

ми из ПГМГГХ, содержащими AgCl и нанодисперсное серебро, до (а) и после (б) выдержки в водоеме в течение 4 мес.

Фотографии свидетельствуют о формировании на незащищенной поверхности силикатной керамики биопленки обрастания. Сравнительный анализ представленных структур позволяет сделать вывод о том, что нанесение композиционной пленки позволяет защитить материал от вредного биологического воздействия окружающей среды.

Таким образом, на данном этапе работы показана принципиальная возможность создания на поверхности силикатной керамики композиционной пленки, сформированной из растворов соединений ПГМГГХ и серебра, обладающей выраженными антимикробными свойствами.

Литература

1. *Воинцева, И. И.* Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы / И. И. Воинцева, П. И. Гембицкий. – М.: ЛКМ-пресс, 2009. – 304 с.
2. Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 68, 2007.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ ОПТОВОЛОКОННЫМ ЛАЗЕРОМ

П. В. Веремей, О. Г. Девойно, И. П. Филонов

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь,
тел/факс: (+375 17) 293-92-23, e-mail: scvdmed@bntu.by*

В настоящее время в области машиностроения остро стоит задача обеспечения равноресурсности работы деталей и узлов машин и механизмов. Так называемое «узкое место» стремятся «расширить», например, дополнительной упрочняющей обработкой деталей, так как она позволяет использовать широкораспро-

сторонние недорогие материалы (конструкционную сталь и чугун). К упрочняющим технологиям следует отнести термическую и химикотермическую обработку (ТО и ХТО), обработку поверхностным пластическим деформированием (ППД) и их комбинации. Актуальным направлением развития технологий упрочняющей обработки является использование высококонцентрированных источников энергии, в частности волоконных лазеров для поверхностной термической обработки металлов и сплавов [1,2].

Однако существуют некоторые ограничения при использовании современных мощных волоконных лазеров: ширина упрочняемой зоны, качество поверхности после лазерного воздействия и другие. Достаточная ширина дорожки закалки (5–6 мм) достигается при применении сканирующей лазерной головки оригинальной конструкции, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

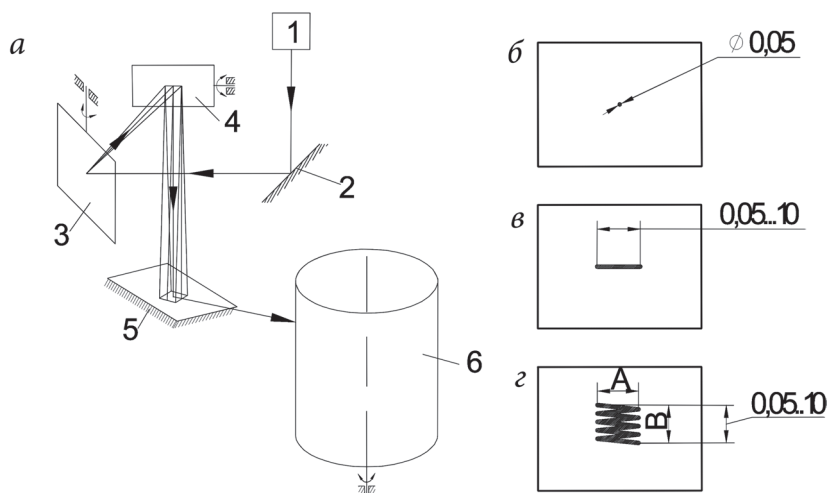


Рис. 1. Система сканирования лазерного луча по пятну: а – схема транспортировки лазерного луча от источника излучения 1 через неподвижные (2 и 5) и сканирующие (3 и 4) зеркала на деталь 6; б – вид лазерного пятна на зеркалах 2 и 3; в – вид пятна на зеркале 4; з – вид пятна на зеркале 5 и заготовке 6

Основная цель лазерной закалки сканирующим лучом – это повышение износостойкости закаленного слоя без изменения исходной микрогеометрии поверхности. Износостойкость зависит в первую очередь от микротвердости и глубины упрочненного слоя. Исследования влияния режимов обработки на микротвердость и глубину упрочненного слоя приведены ниже.

Образцы (пластины, сталь 45, размеры $120 \times 20 \times 8$, исходная шероховатость $Ra5$, исходная микротвердость 1950–2160 МПа) закалялись на комплексе лазерной термической обработки ЛС-2 на РУП «МТЗ» (г. Минск). Исследования микротвердости и глубины упрочненного слоя проводились на микротвердомере ПМТ-3.

