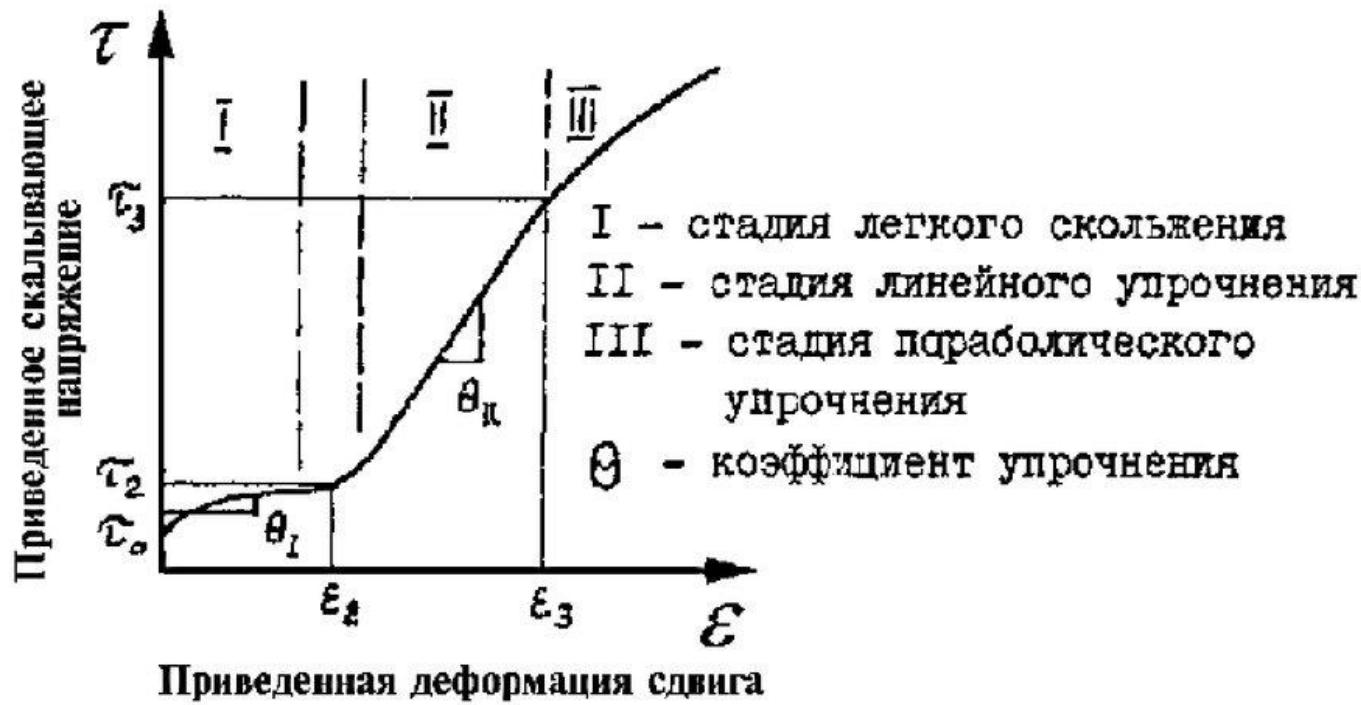


Деформация моно- и поликристаллов

Лекция 5

Монокристаллы с ГЦК решеткой

Основные стадии деформации
и разрушения при статическом растяжении



Типичная кривая напряжение—деформация для монокристалла с ГЦК-решеткой:
 τ_0 , τ_t и τ_3 — напряжения, соответствующие началу стадий I, II и III

Факторы влияния

1. Природа материала
2. Степень его чистоты
3. Ориентировка кристалла
4. Температура деформации
5. Размеры и форма кристаллов
6. Условия на поверхности кристалла

Первая стадия

Стадия легкого скольжения

Коэффициент упрочнения $\Theta=10^{-4}G$

Деформация за счет движения дислокаций

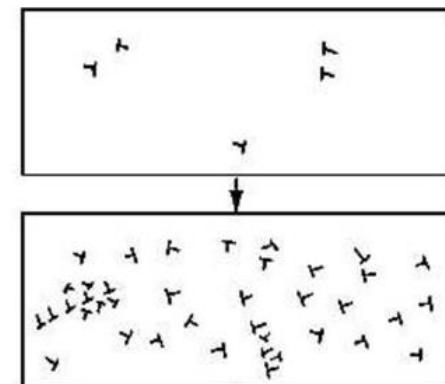
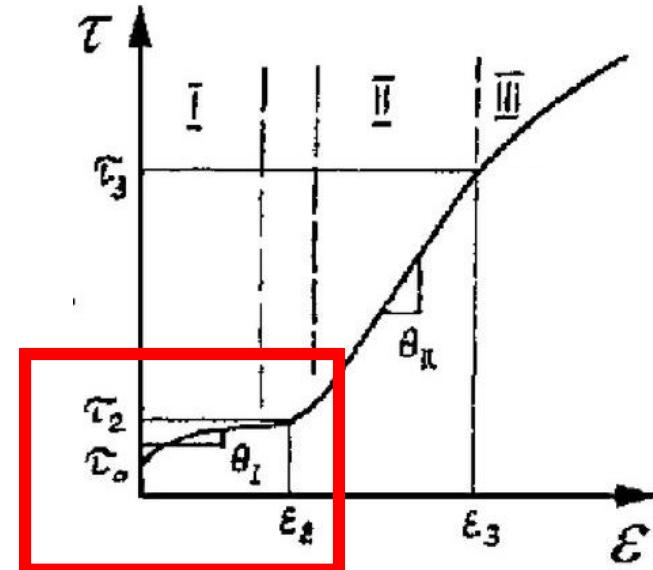
Может полностью отсутствовать или обеспечивать до 40% деформации

