

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ ТОСТОЛИСТОВОГО ТРУБНОГО ПРОКАТА

Платов С.И., Масленников К.Б.

МГТУ им. Г.И. Носова, г.Магнитогорск, Российская Федерация, mkb@ausferr.ru

Лобанов М.Л.

УРФУ им. Первого президента России Б.Н. Ельцина, Российская Федерация, m.l.lobanov@urfu.ru

Введение и материальная база

Рост объёма производства толстолистового трубного проката вкупе со сложностью технологического процесса (называемого ТМСР: контролируемая прокатка с последующим ускоренным охлаждением - УО) приводит к потребности раннего прогнозирования потребительских свойств продукции, в связи с чем ООО «ИТЦ Аусферр» (г. Магнитогорск) совместно с МГТУ им. Г.И. Носова и УРФУ разрабатывает соответствующую технологию.

В рамках разработки данной технологии, было проведено исследование микроструктуры образцов, полученных при опытном производстве штрипса в разных режимах ТМСР (Таблица 1). Материалами являлись образцы, малоуглеродистой низколегированной трубной стали типа 06Г2МБ, предназначенной для производства труб большого диаметра классов прочности К60, взятые из центральной области листов. Исследования проводились на половине толщины листа - ~ 13 мм.

Таблица 1 - Режимы опытного производства

№ режима	Температура конца прокатки, °С	Скорость раската в УО, м/с
1	890-910	1,9
2	795-825	1,9
3	795-825	1,0
4	740-760	1,9

Для анализа структурного состояния образцов применялась оптическая металлография, сканирующая электронная микроскопия с использованием ориентационной микроскопии, основанной на дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD). Электронно-микроскопическое исследование структуры проводили на растровом микроскопе Tescan Mira3.

Результаты исследования

Структурно по всем режимам получен преимущественно бейнит с включениями отпущенного мартенсита. На расстоянии от поверхности больше 3 мм в структурах, практически, отсутствовали мартенситные пакеты. Средняя вытянутость зерна (X_{cp}/D_{cp}) составила ~3 по всем режимам. Дисперсность мартенсито-бейнитных микроструктур уменьшается от поверхностной к центральной области листов.

Режим 1 отличается повышенной температурой конца прокатки, вследствие чего до начала УО, судя по всему, начинается процесс рекристаллизации. В этом случае дисперсность микроструктуры увеличивается как в поверхностной, так в центральных областях приблизительно 1,5-1,6 раза. Бейнитная структура представлена относительно крупными неравноосными кристаллитами. Некоторые данные по размерам зерна на рисунке 1.

Режимы 2 и 3 отличаются более низкой температурой конца прокатки и разной интенсивностью УО. При более интенсивном охлаждении (режим 3) дисперсность микроструктуры увеличивается как в поверхностной, так в центральных областях приблизительно на 5 %. Режим 2 даёт большую однородность, но и, в среднем, несколько больший размер зерна (рис. 1).

