

## Розробка оптимальних параметрів виробництва залізничних осей

К.Г. Дьоміна\*, кандидат технічних наук

Т.В. Грицай\*

Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, Дніпропетровськ



*В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення якості та експлуатаційної надійності залізничних осей за рахунок удосконалювання режимів гарячої прокатки заготовок і оптимізації параметрів подальших деформаційної та термічної обробок.*



Поліпшення якості осьових заготовок і удосконалювання процесу їх виготовлення є необхідною умовою підвищення надійності залізничних осей в експлуатації. Мікроструктура осей є одним з факторів забезпечення необхідного їх ресурсу.

Найпоширенішим видом недосконалості мікроструктури деформованих і термічно оброблених виробів є неоднорідність зернової структури по перерізу виробу, що негативно впливає на експлуатаційні властивості виробів і часто призводить до великих економічних витрат [1].

Існуюча технологія виробництва залізничних осей на Дніпровському металургійному комбінаті забезпечує їхню якість відповідно ГОСТ 4728-96 [2]. Технологічний цикл виробництва осей включає нагрів металу в нагрівальних колодязях, прокатування злитків на блюмінгу 1150 на заготовки перерізом 290x290 мм, прокатку їх в обтискній кліті 900 на розмір  $\varnothing$  250 мм, охолодження в неопалюваних колодязях, нагрівання в кільцевій печі, поперечно-гвинтову прокатку на стані 250 і нормалізацію.

Однак ця технологія не гарантує одержання вимог стандарту Асоціації американських залізниць М 101 [3], відповідно до якого структура осей повинна бути однорідною з зерном не крупніше п'ятого номера згідно ASTM E 112 [4]. У зв'язку з цим технологія виготовлення осей згідно цього стандарту передбачає проведення двох нормалізацій. Якщо після таких операцій показники ультразвукового контролю не задовільні, осі піддають додатковій термообробці, що ускладнює технологію і підвищує витрати енергії.

Метою даної роботи було корегування технології виробництва залізничних осей для гарантованого виконання вимог стандартів за структурою з мінімальною кількістю додаткових термообробок.

\* Друга премія ім. А.А. Горшкова

Науковий керівник роботи доктор технічних наук, професор Левченко Г.В.

Дослідження проводили на зразках заготовок і готових осей зі сталі, що містить (% , мас. частка): 0,49 С, 0,85 Мн, 0,21 Si, 0,021 S, 0,019 Р, 0,01 Cr, 0,02 Ni, 0,03 Cu, 0,02 Al. Для відображення повної картини трансформації структури дендритів та зерен зразки відбирали після завершення основних стадій виробництва залізничних осей і вирізали по усьому перерізу: поверхня, чверть товщини (S R) і центр.

У проведений роботі [5] нами було показано, що незважаючи на складність структурних перетворень на всіх стадіях виробництва Дніпровського металургійного комбінату, із усього циклу деформаційних обробок на параметри дендритної структури переважаючий вплив має прокатка злитка на блюмінгу 1150.

У зв'язку з цим запропоновано [6] режим прокатки зливків зі зменшенням кількості проходів (від 15 до 11) і підвищенням обтискування у кожному окремому проході (режим № 1). Це привело до поліпшення пророблюваності осьової заготовки, особливо в центральних шарах: дендритна структура стає більш щільною та рівномірною за перерізом у порівнянні із стандартним режимом № 2 (рис. 1 а).

Результати дослідження також показали, що поліпшення пророблюваності

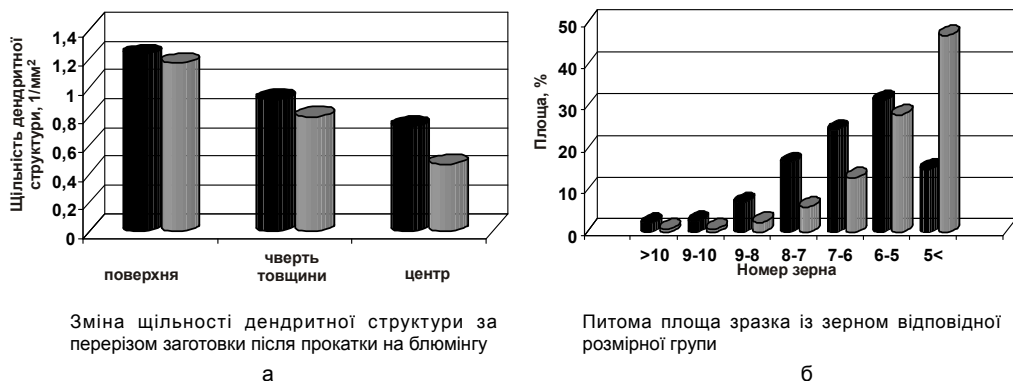


Рис. 1. Вплив дослідного (■) і стандартного (▣) режимів обтиснення на ступінь пророблювання осьової заготовки (а) і структуру нормалізованих осей (б).

