

Влияние легирующих элементов на свойства высокомарганцевой стали

О.Ю. Бургонова, Н.И. Колягина, А.В. Федин

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Аннотация. Рассмотрено легирующих влияние элементов на характеристики прочности, пластичности, ударной вязкости высокомарганцевой износостойкой стали. Выявлено оптимальное соотношение содержания хрома, титана, азота, ванадия и никеля, повышающее износостойкость стали.

Ключевые слова: высокомарганцевая сталь, легирующие элементы

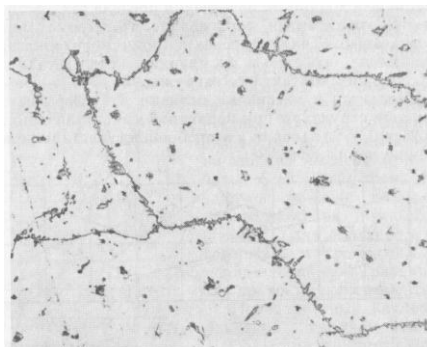
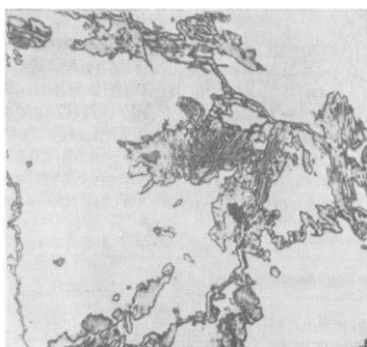
В начальный период работы деталей из высокомарганцевой стали наблюдается наиболее интенсивный износ и смятие металла по рабочим поверхностям, в связи с тем, что в начальный период работы сталь не получает достаточного наклёпа. В процессе работы детали смятие рабочей поверхности прекращается в результате её упрочнения, и последующий износ происходит за счёт истирания поверхности.

Чтобы не допустить интенсивного смятия в начальный период эксплуатации детали необходимо повысить предел текучести и временное сопротивление стали, что приведет к повышению общей износостойкости материала. Этого можно достичь за счёт легирования марганцевой стали. Упрочнение γ -железа достигается введением в него элементов с отличной от Fe- γ решеткой.

Рассмотрим влияние на свойства износостойкой стали таких легирующих элементов, как Cr, Ti, V и N.

Хром является одним из сильных карбидообразующих элементов и наиболее часто используется для легирования высокомарганцевой стали. Присутствие Cr в стали не влияет на её способность к наклёпу, а так же на её износостойкость, однако может привести к трещинообразованию из-за повышенных внутренних напряжений, связанных с выделением карбидов [2].

При содержании хрома более 1% в структуре металла наблюдается карбидная сетка по границам зёрен (рис. 1) [1].



а

б

Рис.1. Микроструктура стали в литом состоянии, содержащей ~1,1 % С, ~12 % Мn, 1,82 % Cr (а) и 0,35 % V (б)

Хром заметно повышает прочностные характеристики стали (рис. 2,а). Однако при увеличении свыше 3 % наблюдается снижение прочности. Кроме того в стали, содержащей 3 % Cr, ударная вязкость снижается почти в два раза (рис. 2,б) [1].