Дислокации скользят в одной плоскости в одном направлении, перемещаются беспрепятственно, почти все достигают поверхности, где видны полосы скольжения.

Факторы влияния

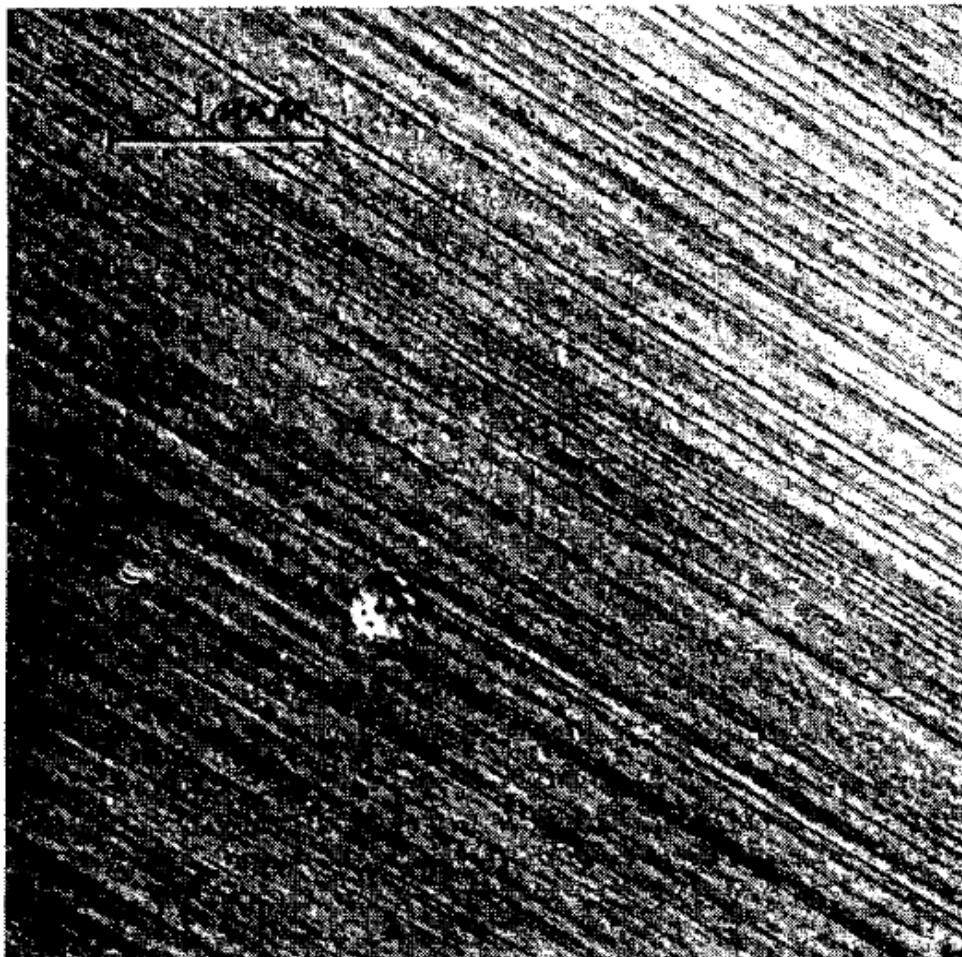
Важную роль играют **примеси**:

1. В виде второй фазы – сокращают стадию
2. В виде твердого раствора – увеличивают



С увеличением **толщины** образца – первая стадия уменьшается

Первая стадия

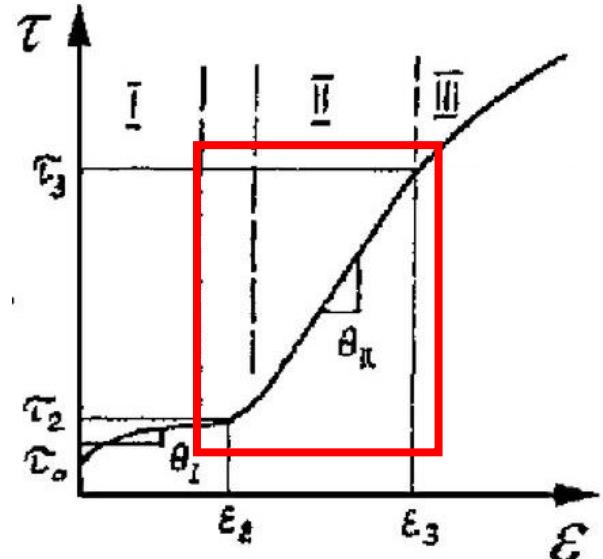
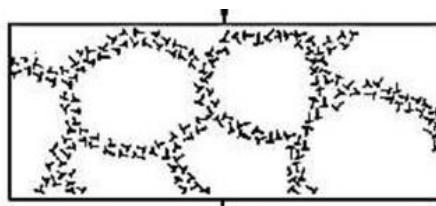


