



Должанский А.М. /д.т.н./, Петлеваный Е.А., Суслова К.Л.
Национальная металлургическая академия Украины

Влияние поверхностных дефектов стальной катанки на стабильность процесса волочения и закономерности их деформирования. Сообщение 1

Представлены методика и условия экспериментального исследования закономерностей формоизменения поверхностных дефектов в зависимости от их размеров и ориентации относительно оси стальной проволоки, а также подход к оценке их влияния на стабильность процесса волочения. Данные могут быть использованы при определении соответствующих закономерностей деформирования металла для проектирования маршрутов многократного стабильного волочения проволоки из катанки, имеющей поверхностные дефекты. Ил. 3. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: безобрывное волочение, стальная катанка, проволока, поверхностные дефекты

The method and conditions for the experimental investigation of the surface defects deformation naturally determines, depending on their size and orientation concerning to the axis of the steel wire, and the approach to the assessment of their impact on the stability of the drawing process. These data may be used in determining appropriate forming metal patterns in the design of multiple routes conditional stability for wire drawing rod having surface defects.

Keywords: drawing without breaks, steel wire rod, wire, surface defects

Постановка проблемы

Стальная низкоуглеродистая катанка, которая используется в качестве заготовки при волочении проволоки, зачастую имеет как поверхностные, так и внутренние дефекты.

Производственный опыт свидетельствует о том, что характерные размеры (от долей микрометра до нескольких миллиметров [1]) и размещение по сечению заготовки таких дефектов существенно влияют на стабильность процесса волочения. Можно ожидать, что такое влияние тем больше, чем больше:

- отношение размеров дефектов к размерам сечения проволоки;
- различие прочностных свойств основного металла и материала, заполняющего дефект.

В работах [2, 3] были представлены данные о некоторых закономерностях формоизменения *внутренних* (сквозных цилиндрических) дефектов при многократном волочении катанки, имеющих различные размеры и механические свойства.

В отличие от них, *поверхностные* дефекты заготовки для волочения представляют собой обычно видимые невооруженным глазом нарушения сплошности металла с различной площадью и глубиной (иногда - до половины диаметра катанки). В зависимости от условий обработки давлением их размеры и форма изменяются: полость может исчезнуть вследствие выглаживания, сохраниться или закрыться с образованием «трещины» [4]. В ряде случаев наличие незначительных остатков продеформированных дефектов на проволоке не является браковочным признаком при изготовлении продукции неотвественного назначения (например, увязочной проволоки, гвоздей и др.).

Однако данных об общих закономерностях формоизменения поверхностных дефектов при волочении в технической литературе крайне мало [5], а для условий волочения проволоки они детально не исследованы. Это затрудняет адекватную оценку условий стабильного волочения катанки и проволоки с дефектами, получение, по возможности, из них продукции с приемлемым качеством, увеличивает производственные затраты. Особую сложность представляет задача геометрической идентификации дефектов на катанке (диаметром не более 7 мм) и на проволоке меньшего диаметра в связи с их небольшими размерами и труднодоступностью.

Целью работы явилась оценка влияния размеров, преимущественной ориентации и свойств поверхностных дефектов на условия стабильного многократного волочения стальной катанки и проволоки, в частности, разработка соответствующей методики исследований. В связи со значительным объемом результатов исследований, в настоящей части работы представлены данные о соответствующих методике, условиях проведения экспериментальных исследований, а также подход к оценке влияния дефектов на стабильность процесса волочения стальной заготовки.

Основные результаты

Для решения части задачи, связанной со стабильностью процесса волочения заготовки с дефектами, учли, что обычно маршруты многократного волочения проволоки определяют с учетом коэффициента K_3 запаса прочности [4]

$$K_3 = \frac{\sigma_{T1}}{\sigma} \geq [K_3] = 1,34 \dots 2,10 \quad (1)$$

где σ_{T1}, σ - предел текучести (иногда – предел прочности) проволоки на выходе из волоки и тяговое напряжение соответственно; $[K_3]$ - предельно допустимое значение коэффициента запаса прочности, диапазон изменения которого определен экспериментально для стандартной заготовки, а меньшее значение в этом диапазоне соответствует большему диаметру проволоки.

