



ЗАБАБАХИНСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ

Российский Федеральный Ядерный Центр –
Всероссийский НИИ технической физики имени академика Е.И. Забабахина
29 мая - 2 июня 2023 г.
Снежинск, Россия

Эволюция структуры хромогафниевой бронзы при высокоскоростной динамической деформации и кручении под высоким давлением

*В.В. Попов¹, Е.Н. Попова¹, Р.М. Фалахутдинов¹,
К.В. Гаан², Е.В., Шорохов²*

¹Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия;

²Российский федеральный ядерный центр ВНИИ технической физики, Снежинск,
Россия;



Исследуемый материал

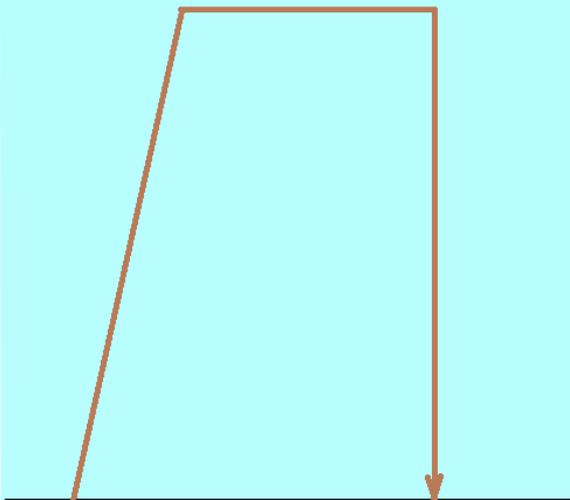
Хромогафниевая бронза

Элемент	Hf	Cr	Ni	Zn	Sn
Содержание, мас. %	0.54	0.45	~0.005	~0.005	~0.005

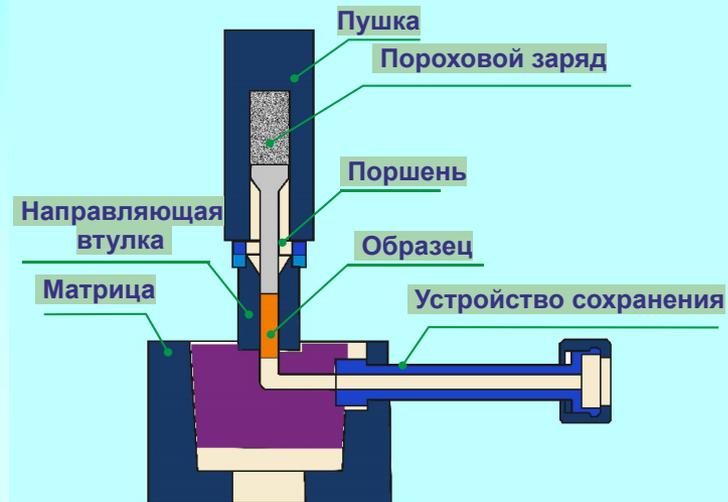
Обработки

Закалка

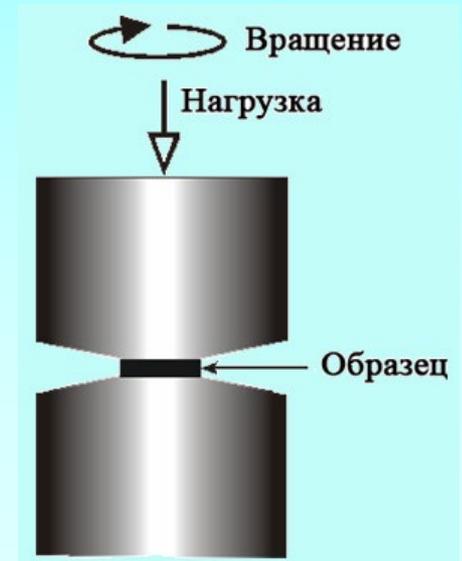
950°C, 1 ч.



Закалка + ДКУП

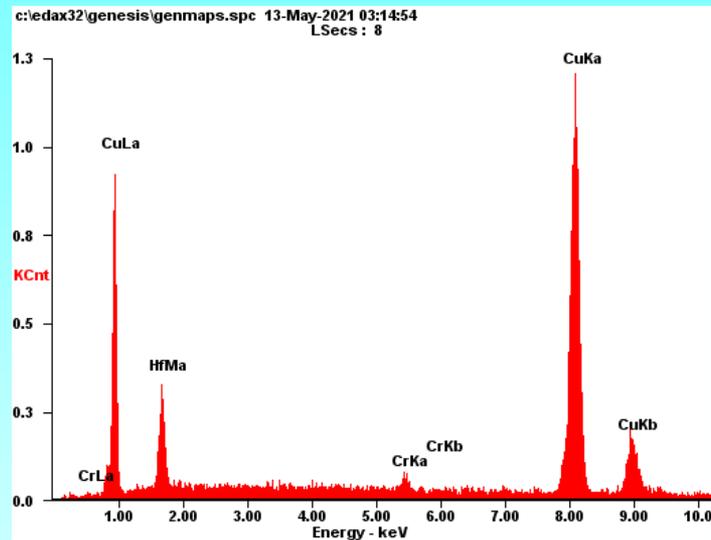
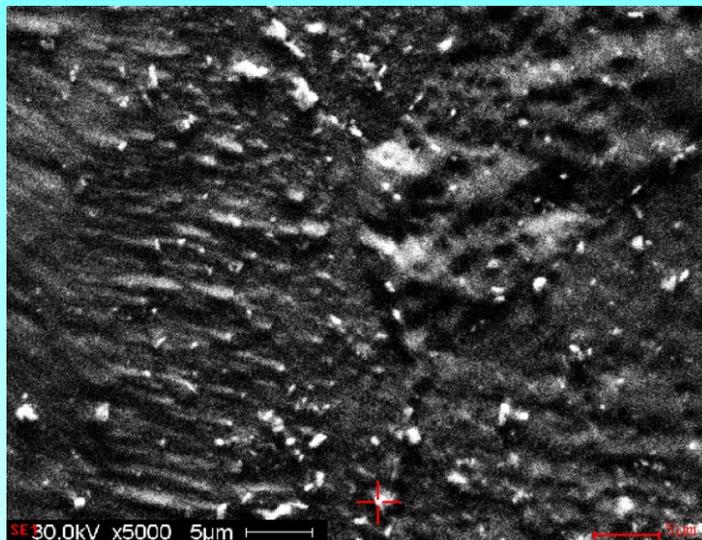


