



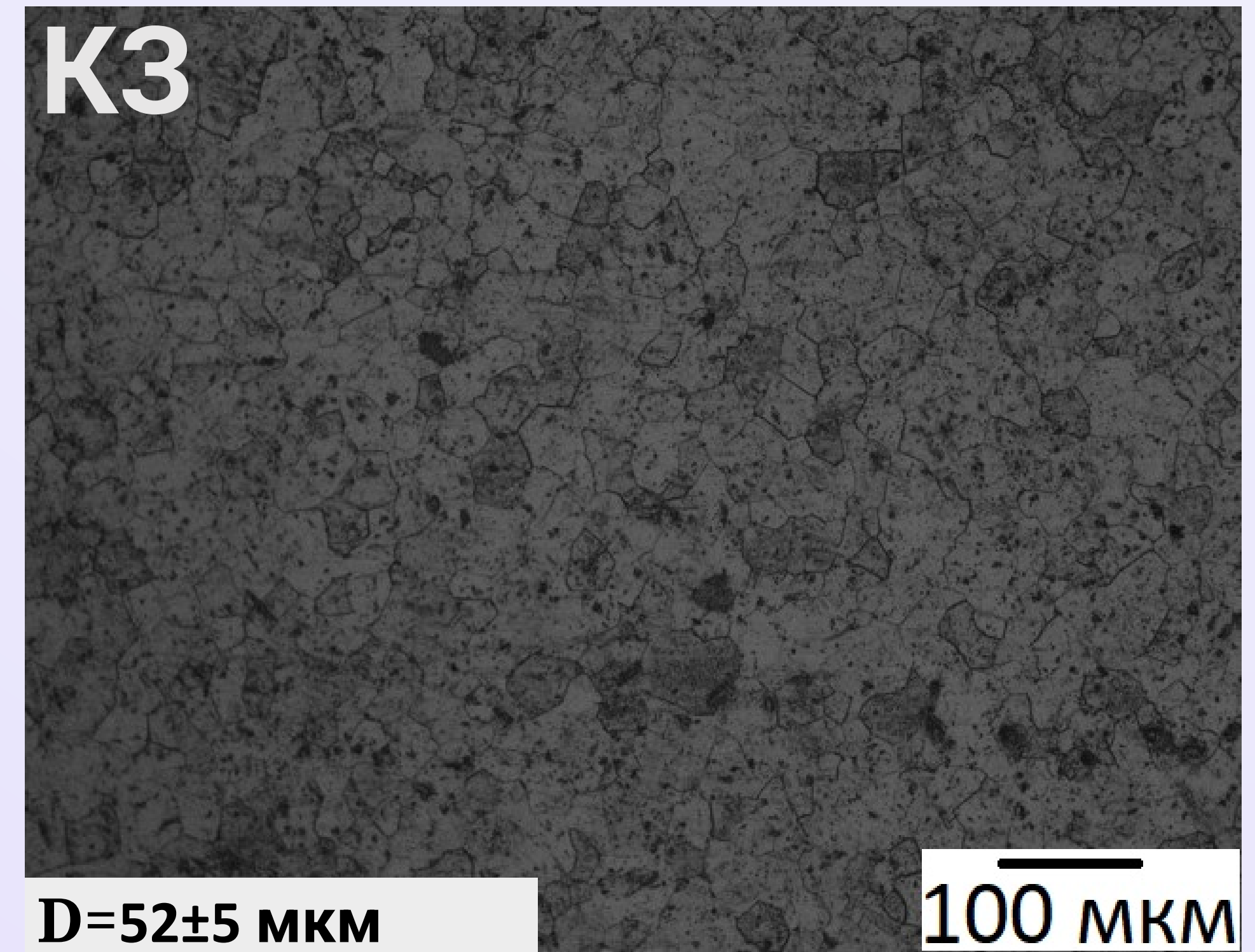
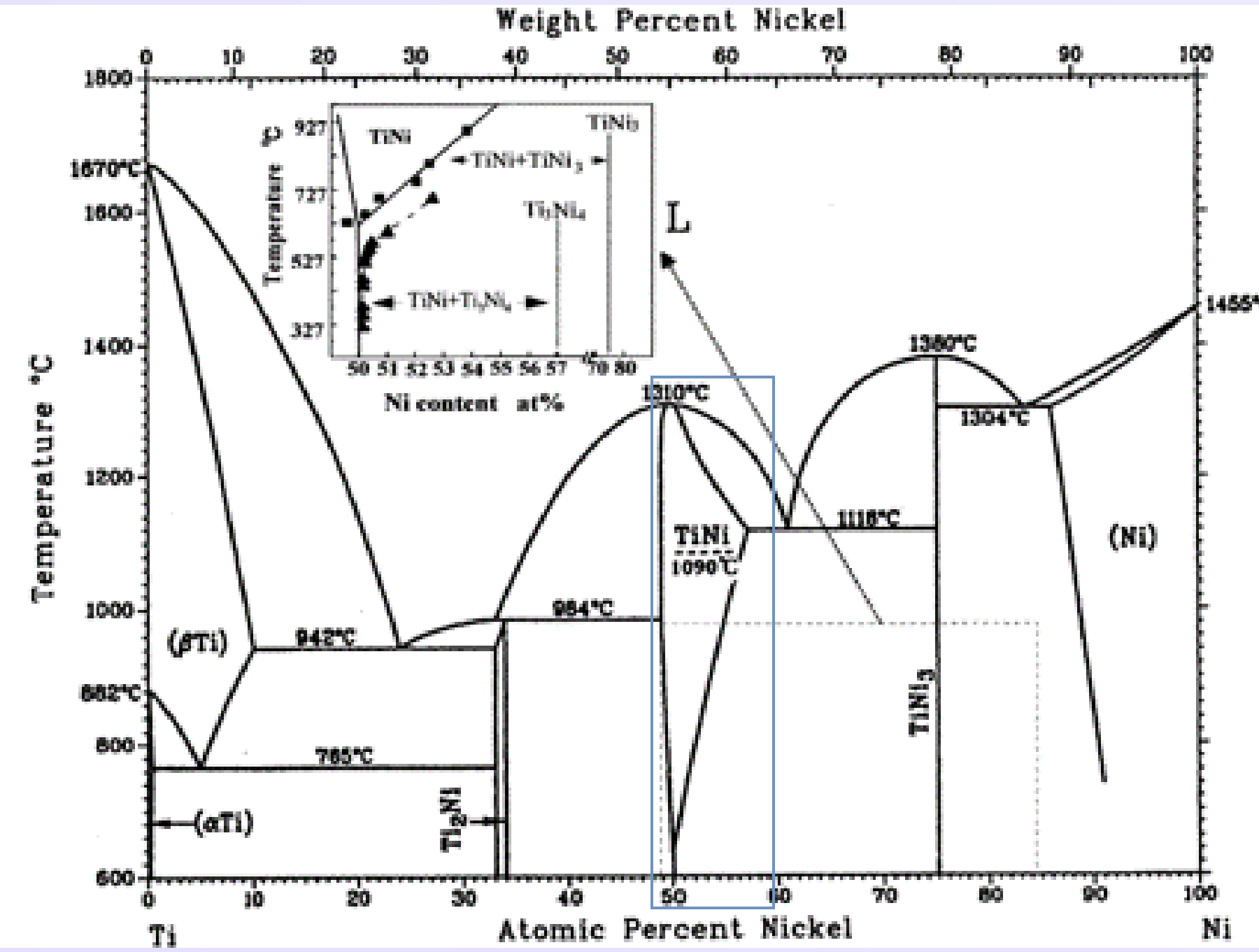
# Микроструктура, механические и функциональные свойства сплава $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$ с предварительными многократными мартенситными превращениями

