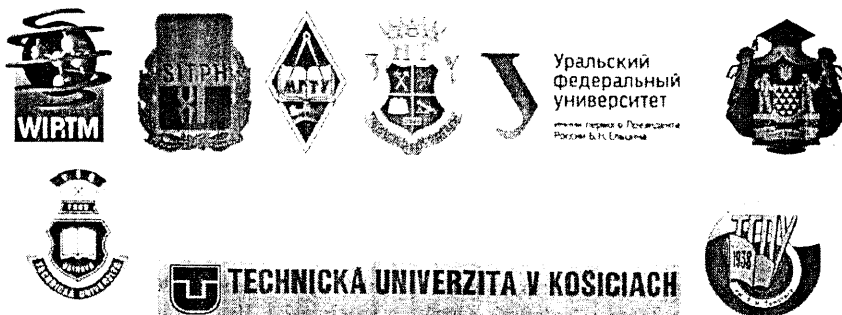


**CZESTOCHOWA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF PRODUCTION ENGINEERING AND MATERIALS
TECHNOLOGY**

Polish Association of Metallurgical Engineers and Technicians
Branch at Czestochowa University of Technology
Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov
Zaporozhye National Technical University
The Ural Federal University named after the first president of Russia B.N. Yeltsin
The National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk
Technical University of Ostrava
Technical University of Košice
Tula State University



**XVI INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
New technologies and achievements in metallurgy,
material engineering and production engineering**

A collective monograph
edited by
Henryk Radomiak, Jarosław Boryca

Series:
Monografie
Nr 48

Częstochowa 2015

CHIEF EDITOR

dr hab. inż. Henryk Radomiak prof. Pcz., dr inż. Jarosław Boryca

SCIENTIFIC COMMITTEE

The Chairman of International Scientific Committee

Dean of Faculty of Production Engineering and Materials Technology

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Stradomski

PROFESSORS:

Ashikhmin G.V., Bala H., Belikov S., Blacha L., Bogatov A.A., Bold T., Budzik R., Chastnikov A.Ya., Chukin M.V., Chygyrynsky V.V., Danchenko V.N., Dobrovska J., Dobrzański L., Dovzhenko N.N., Dubov E.A., Dyja H., Dziłiński K., Fitzner K., Frączek T., Garbarz B., Gun G.S., Guzik E., Hetmańczyk M., Hornak P., Ionov S.M., Ivschenko L., Kamkina L.V., Kashan A., Kawalek A., Klieber J., Knapieński M., Kocańda A., Kodzhapirov G.E., Koksharov V.A., Kolokoltsev V.M., Konopka Z., Korablev V.V., Krivtsova O.N., Kula P., Kulik T., Łabaj J., Major B., Majta J., Malinowski Z., Maltsev V.A., Mashekov S.A., Mazur I.P., Michailov V., Naizabekov A.B., Nitkiewicz Z., Paduch J., Pogodaev A.K., Polyakov P.V., Popovich A.A., Projdak J.S., Radomiak H., Richert M., Romankiewicz F., Romantsev B.A., Rudskoj A.I., Rusz S., Sherkunov A.L., Shestakov V.M., Sidelnikov S.B., Sieniawski J., Siwka J., Smirnov E.N., Stradomski Z., Śmieszek Z., Szwedler A., Telejko T., Teodorczyk A., Tolochko O.V., Vnukov I., Velichko A.G., Wiśniewska-Weinert H., Wysocki J., Yakovlev S.S., Zasadziński J., Zięba P., Zinoviev A.V., Zolotov A.M.

THE ORGANIZING COMMITTEE

dr hab. inż. Henryk Radomiak, prof. PCz. – *Chairman*

dr inż. Tomasz Wyleciał – *vice-chairman*

dr inż. Jarosław Boryca – *secretary*

Members:

Bernadeta Gajda, Marcin Knapieński, Anna Konstanciak, Barbara Kucharska, Małgorzata Łągiewka, Marcin Nabialek, Grażyna Pawłowska, Beata Pośpiech, Ewa Staniewska, Maciej Suliga, Jerzy Wysocki, Monika Zajemska, Andrzej Zyska

REVIEWERS

Banaszek G., Berski Sz., Boryca J., Budzik R., Derda W., Dyja H., Kawalek A., Knapieński M., Koczurkiewicz B., Kolan C., Konstanciak A., Kucharska B., Kulakovska G., Laber K., Mróz J., Mróz S., Pawłowska G., Radomiak H., Rydz D., Staniewska E., Suliga M., Urbaniak D., Wyleciał T., Zawada A., Zyska A.

