



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-54-56>
УДК 669

Поступила 20.02.2024
Received 20.02.2024

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ВОЛОЧЕНИИ НА ПЛАСТИЧНОСТЬ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

В. П. ФЕТИСОВ, г. Орел, Российская Федерация. E-mail: olga1560@yandex.ru

При многократном волочении низкоуглеродистой стали исходный размер зерна феррита и величина интенсивности упрочнения оказывают влияние на накопление дефектов кристаллической структуры и общее уменьшение пластических свойств холоднодеформированной проволоки. Минимизация размеров ячеек и снижение интенсивности деформационного упрочнения для более дисперсной исходной структуры сохраняют повышенное относительное сужение мелкозернистой стали после больших суммарных обжатий. Рост склонности к упрочнению крупнозернистой стали сопровождается усилением уменьшения пластичности проволоки при многократном волочении. Большие суммарные обжатия повышают структурную чувствительность относительного сужения низкоуглеродистой проволоки.

Ключевые слова. Большие суммарные обжатия, дисперсность структуры, интенсивность деформационного упрочнения, степень развития шейки.

Для цитирования. Фетисов, В. П. Влияние диспергирования структуры при многократном волочении на пластичность низкоуглеродистой стали /В.П.Фетисов // Литье и металлургия. 2024. № 2. С. 54–56. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-54-56>.

THE INFLUENCE OF DISPERSING STRUCTURE IN MULTIPLE DRAWING ON THE PLASTICITY OF LOW-CARBON STEEL

V. P. FETISOV, Orel, Russian Federation. E-mail: olga1560@yandex.ru

During repeated drawing of low-carbon steel, the initial grain size of ferrite and the intensity of hardening affect the accumulation of defects in the crystal structure and the overall decrease in the plastic properties of cold-formed wire. Minimizing the cell sizes and reducing the intensity of deformation hardening for a more dispersed initial structure maintain an increased relative contraction of fine-grained steel after large total compressions. The increase in the tendency to harden coarse-grained steel is accompanied by an increased decrease in the ductility of the wire during repeated drawing. Large total compressions increase the structural sensitivity of the relative constriction of low-carbon wire.

Keywords. Significant total reductions, structure dispersity, intensity of deformation strengthening, level of neck development.

For citation. Fetisov V.P. The influence of dispersing structure in multiple drawing on the plasticity of low-carbon steel. Foundry production and metallurgy, 2024, no. 2, pp. 54–56. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-54-56>.

Применительно к термообработанной низкоуглеродистой стали уменьшение величины зерна феррита сопровождается одновременным ростом прочностных свойств и пластичности при контроле относительного сужения [1]. При этом повышение показателя степени сужения площади поперечного сечения при растяжении обусловлено замедлением роста центральной трещины от центра к периферии стенки ячеек при уменьшении их размеров в мелкозернистой стали [2], а также снижением интенсивности упрочнения в области локальной деформации [3], способствующим увеличению степени деформации и повышению напряжений до величины, вызывающей зарождение несплошностей структуры [4].

Многократное волочение низкоуглеродистой стали с большими суммарными обжатиями, кроме уменьшения размеров ячеек и сохранения их различия в соответствие с исходной дисперсностью структуры [2], характеризуется также дополнительными субструктурными изменениями. Наведение дислокаций в теле ячеек при развитии процессов деформационного старения [5] и повышение с ростом суммарного обжатия общей плотности неоднородно распределенных дислокаций, вызывающих возникновение областей локального перенапряжения, пор и микротрещин [6], оказывают влияние на параметры деформационного упрочнения, условия развития шейки и приводят к снижению относительного сужения холоднодеформированной проволоки (см. таблицу).

Цель настоящей работы – анализ влияния интенсивности деформационного упрочнения при измельчении структуры в процессе многократного волочения на формирование относительного сужения низкоуглеродистой проволоки.

Характерной особенностью деформирования крупнозернистой стали является повышение доли внутриверной деформации [7], что наряду с усилением блокировки дислокаций атомами внедрения при увеличении размера зерна феррита [1] обеспечивает снижение плотности подвижных дислокаций и рост показателя интенсивности деформационного упрочнения в виде относительного прироста прочности Y_{σ_B} [1] с 0,29 для ускоренно охлажденной (7-й балл размера зерна феррита) до 0,62 для горячекатаной (5–6-й балл) катанки (см. таблицу).

Влияние дисперсности структуры катанки СтОм (C=0,11 %) на изменение механических свойств проволоки в процессе многократного волочения

Характеристика катанки				Параметры процесса волочения и свойства проволоки								
размер зерна феррита, балл	$\sigma_{во}$, Н/мм ²	$Y_{\sigma_B} = \frac{\sigma_{во} - \sigma_{то}}{\sigma_{то}}$	Ψ , %	диаметр проволоки по переходам, мм	5,8	4,8	4,0	3,3	2,75	2,3	2,0	
7 5–6	362,6 303,8	0,29 0,62	77,5 75,4	суммарное обжатие $Q_{сум}$, %	20,4	45,5	62,1	74,2	82,1	87,5	90,5	
				$\sigma_{вп}$, Н/мм ²	456,7	569,4	658,6	748,7	782,4	825,2	848,7	
				$Y_{\sigma_B} = \frac{\sigma_{вп} - \sigma_{во}}{\sigma_{во}}$	0,26	0,57	0,82	1,06	1,16	1,28	1,34	
				Ψ , %	72,5	65,2	60,0	56,8	54,5	49,0	48,8	
					18,6	44,3	61,3	73,7	81,7	87,2	90,3	
					388,1	488,0	568,4	626,2	670,3	752,6	755,6	
				0,28	0,61	0,87	1,06	1,21	1,48	1,49		
				64,0	58,6	56,5	51,7	47,9	46,1	42,0		

