

**Индукционная термоциклическая обработка  
в режиме многократной смены температур**

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. Процесс термоциклирования основан на чередовании стадий нагрева и охлаждения, которые могут повторяться с разной интенсивностью в количестве от двух и более раз. В отличие от стандартных методов при циклическом нагреве появляются дополнительные источники воздействия на структуру: непрерывное изменение температуры, градиент температуры по сечению, многократные фазовые превращения, структурные и термические напряжения.

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

При изучении структурообразования при индукционном циклическом нагреве было установлено, что индукционная циклическая обработка (2 и более циклов) измельчает перегретую структуру 5 баллов до 9 (сталь 20) и 13 (сталь 45) баллов. 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.

Следует отметить, что индукционная термоциклическая обработка в диапазоне скоростей нагрева (30...40 °С/с) и охлаждения (5...10 °С/с) имеет ограничение по числу циклов (не более 5 циклов). В структуре низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей наблюдается формирование разнотермической структуры. Такая структура характерна для материала, в котором наблюдается стадия вторичной рекристаллизации. Крупные зерна в структуре приводят к охрупчиванию и снижению ударной вязкости.