



Технологические проекты УМНОЦ, выполняемые в Институте физики металлов УрО РАН



Н.В. Мушников, директор ИФМ УрО РАН



Институту физики металлов – 90 лет!



А.Ф. Иоффе

ПРИКАЗ №5
по Ленинградскому Физико-техническому Институту
от 20 января 1932 г.

Выделяется с 1-го января с.г. с переходом на самостоятельный бюджет из состава ЛФТИ Группа Уральского Физико-технического Института в составе:

Группа 1. Магнитные и электрические явления.

Группа 2. Изучение механизма фазовых превращений

Группа 3. Изучение пластической деформации металлов

Группа 4. Электронография

...
Директор ЛФТИ

Академик А.Ф. Иоффе



М.Н. Михеев



Виталий Евгеньевич **Щербинин**
директор в 1986 – 1998 гг.



Владимир Васильевич **Устинов**
директор в 1998 – 2017 гг.



Сергей Васильевич **Вонсовский**



Виссарион Дмитриевич **Садовский**

ИФМ УрО РАН сегодня

- **705** сотрудников,
- **412** научных сотрудников,
- **85** докторов наук,
- **208** кандидатов наук.

Корпус гидроэкструзии



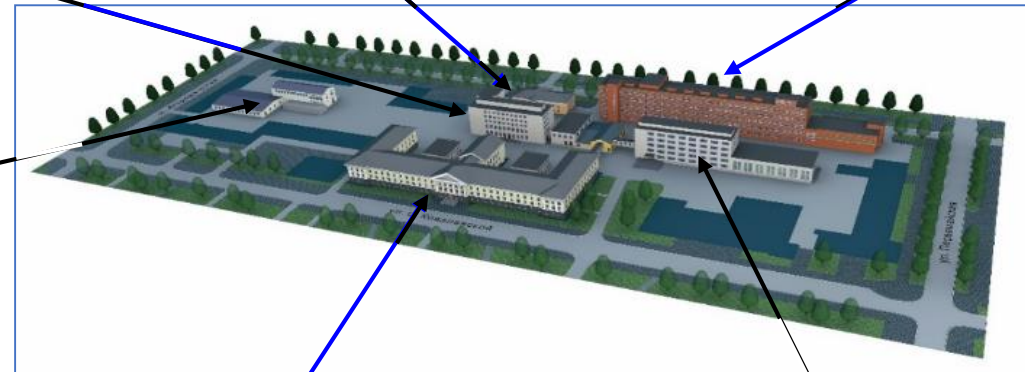
Корпус
прецизионных
сплавов



Корпус магнитных измерений



Корпус ускорителей



Главный корпус



Корпус эксперимен-
тальной базы

6 лабораторных корпусов, 9 зданий технических служб
общей площадью **40.000** кв. м.



Оборудование

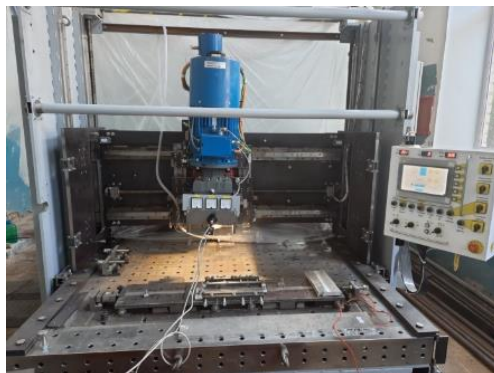
Гранты на обновление приборной базы 2019-2022 гг.



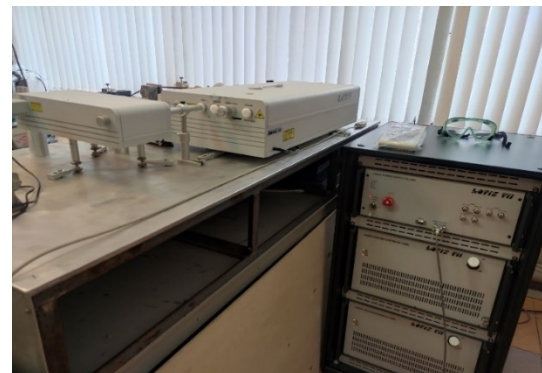
Синхронный термический анализ
STA 449 F3 Jupiter ДТА-ДСК-ТГА



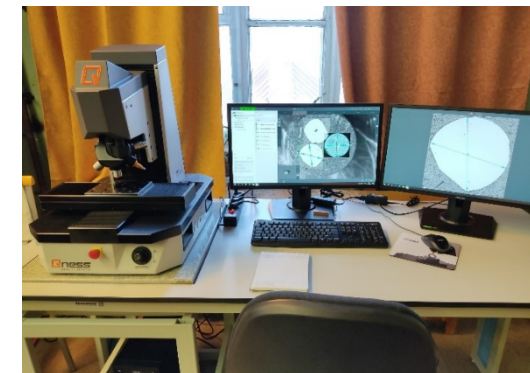
Лазерный виброметр
Polytec PSV-500-HV



Сварка трением
с перемешиванием



Лазерная система импульсного
лазерного осаждения



Микротвердомер
Qness Q10A+



Установка лазерной
фотолитографии DWL 66+



Сканирующий электронный микроскоп
TESCAN MIRA LMS

Рентгено-дифракционная
установка РДУ «КРОСС-3»

Монокристалльный дифрактометр
XtaLABSynergy-S Rigaku Oxford

Технологические проекты

Комплексный проект:

1. Совершенствование технологии производства редкоземельных постоянных магнитов

Технологический партнер – ООО «ПОЗ-Прогресс»,
г. В. Пышма Свердловской обл.