заготовок на блюмінгу сприятливо впливає на величину і рівномірність зеренної структури нормалізованих осей. Металографічний аналіз структури зразків залізничних осей показав, що середній розмір зерен перліту металу осей цілком відповідають вимогам стандарту М 101. Однак при прокатці на блюмінгу заготовок за режимом № 1 (11 проходів) кінцева структура нормалізованих осей стає більш дрібнозернистою (середній розмір зерна  $\approx 24$  мкм). В аналогічних зразках від заготовок, прокатаних за стандартним режимом (№ 2), середній розмір зерна  $\approx 40$  мкм.

Запропонований режим № 1 забезпечує одержання більш однорідної структури осі. Основну площу зразка (понад 70 %) складають зерна 5 – 7 номерів. При використанні режиму № 2 основну площу займають зерна крупніші 5 номера (приблизно 50 %), що неприпустимо за стандартом М 101 (рис. 1 б).

Методика подальшого проведення експерименту в лабораторних умовах полягала в наступному. Зразки для дослідження впливу температури і ступеня деформації на структуру осьової сталі відбирали від S R промислових заготовок після уповільненого охолодження (рис. 2). Надалі зразки поштучно поміщали в спеціальний контейнер і нагрівали в печі до температур 1000, 1100, 1140 і 1200 °С і деформували на лабораторному прокатному стані 250 із заданим ступенем деформації (5, 22,5 і 40 %). Після прокатки зразки знову поміщали в контейнер, тим самим забезпечуючи



1000 °С, складала в середньому 58 Дж/см<sup>2</sup>. При цьому структура зламів гарячекатаних зразків близька до структури зламів нормалізованих осей.

Якщо на осепрокатному стані 250 вже в гарячекатаному стані забезпечити структуру сталі із зерном 5 – 6 бала [4], то наступна нормалізація осей у кільцевій печі буде фактично другою.

З метою уточнення температурного інтервалу нормалізації осьової сталі визначили температури критичних точок при нагріванні. Дослідження були проведені на дилатометрі МД-83 конструкції Інституту чорної металургії. Встановлено, що для осьової сталі із вмістом вуглецю 0,50 % і марганцю 0,84 % критичні точки дорівнюють:  $A_{C1} = 732$  °С,  $A_{C3} = 780$  °С.

Зразки перерізом 30x30x250 мм для дослідження впливу режимів нормалізації на структуру осьового металу відбирали від осей після прокатки (рис. 4).

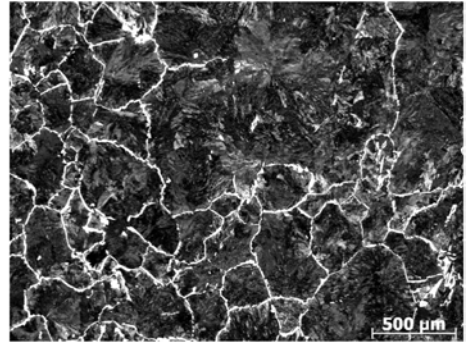
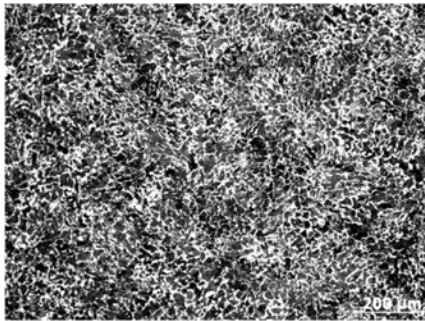


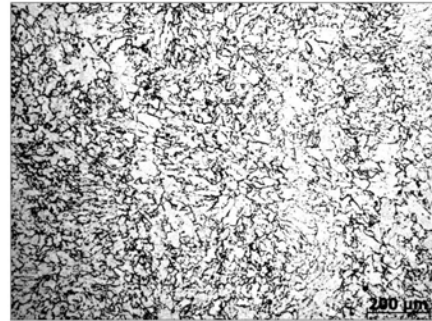
Рис. 4. Вихідна структура зразка осі після прокатки на стані 250.

Нагрівання зразків здійснювали до температур 800 – 970 °С з інтервалом 20 °С. Витримка при температурі нагріву для стабілізації структури складала 15 хв. З метою фіксації аустенітної структури частину зразків охолоджували у воді, а другу частину охолоджували з піччю (з огляду на масштабний фактор моделювали охолодження на повітрі нормалізованої осі).

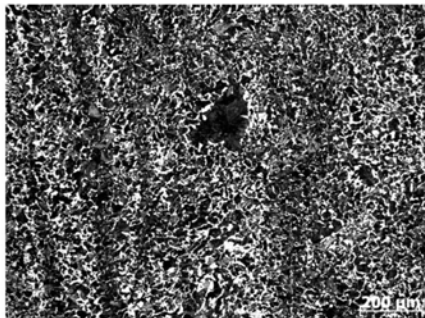
Встановлено, що при температурах нагріву до 870 °С в результаті фазового  $\alpha \rightarrow \gamma$ -перетворення утворюється однорідна структура сталі (рис. 5 а, б), що



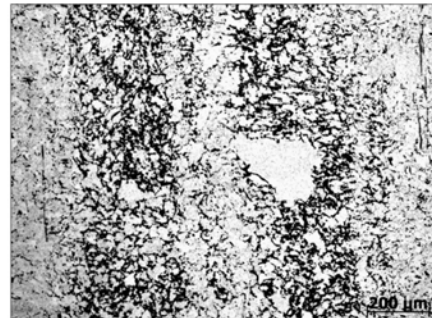
а



б



в



г

Рис. 5. Структура зразків після нормалізації від різних температур: а, б - 820 °С, в, г - 890 °С. а, в – охолодження з піччю, б, г – гартування.