Для обеспечения стабильного (безобрывного) волочения наличие дефектов в заготовке требует увеличения $[K_3]$ путем *ослабления* обжатий в пропусках, что сопровождается уменьшением соответствующих значений σ . Это можно осуществить введением «коэффициента дефектности» $K_{def} \geq 1$ в выражение (1)

$$K_3 = \frac{\sigma_{T1}}{\sigma} \geq K_{def} \cdot [K_3]. \quad (2)$$

При количественной оценке K_{def} учли следующее:

- отсутствие обрывов при волочении определяется балансом силы прочности (текучести) металла в переднем конце проволоки и тяговой силы, приложенной к этому участку, а общее представление силы есть произведение напряжения в металле на соответствующую площадь F ;

- наличие дефекта с площадью F_{def} поперечного (относительно оси заготовки) сечения соответственно уменьшает площадь бездефектного металла по сравнению с номинальной площадью F_n сечения проволоки, а также – ее прочность независимо от прочности материала, заполняющего объем дефекта, поскольку нарушается непрерывность («сплошность») материала заготовки;

- именно *отличие* прочностных свойств $\sigma_{T.def}$ материала, заполняющего дефект, от свойств σ_{T1} основного металла проволоки дестабилизирует процесс волочения [6].

Тогда для обеспечения $K_{def} \geq 1$ эту величину следует определять:

- при $\sigma_{T.def} \leq \sigma_{T1}$ по выражению

$$K_{def} = \frac{F_n \cdot \sigma_{T1}}{(F_n - F_{def}) \cdot \sigma_{T1} + F_{def} \cdot \sigma_{T.def}}. \quad (3)$$

- при $\sigma_{T.def} \geq \sigma_{T1}$ по формуле

$$K_{def} = \frac{(F_n - F_{def}) \cdot \sigma_{T1} + F_{def} \cdot \sigma_{T.def}}{F_n \cdot \sigma_{T1}}. \quad (4)$$

Обычно, вследствие подготовки заготовки к волочению травлением или знакопеременным изгибом, ее поверхностные дефекты являются пустотелыми ($\sigma_{T.def} \rightarrow 0$). Тогда из равенства (3) следует

$$K_{def} = \frac{F_n}{F_n - F_{def}}, \quad (5)$$

и для определения величины K_{def} по формуле (5) необходимы количественные данные по закономерностям формоизменения дефектов в процессе волочения с учетом их исходной формы и расположения

относительно оси заготовки.

Соответствующие ситуации можно смоделировать искусственными поверхностными насечками с их продольной и поперечной ориентацией относительно оси заготовки.

При проведении опытов волочение образцов катанки диаметром $d_0 = 6,5$ мм из стали Ст1кп осуществляли через сборные сдвоенные волоки из сплава ВК-6 на цепном стане со скоростью 0,2 м/с за 4 и 3 пропуска по соответствующим маршрутам: $6,2 \rightarrow 5,9 \rightarrow 5,45 \rightarrow 5,05$ мм (частные вытяжки μ_i составили $1,10 \rightarrow 1,10 \rightarrow 1,17 \rightarrow 1,16$) и $5,9 \rightarrow 5,45 \rightarrow 5,05$ мм (μ_i равнялись $1,21 \rightarrow 1,17 \rightarrow 1,16$). В качестве технологической смазки использовали порошок натриевого мыла.

На поверхность заготовки токарной обработкой нанесли продольные и поперечные насечки глубиной 2,5; 1,6; 1,2 и 1,0 мм с углом при вершине $\sim 90^\circ$. Их располагали вдоль оси заготовки 4-мя или 3-мя группами (по числу пропусков соответственно). Расстояние между насечками составляло не менее 10 мм, а между группами – 100 мм (рис. 1) во избежание взаимного влияния этих моделей дефектов на течение металла при волочении.

