



Маннинен С.А., Кузнецов П.А.



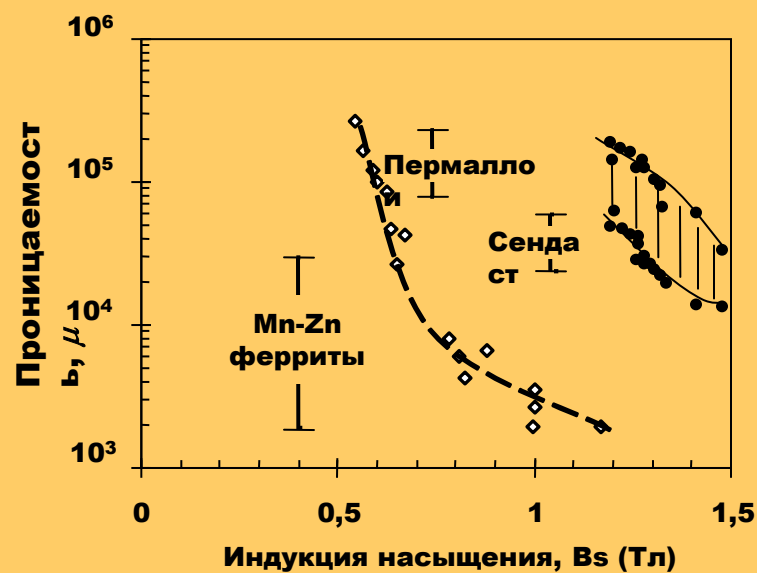
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ



ЭМС-2021



# Магнитные свойства аморфных магнитомягких сплавов



Аморфные сплавы на основе Co



Нанокристаллические сплавы на основе Fe

## Состав сплава:

АМАГ-172 (Co-Fe-Ni-Cr-Mn-Si-B)

## Геометрические параметры лент:

ширина 5 – 30 мм

толщина 18 – 25 мкм

## Магнитные свойства:

Нач. магнитная проницаемость – до 40 000

Макс. магнитная проницаемость – до 1 000 000

Индукция насыщения – 0.6 Тл (Co) и 1.2 Тл (Fe)