Ф и г. 4.8. Линии скольжения на первой стадии деформации кристаллов меди (электронная микрофотография, реплика) [102].

Вторая стадия

Коэффициент упрочнения $\Theta=10^{-3}G$

Начало множественного скольжения: действуют как первичные, так и другие системы скольжения



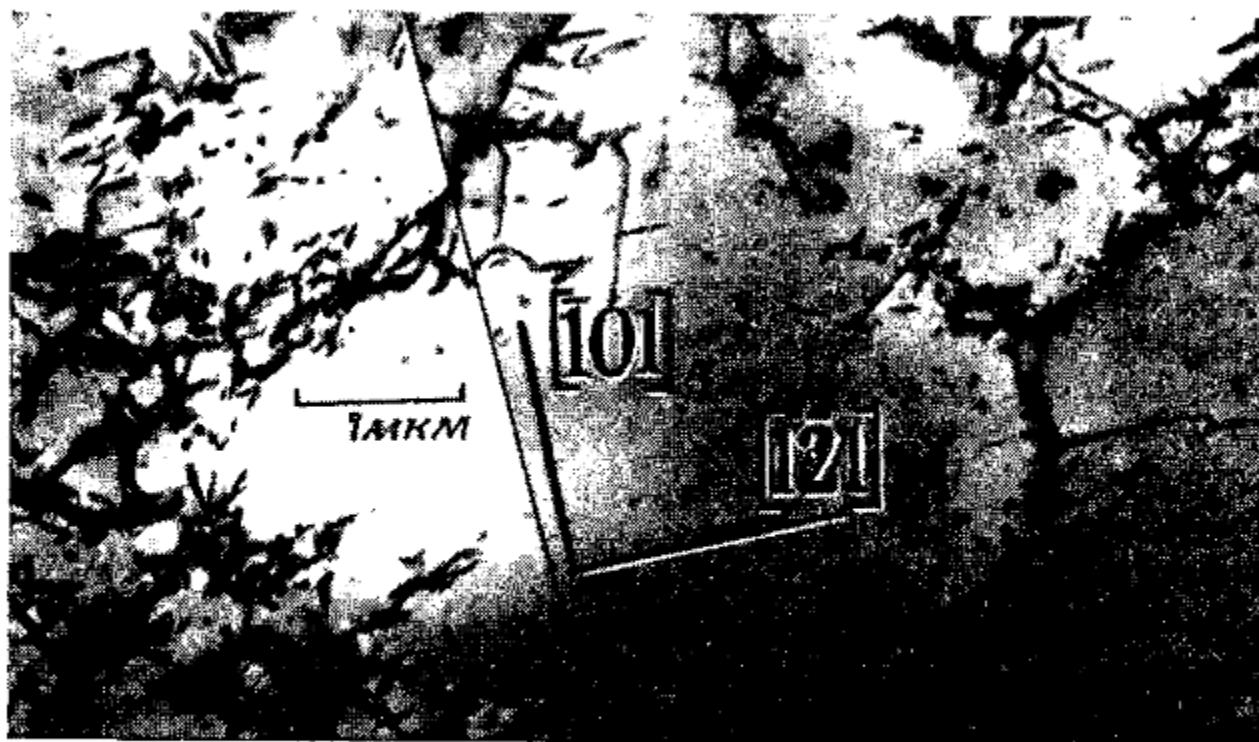
Факторы влияния

Температура оказывает сильное влияние на протяженность 2 стадии, но не влияет на коэффициент упрочнения;

При низких температурах 2 стадия преобладает;

