

## УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД В ОЦК МЕТАЛЛАХ

*Л.Р. АХМЕТШИН<sup>1</sup>, В.И. ДАНИЛОВ<sup>2,3</sup>, К.В. ИОХИМ<sup>1</sup>,*

<sup>1</sup> Томский государственный университет

<sup>2</sup> Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

<sup>3</sup> Томский политехнический университет

E-mail: [This\\_is\\_patrik@mail.ru](mailto:This_is_patrik@mail.ru)

Актуальная проблема упругопластического перехода является многогранной и включает в себя ряд аспектов. Не случайно в настоящее время для его изучения пытаются использовать новейшие цифровые методики, которые позволяют не только представить феноменологию явления, но и получить количественные характеристики [1]. Данный переход в ряде случаев происходит в несколько стадий. Так в малоуглеродистых сталях и других твердых растворах внедрения на базе ОЦК металлов он состоит из стадии микропластичности, зуба и площадки текучести, поэтому занимает значительный промежуток времени. Этот промежуток времени определяется кинетикой деформационных процессов, протекающих на указанных стадиях. В проведенных ранее экспериментах [2, 3] было установлено, что стадии микропластичности, а также восходящей и подающих ветвей зуба текучести соответствует процесс прорастания через поперечное сечение зародыша полосы Чернова – Людерса (ПЧЛ). Сформировавшаяся полоса, расширяется и переводит материал образца из упруго напряженного в пластически деформированное состояние. При этом в каждый момент времени деформационные процессы локализованы на подвижных границах (фронтах) ПЧЛ.

Настоящей целью работы является изучение процессов формирования и распространения ПЧЛ в объемных (соотношение ширины к толщине 1:1) образцах малоуглеродистой стали и в плоских образцах тантала технической чистоты.

Для механических испытаний были изготовлены образцы типа двойная лопатка. Рабочая часть образцов малоуглеродистой стали имела размеры 200×10×10 мм. Образцы тантала были плоскими с размерами рабочей области 40×6×1 мм как в [3]. Механические испытания на одноосное растяжение проводились на универсальной испытательной машине Walter+Bay AG LFM-125.

В качестве основного метода визуализации фронтов была выбрана цифровая статистическая спекл-фотография, которая позволяет регистрировать очаги локализации деформации «in situ» [1].

Деформационная кривая малоуглеродистой стали представлена на рисунке 1 а.

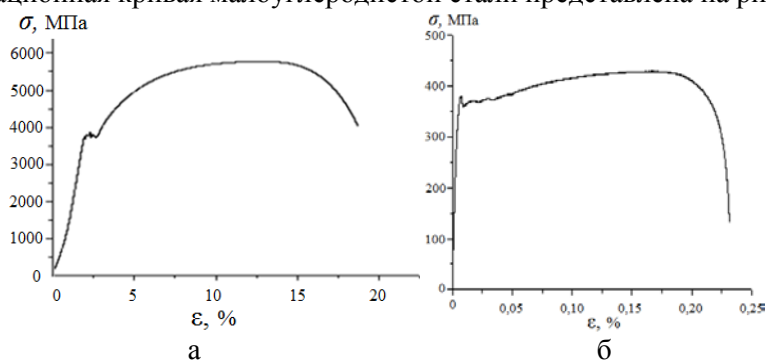


Рисунок 1 – Деформационные кривые: а – малоуглеродистая сталь, б – тантал

Установлено, что зарождение полосы Чернова–Людерса в малоуглеродистой стали происходит у одного из захватов нагружающего устройства. Полоса имеет один подвижный фронт, который, расширяясь, перемещается к противоположному краю образца (рисунок 2).

Подробно рассмотреть процесс формирования зародыша, как это сделано на плоских образцах [2], не удастся, так как видна только одна грань рабочей части. Можно только

предполагать, зародыш от одного из ребер прорастает в объем образца и после этого у него формируется подвижный фронт локализации.

