

А.В. Добрынина, Е.С. Рекконен
*Хакасский Технический Институт-филиал
ФГАОУ ВПО «Сибирский Федеральный Университет»
655017, Абакан, ул.Щетинкина, 27
E-mail: arbaiten.09@mail.ru*

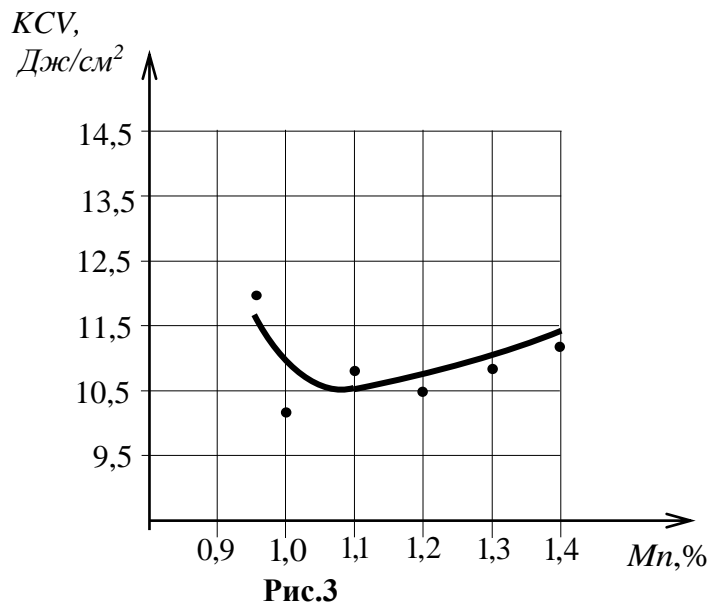
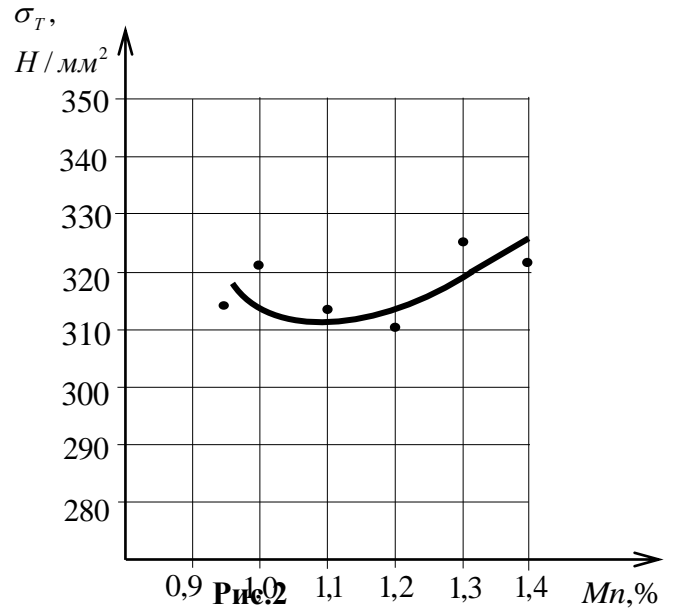
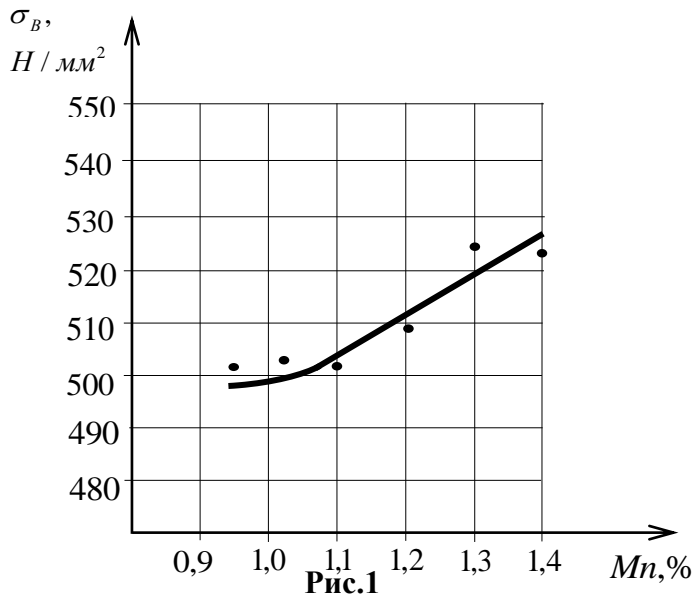
Рациональное легирование марганцем и его влияние на прочностные свойства литейных конструкционных сталей

Во всех современных машиностроительных сталях в большем или меньшем количестве присутствуют марганец. Добавка марганца к углеродистым сталям повышает пределы прочности и текучести, увеличивает прокаливаемость при неизменном содержании углерода. Эти свойства в сочетании с доступностью марганца делают его весьма перспективным для использования в качестве легирующей добавки к конструкционным сталям различного назначения. Как легирующий элемент марганец оказывает влияние прежде всего на свойства феррита и положение критических точек в стали.