Константа магнитострикции близка к нулю

Производитель: ПАО «Мстатор», г. Боровичи



# Получение аморфных сплавов

## Установка спиннингования

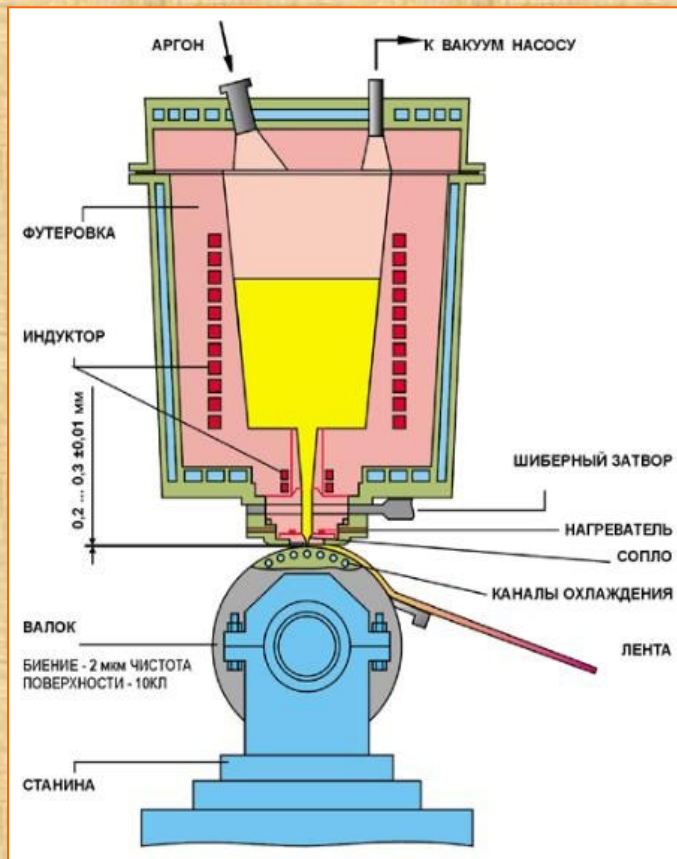


Схема установки

## Высокоскоростная закалка расплава (спиннинг)

Скорость охлаждения до  $10^5$  град/с



Внешний вид установки

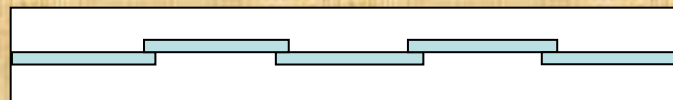


Аморфная лента





# Рулонный экранирующий материал



Полимерная пленка

Аморфная металлическая

Полимерная пленка

Тип экрана	МАР-1К	МАР-1Ф
Ширина рулона, мм	500	
Толщина, мкм	85	
Масса 1 кв. м, гр.	250±20	
Индукция насыщения, Тл	0,56	1,2
Начальная магнитная проницаемость	25 000	10 000
Максимальная магнитная проницаемость	600 000	450 000



Внешний вид экрана МАР-1К

Патент:

– **Магнитный и электромагнитный экран** (патент РФ №2274914)

Технические условия:

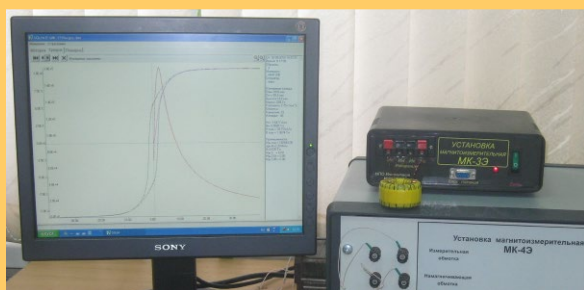
– **Магнитные экраны типов МАР-1К, МАР-2К и МАР-1Ф**  
(ТУ 6391–007–07516250–2009)



## Оборудование по изготовлению рулонных магнитных экранов



## Измерительное оборудование



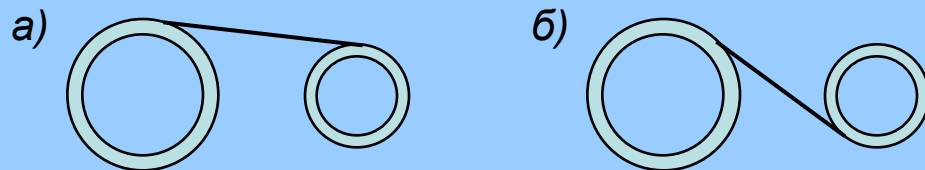
Установка МК-3Э  
для измерения магнитных  
свойств ленты



Установка для измерения  
экранирующих свойств  
рулонных материалов



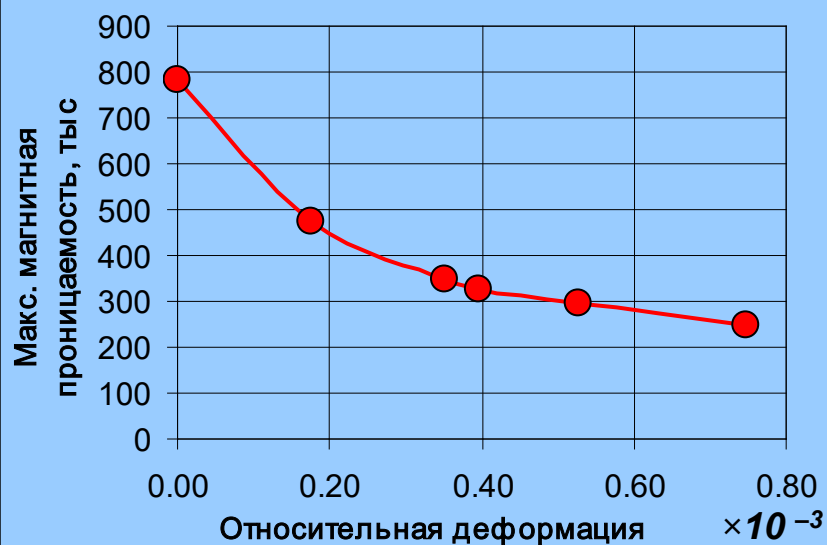
# Влияние деформации ленты на магнитные свойства сплава