Применение высокоэнергоемких магнитов



Жесткие диски ПК

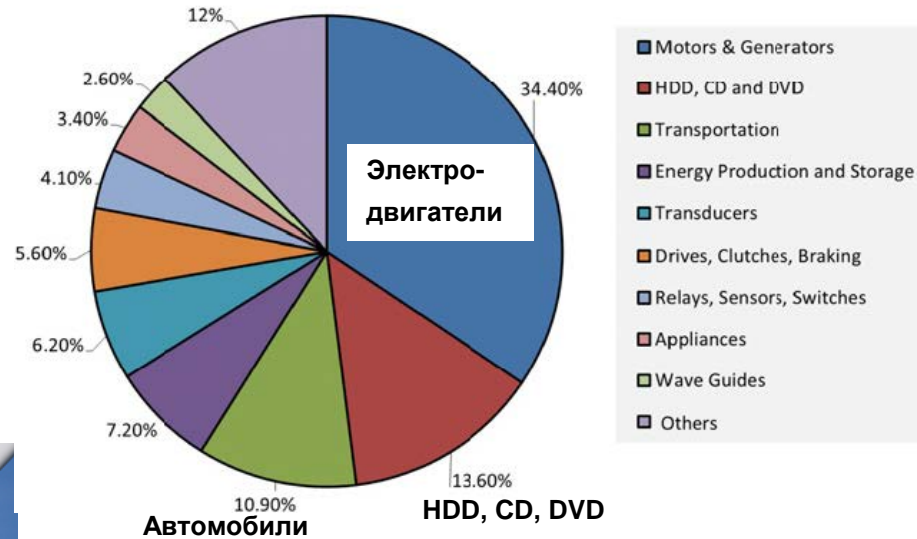


Ветрогенераторы (> 500 кг)



Гибридные автомобили (> 2.5 кг)

Applications of RE Permanent Magnets



Электродвигатели



Сотовые телефоны

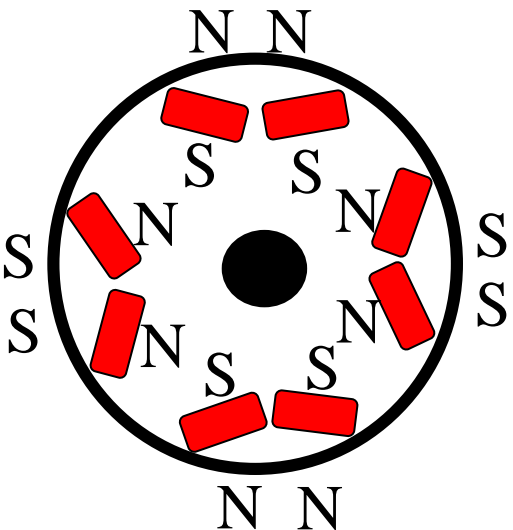
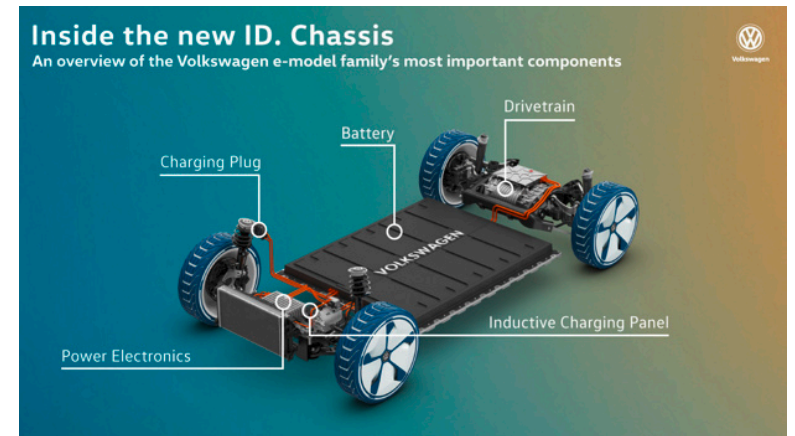
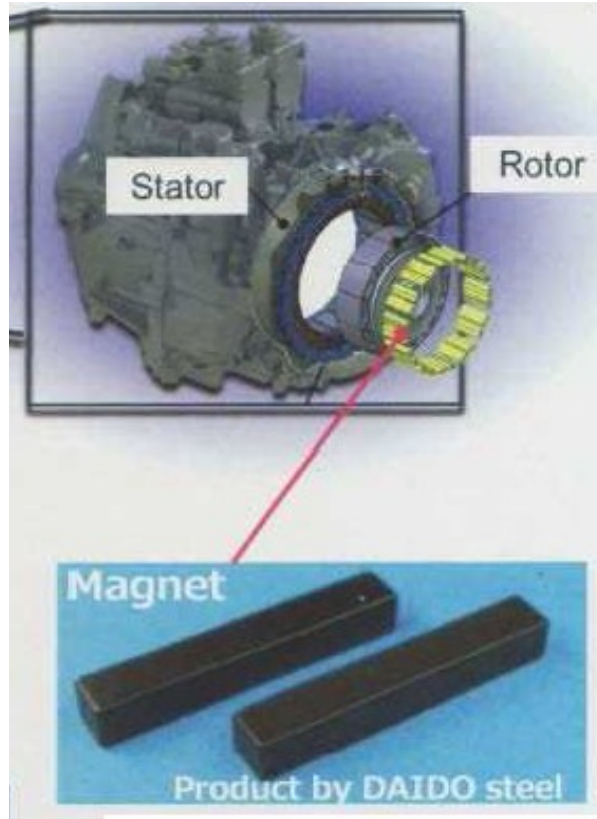
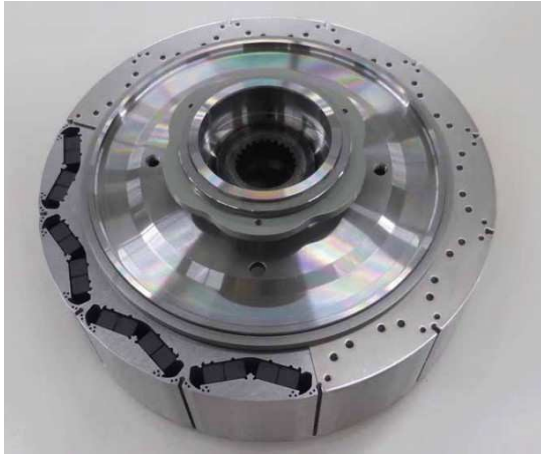


