

МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМ СОЛНЕЧНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Сулейманов С.Х., Бугаков А.Г., Таджиев Т.Р.

Институт материаловедения НПО “Физика-Солнце” АН РУз, sultan@physic.uzsci.net

Под модификацией поверхности понимается направленное изменение свойств тонкого поверхностного слоя без изменения свойств базового материала. Известно, что нарушение эксплуатационных характеристик конструктивных элементов в большинстве случаев связано с состоянием их поверхности. Например, коррозионные и усталостные трещины развиваются с поверхности, образование задиров и схватывание при изнашивании определяются (наряду с условиями трения) свойствами поверхностных слоев пары трения и т.д. Это объясняет усиленный исследовательский и практический интерес к получению металлических материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками (износостойкостью, коррозионной устойчивостью, фрикционными свойствами и т.д.) посредством поверхностного энергетического воздействия.

В настоящее время известны различные методы термохимической, механической или термической модификации поверхностей металлов. Термические методы модификации включают в себя лучистый нагрев лазерным и концентрированным солнечным излучениями. Концентрированное солнечное излучение выгодно отличается от лазерного в процессах упрочнения поверхности. Широкий спектральный диапазон $0.3 \div 2.5$ мкм, многократно превышающая площадь фокального пятна, экологичность и природная возобновляемость происхождения убирают ограничения присущие лазерной термообработке. Отметим, что число работ, посвященных поверхностному упрочнению металлов солнечным излучением, на удивление, крайне мало по сравнению с лазерным упрочнением.

Например, в статье [1] исследована возможность поверхностного упрочнения неперетачиваемых пластин из твердых сплавов марок ВК8 и Т15К6 (с- и без покрытий из TiN) путем термообработки солнечной энергией на воздухе и в вакууме. Показано что, кратковременная ($5 \div 20$ сек) поверхностная обработка на солнечной печи ($170 \div 250$ Вт/см²) позволяет значительно (в $1.7 \div 4.5$ раза) увеличить стойкость режущего инструмента из этих сплавов.

В работе [2] исследуется возможность упрочнения поверхности титанового сплава Ti6Al4V излучением от концентрирующей установки с ксеноновой лампой. Лампа оснащена эллипсоидным отражателем. Экспериментально установлено, что на поверхности образцов твердость повышается до значений $1000 \div 1200$ HV при нагрузке 1 Н. Тогда как на глубине $25 \div 30$ мкм твердость соответствует первоначальной $250 \div 300$ HV необработанного образца.

В работе [3] показан пример использования концентрированного солнечного излучения для модификации поверхности стали. Использовалась 2 кВт солнечная печь из гелиостата и параболического зеркала с диаметром миделя 2 м. Исследовались образцы углеродистой стали, содержание углерода 0.55 %. Оценочная плотность потока энергии 1300 Вт/см². Исследовались режимы неподвижного образца и сканирования образца относительно фокусного пятна. Выявлено, что после термовоздействия на поверхности всех образцов регистрируется твердость величиной 1000 HV_{0.2}. Глубина приповерхностного участка с этой твердостью зависит от длительности облучения: от 0.6 мм до 1.1 мм для 2 сек и 4 сек соответственно, и от 0.4 мм до 1.15 мм для скорости сканирования 6.7 мм/сек и 4.2 мм/сек. Твердость непрерывно изменяется от 1000 HV_{0.2} на поверхности до значения 200 HV_{0.2} на глубине модифицированного поверхностного слоя.

В нашем случае модификация поверхности металлов осуществляется кратковременным, интенсивным нагревом концентрированным солнечным излучением и последующим быстрым охлаждением. Нагрев осуществляют на воздухе или в инертной среде с оплавлением или без оплавления поверхности, при необходимости с добавлением легирующих добавок [4].

Настоящая работа посвящена исследованию возможностей упрочнения поверхности сталей концентрированным солнечным излучением.