Закалка + КВД



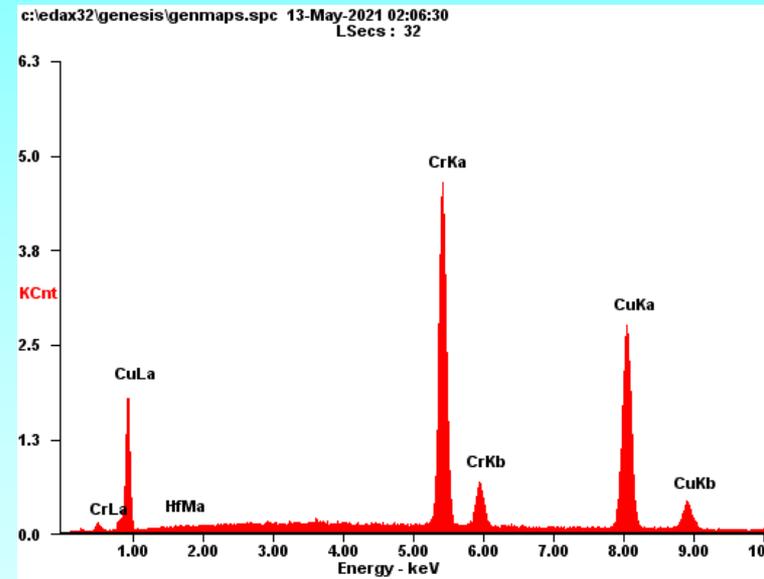
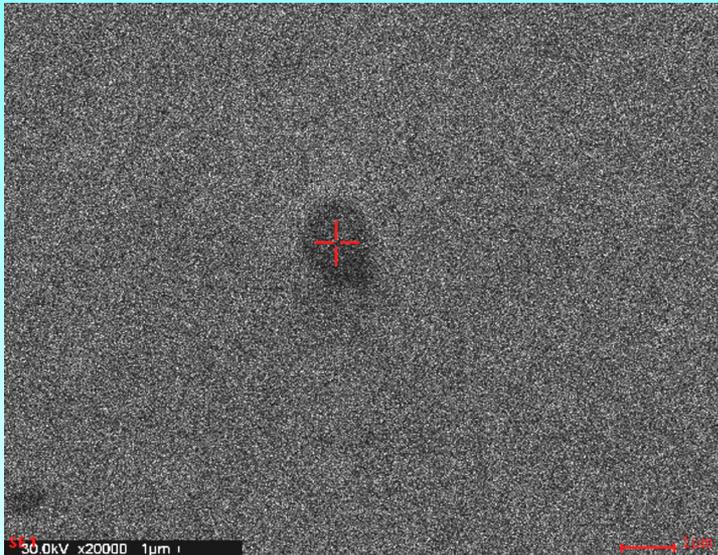


Растровая электронная микрофотография структуры хромогафниевой бронзы после горячейковки, энергодисперсионный рентгеновский спектр отмеченной частицы и результаты анализа состава



Element	Wt%	At%
HfM	39.63	18.88
CrK	01.07	01.75
CuK	59.31	79.37
Matrix	Correction	ZAF

Растровая электронная микрофотография структуры хромогафниевой бронзы после закалки (а) и энергодисперсионный рентгеновский спектр, снятый с частицы, отмеченной крестиком



