



Изделия из пенометалла



Диплом 37-го Международного салона изобретений, новых технологий и продукции «Женева-2009»

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

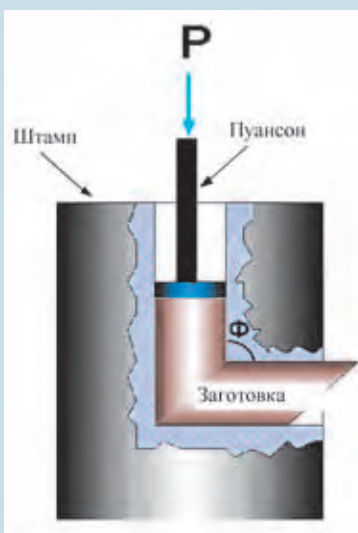
Существует два способа получения объемных наноструктурных материалов. Первый, так называемый «снизу вверх», заключается в консолидации нанодисперсных порошков, как правило, сжатием при повышенных температурах. Этот метод, с одной стороны, приводит к росту зерна, с другой, – не позволяет получать приемлемые

механические характеристики за счет остаточной пористости. Второй способ «сверху вниз» предусматривает измельчение структуры материала в исходном состоянии путем технологических переделов до уровня наноструктурной. В технологическом отделении работа в данном направлении была начата в 2002 году. Для измельчения зерна применялись методы интенсивной пластической деформации, такие как равноканальное угловое прессование (РКУП), всесторонняя ковка, кручение

под давлением, винтовая экструзия и др., позволяющие получить высокие прочностные характеристики при сохранении пластичности, достаточной для последующих технологических переделов.

Процесс РКУП предусматривает продавливание заготовки через два пересекающихся канала.

Для получения высоких прочностных характеристик и измельчения зерна до наноструктурного размера заготовку подвергают многократному прессованию.

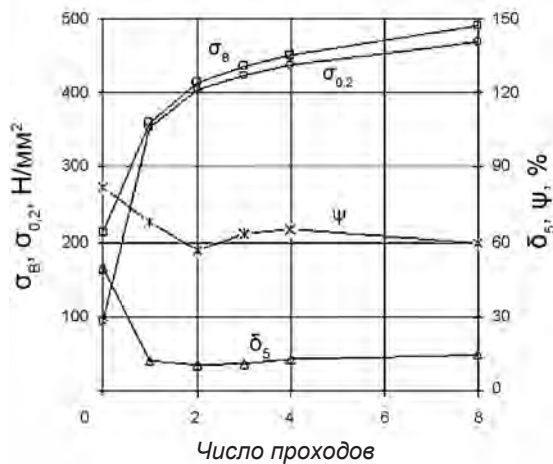


Принципиальная схема РКУП

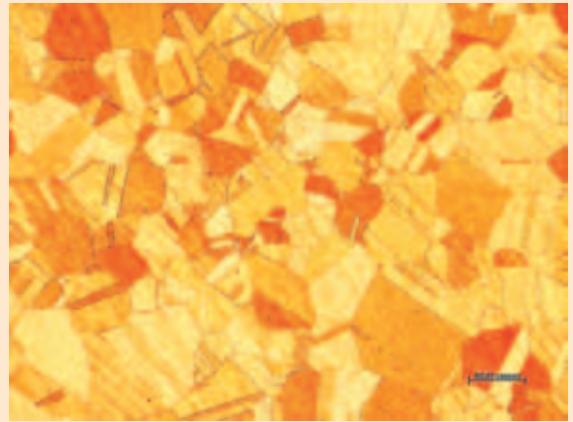


Компьютерное моделирование процесса РКУП

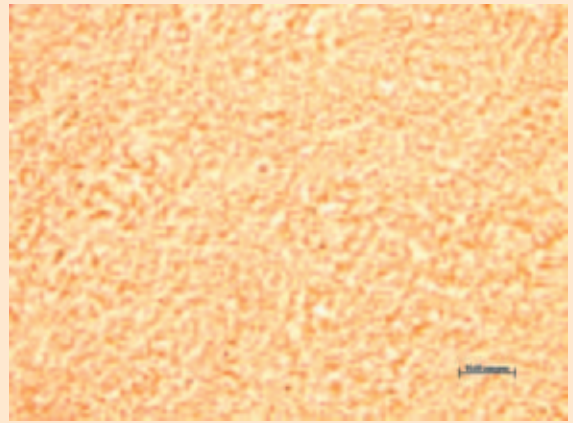
Для меди М1 после 8 проходов предел прочности увеличивается более чем в 2 раза, предел текучести – более чем в 4 раза, при этом размер зерна уменьшается с 80 мкм до 300–500 нм. В тех случаях, когда необходимо увеличить пластичность, после РКУП применяют низкотемпературный отжиг, позволяющий повысить пластические характеристики при небольшой потере прочности.



