

УДК 669.15`26–194+539/551

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПОВТОРНОЙ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ ФЕРРИТНОЙ СТАЛИ 08Х18Т1

Д.В. Шабуров (1), А.В. Панов (2), Д.А. Мирзаев (2), И.Л. Яковлева (3)
e-mail: dshaburov@itc.mechel.com (1), apanov@74.ru (2)

(1) ОАО «Мечел», г. Челябинск, Россия

(2) Южно–Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

(3) Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Статья поступила 4 мая 2004 г.

В настоящее время ферритные хромистые стали находят все большее применение в качестве заменителей нержавеющей сталей аустенитного класса типа 18...10 благодаря своей коррозионной стойкости и сравнительно низкой стоимости. Однако сдерживающим фактором в распространении сталей ферритного класса является сравнительно низкий уровень механических свойств, особенно, ударной вязкости при температурах ниже 100 °С. Одним из эффективных способов повышения ударной вязкости является прокатка с регламентированными значениями температуры и степени деформации во времени.

Целью настоящей работы является подбор оптимальных температурно–временных параметров горячей прокатки для получения повышенных значений механических свойств.

Введение

Ферритные хромистые стали типа 12Х17, 08Х18Т1, 15Х25 и др. склонны к охрупчиванию на некоторых технологических этапах их производства, а также при сварке [1]. Причинами охрупчивания являются рост зерна при высокотемпературном нагреве, повышенное содержание примесей внедрения (С, N, O) [2], образование сегрегаций примесей на границах зерна [3], а также процессы расслоения α -фазы при выдержке в районе температур 420...500 °С [4].

Однако существует специфический, не достаточно ясный, механизм охрупчивания при горячей прокатке в условиях, когда разупрочнение в ходе деформации обусловлено не рекристаллизацией, а динамическим возвратом, приводящим к формированию субструктуры [5]. Безусловно, что рекристаллизация остается основным конкурирующим процессом.

В работах [5–7] было изучено влияние температурного режима прокатки на ударную вязкость сталей (04...15)Х18Т и (04...15)Х25Т с различным содержанием углерода. Скорость деформации составляла 45 с^{–1}, температура нагрева под прокатку варьировалась от 900 °С до 1200 °С. Было показано, что в случае прокатки с высокой степенью деформации в последних пропусках (не менее 35...40 % за проход) температурный интервал прокатки может быть условно разделен на два участка — прокатка с температур 900...1050 °С обеспечивала высокие значения ударной вязкости, в то время как прокатка в диапазоне температур 1100...1200 °С приводила к резкому снижению величины ударной вязкости.

Интересно, что листы стали 08Х18Т1, прокатанные с температур 900...1050 °С имеют, в основном, рекристаллизованную структуру, а структура проката начинавшегося при температурах

1100...1200 °С, в основном, оказывалась полигонизованной, хотя встречались и отдельные участки, испытавшие рекристаллизацию.

Безусловно, сама по себе субзеренная структура не может быть причиной охрупчивания. По-видимому, на этих субграницах происходило выделение частиц карбидной фазы, что наряду с крупным зерном и привело к эффекту охрупчивания. Все же эти результаты не дают ясного понимания эффектов охрупчивания. Для того, чтобы расширить информацию об эффектах охрупчивания и разработать технологические приемы ее устранения нами были поставлены эксперименты, в которых при первой высокотемпературной прокатке, начинающейся при ~1300 °С и заканчивающейся при температуре не ниже 800 °С намеренно было получено охрупченное состояние.

Далее подкат был охлажден до комнатной температуры, разделен на несколько частей, а затем проведена повторная горячая прокатка при температурах 800, 900, 1000 и 1100 °С с различными степенями деформации (как было описано выше). Цель исследования заключалась в том, чтобы установить возможное влияние степени деформации и температуры на устранение хрупкости.

1. Материал и методика исследования

Работа проводилась на металле, выплавленном на ОАО «Мечел». От листа толщиной 20 мм, была отобрана поперечная проба шириной 170 мм. Затем пробу разрезали на заготовки 170×60 мм. На фрезерном станке были изготовлены ступенчатые образцы с толщинами 10, 14 и 20 мм по длине заготовки (рис. 1).

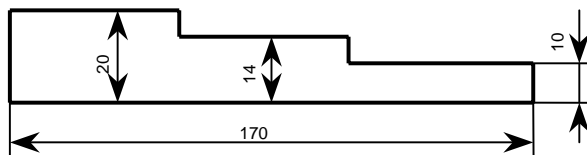


Рис. 1. Эскиз ступенчатого образца

Образцы были прокатаны на опытно-промышленном стане «250» до толщины 7 мм в один проход. Температуры нагрева под прокатку составляли соответственно 800, 900, 1000 и 1100 °С. В каждой серии (при определенной температуре нагрева под прокатку) прокатанные образцы закаливались в воду после выдержки на рольганге: 1 с (непосредственно после прокатки), 5 с, 10 с, 30 с и 60 с.

На прокатанных образцах определялась ударная вязкость, твердость, оценивалась микроструктура при различных степенях деформации: 35, 50 и 65 %.

