



Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ
ДЕФОРМАЦИИ НА ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ
В СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Cu-Al-Ni

Выполнил
студент гр.23346/7

Н.А. Сидоров

Руководитель
профессор, д.т.н.

Е.Л. Гюлиханданов

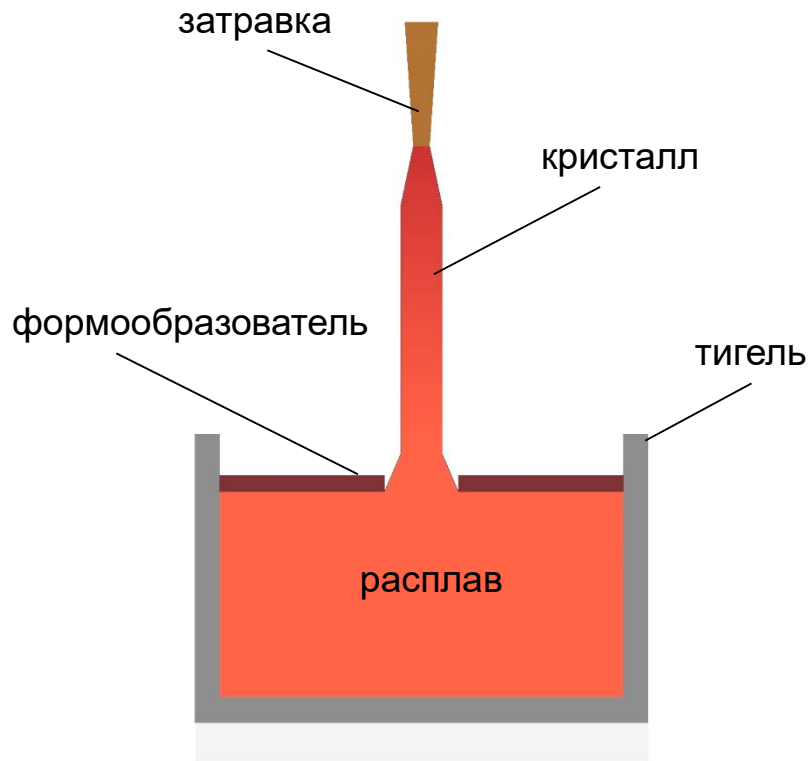
Санкт-Петербург
2019г.

Цель работы – изучение особенностей поведения монокристалла Cu-14,5%Al-5%Ni при накоплении (эффект пластичности превращения) и возврате (эффект памяти формы) деформации в условиях термоциклирования под нагрузкой.

Задачи работы:

- определение характеристических температур превращений M_H , M_K , A_H и A_K в зависимости от действующего напряжения;
- определение величин накопленной, обратимой и остаточной деформации в зависимости от действующего напряжения в термоцикле;
- установление взаимосвязи между функциональными свойствами, структурой и фазовым составом.

Характеристики монокристалла Cu-14,5%Al-5%Ni



выращивание монокристалла
методом Степанова

Характеристические температуры превращений:

$$M_H = 51,7^\circ\text{C}, M_K = 38^\circ\text{C}$$

$$A_H = 48,7^\circ\text{C}, A_K = 59,3^\circ\text{C}$$

Термообработка:

Закалка 960°C с охлаждением в воду

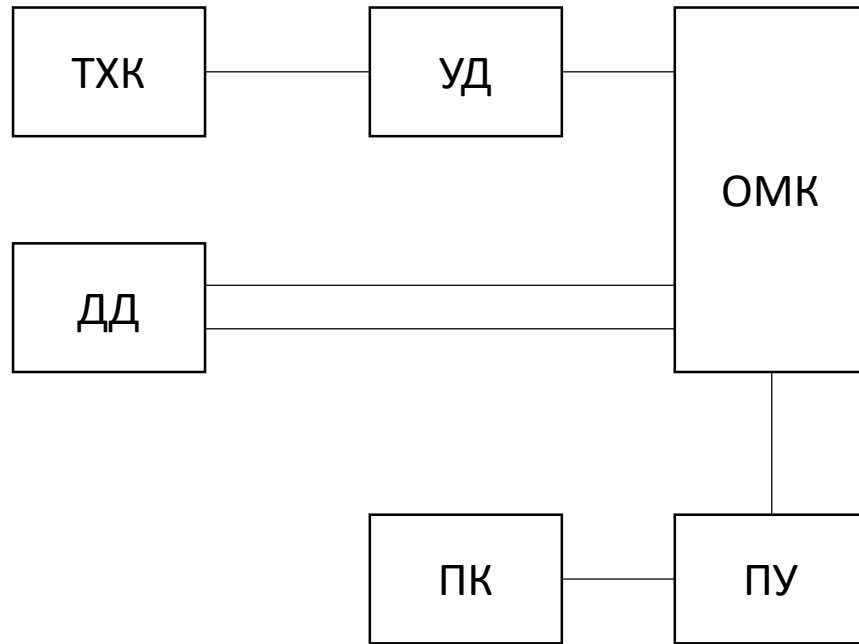
Кристаллографическая ориентация: $\langle 100 \rangle$

