

**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., Kodzhasprirov 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

ОЦЕНКА ТЕКСТУРЫ ПРОКАТКИ СТАЛИ ПО СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

ESTIMATION TEXTURE OF ROLLING STEEL ON SPEED OF DISTRIBUTION SONIC VIBRATIONS

*Вакуленко И. *, Надеждин Ю. *, Кнапински М. ***

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, кафедра «Технология материалов», **Czestochowa University of Technology, Faculty of Production Engineering and Materials Technology, Institute of Metal Forming and Safety Engineering

Abstract

On the example of steel X18T1 after cold rolling and annealing influence of grain size ferrite and texture is investigational on speed of distribution sonic vibrations. Character influence of grain size and texture is set on correlation of hardness and speed of distribution sonic vibrations.

1. Состояние проблемы

В настоящее время повышаются требования к точности и скорости оценки характеристик материала, необходимых для своевременной корректировки технологических процессов. Автоматизированные системы управления основаны на использовании неразрушающих методов контроля свойств металлов и сплавов, таких как акустические, акустико-эмиссионные, магнитные и т.д. К акустическим методам оценки свойств металлических материалов относится методика измерения скорости распространения звуковых колебаний (V) [1]. Указанная характеристика обладает достаточной чувствительностью к изменениям морфологии и дисперсности частиц второй фазы, размерам зерна металлической матрицы, наличию субструктуры и т.д. Вместе с этим, сложное суммарное влияние структурных составляющих на величину V указывает на необходимость продолжения исследований, направленных на оценку их отдельного вклада.

2. Материал и методика исследований

Материалом служила листовая сталь типа X18T1 толщиной 1,4 мм, которая относится к полуферритному классу [2]. После холодной прокатки от 20 до 30% следовал отжиг при температуре 750°C. Структуру исследовали под световым микроскопом, размер зерна определяли используя методики количественной металлографии [3]. Искажения

кристаллической решетки второго рода (μ) оценивали с использованием методик рентгеноструктурного анализа. Скорость распространения звуковых колебаний измеряли используя прибор ИСП-12 с частотой прохождения импульсов 1,024 кГц [1]. В качестве характеристики прочности использовалась твердость по методу Бринеля.

3. Результаты и их обсуждение

С увеличением размера зерна феррита твердость стали снижается (рис. 1).

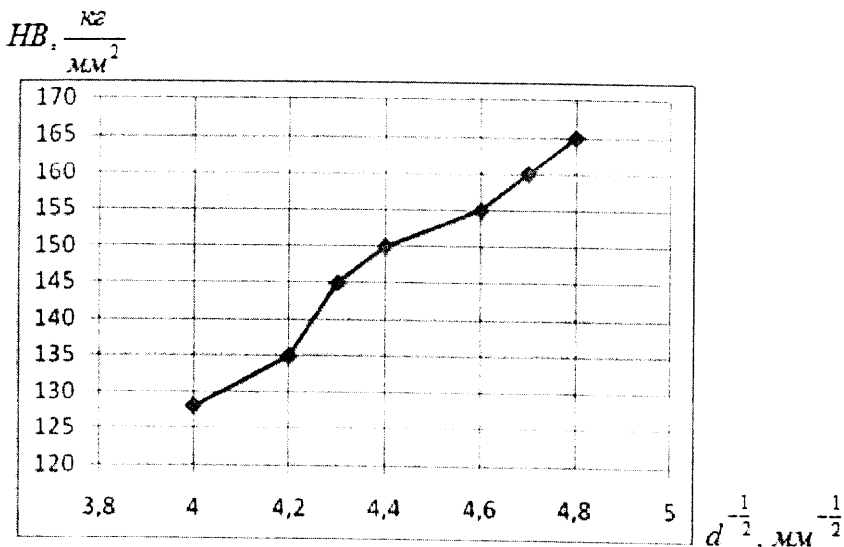


Рис. 1. Зависимость твердости стали от размера зерна феррита

Приведенная зависимость достаточно хорошо описывается уравнением типа Холла-Петча:

$$HB = HB_0 + kd^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

Из анализа зависимости (рис.1) были определены постоянные уравнения (1), которые составили $HB_0 = 8 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$ и $k \approx 45 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^{1,5}}$. Сравнительный анализ постоянных соотношения (1) с известными для большинства сталей показывает, что HB_0 по абсолютным значениям приближается к напряжению трения кристаллической решетки феррита, в то время как k

более, чем на порядок превышает известные величины [4]. Повышенные значения k могут быть связаны с разным напряженным состоянием металла. Так, при измерении твердости под индентором реализуется объемное напряженное состояние в то время, как в большинстве исследований, посвященных анализу диаграмм Холла-Петча, испытания проводились при одноосном растяжении. Известно, что при определенных условиях обработки в структуре указанной стали может присутствовать определенное количество аустенитной фазы [2]. Анализ соотношения μ с твердостью стали и d феррита подтвердил практическое отсутствие влияния аустенитной фазы на характер зависимости твердости от размера зерна феррита.