H = 770 МПа

Внешний вид образца хромогафниевой бронзы после 2 проходов ДКУП

1 проход



H = ~1600 МПа

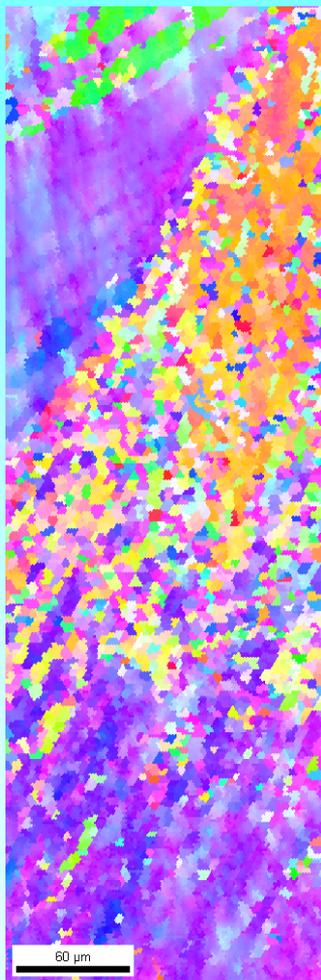
2 прохода



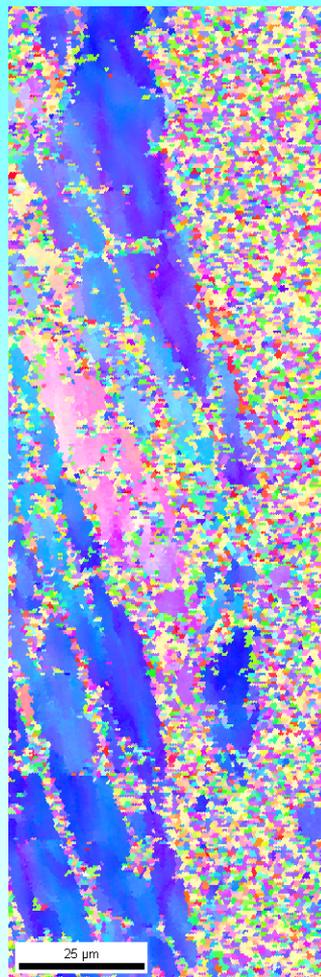
H = ~1800 МПа



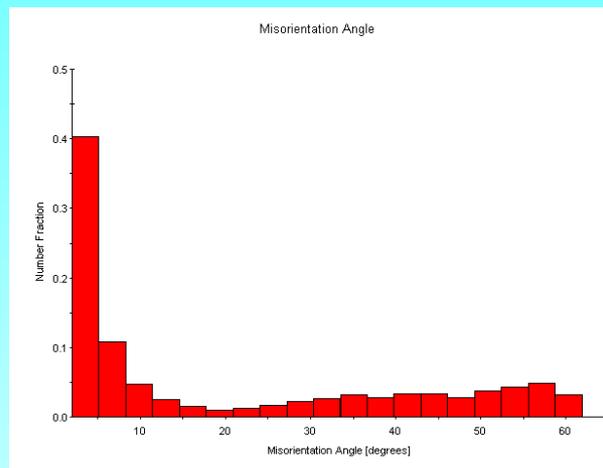
Ориентационные микрофотографии и распределение зерен по углам разориентировки хромогафниевой бронзы после 1 прохода и 2 проходов ДКУП



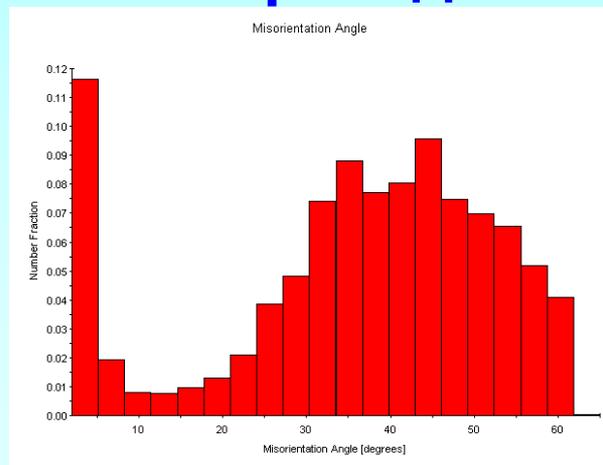
1 проход



2 прохода



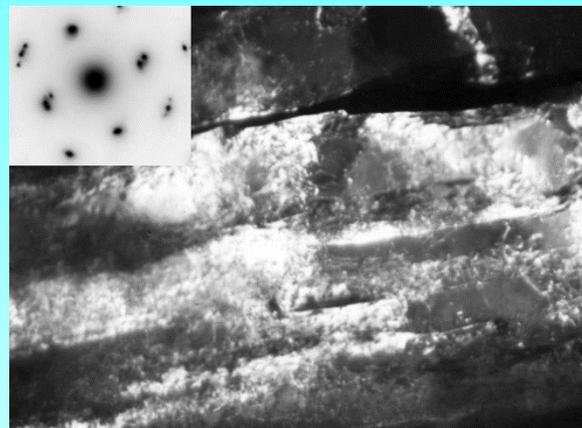
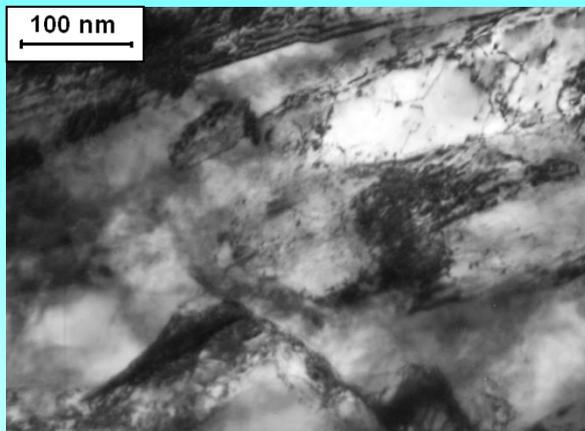
1 проход



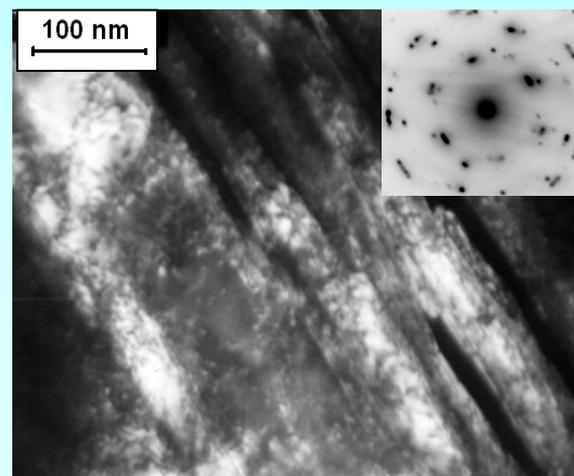
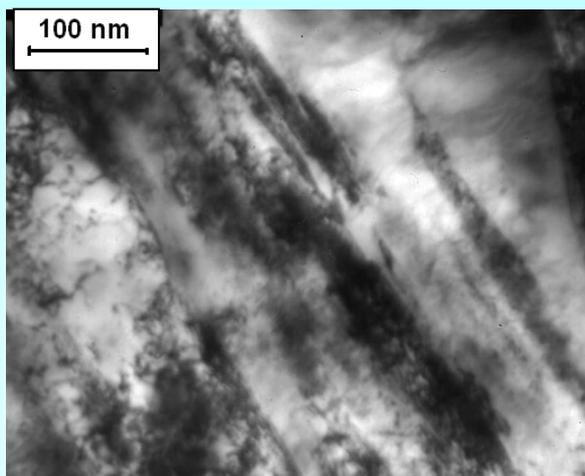
2 прохода