Зависимость механических свойств меди М1 от числа проходов

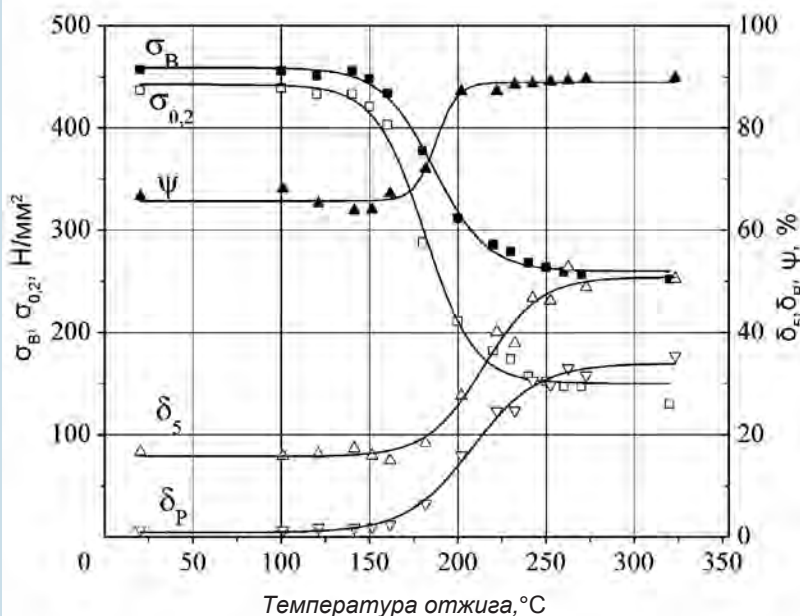


а ×100



б ×1000

Микроструктура меди М1 в исходном состоянии (а) и наноструктурном состоянии (б) после 8 циклов РКУП



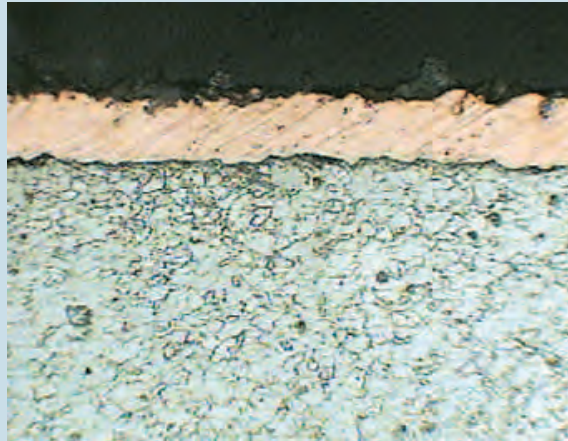
Влияние низкотемпературного отжига на свойства наноструктурной меди М1

В технологическом отделе создана экспериментальная база, позволяющая проводить РКУП заготовок различного сечения (квадрат  $8 \times 8$  мм, круг  $\varnothing 10, 20$  и  $40$  мм) при угле пересечения каналов от  $90$  до  $135^\circ$  и температурах от комнатной до  $450^\circ\text{C}$ . Разработана принципиально новая конструкция штампа для РКУП, позволяющая оперативно восстанавливать его изношенные поверхности и извлекать заготовку при ее заклинивании. На конструкцию штампа получено шесть патентов. Патент 2352419 в 2008 году признан лучшим в номинации «100 лучших изобретений России».

С целью снижения трения и предотвращения схватывания при прессовании для ряда материалов отработана технология нанесения на заготовки галь-



Разборный штамп для РКУП



Гальваническое покрытие меди на магнитомягком сплаве 27КХ

ванического покрытия меди толщиной 70–80 мкм, что позволило уменьшить коэффициент трения при прессовании в 3–4 раза. На данный метод подана заявка на патент. При применении соответствующих смазок и гальванических покрытий удельные давления прессования не превышают 10 т/см<sup>2</sup>, что позволяет использовать при РКУП имеющиеся прессы от 10 до 200 т.

Технология РКУП отработана и проведены исследования свойств следующих материалов:

- технической чистой меди марок М1и М0б;
- технической чистой титана марок ВТ1-0 и Gr4;
- двухфазных титановых сплавов марок ВТ6 и Ti-6Al-4V;
- материала с памятью формы Ti-Ni;
- нержавеющей стали 12Х18Н10Т;

• магнитомягкого материала 27КХ;

• тантала ТВЧ.

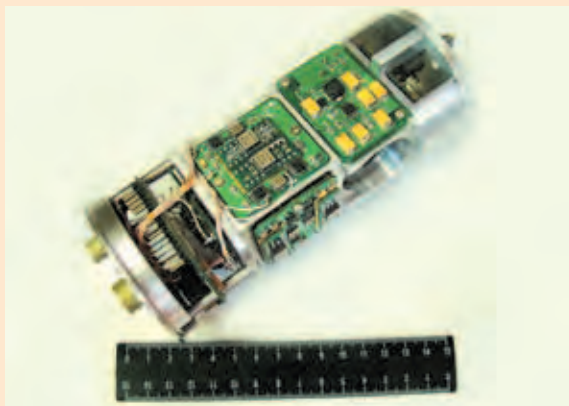
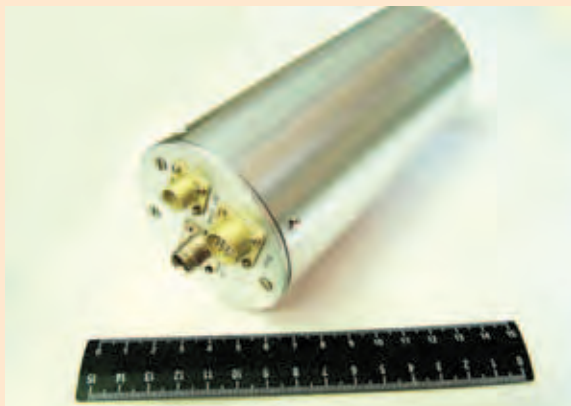
Впервые получены результаты по исследованию влияния РКУП на однородность, анизотропию, масштабный эффект и скоростную чувствительность механических свойств получаемых заготовок.

## КОНСТРУКТОРСКИЕ БЮРО

В рамках совершенствования измерительных средств для определения траекторных параметров полета испытываемых изделий в РФЯЦ-ВНИИЭФ

создан малогабаритный измерительный радиотелеметрический моноблок. Блок обеспечивает измерение встроенными датчиками ускорений (семь

каналов), угловых скоростей (шесть каналов), давлений на поверхности изделия (три канала) и времен срабатывания исполнительных устройств си-



Измерительный радиотелеметрический блок