МРТ (> 200 кг)



Кондиционеры

Электродвигатели на постоянных магнитах

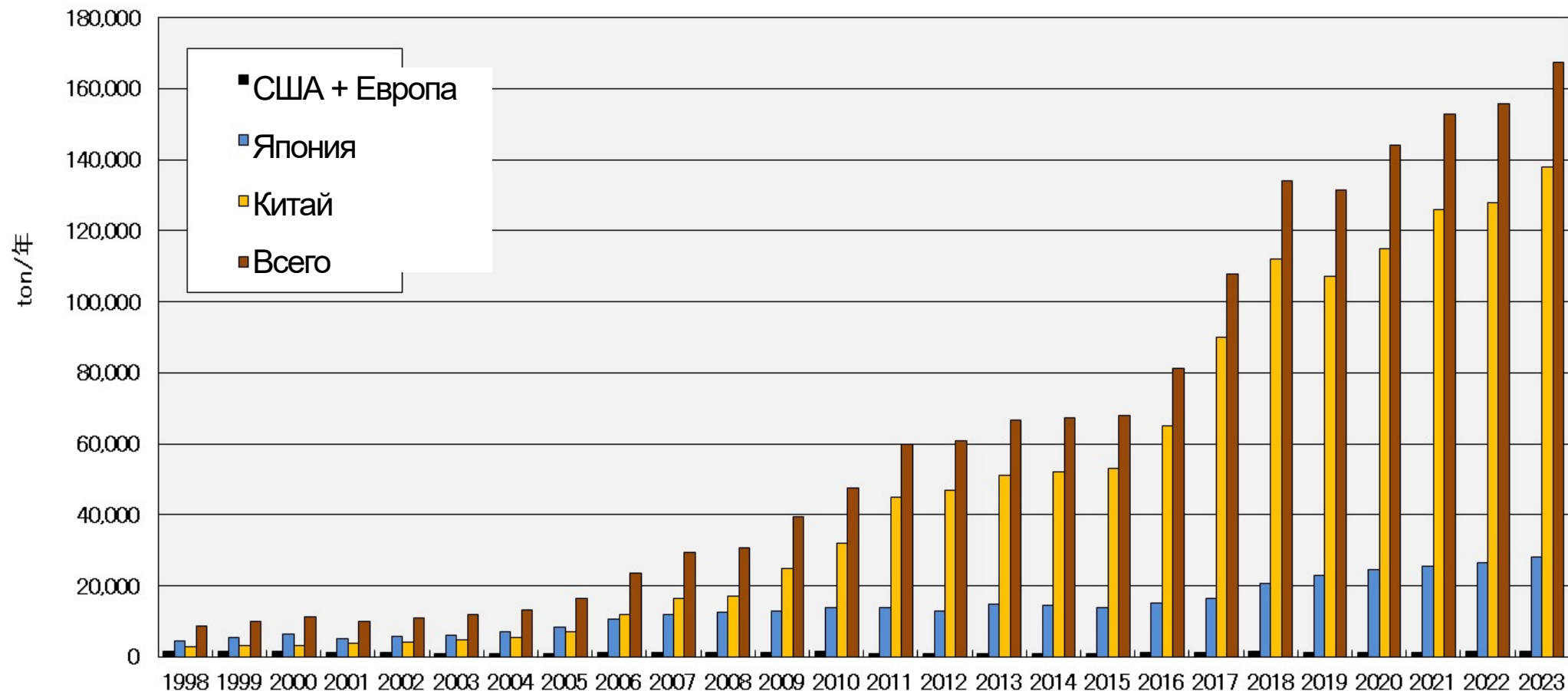


- Преимущества двигателей на постоянных магнитах:**
- (1) Высокий коэффициент полезного действия,
 - (2) Низкие шумы и вибрации,
 - (3) Большой вращающий момент,
 - (4) Уменьшенный размер,
 - (5) Низкая стоимость обслуживания.



