

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

Влияние поверхностных дефектов стальной катанки на стабильность процесса волочения и закономерности их деформирования. Сообщение 2

Экспериментально исследованы закономерности формоизменения поверхностных дефектов стальной катанки в зависимости от их размеров и направленности относительно оси стальной проволоки, а также произведена оценка их влияния на стабильность процесса волочения. Полученные данные могут быть использованы при проектировании маршрутов волочения проволоки из катанки, имеющей поверхностные дефекты, с получением продукции неотвественного назначения приемлемого качества. Ил. 7. Библиогр.: 3.

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

An experimental investigation of deformation patterns of surface defects in steel wire rod, depending on the size and orientation about an axis of steel wire, and their impact on the stability of the drawing process is appraised. The data obtained can be used for designing routes for wire drawing from the rod, having surface defects, with obtaining production of irresponsible application and acceptable quality.

Keywords: continuous drawing, steel wire rod, wire, surface defects

Постановка проблемы

В работе [1] авторами представлены методика исследований и условия определения закономерностей формоизменения поверхностных дефектов при многократном волочении стальной катанки в зависимости от их размеров и направленности относительно ее оси, а также подход к оценке влияния указанных дефектов на стабильность процесса волочения.

Целью настоящей части исследований явилось экспериментальное определение закономерностей формоизменения поверхностных дефектов стальной катанки, а также количественная оценка влияния их размеров на условия стабильного многократного волочения с учетом ранее разработанных

ных авторами методических подходов.

Основные результаты

Основные зависимости, полученные в опытах при последовательной реализации четырех проходов волочения, представлены на рис. 1-6. Аналогичные закономерности выявлены и при реализации трех проходов волочения (см. [1]).

Анализ представленных данных свидетельствует о следующем:

При продольном расположении насечек с увеличением суммарной вытяжки μ_{Σ} металла глубина h_i и ширина b_i «дефекта» уменьшаются тем интенсивнее, чем больше их исходные значения h_0 и b_0 на катанке, асимптотически стремясь к нулю при $\mu_{\Sigma} > 1,6$ (рис. 1).

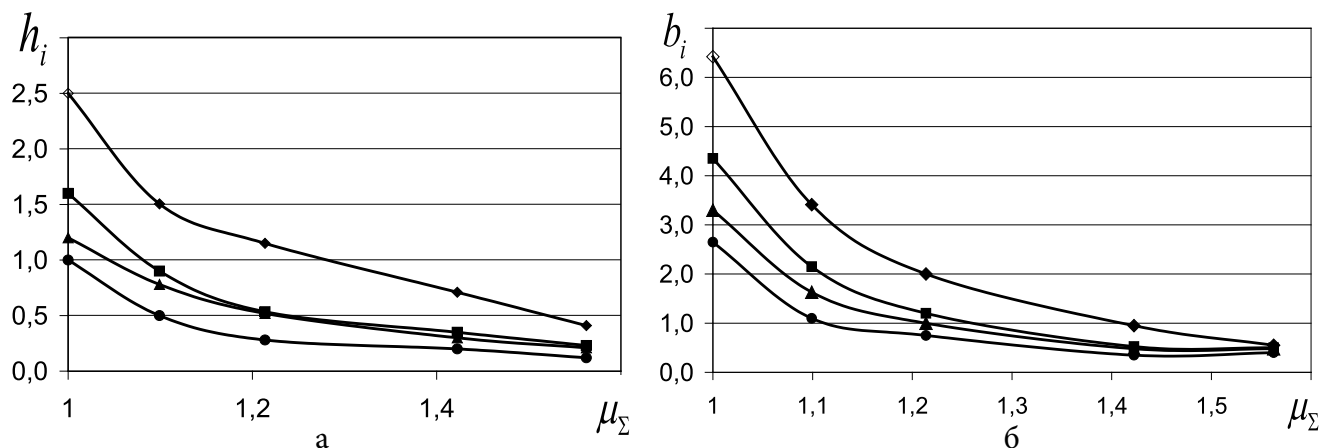


Рис. 1. Зависимость от суммарной вытяжки μ_{Σ} изменения глубины h_i (а) и ширины b_i (б) моделей «дефектов» при их продольной ориентации относительно оси волочения: \blacklozenge $h_0=2,5$; \blacktriangle $h_0=1,6$; \bullet $h_0=1,2$; \blacksquare $h_0=1$