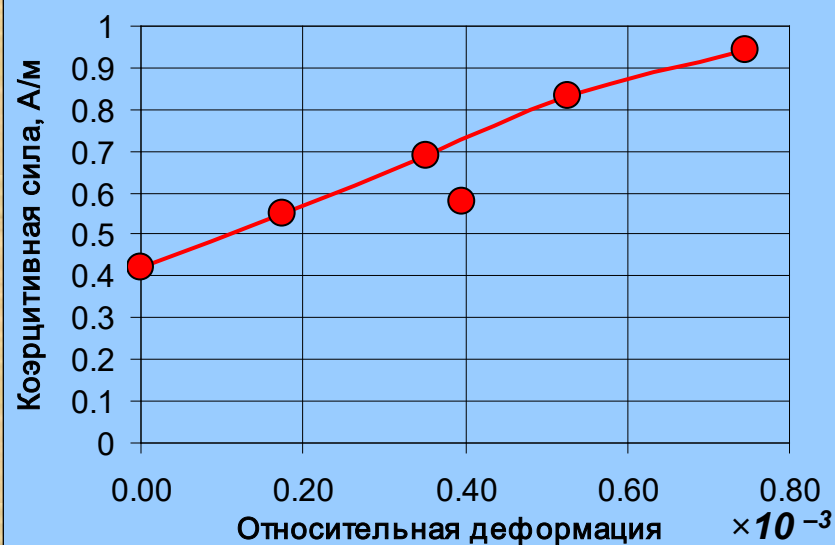
Перемотка ленты: а) без перегиба; б) с перегибом.

Сплав АМАГ-172  
Т/о на  $\varnothing 114$  мм  
с последующей  
перемоткой  
на  $\varnothing 57$  мм и  $\varnothing 35$  мм