Исходное состояние: $\beta'_1 + \text{R-фаза (Al}_7\text{Cu}_4\text{Ni)}$



монокристаллический пруток Cu-14,5%Al-5%Ni

Установка для термоциклирования при растяжении под нагрузкой



блок-схема установки

ТХК - термопара хромель-копель;
УД - дифференциальный усилитель; *ДД* – дискретный датчик перемещения; *ОМК* – однокристалльный микроконтроллер; *ПУ* – преобразователь уровня;
ПК – персональный компьютер.

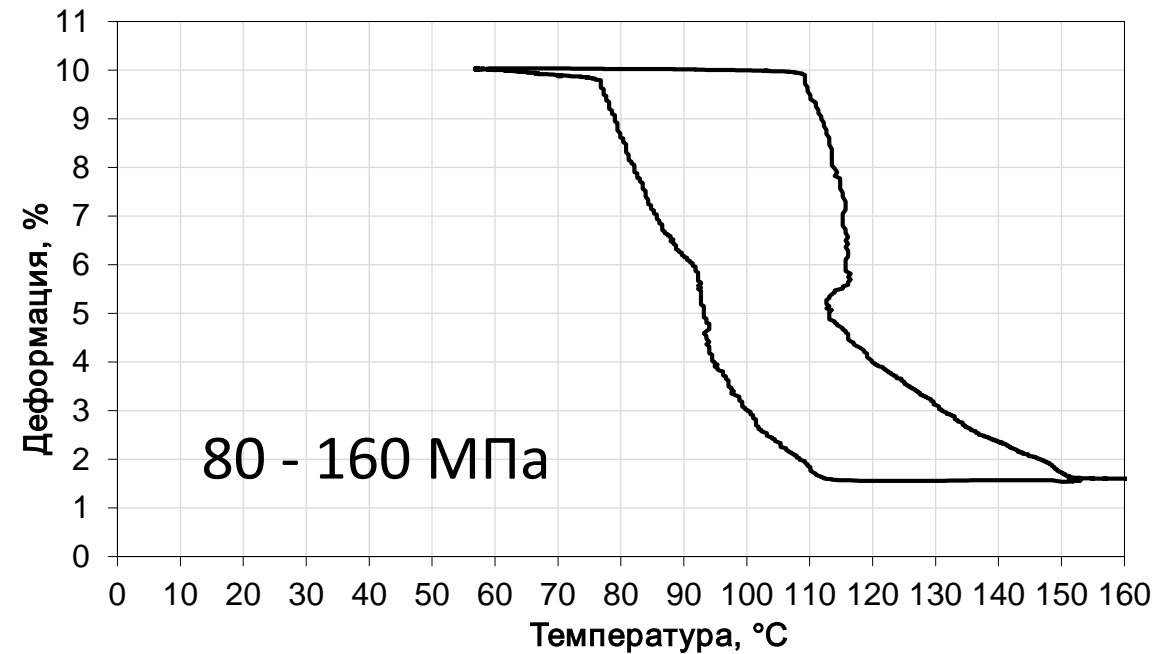
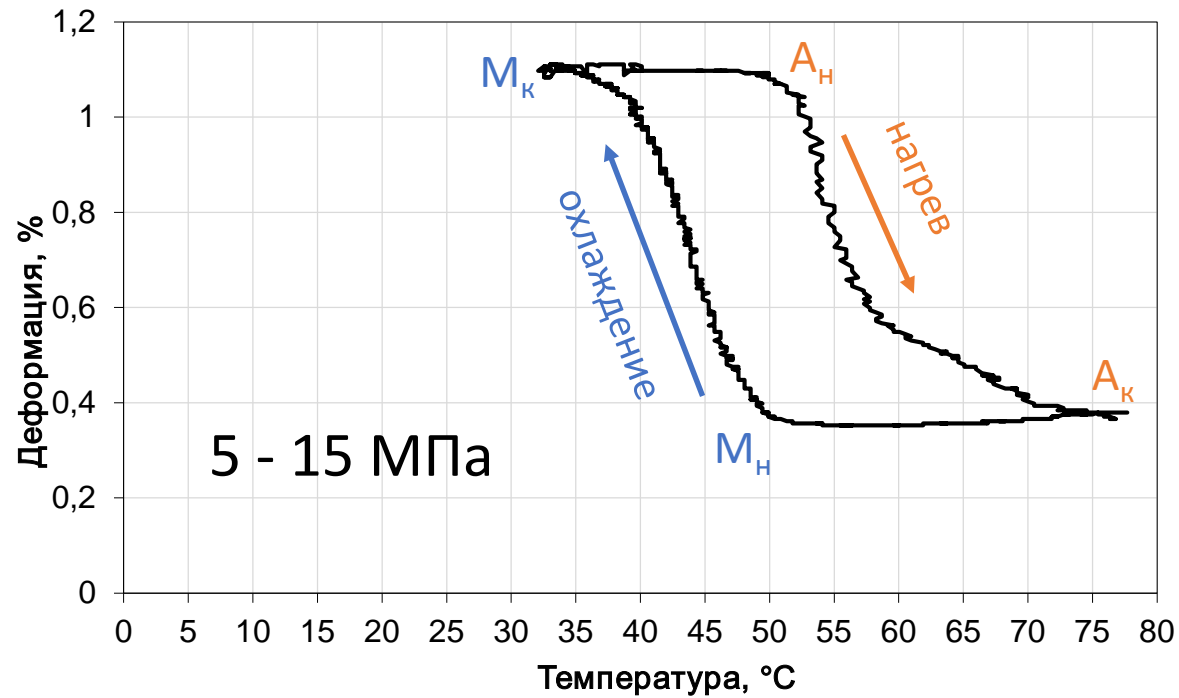