Мировое производство магнитов Nd-Fe-B

http://www.neomag.jp/mag_navi/statistics/ndfeb_production_transition.html



**Рост мирового рынка потребления РЗ-магнитов ежегодно составляет около 9%.
К 2030 году объем рынка увеличится более чем в 2 раза по отношению к показателям 2022 года и составит около 400 тыс. тонн.
Производство магнитов будет сосредоточено на территории КНР и Японии**

Перспективы развития рынка магнитов в РФ

Российский рынок РЗ-магнитов к 2030 году составит не менее 3 000 тонн, производство которых должно быть локализовано* на территории РФ



0,8 – 1,0 тыс. тонн в год
Ветроэнергетика

1,4-1,8 тыс. тонн в год
Электротранспорт

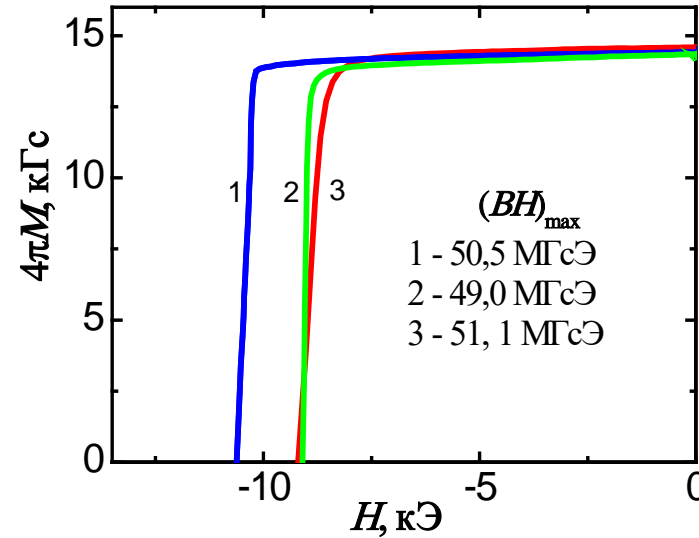
0,6 – 0,8 тыс. тонн в год
Прочее

*Требование Постановления правительства РФ №719 от 17.07.2015 г.

Компании РФ, выпускающие постоянные магниты

УЭМЗ, г. Екатеринбург **1 т/год**

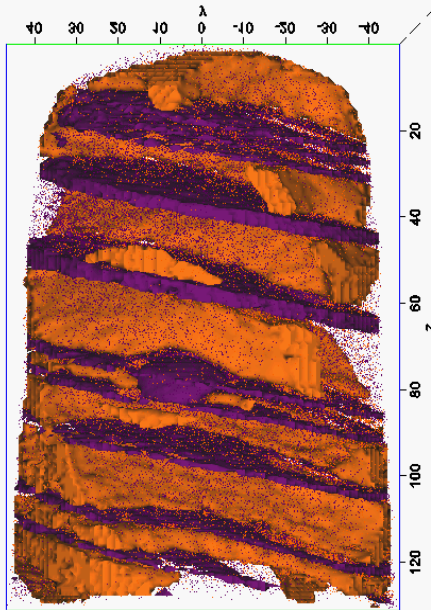
ООО «ПОЗ-Прогресс», г. В. Пышма **6 т/год**



$\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B} (BH)_{\text{max}}^{\text{теор}} = 64 \text{ МГс Э}$

Свойства сплавов				Свойства постоянных магнитов				
Соединения	$4\pi M_s$	H_a кЭ	T_C °C	Сплавы	B_r кГс	H_c кЭ	$(BH)_m$ МГс Э	T_p °C
SmCo_5	11.0	440	720	Sm-Co	9.3	25	22	250
$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	12.5	87	920	Sm-Co-Fe-Cu-Zr	11.5	20	30	300-550
$\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$	16.1	84	312	Nd-Fe-B	14.4	13	50	100
				(Nd,Dy)-(Fe,Co)-B	11.2	30	30	200

Фундаментальные и прикладные результаты

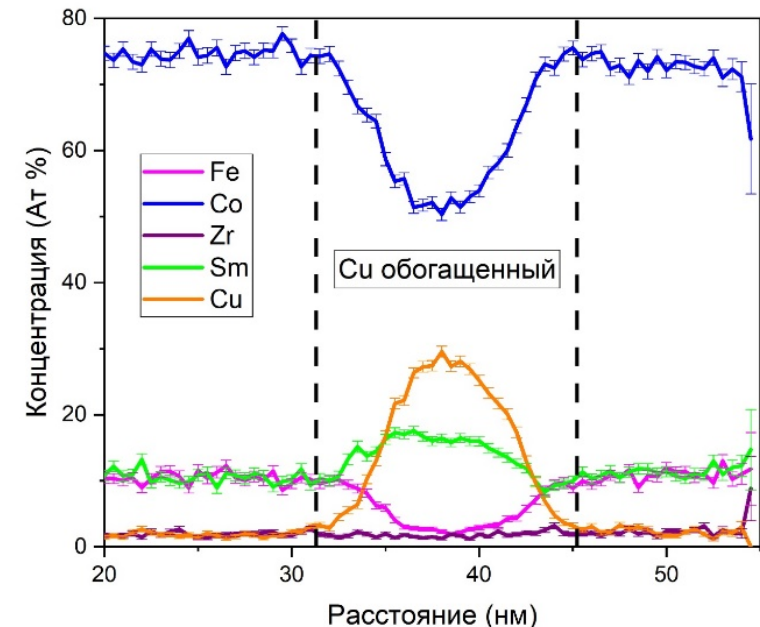


Нанокристаллические постоянные магниты Sm-Co-Fe-Cu-Zr с рабочим интервалом температур до 500°C

Институт физики металлов УрО РАН,
Индийский Институт Технологии (IIT Madras),
Международный Центр Новых Материалов (Ченнай, Индия)
ООО «ПОЗ-Прогресс»

3d атомная томография:
Картирование Cu (■) и Zr (■)

- Предложена модель развития высококоэрцитивного состояния в высокотемпературных магнитах на основе сплавов типа Sm-Co-Fe-Cu-Zr.
- Сформулированы практические указания по термической обработке магнитов и сделан шаг к получению новых магнитотвердых материалов.