На рис. 2 показана микроструктура образцов после лазерной закалки.

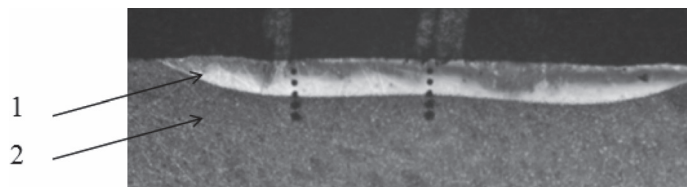


Рис. 2. Внешний вид упрочненной зоны стали 45 при 25-кратном увеличении: 1 – упрочненная зона (мартенсит закалки); 2 – основной металл (перлитно-графитная смесь)

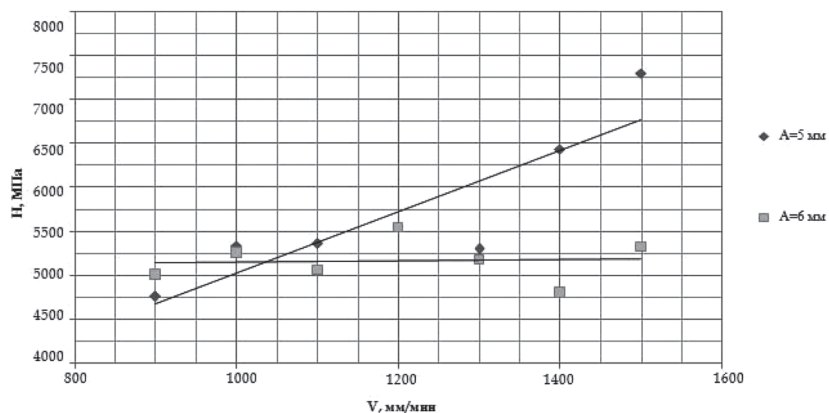


Рис. 3. График зависимости микротвердости упрочненного слоя от скорости поперечного перемещения пятна в процессе лазерной закалки

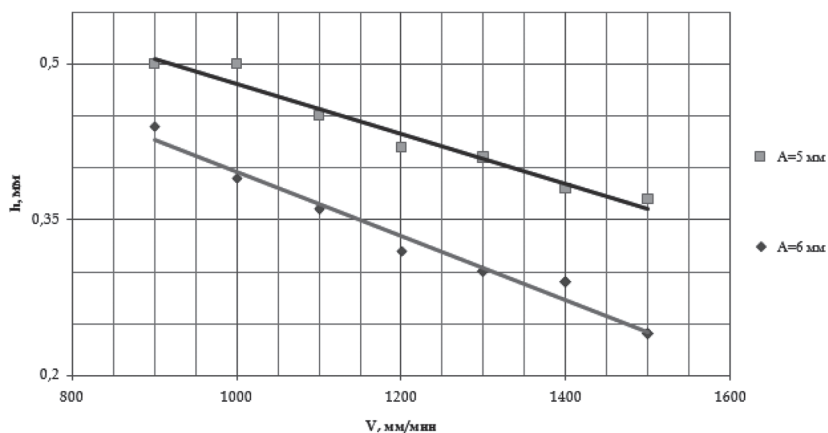


Рис. 4. График зависимости глубины упрочненного слоя от скорости поперечного перемещения лазера в процессе закалки

На рис. 3 и 4 отображены зависимости микротвердости и глубины дорожек для стали 45 от скорости поперечного перемещения V пятна заделки. Закалка проводилась при следующих режимах: мощность излучения составляла $P = 700$ Вт, частота сканирования $f = 220$ Гц.

Немаловажной при закалке является также и тепловая задача, решение которой в общем виде сводится к уравнению распределения

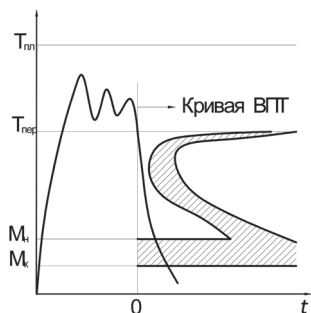


Рис. 5. Общий принцип лазерной закалки сканирующим лучом

теплоты при быстродвижущемся источнике определенного сечения в пластине [3]. Общий принцип лазерной закалки сканирующим лучом можно пояснить с помощью рис. 5. График зависимости температуры от времени является сочетанием циклов нагрева и охлаждения, наложенных на традиционную кривую время–температура–охлаждение (ВТО).