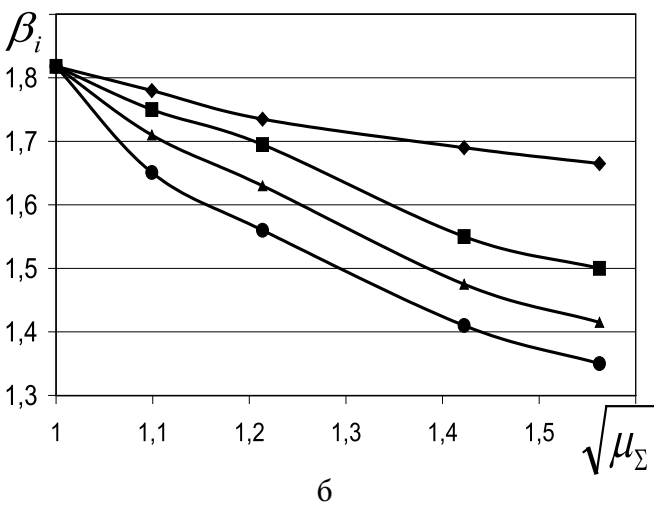
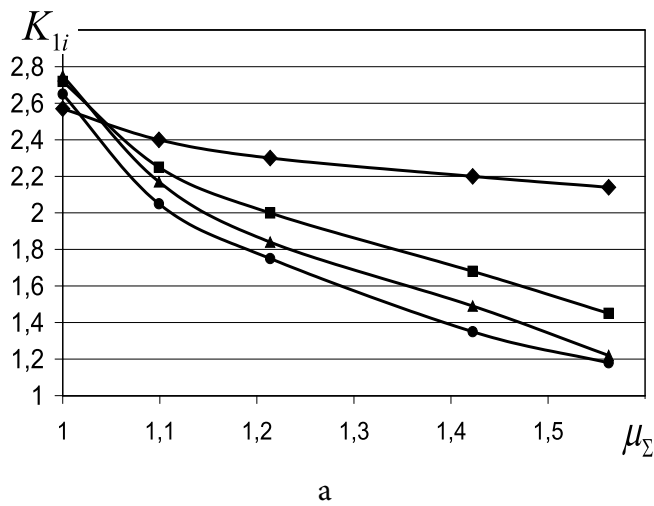


Рис. 2. Зависимость от суммарной вытяжки μ_Σ относительного формоизменения K_{li} (а), и (б) - соответствующего среднего угла β_i (в радианах) при вершине «дефектов» при их продольной ориентации на катанке (идентификация линий такая же, как на рис. 1)

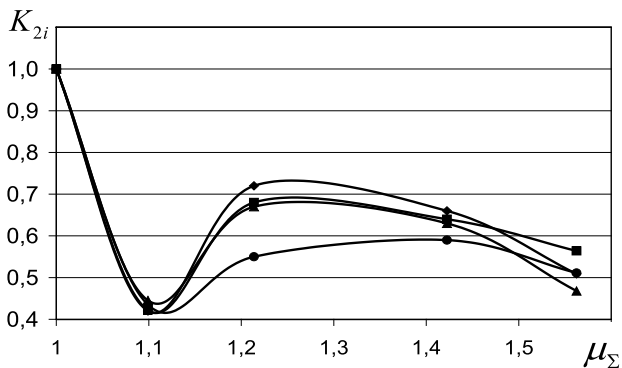


Рис. 3. Зависимость от суммарной вытяжки μ_Σ синхронности изменения ширины «дефекта» и периметра (диаметра) проволоки K_{2i} при продольной ориентации насечек на катанке (идентификация линий такая же, как на рис. 1)

