

УДК 620.17

Х.А. Аскеров, А.Д. Ахмедов

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ И СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТАННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ

Термическое упрочнение строительных сталей имеет чрезвычайно важное прикладное значение. Наличие фундаментальных работ по термическому упрочнению низколегированных сталей позволило принципиально решить эту проблему в промышленности. Вместе с тем длительное время технология термического упрочнения ставило своей задачей получение в прокате однородных или близких к ним структурных состояний в результате мартенситного и промежуточного превращений. Это удалось осуществить на прокатных профилях малого сечения и простой формы. Рост размеров сечений и усложнение их формы при существующих мощностях термического упрочнения делает эту задачу трудно выполнимой.

Сравнительно низкая прокаливаемость стали и технологические особенности термоупрочнения неизбежно приводят к значительной неоднородности структуры и свойств по сечению проката.

Поверхностные слои, подвергнутые наиболее интенсивному охлаждению, обладают более высокой твердостью и прочностью, а центральные – наоборот, более пластичны.

В тоже время современные достижения в разработке композитных сталей показывают, что материалы с заметно различающимися свойствами их структурных составляющих могут обладать весьма удачным сочетанием прочности и вязкости.

Даже тот незначительный опыт исследования и применения проката малоуглеродистой стали, имеющего макроструктурную неоднородность с более прочным поверхностным слоем, показывает, что нетрадиционные для такого проката особенности не препятствуют его эффективному использованию в конструкциях. Более того, структурная макронеоднородность в ряде случаев приводит к повышению усталостной прочности и вязкости материала. Такое

повышение свойств обусловлено как высокими свойствами отдельных слоев, так и слоистостью материала.

Логичным выходом из создавшегося положения является создание в низкоуглеродистых сталях при термическом упрочнении регламентированной макроструктурной неоднородности. Для этого необходимо преодолеть трудности при идентификации сложных, смешанных структур, образующихся в низколегированных сталях при их термическом упрочнении, и в осмыслении соответствующего им комплекса механических свойств. Еще в большей степени это относится к сталям, термически упрочненным в промышленных условиях.

С этих позиций в работе рассматривается структура и свойства строительной стали 09Г2ФБ при реализации эффекта термического упрочнения в промышленных условиях.

Исследования проводили на стали марки 09Г2ФБ промышленной выплавки. Термическая обработка проводилась по оптимальному режиму: нагрев слэбов до температуры 1150°C 5-6 ч.: прокатка в черновой клетке до толщины 50 мм за 9 проходов; подстуживание проката на воздухе перед чистовой клетью до 820°C, окончательная прокатка в чистовой клетке на толщину 17,5 мм за 8 проходов : температура конца прокатки 740-720°C, ускоренное охлаждение проката со скоростью 40°C /с.

Такой режим термического упрочнения привел к формированию неоднородных структур по сечению (толщине) поката (рис. 1). Центральные слои имеют мелкозернистую структуру полигонизированного феррита и перлита (рис.2, в). По мере приближения к поверхности размер зерна феррита уменьшается и приобретает игольчатые очертания (рис.2, а, б).

Анализ поверхностных слоев показал, что формирующиеся в нем структуры могут быть классифицированы по мере приближения к поверхности, как феррито-перлитная повышенной дисперсности, игольчатого феррита, верхнего бейнита, нижнего бейнита и речного дислокационного мартенсита. Микрофотографии этих структур приведены на рис.3. Отмечаются следующие особенности, которые позволяют идентифицировать данные структуры : игольчатый феррит – отсутствие карбидных выделений и повышенная плотность дислокаций в феррите (рис.3 а, б, в); верхний бейнит – выделение

карбидной фазы в виде пленки по границам реек (рис.3 г); нижний бейнит – выделение карбидной фазы типа цементита под углом 55 градусов к рейкам и более крупные карбидные выделения на стыках зерен ; реечный дислокационный мартенсит – выделение внутри реек карбидной фазы типа Fe_3C , ориентированной по трем кристаллографическим плоскостям.

Анализируя тонкую структуру центральных слоев, необходимо отметить некоторые особенности строения образующегося в конечной структуре пластинчатого перлита (рис. 3 д, е) . Перлитная структура весьма дисперсна и не отличается высокой плотностью дислокаций. В феррите наблюдается увеличенная плотность дислокаций, образуются их нерегулярные сплетения, а местами и ячеистая субструктура (рис.3д). Повышается доля ферритных зерен, содержащих внутри себя субзерна, ограниченные полигональными дислокационными стенками. По мере приближения к центру проката морфология и дисперсность структуры практически идентична структуре, получаемой в этой стали после контролируемой прокатки (рис. 3, з) .

Получен следующий комплекс механических свойств: $\sigma_B = 800$ МПа, $\sigma_T = 720$ МПа, $\delta = 27\%$. Это значительно выше механических, полученных на материале той же плавки после контролируемой прокатки : $\sigma_B = 580$ МПа, $\sigma_T = 510$ МПа, $\delta = 25\%$. Структурная неоднородность, выраженная в повышении прочности поверхностного слоя, не оказывает влияния на показатели ударной вязкости, которые определялись на образцах, вырезанных с поверхностного и центральных слоев. Интересно отметить, что при нанесении надреза на поверхности проката ударная вязкость оказывалась во всех случаях выше, чем при надрезе перпендикулярно прокату.

