

УДК 669.15-194:621.77

Власов В.Т.*

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОКАТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Исследовано влияния температурно-деформационных параметров прокатки и последующей термической обработки на микроструктуру стали 12ХНЗМД. Установлено, что дополнительное улучшение после закалки с прокатного нагрева способствует получению более мелкого зерна по сравнению с отпущенным состоянием.

Одним из современных способов достижения требуемого комплекса свойств является контролируемая прокатка сталей легированных различными элементами. По данной проблеме выполнено значительное число экспериментальных и теоретических работ, однако, в литературе слабо освещены материалы по среднеуглеродистым высоколегированным сталям.

Анализ технологических процессов контролируемой прокатки на существующих прокатных станах показал, что без проведения предварительных исследований процессов структурообразования и формирования свойств горячекатаной стали, невозможно заранее определить температурно-деформационные параметры прокатки и условия последеформационного охлаждения, обеспечивающие получение на конкретной марке стали и виде проката заданный комплекс свойств. Поэтому разработка рациональной технологии прокатки с контролируемыми режимами является актуальной задачей для сталей, содержащих дефицитные микролегирующие добавки [1].

На существующих толстолистовых станах температура конца прокатки высоколегированных конструкционных сталей, как правило, составляет 1050...950 °С. Охлаждение на воздухе от таких высоких температур конца прокатки приводит к росту зерна и снижению механических свойств металлопроката, что вызывает необходимость проведения термической обработки.

В настоящее время, в целях дальнейшего повышения уровня механических свойств толстых листов, на мощных толстолистовых станах наблюдается тенденция к использованию более жестких режимов контролируемой прокатки с окончанием деформации в нижней части аустенитной и в двухфазной областях с последующим проведением закалки с прокатного нагрева и высокого отпуска [2, 3].

Цель данной работы – изучение влияния температурно-деформационных параметров прокатки на микроструктуру стали марки 12ХНЗМД.

Исследование проводили на ступенчатых образцах вырезанных из горячекатаного листа промышленного изготовления, толщина ступеней при этом составляла 13,6; 15; 18 и 20 мм. Образцы под прокатку нагревали до 1250 °С, выдерживали 1 час, затем подстуживали на воздухе до 1050, 1000, 950, 900, 850 °С и прокатывали за один проход при этих температурах на лабораторном стане 300 на пластины толщиной 12,5 мм со степенями деформации $\epsilon = 8; 17; 30$ и 38 %. После прокатки часть пластин закалывали в воде с температуры конца прокатки, а часть охлаждали на воздухе. Затем охлажденные на воздухе пластины подвергали улучшению: закалке в воде с температуры 890 ± 10 °С с последующим высоким отпуском при температуре 590 ± 10 °С. Часть закаленных пластин подвергали аналогичной термической обработке, а часть – только высокому отпуску при температуре 590 ± 10 °С.

На рисунке 1 представлена пространственная диаграмма, характеризующая зависимость величины зерна аустенита исследуемой стали от температуры и степени деформации после закалки с прокатного нагрева и последующего высокого отпуска.

*ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

Из приведенных данных видно, что с повышением температуры конца прокатки при малых степенях деформации (8...17 %) наблюдается рост зерна аустенита. Наиболее крупное зерно получено при температуре прокатки 900...950 °С со степенью деформации 8 %.

Первые признаки рекристаллизации, фиксируемые появлением по границам крупного зерна мелких зерен («зернограничный эффект») при температуре 850 °С наблюдается при степени деформации 30 %.

Повышение температуры деформации до 900 °С сдвигает начало рекристаллизации в сторону меньших обжатий. «Зернограничный эффект» при этой температуре наблюдается уже после 17 % – деформации.

С увеличением степени деформации количество рекристаллизованных зерен возрастает, но рекристаллизация до конца не протекает. Прокатка при 1000 °С приводит к началу рекристаллизации уже с минимальной степенью деформации (8 %).