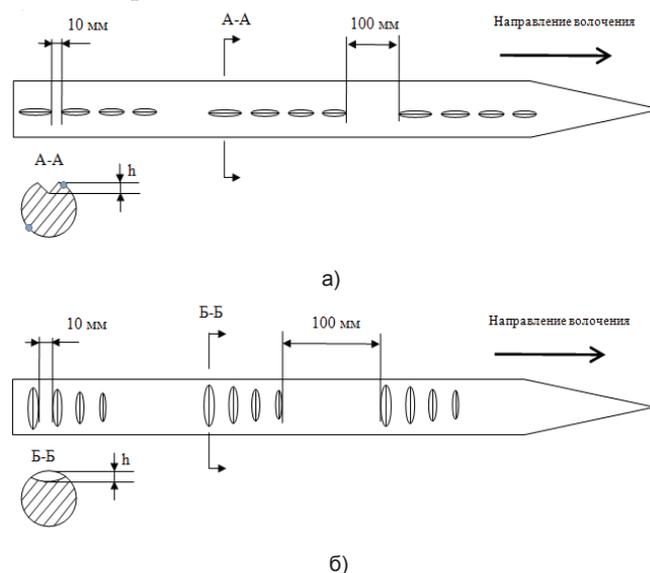


Рис. 1. Схема подготовки образцов катанки с группами продольных (а) и поперечных (б) поверхностных насечек для трех проходов

После каждого i -того пропуска от заднего конца образца с диаметром d_i отрезали участок с группой продеформированных «дефектов», затем каждый из них с окружающей зоной металла отделяли, маркировали, шлифовали и фотографировали с известным увеличением цифровой фотокамерой Canon EOS600D18-55IS.

Полученные оцифрованные изображения (рис. 2) переносили в виде компьютерного файла на ПЭВМ, выбирали рациональное программное увеличение, производили на экране измерения характерных размеров «дефектов» в открытой компьютерной среде CorelDraw с последующим пересчетом на линейные размеры объектов при учете общего увеличения.

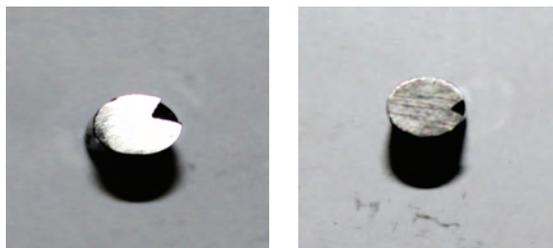


Рис. 2. Типичные фотографии участков образцов с продольными поверхностными «дефектами» после волочения (x 2)

Негативное влияние размытости границ изображения при росте компьютерного увеличения на точность измерений учли поправочным коэффициентом K_p , который определяли по отношению

$$K_p = \frac{l_{ПЭВМ}}{l_{инстр}}, \quad (6)$$

где $l_{инстр}$; $l_{ПЭВМ}$ - соответственно результаты инструментального измерения в доступном месте контура изделия (например, микрометром - диаметра d_0 катанки) и замера по компьютерному отображению этого места с учетом общего увеличения.

Вариантом определения коэффициента K_p по формуле (6) явилось фотографирование вместе с измеряемым объектом шаблона, например, линейки с известными ценой деления и классом точности (рис. 3).

