

УДК 669.15-194.56:620.186

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-10-293-73-76

В. Ф. Петрова, А. А. Кузнецова

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПРЕССОВАНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ МЕТАЛЛА ТРУБ ИЗ СТАЛИ 08X18H10T

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: tecmat@vstu.ru

Приведены исследования микроструктуры металла труб размером $\varnothing 108 \times 9,0$ мм из стали 08X18H10T, прессование которых осуществлялось с различными скоростями. Определено, что труба, отпрессованная с меньшей скоростью, содержит больше δ -феррита и имеет меньший размер зерна аустенита.

Ключевые слова: скорость прессования, трубы, аустенит, δ -феррит, размер зерна

V. F. Petrova, A. A. Kuznetsova

INFLUENCE OF PRESSING SPEED ON THE MICROSTRUCTURE OF METAL OF 08X18N10T STEEL PIPES

Volgograd State Technical University

The study of the microstructure of the metal of pipes with dimension $\varnothing 108 \times 9,0$ mm made of steel 08X18H10T, pressing of which was carried out at different speeds, is presented. It was determined that the pipe pressed at a lower speed contains more δ -ferrite and has a smaller austenite grain size.

Keywords: pressing speed, pipes, austenite, δ -ferrite, grain size

Сталь 08X18H10T является нержавеющей хромоникелевой сталью, стабилизированной титаном. В настоящее время она нашла широкое распространение в различных отраслях (пищевой, нефтегазовой, атомной и т.д.) благодаря сочетанию хороших прочностных свойств и коррозионной стойкости.

Однако, неоднократно упоминалась проблема получения прочностных свойств горячедеформированных изделий из стали 08X18H10T [1–3].

Так как сталь 08X18H10T относится к сталям аустенитного класса, обеспечить ее упрочнение за счет фазовых превращений не представляется возможным [4]. Широкое распространение получили способы упрочнения, направленные на измельчение зерна аустенита [4–6]. Связано это с тем, что границы зерен препятствуют развитию скольжения и передачи деформации из зерна в зерно. Для этой передачи, на границе – в месте скопления дислокаций, необходимы значительные напряжения для преодоления барьера, или повышение силы нагрузки, при которой деформация начинается и в зернах, имеющих менее благоприятную ориентацию (при повышении касательных напря-

жений) [6]. В работе [6] описана зависимость между размером аустенитных зерен и прочностными свойствами стали 08X18H10T, подчиняющаяся соотношению Холла–Петча.

На микроструктуру стали и, как следствие, ее механические свойства, оказывают влияние параметры деформирования (прессования). Влияние скорости деформации на скорость рекристаллизации рассмотрено в работах [7–11]. В работе подтверждается, что снижение скорости деформации приводит к замедлению скорости рекристаллизации, росту рекристаллизованных зерен и количества двойниковых прослоек [11].

Материалы и методы исследования

Исходные заготовки диаметром 184 мм, изготовленные из стали 08X18H10T подвергались горячему прессованию по режимам, представленным в таблице. Исследовались образцы, вырезанные из горячепрессованных труб размером $\varnothing 108 \times 9,0$ мм. Образец 1 – режим прессования 1; образец 2 – режим прессования 2.

Химический состав использованных для производства труб заготовок из стали 08X18H10T соответствует требованиям ТУ 14-3Р-197.

Параметры прессования труб

Режим прессования	Скорость прессования, мм/с	Температура прессования, °С
Режим № 1	248–256	1151–1162
Режим № 2	189–224	1143–1161

Образцы для проведения исследований подготовлены, в соответствии с требованиями ГОСТ 5639 и ГОСТ 1778, вдоль направления деформирования (т. е. в продольном направлении) и включают всю толщину стенки. Исследования проводились с использованием светового микроскопа «Axiovert 40Mat» при увеличениях 100–300 крат.

Оценка загрязненности металла труб проведена на не травленных микрошлифах при увеличении в соответствии с ГОСТ 1778, метод ШБ (по максимальному баллу).

После образцы были повергнуты электролитическому травлению в 10 % водном растворе щавелевой кислоты.

Оценка величины зерна металла труб проведена в соответствии с ГОСТ 5639 методом сравнения с эталонными шкалами.

Оценка содержания δ -феррита проведена в соответствии с ГОСТ 11878 методом сравнения с эталонной шкалой.

Результаты исследований

При оценке загрязненности металла труб нематаллическими включениями определено, что загрязненность металла нитридами и карбонитридами строчечными не превышает 3,0 балл (рис. 1), нитридами и карбонитридами точечными – 2,0 балл, что соответствует требованиям ТУ (допускается не более 3,5 балла для обоих видов включений).

Микроструктура обоих образцов представляет собой аустенитную матрицу, содержащую некоторое количество δ -феррита, с нитридными и карбонитридными включениями (рис. 2).

Зерно аустенита образца № 1 по всему сечению стенки (вблизи наружной поверхности,

в центре стенки и вблизи внутренней поверхности стенки) соответствует 5–6 номеру. Величина зерна образца № 2 по всему сечению стенки одинакова и находится в пределах 6–7 номера.