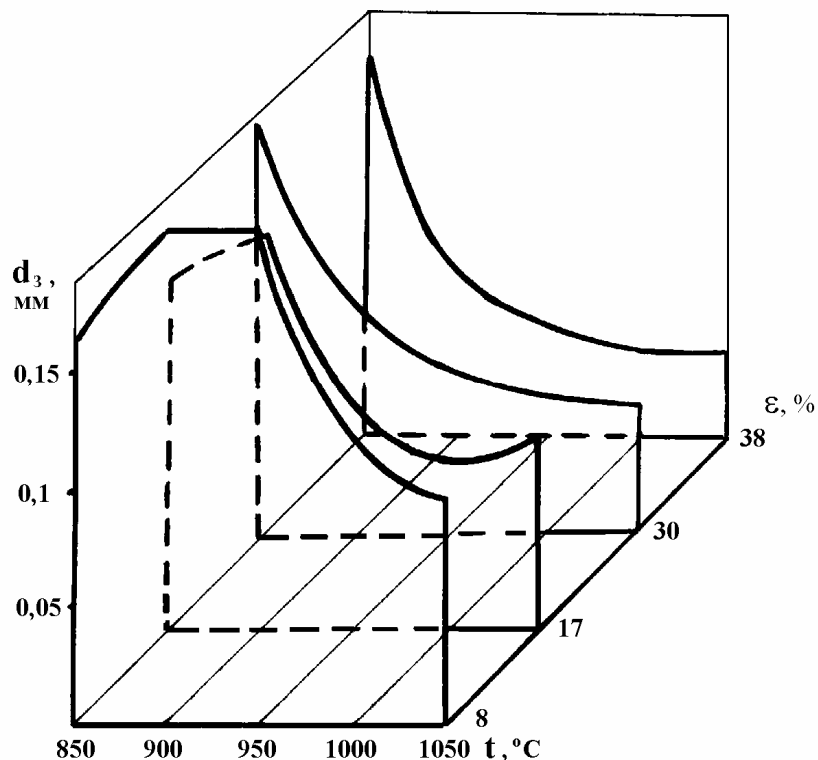


Рис. 1 – Зависимость величины зерна от температурно-деформационных параметров после закалки с прокатного нагрева и последующего высокого отпуска

Дальнейшее повышение степени деформации до 38 % способствует получению полностью рекристаллизованной структуры.

Прокатка при 1050 °С позволяет существенно изменить зерно после 17 % деформации (5 балл – 0,064 мм), но однородности по величине зерна еще не наблюдается (рис. 2а). И только 30 %-ная деформация приводит к полной рекристаллизации и выравниванию аустенитного зерна по его величине. При 38 %-ной деформации большинство зерен имеет равноосную форму (рис. 2б).

На рисунке 3 приведена диаграмма характеризующая влияние температурно-деформационных параметров на величину зерна аустенита проб, закаленных с прокатного нагрева в воде и затем подвергнутых улучшению. Анализ данных показал, что дополнительное улучшение после закалки с прокатного нагрева способствует получению более мелкого зерна, по сравнению с отпущенным состоянием.

После прокатки при температуре 850...900 °С со степенью деформации 8...17 %, наряду с крупным зерном (3...4 балл), наблюдается и мелкое зерно (7...8 балл). При этом с увеличением степени деформации однородность структуры возрастает. Более однородная структура с зерном 6...8 баллов после улучшения получена для металла, прокатанного при 950...1050 °С со степенью деформации 17...38 %.

