

## Гибридные процессы термического упрочнения материалов на металлической основе

Лущик П.Е., Рафальский И.В., Руленков А.Д., Девойно О.Г., Пилипчук А.П.  
Белорусский национальный технический университет

Рассмотрены технологии термического упрочнения поверхности материалов на металлической основе. Сравняются области применения, преимущества и недостатки существующих и новых методов термического упрочнения. Предлагается акцентировать внимание на исследовании гибридных процессов, сочетающих объемную термическую обработку материалов с последующей термической обработкой поверхности для увеличения стойкости к ударным воздействиям.

Развитие методов термического упрочнения поверхности привели к значительному росту исследований металлических материалов с градиентом структуры и свойств, обеспечивающим возможность существенного повышения их функциональности и промышленного применения [1, 2]. Технологии поверхностного термического упрочнения, такие как плазменная, электронно-лучевая и лазерная обработка обычно используются для улучшения таких свойств изделий, как поверхностная твердость, усталостная прочность и износостойкость. Сочетание высокой твердости и износостойкости поверхности наряду с высокими прочностными и пластическими свойствами подповерхностного слоя и металлической основы изделия обеспечивает повышенную стойкость материала против поломки при ударных нагрузках, что особенно важно для таких деталей, как зубчатый венец шестерни, подшипники, валы, турбины, детали сельскохозяйственной техники, трансмиссии автомобилей и др.

Применение термического упрочнения рабочей поверхности методами высокоэнергетической закалки существенно повышает эксплуатационные характеристики и долговечность деталей и инструмента, изготовленных из недорогих, низколегированных сплавов, прежде всего, конструкционных углеродистых, рессорно-пружинных, инструментальных сталей без изменения их химического состава. Термическая поверхностная закалка сталей, как правило, приводит к формированию мелкозернистых закалочных структур мартенситного типа и возникновению сжимающих остаточных напряжений на поверхности, что снижает вероятность возникновения трещин и помогает остановить их распространение на границе раздела «поверхностный слой - металлическая основа».

Использование высокоэнергетических технологий термического упрочнения поверхности не исключает применение методов традиционной объемной термической обработки металлических материалов. Комплексное (гибридное) применение процессов объемной и поверхностной термической обработки обеспечивает дополнительные возможности повышения не только твердости и износостойкости, но и существенного повышения ударной вязкости и прочностных свойств материала. Совмещение процессов объемного нагрева деталей с высокоэнергетической обработкой поверхности непосредственно в процессе поверхностного упрочнения также представляет определенный научный и практический интерес при использовании углеродистых сталей, сплавов на основе алюминия, меди, титана.

### Литература

1. Liu, J. Recent development of thermally assisted surface hardening techniques: A review / J.Liu, C.Ye, Y.Dong // *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*. – 2021. – Vol.2, Article 100006. – 21 p.
2. Babu, P.D. Laser surface hardening: A review / P. D. Babu, K.R. Balasubramanian // *Int. J. Surface Science and Engineering*. – 2011. – Vol. 5, No. 2/3. – pp.131-151.