Структура хромогафниевой бронзы после 1 (а, б) и 2 (в-е) проходов ДКУП

1 проход



2 прохода





Микротвердость хромогафниевого бронзы в зависимости от числа оборотов КВД

обработка	закалка	КВД 0.5 об.	КВД 1 об.	КВД 3 об.	КВД 5 об.
Н, МПа	750	2100	2400	2450	2500

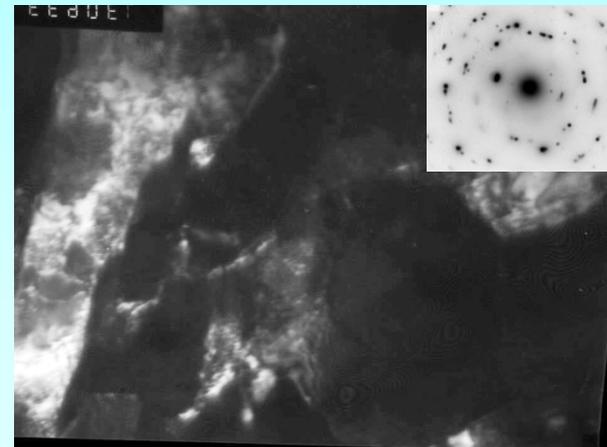
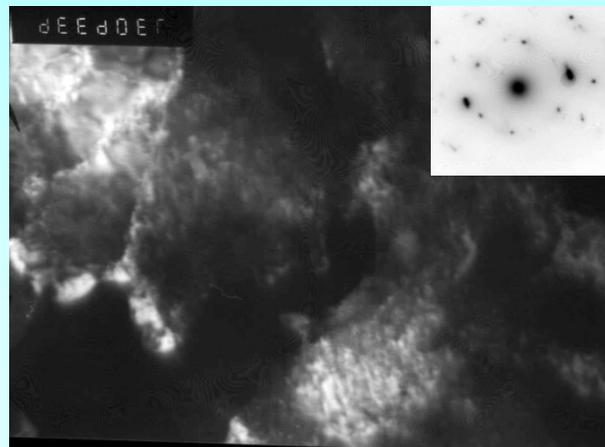
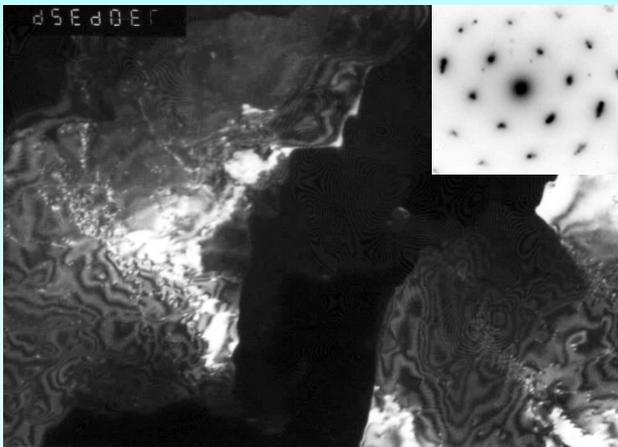
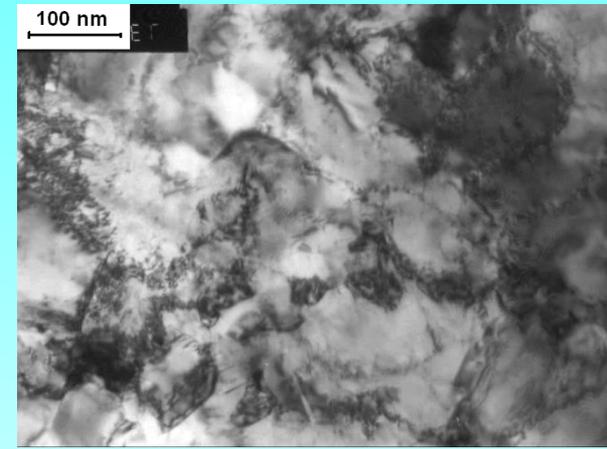
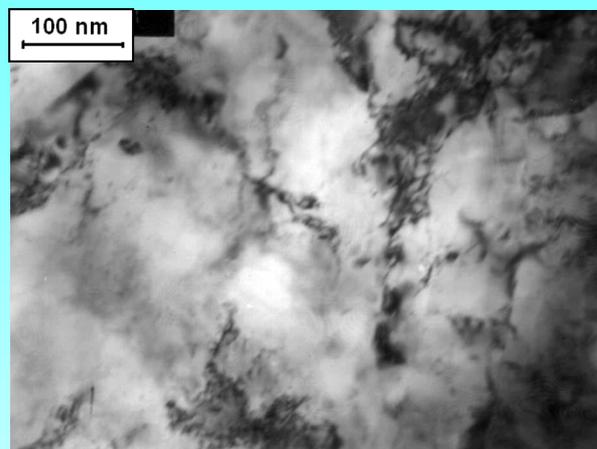