TECHNICAL EDITORS

mgr inż. Konstanciak S., dr inż. Wyleciał T., dr inż. Boryca J., inż. Matej L.

COVER DESIGN: dr inż. Jarosław Boryca

ISBN 978-83-63989-27-9

ISSN 2391-632X

© Copyright by Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej

Printed in Perfekt Gaul i Wspólnicy Sp. J., ul. Świerzawska 1, 60-321 Poznań

Circulation 250 copies

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЕЛИЧИНЫ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ НА РАЗМЕР ЗЕРНА АУСТЕНИТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND VALUE OF HOT DEFORMATION ON SIZE OF GRAIN AUSTENITE AT MAKING OF RAILWAY WHEELS

*Вакуленко И. *, Перков О. **, Страдомски З. ****

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, кафедра «Технология материалов»; **Институт черной металлургии НАН Украины, отдел Патентных исследований и информации; ***Czestochowa University of Technology, Faculty of Production Engineering and Materials Technology, Institute of Materials Engineering

Abstract

Decrease of temperature deformation metal from 1250 to 1150÷1100 °C will increase its value in the central volumes of rim railway wheel and will promote evenness of structure austenite on his section.

1. Состояние проблемы

Анализ известных экспериментальных исследований микроструктуры стали железнодорожного колеса свидетельствует о зависимости размера зерна аустенита от степени горячей пластической деформации, которая достигается при формировании определенного элемента колеса. В [1, 2] показано, что в центральных объемах обода степень пластической деформации составляет значение на уровне 5÷8%, а поблизости с поверхностью катания – до 50%. Указанная неравномерность деформации приводит к неизбежным различиям в развитии процессов собирательной рекристаллизации аустенита. На основании этого, размер зерна аустенита при температуре обжата 1250°C в центральных объемах обода колеса соответствует 0÷1 баллу, а вблизи с поверхностью катания до 2÷3 баллов за классификацией ГОСТ 5639. Увеличение степени пластической деформации, особенно в центральных объемах обода, приводя к снижению неоднородности аустенитной структуры по его сечению, будет способствовать повышению эксплуатационной безопасности цельнокатаных железнодорожных колес.

2. Материал и методика исследований

Материалом для исследования служили стали марки 60 с содержанием углерода 0,56 и 0,63% фрагментов железнодорожных колес. Температура и степень горячего обжатия изменялись в диапазоне 950÷1150°C и 10÷35% соответственно. Исследование структуры металла осуществляли под световым микроскопом. Размер зерна аустенита определяли используя методики количественной металлографии [3].

3. Результаты и их обсуждение

Для неизменной степени обжатия снижение температуры нагрева сопровождается не только замедлением роста зерна аустенита, но и повышением сопротивления металла деформированию. На основании этого, снижение температуры нагрева заготовки или использование подстуживания металла в интервалах между промежуточными обжатиями при формировании обода колеса позволит повысить степень деформации в его центральных объемах. После подстуживания металл вблизи с поверхностью теплоотвода, имея повышенное сопротивление деформированию, будет подвергаться меньшей деформации. В противоположность этому, более разогретые внутренние объемы металла обода при выполнении условий непрерывности распространения пластической деформации, будут подвергаться обжатиям на большую степень. В результате получим более дисперсную структуру аустенита в центральных объемах обода. Учитывая, что для исследуемых сталей температура начала рекристаллизации (T_p) практически одинакова [4], структурные изменения для двух сталей рассматривали как единый массив данных.

На рис.1 представлен суммарный результат влияния температуры промежуточного подстуживания на размер зерна аустенита (d_A) по двум сталям при формировании обода колес на прокатном стане. Учитывая, что критическая степень деформации для углеродистых сталей составляет значения порядка 6÷10% [4], для обжатия 10%, полученные величины d_A полностью соответствуют условиям развития процессов рекристаллизации. В этом случае в сталях формируется достаточно грубозернистая структура аустенита с высокой степенью неоднородности распределения зерен по размерам. При повышении величины пластической деформации (ε) более 10%, для исследуемого температурного интервала характер изменения d_A остается неизменным.