3d атомная томография

Планы работ по проекту:

- Внедрение технологии производства **высокотемпературных магнитов Sm-Co-Fe-Cu-Zr** с низким по модулю температурным коэффициентом H_c и повышенными гистерезисными свойствами;
- **Совершенствование** технологии производства магнитов системы **(Nd,Dy)-Fe-B** с улучшенными свойствами с целью повышения эффективности отечественных магнитных систем;
- **Участие в проектах Росатома** по созданию в РФ **крупнотоннажного производства редкоземельных постоянных магнитов**

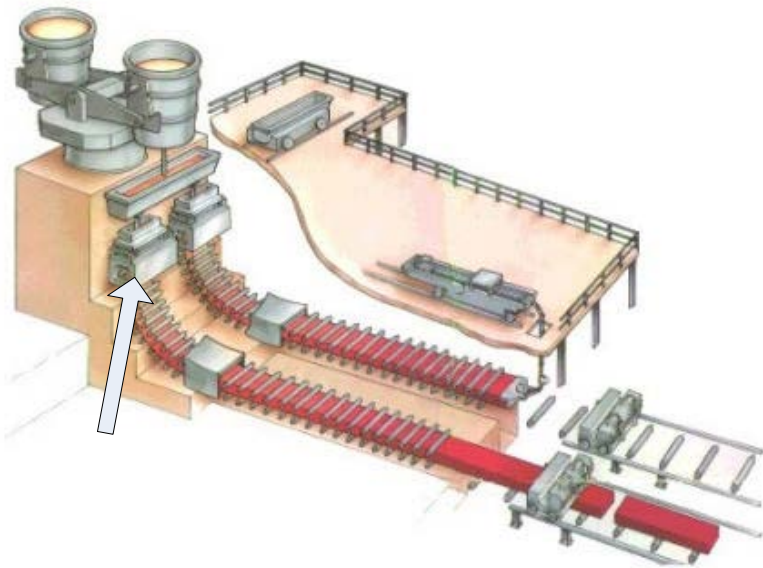
Технологические проекты

Комплексные проекты:

2. Разработка новых материалов и технологий для формирования покрытий, стойких в условиях абразивного и коррозионного изнашивания

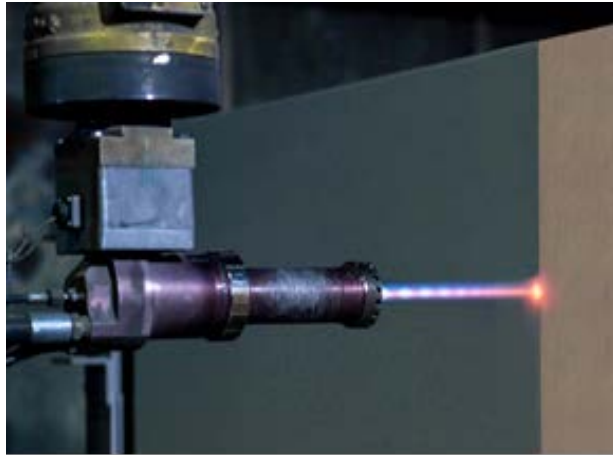
Технологический партнер – ЗАО НПП «Машпром»,
г. Екатеринбург.

Стенки кристаллизаторов МНЛЗ в процессе эксплуатации подвергаются интенсивному нагреву, механическим нагрузкам, износу и коррозии

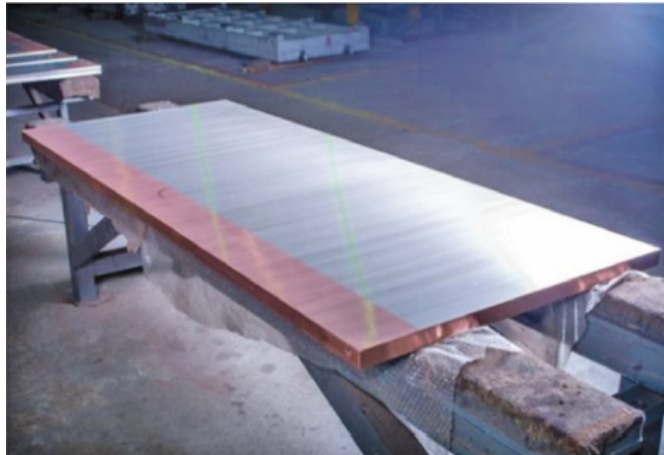


Год	Предприятие	МНЛЗ	Производитель МНЛЗ
2004	АО «ЕВРАЗ НТМК»	№4	S-VAI, Австрия
	ПАО «Уральская сталь»	№2	Mannesmann-Desmag, Германия
2005	ЕВРАЗ ЗСМК	№2	S-VAI, Австрия
2006	ПАО «Северсталь»	№2	Уралмаш-МО, Россия
	ПАО «НЛМК»	№6	S-VAI, Австрия
2007	ПАО «АМЗ»	№2	STB, Италия
2008	ЗАО «ОМК»	ЛПК	Danieli, Италия
	АО «Амурметалл»	№2	SMS-Group, Германия
2009	ПАО «ММК»	№6	SMS-Group, Германия
	ПАО «НЛМК»	№7	S-VAI, Австрия
2010	ПАО «Мечел»	№2	Danieli, Италия
2011	ПАО «НЛМК»	№8	S-VAI, Австрия

