

## Особенности индукционного циклического нагрева конструкционных сталей

Ткаченко Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Широко используемые процессы термической и химико-термической обработки металлов и сплавов, основанные на однократном нагреве и охлаждении, наиболее распространены в промышленном производстве. Недостатком стационарных процессов является их ограниченное влияние на микро- и субструктуру материала, а, следовательно, на комплекс эксплуатационных свойств готового изделия.

Термоциклический нагрев основан на чередовании стадий повышения температуры и ее снижения до заданной величины, которые могут повторяться с разной интенсивностью и частотой. Изменение температуры нагрева в течение цикла закалки, отжига предоставляет дополнительные источники воздействия на структуру: термические и фазовые напряжения, микропластическая деформация, фазовая перекристаллизация.

Перечисленные факторы позволяют получить мелкозернистый материал (10 и более баллов) с минимальными структурными и термическими напряжениями. Уменьшение напряженного состояния достигается релаксацией микронапряжений путем микропластической деформации зерен аустенита. По этой причине ударная вязкость образцов стали после термоциклической обработки выше, чем у аналогичного мелкозернистого материала после индукционной закалки и отпуска.

Установленной особенностью индукционного циклического нагрева является то, что в диапазоне скоростей нагрева (30...40 °С/с) и охлаждения (5...10 °С/с) имеется ограничение по числу циклов (не более 5 циклов). В структуре низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей наблюдается формирование разнотернистой структуры в поверхностном слое, а в сердцевине образуется развитая полигональная структура.

При циклической цементации появляются дополнительные карбиды в каждом цикле охлаждения, в результате площадь карбидной фазы заметно больше, нежели в стационарном режиме насыщения. Средняя величина карбидной фазы составляет от 2 мкм, что повышает твердость закаленного диффузионного слоя до 66 HRC. Циклический нагрев перед закалкой и низким отпуском позволяет повысить ударную вязкость мартенситной структуры стали 45 от 35 Дж/см<sup>2</sup> до 65 Дж/см<sup>2</sup>. Излом стали мелкокристаллический фарфоровидный.