Зависимость макс. проницаемости от  
величины деформации

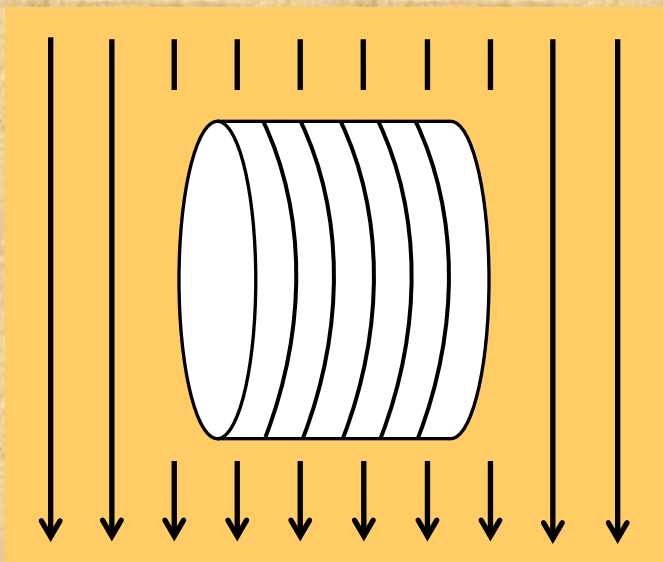


Зависимость коэрцитивной силы от  
величины деформации

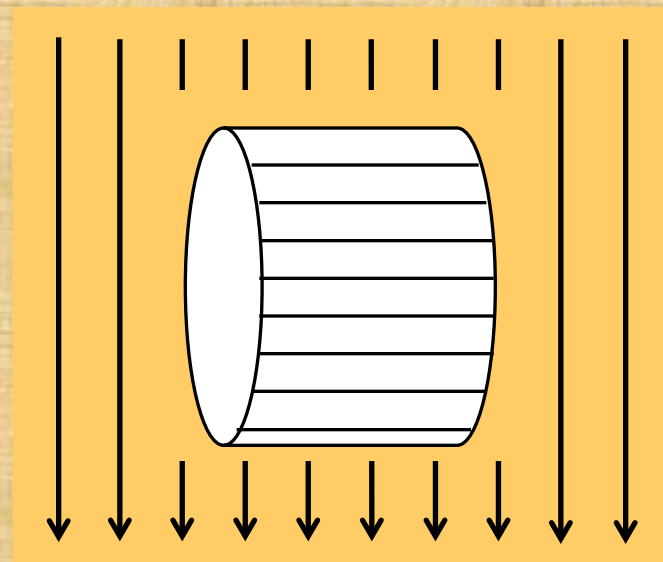




## Влияние направления лент в экране на экранирующие свойства сплава



*Ленты вдоль линий поля*



*Ленты поперек линий поля*





## Применение магнитных экранов



**Экранированный силовой кабель**  
(разработка ЦНИИ КМ «Прометей»  
совместно с ОАО «Севкабель»)



**Защитный жилет**  
(разработка ЦНИИ КМ «Прометей»  
совместно с СПбУТД).



**Экранированный бокс для биологических экспериментов**  
(разработка ЦНИИ КМ «Прометей»  
совместно с ИЗМИРР РАН)

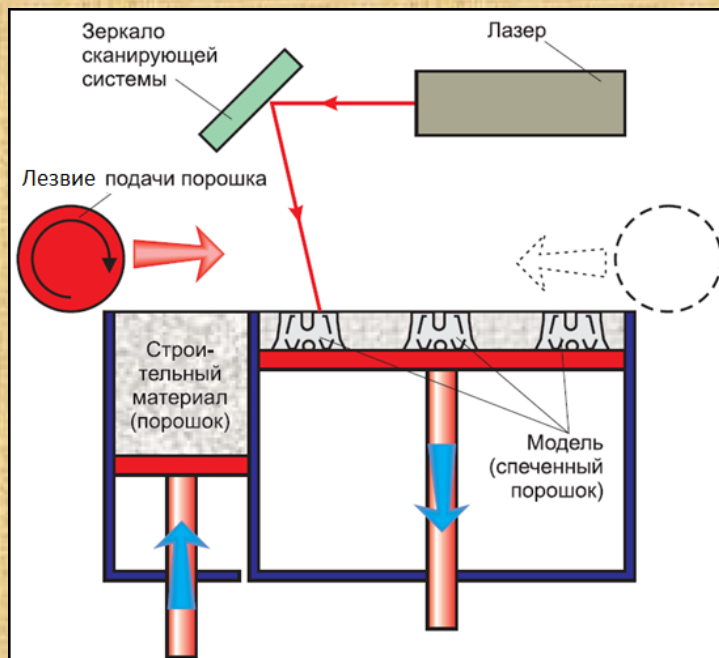


**Экранированная комната**  
(оборудована в ЦНИИ КМ «Прометей»  
для проведения магнитных измерений)





# Аддитивные технологии



Установка для селективного лазерного сплавления порошковых материалов  
**EOSINT M270 (Германия)**

## Технические характеристики:

- ✚ максимальный размер изделия 250x250x215 мм;
- ✚ материалы: порошки сплавов Ni, Co, Cr, Cu и сталей различного назначения
- ✚ скорость сканирования до 7 м/с;
- ✚ скорость построения детали от 2 до 20 мм<sup>3</sup>/с
- ✚ работа в защитной атмосфере азота