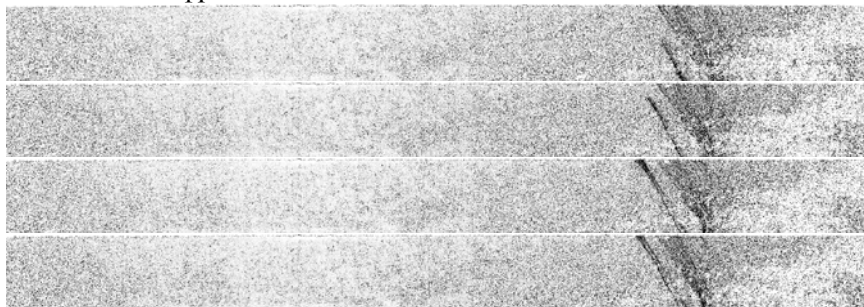


Рисунок 2 – Распространение полосы Чернова - Людерса в объемных образцах. Сверху вниз  
Последовательные положения фронта для моментов времени 51 с, 52 с, 53 с, 54 с.

Различие поведения ПЧЛ в объемных и плоских образцов состоит в том, что в объемных образцах фронт ПЧЛ всегда имеет сложное строение в виде нескольких близко расположенных узких зон локализации, которые синхронно движутся в одном направлении.

Кривая нагружения тантала отличается тем, что площадка текучести у нее не гладкая и имеет наклон (рисунок 1 б). Следовательно, распространение ПЧЛ сопровождается ростом напряжения.

Это обстоятельство приводит к меньшей степени локализации деформации на фронте, поэтому метод цифровой статистической спекл-фотографии не дал результатов. Авторы [1] отмечают, что зарегистрированная последовательность спекл-изображений может быть обработана известным методом цифровой корреляции изображений (DIC). Данный метод позволил выявить фронты ПЧЛ при деформировании тантала (рисунок 3).

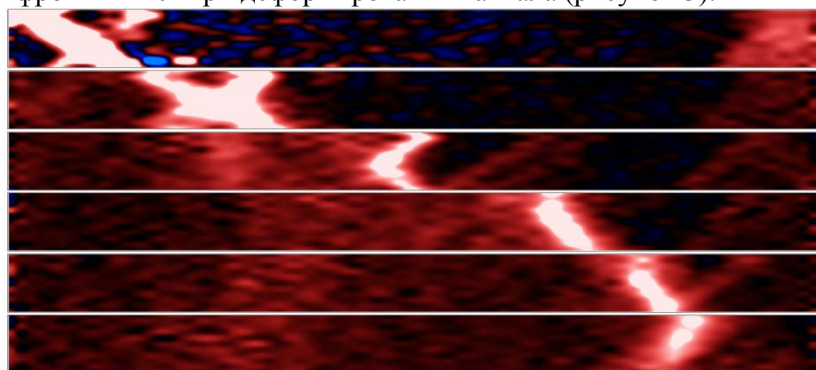


Рисунок 3 – Зарождение и движение ПЧЛ в тантале. Интервал между снимками 120 с.

Было установлено, что основные закономерности кинетики фронтов ПЧЛ в тантале и в сталях [2, 3] одинаковы. Фронты движутся равномерно и при встрече аннигилируют. Отличия, как указывалось выше, в низкой степени локализации деформации, а также в более сложной морфологии фронтов.

#### Список литературы

1. Zuev L.B., Gorbatenko V.V., Pavlichev K.V. Elaboration of speckle photography techniques for plastic flow analyses // Measur. Sci. Technol. 2010. Vol. 21. 054014.
2. В.В. Горбатенко, В.И. Данилов, Л.Б. Зуев Неустойчивость пластического течения: полосы Чернова–Людерса и эффект Портевена-Ле Шателье // Журнал технической физики. – 2017. – Т. 87. – № 3. – С. 372-377.
3. Danilov V.I., Orlova D.V., Gorbatenko V.V., Smirnov A.N., Ozhiganov Ye.A., Danilova L.V. The nucleation, formation and propagation of Chernov–Luders bands in welds having structure and phase inhomogeneity // AIP Conf. Proc. 2016. Vol. 1783. 020035.