

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЯ ЗА СЧЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Ткаченко Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Используемые на предприятиях методы упрочнения стальных изделий науглероживанием поверхностного слоя с последующим объемным упрочнением, являются традиционными и общепринятыми. Цементации подвергают низкоуглеродистые (0,1...0,2 %) и низколегированные стали, которые имеют не высокую закаливаемость и прокаливаемость. Цементация сталей проводят в газовых и порошковых средах, а также в вакууме. Данные технологические процессы объединяет общая температура (950 °С) и последующая закалка (с повторного нагрева) с низким отпускком (180 °С). В результате изделия приобретают твердую (58...63 HRC) поверхность и вязкую (80 Дж/см²) сердцевину, устойчивую к ударным нагрузкам. Цементации отдают предпочтение при производстве наиболее нагруженных деталей машин – зубчатых колес, валов-шестерен, крупногабаритных колец подшипников, шарниров синхронного хода и других.

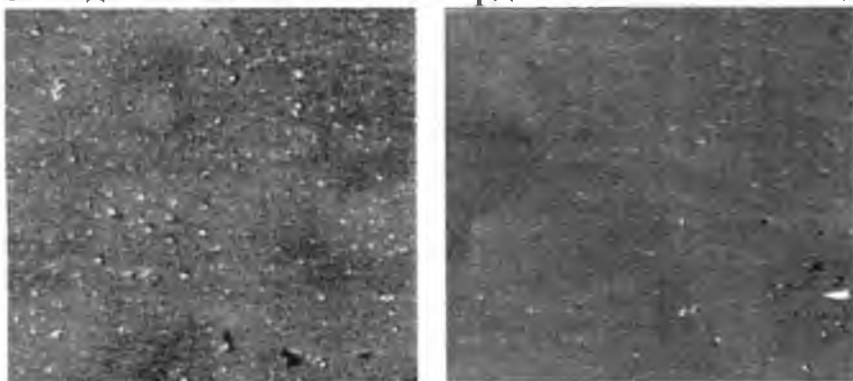
Использование сталей легированных карбидообразующими элементами позволяет в течение длительной выдержки в науглероживающем газе (с углеродным потенциалом 0,8...1,0 %) формировать в слое избыточные карбиды. Образованные карбиды повышают износостойкость (до 3 раз) и контактную выносливость (0,5...0,8 раз). Однако температура (950 °С), длительность выдержки (более 5 часов) и высокий углеродный потенциал (1 %) приводят к браку по структуре цементованного слоя. Качество слоя резко снижается из-за укрупнения зерна (слоя и сердцевины), образования сетки цементита, большого количества остаточного аустенита (25 %), окисления легирующих элементов и образования трооститной сетки. Вследствие этого низкая твердость, вязкость слоя и сердцевины изделия. Данные недостатки структуры не всегда устраняются закалкой с повторного нагрева.

Перспективным методом термического упрочнения цементуемых сталей является термоциклическая обработка (ТЦО). Исследования и практический опыт показали эффективность использования метода ТЦО для понижения порога хладноломкости, повышения прочности, пластичности, вязкости и других эксплуатационных свойств стали.

Автором были выполнены исследования по структурообразованию диффузионного слоя и сердцевины, стальных образцов (сталь 40Х) подвергнутых, цементации в стационарных условиях с последующей ТЦО. Образцы стали 40Х насыщали при 900±50 °С и выдерживали в течение 7 часов. При такой обработке на поверхности образцов формировался диффузионный слой с заэвтектидной концентрацией углерода (0,9...1,0 %). Последующая термическая обработка образцов представляла собой многократную фазовую

перекристаллизацию, заключающуюся в скоростном индукционном нагреве (30...60 °С/с) выше точки $A_{с3}$ на 50 °С с последующим охлаждением на спокойном воздухе (3...5 °С/с) до температуры полного распада аустенита (ниже A_{r1} на 50 °С). В последнем цикле охлаждение проводили в масле. Количество циклов от 1 до 4.

Было установлено, что в диффузионном слое образуется мелкоигольчатый мартенсит (4...8 мкм), а в сердцевине стального образца – 8...12 мкм. Диспергирование мартенситной структуры обусловлено многократными фазовыми переходами, способствующими новообразованию, измельчению цементита (с 15 мкм до 2 мкм) в диффузионном слое. В результате площадь цементитной фазы (рис. 1) в диффузионном слое заметно больше (4 цикла), нежели в цементованном слое после стационарного режима насыщения (без последующей ТЦО). Увеличение дисперсности структур (цементит, мартенсит) сопровождается повышением твердости слоя с 60 HRC до 66 HRC (сталь 40X).



а; ?400

б; ?400

а – циклическая ТО, закалка; б – закалка

Рисунок 1 – Растровая микроскопия диффузионного слоя стали 40X

Ударная вязкость образцов с увеличением количества циклов ТЦО повышалась. Закаленные и отпущенные на мартенсит образцы стали показали сопротивление разрушению в 35 ± 3 Дж/см². Отпущенные на троостит образцы показали значительный прирост вязкости 60 ± 3 Дж/см².

Таким образом циклический индукционный нагрев после цементации:

- измельчает зерно аустенита, что приводит формированию мелкоигольчатого мартенсита (4...8 мкм);
- вызывает увеличение количества карбидной фазы в диффузионном слое в 3 раза;
- увеличивает дисперсность карбидной фазы (менее 2 мкм);
- повышает ударную вязкость диффузионного слоя, и сердцевины изделия из среднеуглеродистой стали в 2...2,5 раза;
- твердость возрастает с 60 HRC до 66 HRC.

Стандартная термическая обработка низкоуглеродистых сталей после цементации обеспечивает твердость слоя 60 HRC, вязкость разрушения сердцевины изделия до 80 Дж/см² и остаточный аустенит 25 %.