Структура хромогафниевой бронзы после КВД на 0.5 оборота

Центр

Середина радиуса

Периферия



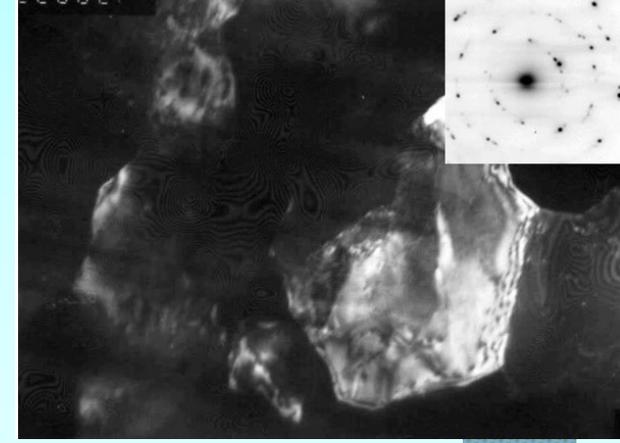
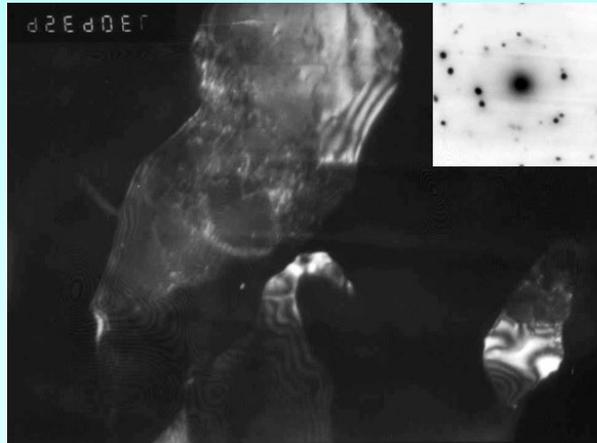
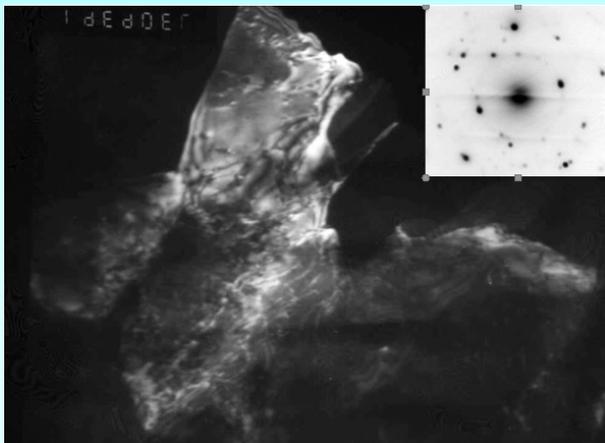
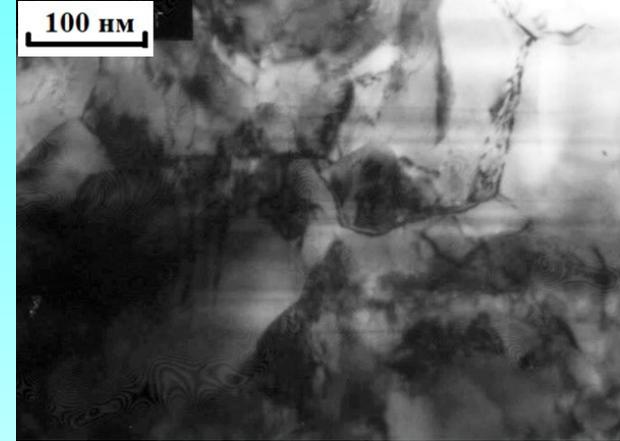
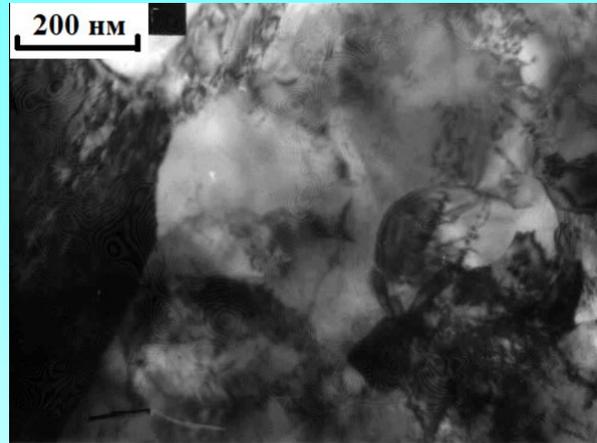
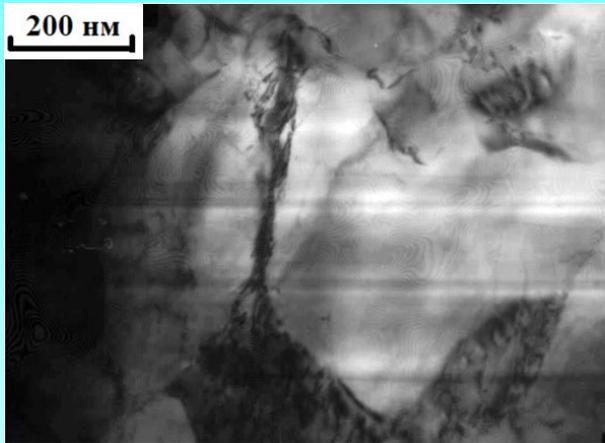


