



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-3-61-63>  
УДК 669

Поступила 28.04.2022  
Received 28.04.2022

## КОНТРОЛЬ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАТАНКИ

В. П. ФЕТИСОВ, г. Орел, Российская Федерация. E-mail: [olga1560@yandex.ru](mailto:olga1560@yandex.ru)

*Максимальная вытяжка катанки при однократном волочении характеризует ее деформационную способность до сверхбольших суммарных обжатий. Предложен определяемый при растяжении комплексный показатель деформируемости низкоуглеродистой катанки, учитывающий способность металла к упрочнению и его склонность к локализации пластической деформации.*

**Ключевые слова.** Максимальная вытяжка за переход, среднее максимальное единичное обжатие при многократном волочении, способность к деформационному упрочнению, склонность к локализации деформации.

**Для цитирования.** Фетисов, В. П. Контроль деформируемости при волочении низкоуглеродистой катанки / В. П. Фетисов // Литие и металлургия. 2022. № 3. С. 61–63. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-3-61-63>.

## CONTROL OF DEFORMABILITY DURING DRAWING OF LOW-CARBON WIRE ROD

V. P. FETISOV, Orel city, Russia. E-mail: [olga1560@Yandex.ru](mailto:olga1560@Yandex.ru)

*The maximum drawing of the wire rod with a single drawing characterizes its deformation ability to extremely large total compressions. A complex index of deformability of a low-carbon wire rod determined under tension is proposed, taking into account the ability of the metal to harden and its tendency to localize plastic deformation.*

**Keywords.** The maximum draw per transition, the average maximum single compression with multiple drawing, the ability to strain hardening, the tendency to localize deformation.

**For citation.** Fetisov V. P. Control of deformability during drawing of low-carbon wire rod. Foundry production and metallurgy, 2022, no. 3, pp. 61–63. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-3-61-63>.

Предварительная оценка деформационной способности низкоуглеродистой катанки при входном контроле является необходимой составляющей технологического процесса волочения холоднодеформированной проволоки. Поэтому поиск надежных показателей деформируемости катанки имеет важное практическое значение.

Рост суммарного обжатия при волочении катанки увеличивает неравномерность распределения дислокаций и возникновение в локальных объемах напряжений, превышающих предел прочности металла и вызывающих нарушение его сплошности. При этом ускорению указанным структурным изменениям способствует повышение прочности катанки и холоднодеформированной проволоки.

Исходя из представлений о коэффициенте запаса прочности при волочении, рост деформируемости достигается при повышении способности катанки к деформационному упрочнению и при снижении напряжения волочения, в том числе за счет уменьшения общей прочности проволоки.

Проведенные в работе [1] исследования показали, что способность к деформационному упрочнению и величину коэффициента запаса прочности при волочении отражает показатель степени относительного прироста прочности  $Y_{\sigma_B} = (\sigma_B - \sigma_T) / \sigma_T$ , с увеличением которого повышается деформируемость низкоуглеродистой катанки. Однако показатель  $Y_{\sigma_B}$  не учитывает склонность металла к локализации пластической деформации.

Применительно к низкоуглеродистой стали аналогичным недостатком обладает предложенный в работе [2] показатель деформационной способности  $\Pi_{дс} = Y_{\sigma_B} + Y_{\psi}$ , в котором  $Y_{\psi} = (F_0 - F_K) / F_K$  (показатель степени относительного уменьшения площади сечения при растяжении) характеризует общий уровень пластических свойств. С учетом преобладающего влияния пластичности на деформируемость перлитной стали [2] можно считать, что показатель  $Y_{\psi}$  для этой стали является интегральной характеристикой всех структурных изменений в процессе пластической деформации, включая неоднородное распределение

дислокаций и повышение локальных напряжений. В свою очередь обратно пропорциональная зависимость деформируемости низкоуглеродистой стали от  $Y_{\psi}$  [2] требует уточнения показателей структурного состояния холоднодеформированного металла.

В настоящей статье рассмотрена возможность контроля деформационной способности низкоуглеродистой катанки с помощью комплексного показателя деформируемости  $\Pi_d = Y_{\sigma_B} + Y_{l_{пт}}$ , включающего обратную величину длины площадки текучести  $l_{пт}$  ( $Y_{l_{пт}} = 1/l_{пт}$ ), которая характеризует резко выраженную локальность начальной стадии пластической деформации [3].

В табл. 1 для стали 15кп приведено влияние размера зерна феррита на изменение  $\sigma_B$ ,  $Y_{\sigma_B}$ ,  $\psi$ ,  $Y_{\psi}$ ,  $l_{пт}$ ,  $Y_{l_{пт}}$ ,  $\Pi_{дс}$  и  $\Pi_d$ . Максимальное значение длины площадки текучести при растяжении отмечается для мелкозернистой стали. Так, для  $d=0,016$  мм  $l_{пт}=3,5\%$  против  $1,0\%$  для  $d=0,11$  мм. При этом  $Y_{\sigma_B}$ ,  $Y_{l_{пт}}$  и  $\Pi_d$  возрастают с увеличением размера зерна феррита.

