

Структура и свойства естественного стального ферритно–мартенситного  
компози́та

Пустовойт В.Н., Домбровский Ю.М., Лавриченко В.В.

Донской государственный технический университет, Ростов–на–Дону, Россия  
E–mail : VL777888@yandex.ru

Для получения структуры естественного ферритно–мартенситного компози́та (ЕФМК) была применена наша идея о возможности использования строчечности ферритно–перлитной структуры в прокате доэвтектоидных сталей, которая зачастую считается браком прокатного производства. Такая строчечность, имеющая почти идеальную ориентацию полос феррита и перлита, создаёт хорошие условия для создания ЕФМК путём закалки из межкритического интервала температур. Принципиально можно предложить два способа получения такого компози́та.

Первый способ предполагает нагрев и выдержку в области оптимальных температур полной закалки, т.е. полную фазовую перекристаллизацию, затем охлаждение вместе с печью до температуры, лежащей в межкритической области  $A_1$ -  $A_3$ , выдержку, необходимую для выделения избыточного феррита на вытянутых включениях сульфидов (и других неметаллических включениях) и последующее закалочное охлаждение.

Второй способ заключается в нагреве в межкритический интервал температур, выдержку, необходимую для установления  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  фазового равновесия, и охлаждение с критической скоростью закалки.

Целью исследования было изучение структуры, фазового состава и свойств ЕФМК. Объектом исследования была выбрана качественная доэвтектоидная сталь марки 40Х серийного производства.

Нагрев образцов осуществляли в шахтной лабораторной электропечи в тигле из жаростойкой стали с расплавом смеси хлорнатриевой и хлорбариевой солей. Температура нагрева под полную закалку и выдержка в течение 30 мин. по 1-ому способу составляла 860°C. Температура выдержки в межкритическом интервале по 2-ому способу в течение 30 мин. – 770°C. Охлаждение при закалке производилось в воде нормальной температуры. Отпуск в течение 0,5 часа при 250°C. При обработке по 1-ому способу выдержка в межкритическом интервале не делалась, а при достижении температуры 770°C в процессе медленного снижения температуры ванны, производилась закалка в воде.

Изучение микроструктуры естественного компози́та (ЕК) показало, что образцы имеют волокнистое строение феррита и мартенсита с ориентировкой, соответствующей исходной строчечной структуре. При этом наблюдение структуры поперечных шлифов у образцов исходного материала и образцов, закаленных из межкритической области, убеждает, что волокна перлита (мартенсита) имеют поперечное сечение, близкое к округлому. Поэтому

полученный композиционный материал можно отнести к типу волокнистых (не слоистых) с дискретными (не непрерывными) волокнами упрочняющей фазы

Результаты рентгеноструктурного исследования показали, что после полной закалки структура стали 40X состоит практически из мартенсита со средним содержанием углерода 0,40%, а после закалки из межкритического интервала температур (по упомянутому режиму) в ней присутствует до 40% феррита, остальное мартенсит с содержанием углерода ~0,66%.

При нагреве из межкритической области (заходом "снизу") образуется мелкозернистая структура высокоуглеродистого аустенита, наследуемая продуктами превращения при закалке. Выдержка в температурном интервале  $A_1$ - $A_3$  рафинирует феррит, переводя примеси в  $\gamma$ -твёрдый раствор, растворимость примесей в котором выше. Эти примеси, в том числе и вредные, оставаясь в мартенсите, не могут ухудшить его свойства, но очистка от них феррита резко улучшает сопротивление двухфазной композиции хрупкому разрушению.

Измерение микротвердости структурных составляющих ферритно-мартенситной композиции стали 40X подтвердили эти предположения и показали, что вариант неполной закалки заходом "снизу" обеспечивает наиболее высокую микротвёрдость мартенсита ( $6800 \pm 220$  МПа) из-за лучших условий для твёрдорастворного упрочнения, а пониженная микротвёрдость феррита ( $1500 \pm 160$  МПа) свидетельствует о высокой степени рафинирования феррита при выдержке в интервале  $A_1$ -  $A_3$ .

Механические свойства ЕФМК стали 40X, полученного с использованием этого (2-го) варианта, по сравнению с полной закалкой и отпуска при  $250^\circ\text{C}$  (который производился и после закалки из межкритического интервала температур) повысились: предел прочности ( $\sigma_s$ ) в 1,3 раза; относительное удлинение ( $\delta$ ) в 4,8 раза, а ударная вязкость ( $KCU$ ) в 1,7 раза

Результаты проведенных исследований показали, что обработка доэвтектоидной стали с исходной строчечной структурой путём нагрева, выдержки и закалки из межкритической области температур позволяет получить естественный композит с дуальным строением феррит-мартенсит, который отвечает всем требованиям, предъявляемым к структуре композиционных материалов с дискретным упрочняющим волокном. При этом оказывается возможным существенно повысить комплекс механических свойств.