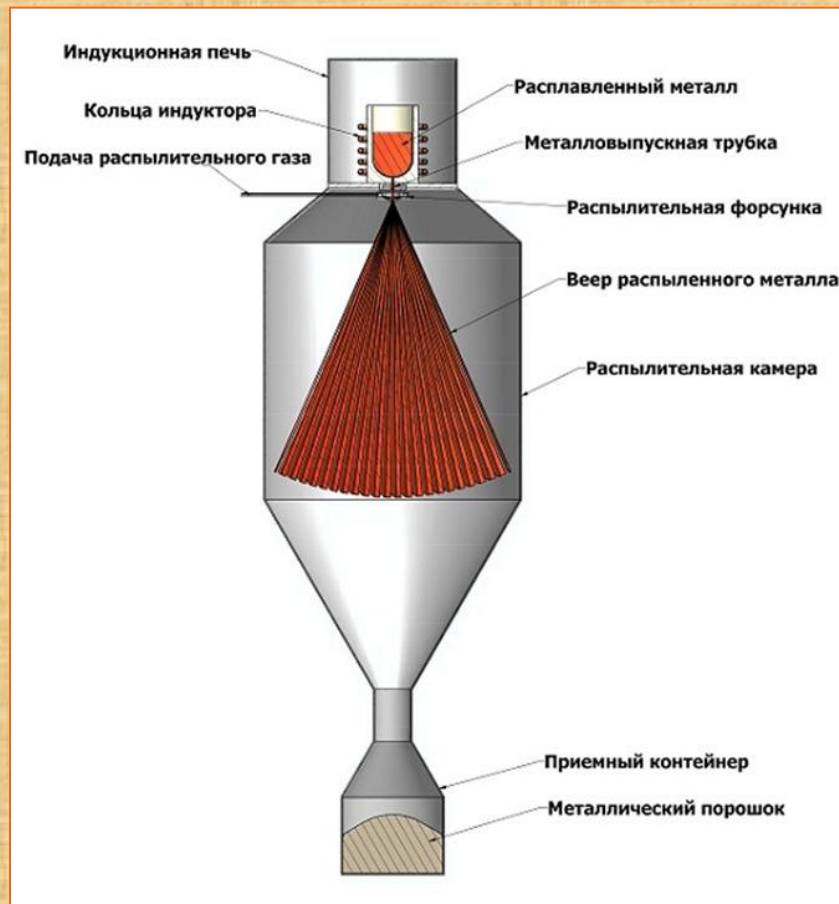
## Получение порошка

### Требование к порошку:

- **гранулометрический состав с узким диапазоном размеров частиц 0-100 мкм**
- **соответствие химического состава исходному составу слитка**
- **сферическая форма частиц**



Установка вакуумного распыления  
*HERMIGA 75/3IV*



**Метод получения порошка:**  
*Вакуумное распыление расплава*

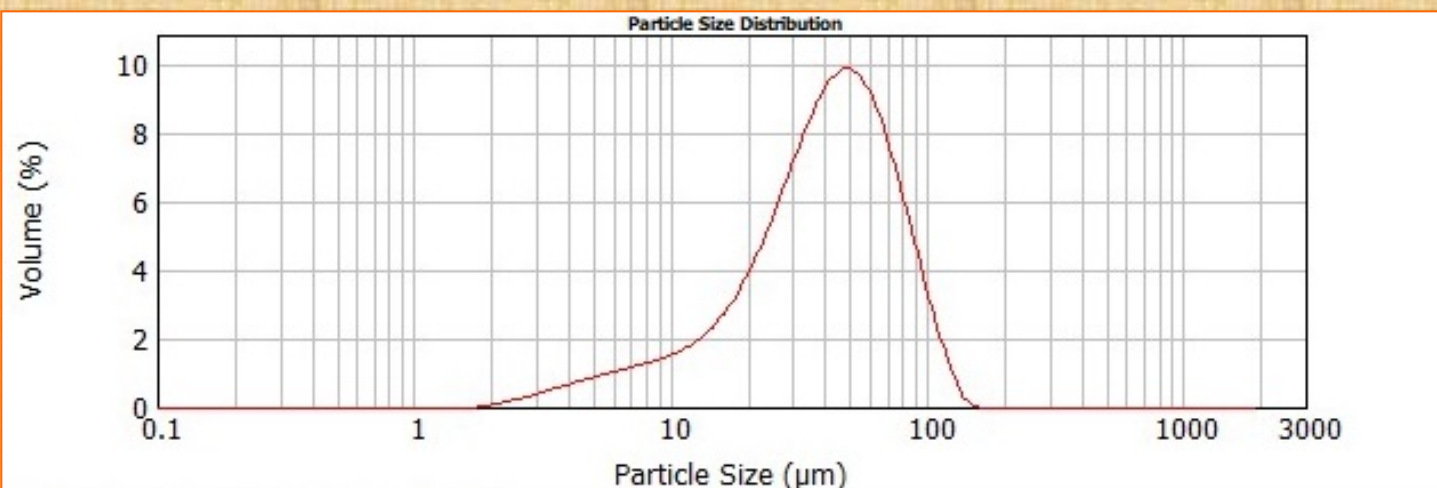
*Прецизионный магнитомягкий сплав 80НХС*