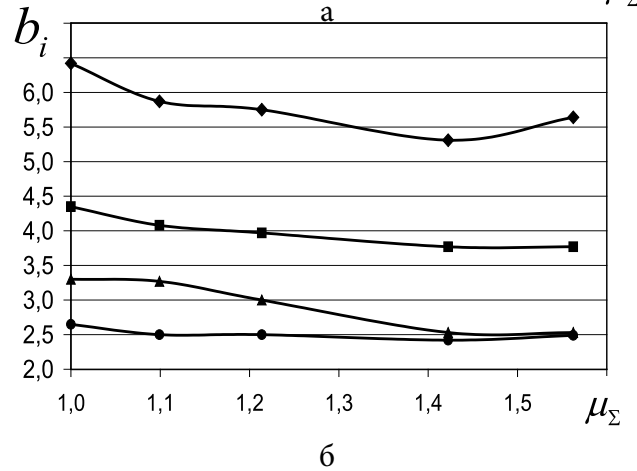
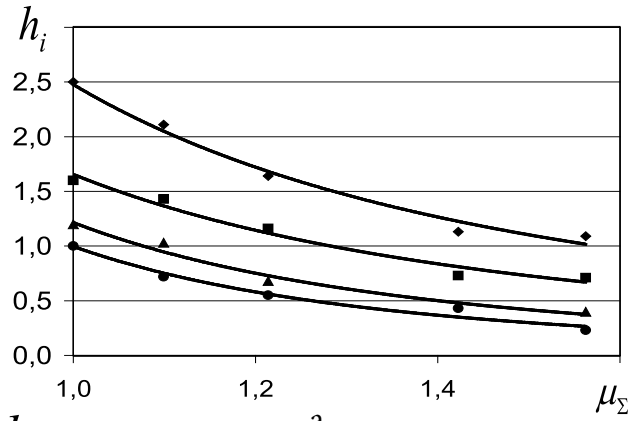


Рис. 4. Зависимость от суммарной вытяжки μ_Σ изменения глубины h_i (а) и ширины b_i (б) дефекта при поперечной ориентации насечек на катанке (идентификация линий такая же, как на рис. 1)

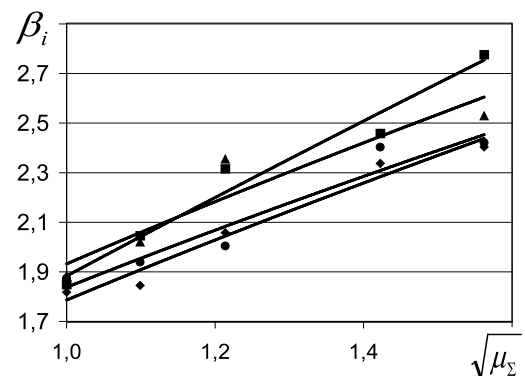
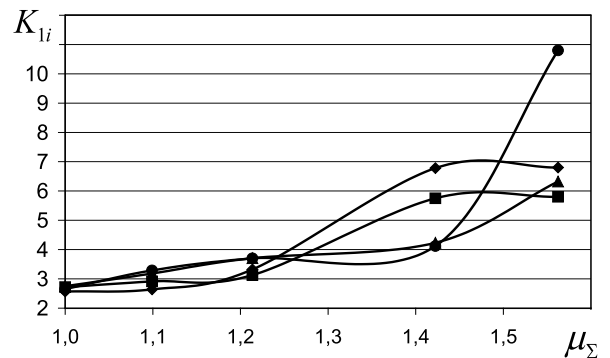


Рис. 5. Зависимость от суммарной вытяжки относительного формоизменения K_{li} (а), и (б) - соответствующего среднего угла β_i (в радианах) дефекта при поперечной ориентации насечек на катанке (идентификация линий такая же, как на рис. 1)

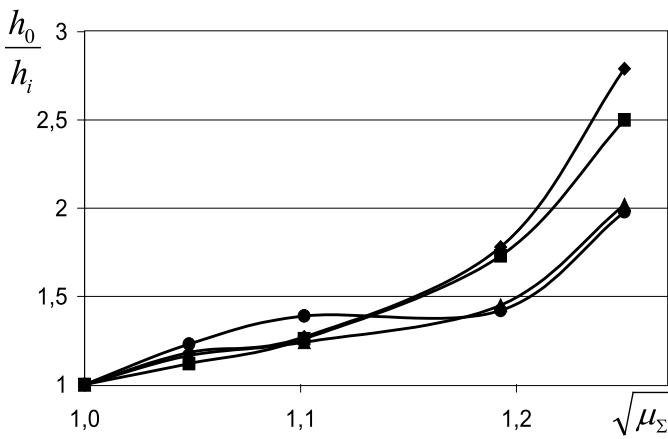


Рис. 6. Оценка синхронности изменения глубины «дефектов» и периметра проволоки

Важным здесь является уменьшение отношения $K_{ii} = \frac{b_i}{h_i}$, что вместе с уменьшением угла β_i при вершине модели дефекта свидетельствует о тенденции преобразования такого «дефекта» в трещину (см. рис. 2).

