

Лабораторная работа № 8

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА УГЛЕРОДА И ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: ознакомить студентов с влиянием количества углерода, постоянных примесей и легирующих элементов на свойства сталей.

Оборудование и материалы: образцы углеродистых и легированных конструкционных сталей, лабораторная тигельная печь, закалочная ванна, полировально-шлифовальная машина, микроскоп металлографический, реактивы для травления микрошлифов, прессы определения твердости по методам Бринелля и Роквелла.

Теоретическая часть

Стали — сложные по составу железо-углеродистые сплавы. Кроме железа и углерода — основных компонентов, а также возможных легирующих элементов, стали содержат некоторое количество постоянных и случайных примесей, влияющих на их свойства.

Углерод, концентрация которого в конструкционных сталях в основном достигает 0,8 %, оказывает определяющее влияние на их свойства. Степень его влияния зависит от структурного состояния стали и ее термической обработки.

После отжига углеродистые конструкционные стали имеют ферритно-перлитную структуру, состоящую из двух фаз — феррита и цементита. Количество цементита, который отличается высокой твердостью и хрупкостью, увеличивается пропорционально концентрации углерода. В связи с этим, по мере повышения содержания углерода, возрастают прочность и твердость, но снижаются пластичность и вязкость (рис. 1).

Кроме того, углерод заметно повышает верхний порог хладноломкости, расширяя тем самым температурный интервал перехода стали в хрупкое состояние (рис. 2). Каждая 0,1%С повышает верхнюю границу этого перехода примерно на 20 °С. При 0,4%С порог хладноломкости равен 0°С, при большей концентрации углерода эта температура достигает 20°С; такие стали менее надежны в работе.

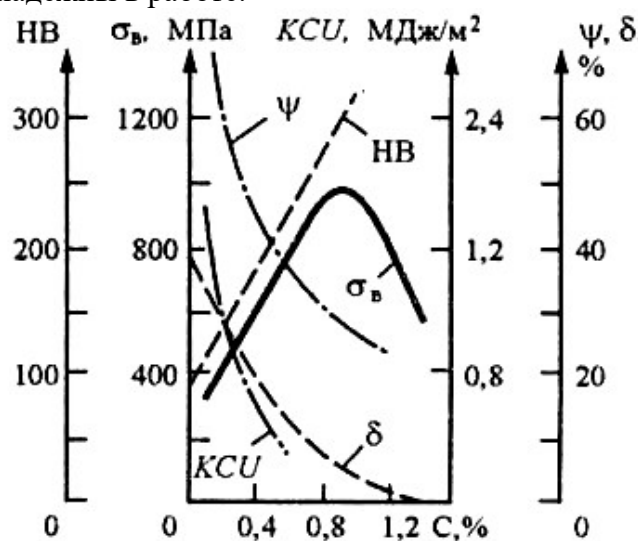


Рис. 1. Влияние углерода на механические свойства сталей

Влияние углерода еще более значительно при неравновесной структуре стали. После закалки на мартенсит временное сопротивление сталей интенсивно возрастет по мере

увеличения содержания углерода и достигает максимума при 0,4 % С. При низком отпуске механические свойства сталей полностью определяются концентрацией углерода в твердом растворе.

Углерод изменяет и технологические свойства стали. При увеличении его содержания снижается способность сталей деформироваться в горячем и, особенно, в холодном состояниях, затрудняется свариваемость.

Постоянные примеси в стали: Mn, Si, S, P, а также газы O_2 , N_2 , H_2 .

Марганец — полезная примесь; вводится в сталь для раскисления и остается в ней в количестве 0,3...0,8 %. Марганец уменьшает вредное влияние серы и кислорода.

Кремний — полезная примесь; вводится в сталь в качестве активного раскислителя и остается в ней в количестве до 0,4%, оказывая упрочняющее действие.

Сера — вредная примесь, вызывающая красноломкость стали — хрупкость при горячей обработке давлением. В стали она находится в виде сульфидов. Красноломкость связана с наличием сульфидов FeS, которые образуют с железом эвтектику, отличающуюся низкой температурой плавления (988°C) и располагающуюся по границам зерен. При горячей деформации границы зерен оплавляются, и сталь хрупко разрушается.

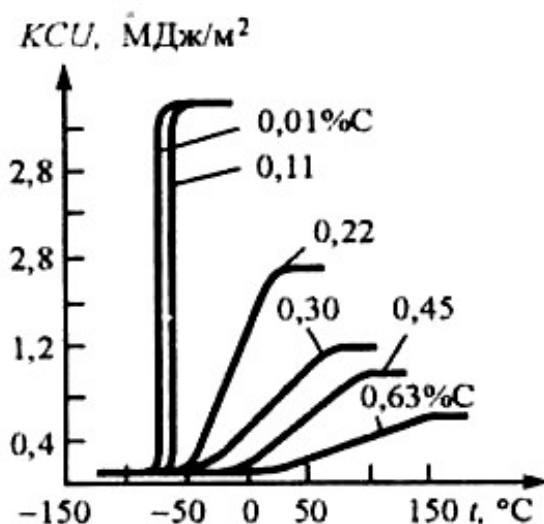


Рис. 2. Влияние содержания углерода на хладноломкость сталей

От красноломкости сталь предохраняет марганец, который связывает серу в сульфид MnS , исключая образование легкоплавкой эвтектики.