Газотермическое нанесение покрытий



Процесс нанесения газотермического покрытия

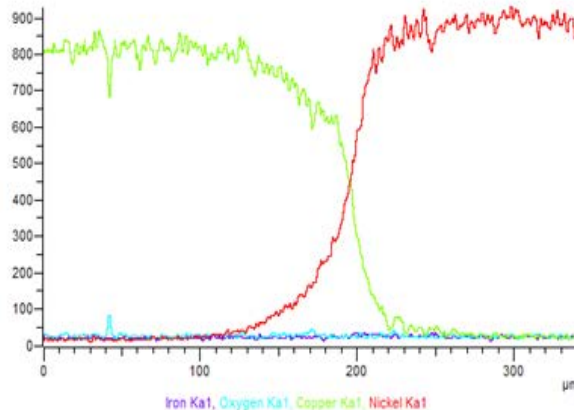
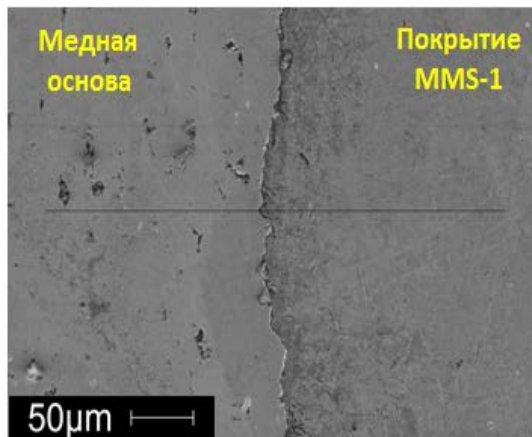


Плита кристаллизатора с покрытием



Термическая обработка плиты с покрытием

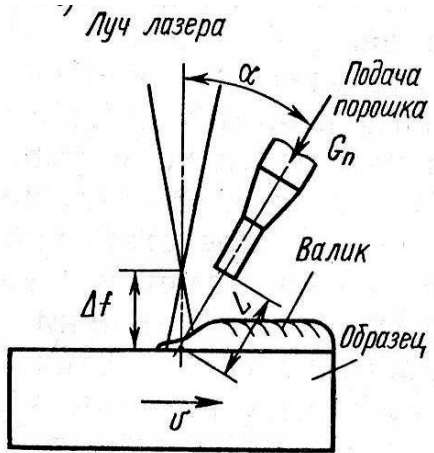
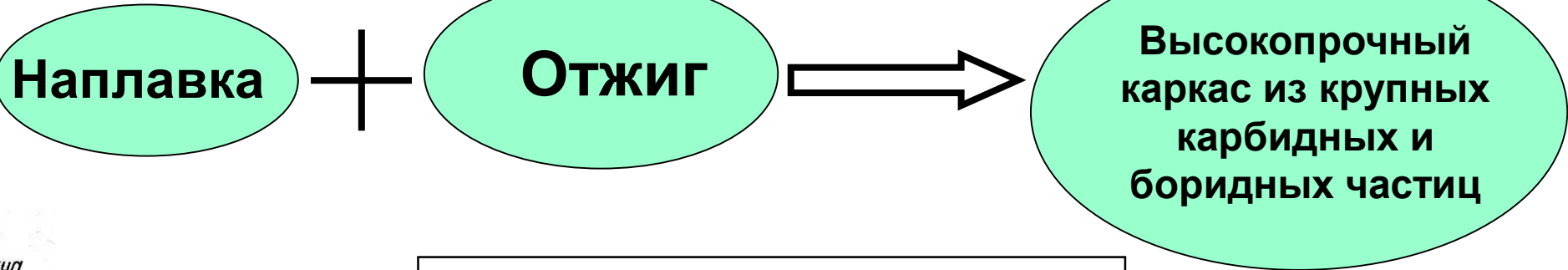
Термическая обработка обеспечивает высокую адгезию, износостойкость и теплостойкость покрытий (на уровне прочности основы)



Высокие адгезионные свойства покрытий обусловлены развитым диффузионным взаимодействием и формированием «мягкой» прослойки в переходной зоне «покрытие - основа».

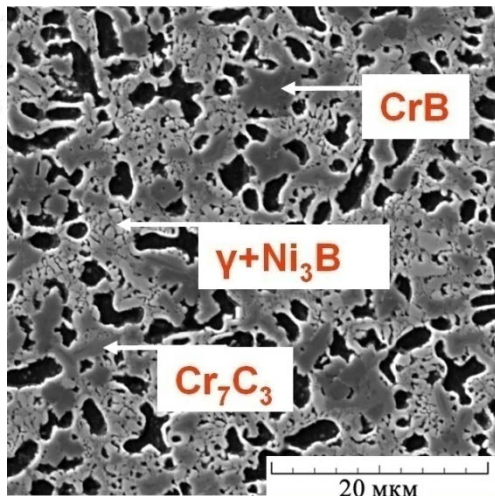
Способ получения теплостойкого NiCrBSi покрытия

Проведение стабилизирующего отжига после наплавки



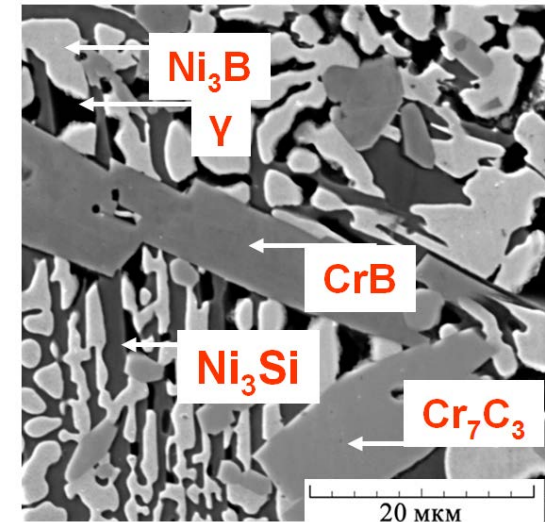
Способ формирует износостойкое покрытие с особо высоким уровнем теплостойкости (до $T=1000^{\circ}\text{C}$)