2. Результаты исследования и их обсуждение

Графики зависимости ударной вязкости от температуры для каждой степени деформации представлены на рис. 2.

Зависимости твердости образцов, прокатанных с разными степенями деформации, приведены на рис. 3. Видно, что твердость снижается с повышением температуры прокатки. Влияние длительности паузы на твердость проявляется незакономерно. Но в случае 1100 °С при умеренно малой степени деформации (35 %) твердость после паузы в 30 с выше, чем паузы в 2 с. А в случае степени деформации 65 % — ситуация противоположная.

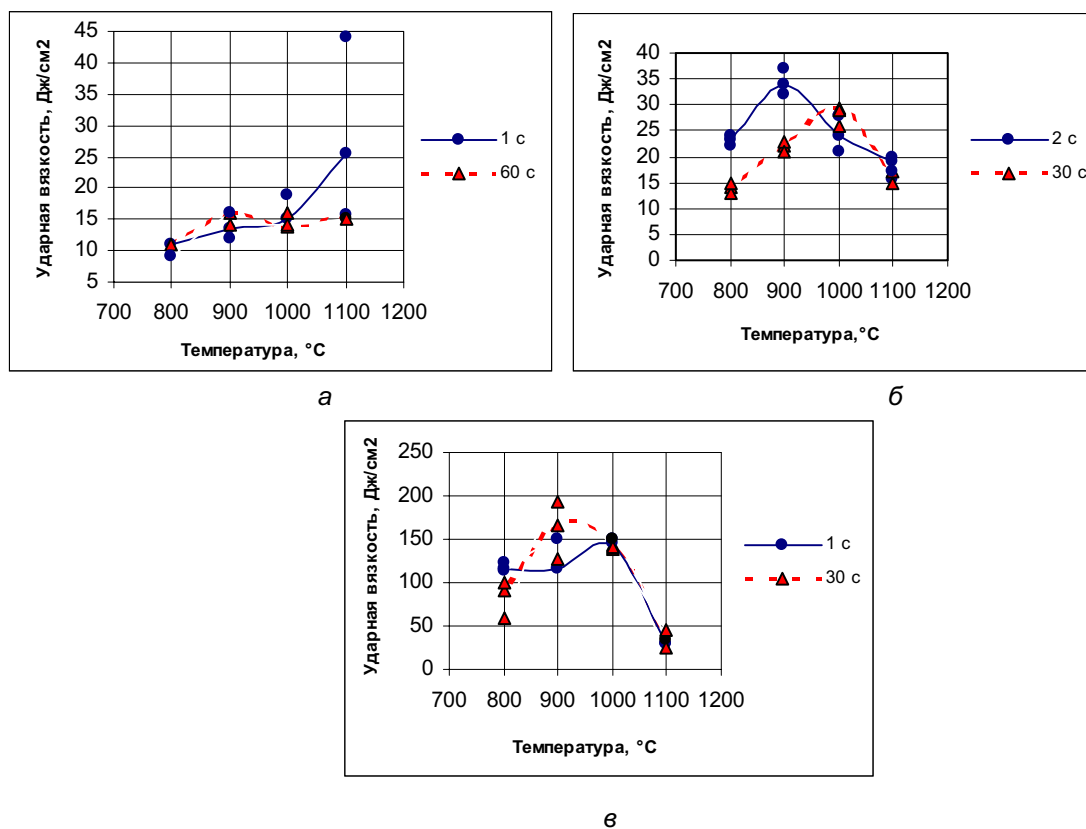


Рис. 2. Графики зависимости ударной вязкости от температуры прокатки: степень деформации:

а — 35 %; б — 50 %; в — 65 %

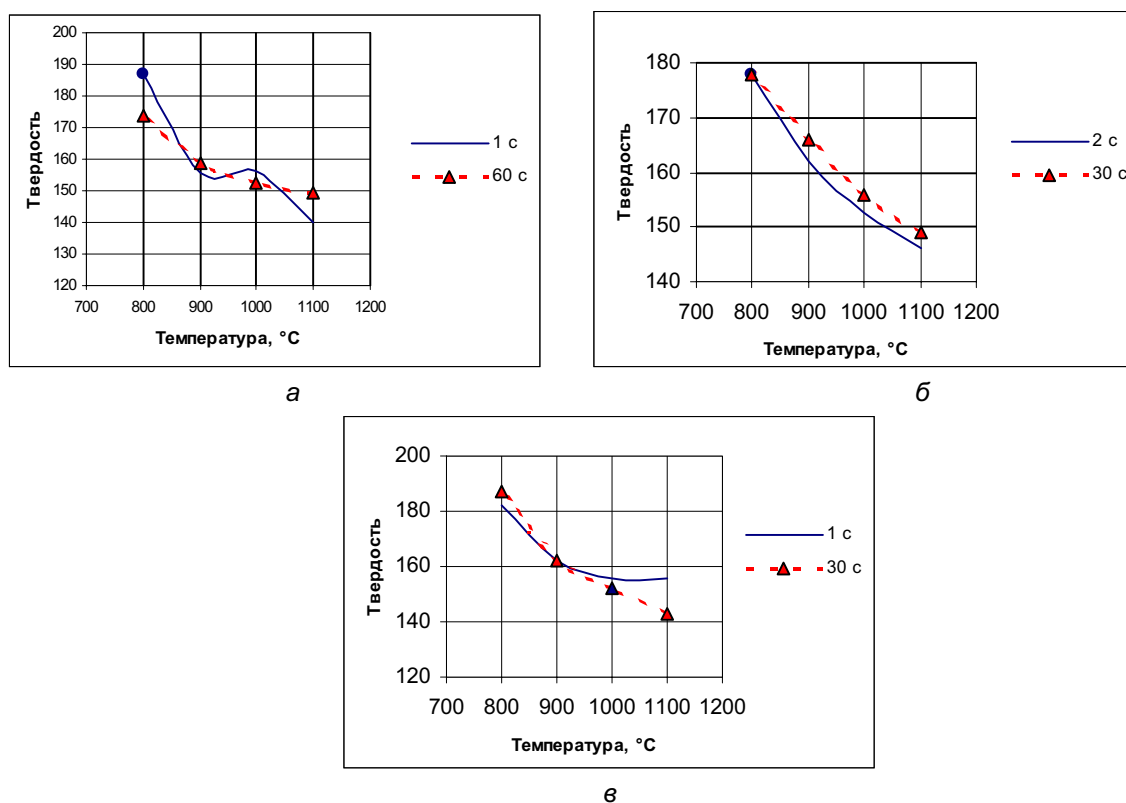


Рис. 3. Графики зависимости твердости от температуры прокатки:

степень деформации: а — 35 %; б — 50 %; в — 65 %

Интересно, что прокатка от 1100 °С (степень деформации 65 %) приводит к развитию рекристаллизации и на поверхности и в центре, но это почти не отразилось на ударной вязкости. Безусловно, рекристаллизация не была повсеместной, поскольку в структуре можно наблюдать и вытянутые зерна, не затронутые рекристаллизацией. По этой причине фактор самого размера зерна мог не оказать влияние на хрупкость. Приходится допускать, что главной причиной охрупчивания в случае прокатки от 1100 °С является выделение дисперсных карбидов, сначала растворившихся при нагревании, а затем вновь выделившихся на субграницах нерекристаллизованных зерен, по которым, вероятно, и происходит разрушение.

Наивысшая ударная вязкость наблюдалась при степени деформации 65% и температуре 900 °С. Но и при прокатке от 800 и 1000 °С она остается достаточно высокой. Прокатка при 800 °С почти не влияет на размер зерна, только лишь изменяет его форму, вытягивая в направлении прокатки. Никаких следов рекристаллизации, судя по структуре, не видно. Рекристаллизация не проявляется и после прокатки от 900 °С. Только деформация при 1000 °С на большие степени 65 % дает у поверхности не полностью рекристаллизованную структуру. В случае прокатки, начинающейся при 800 °С, и сопровождающейся понижением температуры, мы не можем ожидать растворения частиц в момент нагрева до температуры прокатки. Вероятно, растворение происходит в ходе самой деформации на большие степени. Частицы растворяются, а их атомы затем осаждаются на более крупные частицы такого же типа, то есть, вероятно, происходит коагуляция мелких карбидных частиц, в результате чего их охрупчивающее действие предположительно устраняется.

Заключение

Мы предполагаем, что при всех температурах 800, 900, 1000 °С главным механизмом увеличением ударной вязкости при больших степенях деформации есть механизм коагуляции карбидных частиц, выделяющихся по субграницам. Но это предположение нуждается в проверке.

Список литературы

1. Гуляев А.П., Леванова А.Н. Хрупкость высокохромистых ферритных нержавеющей сталей // МиТОМ, 1978. №11. С.3—7.
2. Никитин В.П., Шабуров Д.В., Шлямнев А.П. и др. Особенности формирования структуры и свойств листового проката коррозионно-стойких сталей ферритного класса // МиТОМ, 1991. № 5. С. 41—43.
3. Гуляев А.П. Состояние границ зерен, механические свойства и штампуемость ферритных нержавеющей сталей // МиТОМ, 1978. №11.
4. Шабуров Д.В., Мирзаев Д.А., Никитин В.П. Влияние никеля и марганца на склонность стали типа X25 к 475-градусной хрупкости // ФММ, 1995. № 79. Вып. 2. С. 165—173.
5. Шабуров Д.В., Никитин В.П. Влияние температурного режима горячей прокатки и химического состава на структуру и пластичность сталей типа X18Т и X25Т // Вопросы металловедения и термической обработки металлов и сплавов. Сборник трудов. Челябинск: ЧГТУ, 1994. С. 31—40.
6. Шабуров Д.В., Яковлева И.Л., Мирзаев Д.А., Никитин В.П. и др. О закономерностях распада γ -фазы стали X17, легированной азотом // ФММ, 2002. Т. 94. № 6. С. 71—78.
7. Левит В.И., Смирнов М.А. Высокотемпературные термомеханические обработки аустенитных сталей и сплавов. Челябинск: ЧГТУ, 1995. 257 с.