Размер и форма кристалла оказывают меньшее влияние, чем на первой

Вторая стадия



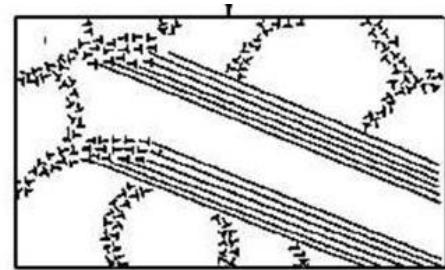
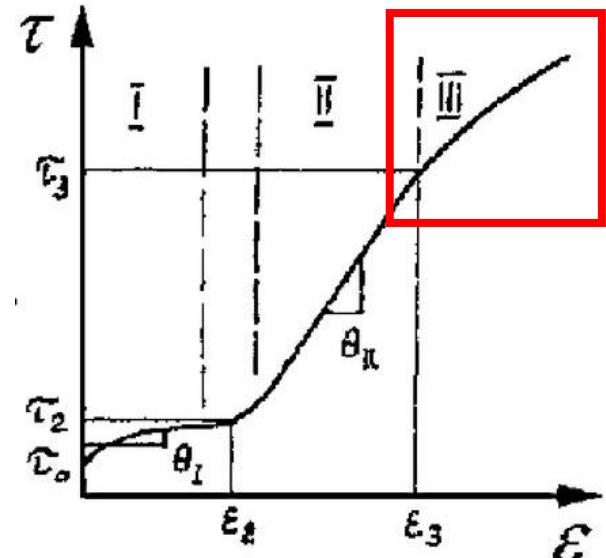
Ф и г. 4.14. Тонкий срез параллельно плоскости скольжения кристалла меди, деформированного на второй стадии (электронная микрофотография) [94].

Третья стадия

С увеличением деформации коэффициент упрочнения Θ снижается.

Протекают термоактивируемые процессы – переползание и поперечное скольжение ВД

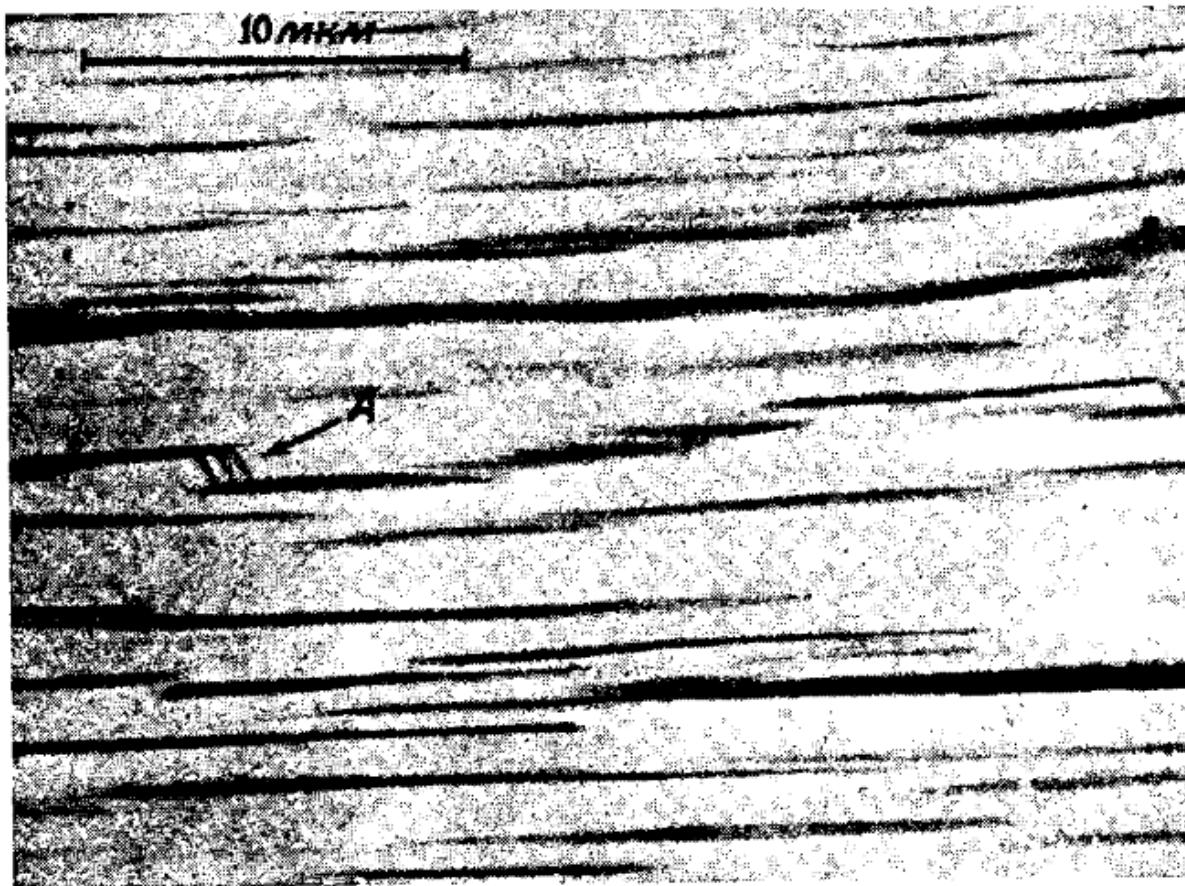
Степень упрочнения на 3 стадии меньше, чем на 2 за счет высоких напряжений, которые позволяют дислокациям обходить барьеры



