рольными – после обычной термической обработки. Показано также, что защитное влияние исследуемых процессов химико-термической обработки в значительной мере зависит от марки стали.

УДК 669.14.018.25

Е.И.Бельский, Н.С.Траймак, В.А.Стасюлевич

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЛЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАЛОСТИ

Исследования в работе проведены на углеродистых сталях. Температура закалки определена на основании литературных сведений. Отпуск проведен на твердость, приближенную к рекомендуемым при термоусталостных испытаниях штамповым материалам. Режимы термообработки и значения твердости представлены в табл. 1.

Параметры термоциклирования задавались в диапазоне температур: нагрев до 600°С, охлаждение до 100°С.

Таблица 1

Содержание углерода, %	0,2	0,4	0,8	1,0	1,3
Температура закалки, °С	890—920	840—860	770—790	770—790	770—790
Температура отпуска, °С	200	300	500	500	500
Твердость, HRC	33	42	34	35	43

Таблица 2

Марка стали	Температура закалки, °С	Температура отпуска, °С	Твердость HRC	Количество циклов	Глубина трещин, мм
4ХСМФ	900—920	550	48,5	800	0,28
5ХНМ	860—880	550	45	800	0,64
7Х3	830—860	500	39,5	600	0,63

В качестве показателей сопротивления сталей термоусталостному разрушению приняты: количество циклов до появления первых трещин, средняя их глубина. Проведен также металлографический анализ поверхностей термоциклирования.

В результате выполненных исследований установлено, что снижение разгаростойкости происходит при изменении концентрации углерода в интервале 0,2...0,6%. Увеличение содержания углерода сверх 0,8% приводит к заметному повышению сопротивления сталей термической усталости (рис. 1). При этом наблюдается минимум разгаростойкости по двум показателям , который соответствует 0,4...0,6% углерода для первого и 0,6... ...0,8% – для второго.

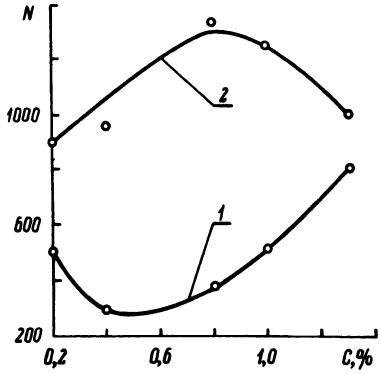

Рис. 1. Влияние углерода на разгаростойкость:

1 – количество циклов; 2 – средняя глубина трещин.

Металлографический анализ показал, что при низком содержании углерода в стали усталостные трещины преимущественно распространяются по ферритной составляющей структуры. Увеличение доли перлита в структуре уменьшает интенсивность развития трещин. Однако в определенном интервале концентрации углерода (сталь 40) зарождение и развитие трещин происходит по границам раздела перлитной и ферритной составляющих, что способствует снижению разгаростойкости стали.

Наиболее благоприятной в данных условиях является полностью перлитная структура. Наличие избыточной карбидной фазы, равномерно расположенной в структуре, при увеличении содержания углерода приводит к дополнительному повышению сопротивления термоусталости. Однако наиболее крупные карбидные частицы, расположенные по границам зерен, являются причиной зарождения усталостных трещин. Это в свою очередь снижает разгаростойкость.

Сочетание высоких показателей твердости и прочности с удовлетворительной пластичностью, а также наличие однородной структуры являются причиной повышения термоусталостного сопротивления сталей с высоким содержанием углерода.

Для более широкого анализа влияния углерода испытан ряд традиционных штамповых сталей. Режимы термообработки и показатели разгаростойкости представлены в табл. 2.

По степени легирования данные стали находятся примерно на одном уровне. В результате влияния легирующих элементов (хром, молибден, никель, кремний) повышается разгаростойкость, а увеличение содержания углерода в стали снижает ее. Это видно из сравнения сопротивления термоусталостному разрушению сталей 5ХНМ и 4ХСМФ, глубина трещин в первом случае значительно возрастает.

В то же время характер разрушения сталей 7Х3 более благоприятен в сравнение с 5ХНМ, хотя трещины у первой появляются несколько раньше. В подтверждение этому использован дополнительный показатель – средняя плотность трещин на единицу поверхности. Установлено, что для стали 7Х3 он равен 8,8 1/мм^2, а 5ХНМ – 4,3 1/мм^2. Учитывая опыт производственных наблюдений (благоприятным является разрушение с более плотной сеткой разгарных трещин), преимущество в сопротивлении термической усталости стали с высоким содержанием углерода 7Х3 в сравнении с 5ХНМ можно считать бесспорным.

На основании полученных результатов предполагаем, что разгаростойкость легированных сталей в зависимости от содержания углерода изменяется аналогично разгаростойкости углеродистых. Присутствие легирующих элементов изменяет степень непосредственного влияния углерода и сдвигает минимум разгаростойкости в сторону уменьшения его содержания.

УДК 621.74:669.141.25

А.П.Дубко, В.В.Кузьмин, А.С.Чаус

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ СЛИТКА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА

Экономия дорогостоящей и дефицитной быстрорежущей стали является весьма актуальным вопросом. Однако существующая в настоящее время практика производства режущего инструмента является далеко несовершенной в экономическом отношении. Основная масса режущего инструмента производится из проката. При этом потери составляют около 70% выплавляемой стали и только 30% используется в виде инструмента. Применение литого инструмента позволяет уменьшить эти потери до 15–30% [1]. Однако литой инструмент пока еще производится в ограниченном количестве. Литая сталь имеет характерную структуру с эвтектической сеткой карбидов по границам зерен. Поэтому прочность и вязкость литой стали – пониженные.