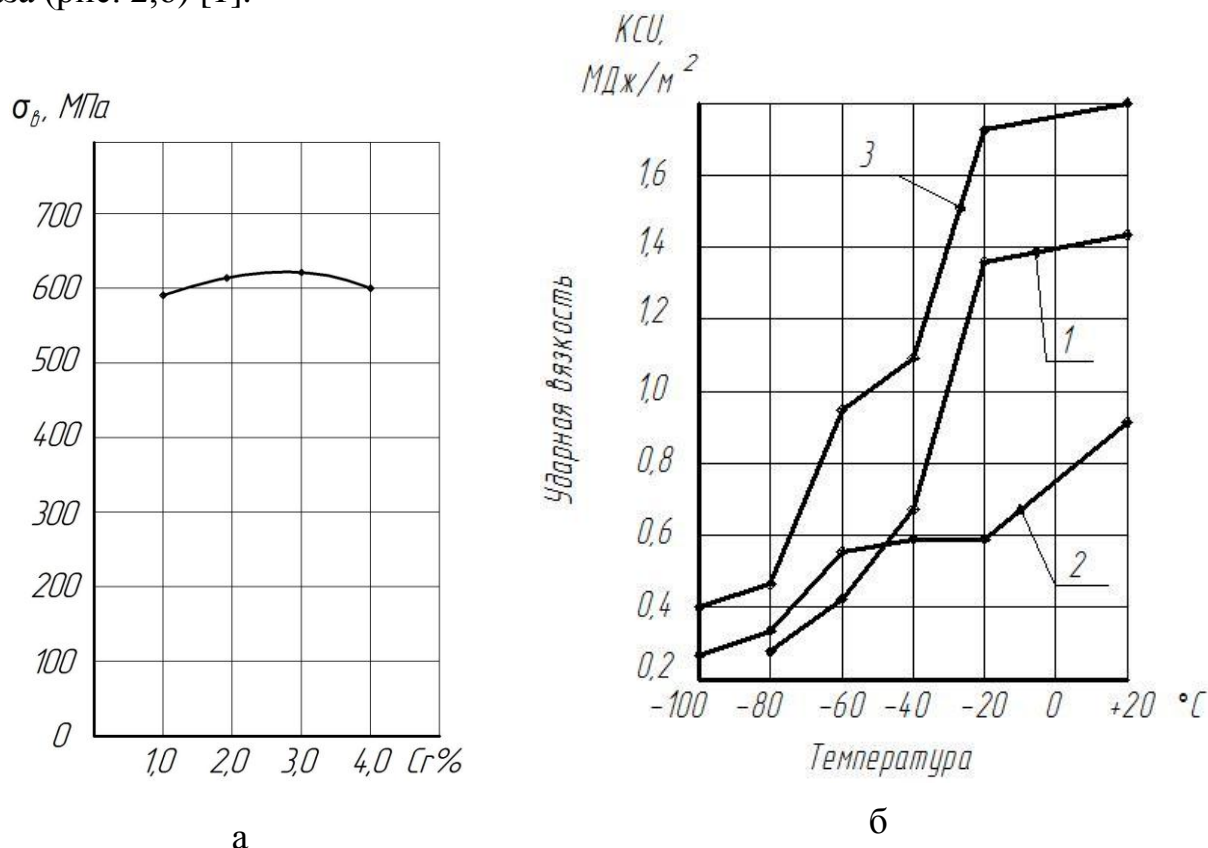


Рис. 2. Влияние хрома на величину предела прочности стали (~1,1 % С, ~12 %, Мn) (а) и ударной вязкости (б): 1 – сталь, содержащая 1 % Cr; 2 – сталь, содержащая 3 % Cr; 3 – сталь, не содержащая хрома

В связи с этим легирование износостойких сталей хромом свыше 3% нецелесообразно с точки зрения повышения износостойкости.

Ванадий в марганцевую сталь вводится с целью повышения износостойкости в среднем на 20–35 % , так как он значительно повышает начальную твёрдость металла за счет образования мелких и располагающихся по границам и внутри зёрен карбидов ванадия (рис. 1,б).

Ванадий в количестве 1 % и более, эффективнее других легирующих элементов повышает предел текучести марганцевой стали (рис.3а) [1]. В меньших количествах (до 0,4 %) легирование ванадием малоэффективно для повышения прочности. Следует учитывать, что даже небольшое количество ванадия заметно снижает пластичность и ударную вязкость стали (рис. 3,б).