## Свойства полученного порошка

### Химический состав

<b>Сплав 80НХС</b>		<b>Ni</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>
<b>ГОСТ 10994-74</b>		<b>79 - 81,5</b>	<b>12,3 - 16,7</b>	<b>2,6 - 3</b>	<b>0,6 - 1,1</b>	<b>1,1 - 1,5</b>
<b>Исходный сплав</b>	<b>Niton XL3t</b>	<b>79,5</b>	<b>15,11</b>	<b>3,41</b>	<b>0,96</b>	<b>-*</b>
	<b>VEGA 3</b>	<b>78,86</b>	<b>15,74</b>	<b>3,45</b>	<b>0,91</b>	<b>1,03</b>
<b>Порошок</b>	<b>Niton XL3t</b>	<b>79,9</b>	<b>15,07</b>	<b>3,08</b>	<b>0,93</b>	<b>-*</b>
	<b>VEGA 3</b>	<b>79,6</b>	<b>15,57</b>	<b>2,97</b>	<b>0,87</b>	<b>1,04</b>



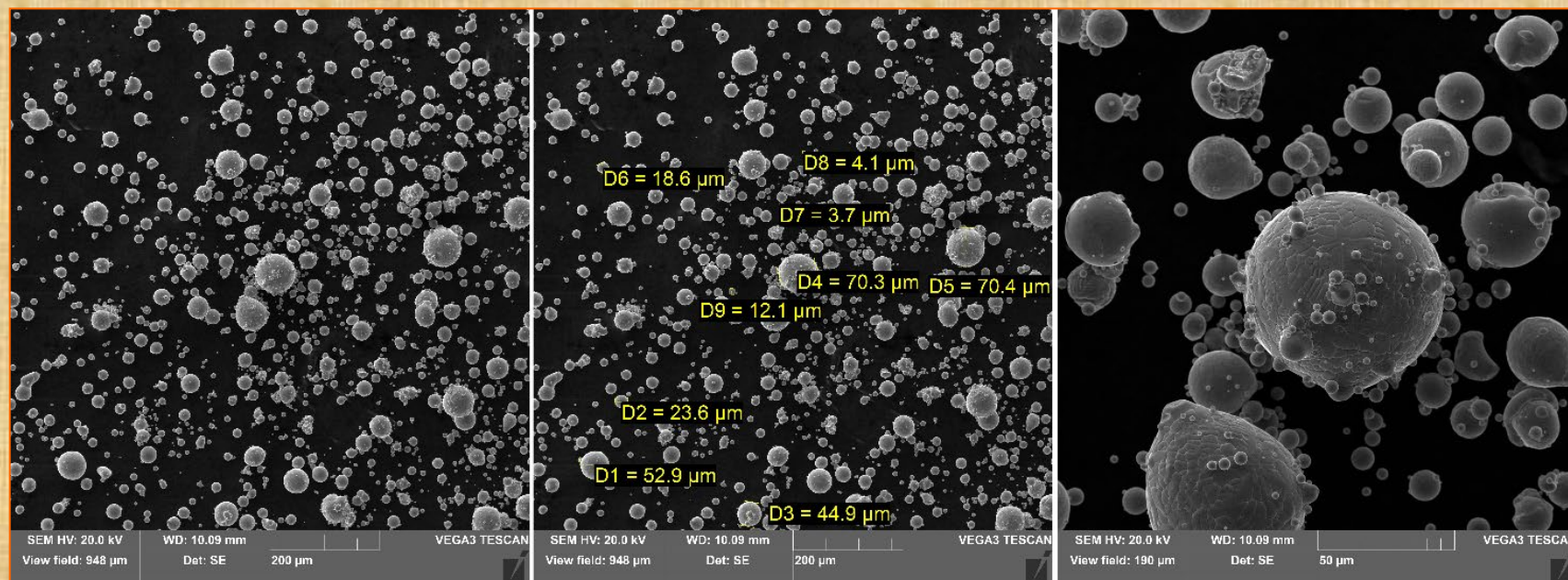
### Гранулометрический состав порошка

*Полученный методом лазерной дифракции  
на установке Malvern Mastersizer 2000*





## Свойства полученного порошка



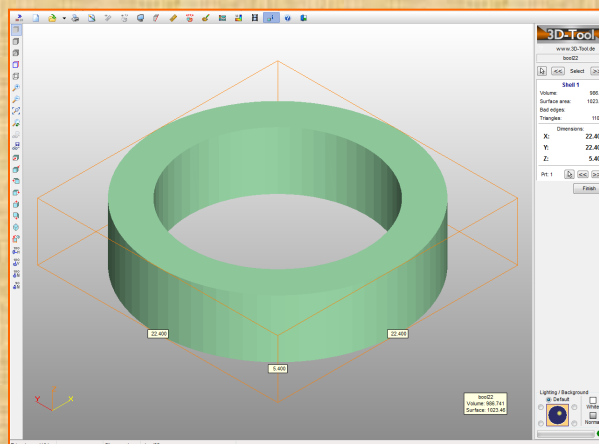
**Микрофотографии порошка**  
(сканирующий электронный микроскоп VEGA 3 SBH)



