

УДК 621.785

## ТЕРМООБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Грузд К.С., Тибеж Я.В.

Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

В настоящее время лазеры находят широкое применение в технике и технологиях. Одним из важных направлений использования лазеров является лазерная модификация поверхности металла, называемая также лазерной закалкой [1]. Металлы характеризуются очень высоким коэффициентом поглощения света, вследствие чего глубина проникновения света в металлы обычно не превышает 0,1 мкм и оказывается тем меньше, чем больше длина световой волны [2]. Значительная часть энергии лазерного пучка может отражаться от поверхности металла, причем эта доля тем больше, чем выше электропроводность металла. В металлах с очень высокой проводимостью, таких как натрий, доля отраженного света может достигать 99,8%, однако в металлах с худшей проводимостью, например, в железе и его сплавах доля отраженного света составляет лишь 30-40% [2], остальное излучение поглощается в очень тонком поверхностном слое металла. Указанные особенности взаимодействия лазерного излучения с поверхностью стали можно использовать для модификации свойств поверхностного слоя стальной детали, т.е. для лазерной закалки. Лазерная закалка позволяет модифицировать свойства металла в тонком поверхностном слое и существенно отличается от других методов обработки. Важным преимуществом лазерной закалки является отсутствие деформации и коробления детали вследствие малой толщины модифицированного слоя и малого времени воздействия. В зависимости от параметров пучка лазерного излучения и режимов обработки тепловое воздействие можно изменять в широких пределах. Это позволяет подбирать режимы обработки, которые позволяют придать материалу правильную структуру и наделить его требуемыми свойствами.

Смысл процесса термообработки лазерным излучением состоит в высокоскоростном нагреве наружного слоя материала световым лучом большой интенсивности до температуры фазового перехода или более высоких температур с дальнейшим самостоятельным охлаждением этого слоя за счёт теплоотвода в глубь материала. Резкое повышение температуры в зоне воздействия и быстрое охлаждение возможны благодаря высокой интенсивности лазерного пучка и малой длительности лазерного импульса. После достижения температуры фазового перехода в металле происходят изменения, вследствие которых аустенитная фаза превращается в твердую, износостойкую мартенситную фазу [1]. В случае же расплавления поверхностного слоя его быстрое охлаждение может приводить к аморфизации,

которая сопровождается существенным повышением твердости, износостойкости и долговечности обработанной детали [3]. Из результатов, полученных работе [4] методом молекулярно-динамического моделирования следует, что при скорости охлаждения металла  $10^{12}$  К/с формируется поликристаллическая структура металла, а при дальнейшем увеличении скорости охлаждения до  $10^{13}$  К/с формируется практически аморфная матрица. Таким образом, для аморфизации поверхностного слоя металла критически важным является скорость охлаждения полученного расплава.

В данной работе методом компьютерного моделирования исследовался процесс лазерной термообработки поверхности стальной детали, и оценивалась скорость охлаждения расплавленного слоя в зависимости от длительности лазерного импульса. Было рассмотрено несколько случаев нагрева поверхности стальной пластины лазером при разной интенсивности и длительности импульсов. Интенсивность излучения подбиралась таким образом, чтобы происходило расплавление тонкого поверхностного слоя. После чего оценивалась скорость остывания при температурах близких к температуре плавления. При использовании лазерного импульса длительностью  $t_u \sim 10^{-9}$  с скорость остывания при температурах в области 1780 К составила  $\sim 7,5 \cdot 10^{11}$  К/с, что недостаточно для получения аморфного слоя [4]. При длительности лазерного импульса  $t_u \sim 10^{-12}$  с скорость остывания металла на поверхности детали составляет уже  $\sim 7,5 \cdot 10^{12}$  К/с, что вплотную приближается к значению  $10^{13}$  К/с и означает, что в этом случае на поверхности детали возможно формирование аморфного слоя металла.