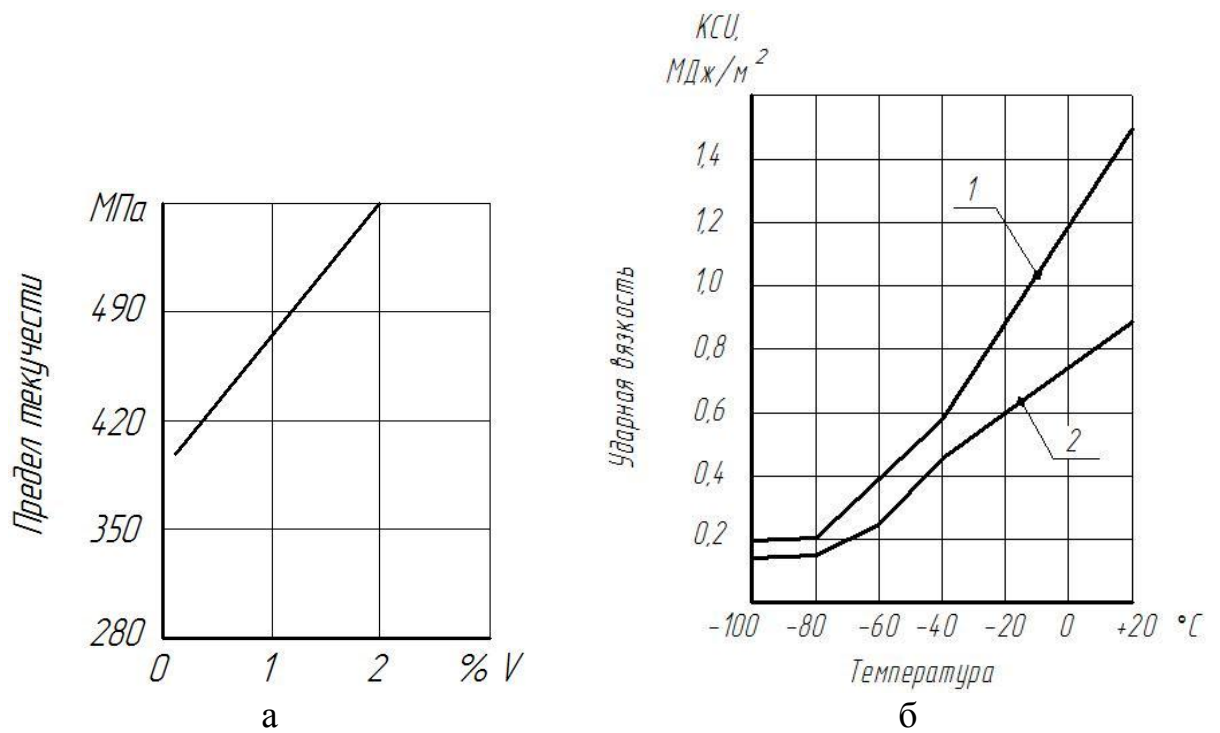


Рис. 3, а. Влияние ванадия на предел текучести (а) и на величину ударной вязкости (б): 1 – сталь, содержащая 0,25 % V; 2 – 0,35 % V

Можно сделать вывод о том, что введение в марганцевые стали ванадия в количествах более 0,25 % оправдано, если необходимо обеспечить высокую износостойкость детали, работающей без значительных ударных нагрузок.

Титан. Содержание в высокомарганцевой стали титана в количествах 0,1–1,0 % не приводит к заметному повышению механических свойств (рис. 4, а). При содержании более 0,6 % Ti заметно ухудшение пластичности марганцевой стали. Влияние титана на ударную вязкость так же негативно (рис. 4, б) [1].