Факторы влияния

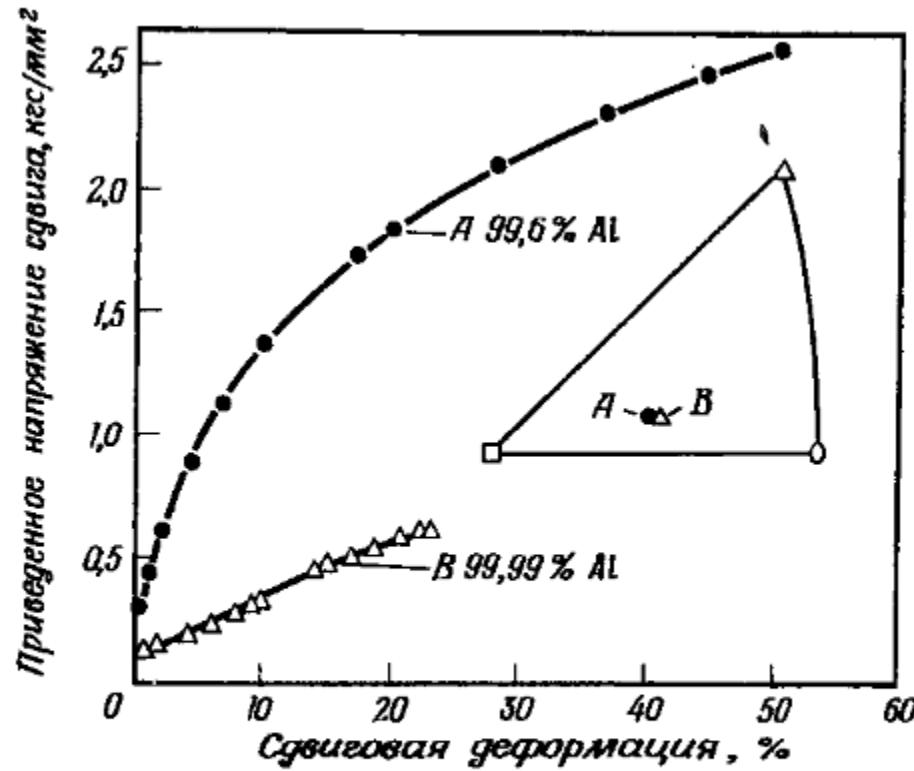
При высоких температурах 3 стадия преобладает; исчезает при $T < 100$ К
Размер и форма кристалла оказывают меньшее влияние, чем на первой

Третья стадия



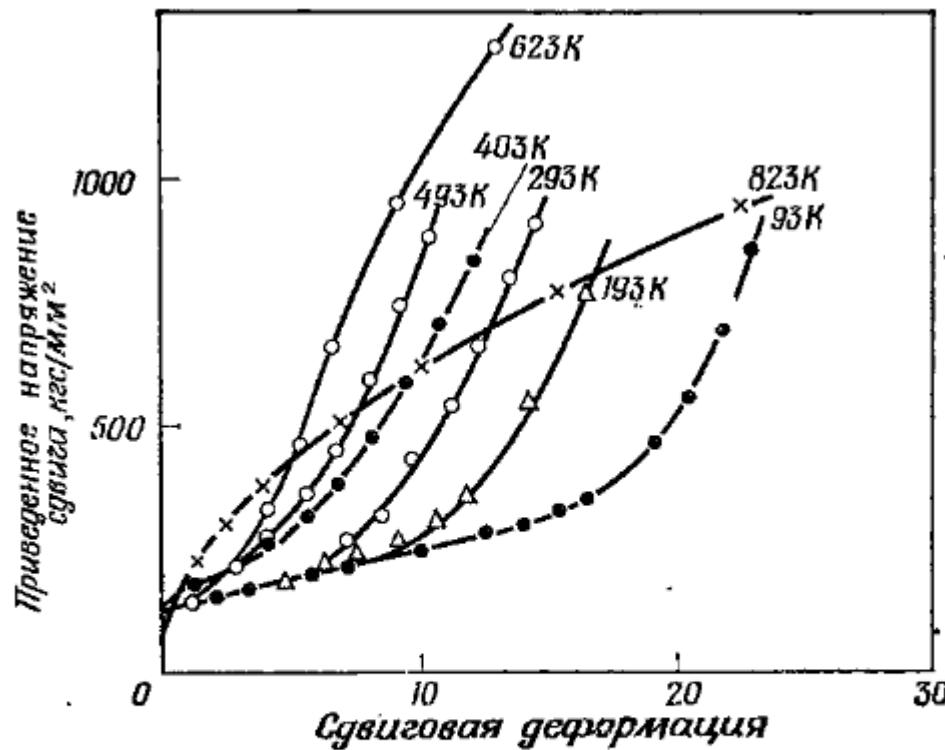
Фиг. 4.18. Полосы скольжения на поверхности кристалла меди, деформированного на третьей стадии (электронная микрофотография, реплика) (Мадер).