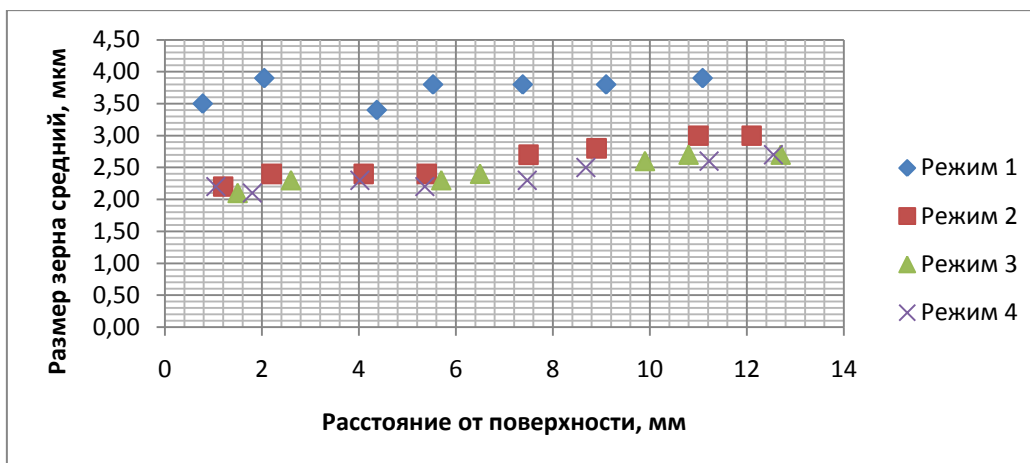


Рисунок 1 - Размер зерна по толщине листа после ТМСП

Режим 4 отличается пониженной температурой конца прокатки, вследствие чего в разных слоях листа фиксировались протяженные ферритные области с вытянутыми в направлении прокатки границами. Судя по всему, это результат изотермической прокатки в температурах, близких к температуре равновесного фазового $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения.

Список литературы

1. Урцев, В.Н. Формирование структуры и механических свойств сталей / В.Н. Урцев, В.Ф. Рашников, А.А. Морозов, А.В. Капцан, М.Ф. Сафронов, Ю.Н. Горностырев, В.Л. Корнилов – Магнитогорск, 1998. – 160 с.
2. Lobanov M.L. Texture Inheritance on Phase Transition in Low-Carbon, Low-Alloy Pipe Steel after Thermomechanical Controlled Processing / M.L. Lobanov, M.D. Borodina, S.V. Danilov – Steel in Translation, 2017, V. 47. – P. 710–716.
3. Лобанов М.Л. Влияние скорости охлаждения на структуру низкоуглеродистой низколегированной стали после контролируемой термомеханической обработки / М.Л. Лобанов, М.Л. Краснов, В.Н. Урцев, С.В. Данилов, В.И. Пастухов – МиТОМ, 2019, № 1. – С. 31–36.
4. Гервасьев А.М. Влияние микроструктуры и текстуры на трещиностойкость высокопрочных сталей для магистральных газопроводов нового поколения. Диссертационная работа на соискание степени кандидата технических наук / А. М. Гервасьев – М.: Издательство Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2011. – 127 с.
5. Кичкина А.А. Влияние структурной анизотропии ферритно-бейнитной трубной стали на механические свойства при испытаниях на растяжение и ударный изгиб / А.А. Кичкина, М. Ю. Матросов, Л.И. Эфрон и др. – Metallurg, 2010, № 12. – С. 33–39.
6. Штремель М.А. Прочность сплавов. Ч II. Деформация. – М.: Издательство МИСИС, 1997. – 527 с.
7. Bae J.H. Study of Texture Development and Anisotropy of Mechanical Properties of API-X80 Line Pipe Steel for Spiral-Welded Pipe / J.H. Bae, S.-H. Choi, K.S. Kim, K.B. Kang Int. – Conf. on Textures of Materials: Proc. of the 14th Int. Conf. Leuven, Belgium, 2005. – P. 531–536.
8. Ray R. K. Transformation textures in steels. International Materials / R.K. Ray, J.J. Jonas – Reviews, 1990, V. 35. – P. 1–36.
9. Pyshmintsev I.Y. Effect of Bainite Crystallographic Texture on Failure of Pipe Steel Sheets Made by Controlled Thermomechanical Treatment / I.Y. Pyshmintsev, A.O. Struin, A.M. Gervasyev, M.L. Lobanov, G.M. Rusakov, et al. – Metallurgist, 2016, V. 60. – P. 405–412.
10. Krasnov M.L. The effect of accelerated cooling on the structure of pipe steels for thermomechanical controlled processing / M.L. Krasnov, S.I. Platov, V.N. Urtsev, S.V. Danilov, V.I. Pastukhov, M.L. Lobanov – Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2018) AIP Conf. Proc., 2018.