

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ПАТТЕРНОВ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ В МЕДНО-НИКЕЛЕВОМ СПЛАВЕ

С.А. Баранникова, С.В. Колосов, П.В. Исхакова*

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Email: *iskhakova@ispms.ru

Настоящая работа посвящена изучению локализации пластического течения медно-никелевого сплава МНМц-40-1,5 [1]. Образцы для механических испытаний в форме двусторонней лопатки с рабочей частью $50 \times 10 \times 2$ мм подвергались одноосному растяжению со скоростью $8,33 \cdot 10^{-5}$ с⁻¹ одновременно с регистрацией и анализом картин локализованной пластичности методом двухэкспозиционной спекл-фотографии, позволяющим восстанавливать поле векторов смещения и вычислять компоненты тензора пластической дисторсии [2]. Применение логарифмического приема [3] позволило выявить многостадийность деформационного процесса Cu-Ni сплава.

Для исследования кинетики процесса эволюции паттернов макролокализации деформации использовались зависимости координат очагов локальных деформаций в образце X от общей деформации ϵ . На рис. 1 они приведены для процесса деформирования константана. На стадии параболического деформационного упрочнения наблюдается неподвижная пространственно-периодическая структура с характерным пространственным периодом $\lambda = 3 \pm 0,5$ мм. На стадии предразрушения ($n < 0,5$), очаги деформации становятся подвижными и зависимости положений очагов локализованной деформации от времени $X(t)$ прямолинейны (рис. 1). Скорости движения отдельных очагов на этой стадии процесса составляют $\sim 0,7 \cdot 10^{-5}$ м/с.

