

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУР И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ*

А.И. Гордиенко, Ю.И. Почивалов, И.В. Власов, И.П. Мишин

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Исследовано влияние продольной и поперечно-винтовой прокатки на формирование микроструктур, механические характеристики и хладостойкость низкоуглеродистой стали класса прочности К60. Показано, что формирование вытянутой дисперсной структуры стали после продольной прокатки с высокой долей малоугловых границ зерен и кристаллографической текстурой, близкой к $\{001\}\langle 110 \rangle$, приводит к значительному повышению микротвердости, прочностных характеристик стали ($\sigma_b = 1050$ МПа), но к снижению пластичности, ударной вязкости разрушения ($KCV^{-70^\circ\text{C}} = 25$ Дж/см²) и хладостойкости стали. Дополнительный отпуск стали после продольной прокатки способствует снижению микротвердости и прочностных свойств ($\sigma_b = 900$ МПа), но улучшению пластичности стали (до $\epsilon = 15\%$) и ударной вязкости разрушения ($KCV^{-70^\circ\text{C}} = 195$ Дж/см²). Применение поперечно-винтовой прокатки позволяет сохранить высокий уровень ударной вязкости разрушения при отрицательных температурах испытаний ($KCV^{-70^\circ\text{C}} = 260$ Дж/см²) за счет формирования равноосной, дисперсной структуры ($d = 3.3$ мкм) с малыми долей и размерами перлитных зерен, более однородным распределением структурных составляющих и аксиальной текстурой $\langle 110 \rangle$.

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, продольная прокатка, поперечно-винтовая прокатка, микроструктура, текстура, прочность, ударная вязкость разрушения, микромеханизмы разрушения.

Введение

Термомеханическая обработка (ТМО) позволяет существенно изменять структурно-фазовое состояние и механические свойства материалов. Особое значение ТМО имеет при получении изделий из низкоуглеродистых, малолегированных сталей, широко применяемых в нефтегазовой, судостроительной и строительной сферах. В зависимости от способа и степени деформации, температурных режимов прокатки возможно получение повышенного уровня прочностных характеристик стали [1–5]. Однако одновременно с повышением прочности не всегда удается получить удовлетворительную пластичность и ударную вязкость разрушения. Поэтому задача исследователей сводится к оптимизации режимов ТМО для получения требуемого сочетания прочностных характеристик, вязкости разрушения и хладостойкости.

Традиционным и наиболее распространенным способом обработки является продольная прокатка (ПП), при которой валки вращаются в противоположных направлениях и расположены параллельно друг другу. При поперечно-винтовой прокатке (ПВП) на трехвалковых станах изделие в процессе прокатки получает и вращательное, и поступательное движение [6–8]. В силу особенностей напряженно-деформированного состояния при вращательном движении заготовки в поверхностных слоях реализуется интенсивная сдвиговая деформация. Поэтому эффект измельчения структуры при поперечно-винтовой прокатке достигается с существенно меньшими усилиями, чем при продольной прокатке. Было показано, что при сопоставимых обжатиях уровень энергосиловых параметров при ПВП может быть в 12–15 раз ниже, чем при ПП [6]. Помимо этого, высокие сдвиговые деформации сопровождаются разогревом металла (до 100–150 °С), что позволяет оптимизировать температурный интервал и исключить промежуточные подогревы [6]. В работе [9] отмечали, что заготовки после поперечно-винтовой прокатки по механическим свойствам превосходят аналогичную продукцию, полученную с использованием продольной прокатки. Однако детального сравнительного анализа структур и механических свойств низкоуглеродистых сталей, полученных при реализации разных вариантов прокатки, не было проведено. В связи с этим цель настоящей работы – изучение влияния продольной и поперечно-винтовой прокатки на особенности формирования микроструктур и механические свойства низкоуглеродистой стали класса прочности К60.

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН (проект FWRW-2021-0009).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>