Создание при термическом упрочнении регламентированной макронеоднородной структуры с более прочными поверхностными слоями позволяет значительно повысить прочность малоперлитной стали при сохранении вязкости проката. Высокая вязкость обусловлена морфологией и вязкостью поверхностных структур и благоприятным влиянием внутренних пластичных слоев, выступающих в качестве энергоемкого “гасителя” вязкой или хрупкой трещины.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Рекомендовать применение режимов термической обработки, приводящих к созданию в прокате регламентированной макронеоднородности.
2. Создание регламентированной макронеоднородности структуры с более прочными поверхностными слоями является эффективным методом повышения прочности проката для металлических конструкций.

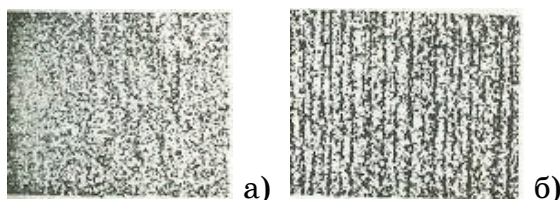


Рисунок 1 - x100: а) поверхность ; б) центр



Рисунок 2 - x500: а) поверхность; б) 1/4 толщины от поверхности; в) центр.

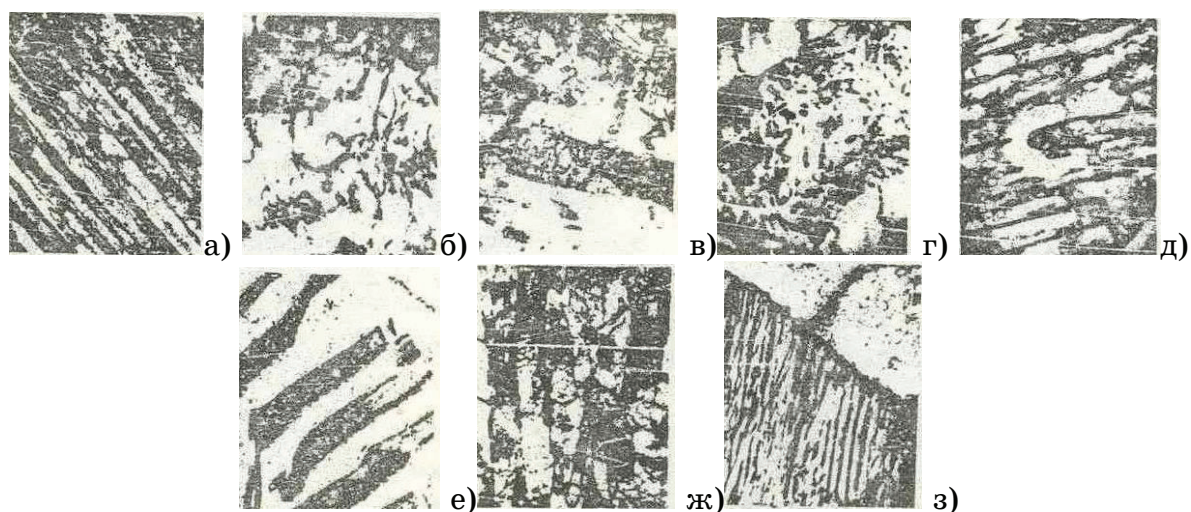


Рисунок 3 - Уменьшено 1/4 : а) x 13000; б) x43000; в) x18000; г) x7000; д) x28000; е) x68000; ж) x30000; з) x18000

ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В.И., Монгайт И.А. Закалка с прокатного нагрева малоперлитной конструкционной стали, микролегированной ниобием и ванадием. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 1983, №12, с 42-44.
2. Большаков В.И., Стародубов К.Ф. , Тылкин М.А. Термическая обработка строительной стали повышенной прочности, М : *Металлургия* , 1977 с. 200.

3. Большаков В.И., Смольянинова Н.А. , Антонов С.М. – Термическое упрочнение малоперлитных сталей с прокатного нагрева. В кн : Производство и применение термически упрочненного проката в строительстве, - Днепропетровск, 1989, с 24-28
4. И.Н.Голиков, М.И Гольдштейн, И.И. Мурзин. Ванадий в стали. М : Металлургия, 1968, с.290
5. А.Н. Лукьянскова, В.И.Большаков, Х.А.Аскеров. Определение рациональных режимов охлаждения термически упрочненного проката из низколегированной строительной стали – В кн. : Тезисы докладов научно-технического симпозиума. – М:МДНТП, 1989, с 79-81.
6. Большаков В.И., Аскеров Х.А. Карбидообразование и упрочнение строительных сталей с ванадием. В кн: Перспективные задачи инженерной науки., GAUDEAMUS, 2001, Выпуск 2, с.115.

Получено 18.04.2007 г.