

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ГОХФЕЛЬДА НИКОЛАЯ ВИКТОРОВИЧА «ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АТОМНОУПОРЯДОЧИВАЮЩИХСЯ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ Cu-Pd И Cu-Au, ПОДВЕРГНУТЫХ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ПОСЛЕДУЮЩИМ ОТЖИГАМ», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Упорядоченные сплавы на основе благородных металлов имеют высокую коррозийную стойкость и низкое электросопротивление, благодаря чему они широко применяются в электронной промышленности. В настоящее время к таким сплавам предъявляются также требования высокой прочности и пластичности. Поэтому необходимо разрабатывать методы повышения механических свойств таких сплавов. Одним из методов повышения механических свойств металлических сплавов является интенсивная пластическая деформация, позволяющая формировать в сплаве ультрамелкозернистую структуру. В связи с этим тема диссертационной работы Гохфельда Н.В., направленной на исследование закономерностей структурных и фазовых превращений в медно-пallадиевых и медно-золотых сплавах, подвергнутых интенсивной пластической деформации, является актуальной.

В диссертационной работе Гохфельда Н.В. впервые показано, что после интенсивной пластической деформации в сплавах на основе Cu-Pd и Cu-Au наблюдается полное разупорядочение и формирование ультрамелкозернистой структуры. Установлено, что процессы разупрочнения и наноструктурирования происходят одновременно. Обнаружен эффект ускорения атомного упорядочения при отжиге сплавов после предварительной интенсивной пластической деформации, который идет вместе с рекристаллизацией. Показано, что изменение температуры мегапластической деформации от комнатной до криогенной влияет на упрочнение сплавов и на формирование структуры при последующих отжигах. Выявлены стадии изменения электросопротивления при нагревании наноструктурированных сплавов и определены температура начала упорядочения сплава. Изучено влияние параметров импульсного лазерного воздействия на формирование структуры и свойств сплава Cu<sub>3</sub>Pd. Предложена схема распределения зон с различной структурой вокруг кратера, полученного при лазерном воздействии.

Не вызывает сомнения высокая степень апробации работы. Автором сделаны доклады на более чем десяти международных конференциях. Результаты работы опубликованы в 35 научных публикациях. По содержанию автореферата следует сделать следующие замечания:

- 1) На странице 11 приведены значения микротвёрдости до МПД и после 15 оборотов. Не ясно имеет ли отношение данный абзац к рисунку 12 на странице 15, где приведены значения микротвёрдости для образцов сплава Cu<sub>3</sub>Pd после МПД при комнатной температуре и 77К. На странице 11 отмечено, что последующие отжиги приводят к немонотонному изменению микротвёрдости, однако, на рисунке 12 представлено монотонное снижение твёрдости с увеличением температуры отжига.
- 2) В таблице 2 не приведены механические свойства сплава Cu<sub>3</sub>Pd в исходном, недеформированном состоянии.
- 3) В работе отмечено, что исследуемые сплавы имеют широкое применение в электронной промышленности благодаря низкому удельному электросопротивлению и подходящим магнитным и оптическим свойствам. На рисунке 15 приведена зависимость удельного электросопротивления от

температуры для сплава Cu<sub>3</sub>Pd, по которой видно, что после МПД значение удельного электросопротивления превышает 100 мкОм\*см, что, как видно на рисунке 16, в 20 раз больше чем в предельно упорядоченном состоянии. Является ли в таком случае оправданным применение МПД для некоторого увеличения прочности данного сплава за счёт такой большой потери электропроводимости?

Сделанные замечания не влияют на важность полученных данных и положительную оценку диссертационной работы. Диссертационная работа Гохфельда Н.В. является законченным научным исследованием и удовлетворяет п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Реснина Наталья Николаевна

Доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния),

Профессор кафедры общей математики и информатики

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет".

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7-9

Тел. +79119949636

e-mail: resnat@mail.ru

Сибирев Алексей Владимирович,

Кандидат физико-математических наук (специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела),

## Научный сотрудник кафедры теории упругости

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет".

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7-9

Тел. +79062629671

e-mail: alekspb@list.ru

Дома несётся воронами в  
человеческом виде изредка.

Андреевъ Q.B.

Упсено беј-ен

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ  
ГУОРП  
ОС СУВОРОВА



Создано организацией,  
10 февраля 2020 г.

Porcupine N.B.