Покрытие ПГ10-01



Патент РФ №2492980

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ
ТЕПЛОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ**

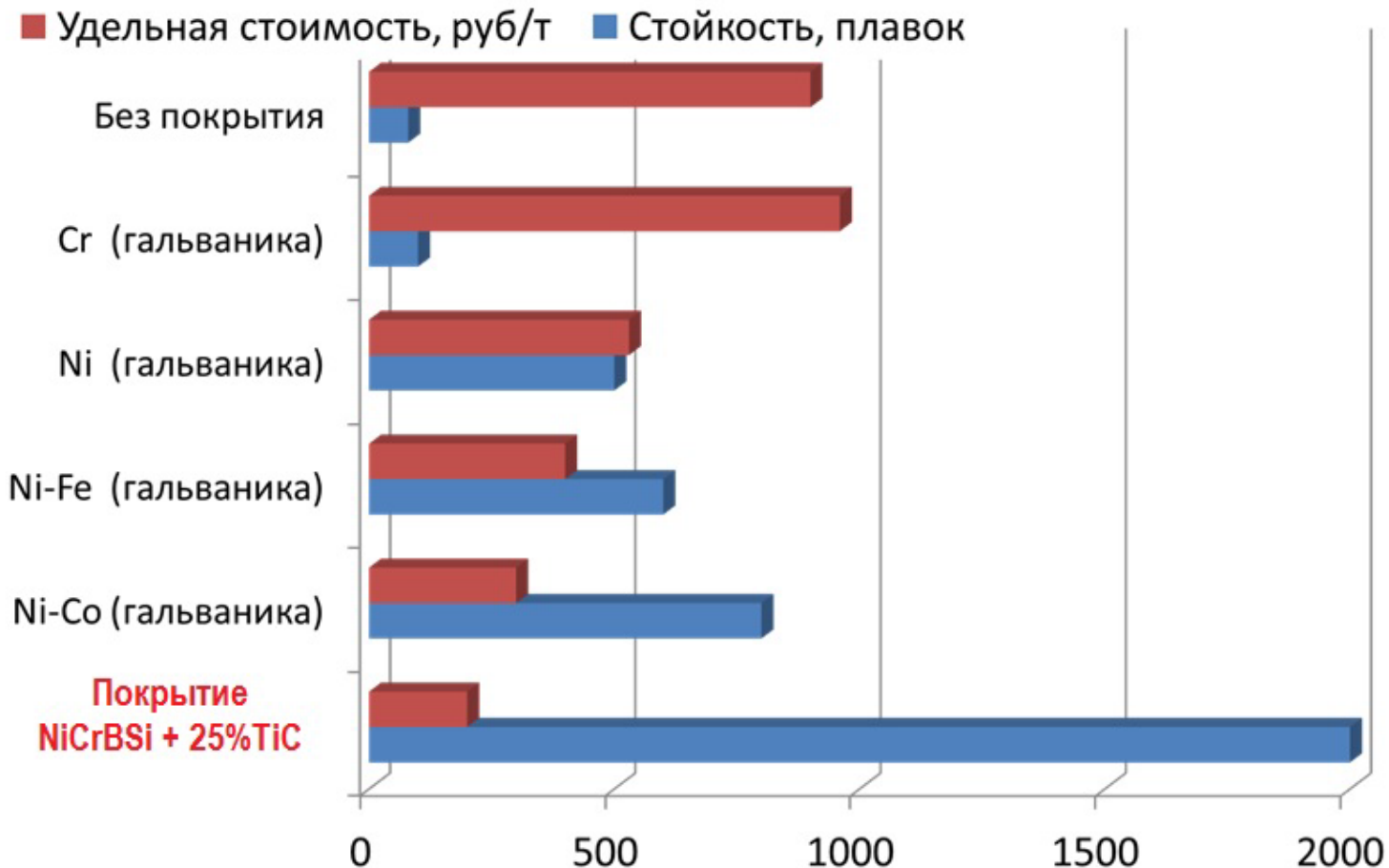


Производственный комплекс ЗАО «НПП «Машпром»



Для производства стенок кристаллизаторов по инновационной технологии в г. Нижний Тагил создано производство, которое полностью покрывает потребности предприятий России и ориентировано на экспорт.