Чуракова А.А.<sup>1,2</sup>, Исхакова Э.И.<sup>1,2</sup>, Воробьев Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики молекул и кристаллов – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа

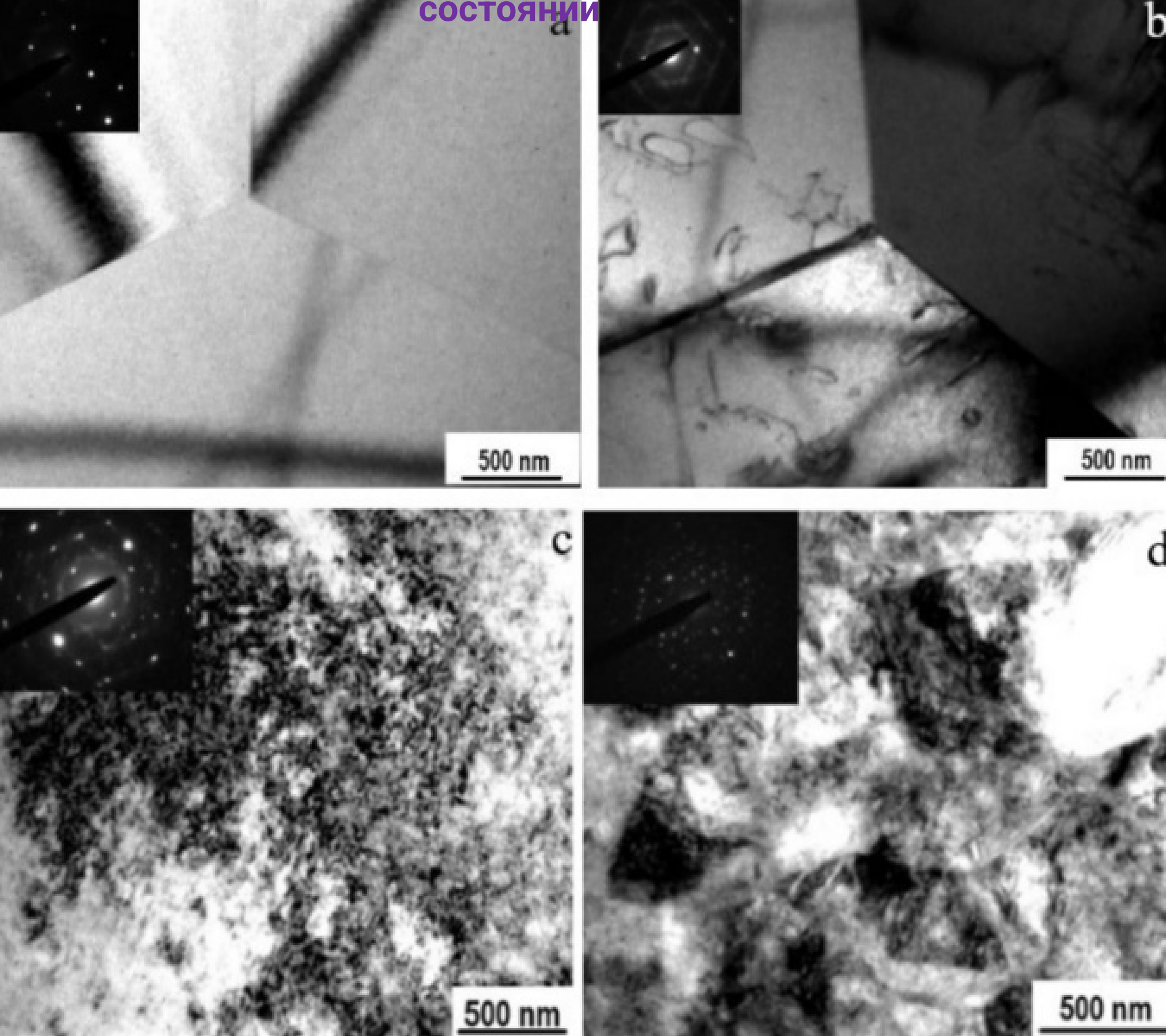
<sup>2</sup>Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа  
Сплав  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$

**КЗ** – закалка с 800 °C в воду  
**УМЗ** – закалка с 800 °C в воду, РКУП при 450 °C n=6  
**НС** – закалка с 800 °C в воду, РКУП при 450 °C n=6, холодная осадка на 30%