Структура хромогафниевой бронзы после КВД на 1 оборот

Центр

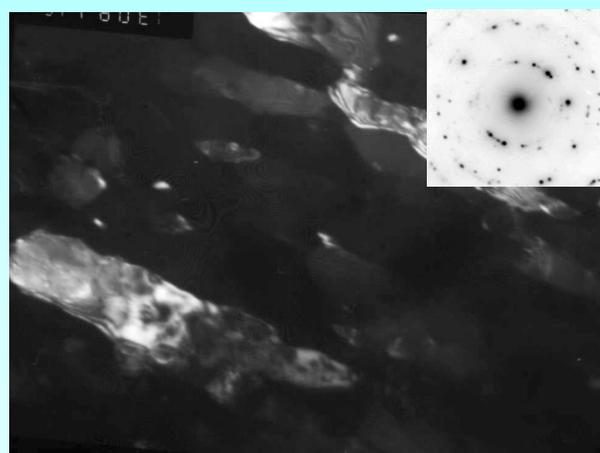
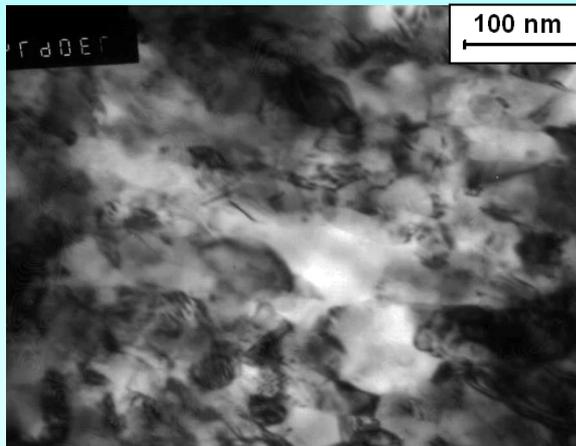
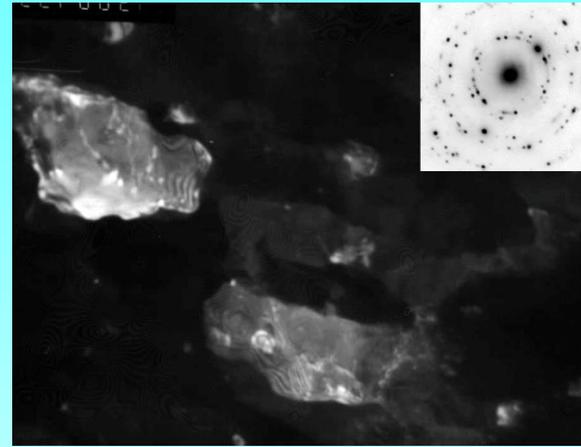
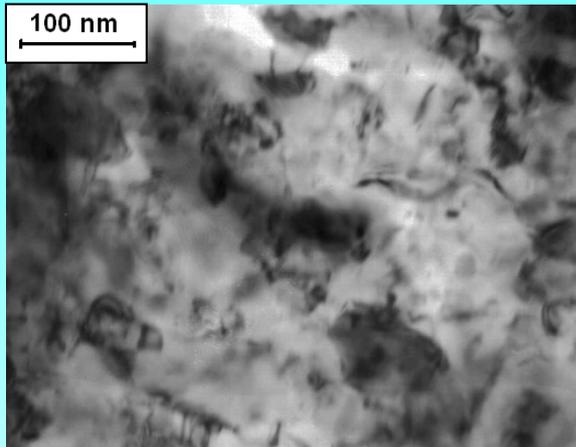
Середина радиуса

Периферия



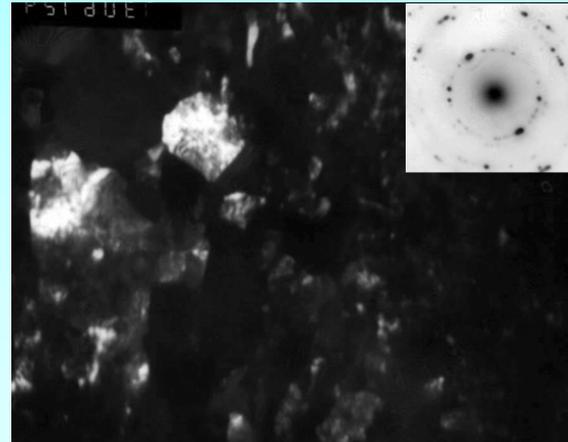
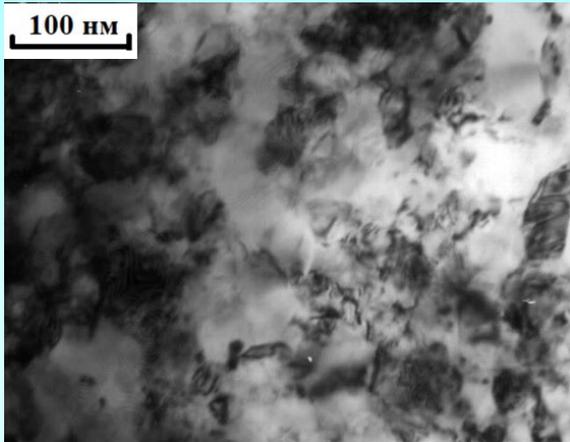
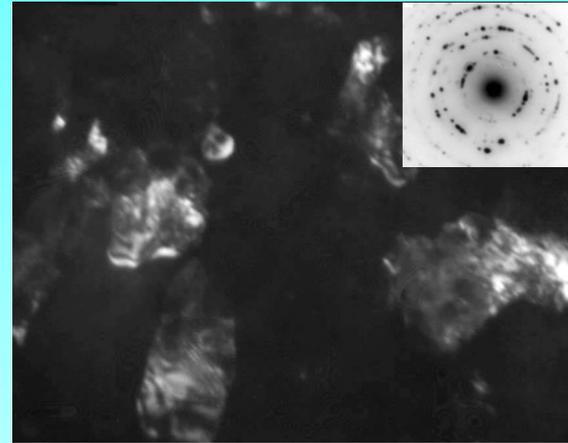
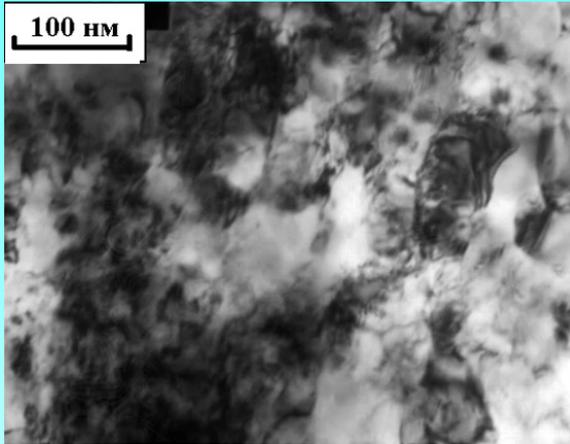