Как следует из литературных данных [1,2], при содержании $> 1 \%$ Mn вязкость феррита начинает снижаться, но до $1,5 \%$ Mn она не уменьшается ниже значений, наблюдаемых при его полном отсутствии. Влияние марганца на хладостойкость в значительной степени зависит от содержания в стали углерода. Это связано с тем, что марганец в стали может находиться как в твердом растворе в феррите, так и в виде карбида марганца Mn_3C или двойного карбида $Mn_3C \cdot Fe_3C$. В сталях с 1-2 Mn распределение его между карбидами и твердым раствором находится примерно в соотношении 1:4. В малоperlитных сталях (0,05-0,10 % C) рекомендуется содержание марганца $\leq 1,8 \%$. Влияние марганца связано с воздействием на обе структурные составляющие - феррит и perlит. В первом случае это вызывается искажением кристаллической решетки, во втором - способностью марганца повышать устойчивость переохлажденного аустенита, что увеличивает дисперсность карбидов и приводит к измельчению зерна.

Для более детального исследования влияния марганца на механические свойства стали, а также установления его оптимального количества для легирования литейных сталей, были проведены дополнительные исследования: в сталь одного и того же химического состава добавили разное количество марганца; полученные образцы подвергли нормализации и стандартным испытаниям на механические свойства.

Полученные результаты позволили построить кривые зависимости механических свойств стали от содержания марганца, представленные на рис.1,2,3.



Марганец оказывает значительное влияние на структурообразование и свойства стали. Уже при сравнительно малых содержаниях марганца (около 1 %) в структуре стали сохраняется некоторое количество аустенита. Растворимость марганца в α -железе ограничена: в сплавах системы Fe – Mn растворяется примерно 3 % Mn, а системы Fe – C – Mn – 0,5...0,60 % Mn. Избыточный марганец в процессе $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения должен сегрегировать в аустенит, резко повышая его устойчивость. Вероятность сохранения остаточного аустенита существенно возрастает при увеличении скорости охлаждения. Наличие остаточного аустенита может оказывать двойное влияние на свойства стали. Образуя включения или даже сплошной разветвленный каркас внутри ферритного зерна, остаточный аустенит способствует

упрочнению стали. Особенно заметен этот эффект при содержании марганца более 1,1 % (рис. 2, 3). Такое упрочнение не сопровождается существенным снижением пластичности и ударной вязкости стали. Если же остаточный аустенит сохраняется в виде оторочки по границам ферритных зерен, то это может привести к значительному охрупчиванию стали, особенно при низких температурах. В некоторых случаях возможен перлитный или промежуточный распад аустенитных оторочек. Наличие в структуре стали значительного количества таких участков приводит к снижению ударной вязкости. В стали 20ГЛ количество зерен феррита у аустенитными оторочками незначительно, поэтому наличие аустенита не оказывает большого влияния на ударную вязкость.

С повышением содержания марганца от 0,8 % до 1,2 % ударная вязкость снижается (рис.4). При чем наиболее интенсивно при содержании около 1 % Mn. Это объясняется тем, что при низких температурах включения в виде аустенитных оторочек, расположенные по границам ферритных зерен оказывают охрупчивающее воздействие на сталь [2,3]. Дальнейшее увеличение концентрации марганца ведет к незначительному повышению вязких свойств, что связано с изменением размеров и формы включений (при содержании марганца около 1,4% участки с аустенитными оторочками наблюдаются редко и не вызывают заметного охрупчивания стали). Однако в массивных и сложных отливках с заметной ликвационной неоднородностью по марганцу возможно образование опасных зон с охрупченной структурой.

Таким образом, на структурообразование и свойства литейной низкоуглеродистой стали 20ГЛ значительное влияние оказывает марганец. При содержании более 0,6 % марганец способствует образованию структуры зернистого бейнита, состоящего из феррита и микронзон остаточного аустенита или продуктов его распада. Эти микронзоны могут быть изолированы друг от друга, но чаще они образуют разветвленный каркас ферритного зерна. Такая микроструктура ферритных зерен обеспечивает заметный эффект микрокомпозиционного упрочнения стали.

При более высоком содержании марганца в стали остаточный аустенит может сохраняться в виде оторочки по границам ферритных зерен. Это вызывает значительное охрупчивание стали, особенно при низких температурах. В сталях с содержанием до 1,4 % марганца участки с аустенитными оторочками наблюдаются редко и не вызывают заметного охрупчивания стали.

Следовательно, добавка марганца к углеродистым сталям повышает пределы прочности и текучести при неизменном содержании углерода. Кроме того, увеличение содержания марганца незначительно снижает ударную вязкость. Эти свойства в сочетании с доступностью марганца делают его весьма перспективным для использования в качестве легирующей добавки к конструкционным сталям различного назначения.

Литература

1. Сильман Г.И., Тейх В.А., Сосновская Г.С. Термодинамический анализ системы Fe – С – Mn / Г.И. Сильман // М и ТОМ. – 2015. - № 4. – С.70-76.
2. Бабкин В.Г., Добрынина А.В., В.Н. Баранов. Оптимизация состава низкоуглеродистой стали//Литейное производство.-2013.- № 2.-С.8-10.
3. Горобченко С.Л., Гуляев Б.Б. Влияние легирующих элементов на хладноломкость сплавов// Литейное производство.-2012.- № 4.-С.7-9