Влияние чистоты металла



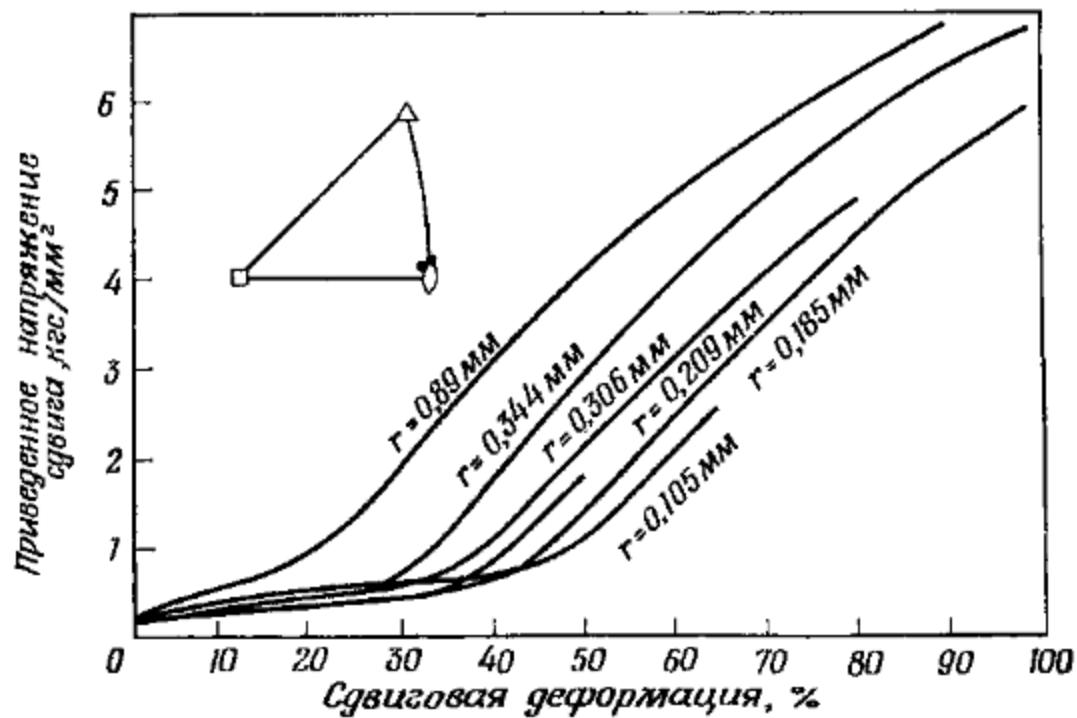
Ф и г. 4.1. Влияние степени чистоты монокристаллов алюминия на вид кривых напряжение — сдвиговая деформация [10].

Влияние температуры



Ф и г. 4.6. Влияние температуры на вид кривых приведенное напряжение сдвига — сдвиговая деформация одинаково ориентированных кристаллов меди [16].

Влияние размера

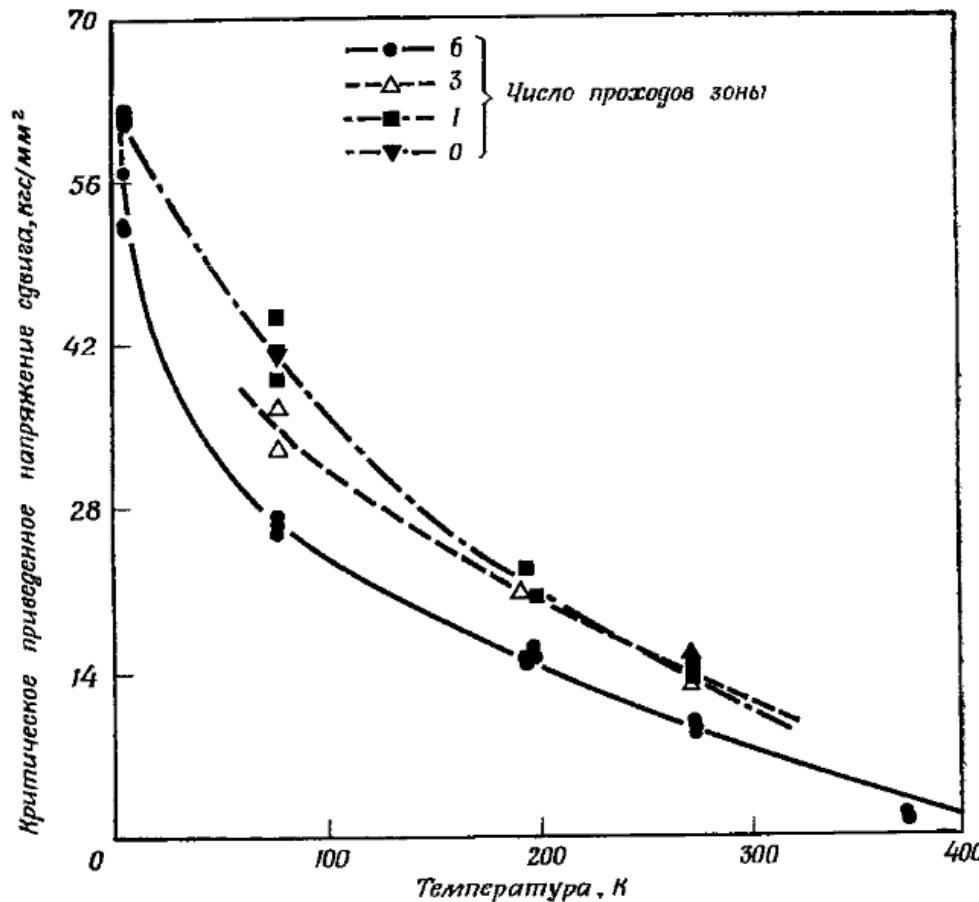


Ф и г. 4.7. Влияние величины образца на протяженность первой стадии упрочнения кристаллов меди [20].