Структура хромогафниевой бронзы после КВД на 3 оборота



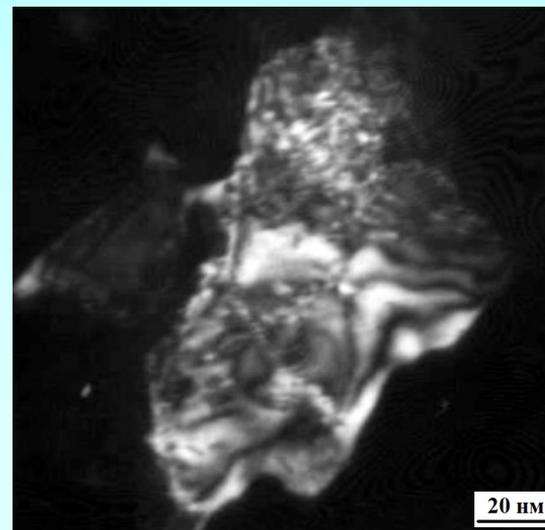
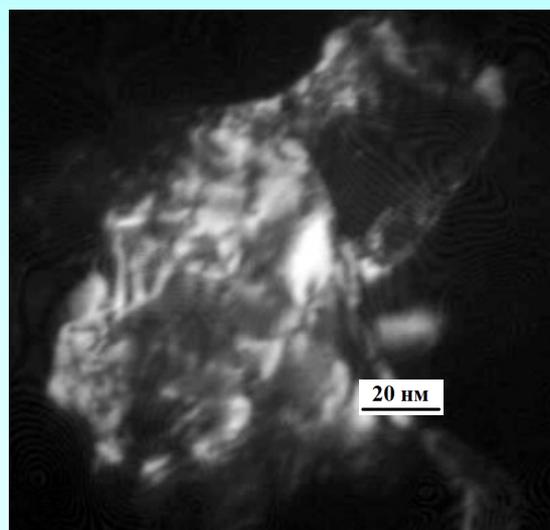
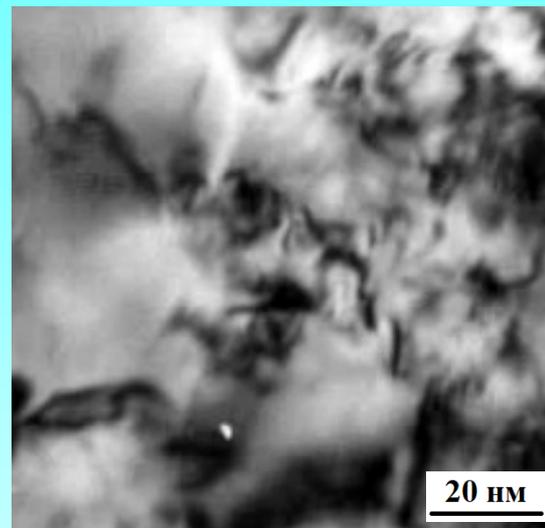
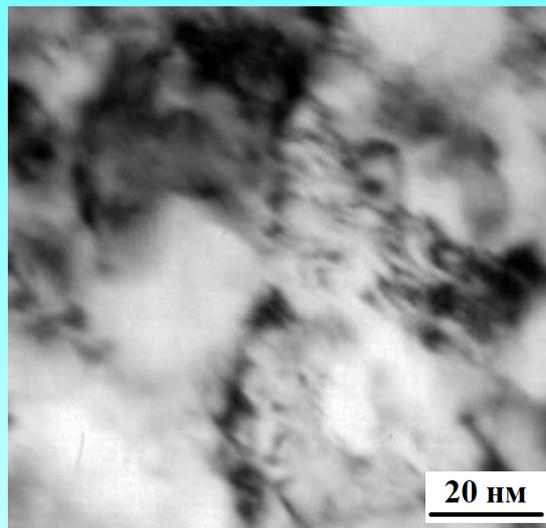