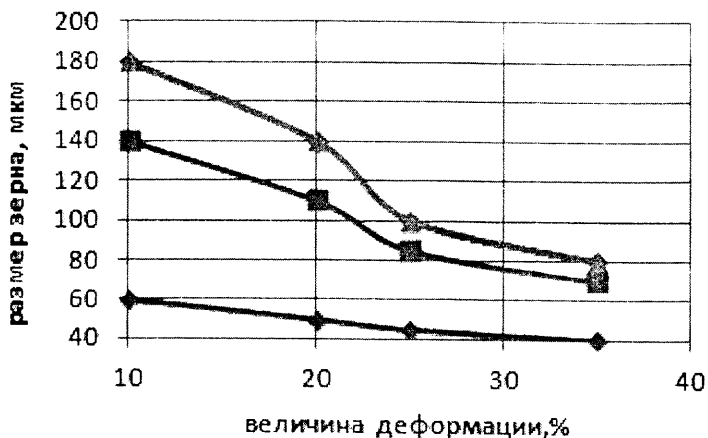


Рис. 1. Влияние температуры (♦ – 950; ■ – 1000; ▲ – 1150°C) величины деформации на размер зерна аустенита при формировании обода колеса.

Наблюдаемые размеры зерна аустенита достаточно близки по абсолютным значениям для аналогичных сталей, обработанных в подобных условиях [1, 2]. Например, для ε равной 20% повышение температуры обжатия углеродистой стали от 950 до 1150°C сопровождается приростом d_A от 50 до 140 мкм соответственно (рис. 1). Аналогичный характер влияния наблюдался и для повышенных степеней и температур деформации. Таким образом, можно считать, что деформация 10% для исследуемых сталей превосходит критическое значение.

Сравнительный анализ изменения d_A свидетельствует, что в условиях отсутствия выдержки металла (после завершения прокатки обода) прирост ε от 10 до 35% при температуре 950°C сопровождается уменьшением d_A на 20 мкм. Для температур деформации 1100 и 1150°C уменьшение d_A достигает 80 и 90 мкм соответственно.

Для оценки одновременного влияния температуры и ε стали на d_A аппроксимируем соотношение $d_A = f(\varepsilon)$ прямой линией. Угловым коэффициентом (k) соотношения позволит оценить степень влияния ε для определенной температуры обжатия. В случае отсутствия выдержки после завершения деформации, для температур 950, 1100 и 1150°C величина k составила значения 0,8; 2,0 и 2,25 $\frac{\text{мкм}}{\%}$ соответственно. Таким образом, повышение температуры обжатия от 950 до 1100°C приводит к росту k в 2,5 раза, а для 1150°C k еще выше. Следовательно, снижение температуры промежуточного обжатия при прокатке позволит диспергировать структуру аустенита в центральных объемах обода. Анализ

изменения d_d для сталей без выдержки после деформации (рис. 1) и после выдержки 1,5 мин (рис.2) показал различия до 30% для обжатия 10% при 950°C.

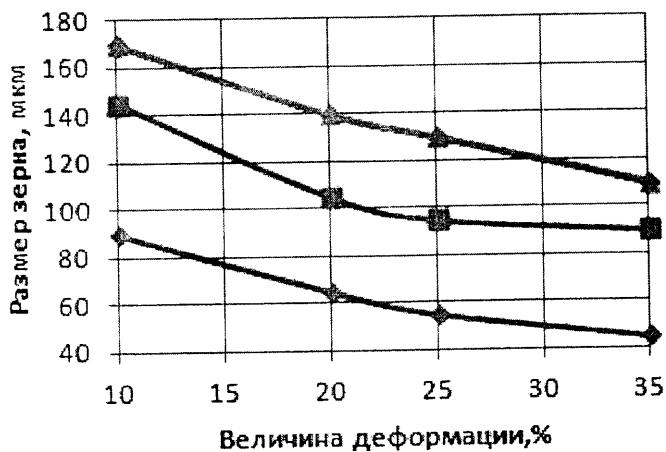


Рис.2. Влияние температуры (♦ – 950; ■ – 1000; ▲ – 1150°C) и величины деформации на размер зерна аустенита после выдержки 1,5 мин по завершению формирования обода колеса.

Таким образом, снижая температуру обжатий от 1250 до 1150°C можно достигнуть определенного прироста деформации в центральных объемах обода и снижения неравномерности структуры по его сечению.

Литература

1. Узлов И.Г., Блажнов Г.А., Андреев Ю.В.: Влияние условий деформирования при прокатке на величину зерна стали цельнокатаных колес. Сб. Термическая обработка металлов, Изд. «Металлургия», Москва 1977, № 5, с. 106÷108.
2. Данченко Н.И., Перков О.Н., Гладкова Т.А.: Зависимость усталостной прочности и ударной вязкости колесной стали от ее структурного состояния. Изд. «Металлургия», Москва 1984, с. 43÷45.
3. Вакуленко І.О.: Структурний аналіз в матеріалознавстві. Вид. «Маковецький», Дніпропетровськ 2010.
4. Дзугутов М.Я.: Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. Изд. «Металлургия», Москва 1977.