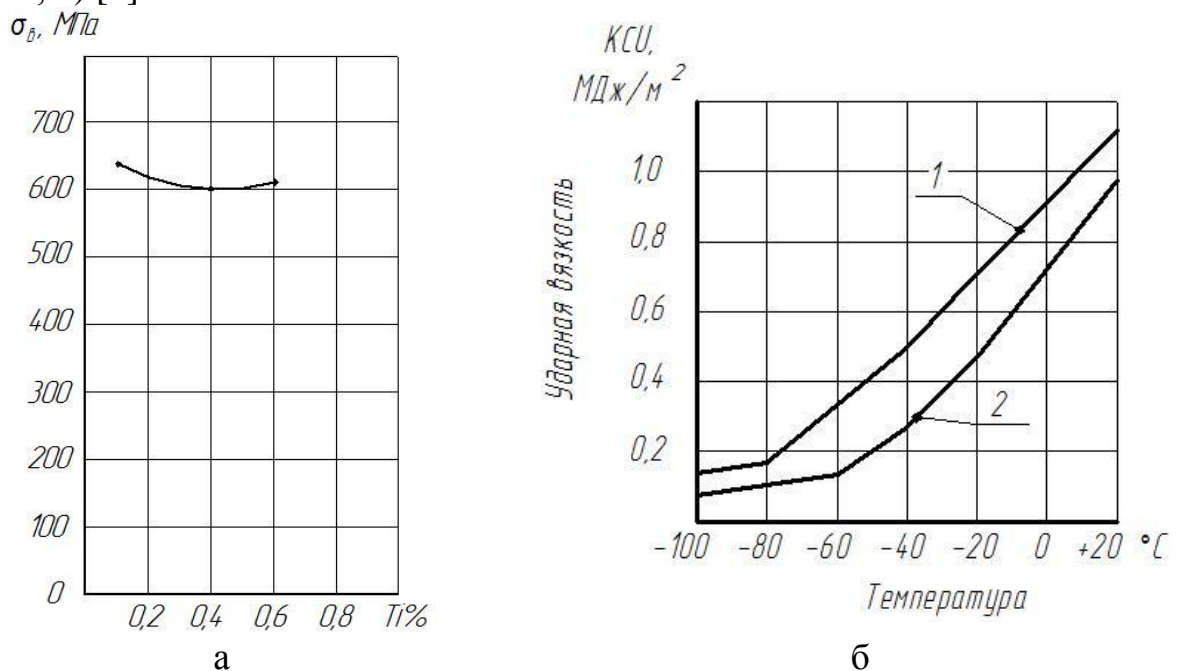


Рис. 4 б. Влияние титана на предел прочности (а) и ударную вязкость (б): 1 – сталь с содержанием 0,10 % Ti; 2 – 0,40% Ti

Исходя из этого, легирование высокомарганцевой стали титаном, в количествах превышающих 0,15 %, не даёт существенных преимуществ в отношении сопротивления изнашиванию. Однако существуют данные [4], о том, что введение титана в сравнительно малых количествах (не более 0,10 %) оказывает положительное влияние на свойства и износостойкость стали Гадфильда.

Никель почти не оказывает влияния на прочность и предел текучести высокомарганцевой стали. При комнатной температуре увеличение количества никеля снижает ударную вязкость (рис. 5, а) [1].

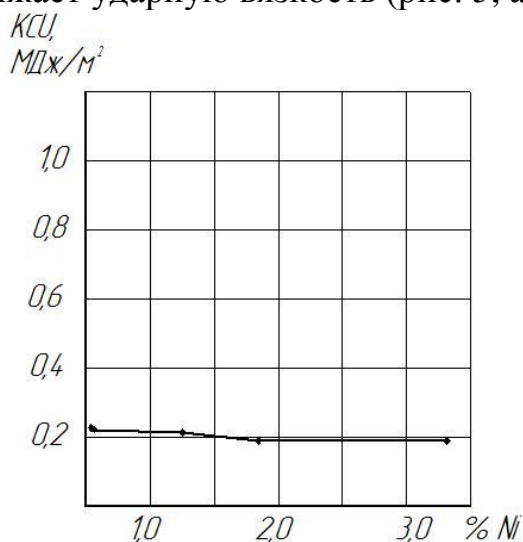


Рис. 5. Влияние никеля на ударную вязкость марганцевой стали

Его положительное влияние на ударную вязкость проявляется только при пониженных температурах. При температуре $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ среднее значение ударной вязкости составляет 80–85 % от соответствующих значений при комнатной температуре [1]. Такое влияние Ni, при комнатной температуре, на понижение ударной вязкости обусловлено тем, что никель затрудняет растворимость углерода в аустените и способствует устойчивости аустенитной структуры.

