

MTK-51

# ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРЕН НА ОБРАЗОВАНИЕ КОНУСОВ НА ПОВЕРХНОСТИ НИКЕЛЯ ПРИ ВЫСОКОДОЗНОМ ОБЛУЧЕНИИ ИОНАМИ АРГОНА С ЭНЕРГИЕЙ 30 кэВ

А.М. Борисов<sup>1</sup>, Е.С. Машкова<sup>2</sup>, М.А. Овчинников<sup>2</sup>, Р.Х. Хисамов<sup>3\*</sup>, Р.Р. Мулюков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский авиационный институт, Научно-исследовательский университет, Москва, Россия

<sup>2</sup>НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Московский государственный университет, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт проблем сверхпластичности металлов, Российская академия наук, Уфа, Россия

\*r.khisamov@mail.ru



## Введение

Известно, что распыление поверхности поликристаллических металлов ионной бомбардировкой может приводить к формированию рельефа поверхности с перепадом высот между зёрнами, на зёрнах могут образовываться ямки травления, рябь, конусы и другие поверхностные структуры. Практический интерес представляют металлы с ионно-индуцированной конусообразной морфологией поверхности, которые могут быть перспективны, например, в качестве полевых катодов, электродов разрядных приборов, обращенных к плазме деталей в термоядерных установках, как противобледенительная и антибактериальная поверхность и др. Однако, часто, ионно-индуцированные конусы, образующиеся в результате ионной бомбардировки, неравномерно распределяются по поверхности металла, имеют малую концентрацию. Недавно, было показано, что снижение размера зёрен в никеле путем кручения под высоким давлением позволяет равномерно распределить по поверхности ионно-индуцированные конусы, образующиеся при ионном облучении [1,2]. В данной работе проведен анализ влияния размера зёрен на концентрацию и геометрические размеры ионно-индуцированных конусов.

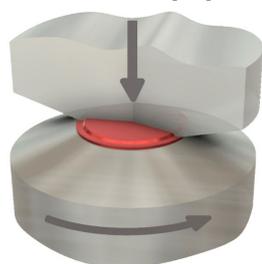
## Материалы и методы исследований

Материал – Никель (99.99%)

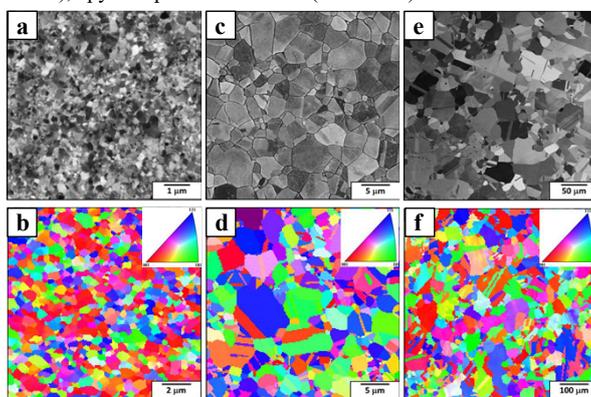
Исследуемые образцы,  $d$  – размер зёрен: субмикроструктурный ( $d=300$  нм), микрокристаллический ( $d=4$  мкм), крупнокристаллический ( $d=30$  мкм)

Облучение проведено на масс-монохроматоре НИИЯФ МГУ [3]

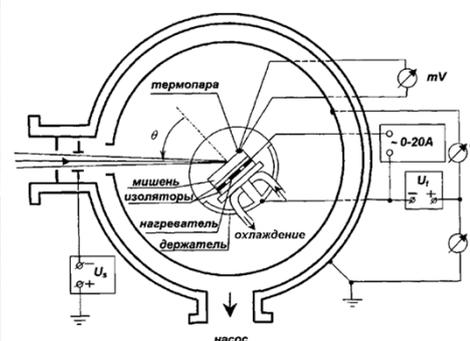
Получение субмикроструктурной структуры методом кручения под высоким давлением [1,2]



Режимы деформации:  
 $P=5\div 6$  ГПа,  $n=10$  об, комнатная температура,  
Размер образцов:  
 $d=10\div 12$  мм,  $h=0.2\div 0.6$  мм