Таблица 1. Влияние размера зерна феррита на свойства стали 15кп при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и скорости деформации  $10^{-3}\text{c}^{-1}$

Показатель	Размер зерна феррита $d$ , мм				
	0,016	0,022	0,042	0,069	0,11
Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	417,5	398,9	379,3	350,8	345,0
$Y_{\sigma_B} = \frac{\sigma_B - \sigma_T}{\sigma_T}$	0,52	0,68	0,98	1,31	1,63
Относительное сужение $\psi$ , %	69	69	68	65	65
$Y_{\psi}$	2,23	2,23	2,12	1,86	1,86
Длина площадки текучести $l_{пт}$ , %	3,50	1,81	1,49	1,10	1,00
$Y_{l_{пт}} = \frac{1}{l_{пт}}$	0,29	0,55	0,67	0,91	1,0
$\Pi_{дс} = Y_{\sigma_B} + Y_{\psi}$	2,75	2,91	3,10	3,17	3,49
$\Pi_d = Y_{\sigma_B} + Y_{l_{пт}}$	0,81	1,23	1,65	2,22	2,63

Сравнение структурной зависимости показателей  $Y_{\sigma_B}$ ,  $\Pi_{дс}$  и  $\Pi_d$  показывает более высокую чувствительность показателя  $\Pi_d$ . Так, для экстремальных размеров зерна феррита их отношение соответственно составляет 3,13; 1,27 и 3,25.

Приведенные в табл. 2 результаты определения параметров деформируемости (максимальная вытяжка при однократном волочении,  $\mu_{\max}$  и среднее максимальное единичное обжатие,  $q_{\max}^{cp}$ , при общей суммарной деформации 99,0%) катанки из стали Ст0м ( $C = 0,11\%$ ) свидетельствуют, что  $\mu_{\max}$  возрастает с увеличением показателей  $Y_{\sigma_B}$ ,  $Y_{l_{пт}}$  и  $\Pi_d$  для крупнозернистой стали. Причем с увеличением размера зерна феррита повышение деформируемости при контроле максимальной вытяжки при однократном волочении сохраняется до сверхбольшого суммарного обжатия при многократном волочении: среднее максимальное единичное обжатие возрастает с 41,2 до 46,0%.

Таблица 2. Влияние исходного структурного состояния на деформируемость низкоуглеродистой катанки

Структурное состояние катанки	Размер зерна феррита, балл	Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>	$Y_{\sigma_B} = \frac{\sigma_B - \sigma_T}{\sigma_T}$	$l_{пт}$ , %	$Y_{l_{пт}} = \frac{1}{l_{пт}}$	$\Pi_d = Y_{\sigma_B} + Y_{l_{пт}}$	$\mu_{\max}$	$q_{\max}^{cp}$ , %
Горячекатаное	5–6	303,8	0,62	2,5	0,40	1,02	2,7	46,0
После ускоренного охлаждения с температурой смотки в бунт, $^{\circ}\text{C}$	800	369,8	0,48	5,3	0,19	0,67	2,6	41,2
	700	386,9	0,41	–	–	–	2,55	–
	600	492,7	0,20	–	–	–	2,36	–

С учетом прямо пропорциональной зависимости между  $\mu_{\max}$  и  $\Pi_d$  влияние локализации пластической деформации на деформируемость катанки проявляется через вклад  $Y_{l_{пт}}$  в прирост показателя  $\Pi_d$ . Так, с увеличением длины площадки текучести для мелкозернистой стали (7–8-й балл) ее обратная величина в показателе  $Y_{l_{пт}}$  меньше по сравнению с более крупным размером зерна феррита (5–6-й балл): 0,19 против 0,40.

Сопоставление зависимостей  $Y_{\sigma_B}$ ,  $Y_{l_{пт}}$ ,  $\Pi_d$  и  $\mu_{\max}$  от структурного состояния (табл. 2) показывает снижение способности к деформационному упрочнению и повышение склонности к локализации пластической деформации с уменьшением размера зерна феррита, что наряду с ростом общей прочности

негативно сказывается на деформируемости мелкозернистой низкоуглеродистой катанки. При этом, как и для стали 15кп, структурная зависимость показателя  $\Pi_d$  превышает соответствующее изменение  $Y_{\sigma_B}$ : отношение  $\Pi_d$  для катанки с размерами зерна 5–6-й и 7–8-й балл выше в 1,18 раза по сравнению с показателем  $Y_{\sigma_B}$ , что свидетельствует об эффективности предложенного комплексного показателя деформируемости.

### Выводы

Определение максимальной вытяжки катанки при однократном волочении позволяет оценивать ее деформационную способность до сверхбольших суммарных обжатий при многократном волочении. Деформируемость низкоуглеродистой катанки надежно контролируется показателем  $\Pi_d = Y_{\sigma_B} + Y_{l_{\text{пр}}}$ , учитывающим способность к деформационному упрочнению и склонность к локализации пластической деформации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Фетисов, В. П.** Деформационное упрочнение углеродистой стали/ В. П. Фетисов. М.: Мир, 2005. 200 с.
2. **Фетисов, В. П.** Контроль способности к волочению катанки из углеродистой стали/ В. П. Фетисов// Литье и металлургия. 2021. № 3. С. 61–64.
3. **Иванова, В. С.** Роль дислокаций в упрочнении и разрушении металлов/ В. С. Иванова, Л. К. Гордиенко, В. Н. Геминов и др. М.: Наука, 1965. 180 с.

### REFERENCES

1. **Fetisov V.P.** *Deformacionnoe uprochnenie uglerodistoj stali* [Carbon steel strain hardening]. Moscow, Mir Publ., 2005, 200 p.
2. **Fetisov V.P.** Kontrol' sposobnosti k volocheniju kataniki iz uglerodistoj stali [Controlling the drawability of carbon steel wire rod]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2021, no. 3, pp. 61–64.
3. **Ivanova V.S., Gordienko L.K., Geminov V.N.** *Rol' dislokacij v uprochnenii i razrushenii metallov* [The Role of Dislocations in Hardening and Fracture of Metals]. Moscow, Nauka Publ., 1965, 180 p.