Легирование стали никелем в количестве $\sim 3\text{ }\%$ целесообразно при пониженном содержании в стали углерода (0,6–0,9 %). В таких условиях никель обеспечивает вязкость и прочность, присущие обычной высокомарганцевой стали, а так же уменьшает выделение карбидов при нагреве.

Азот при введении его в сталь в больших количествах играет роль легирующего элемента. Его влияние на свойства марганцевой стали может быть как положительным, так и отрицательным, в зависимости от состава и назначения металла.

Азот характеризуется тем, что является сильным γ -стабилизатором и имея малые размеры атома, внедряется в кристаллическую решетку железа, почти в 2,5 раза больше чем углерод упрочняя сталь [2].

Растворимость азота в марганце значительно выше, чем в железе, поэтому с увеличением концентрации азота в сплаве, в нём будет возрастать растворимость азота (рис. 6) [2].

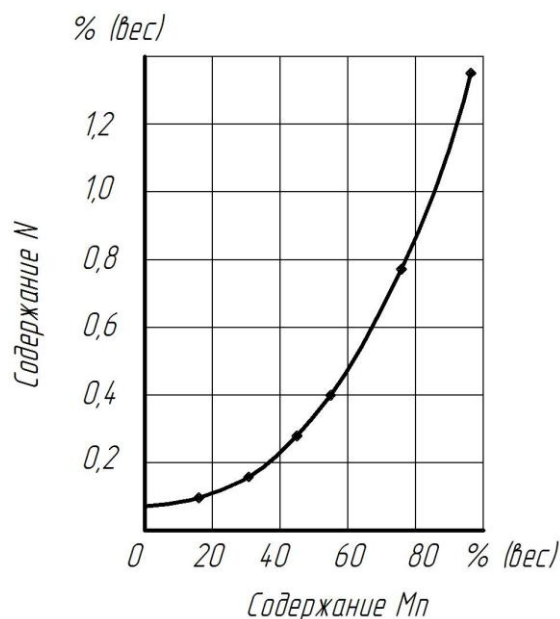


Рис. 6. Растворимость азота в жидких железомарганцевых сплавах при температуре 1550 °С

Из графика видно, что при температуре 1550° С растворимость азота в железомарганцовистом сплаве резко увеличивается с изменением соотношения количества железа и марганца в нём. Кроме того, растворимость азота в марганце увеличивается при введении ванадия, хрома и др. [2], достигая 0,3 %.

Данный легирующий элемент так же оказывает положительное влияние на наклёпываемость высокомарганцовистой стали. Это обуславливается тем, что наклёпываемость стали, увеличивающаяся с повышением содержания растворенного в решётке γ -Fe углерода, будет увеличиваться ещё больше при наличии в ней азота, что соответственно увеличит и износостойкость стали (~12–15 %).

Положительного улучшения механических свойств материала можно получить при одновременном введении хрома и азота (рис.7) [2].

Видно, что азот в износостойкой стали в присутствии хрома значительно повышают предел текучести и предел прочности, при этом пластичность стали не снижается. Так же такое сочетание легирующих элементов несколько увеличивает ударную вязкость марганцовистой стали.

