

## ХАРАКТЕР УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА В ОБРАЗЦАХ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ, В ТОМ ЧИСЛЕ И СО СВАРНЫМИ ШВАМИ

*Л.В. ДАНИЛОВА<sup>1,2</sup>, В.И. ДАНИЛОВ<sup>2,3</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: [lidaakvo@rambler.ru](mailto:lidaakvo@rambler.ru)

Металлы лежат в основе человеческой цивилизации: они используются во многих, если не во всех, сферах жизни. Ценятся металлы в основном за то, что могут выдерживать ту или иную нагрузку в течение долгого времени. Наиболее распространенными из металлов являются стали и чугуны, в том числе малоуглеродистые качественные или экономно легированные конструкционные стали, применяющиеся для изготовления большого числа металлоконструкций. Скрепляют элементы этих конструкций зачастую при содействии сварных соединений. Для того что бы верно диагностировать состояние такого оборудования необходимо знать поведение металла во время упругопластического перехода. В конструкционных сталях этот переход зачастую состоит из стадии микропластичности, стадии зуба и площадки текучести, которые в свою очередь соответствуют процессу прорастания через поперечное сечение зародыша полосы Чернова – Людерса (ПЛЧ), а так же её дальнейшему распространению по образцу [1], после чего материал переходит из упруго напряженного в пластически деформированное состояние. Таким образом, исследования процессов движения фронтов ПЧЛ, т.е. поведения металла во время упругопластического перехода, позволяют определить рамки допустимых напряжений и деформации для конструкций из данного материала.

Согласно более ранним исследованиям, в однородных образцах малоуглеродистой стали процесс зарождения ПЧЛ стохастический. Однако, испытания на одноосное растяжение плоских образцов, приводящиеся на машине Walter+Bai AG LFM-125 (Швейцария), показывают, что чаще всего происходит зарождение двух ПЧЛ вблизи обоих захватов нагружающего устройства [2, 3]. Каждый зародыш имеет два подвижных фронта. Один из фронтов обеих полос уходит к захватам и останавливается. Два оставшихся движутся навстречу друг другу с постоянной скоростью. Если один из них останавливается, то скорость второго возрастает в два раза. Для любого момента времени и для любого числа фронтов поддерживается такое соотношение между их скоростями, чтобы скорость расширения пластически деформированной части объекта оставалась постоянной.

Наличие в образце сварного шва оказывает существенное влияние на процесс зарождения ПЧЛ. Оно может определять место зарождения. Например, зарождение ПЧЛ в обезуглероженном металле шва, когда напряжения в зонах термического влияния выше, чем в основном металле [4], становится наиболее вероятным. Вначале в зоне наплавленного металла образуется большое количество мелких деформационных очагов, которые в течение 3 - 8 секунд образуют зародыш ПЧЛ, занимающий все пространство шва, но при этом не имеющий четко выраженных фронтов. Подвижные фронты ПЧЛ окончательно оформляются в зонах термического влияния шва. Дальнейшее распространение фронтов ПЧЛ происходит подобно их распространению в образцах без сварного шва [2, 3].

Если внутренние напряжения в зонах термического влияния ниже, чем в основном металле [4], то реализуется и другой сценарий упругопластического перехода в образце со сварным швом. В этом случае зарождение ПЧЛ происходит вне зоны наплавленного металла, обычно вблизи одного из захватов испытательной машины. Так же как и в образцах без сварного шва один из фронтов зародыша быстро достигает края рабочей области и останавливается, а скорость второго в этот момент скачком увеличивается в два раза. Дальнейшее распространение оставшегося фронта ПЧЛ ничем не отличается от распространения в образцах без сварного шва, до момента достижения им зоны термического влияния сварного соединения. На границе сварного шва фронт останавливается, становясь источником новой

ПЧЛ, прорастающей в наплавленный металл. Причем зарождение этой новой полосы происходит в два раза быстрее, чем при обычных условиях в однородном образце [2]. Затем распространение ПЧЛ происходит исключительно в наплавленном металле, фронт за его пределами остается неподвижным. После того, как наплавленный металл окажется деформирован, фронт в зоне термического влияния приходит в движение, продолжая своё распространение в основном металле.