Характеризменения зависимости $K_{2i} = \frac{b_i \cdot d_{i-1}}{b_{i-1} \cdot d_i} < 1$ от вытяжки при продольном расположении дефектов свидетельствует о сложном течении металла в окрестностях насечки при деформировании проволоки и, в целом, подтверждает тенденцию к преобразованию продольной насечки в «трещину» (см. рис. 3). Немонотонность указанной зависимости может быть связана со сложным влиянием на течение металла его упрочнения и схемы напряженного состояния в очаге деформации.

Закономерное уменьшение глубины h_i и ширины b_i «дефектов» регистрируется и при поперечном расположении насечек на заготовке (см. рис. 4). Однако, в этом случае величина $K_{ii} = \frac{b_i}{h_i}$ и углы β_i при вершине «дефектов» с ростом μ_Σ увеличиваются, что свидетельствует о тенденции к их выглаживанию (см. рис. 5).

Зависимость $\frac{h_0}{h_i} > 1$ во всем исследованном диапазоне роста параметра $\sqrt{\mu_i} = \frac{d_{i-1}}{d_i}$, что направлено на оценку синхронности изменения глубины поперечной насечки с изменением периметра проволоки, также свидетельствует о тенденции к выглаживанию поперечных насечек (см. рис. 6). Важным здесь является превалирующее выглаживание дефекта по сравнению с ростом обжатия при $\sqrt{\mu_i} > 1,25-1,30$.

Влияние поверхностных дефектов заготовки на стабильность процесса ее многократного волочения можно оценить величиной коэффициента дефектности [1]

$$K_{\text{деф}} = \frac{F_{ni}}{F_{ni} - F_{\text{дефи}}} \quad (1)$$

где F_{ni} и $F_{\text{дефи}}$ – площади поперечного сечения проволоки и дефекта соответственно на выходе из волоки. С очевидностью, для круглого сечения проволоки $F_{ni} = \frac{\pi d_i^2}{4}$

При продольной ориентации насечки на заготовке [1, рис. 1, сечение А-А], моделирующей поверхностный дефект, его площадь может быть представлена сектором с шириной b_i , глубиной h_i и углом β_i под соответствующим сегментом. Согласно [2] площадь F_{ni} этой фигуры равна

$$F_{\text{деф.и.прод}} = \frac{r_i^2 (\beta_i - \sin \beta_i)}{2},$$

где $r_i = \sqrt{h_i^2 + \frac{b_i^2}{4}}$, что после преобразований дает:

$$F_{\text{деф.и.прод}} = \frac{1}{2} \cdot (h_i^2 + \frac{b_i^2}{4}) \cdot (\beta_i - \sin \beta_i). \quad (2)$$

В результате из равенства (1) после простых преобразований получили

$$K_{\text{деф.и.прод}} = \frac{1}{1 - (\frac{2}{\pi} \cdot \frac{h_i^2}{d_i^2} + \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{b_i^2}{d_i^2}) \cdot (\beta_i - \sin \beta_i)}. \quad (3)$$

При поперечной ориентации дефекта на проволоке его вид в сечении, перпендикулярном оси волочения, в соответствии со способом токарной реализации насечки, может быть приближенно представлен сегментом [1, рис. 1, сечение Б-Б], площадь которого определяется формулой [2]:

$$F_{\text{деф.и.попер}} = \frac{(\frac{d_i}{2})^2 \cdot (\beta_i - \sin \beta_i)}{2}, \quad (4)$$

где $\beta = 2 \cdot \arccos(\frac{d_1 - 2 \cdot h}{d_1})$, а выражение (1) для коэффициента дефектности после простых преобразований принимает вид:

$$K_{\text{деф.и.попер}} = \frac{1}{1 - (\frac{1}{2 \cdot \pi}) \cdot (\beta_i - \sin \beta_i)}. \quad (5)$$

Далее, используя данные рис. 1, 2 и 4, по формулам (3) и (5) определили зависимости коэффициента дефектности $K_{\text{деф.и.прод}}$ при продольном и $K_{\text{деф.и.попер}}$ при поперечном расположении моделей дефектов (рис. 7).

Анализ представленных данных свидетельствует о том, что, несмотря на тенденцию превращения продольного «дефекта» в трещину при многократном волочении, его влияние на стабильность процесса многократного волочения наиболее существенно в первом-втором проходах. Это требует, согласно оценкам по данным источника [1, формула (2)], увеличения предельного запаса [K_3] прочности при проектировании маршрутов волочения на 5-30% в зависимости от исходной глубины «дефекта».