## Измерение магнитных свойств

### Размеры образцов:

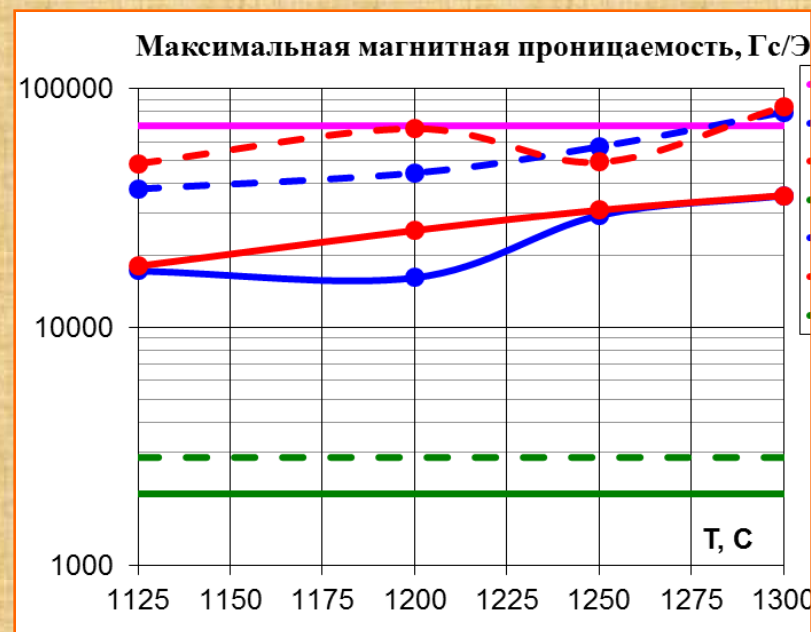
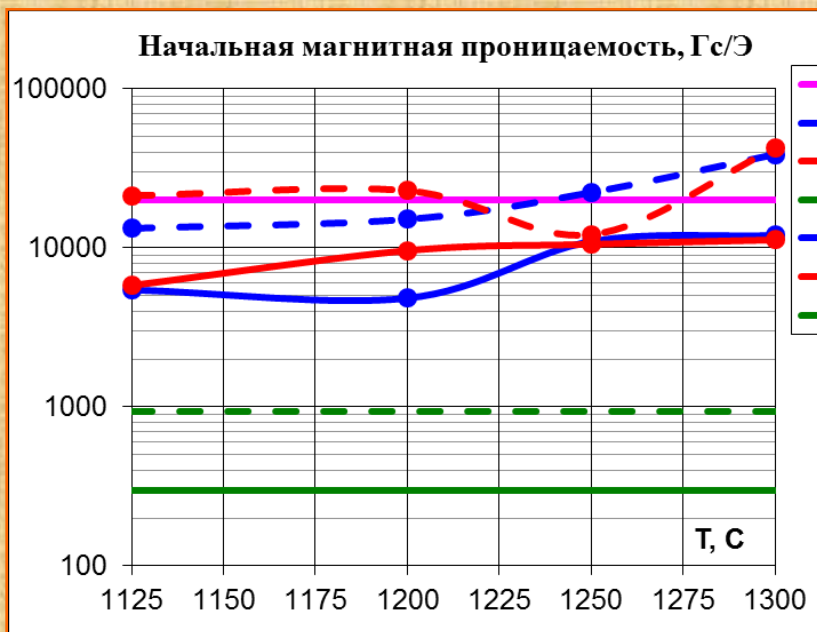
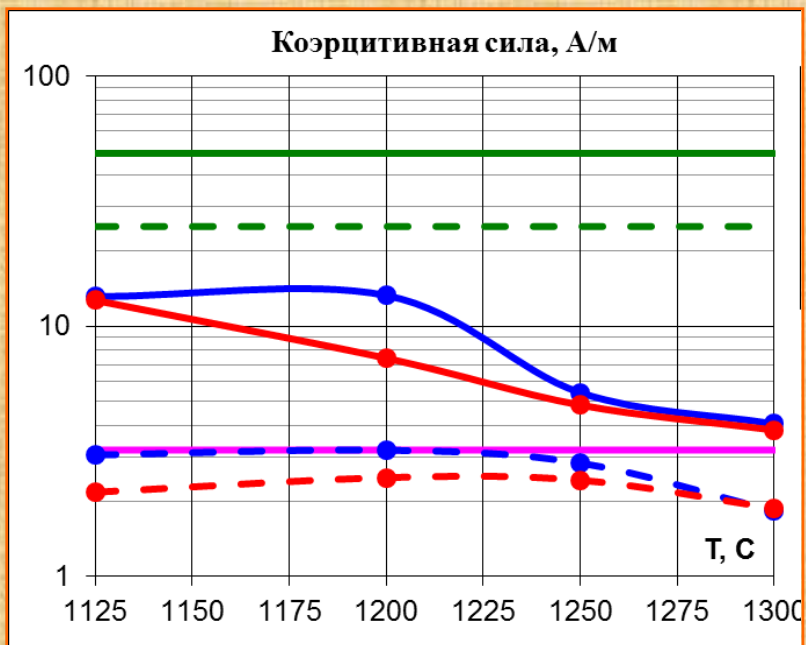
Внешний диаметр	22 мм
Внутренний диаметр	16 мм
Высота	5 мм



### 3d-модель и внешний вид образца

#### Термическая обработка образцов:

- 1) нагрев в вакууме до температуры 1125 - 1300 °C (скорость не более 550 °C/час)
- 2) изотермическая выдержка 3 – 6 часов
- 3) охлаждения до температуры 400 °C (скорость не более 200 °C/час)
- 4) охлаждения до температуры 200 °C (скорость не менее 400 °C/час)







## Контакты

Начальник отдела наноматериалов

*Кузнецов Павел Алексеевич*

(812) 274-12-01

Начальник лаборатории магнитных материалов

*Васильева Ольга Вячеславовна*

(812) 274-17-24

Вед. инженер лаборатории магнитных материалов

*Маннинен Сергей Анатольевич*

(812) 335-58-44

**факс: (812) 274-15-33**

[mail@crism.ru](mailto:mail@crism.ru)

[www.crism-prometey.ru](http://www.crism-prometey.ru)

**Благодарю за внимание!**