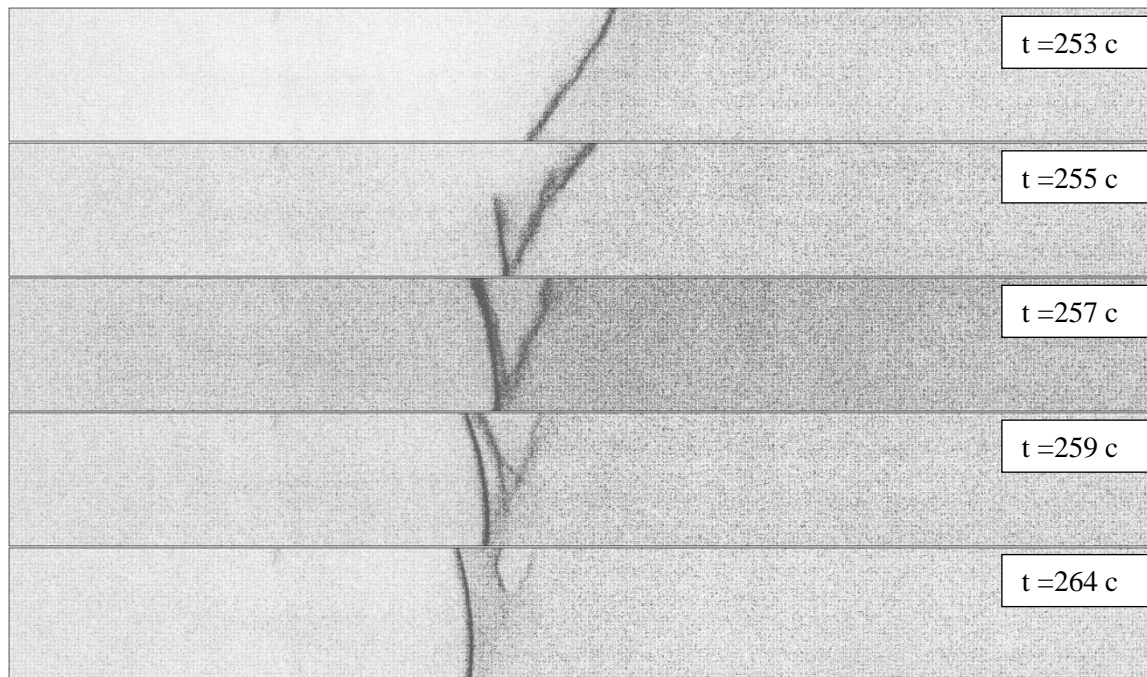


Рисунок 1 - Поведение полос Чернова-Людерса в зонах сварного соединения

Из вышесказанного следует, что зарождение ПЧЛ происходит, как правило, в области с сильной структурно-фазовой неоднородностью. Причем, даже если деформация началась за её пределами при достижении подобной области, к примеру, зоны термического влияния, она немедленно переключится на неё. При этом скорости распространения фронтов ПЧЛ в основном металле и внутри наплавленного металла шва могут значительно отличаться.

#### Список литературы

1. J. Pelleg. Mechanical properties of materials. Springer. Heidelberg, New York, London. 2013.
2. Горбатенко В.В., Данилов В.И., Зуев Л.Б. Неустойчивость пластического течения: Полосы Чернова-Людерса и эффект Портевена – Ле Шателье // Журнал технической физики, 2017. Т. 87. Вып. 3. С. 372-377.
3. Danilov V.I., Gorbatenko V.V., Zuev L.B. On the kinetics of mobile Chernov-Luders band fronts // AIP Conf. Proc., 2016. Vol. 1783, 020034.
4. Смирнов А.Н., Козлов Э.В., Ожиганов Е.А., Абабков Н.В., Князьков В.Л. Влияние степени деформации сварных соединений углеродистых сталей на структурно-фазовое состояние и поля внутренних напряжений // Сварка и диагностика. 2016. №3. С. 25-28.