

**Упрочнение поверхностных слоев деталей машин с использованием  
высокоэнергетического нагрева токами высокой частоты**

Студент гр. 104216 Рысенков А.И.

Научный руководитель – Константинов В.М.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Целью настоящей работы является установление взаимосвязи режимов высокоэнергетического нагрева токами высокой частоты через численные значения параметров термических циклов с глубиной упрочнения.

Эксплуатация многих деталей машин происходит в условиях многофакторного внешнего воздействия. Одним из условий повышения эксплуатационных свойств таких деталей является формирование в поверхностном слое, как наиболее нагруженном, структуры с высокой прочностью и вязкостью. Поэтому поверхностная закалка по-прежнему остается одним из приоритетных методов упрочнения поверхностных слоев деталей машин. Следует отметить, что наиболее распространенным способом поверхностной закалки являлась закалка токами высокой частоты (ТВЧ). Практически каждое промышленное предприятие имело термический участок, оснащенный генераторами ТВЧ. Однако возникновение новых концентрированных источников энергии (лазер, плазма, электронный луч) несколько снизили интерес к закалке ТВЧ.

Дальнейшее совершенствование технологии индукционной термообработки привело к возникновению нового способа, названного авторами высокоэнергетический нагрев токами высокой частоты (ВЭНТВЧ). Данный способ позволяет реализовать удельные мощности нагрева при непрерывно-последовательном способе порядка  $300 \text{ МВт/м}^2$ , при импульсном режиме – до  $500 \text{ МВт/м}^2$ .

Процесс упрочнения металла проводился методом ВЭНТВЧ (без оплавления) поверхностного слоя стали 45. Диапазон исследуемых режимов: удельная мощность – до  $3,0 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$ , скорость движения источника – до  $100 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ , размер источника – (1,2...2,4) мм, с использованием принудительного охлаждения. В качестве источника энергии применён генератор ВЧГ 6/0,44 (частота тока 440000 Гц, глубина проникновения тока в горячий металл – 0,76 мм).

Процесс ВЭНТВЧ осуществляется с высокими скоростями порядка нескольких десятков и даже сотен тысяч градусов Цельсия в секунду. Это затрудняет экспериментальное определение численных значений параметров термических циклов, поэтому было проведено численное моделирование температурных полей и структурно-фазовых превращений в стали 45 при действии объемного источника тепла, что является методом, упрощающим проведение исследований, так как позволяет теоретически предсказать результаты проведения опыта.

Посредством численного моделирования температурных полей и структурно-фазовых превращений в материале при упрочнении ВЭНТВЧ была установлена связь температурно-временной характеристики, реализуемой в поверхностном слое, с режимами обработки с одной стороны и глубиной и твердостью упрочненного слоя с другой стороны.

Для практического использования результатов предложена интегральная температурно-временная характеристика, упрощающая процедуру назначения режимов упрочнения.