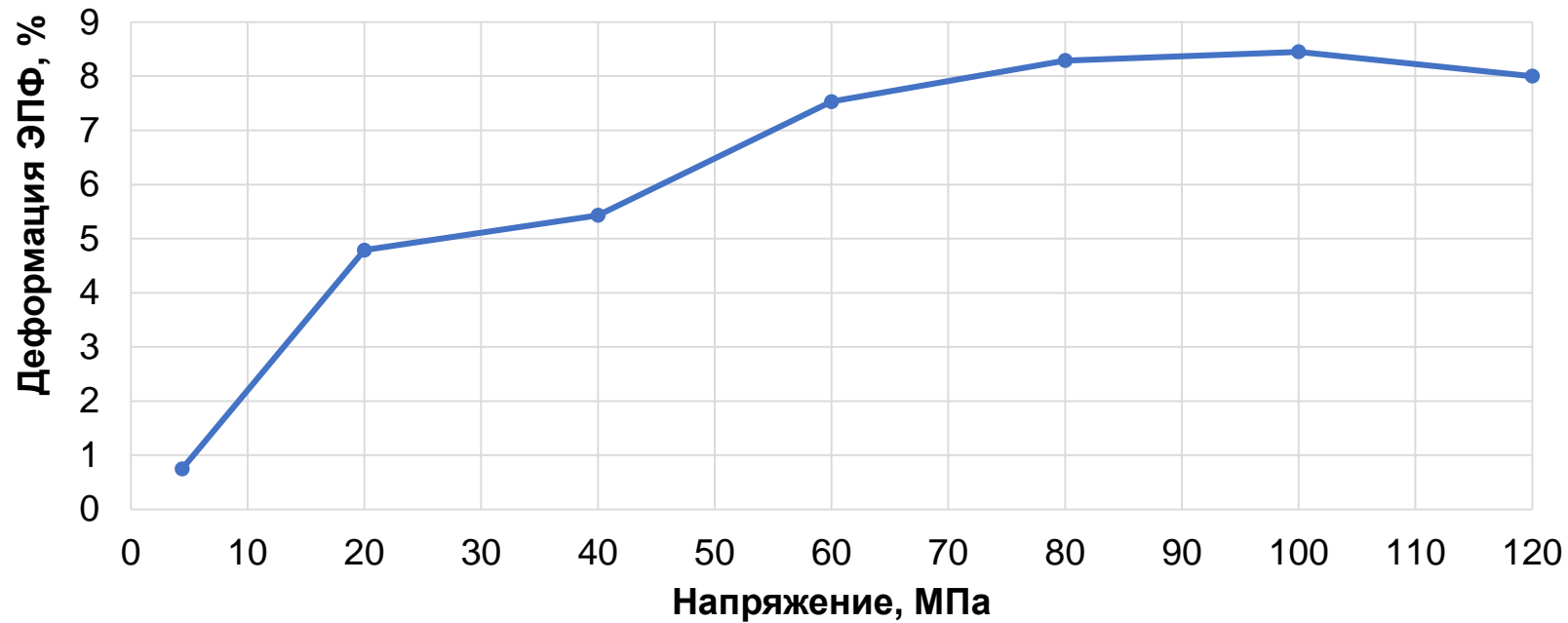