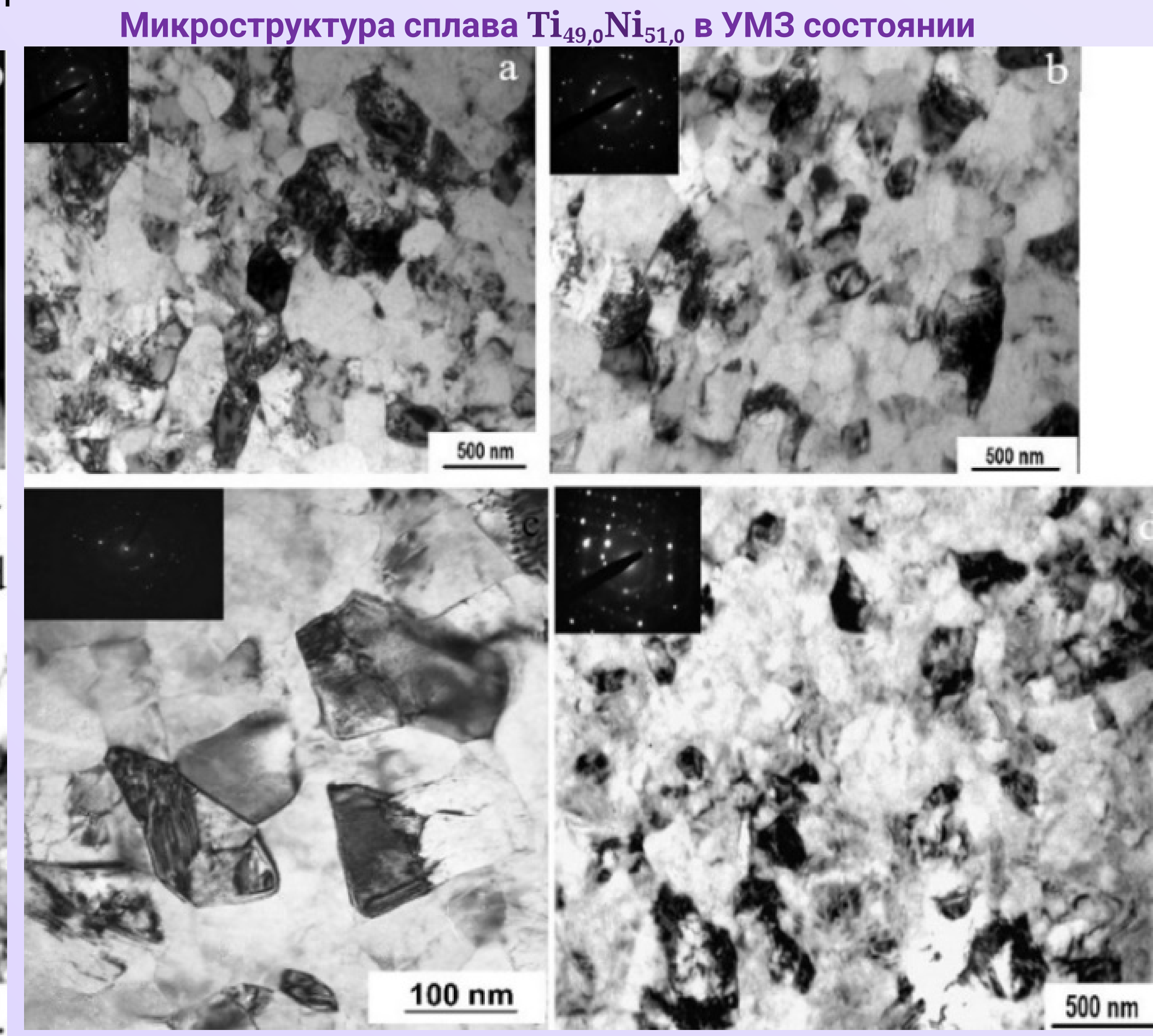


## Введение

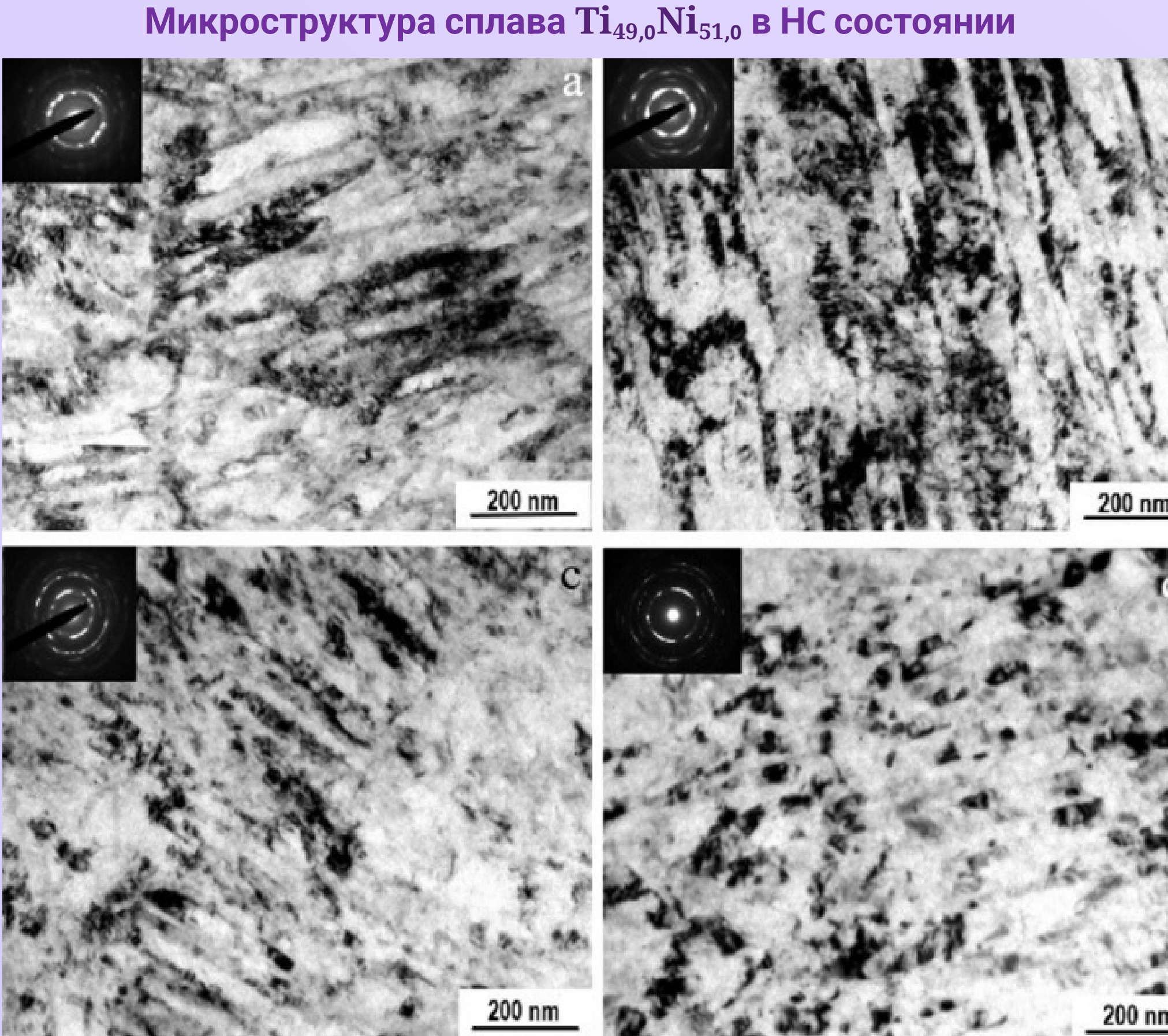
В данной работе исследуется сплав TiNi с содержанием Ni 51,0 ат. %. Никелид титана относится к классу материалов с эффектом памяти формы. Особенностью данных сплавов является изменение фазового состава в условиях термического или силового воздействия. Эти изменения характеризуются прямыми и обратными мартенситными превращениями, в результате которых аустенитная фаза B2 переходит частично или полностью в новую мартенситную фазу B19', существенно отличающуюся по свойствам от исходной, тем самым происходит прямое мартенситное «B2-B19'» превращение. При снятии внешнего воздействия происходит частичное или полное обратное B19'-B2 превращение. Исследование влияния термоциклирования и последующего старения на микроструктуру, механические свойства и функциональные характеристики в различных структурных состояниях представляет большой научный интерес. Данное исследование может быть полезно для различных отраслей промышленности, где требуются материалы с высокими механическими и термическими свойствами, таких как авиационная и космическая промышленность, энергетика и машиностроение.



Микроструктура сплава  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$  в крупнозернистом состоянии (a), после термоциклирования (b) термоциклирования и отжига при 250 °C (c) термоциклирования и отжига при 400 °C (d)