складається з дрібних неправильної форми зерен (як аустенітна, так і ферито-перлітна структури мають схожі розмірні характеристики). Границі зерен звивисті, часто незамкнуті. Іноді усередині контурів зерен розташовуються інші зерна. Середній розмір зерна змінюється незначно (в межах номера зерна 7,0 – 7,5). Ферито-перлітна структура зразків цілком задовольняє вимогам стандарту [3].

При підвищенні температури нагріву до 890 °С в структурі зразків з'являються окремі аномально великі зерна номера 1,5 – 2 і в аустенітній, і у ферито-перлітній структурах. Границі дрібних зерен усередині великого поступово зникають, «розчиняються». Іноді у великих зернах зберігаються окремі дрібні зерна чи ділянки границь колишнього дрібного зерна. Подальше підвищення температури призводить до збільшення розмірів і кількості аномально великих зерен за рахунок подальшого приєднання груп дрібних зерен і утворення нових великих зерен.

При температурі нагріву до 970 °С структура досліджуваних зразків збігається з вихідною структурою. Необхідна структура металу осі може бути забезпечена після проведення нормалізації при температурі 820 – 840 °С.

Додаткове дослідження структури зразків показало, що зниження температури нагріву і прокатки сприятливо позначається не тільки в гарячекатаному стані, але і при наступній нормалізації.

Структура зразків, нагрітих і прокатаних при температурі 1000 °С, а потім нормалізованих, характеризується не тільки дрібнозернистістю (8 – 7 номер зерна [4]), але і більшою однорідністю з мінімальною присутністю зерен крупніше 5-го номера в порівнянні зі структурою нормалізованих зразків, прокатаних при температурі 1200 °С (6 – 7 номер зерна).

З огляду на те, що інтенсивне зростання величини зерен аустеніту починається після нагріву до температур понад 1150 °С, можна очікувати, що зниження температури нагріву заготовок перед прокатуванням до цієї температури призведе до зменшення імовірності появи надмірно великих зерен і нерівноважної голчастої структури в гарячекатаних осях. Це дозволить усунути операцію додаткової нормалізації.

Таким чином, результати досліджень показали, що необхідна структура і властивості залізничних осей згідно вимог стандарту [3] можуть бути забезпечені вже після проведення однієї нормалізації при використанні режимів деформації, що рекомендуються, на блюмінгу, зниженні температури нагрівання заготовок перед прокаткою на стані 250 до 1150 °С і температурі нормалізації 820 – 840 °С.

## Література

1. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пластической деформации. – М.: Металлургия, 1982. – 584 с.
2. ГОСТ 4728–96. Заготовки осевые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм.
3. М 101. Оси из углеродистой термообработанной стали.
4. ASTM E 112. Испытательные методы для определения среднего размера зерна.
5. Левченко Г.В., Ершов С.В., Дёмина Е.Г. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 2. – С. 74 – 76.
6. Левченко Г.В., Ершов С.В., Головки Д.С. // Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. – Вып. 53. – 2008. – С. 189 – 195.
7. ASTM 1382. Стандартная методика определения размера зерна путем использования полуавтоматических и автоматических анализаторов изображения.

Е.Г. Дёмина, Т.В. Грицай

**Разработка оптимальных параметров производства железнодорожных осей**

**Резюме**

В работе решена актуальная научно-техническая задача повышения качества и эксплуатационной надёжности железнодорожных осей за счёт совершенствования режимов горячей прокатки заготовок и оптимизации параметров дальнейших деформационной и термической обработок.

K.G. Dyemina, T.V. Gritsai

**Development of optimum parameters of manufacturing of the railway axes**

**Summary**

The actual scientific and technical problem of improvement of quality and operate reliability of the railway axes is solved due to enhancement of the modes of the billets hot rolling and optimization of the parameters of subsequent deformation and thermal treatment.

***Шановні колеги!***

**Триває передплата на науково-технічний журнал  
«Металознавство та обробка металів» на 2009 р.**

Для регулярного одержання журналу потрібно перерахувати вартість заказаних номерів на розрахунковий рахунок Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України. Вартість одного номера журналу – 15 грн., передплата на рік – 60 грн. з урахуванням ПДВ.

**Розрахунковий рахунок для передплатників,  
спонсорів і рекламодавців:**

*банк УДК в м. Києві, р/р 35226004000379, МФО 820019.*

*Отримувач – ФТІМС НАН України, ЗКПО 05417153,*

*з посиланням на журнал "МОМ".*

Копію документа передплати та відомості про передплатника **просимо надсилати до редакції,** вказавши номер і дату платіжного документа.