Промышленные испытания на предприятиях России



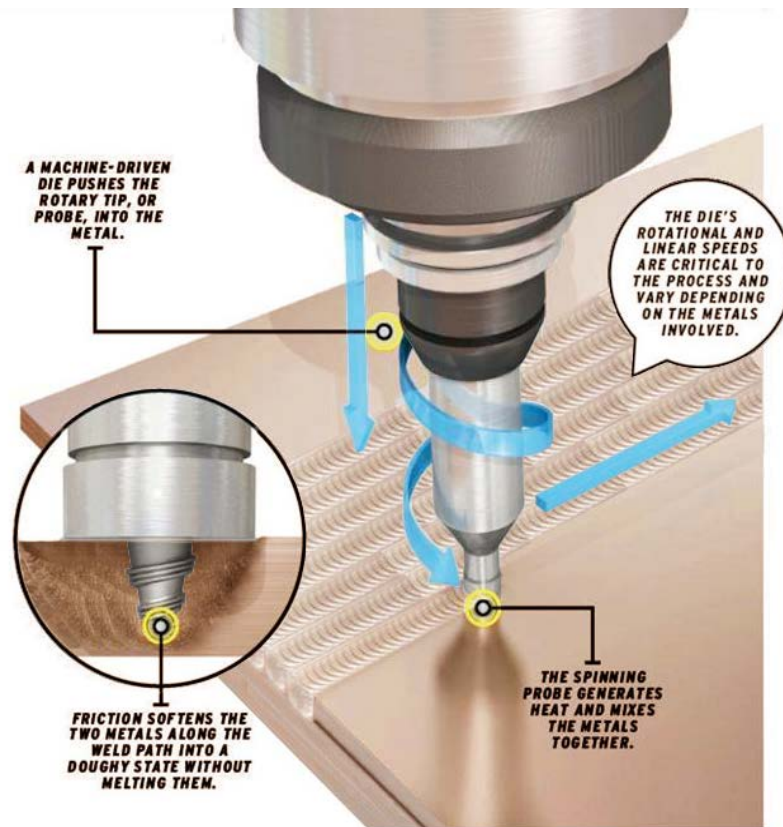
Предприятие	Гальваника	Наработка кристаллизаторов с композиционным покрытием		
		3 000 пл	480 000 т	6 раз
АО «ЕВРАЗ НТМК»	500 пл.	3 000 пл	480 000 т	6 раз
ПАО «Северсталь»	300 пл.	1 500 пл	262 500 т	5 раз
ПАО «ММК»	350 пл.	1 200 пл	432 000 т	4 раза
ПАО «НЛМК»	300 пл.	3000 пл	480 000 т	от 8 до 20 раз
АО «Уральская сталь»	700 пл.	1 500 пл	260 000 т	2 раза
ПАО ЧМК»	600 пл.	2 000 пл	260 000 т	4 раза
АО «ОМК-Сталь»	150 пл.	980 пл	156 000 т	6 раз

Создание на поверхности стенок кристаллизаторов композиционных износостойких покрытий NiCrBSi с последующей термической обработкой обеспечило повышение от 2 до 20 раз стойкости стенок по сравнению с работоспособностью импортных стенок с гальваническими покрытиями.

Экономия от использования технологии уже превысила 10 млрд руб.!

Восстановительный ремонт стенок кристаллизаторов

Технология восстановления повреждений плит из медных сплавов
методом **сварки трением с перемешиванием**



В ИФМ УрО РАН запущен в эксплуатацию и адаптирован применительно к задачам проекта уникальный комплекс сварки трением с перемешиванием.



Ширина свариваемой детали 1500 мм;
длина сварного шва до 2000 мм

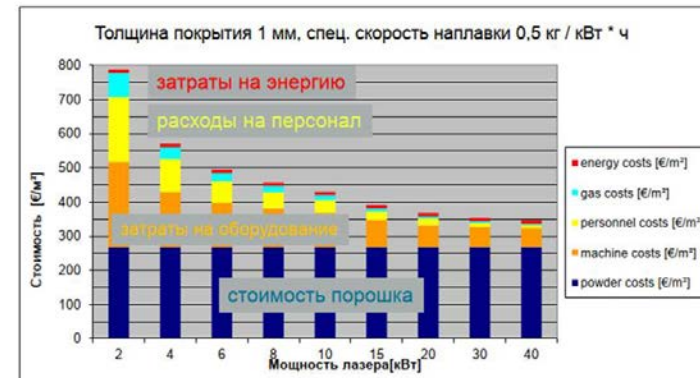
Планы работ по проекту:

Замена газотермического напыления на метод **лазерной наплавки**

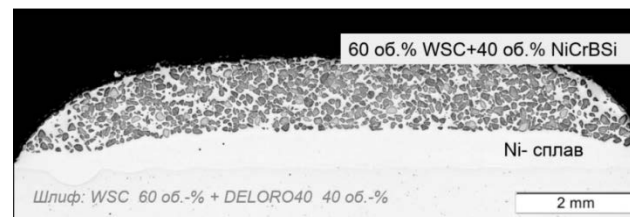
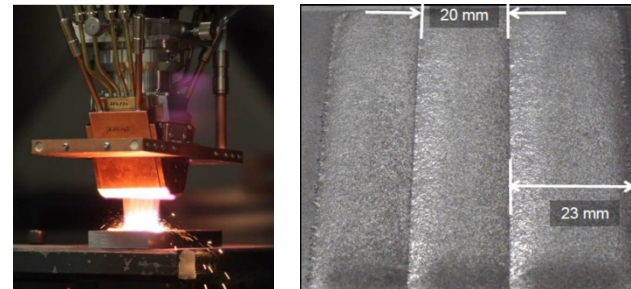
Преимущества лазерной наплавки по сравнению с газотермическим напылением при нанесении покрытий на медные сплавы

- Повышение коэффициента использования материала с 40-50 до 95-97% при высокой стоимости материала покрытия
- Повышение производительности
- Современные компактные лазеры нового поколения (волоконные, диодные) – экономичные в эксплуатации, с высоким КПД (до 70%), с малой длиной волны (1,07 мкм)
- Улучшение металлургического сцепления (адгезии) покрытия с медной основой
- Применение новых (тугоплавких) материалов
- Повышение качества покрытий (низкая пористость) и свойств
- Роботизация технологического процесса

Стоимость лазерной наплавки 1 м² для Inconel 625



- Сокращение затрат и времени с увеличением мощности лазера
- Возможность дальнейшего снижения затрат за счет уменьшения толщины покрытия



**Широкополосная лазерная наплавка
композиционного покрытия**

Заключение

- энергоэффективные и энергосберегающие технологии,
- импортозамещение,
- технологическая независимость,
- технологическое превосходство Российской Федерации



Спасибо за внимание!