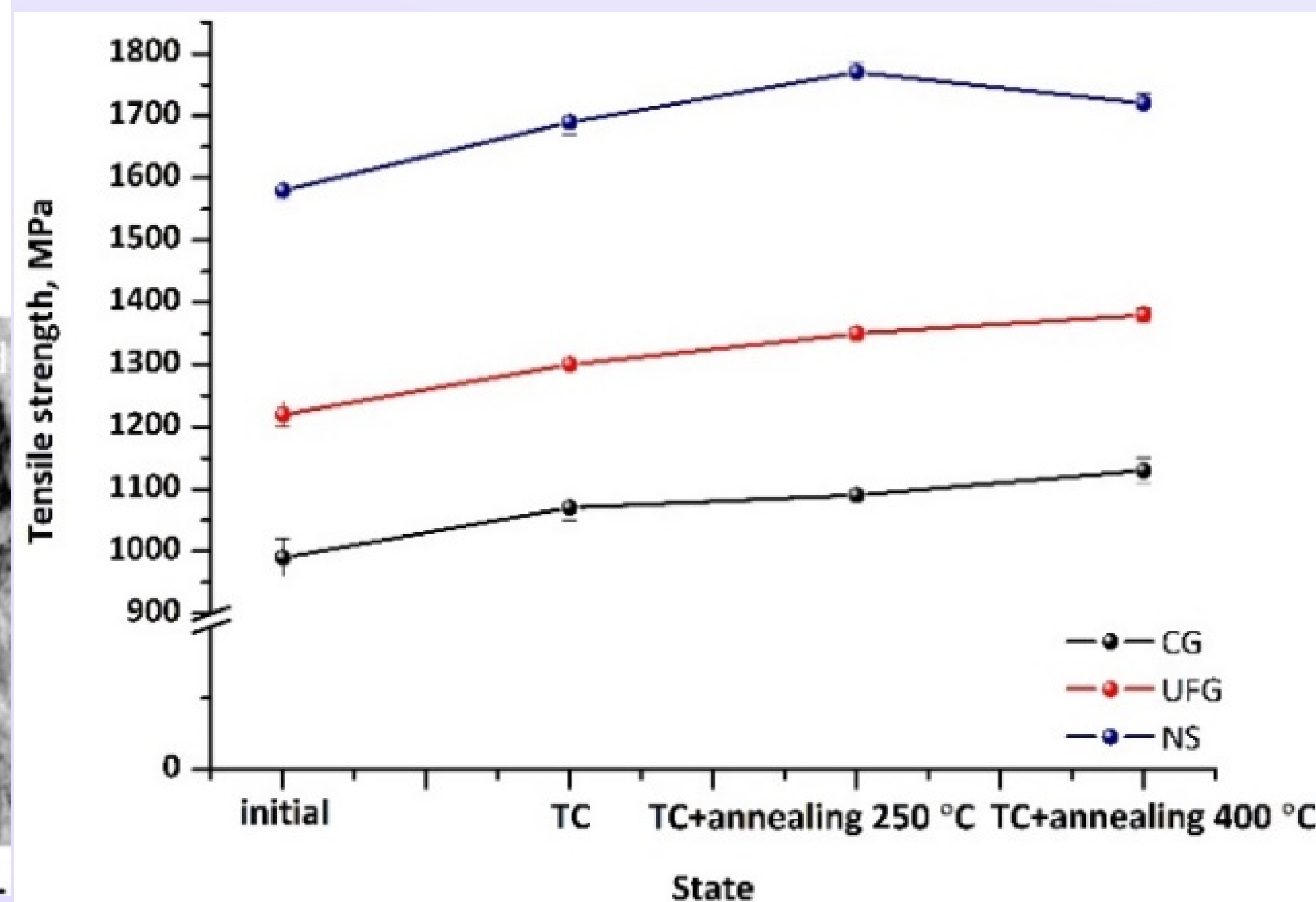


Микроструктура сплава  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$  в ультрамелкозернистом состоянии (a), после термоциклирования (b) термоциклирования и отжига при 250 °C (c) термоциклирования и отжига при 400 °C (d)