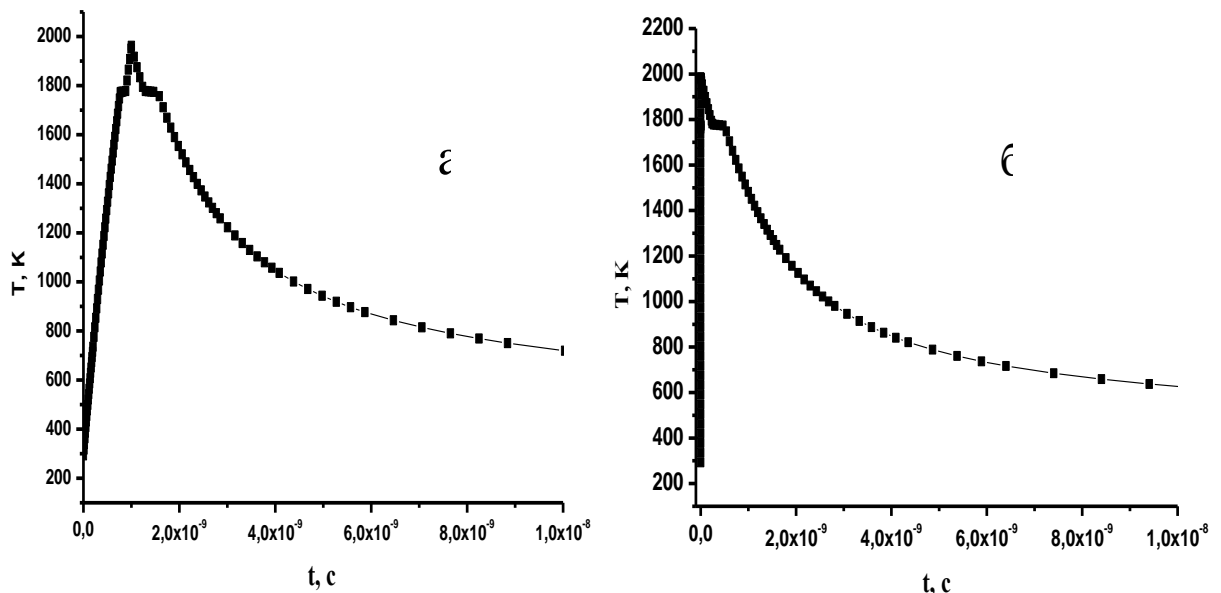


Рис.1 Динамика изменения температуры на поверхности стальной детали при её обработке лазерными импульсами разной длительности:  $t_u \sim 10^{-9}$  с (а) и  $t_u \sim 10^{-12}$  с (б).

### *Литература*

1. Лазерная закалка металла: Современная технология обработки поверхности для улучшения характеристик деталей [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://laserstore.ru/blog/lazernaya-zakalka-metalla/>.
2. Энциклопедия по машиностроению. Поглощение света в металлах [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/639945/>.
3. Энциклопедия по машиностроению. Аморфизация лазерная [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/185769/>.
4. Рогачев С.А., Рогачев А.С., Алымов М.И. Оценка скорости стеклования чистых металлов с помощью молекулярно-динамического моделирования//Доклады Академии наук, т. 486, №2, с.168-172,2019.

УДК: 53.06 + 53.7 +53.08

### **ПРАКТИЧЕСКИЙ ВКЛАД В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Литвиненко Е.А., Гунич А.С.

Научный руководитель – Блинкова Н.Г. к. пед.н., доцент

Данная работа продиктована стремлением людей найти методы и технологии, которые позволят экономно использовать энергию, вырабатываемую на электростанциях. В связи с постоянным ростом тарифов на электроэнергию все более актуальной становится возможность ограничить затраты на ее оплату. Используя устройство преобразования солнечной энергии в электрическую, можно сэкономить потребление электроэнергии в быту. Для этого можно использовать солнечные батареи, снятые с отработавших свой срок калькуляторов.

Солнечные панели состоят из фотоэлектрических ячеек, запакованных в общую рамку. Каждая из них сделана из полупроводникового материала, например, кремния, который чаще всего используется в солнечных батареях. Когда лучи падают на полупроводник, тот нагревается, частично поглощая их энергию. Приток энергии высвобождает электроны внутри полупроводника. К фотоэлементу прилагается электрическое поле, которое направляет свободные электроны, заставляя их двигаться в определенном направлении. Этот поток электронов и образует электрический ток. Если приложить металлические контакты к верху и к низу фотоэлемента, можно направить полученный ток по проводам и использовать его для работы