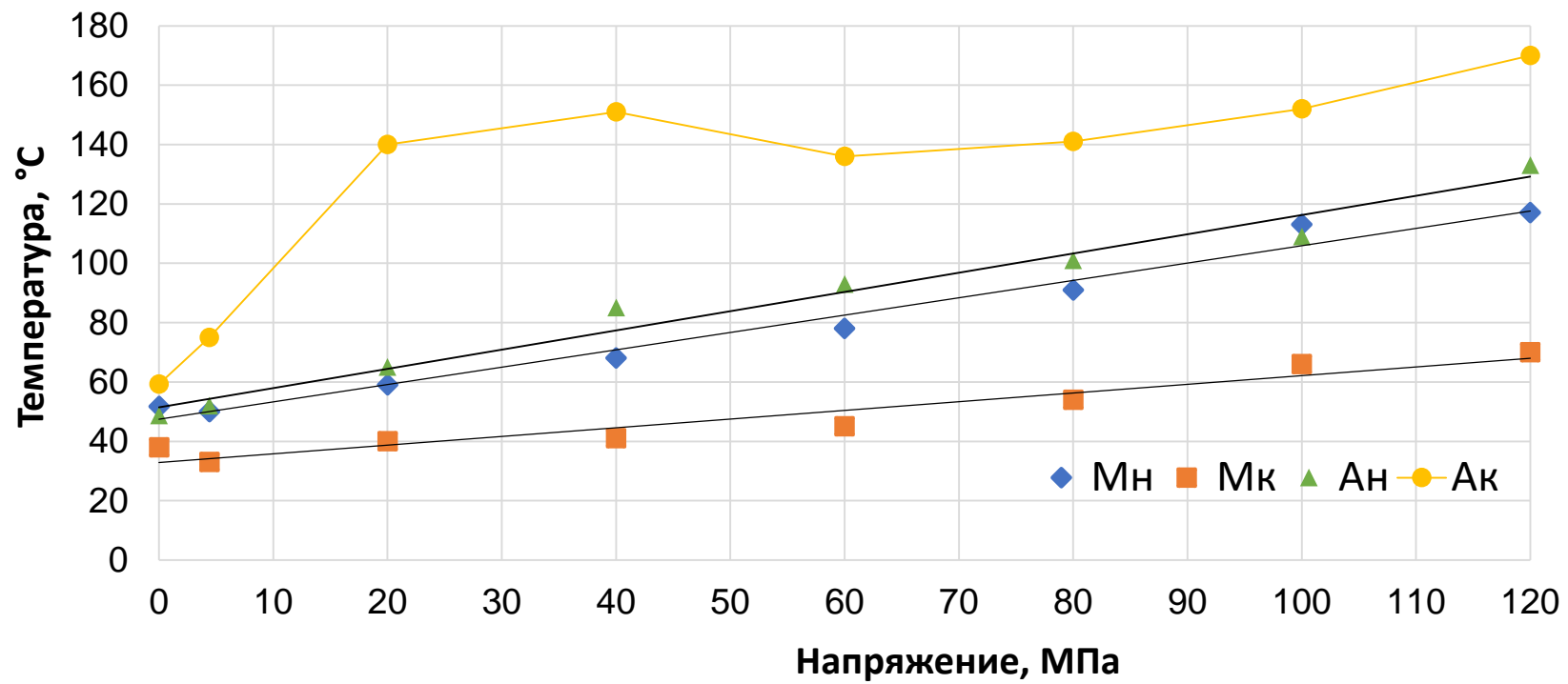
образец с термопарой (ТХК)