Деформация ОЦК кристалла

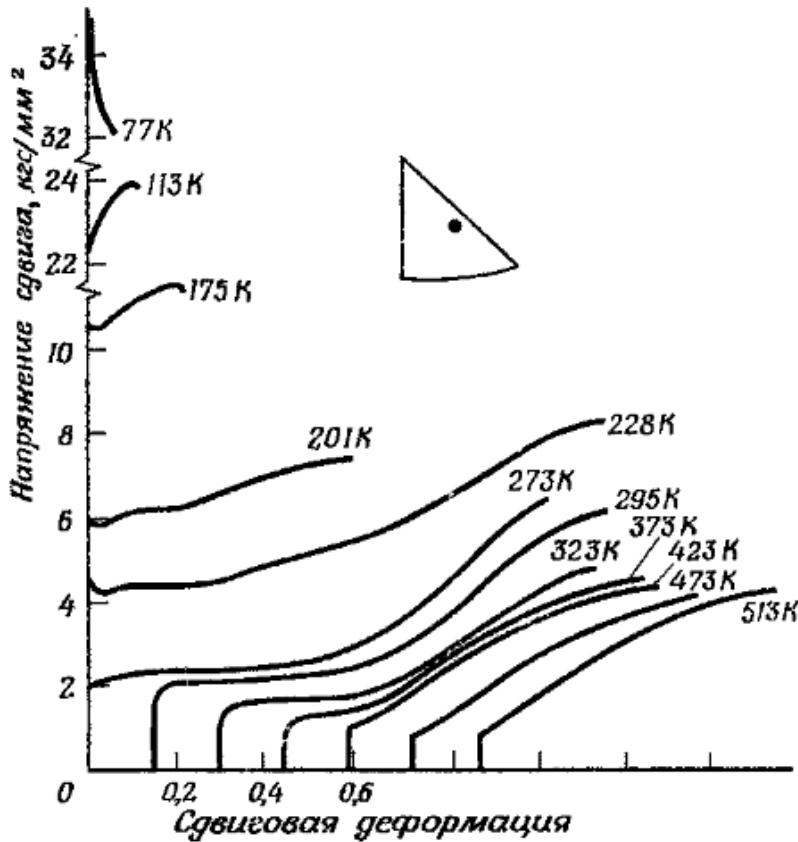
- Наибольшее число систем скольжения
- Укороченная стадия легкого скольжения из-за большого числа СС
- Длинная третья стадия из-за легкого поперечного скольжения
- Напряжения зависят от температуры

Деформация ОЦК кристалла



Ф и г. 4.26. Влияние температуры и степени чистоты на критическое приведенное напряжение сдвига кристаллов молибдена [61].

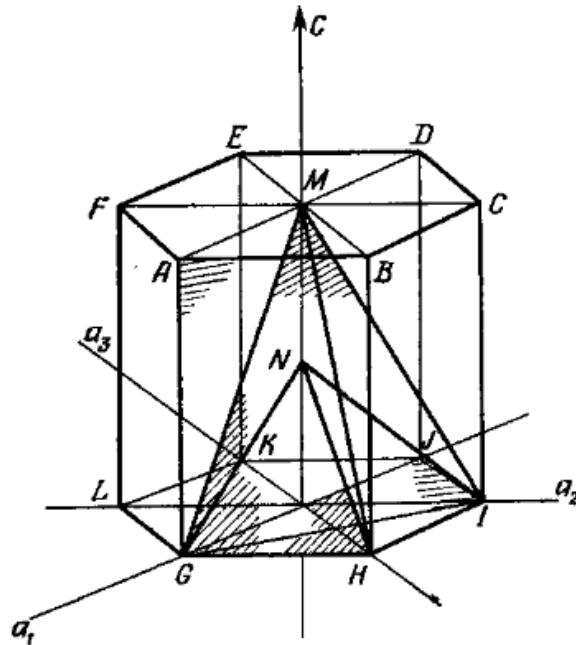
Деформация ОЦК кристалла



Форма кривых существенно зависит от температуры

Ф и г. 4.28. Температурная зависимость вида кривых напряжение — деформация ниобия, очищенного зонной плавкой (скорость деформации $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$) [57].