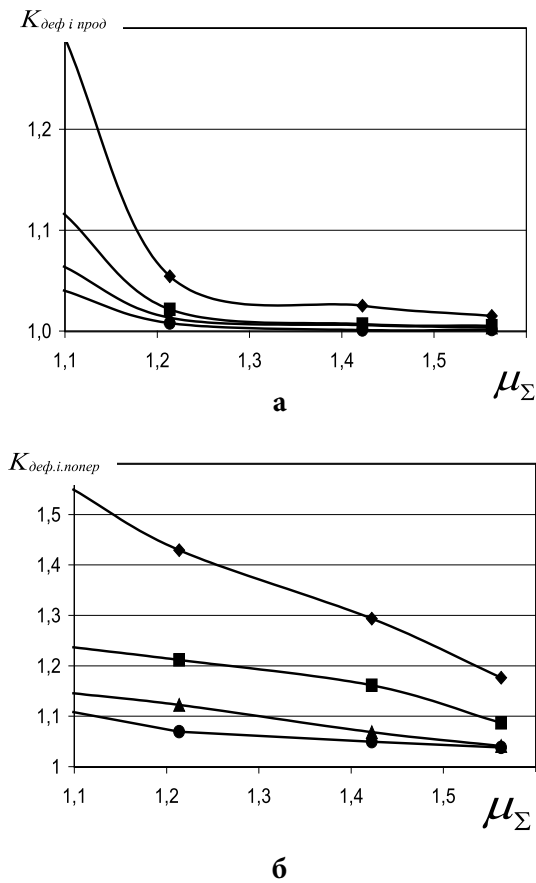


Рис. 7. Зависимость изменения $K_{\text{def},i}$ при продольном (а) и поперечном (б) расположении дефектов от суммарной вытяжки μ_{Σ}

Негативное влияние поперечного расположения насечек на стабильность процесса волочения, несмотря на выраженную тенденцию их выглаживания, распространяется практически на весь маршрут многократного волочения. Это вызывает необходимость увеличения предельного запаса прочности $[K_3]$ при соответствующих расчетах от 10-55 % в первых пропусках и до 3-18 % – в последних, в зависимости от исходной глубины «дефекта».

На практике для обеспечения безобрывного волочения указанным рекомендациям по увеличению $[K_3]$ отвечает приблизительно такое же ослабление расчетной вытяжки в соответствующих проходах и, естественно, суммарной вытяжки по сравнению с аналогичными традиционными технологическими решениями [3].

Выводы

С использованием разработанной методики экспериментально определены закономерности влияния размеров и ориентированности поверхностных дефектов на их формоизменение при многократном волочении стальной катанки, а также связь соответствующих параметров со стабильностью процесса волочения.

Выявлено, что в процессе волочения деформирование поверхностных дефектов проходит с уменьшением начальных размеров их ширины и глубины. При этом преимущественная тенденция формоизменения продольно ориентированных дефектов – преобразование в «трещины», а дефектов, расположенных поперечно относительно оси заготовки – выглаживание.

Показано, что для обеспечения стабильного (безобрывного) процесса многократного волочения следует уменьшать на 5-30 % частные вытяжки в первых одном-двух пропусках при продольном расположении дефектов и до 55 % – во всех пропусках при поперечном расположении дефектов.

Полученные данные могут быть использованы при проектировании маршрутов стабильного многократного волочения проволоки приемлемого качества из катанки, имеющей поверхностные дефекты.

Библиографический список

1. Должанский А. М. Влияние поверхностных дефектов стальной катанки на стабильность процесса волочения и закономерности их деформирования. Сообщение 1 / А. Должанский, Е. Петлеваний, К. Сулова // *Металлург. и горноруд. пром-сть*. – 2014.- № 1. – С. 60-62
2. Справочник машиностроителя (в 6-ти томах) / Ф. М. Диментберг, В. С. Люкшин, Н. Я. Ниберг и др. – Т. 1. – М.: Машиностроение, 1960. – 592 с.
3. 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 ин-те «Черметинформация»*, 12.08.1980 г., № 1040. - 17 с.

Поступила 05.11.2013

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

В редакции можно приобрести по льготной цене авторские экземпляры журнала. Просим заблаговременно подать заявку для формирования тиража.

контактный телефон: 056-744-81-66

(факс): 0562-46-12-95