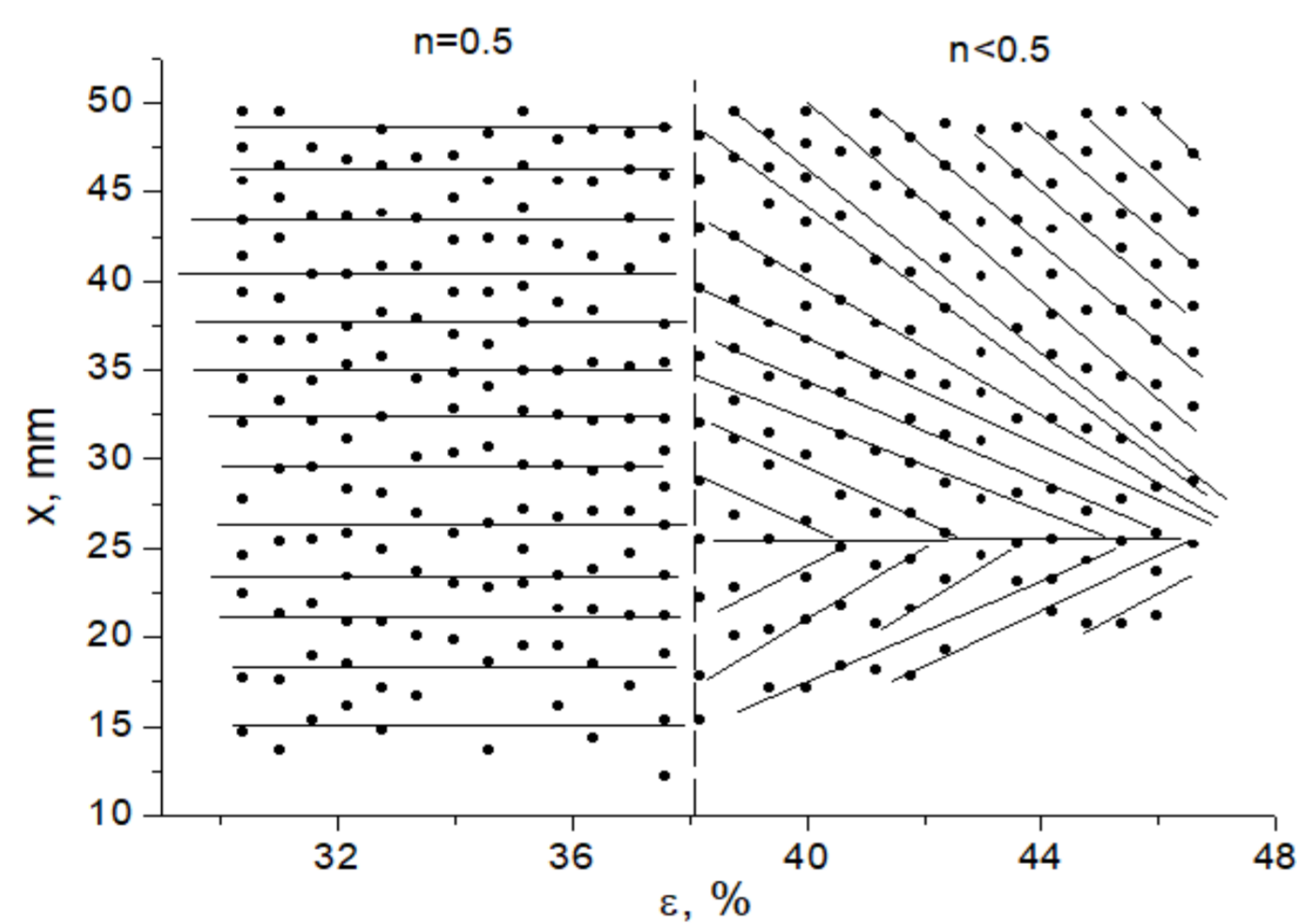


Рисунок 1. Кинетическая диаграмма очагов локальных удлинений на стадиях параболического упрочнения и предразрушения сплава Си-40%Ni-1,5%Mn.

Регистрация и анализ полей смещений в исследуемом сплаве показали, что зоны макролокализации отчетливо выявляются при рассмотрении распределений полутоновой картины интегральных локальных удлинений (рис. 2) с возможностью оценки величины накопленной локализованной деформации в различных координатах образца X в каждый момент времени. На рисунке 3 для интервала общих деформаций от 30 до 47% представлены зависимости коэффициента деформационного упрочнения θ (кривая 1) и интегральных деформаций вдоль средней линии образца для координат $X = 25 \pm 0,75$ мм (кривая 2), и $X = 38 \pm 0,75$ мм (кривая 3).

На стадии параболического деформационного упрочнения ($n = 0,5$) различие между накопленной максимальной (кривая 2) и минимальной (кривая 3) локальной деформацией оказывается невелико, в то время как на стадии предразрушения ($n < 0,5$) данное различие становится существенным при $\epsilon > 42,5\%$, что соответствует пределу прочности ($\theta = 0$ МПа).

На стадии предразрушения практически вся деформация локализуется в одном месте – месте будущего разрушения ($X = 25 \pm 0,75$ мм), в других областях скорость накопления деформации резко падает (рис. 3, кривая 3).