Эксперименты проводились на малой солнечной печи с вертикальной оптической осью, состоящей из гелиостата и параболического зеркала с диаметром миделя 3 м. Использовалась реакционная камера с объемом $\sim 7 \cdot 10^3$ см³ на базе оптически высокопрозрачной кварцевой трубы. Внутри камеры размещены подвижная платформа, защитная водоохлаждающая диафрагма. Конструкция камеры позволяет проводить

облучение образцов на воздухе, в атмосфере инертного газа и в вакууме. Процесс термообработки непрерывно контролируется термопарами, привариваемых вблизи облучаемой поверхности и на обратном торце образца. Динамика нагрева и охлаждения фиксировалась при помощи компьютерной системы регистрации. При облучении образцов на воздухе без кварцевой трубы, температура поверхности образцов дополнительно контролировалась инфракрасным пирометром КТ-19 СPECTRA. Плотность потока энергии в фокальном пятне измерялась градуированным радиометром. Эксперименты проводились при потоках $800 \div 900 \text{ Вт/см}^2$. Перед облучением образцы подвергались стандартной химической обработке для придания поверхности необходимой чистоты и гладкости.

Исследовались процессы упрочнения поверхности стали инструментальной штамповочной X12Ф1 (содержание углерода $1.25 \div 1.45 \%$). Образцы цилиндрической формы с диаметром 25 мм и высотой 10 мм . Облучение торца образцов проводилось на воздухе. Поверхность нагревалась в интервале $900 \div 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ в зависимости от длительности импульса облучения $15 \div 25 \text{ сек}$. Охлаждение образцов – самопроизвольное на воздухе и закалка в масло при комнатной температуре.

Эксперименты показали изменение значений твердости поверхности от температуры нагрева. Зависимости имели вид куполообразной кривой со значениями твердости (по Роквеллу) $55 \div 57 \text{ HRC}$ на краях температурного интервала. Максимальное значение твердости $64 \div 66 \text{ HRC}$ достигалось при температуре нагрева $\sim 1100 \text{ }^\circ\text{C}$. По сравнению с начальной твердостью 20 HRC необлученного материала, приобретаемая твердость поверхности в условиях проведенных экспериментов увеличилась в среднем в 3 раза. Вместе с этим, в экспериментах не выявлена чувствительность к среде охлаждения. При закалке в масло или охлаждении на воздухе отмечались сходные результаты. Надо отметить, что при стандартной термообработке [5] – объемный двухстадийный нагрев в термической печи до $1030 \div 1050 \text{ }^\circ\text{C}$, закалка в масло – твердость повышалась до значений $\sim 61 \text{ HRC}$. Таким образом, налицо преимущество солнечной технологии в двух факторах: повышение значений твердости и значительное сокращение длительности процесса. При этом модификации подвергается только поверхностный слой без изменения всего объема металла, как в традиционных методах

упрочнения.

Полученные результаты подтверждают перспективность упрочнения поверхности металлов посредством концентрированного солнечного излучения. Необходимо продолжение исследований, в частности, термообработка в атмосфере азота и закалка с большой скоростью в жидкий азот.

Литература

1. Л.А. Иващенко, Г.В. Русаков, В.В. Пасичный и др. Нанесение упрочняющих покрытий на твердосплавный инструмент с использованием гелиоустановок // "Порошковая металлургия". 1989, №1. с.75-80.
2. C. Rodrigues, I. Garcia, J.J. de Damborenea, A.J. Vazquez. Characterisation of an arc xenon lamp and its application to titanium nitride synthesis // Solar Energy Materials and Solar Cells. v.45. 1997. pp.185-197.
3. A. Ferriel. Surface solar treatment of materials under high solar flux densities: Two examples on a small-scale facility // Journal of Physics. IV. France. 1999. v.9. pt.3. pp.4-416.
4. Сулейманов С.Х., Бугаков А.Г. Патент Узбекистана № IDP 04709 от 18.11.1999 "Метод модификации металлических материалов".
5. Инструментальные стали: Справочник // Гуляев А.П., Малинина К.Н., Саверина С.М. 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва: Машиностроение, 1975, с.272.