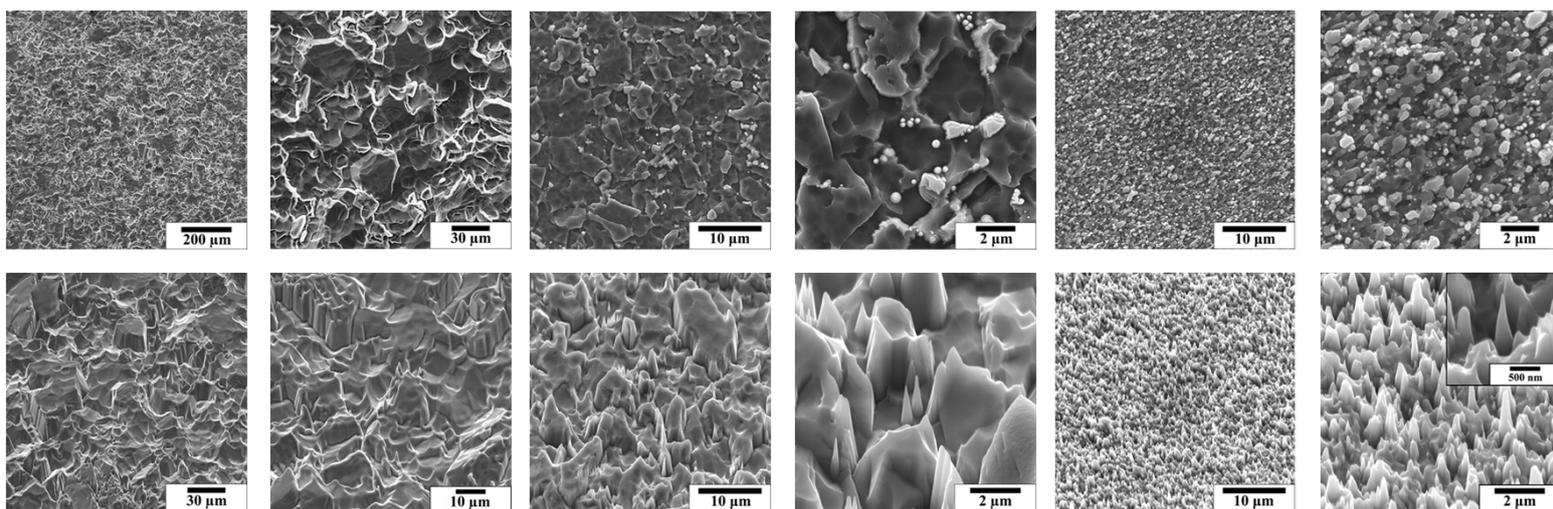


РЭМ изображения микроструктуры образцов никеля, снятые в режимах детектирования BSE и EBSD, соответственно: СМК - (a, b), МК - (c, d), КК - (e, f)



Режимы облучения:  
 $Ar^+ \rightarrow Ni$ ,  $E=30$  кэВ,  $J=0.3\div 0.4$  мА/см<sup>2</sup>,  
 $\alpha=0^\circ$ , флюенс  $\sim 10^{18}$  ион/см<sup>2</sup>,  $T \sim 50$  °С

## Результаты исследований



РЭМ изображения крупнокристаллического образца ( $d=30$  мкм) после облучения: верхний – угол съёмки  $0^\circ$ , нижний -  $45^\circ$  [1,2]

РЭМ изображения микрокристаллического образца ( $d=4$  мкм) после облучения: верхний – угол съёмки  $0^\circ$ , нижний -  $45^\circ$  [1,2]

РЭМ изображения субмикроструктурного образца ( $d=300$  нм) после облучения: верхний – угол съёмки  $0^\circ$ , нижний -  $45^\circ$  [1,2]

## Заключение

Проведено высокодозное облучение ионами аргона с энергией 30 кэВ образцов никеля с субмикро-, микро и крупнокристаллической структурой. Снижение размера зёрен до 100 нм приводит к образованию конусов равномерно распределённых по поверхности с концентрацией  $10^8$  конус/см<sup>2</sup>. На поверхности микро- и крупнокристаллических образцов концентрация конусов составляет порядка  $10^7$ - $10^6$  и менее  $10^6$  конус/см<sup>2</sup>, соответственно. Высота образующихся конусов при ионном облучении, так же как и перепад высот между зёрнами зависит от размера зёрен. Аспектное соотношение конусов, радиус закругления конусов при вершине не зависит от размера зёрен.

*Благодарности.* Работа выполнена в рамках государственного задания ИПСМ РАН. Электронно-микроскопические исследования выполнены на базе ЦКП ИПСМ РАН «Структурные и физико-механические исследования материалов»

*Список литературы:*

- [1] А.М. Борисов, Е.С. Машкова, М.А. Овчинников, Р.Х. Хисамов, Р.Р. Мулюков // Поверхность. Рентгеновские, синхронные и нейтронные исследования. 2022. №3. С.71-78.
- [2] А.М. Борисов, Е.С. Машкова, М.А. Овчинников, Р.Х. Хисамов, Р.Р. Мулюков // Письма в Журнал технической физики. 2022. Т.48. №12. С.24.
- [3] E.S. Mashkova, V.A. Molchanov. Medium-Energy Ion Reflection from Solids (North-Holland, Amsterdam, 1985). P.444.