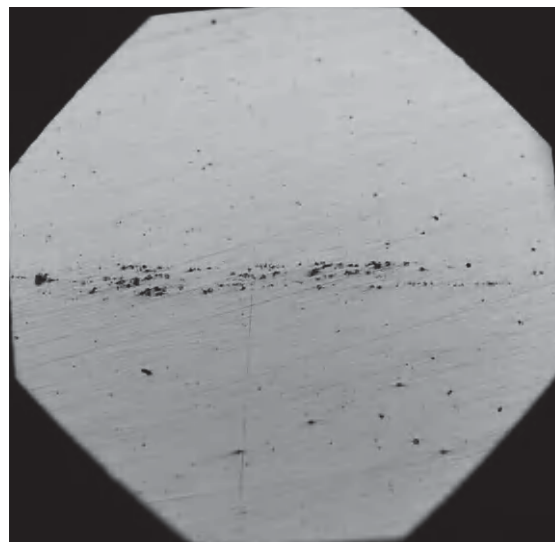


Рис. 1. Нитриды строчечные в металле образца № 1, $\times 100$

Содержание ферритной фазы в образце № 1 соответствует 0,5 баллу, или 1–2 %, в образце № 2 – 1,0 баллу, или 2,5–3,5 % (рис. 3).

В работе [12] показано влияние температуры нагрева и выдержки при ней на изменение содержания ферритной фазы в аустенитной стали. Уменьшение количества связано со снижением стабильности феррита при снижении температуры. Чем ниже температура нагрева и деформирования (также стоит учитывать разогрев металла в процессе деформирования), тем больше разница между энергией аустенитной матрицы и ферритными включениями, из-за чего содержание δ -феррита уменьшается [12, 13].



а



б



в

Рис. 2. Микроструктура металла образца № 1 (а, в, д) и образца № 2 (б, г, е), $\times 100$: а, б – наружная поверхность; в, г – середина стенки; д, е – внутренняя поверхность (см. также с. 75)

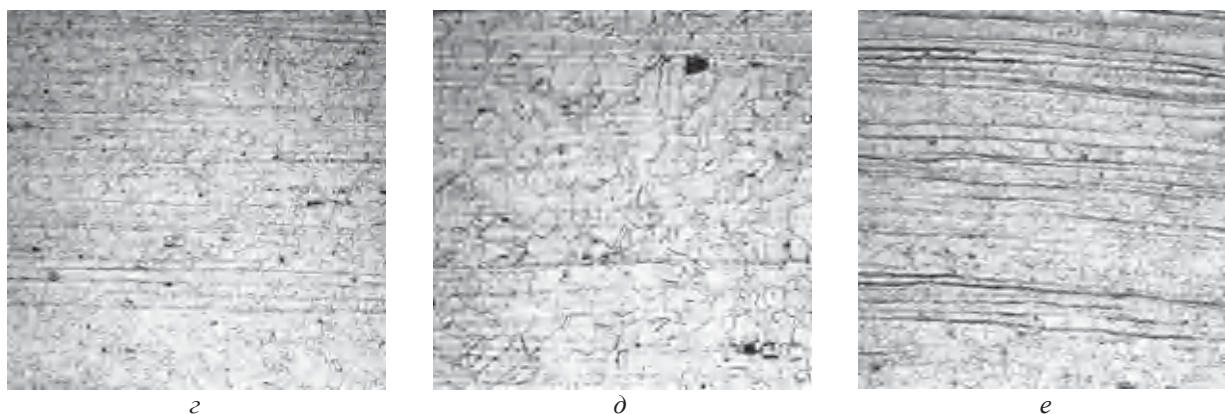
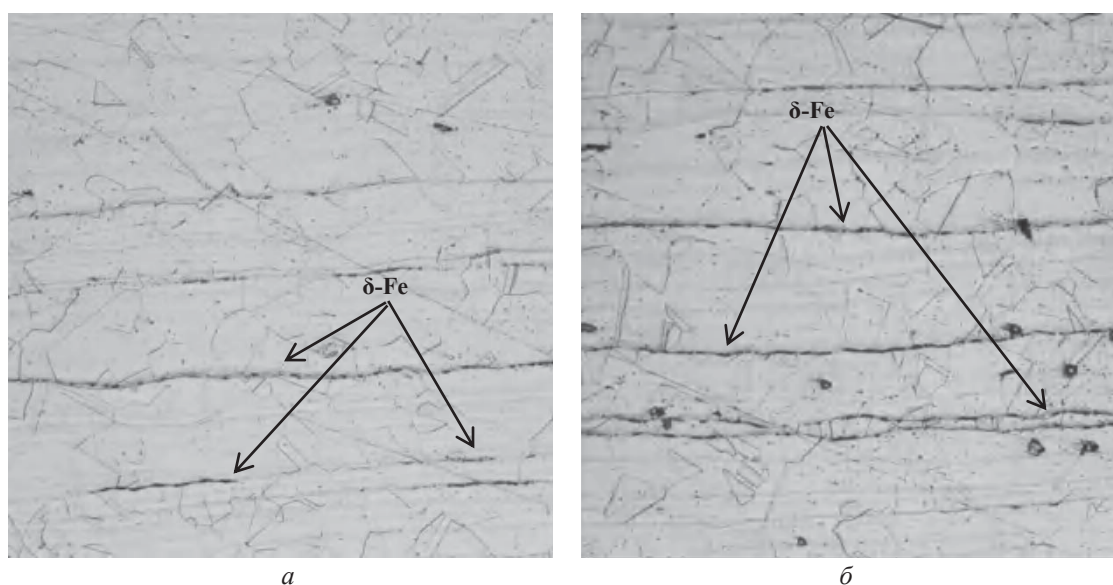