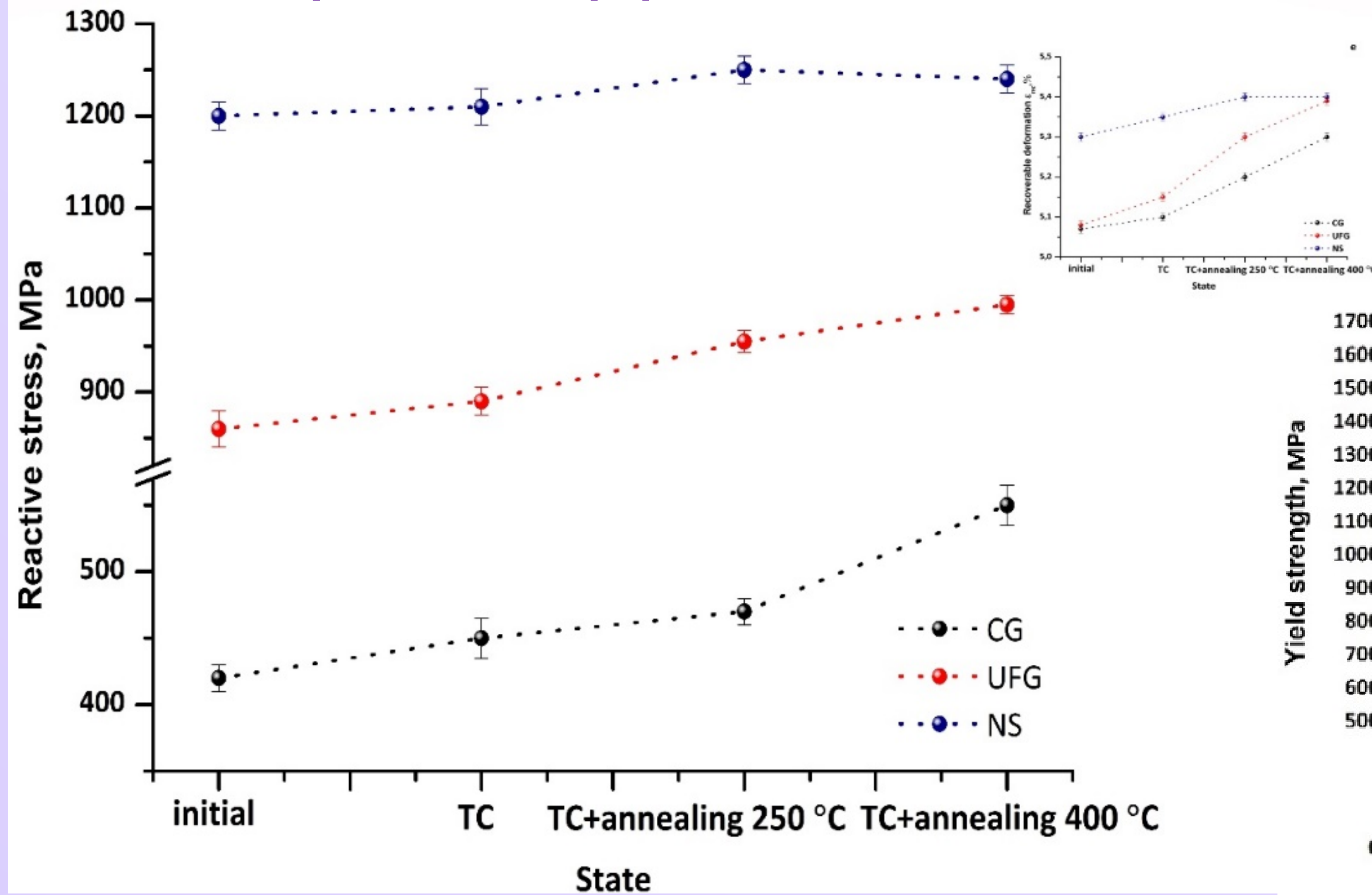


Микроструктура сплава  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$  в состоянии после РКУП и дополнительной холодной осадки (a), после термоциклирования (b) термоциклирования и отжига при 250 °C (c) термоциклирования и отжига при 400 °C (d)

