



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 субмикроструктурной 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:

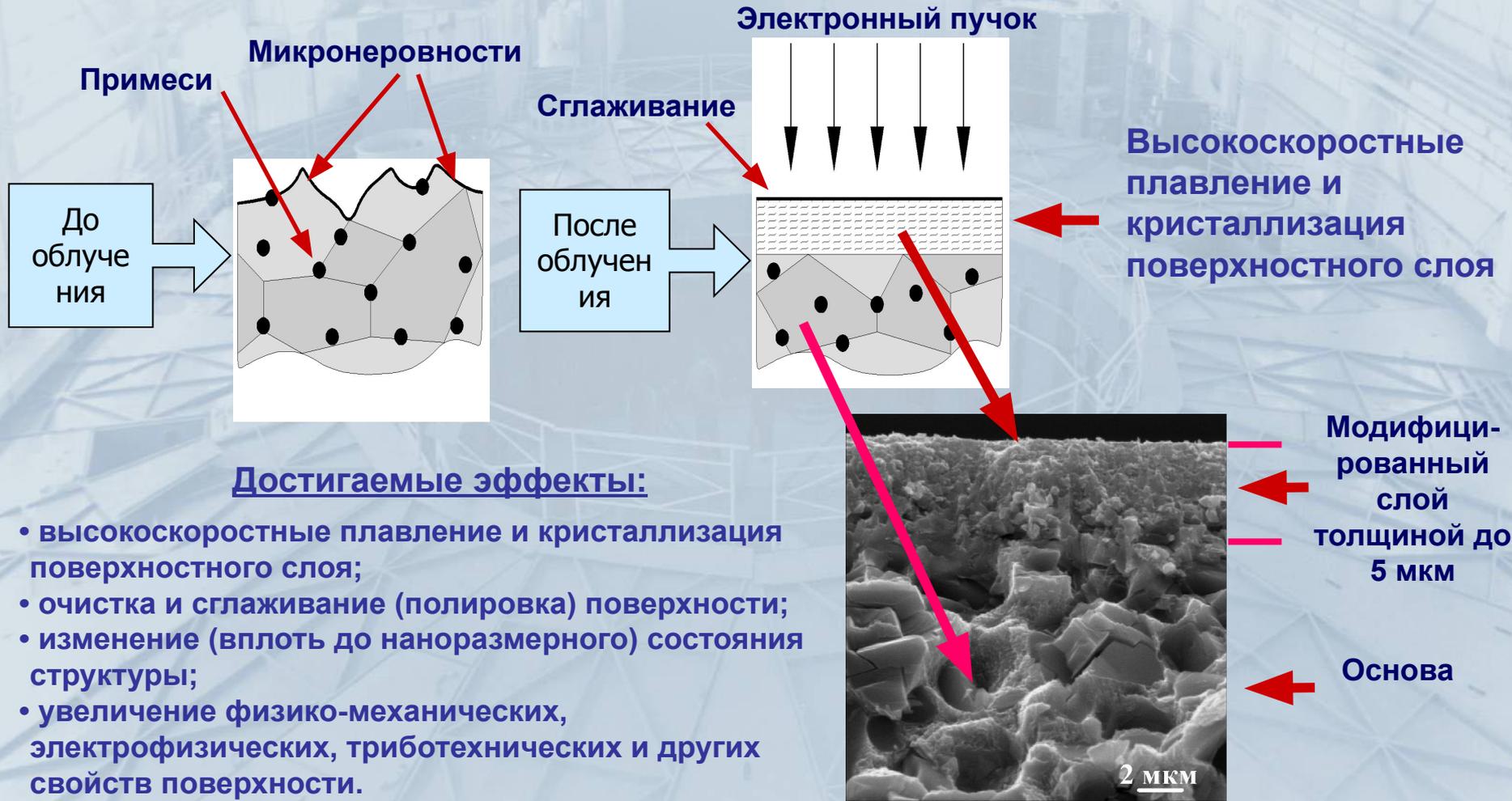
Создание поверхностных слоев с нанокристаллической зеренной структурой будет осуществляться путем:

- высокоскоростного $\sim 10^8$ 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 $\sim 10^6$ 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, $\tau=50-200$ мкс, $E=10-100$ Дж/см²), 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



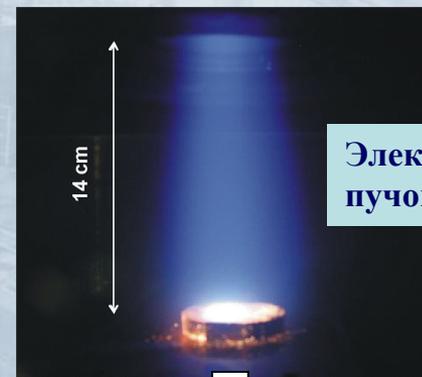
Установка для электронно-пучковой обработки материалов “SOLO”, разработанная в ИСЭ СО РАН



Размер установки, мм³: 1350×2150×2000
Размер вакуумной камеры, мм³: 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



Импульсный электронный источник с плазменным катодом



Электронный пучок



Результат электронно-пучковой полировки мед. имплантантов

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.