Зависимость скорости распространения звуковых колебаний в металле от размера зерна (рис. 2) показало сохранение качественного размера зерна и направления прокатки (■ – вдоль и ♦ – поперек прокатки).

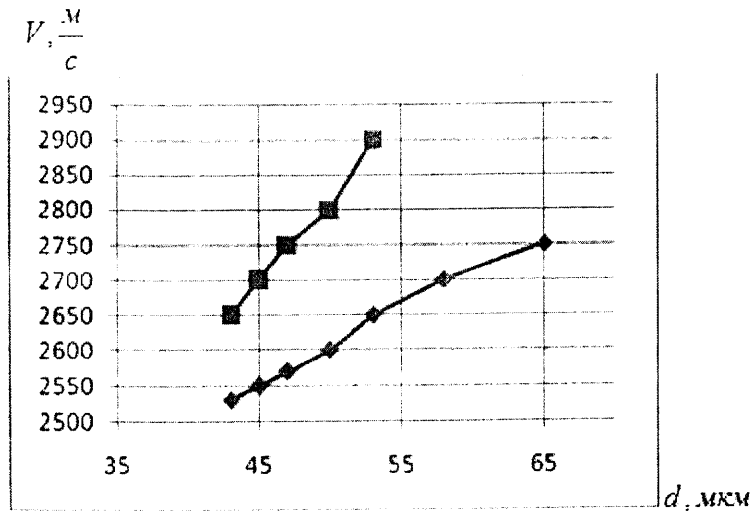


Рис. 2. Зависимость скорости распространения звуковых колебаний от размера зерна и направления прокатки (■ – вдоль и ♦ – поперек прокатки)

влияния текстуры прокатки ($V_{вп}$ и $V_{пп}$ – соответственно вдоль и поперек). В целом, при неизменном характере зависимости от d , влияние текстуры проявляется на абсолютных значениях $V_{вп}$ и $V_{пп}$ и их чувствительности к изменению d . По изменению углового коэффициента ($\alpha = \frac{\Delta V}{\Delta d}$) соотношения (рис. 2) было обнаружено, что для звуковых колебаний вдоль прокатки α_1 примерно в 2,5 раза больше аналогичной характеристики в поперечном направлении (α_2). Действительно, если учитывать, что

с ростом степени холодной пластической деформации происходит прогрессирующий прирост количества центров зарождения рекристаллизованных зерен, вполне закономерным следует ожидать измельчения зеренной структуры феррита при отжиге. С другой стороны, известно, что при снижении величины деформации возрастает вероятность развития процессов полигонизации при последующем нагреве металла [4], которая затрудняет формирование зародышей рекристаллизации. На основании этого влияние текстуры холодной прокатки с ростом d должно проявляться в большей степени.

Воспользовавшись зависимостями $V_{ВП}$ и $V_{ПП}$ от d (рис. 2) осуществили их экстраполяцию до момента, когда $V_{ВП} \approx V_{ПП}$. Выполнение указанного условия соответствует $d = 30 \div 33$ мкм. С целью достижения практически полного отсутствия влияния текстуры прокатки после рекристаллизационного отжига необходимо повысить степень обжатия. В этом случае развитие рекристаллизации приведет к формированию более дисперсной структуры. Осуществив аналогичное построение и экстраполяцию зависимостей $HВ$ от $V_{ВП}$ и $V_{ПП}$ до равенства их значений, получим ожидаемую твердость металла порядка $190 \div 195 \frac{кг}{мм^2}$.

Если нанести указанное значение твердости на экспериментальную зависимость (рис. 1), получим те же $30 \div 33$ мкм ($d^{-\frac{1}{2}} = 5,5 \text{ мм}^{-\frac{1}{2}}$).

Таким образом, для листового холоднокатаного проката использование метода измерения скорости распространения звуковых колебаний позволит определить условия получения металла с определенным соотношением текстурных характеристик.

Литература

1. Муравьев В.В., Ноева М.Р., Шарко А.В.: Исследование процесса распада пересыщенного твердого раствора в алюминиевом сплаве Д16, ФММ, 1978, т. 46, вып. 4, с. 746÷749.
2. Houdremont E.: Handbuch der Sonderstahlkunde, «Springer-Verlag», Berlin 1956.
3. Вакуленко І.О.: Структурний аналіз в матеріалознавстві, Вид. «Маковецький», Дніпропетровськ 2010.
4. Вакуленко І.А., Большаков В.И.: Морфология структуры и деформационное упрочнение стали, Изд. «Маковецкий», Днепропетровск 2008.