Устраняя красноломкость, сульфид MnS , так же как и другие неметаллические включения (оксиды, нитриды и т.п.), служат концентраторами напряжений, снижают пластичность и вязкость сталей. Содержание серы в стали строго ограничивают. Положительное влияние серы проявляется лишь в улучшении обрабатываемости резанием.

Фосфор — вредная примесь. Он растворяется в феррите, упрочняет его, но вызывает хладноломкость — снижение вязкости по мере понижения температуры. Сильное охрупчивающее действие фосфора выражается в повышении порога хладноломкости (рис. 3). Каждая 0,01 % P повышает порог хладноломкости на 25 °C. Хрупкость стали, вызываемая фосфором, тем выше, чем больше в ней углерода.

Фосфор — крайне нежелательная примесь в конструкционных сталях. Современные методы выплавки и переплавки не обеспечивают его полного удаления, поэтому основной путь его снижения — повышение качества шихты.

Кислород, азот и водород — вредные скрытые примеси. Их влияние наиболее сильно проявляется в снижении пластичности и повышении склонности стали к хрупкому разрушению.

Кислород и азот растворяются в феррите в ничтожно малом количестве и загрязняют сталь неметаллическими включениями (оксидами, нитридами). Кислородные включения способствуют красно- и хладноломкости, снижают прочность. Повышенное содержание азота вызывает деформационное старение. Атомы азота в холодно деформированной стали скапливаются на дислокациях, образуя атмосферы Коттрелла, которые блокируют дислокации. Сталь упрочняется, становится малопластичной. Старение особенно нежелательно для листовой стали ($< 0,1\%$ С), предназначенной для холодной штамповки. Последствия старения — разрывы при штамповке или образование на поверхности листов полос скольжения, затрудняющих их отделку.

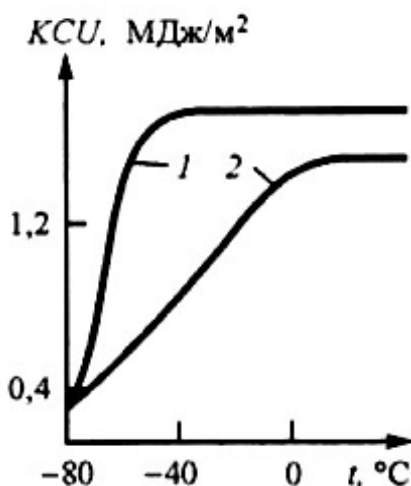


Рис. 3. Влияние фосфора на хладноломкость стали:
1 — 0,008 % P; 2 — 0,06 % P

Водород находится в твердом растворе или скапливается в порах и на дислокациях. Хрупкость, обусловленная водородом, проявляется тем резче, чем выше прочность материала и меньше его растворимость в кристаллической решетке. Наиболее сильное охрупчивание наблюдается в закаленных сталях с мартенситной структурой и совсем отсутствует в аустенитных сталях.

Повышенное содержание водорода при выплавке стали может приводить к флокенам. Флокенами называют внутренние надрывы, образующиеся в результате высоких давлений, которые развивает водород, выделяющийся при охлаждении в поры вследствие понижения растворимости. Флокены в изломе имеют вид белых пятен, а на поверхности — мелких трещин. Этот дефект обычно встречается в крупных поковках хромистых и хромоникелевых сталей. Для его предупреждения стали после горячей деформации медленно охлаждают или длительно выдерживают при 250°C. При этих условиях водород, имеющий большую скорость диффузии, не скапливается в порах, а удаляется из стали.

Наводороживание и охрупчивание стали возможны при травлении в кислотах, нанесении гальванических покрытий и работе в водородсодержащих газовых средах.

Случайные примеси — элементы, попадающие в сталь из вторичного сырья или руд отдельных месторождений. Из скрапа в стали попадает сурьма, олово и ряд других цветных металлов. Стали, выплавленные из уральских руд, содержат медь, из керченских — мышьяк. Случайные примеси в большинстве случаев оказывают отрицательное влияние на вязкость и пластичность сталей.

Контрольные вопросы

1. Как влияет углерод на механические свойства железо-углеродистых сплавов?
2. Как влияет количество углерода в стали на надежность детали и почему?
3. Что такое хладно- и красноломкость? Какие элементы на них влияют?
4. Каково влияние кислорода, азота и водорода на свойства сталей?
5. Как влияют углерод и легирующие элементы на закаливаемость стали?
6. Как влияют углерод и легирующие элементы на прокаливаемость стали?