Деформация ГП монокристалла

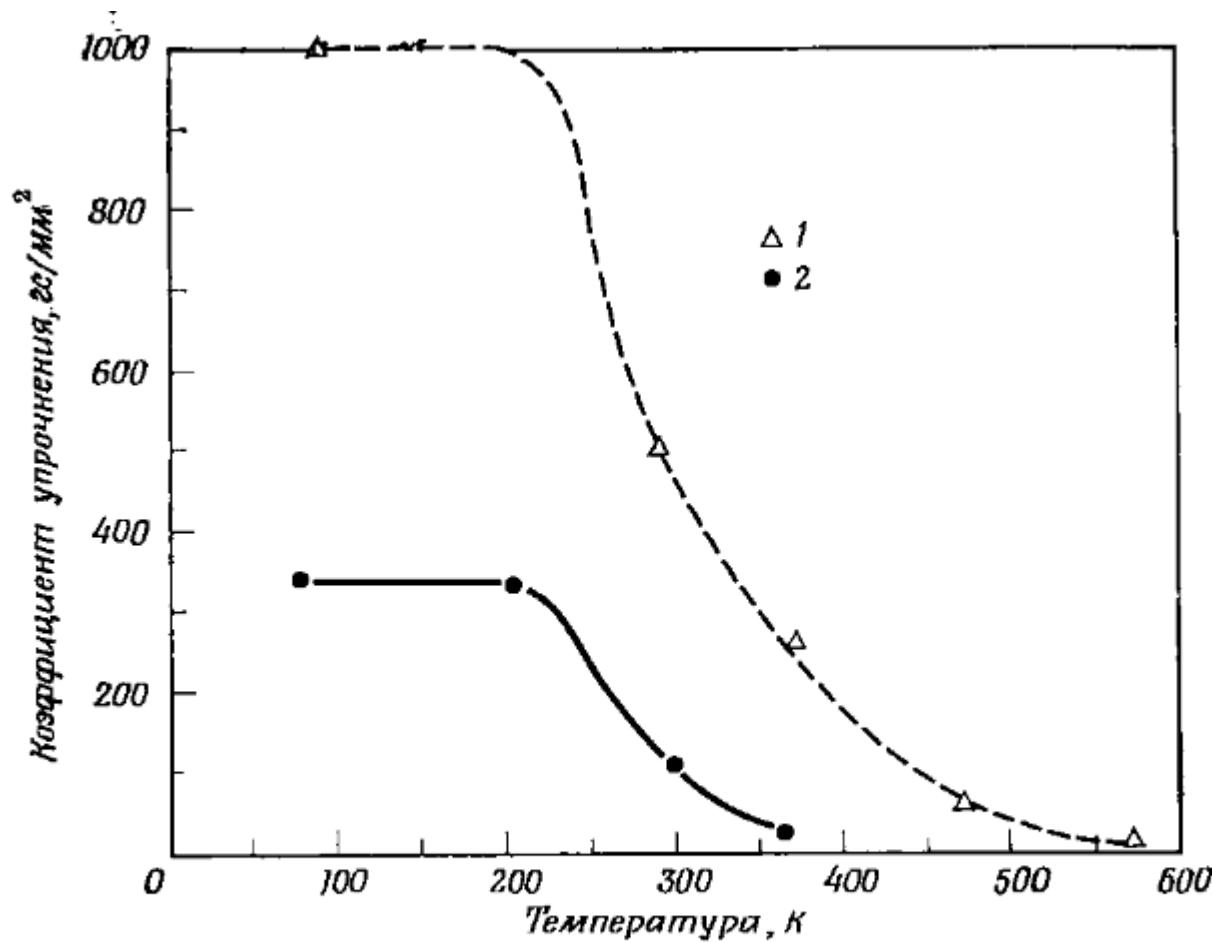


Ф и г. 4.29. Кристаллографические плоскости в гексагональной плотноупакованной структуре.

$ABHG$ —плоскости призмы $\{10\bar{1}0\}$, GHN —плоскости пирамиды $\{10\bar{1}1\}$, GHN —плоскости пирамиды $\{10\bar{1}2\}$, GIM —плоскости пирамиды $\{1\bar{1}\bar{2}1\}$, GIN —плоскости пирамиды $\{1\bar{1}\bar{2}2\}$.

- Важное влияние оказывает соотношение c/a :
- с ростом соотношения растет расстояние между базисными плоскостями так, что они оказываются более плотноупакованными, чем другие.
- Для ряда металлов наблюдается скольжение по призматическим $\{10\bar{1}0\}$ и пирамидальным $\{10\bar{1}1\}$ плоскостям
- Удлиненная стадия легкого скольжения (из-за большой разницы в плоскостях упаковки атомов в базисной и всех других плоскостях)
- Третья стадия часто отсутствует, разрушение происходит на второй стадии

Деформация ГП монокристалла



Ф и г. 4.36. Изменение коэффициента деформационного упрочнения кристаллов магния в зависимости от температуры [88].
1 — Шмид и Зибель; 2 — Конрад и Робертсон.

Литература

- Р. Хоникомб. Пластическая деформация металлов. 1972. М.