуры в условиях сверхвысоких скоростей нагрева и охлаждения, инициированных действием импульсного электронного пучка в реакционно-способной среде; анализ закономерностей и механизмов эволюции их структурно-фазового состояния; исследование триботехнических и физико-механических свойства материалов, обработанных электронным пучком.**

Предлагаемые методы и подходы:

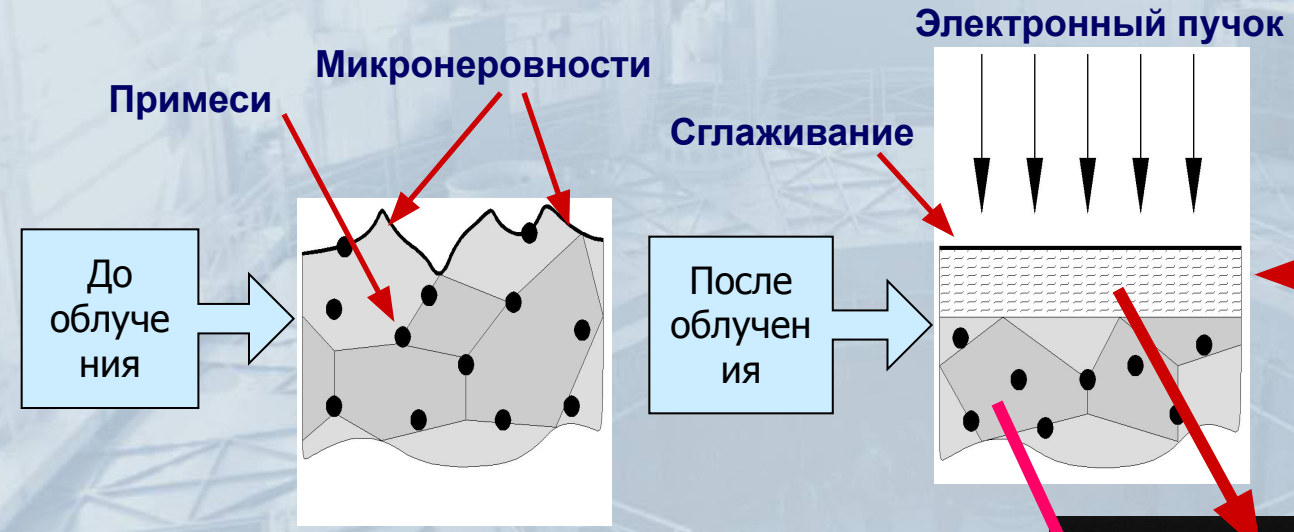
Создание поверхностных слоев с нанокристаллической зеренной структурой будет осуществляться путем:

- высокоскоростного ~10^8 К/с импульсного электронно-пучкового нагрева (вплоть до температуры плавления) тонкого ~10 мкм поверхностного слоя металлов и сплавов, металлокерамических и керамических материалов;
- насыщение расплава атомами реакционно-способного газа (азот, кислород, углерод) с образованием частиц вторых фаз;
- сверхбыстрого ~10^6 К/с охлаждения расплавленного слоя за счет теплопроводности холодной основы с осуществлением закалки модифицированного слоя из твердого и жидкого состояний.

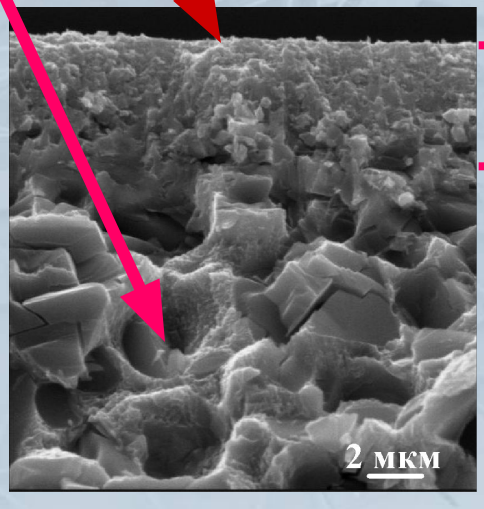
Ожидается, что формирующиеся поверхностные структуры будут обладать повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Для импульсного плавления поверхностного слоя будет использован разработанный и созданный авторами проекта плазменный источник интенсивных импульсных низкоэнергетических электронных пучков «SOLO» (eU=10-20 кэВ, τ=50-200 мкс, E=10-100 Дж/см^2), который по совокупности параметров не имеет аналогов. Это позволяет провести исследования в новой, неосвоенной области параметров.

Импульсная электронно – пучковая обработка, как метод модификации поверхности твердого тела



Высокоскоростные плавление и кристаллизация поверхностного слоя



Модифицированный слой толщиной до 5 мкм

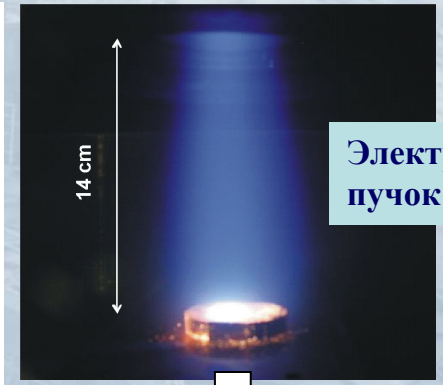
Основа

Достигаемые эффекты:

- высокоскоростные плавление и кристаллизация поверхностного слоя;
- очистка и сглаживание (полировка) поверхности;
- изменение (вплоть до наноразмерного) состояния структуры;
- увеличение физико-механических, электрофизических, триботехнических и других свойств поверхности.

Установка для электронно- пучковой обработки материалов “SOLO”, разработанная в ИСЭ СО РАН

Импульсный электронный источник с плазменным катодом



Электронный пучок

Результат электронно-пучковой полировки мед. имплантантов

Размер установки, мм^3: 1350×2150×2000
Размер вакуумной камеры, мм^3: 600×500×400
Ток пучка, А: 20-200
Энергия электронов, кэВ: 5-20
Длительность импульсов, мкс: 50-200
Частота повторения импульсов, Гц : 0.3-10
Максимально потребляемая мощность, кВт: 2.5-5
Рабочее давление, Па: 0.01–0.05
Диаметр автографа пучка, см : 1-3
Размеры манипулятора (область сканирования), мм : 200×200

Основные преимущества:

-высокая плотность энергии при низком ускоряющем напряжении;
-высокая энергетическая эффективность;
-широкий диапазон регулировки параметров;
-хорошая воспроизводимость импульсов;
-большой срок службы;
-малое время готовности;

Ожидаемые результаты:

- будет осуществлено компьютерное моделирование температурных полей, возникающих в металлах при воздействии импульсных интенсивных электронных пучков с целью оптимизации режимов электронно-пучковой обработки;
- будет проведена электронно-пучковая обработка сплавов на основе железа в широком диапазоне вариации параметров электронного пучка (плотности энергии, длительности и числа импульсов воздействия, давления реакционно-способного газа азота);
- будут выполнены исследования влияния условий импульсного электронно-пучкового воздействия и реакционно-способного газа на закономерности и механизмы формирования наноструктурных состояний поверхностного слоя сплавов на основе железа;
- будут определены, с учетом результатов исследований, оптимальные режимы электронно-пучковой обработки сплавов на основе железа, обеспечивающие заданный тип структуры и повышение физико-механических и триботехнических свойств поверхностного слоя.

Результаты исследований будут иметь мировой уровень новизны.