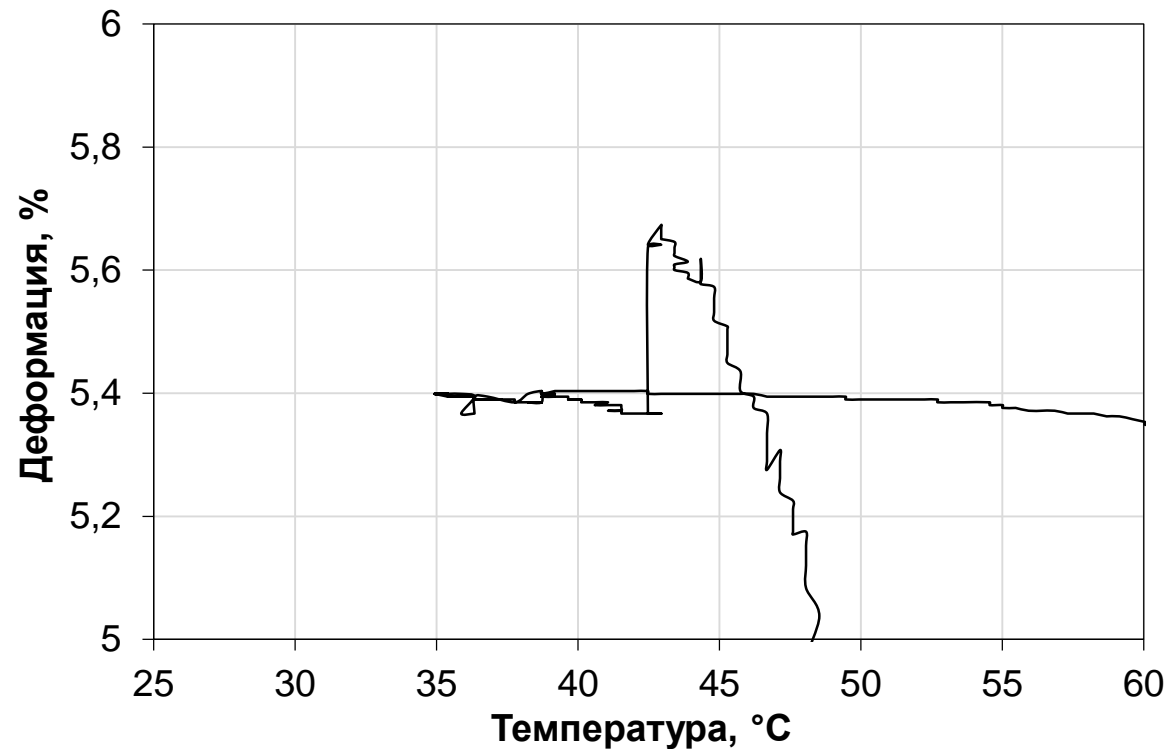
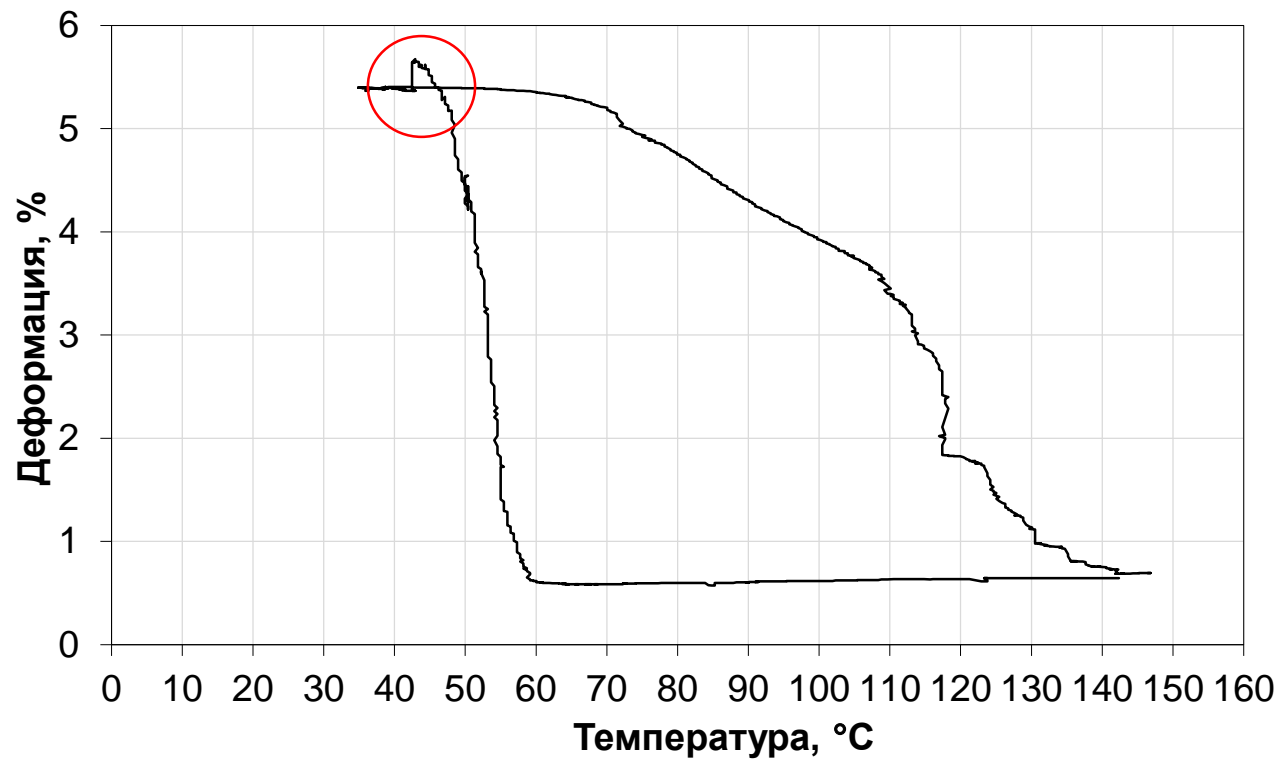
нагревательный блок