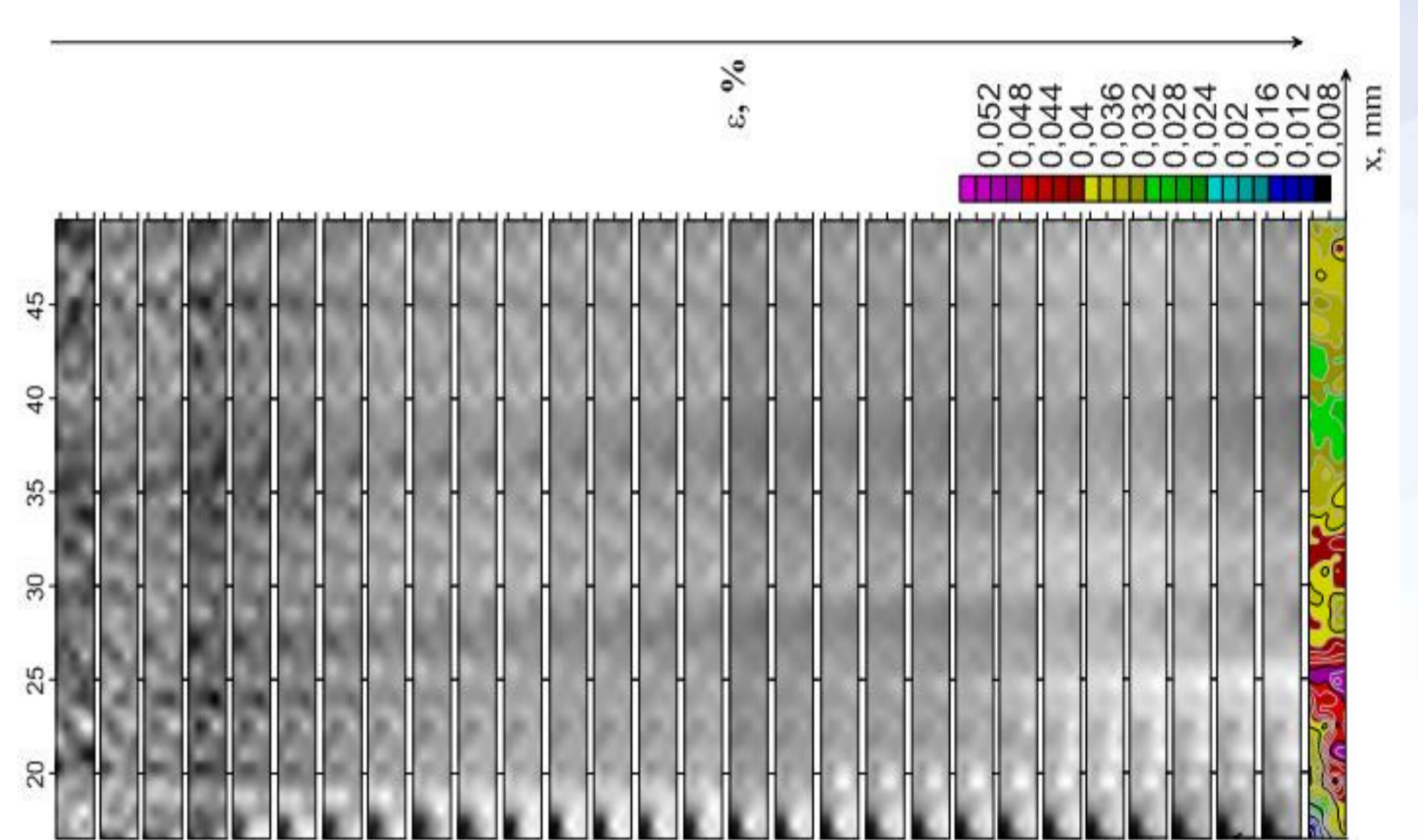


Рисунок 2. Распределение накопленной деформации по образцу Си-40%Ni-1,5%Mn в интервале деформаций от 30 до 47%.