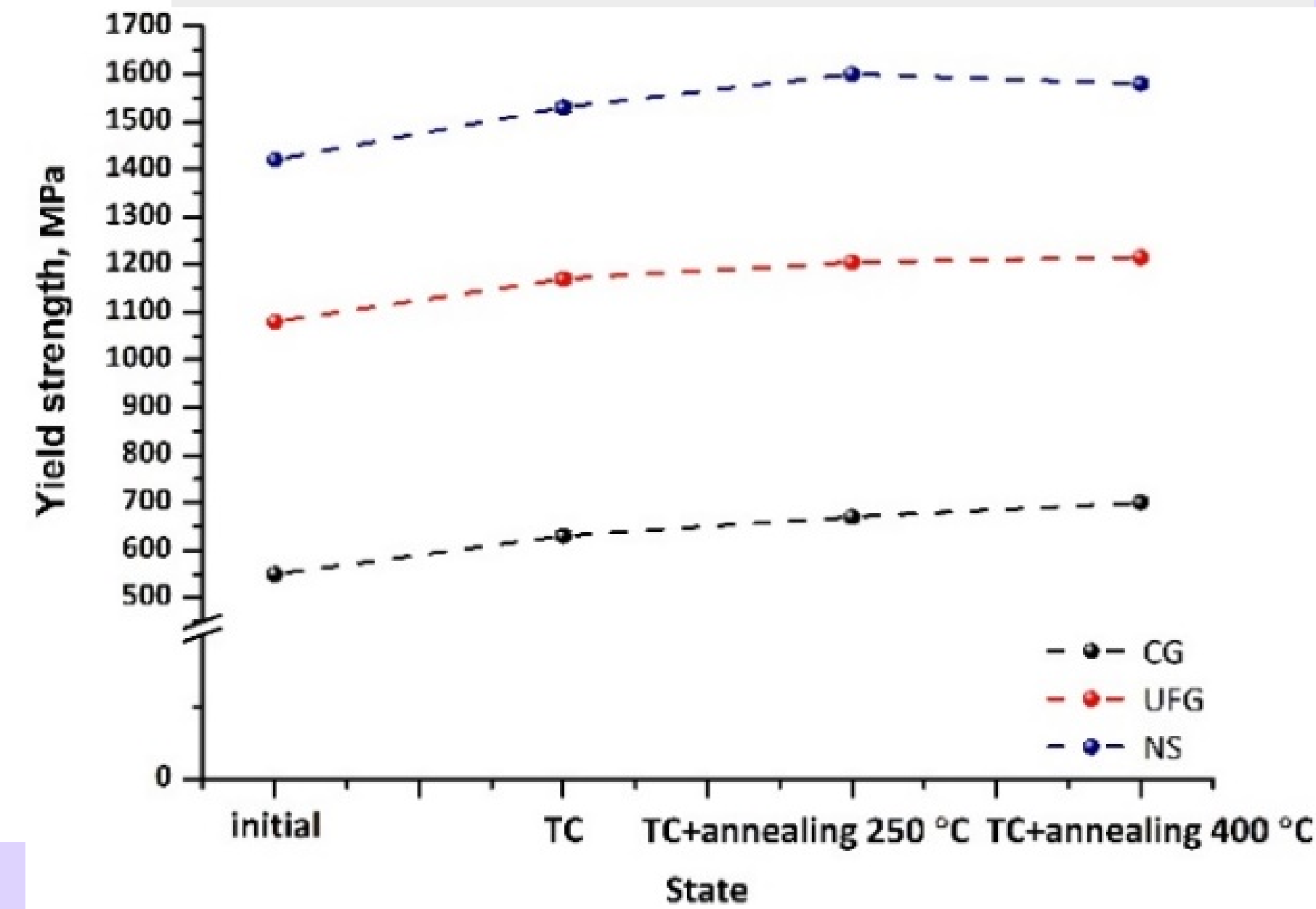
## Зависимость предела прочности от состояния



## Зависимость реактивного напряжения и обратной деформации от состояния



## Зависимость предела текучести от состояния



## Заключение

1. В сплаве  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$  в крупнозернистом состоянии размер зерна составляет порядка 50 мкм. После термоциклирования в структуре наблюдается повышенная плотность дислокаций. Однако термоциклирование не приводит к измельчению структуры. После РКУП в сплаве  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$  размер зерен составляет около 190 нм, а анализ микроструктуры осложняется наличием в зернах мартенситных двойников. Размер зерна после термоциклирования и последующего отжига уменьшился незначительно и составляет около 165 нм. Таким образом, термоциклирование позволяет несколько улучшить структуру. Аналогичные исследования структуры в сплаве  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$  после РКУП и последующей холодной осадки показали, что размер субзерен составляет около 100 нм, последующие термоциклирование и отжижки позволяют получить зерно/субзернистую структуру с размером структурных элементов около 60 нм. Таким образом, термоциклирование может улучшить структуру до нанокристаллической структуры в сплаве  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$ .

2. Исследования показали, что термоциклирование позволяет повысить значения микротвердости во всех исследованных состояниях. Механические свойства сплава  $Ti_{49.0}Ni_{51.0}$  также повышаются в результате термоциклирования. Наивысшие значения прочности на разрыв могут быть достигнуты при сочетании РКУП и холодной осадки с последующим термоциклированием с отжигом при 250 °C. Предел прочности в этом состоянии примерно равен значению, полученному в состоянии после КВД в сплавах TiNi. Результаты механических испытаний на растяжение показывают, что предварительное термоциклирование (n=100) с последующим старением способствует повышению предела прочности и предела текучести в УМЗ состоянии.