Виды термодетформационных петель при разных нагрузках



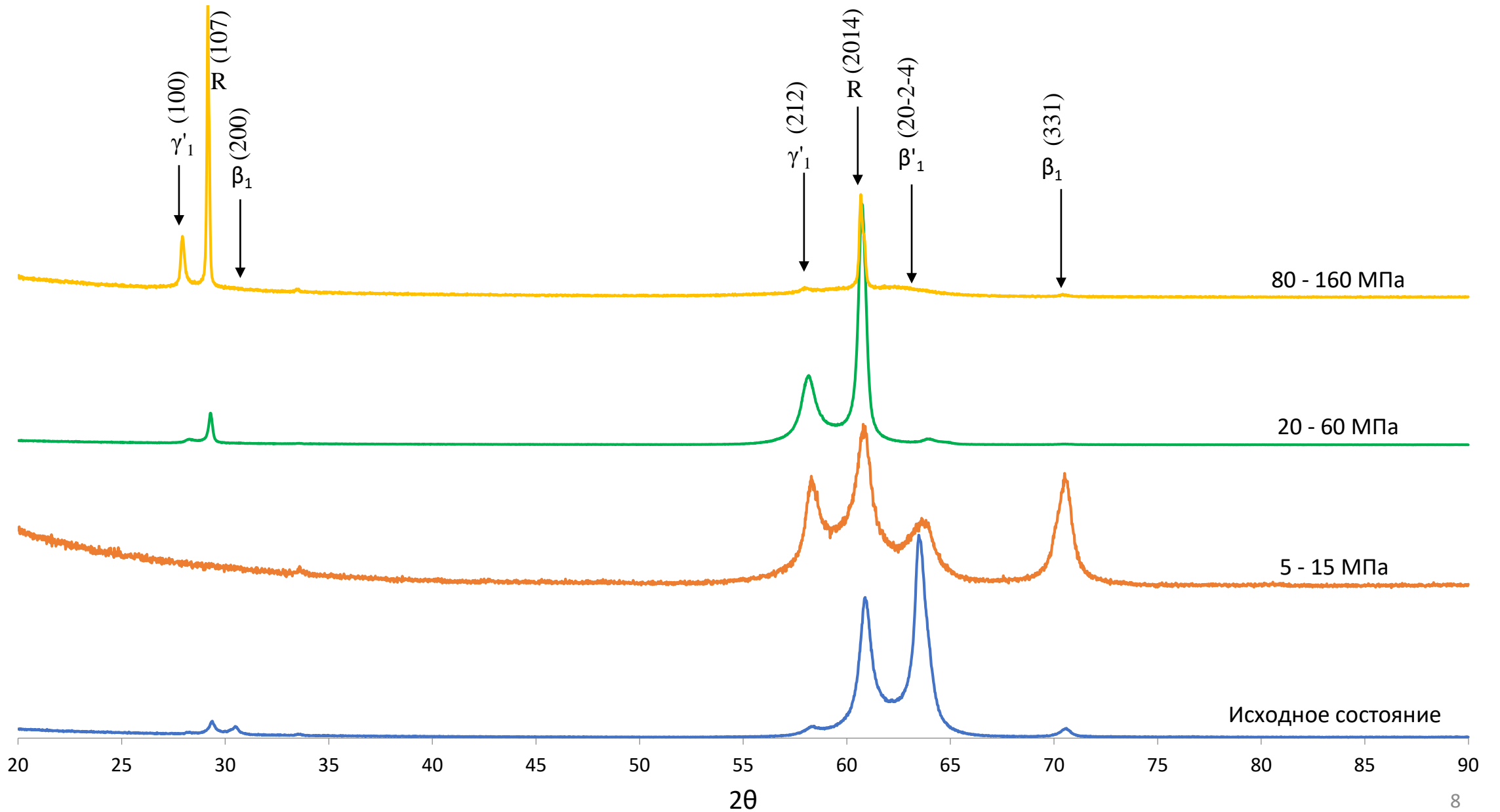


Аномальное поведение монокристалла



Термодеформационная петля монокристалла из сплава Cu-14,5%Al-5%Ni под нагрузкой 20 МПа

Типичные виды дифрактограмм для различных напряжений



Фазовый состав после охлаждения под напряжением

| Предварительная нагрузка, МПа | Количество фазы (объем, %) | | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------|-------------|-----|
| | β_1 | β'_1 | γ'_1 | R |
| Исходное состояние | 2 | 58 | - | 40 |
| 5-15 | 25 | 20 | 25 | 30 |
| 20-60 | - | - | 30 | 70 |
| 80-160 | - | - | 23 | 77 |

Выводы

- Определены зависимости характеристических температур превращений от прилагаемой нагрузки.
- Монокристаллы сплава Cu-14,5%Al–5%Ni способны накапливать и возвращать до 8% деформации при отсутствии необратимой пластической деформации.
- При напряжениях от 20 до 60 МПа наблюдается аномальный возврат деформации в полуцикле охлаждения, связанный с протеканием взрывного мартенситного превращения.
- В структуре исследуемого сплава обнаружены три типа мартенситных фаз β'_1 , γ'_1 и R, образование которых зависит от действующего напряжения.

Благодарю за внимание

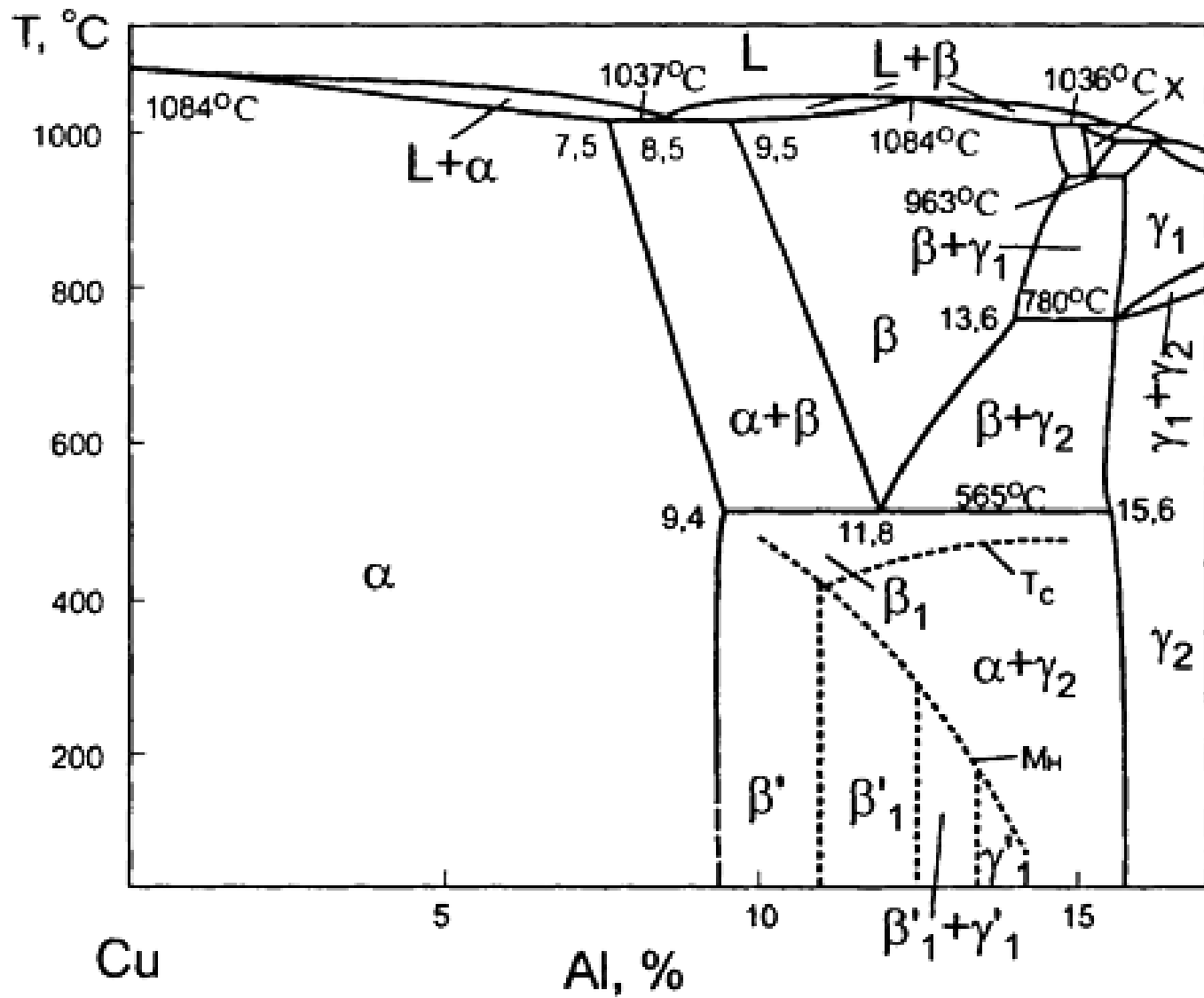
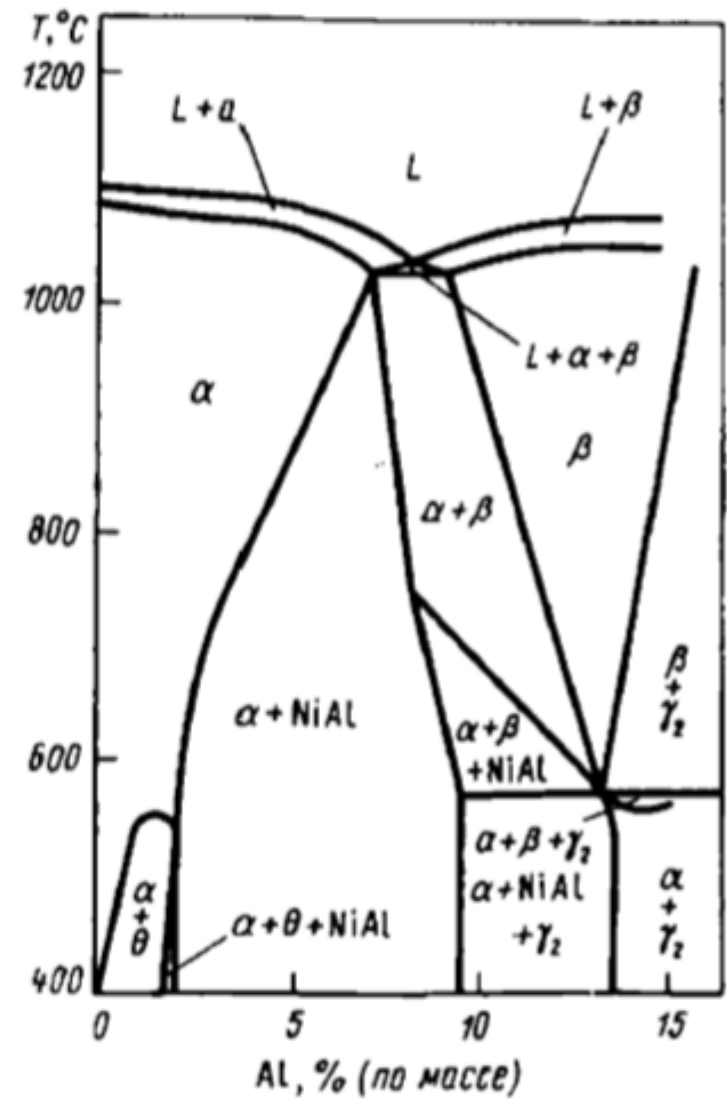


Диаграмма состояния системы Cu-Al



разрез диаграммы Cu-Al-Ni при 3%Ni