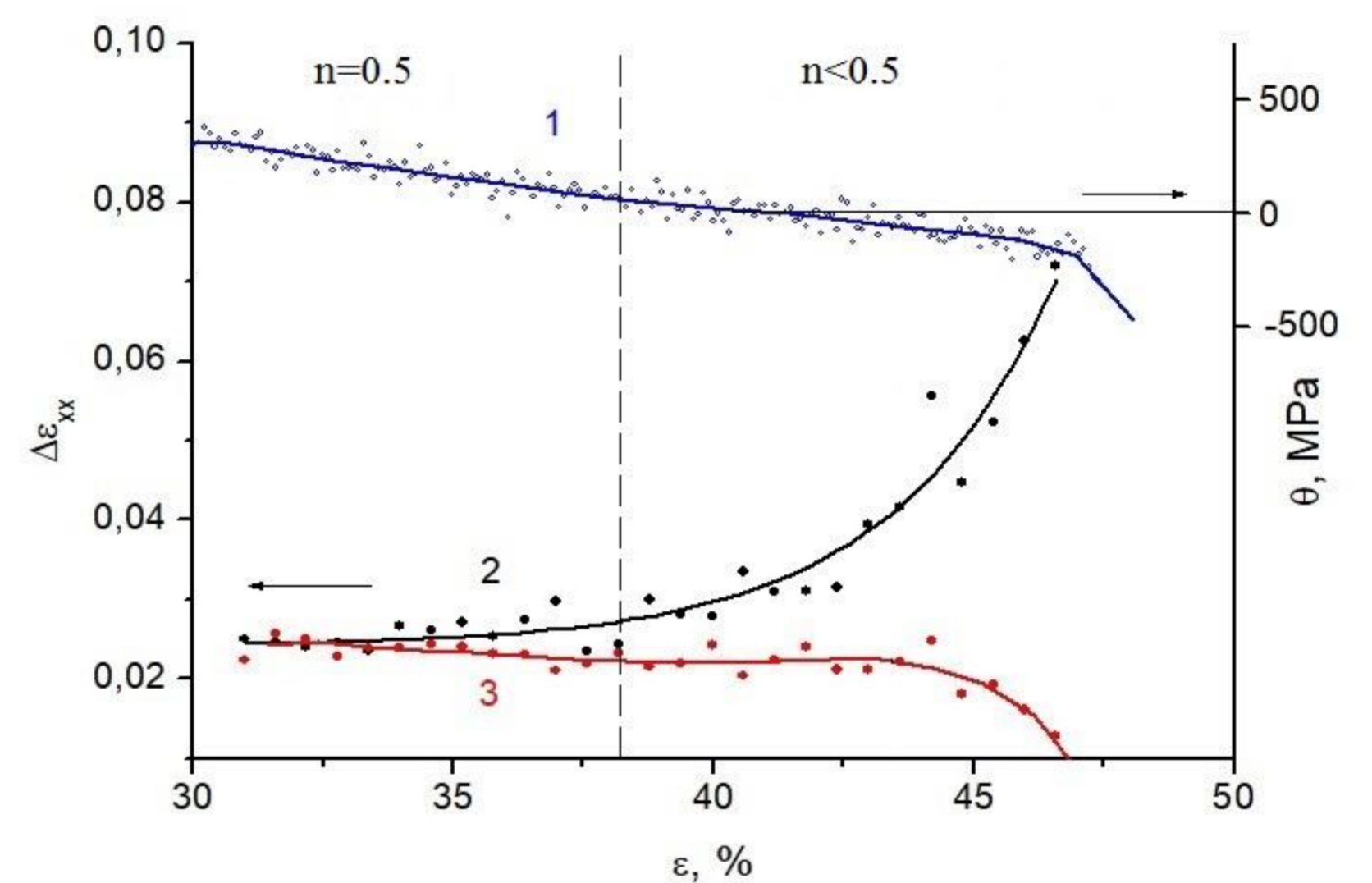


Рисунок 3. Зависимости коэффициента деформационного упрочнения от общей деформации (кривая 1); максимального (кривая 2) и минимального (кривая 3), накопления локальных удлинений в очагах деформации.

Выводы:

- Макроскопическая локализация пластической деформации наблюдается на протяжении всего процесса нагружения от начала пластической деформации на пределе текучести и до разрушения образца. В процессе пластического течения макролокализация деформации может приобретать различные формы и скорость накопления.
- Формы, наблюдаемых при пластической деформации, картин локализации однозначным образом соответствуют действующим на разных стадиях законам деформационного упрочнения и меняются вместе со сменой последнего.
- Эволюция распределений локальных деформаций в образце позволяет выявить зарождение очага разрушения примерно за 10% деформации до предела прочности и прогнозировать запас пластичности для режимов обработки металлов давлением.

Литература:

1. Л.П. Смирязин, Н.Л. Смирязина, А.В. Белов. Промышленные цветные металлы и сплавы. М.: Металлургия, 1970.
2. L.V. Zuev, S.A. Barannikova, *Crystals* 2019, 9(9):458, p. 1–30.
3. В.И. Трефилов, В.Ф. Моисеев, Э.П. Печковский, Деформационное упрочнение и разрушение поликристаллических металлов / Под ред. акад. В.И. Трефилова. Киев: Наукова думка. 1987.