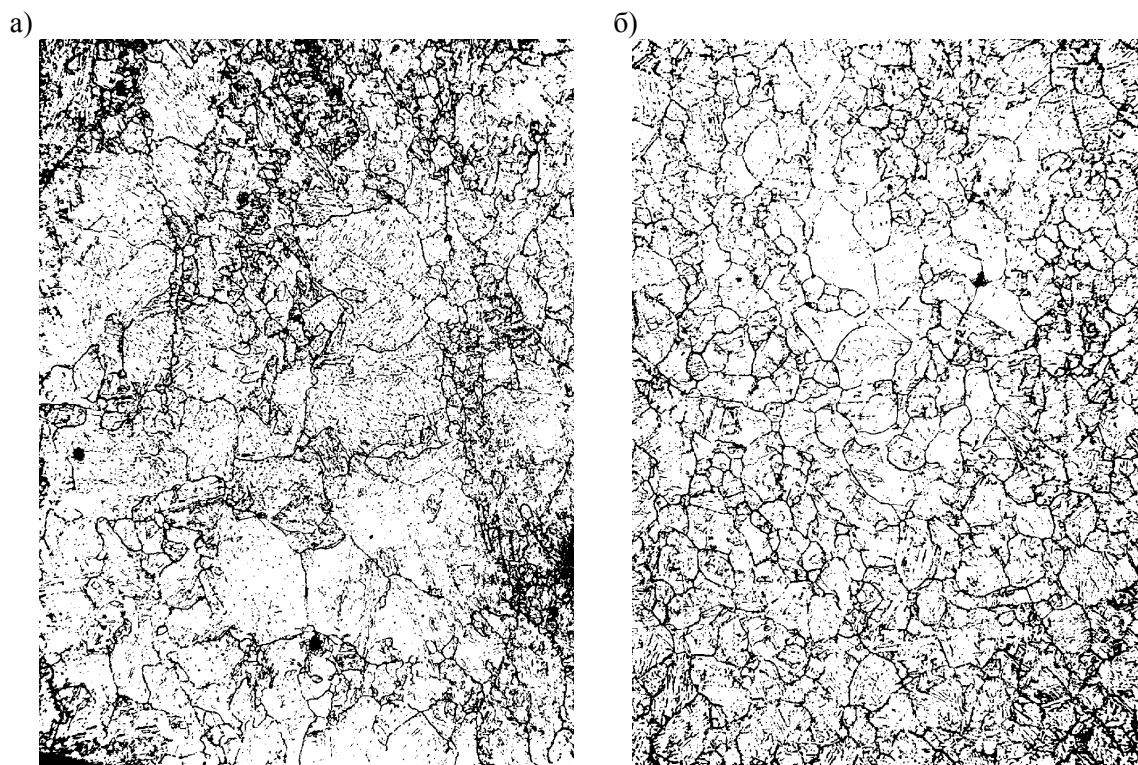


Рис. 2 – Микроструктура стали 12ХНЗМД после деформации при: а) $t = 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\varepsilon = 17 \%$, $\times 100$; б) $t = 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\varepsilon = 38 \%$, $\times 100$

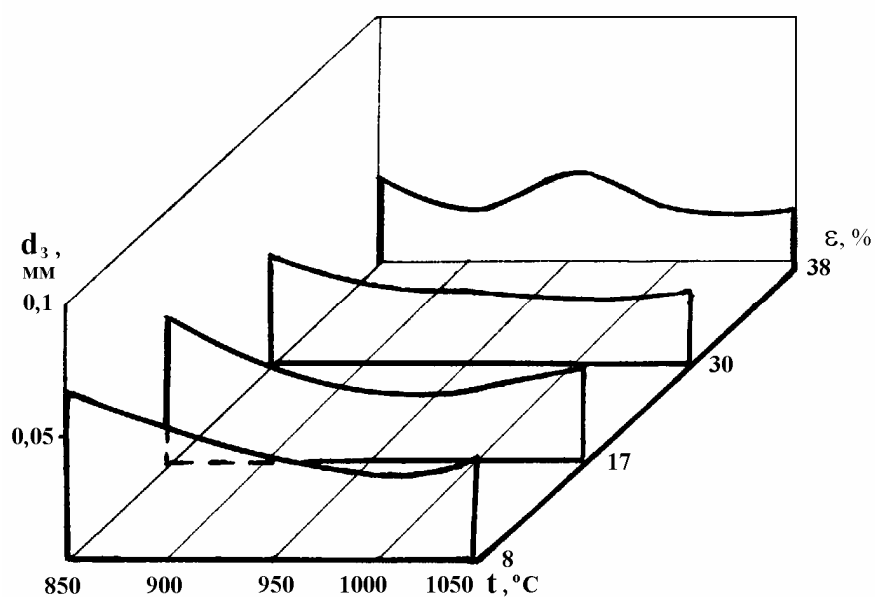


Рис. 3 – Зависимость величины зерна от температурно-деформационных параметров после заковки с прокатного нагрева и последующего улучшения

Примерно такая же картина изменения зерна наблюдается и после охлаждения прокатанного металла на воздухе с последующим улучшением, что соответствует действующей технологии производства (рис. 4).