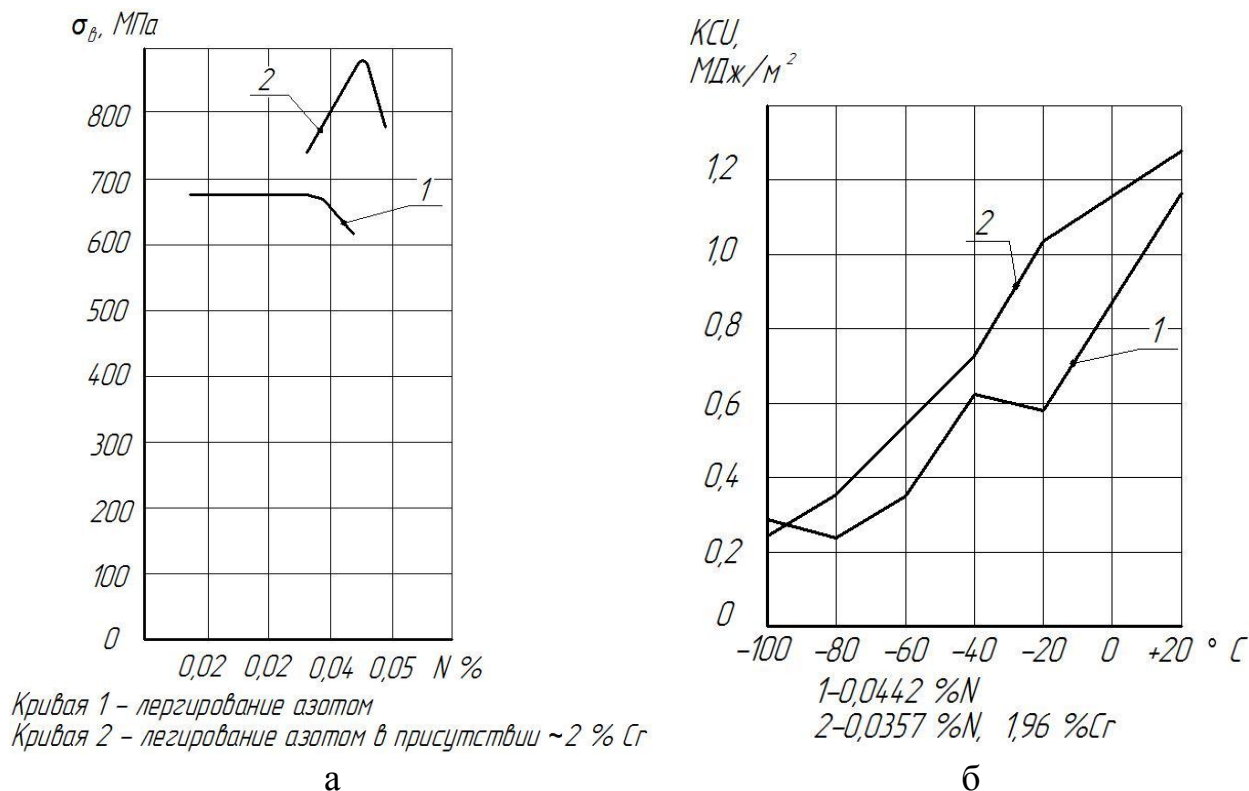


Рис. 7. Механические характеристики (а) и ударная вязкость износостойкой стали (б), легированной: 1 – азотом; 2 – азотом и хромом

Таким образом, для повышения прочностных характеристик высокоуглеродистые износостойкие стали целесообразно легировать хромом от 1,0 до 3,0 %, титаном от 0,10 до 0,15 %, ванадием от 0,25 до 2,5 %, никелем от 1,5 до 3,0 % и при содержании Cr ~2,0 % – азотом в количестве до 0,04 %.

Библиографический список

1. Власов, В.И. Литая высокомарганцовистая сталь/ В.И. Власов, Е.Ф. Комолова. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. лит., 1963. – 196 с.
2. Гарост, А. И. Железоуглеродистые стали и сплавы: структурообразование и свойства / А. И. Гарост. – Минск.: Белорус. Наука. 2010. – 252 с.
3. Мирзаев, Д. А.. Влияние металлургических факторов на механические свойства высокомарганцовистых сталей / Д. А. Мирзаев., Ю.Д. Корягин., К. Ю. Окишев. // Известия Челябинского Научного Центра, вып. 3. 1999.
4. Волынова, Т. Ф. Высокомарганцовистые стали и сплавы / Т. Ф. Волынова. – М. : Металлургия, 1988. – 341 с.