Дальнейшее диспергирование структуры при многократном волочении сопровождается сохранением уменьшения интенсивности деформационного упрочнения проволоки с повышением дисперсности структуры. Так, снижение показателя Y_{σ_B} увеличивается в 1,08 раза (с 0,28 до 0,26) после первого перехода в маршруте волочения и в 1,11 раза (с 1,49 до 1,34) после $Q_{сум} = 90\%$, что находит свое отражение в динамике уменьшения относительного сужения с ростом суммарного обжатия.

Экспериментальные данные (см. таблицу) свидетельствуют о том, что при волочении ускоренно-охлажденной катанки снижение относительного сужения проволоки после первого перехода составляет 5,0% против 11,4% для горячекатаного металла и 28,7% против 33,4% с увеличением степени деформации до 90%. В результате чего повышается структурная чувствительность относительного сужения холоднодеформированной проволоки: с 2,1% для катанки до 6,8% при суммарном обжатии 90%.

Таким образом, диспергирование структуры при многократном волочении, снижая общий уровень пластичности, сохраняет характерную для термообработанной низкоуглеродистой стали зависимость интенсивности деформационного упрочнения и степени развития шейки от размера зерна феррита, а также повышает структурную чувствительность показателя относительного сужения.

Выводы

1. Повышение общей дефектности структуры в процессе многократного волочения низкоуглеродистой стали сопровождается снижением относительного сужения холоднодеформированной проволоки независимо от начального размера зерна феррита в катанке.
2. Минимизация размеров ячеек и снижение интенсивности деформационного упрочнения с ростом суммарного обжатия обеспечивают для мелкозернистой стали повышенный уровень относительного сужения холоднодеформированной проволоки.
3. Рост склонности к деформационному упрочнению низкоуглеродистой стали с уменьшением дисперсности структуры вызывает дополнительное снижение относительного сужения проволоки при многократном волочении.
4. Многократное волочение с большими суммарными обжатиями усиливает структурную чувствительность относительного сужения низкоуглеродистой стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фетисов, В.П.** Деформационное упрочнение углеродистой стали/ В.П. Фетисов. – М.: Мир, 2005. – 200 с.
2. **Моррисон, В.Б.** Пластичность сплавов со сверхмелким зерном / В.Б. Моррисон, Р.Л. Миллер // Сверхмелкое зерно в металлах. – М.: Металлургия, 1973. – С. 181–205.
3. **Фетисов, В.П.** Исследование локализации пластической деформации при растяжении низкоуглеродистой стали / В.П. Фетисов // Литье и металлургия. – 2023. – № 1. – С. 85–87.

4. **Вигли, Д. А.** Механические свойства материалов при низких температурах / Д. А. Вигли. – М.: Мир, 1974. – 374 с.
5. **Фетисов, В. П.** Структурные аспекты деформационного упрочнения при многократном волочении низкоуглеродистой проволоки / В. П. Фетисов // *Литье и металлургия*. – 2022. – № 2. – С. 44–49.
6. **Гриднев, В. Н.** Прочность и пластичность холоднодеформированной стали / В. Н. Гриднев, В. Г. Гаврилюк, Ю. Я. Мешков. – Киев: Наукова думка, 1974. – 231 с.
7. **Фетисов, В. П.** Локализация пластической деформации при деформировании низкоуглеродистой стали / В. П. Фетисов // *Литье и металлургия*. – 2022. – № 4. – С. 51–54.

REFERENCES

1. **Fetisov V.P.** *Deformacionnoe uprochnenie ughlerodistoj stali* [Carbon steel strain hardening]. Moscow, Mir Publ., 2005, 200 p.
2. **Morrison W.B., Miller R.L.** *Plastichnost' splavov so sverhmelkim zernom* [Ultrafine-Grain metals] Moscow, Metallurgija Publ., 1973, pp. 181–205.
3. **Fetisov V.P.** Issledovanie lokalizacii plasticheskoj deformacii pri rastyazhenii nizekouglerodistoj stali [Investigation of localization of plastic deformation during stretching of low-carbon steel]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2023, no. 1, pp. 85–87.
4. **Wigley D.A.** *Mekhanicheskie svojstva materialov pri nizkih temperaturah* [Mechanical properties of materials at low temperatures] Moscow, Mir Publ., 1974, 374 p.
5. **Fetisov V.P.** Strukturnye aspekty deformacionnogo uprochneniya pri mnogokratnom volochenii nizekouglerodistoj provoloki [Structural aspects of deformation hardening with repeated drawing low carbon wire]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 2, pp. 44–49.
6. **Gridnev V.N., Gavriluk V.G., Meshkov Ju. Ja.** *Prochnost' i plastichnost' holodnodeformirovannoj stali* [Strength and ductility of cold-rolled steel]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1974, 231 p.
7. **Fetisov V.P.** Lokalizaciya plasticheskoj deformacii pri deformirovanii nizekouglerodistoj stali [Localization of plastic deformation during the deformation of low-carbon steel]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 4, pp. 51–54.