Ряд режимов лазерной закалки сканирующим излучением был смоделирован при помощи программного про-

дукта Comsol, конкретнее, с помощью модуля теплообмена (Heat Transfer Module). Модуль включает в себя расчет и моделирование процессов теплообмена всеми механизмами – конвекцией, теплопроводностью и излучением, а также возможность связи с другими физическими модулями. Результат распределения температур для режима $P = 700$ Вт, $V = 1400$ мм/мин, $f = 220$ Гц, $A = 6$ мм для стали 45 по сечениям приведен на рис. 6.

Полученная модель хорошо описывает процесс лазерной заковки сканирующим излучением в узких пределах. При более широком диапазоне скоростей заковки и частот сканирования наблюдаются значительные отклонения от экспериментальных значений, что может быть связано с тем, что процессы, происходящие в зоне обработки, можно считать приложенными к полубесконечному телу.

Таким образом, воздействуя на поверхность деталей из стали 45 сканирующим лазерным излуче-

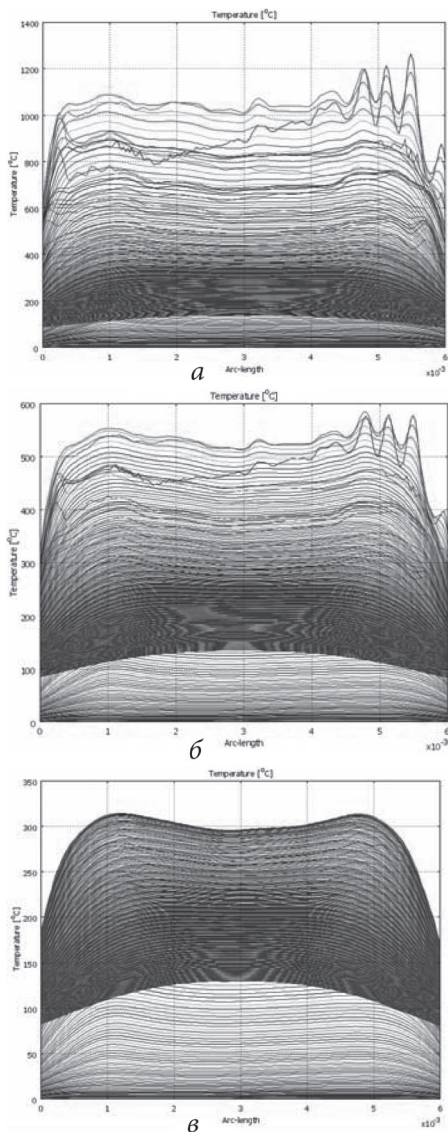


Рис. 6. Распределение температур по сечению образца при лазерной заковке сканирующим лучом; *a* – на поверхности; *б* – на глубине 0,3 мм; *в* – на глубине 0,5 мм

нием, можно добиться значительного повышения микротвердости закаленного слоя (до 6500–7000 МПа) при его глубине 0,2–0,4 мм.

Математическая модель процесса лазерной закалки сканирующим излучением с допущениями о нагреве полубесконечного тела наиболее близко подходит для описания теплофизических процессов, происходящих в стали 45.

Литература

1. Скрипченко, А. И. Так закалялась сталь, или Тестирование процесса закалки сталей излучением волоконных лазеров / А. И. Скрипченко, В. М. Медвецкий, В. Попов // РИТМ. – 2007. – Окт. – С. 52–53.
2. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 663 с.
3. Лазерная и электроннолучевая обработка материалов: справочник / Н. Н. Рыкалин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТОРМОЖЕНИЯ

**А. П. ГАРШИН¹, А. С. Нилов², В. И. Кулик²,
В. В. Савич³, А. А. Дмитриевич³, Д. И. Сарока³**

*¹СПбГПУ, Санкт-Петербург, Россия,
тел.: (812) 656-11-74; e-mail: apgarshin@gmail.com*

²БГТУ «ВОЕНМЕХ», Санкт-Петербург, Россия

³Институт порошковой металлургии, Минск, Беларусь

Тормозная система является одной из важнейших систем всех видов транспорта, включая и автомобильный. Элементы тормозных систем автомобильного транспорта должны обеспечивать долговременность срока эксплуатации, независимость трибологических характеристик от температурных и погодных условий,