

УДК 669.131.4

ДВУХФАЗНЫЕ ФЕРРИТОМАРТЕНСИТНЫЕ СТАЛИ (ДФ СТАЛИ)

Илья Иванович Потапов

*Студент 4 курса,
кафедра "Оборудование и технологии прокатки"
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: П.Ю. Жихарев
ассистент кафедры "Оборудование и технологии прокатки"*

Введение

Актуальность работы.

Современные законодательные требования к экологичности и экономичности автомобилей диктуют необходимость применения все более высокопрочных марок сталей для снижения веса автомобиля без ущерба безопасности пассажиров. Наиболее распространенными марками стали, использование которых позволяет решить поставленные задачи, являются двухфазные ферритомартенситные стали (ДФМС), имеющие предел прочности от 450 до 1180 МПа и относительное удлинение от 10 до 27 %.

Целью настоящей работы является анализ способа получения двухфазных сталей, их механических и эксплуатационных свойств, требований к свойствам листового проката и области их применения; изучения процесса термообработки сталей.

ДФМС имеют микроструктуру, состоящую из ферритной матрицы с включениями мартенсита. Объемная доля мартенсита в микроструктуре составляет от 10 до 80% в зависимости от уровня прочности. Мартенсит обеспечивает существенное упрочнение стали, в то время как присутствие феррита способствует хорошей пластичности.

В нормативных документах на ДФМС [1, 2], кроме требований к механическим характеристикам – пределу текучести, пределу прочности и относительному удлинению, предъявляются также требования к коэффициенту деформационного упрочнения и к величине ВН-эффекта.

Предел прочности при растяжении двухфазных ферритомартенситных сталей гораздо выше, чем у обычных сталей с близким значением предела текучести.

Технология выплавки данных сталей должна обеспечивать выполнение следующих требований: 1 - низкий разброс по содержанию углерода, 2 - минимальное количество свободного азота, 3 - узкий разброс (от плавки к плавке) по содержанию легирующих добавок, 4 - эффективное модифицирование для получения благоприятной формы неметаллических включений [4].

Температура нагрева слябов под прокатку оказывает решающее воздействие на растворение частиц карбонитридов микролегирующих элементов, которые выделяясь затем при горячей прокатке, тормозят рекристаллизацию и, тем самым, измельчают зерно [8]. В ходе последующего отжига нагартованного проката эти частицы размером 0,1-0,5 мкм могут играть роль зародышей для новых зерен при рекристаллизации [9].

Температура скотки оказывает влияние на размер частиц карбонитридов и характер их выделения. При температуре ниже 550°C частицы не образуются. Однако снижение температуры скотки приводит к смене механизма распада аустенита от диффузионного к сдвиговому, что дает возможность формирования мартенсита и

бейнита. Это упрочняет горячекатаный подкат и увеличивает нагрузки на моталки и поэтому нежелательно [5]. При температурах скотки 550-600°C происходит оптимальное выделение мелкодисперсных частиц. Но получить двухфазную структуру во время горячей прокатки можно путем высоко легирования сталей, что позволит повысить температуру образования мартенсита при сдвиговом механизме охлаждения. Нагрузка на моталки не возрастет, что позволит производить скотку полос..

Типичная схема термической обработки ДФМС после холодной прокатки в агрегате непрерывного отжига и происходящие при этом процессы представлены на рисунке 1 [13]. Как видно из рисунка 1 на этапах нагрева (I) и выдержки в межкритическом интервале температур (II) происходит формирование аустенита, на этапе замедленного охлаждения (III) выделяется новый феррит, на этапе ускоренного охлаждения (IV) аустенит превращается в мартенсит и на последнем этапе в камере перестаривания в АНО или выравнивания в АНГЦ происходит отпуск мартенсита (V).

На рисунке 2 представлена микроструктура сталей DP 600 и DP 980

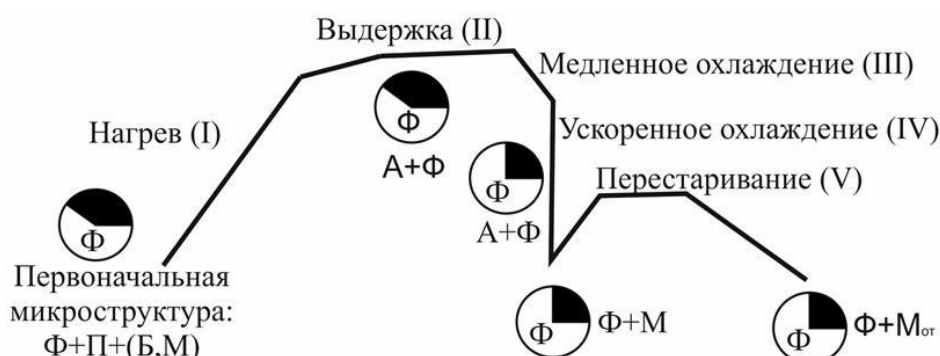


Рисунок 1 – Структурные превращения двухфазной стали в процессе непрерывного отжига, где Ф – феррит, П – перлит, Б – бейнит, М – мартенсит, А – аустенит, Мот – отпущенный мартенсит

