

УДК 620.17

Х.А. Аскеров, А.Д. Ахмедов

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАЛОПЕРЛИТНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ 09Г2ФБ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ

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 слябов до температуры 1150°С 5-6 ч. : прокатка в черновой клетке до толщины 50 мм за 9 проходов; подстуживание проката на воздухе перед чистовой клетью до 820°С, окончательная прокатка в чистовой клетке на толщину 17,5 мм за 8 проходов : температура конца прокатки 740-720°С , ускоренное охлаждение проката со скоростью 40°С /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.

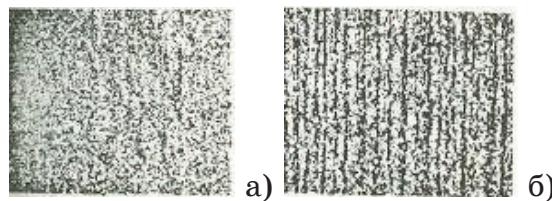


Рисунок 1 - x100: а) поверхность ; б) центр

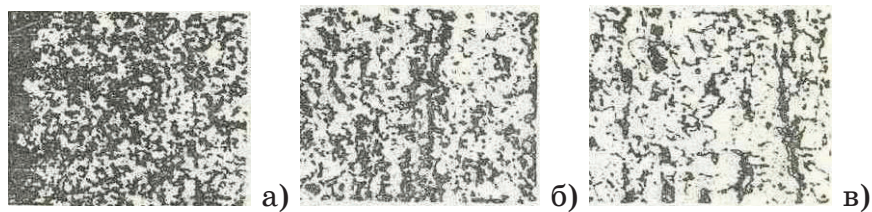


Рисунок 2 - x500: а) поверхность ; б) 1/4 толщины от поверхности; в) центр

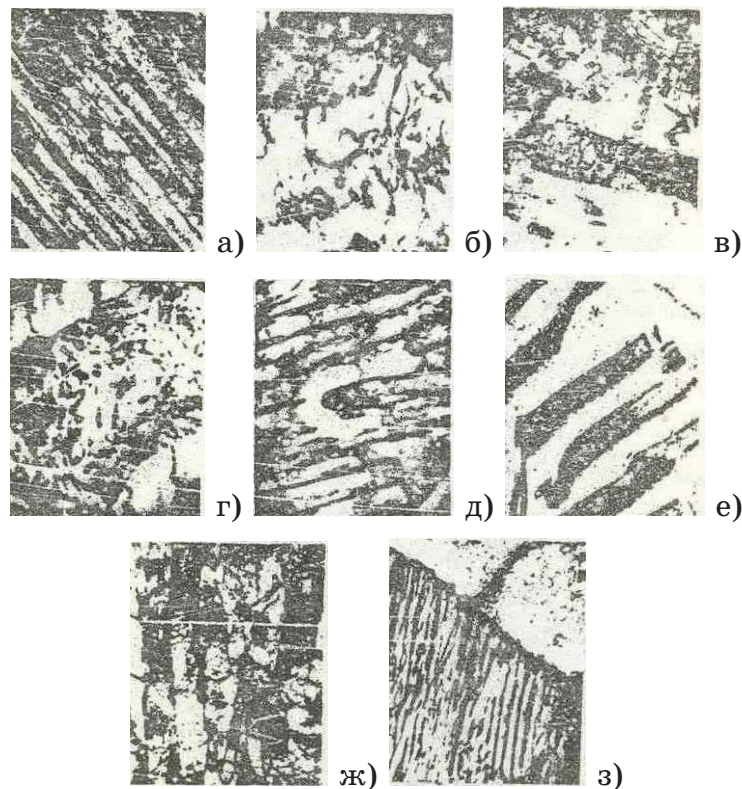


Рисунок 3 - Уменьшено 1/4: а) x 13000; б) x43000; в) x18000; г) x7000;  
д) x28000; е) x68000; ж) x30000; з) x18000

### 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.