Рис. 2. Окончание

Рис. 3. Ферритная фаза (δ -Fe) в металле образцов № 1 (а) и № 2 (б), $\times 200$

Выводы

С уменьшением скорости прессования труб $\varnothing 108 \times 9,0$ мм из стали 08X18H10T:

– загрязненность металла труб не изменилась;

– содержание δ -феррита увеличилось из-за меньшего разогрева металла в процессе деформирования.

– произошло измельчение размера зерна аустенита (по всей толщине стенки) по сравнению с образцом от трубы, прессование которой осуществлялось с более высокой скоростью. Связано это с изменением скорости рекристаллизации и ростом зерен [11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Järvenpää, A., Jaskari M., Kisko A., et al. Processing and properties of reversion-treated austenitic stainless steels // *Metals*. – 2020. – V.10 (2). DOI: 10.3390/met10020281
2. Ke, R., Wan X.L., Zhang Y.J., Hu C.Y., Wu K.M. The impact of annealing temperature on the microstructure - properties relationship of reversion-induced austenitic stainless steels // *Mater. Sci. Eng.* – 2022. – V. 843. DOI: 10.1016/j.msea.2022.143100.
3. Ke, R., Wan X., Zhang Y., Hu C., Wu K. Insight the pact of pre-deformation on structure - deformation - property relationship in Cr-Mn-N stainless steel // *Mater. Charact.* – 2021. – V. 184. DOI: 10.1016/j.matchar.2021.111689.
4. Сагарадзе, В. В. Упрочнение и свойства аустенитных сталей / В. В. Сагарадзе, А. И. Уваров. – Екатеринбург : РИО УрО РАН, 2013. – 720 с. – ISBN 978-5-7691-2334-4.
5. Ohkubo, N., Miyakusu K., Uematsuand Y., Kimura H. Effect Stable of Alloying Elements on the Austenitic Stainless Steel // *SIJ International*. – 1994. – Volume 34 (9). – pp. 764–772. DOI: 10.2355/isijinternational.34.764.
6. Mirzadeh, H. Superplasticity of fine-grained austenitic stainless steels: A review // *Journal of Ultrafine Grained and Nanostructured Materials*. – 2023. – V. 56 (1). – pp. 27–41. DOI: 10.22059/jufgsm.2023.01.04
7. Sakai, T., Saito Y., Kato K. Recrystallization and Texture Formation in High Speed Hot Rolling of Austenitic Stainless Steel // *Transactions of the Iron and Steel Institute of Ja-*

pan. – 1987. – V. 27 (6). – pp. 520–525. DOI: 10.2355/isijinternational1966.27.520.

8. Gavard, L., Montheillet F., Le Coze J. The Effect of Purity on Dynamic Recrystallization in Austenitic Stainless Steels // Materials Transaction, JIM. – 2000. – V. 41 (1). – pp. 113–115. DOI: 10.2320/matertrans1989.41.113.

9. Němec, J., Kunčická L., Opěla P., Dvořák K. Determining Hot Deformation Behavior and Rheology Laws of Selected Austenitic Stainless Steels // Metals. – 2023. – V. 13 (11). DOI: 10.3390/met13111902.

10. Radionova, L.V., Perevozchikov D.V., Makoveckii A.N., Eremin V.N., Akhmedyanov A.M., Rushchits S.V. Study on the Hot Deformation Behavior of Stainless Steel AISI 321 //

Materials. – 2022. – V. 15 (12). DOI: 10.3390/ma15124057.

11. Jian, H., Zong-xu P., Ji-chun G., Liu-qun F., Jian-ping Z., Dian-dong S., Yong W. Microstructure evolution and constitutive analysis of nuclear grade AISI-316H austenitic stainless steel during thermal deformation // Material Research Express. – V. 10 (11). DOI: 10.1088/2053-1591/ad07cb.

12. Green, G., Higginson R., Hogg S., Spindler S., Hamm C. Analysis of Ferrite Formed in a 321 Grade Austenitic Stainless Steel // Materials Science and Technology. – V.31 (4). DOI: 10.1179/1743284714Y.00000000564.

13. Новиков, И. И. Теория термической обработки металлов : учебник / И. И. Новиков. – Москва : Металлургия, 1986. – 480 с.