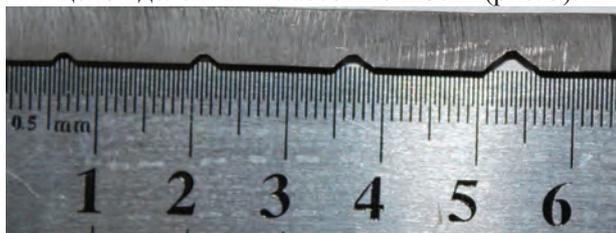


Рис. 3. Типичная фотография участка образца проволоки с поперечными поверхностными «дефектами» в сопоставлении с шаблоном (участком инструментальной линейки)

О закономерностях деформирования моделей поверхностных дефектов в зависимости от значений вытяжки $\mu_i = \left(\frac{d_{i-1}}{d_i}\right)^2$ в i -том пропуске и (или) соответствующего изменения периметра поперечного сечения проволоки $\sqrt{\mu_i} = \frac{d_{i-1}}{d_i}$, и (или) суммарной вытяжки $\mu_\Sigma = \left(\frac{d_0}{d_i}\right)^2$ судили по изменению следующих параметров:

- глубина h_i и ширина b_i насечки (см. рис. 1), которые изменялись в последовательных i -тых пропусках волочения катанки и проволоки (исходному состоянию соответствует индекс $i = 0$). Тогда отношение $\frac{h_0}{h_i}$ (или $\frac{h_{i-1}}{h_i}$) характеризует соответствующую интенсивность уменьшения глубины «дефекта»;

- аналогично, величина $K_{li} = \frac{b_i}{h_i}$, которая вместе с соответствующим средним углом β_i при вершине «дефекта» характеризует его расширение или сужение после волочения в очередном i -том пропуске.

Последовательное уменьшение K_{li} и β_i свидетельствует о сужении «дефекта» и возможной тенденции преобразования его в «трещину», а их рост отражает тенденцию к выглаживанию «дефекта»;

- синхронность изменения ширины «дефекта» и периметра (диаметра) заготовки по соотношению

$$K_{2i} = \frac{b_i \cdot d_{i-1}}{b_{i-1} \cdot d_i}$$

(здесь индекс « $i-1$ » соответствует указанным величинам после предыдущего пропуска). Значение $K_{2i} = 1$ определяет синхронное с периметром изделия изменение ширины «дефекта»; при $K_{2i} < 1$ имеет место тенденция к «закрытию» дефекта и превращению исходной насечки в «трещину», а $K_{2i} > 1$ соответствует тенденции к «выглаживанию» дефекта относительно уменьшающегося периметра (диаметра) проволоки.

Результаты исследований представлены в Сообщении 2 настоящей статьи.

Выводы

Представлены методика исследований и условия для последующего определения закономерностей формоизменения дефектов в виде поверхностных насечек при многократной деформации стальной катанки в зависимости от их размеров и направленности относительно оси заготовки, а также – подход к оценке влияния указанных дефектов на стабильность процесса волочения. Эти данные могут быть использованы при определении соответствующих закономерностей для проектирования маршрутов стабильного многократного волочения проволоки приемлемого качества из катанки, имеющей поверхностные дефекты.

Библиографический список

1. Атлас дефектов стали / Под ред. М.Л. Бернштейна. – М.: Металлургия, 1979. – 188 с.
2. Волочение стальной катанки с поперечными сквозными дефектами / А.М. Должанский, Е.А. Петлеваний, И.Н. Ломов и др. // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематичний зб. наук. праць. - Краматорськ, 2008. - С. 198-200.
3. Моделирование деформации сквозных поперечных дефектов стальной катанки при волочении / А.М. Должанский, Е.А. Петлеваний, И.Н. Ломов // Металлург. и горноруд. пром-сть. - 2008. – № 4. – С. 58-61.
4. Юхвец И.А.. Волочильное производство. – М.: Металлургия, 1965. - 375 с.
5. Формоизменение впадин на наружной поверхности труб при волочении / Ю.В. Зильберг, В.Г. Чус, А.С. Кагарлицкий и др. - Металлургия и коксохимия. - Вып. 50. – К.: Техніка, 1976. – С. 47-53.
6. Определение рационального режима деформации с учетом случайно изменяющихся технологических параметров волочения / А.П. Грудев, Г.Ю. Маклаков, А.М. Должанский и др. // Депон. рукоп. в интe «Черметинформация», 12.08.1980г., №1040. - 17 с.

Поступила 05.11.2013