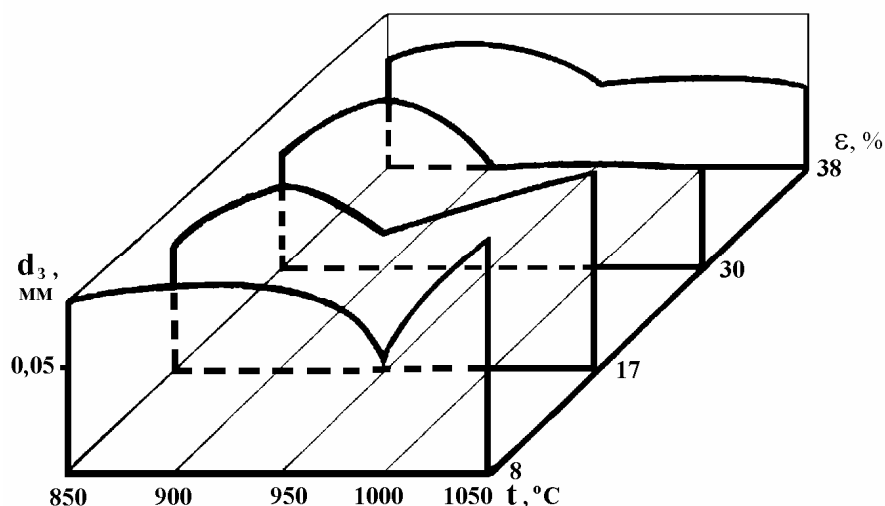


Рис. 4 – Зависимость величины зерна от температурно-деформационных параметров после охлаждения на воздухе и последующего улучшения

В данном случае необходимо отметить несколько большую величину зерна у стали, охлажденной на воздухе, по сравнению с закаленной в воде во всем интервале исследуемых температур прокатки, что связано с развитием при охлаждении на воздухе собирательной рекристаллизации.

Выполненные результаты исследований использованы при разработке и внедрении технологии производства листов из высоколегированных сталей на толстолистовых станах.

Выводы

1. Последующее улучшение, как после закалки с прокатного нагрева, так и после охлаждения прокатанного металла на воздухе, способствует получению более мелкозернистой микроструктуры, по сравнению с отпущенным состоянием.
2. Наиболее однородная структура с зерном 6...8 балла получена после прокатки при $t = 950$ °C с $\varepsilon = 17...30$ % и $t = 1000...1050$ °C с $\varepsilon = 17...38$ %, последующей закалки и улучшения.
3. Применение после прокатки при $t = 950...1050$ °C с $\varepsilon = 17...38$ % охлаждения на воздухе и последующего улучшения позволило получить мелкозернистую структуру, хотя и с несколько большим (на 10...20 %) размером зерна, по сравнению с закалкой с прокатного нагрева и улучшения.

Перечень ссылок

1. Повышение качества толстых листов / Ф.Е. Долженков, Ю.В. Коновалов, В.Г. Носов и др. – М.: Металлургия, 1984. – 246 с.
2. Металловедческие основы получения хладостойких трубных сталей путем высокотемпературной контролируемой прокатки / Л.И. Эфрон, В.И. Ильинский, А.В. Голованов и др. // Сталь. – 2003. – № 6. – С. 69 – 72.
3. Стиваков В.И. Исследование влияния химического состава и режимов охлаждения листов из стали 10Г2ФБ на характер структурообразования / В.И. Стиваков, Э.А. Орлов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. – № 6. – С. 49 – 51.

Рецензент: М.А. Шумилов
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 06.11.2007