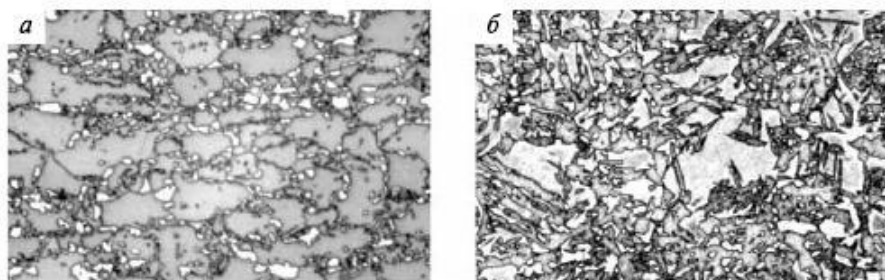


Рисунок 2 – Микроструктура двухфазных сталей DP 600 (а) и DP 980 (б)

Выводы

1. Двухфазные ферритно-мартенситные стали обладают высокой пластичностью (благодаря основе в виде феррита) и высоким временным сопротивлением (благодаря включениям мартенсита отпуска) одновременно, что широко используется в автомобильной, химической и пищевой промышленности.

2. Предел прочности при растяжении двухфазных ферритомартенситных сталей гораздо выше, чем у обычных сталей с близким значением предела текучести.

3. ДФМС имеет особенность по сравнению с обычными сталями – эффект термоупрочнения (ВН-эффект), который выражается в увеличении предела текучести после предварительной деформации, внесенной во время штамповки, и последующего нагрева во время сушки лакокрасочного покрытия.

4. Приобретение вышеуказанных свойств происходит во время термической обработки после процесса холодной прокатки или во время закалки после горячей прокатки.

Литература

1. EN 10338-2013 Hot rolled and cold rolled non-coated products of multiphase steels for cold forming. Technical delivery conditions. Дата введения в действие 15.04.2013. 14 с.
2. EN 10346-2009 Continuously hot-dip coated steel flat products - Technical delivery conditions. Дата введения в действие 01.07.2013. 37 с.
3. *Keeler S, Kimchi M, Advanced High-Strength Steels Application Guidelines Version 5.0, 2014. // URL: www.worldautosteel.org (дата обращения 01.07.2016)*
4. *Голованенко С.А., Фоништейн Н.М. Двухфазные низколегированные стали. М.: Metallurgy. 1986. 207 с.*
5. *Granbom Y. Influence of niobium and coiling temperature on the mechanical properties of a cold rolled dual phase steel // Rev. Met. Paris. 2007. Vol. 104, No. 4 (April). P. 191–197.*
6. *Сторожева Л.М., Фоништейн Н.М., Голованенко С.А., Васильевский М.С. Исследование закалочного и деформационного старения малоуглеродистых феррито-мартенситных сталей // Изв. АН СССР. Металлы. 1985. № 1. С. 91-95.*
7. *Davies R.J. In: Fundamentals of Dual-Phase Steels. // TMS-AIME. 1981. P.265-277.*
8. *Шахпазов Е.Х., Гордиенко А.И., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Крылов-Олефиренко В.В., Шапошников Н.Г. Повышение уровня и стабильности механических и других служебных характеристик автолистовых сталей путем управления процессами выделения неметаллических избыточных фаз. // Metallurg. 2009. №9. С. 40-46*
9. *Родионова И.Г., Чиркина И.Н., Ефимова Т.М., Скоморохова Н.В., Шапошников Н.Г., Мельниченко А.С. Металловедческие аспекты повышения комплекса свойств холоднокатаного автолистового проката из микролегированных сталей. // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2011. №1. С. 85-92.*
10. *Шахпазов Е.Х., Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Рыбкин Н.А., Шаповалов Э.Т., Кузнецов В.В. Научные и технологические аспекты повышения потребительских свойств автолистовых сталей. // Материалы в автомобилестроении. Ч.1 Металлические материалы. 2008.*
11. *Робертс В.Л. Холодная прокатка стали. /Пер.с англ. М.: Metallurgy, 1982. 554 с.*
12. *Fonstein N.M. Advanced High Strength Sheet Steels Physical Metallurgy, Design, Processing and Properties // Switzerland: Springer International Publishing 2015. 392 p.*
13. *Draft R. Advanced High Strength Steel Workshop. October 22-23, 2006 Arlington, Virginia, USA.*
14. *Tasan C.C. An Overview of Dual-Phase // Annu. Rev. Mater. Res. 2015. P. 391-431.*
15. *Erişir E., Gürkan O. Effect of Intercritical Annealing Temperature on Phase Transformations in Medium Carbon Dual Phase Steels // Journal of Materials Engineering and Performance. 2014. Iss. 3. P 1055–1061.*

16. *Kuang, C., Zheng, Z., Zhang, G. et al. Effects of overaging temperature on the microstructure and properties of 600 MPa cold-rolled dual-phase steel // Int J Miner Metall Mater. 2016. P. 943-966.*