Структура хромогафниевой бронзы после КВД на 5 оборотов



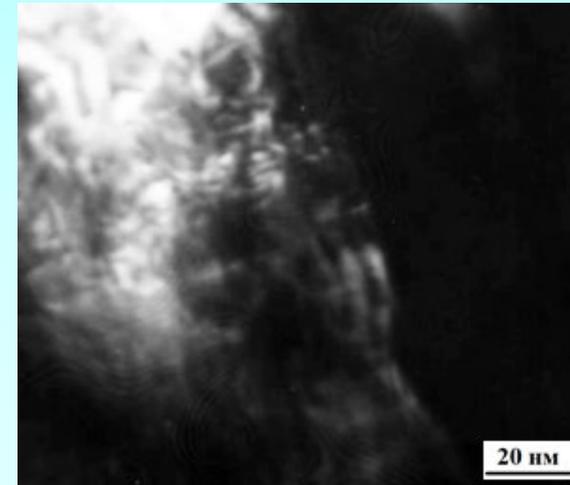
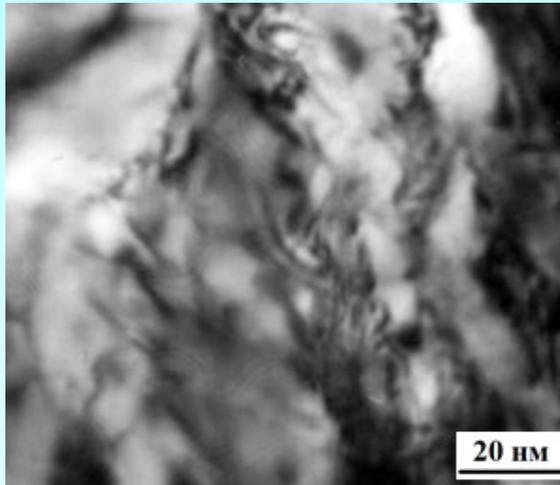
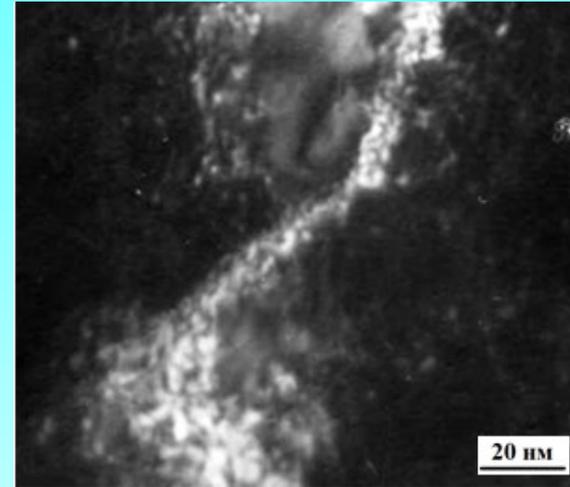
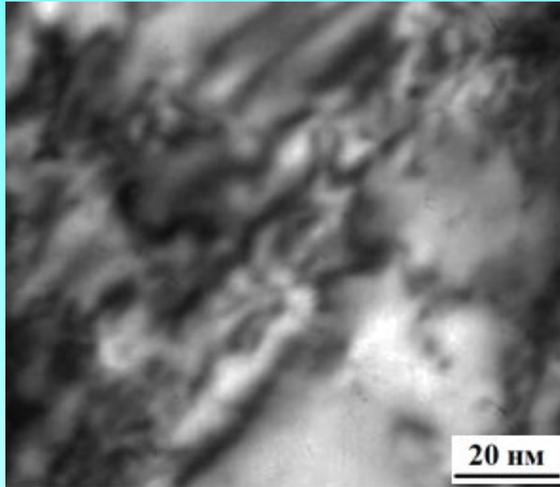


Структура хромогафниевой бронзы после КВД на 5 оборотов



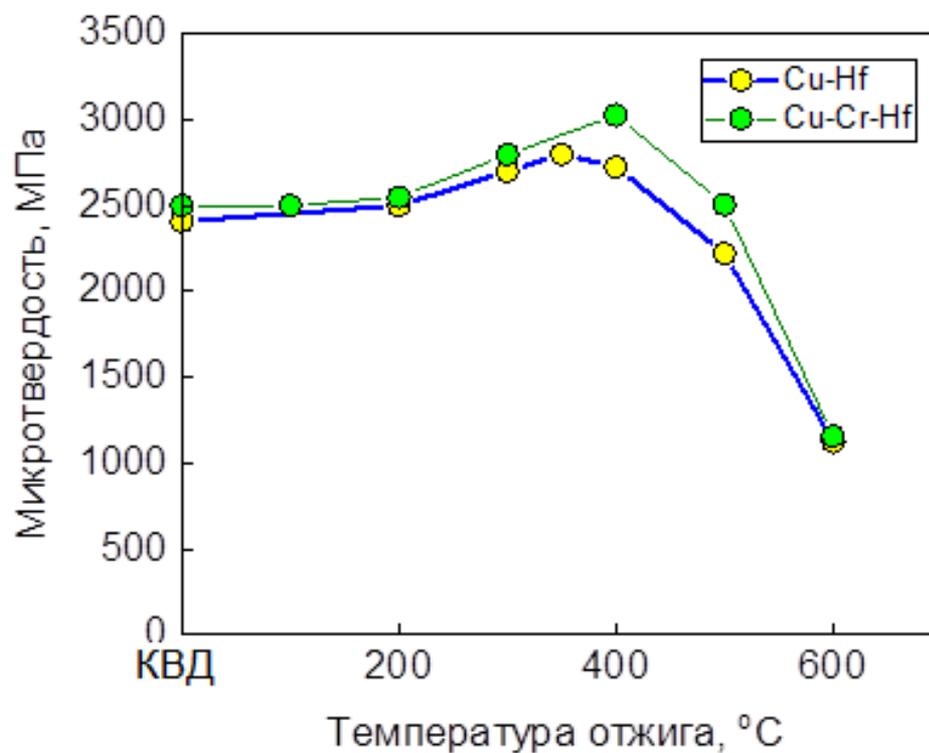


Структура хромогафниевой бронзы после ДКУП 2 прохода





Влияние температуры старения на микротвердость гафниевой и хромогафниевой бронз после закалки и КВД на 5 оборотов





Заключение

Исследована эволюция структуры хромогафниевого бронзы при динамическом канально-угловом прессовании и кручении под высоким давлением.

Фрагментация структуры при ДКУП происходит преимущественно по механизму двойникования, особенно при деформации в 2 прохода. Микротвердость при ДКУП, как и в гафниевого бронзы, существенно возрастает (до 1800 МПа).

При КВД на 5 оборотов получена нанокристаллическая структура со средним размером зерен 100 нм, однородная по радиусу образца. КВД вызывает существенное повышение микротвердости. Микротвердость на стадии насыщения достигает 2500 МПа.

Сделано предположение, что заметная часть границ зерен после ДКУП и, особенно, после КВД находятся в особом «неравновесном» состоянии, которое, возможно, дает дополнительный вклад в упрочнение.

Двойное легирование (хромом и гафнием) в целом не оказало существенного воздействия на измельчение структуры и упрочнение бронзы по сравнению с одним гафнием. Более явно влияние двух легирующих элементов проявляется при старении, позволяя достигнуть большего упрочнения.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !