

Современные проблемы физики наноструктурных материалов

Часть 2

Деформационные методы получения наноматериалов.

Научные основы метода всесторонней изотермической ковки

ОСНОВНАЯ ИДЕЯ МЕТОДА ВИК

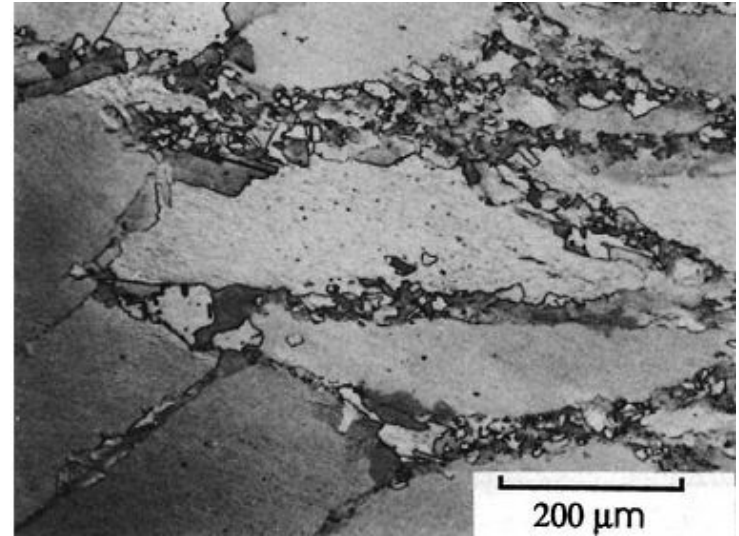
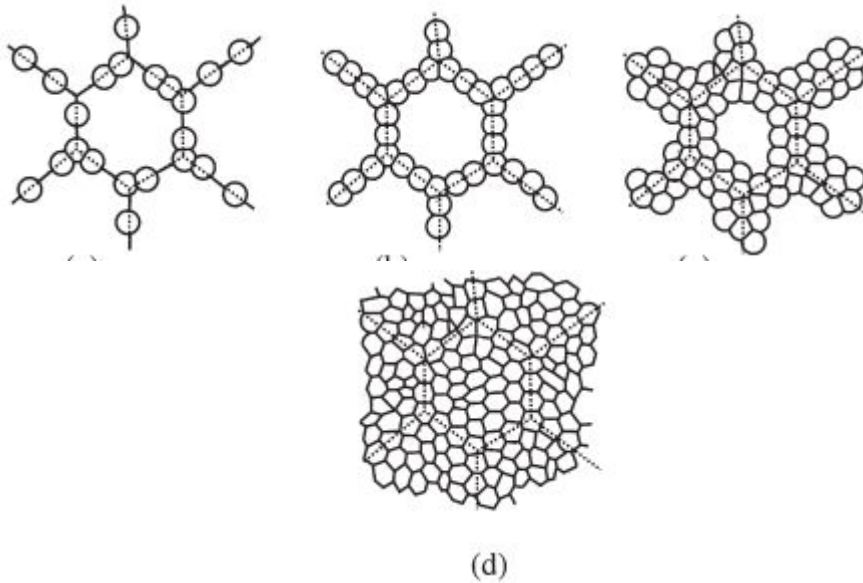
Р.М. ИМАЕВ, А.А. НАЗАРОВ, Р.Р. МУЛЮКОВ. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.
2009. СПЕЦ. ВЫП. 7. С.130-134

Основная идея метода всесторонней изотермической ковки заключается в наиболее полном использовании потенциала динамической рекристаллизации для измельчения микроструктуры металлов и сплавов. Иными словами, метод основан на соотношении между размером рекристаллизованных зерен и условиями изотермической деформации (температурой и скоростью деформации): $d = d(T, \dot{\epsilon})$

Работа обсуждается на семинаре

ДИНАМИЧЕСКАЯ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ПРИ ГОРЯЧЕЙ И ТЕПЛОЙ ДЕФОРМАЦИИ

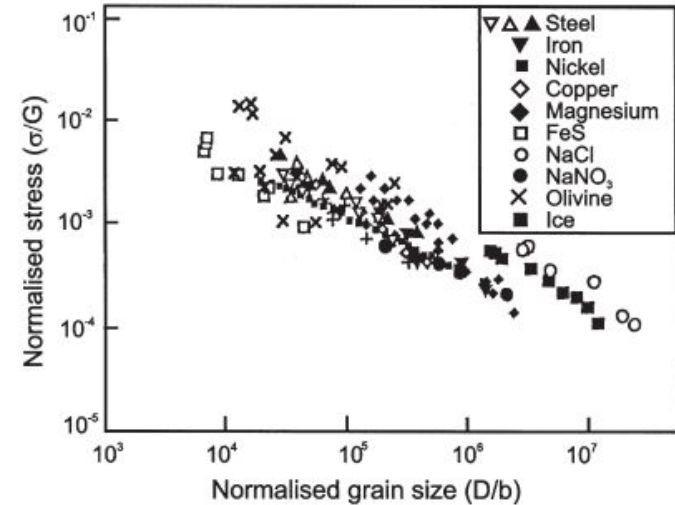
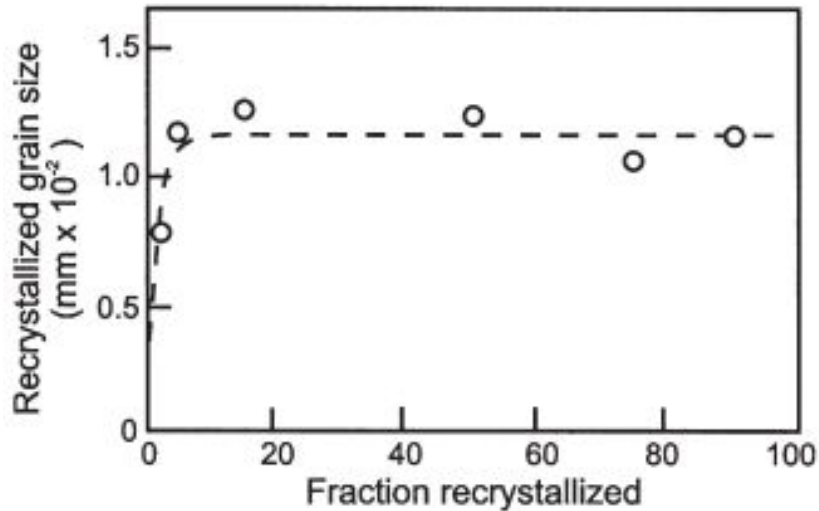
F.J. Humphreys, M. Hatherly. Recrystallization and Related Annealing Phenomena. 1995



При горячей и теплой пластической деформации происходит динамическая рекристаллизация – образование новых зерен. Этот процесс может происходить различными механизмами, среди которых наиболее общие – это прерывистая RX при высоких температурах и непрерывная при более низких температурах

РАЗМЕРЫ РЕКРИСТАЛЛИЗОВАННЫХ ЗЕРЕН ПРИ ГОРЯЧЕЙ И ТЕПЛОЙ ДЕФОРМАЦИИ

F.J. Humphreys, M. Hatherly. Recrystallization and Related Annealing Phenomena. 1995



Для данной температуры и скорости деформации существует установившийся размер рекристаллизованных зерен.

Этот размер зерен зависит от скорости и температуры через параметр Зинера-Холломона и обычно выражается зависимостью между размером зерен и напряжением течения в установившейся стадии деформации

РАЗМЕРЫ РЕКРИСТАЛЛИЗОВАННЫХ ЗЕРЕН ПРИ ГОРЯЧЕЙ И ТЕПЛОЙ ДЕФОРМАЦИИ

$$\sigma = Kd^{-m}, \quad m < 1$$

$$\dot{\epsilon} = C\sigma^n e^{-\frac{Q}{RT}}, \quad n \geq 2$$

$$\dot{\epsilon} = \alpha d^{-mn} e^{-\frac{Q}{RT}} = \alpha d^{-l} e^{-\frac{Q}{RT}}$$

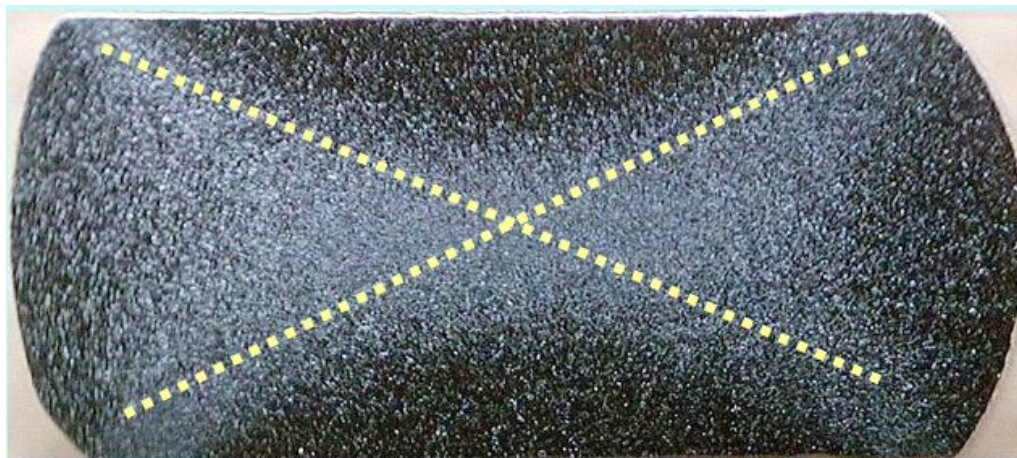
$$d^l \propto \dot{\epsilon}^{-1} e^{-\frac{Q}{RT}} = Z^{-1}, \quad Z = \dot{\epsilon} e^{\frac{Q}{RT}}$$

Установившийся размер рекристаллизованных зерен уменьшается с увеличением скорости деформации и понижением температуры деформации. Следовательно, деформируя металл при возможно низкой температуре, можно в принципе сформировать структуру с размером зерен в нанометровом диапазоне

ГЛАВНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ВИК

- i) разработать методологию получения в объемных заготовках однородной, равноосной мелкозернистой микроструктуры с высокой долей большеугловых границ зерен, не имеющей острой текстуры;
- ii) осуществить поэтапное уменьшение размера зерен вплоть до наноструктурного уровня.

НЕОДНОРОДНОСТЬ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ОСАДКЕ



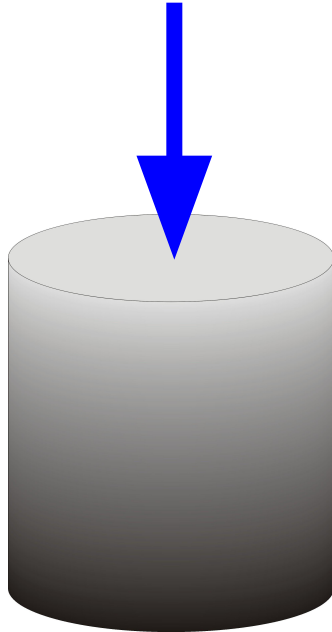
При осадке из-за неоднородного напряженного состояния, вызванного наличием сил трения между образцом и бойками, происходит локализация деформации в области, называемой деформационным крестом. При обычной ковке основные структурные изменения происходят в этой области, то есть в образце формируется неоднородная микроструктура.

СХЕМА ВСЕСТОРОННЕЙ КОВКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ОДНОРОДНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ



Схема обеспечивает: 1) деформационную «проработку» всех областей образца благодаря смене осей осадки; 2) цикличность деформации с практически полным восстановлением формы образца в конце каждого цикла

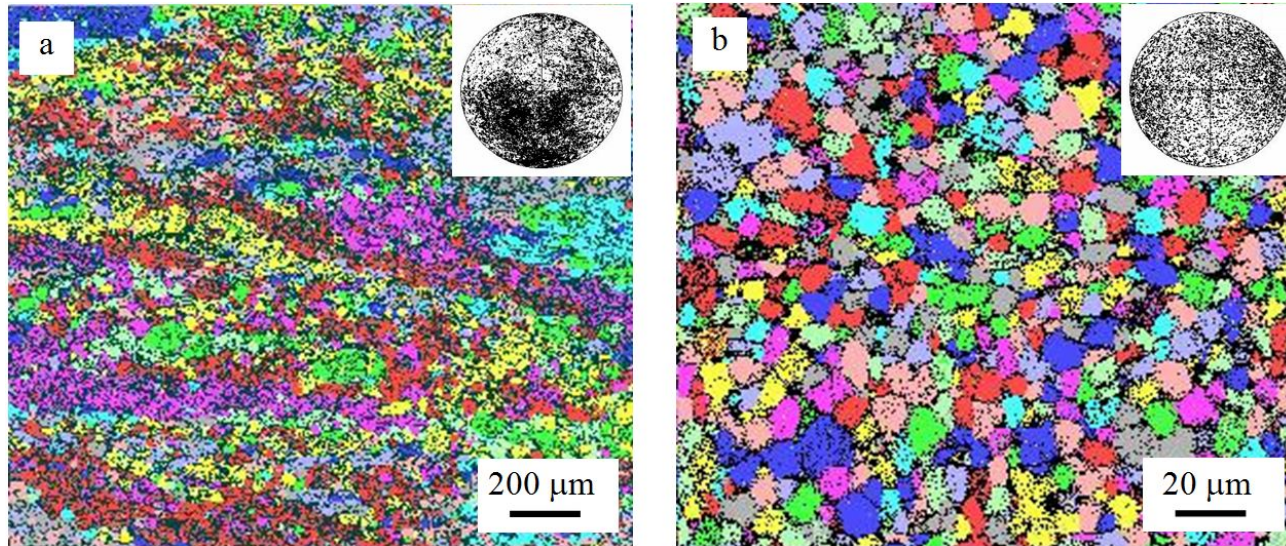
ПРОВЕДЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВИК



Для каждого нового материала проводят исследование формирования микроструктуры при осадке модельных цилиндрических образцов: определяют размеры рекристаллизованных зерен при различных температурах и скоростях деформации, при различной исходной структуре и фазовом составе.

В результате этих исследований устанавливается фундаментальная связь между *механизмами деформации и механизмами и кинетикой динамической рекристаллизации* в широком температурно-скоростном интервале деформационной обработки и определяется влияние на эту триаду исходной микроструктуры, степени дисперсности и морфологии фаз.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-СКОРОСТНЫХ УСЛОВИЙ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ ВИК



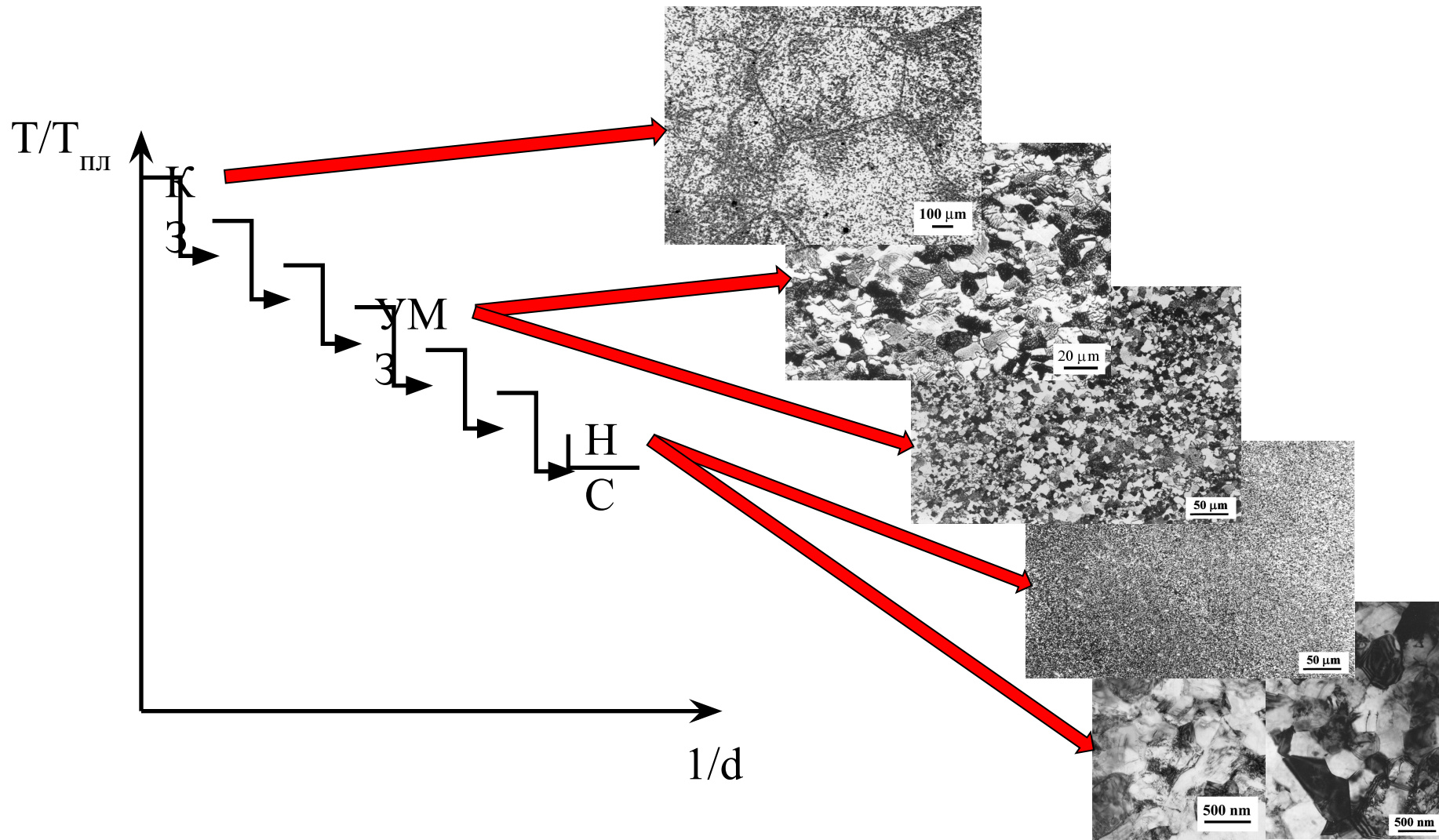
Традиционная ковка

ВИК

При данной температуре и скорости деформации после полной рекристаллизации размер зерен и температура, скорость деформации соответствуют оптимальным условиям СПД, то есть образец деформируется сверхпластически.

Это обеспечивает: 1) однородность структуры; 2) высокую долю БУГ; 3) размытие текстуры.

ПОЭТАПНОЕ УМЕНЬШЕНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРЕН ПРИ ВИК



Практическая реализация схемы ВИК



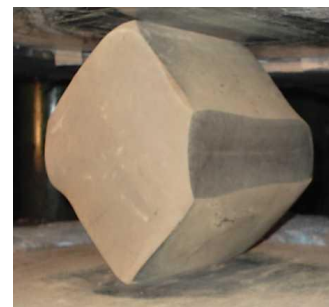
Осадка



Кантовка и осадка



Кантовка и осадка

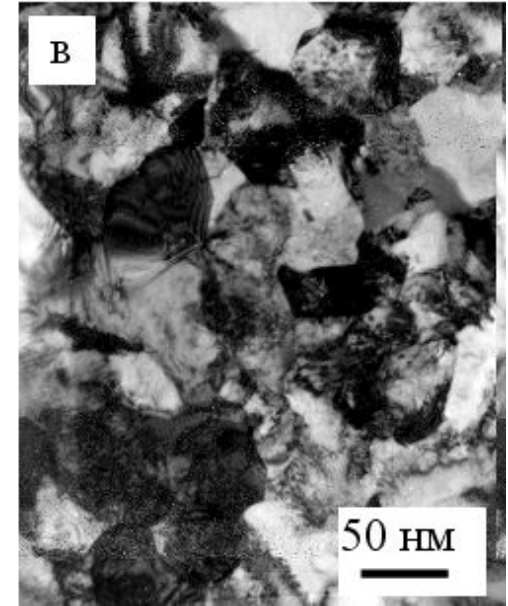
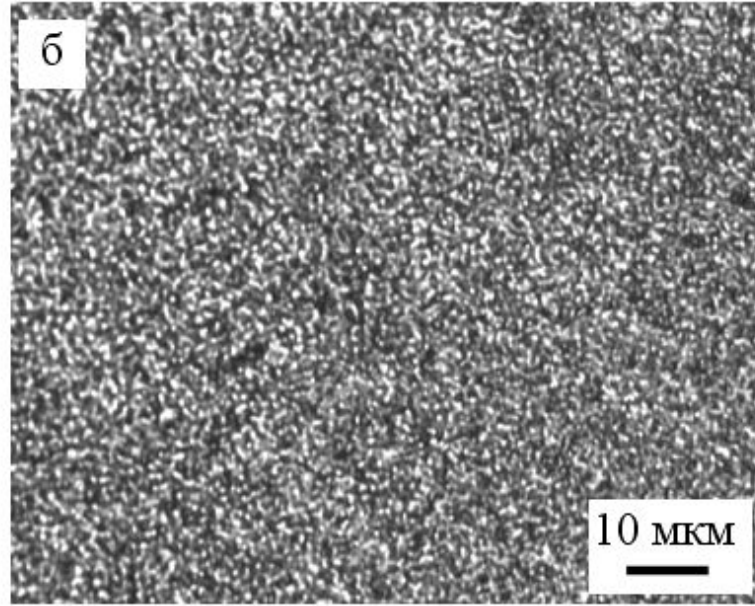
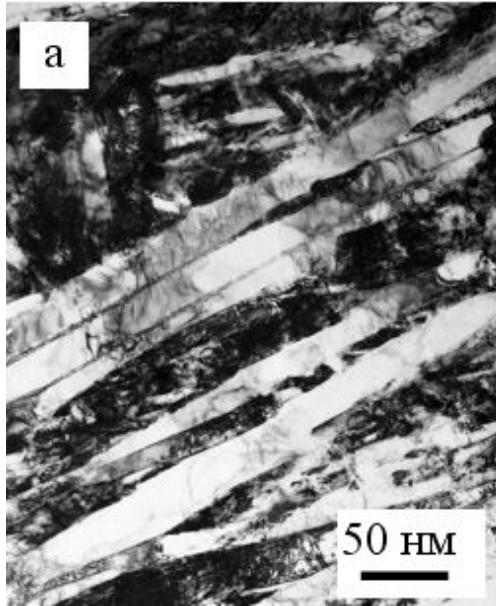


Протяжка



Материал – титановый сплав ВТ6

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРЫ В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ВТ6



Микроструктура сплава ВТ6: а – тонкопластинчатая - после предварительной закалки из β -области – $T=1010^{\circ}\text{C}$ (ПЭМ); б и в – наноразмерная - после всесторонней изотермической ковки при температурах $T_1=700^{\circ}\text{C}$ и $T_2=600^{\circ}\text{C}$; б – ОМ, в – ПЭМ, $d=400$ нм .

МАТЕРИАЛЫ И ПОЛУФАБРИКАТЫ

Изучаемые материалы:

- Титановые сплавы
- Циркониевые сплавы
- Ti_2AlNb -интерметаллиды
- Медные сплавы
- Композиты
- Стали

Поковки

Кольца

Слябы

Фольги

Листы

Прутки

