

УДК 621.375

ПЕРСПЕКТИВЫ ЛАЗЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ БЫСТРОИЗНАШИВАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В. С. ГОЛУБЕВ, И. И. ВЕГЕРА, А. Н. ДАВИДОВИЧ, И. А. РОМАНЧУК
Физико-технический институт НАН Беларуси, Беларусь

Изучались закономерности формирования структуры и свойств ряда углеродистых, среднелегированных сталей и высокопрочного чугуна при лазерной поверхностной обработке. Приведены примеры применения лазерных технологий к некоторым быстроизнашивающимся деталям рабочих органов с/х машин.

Современным предприятиям в условиях все возрастающей конкуренции и требований к качеству выпускаемой продукции необходима разработка новых материалов и технологий для комплексного решения проблем повышения надежности и срока службы машин и механизмов, придания металлическим изделиям специальных свойств, таких как повышение прочности, износостойкости, коррозионной и термостойкости, надежности и т.п. В этих целях зачастую целесообразно использовать технологии лазерной поверхностной обработки [1–3]. В настоящее время лазерные технологии прочно заняли свои позиции в промышленности ведущих стран мира. Применение технологических лазеров обусловлено возможностями сфокусированного лазерного излучения: бесконтактность и локальность воздействия, минимальная зона термического влияния, высокие скорости нагрева и охлаждения, снижение уровня остаточных напряжений, сведение к минимуму коробления, повышение дисперсности структуры и т.д.

В данной работе изучалась возможность упрочнения с использованием лазерных технологий (закалка, модифицирование, легирование) наиболее распространенных и широко используемых марок сталей типа ст. 35, У8, 60ПП, 40Х, 9ХС, ХВГ, 51CrV4, высокопрочного чугуна ВЧ 50 и др. Образцы сталей были закалены и отпущены по рекомендованным режимам с использованием печного нагрева. В их исходной структуре присутствовал отпущенный мартенсит с некоторым количеством остаточного аустенита, твердость составляла 45–60 HRC. При лазерном модифицировании предварительно на образцы указанных сталей шликерным методом

наносили порошок износостойкого состава, содержащего карбиды вольфрама, хрома, бориды и другие тугоплавкие соединения. Поверхностную обработку проводили с использованием CO_2 – лазера непрерывного действия «КОМЕТА-2».

Показано, что лазерная обработка (закалка) высокопрочного чугуна приводит к формированию слоистых структур на поверхности. Можно выделить зоны оплавления, термического влияния, а также переходные слои, содержащие смесь структур смежных зон. Быстрая кристаллизация расплава приводит к измельчению структурных составляющих, что обеспечивает повышенную твердость (~ до 60–68 HRC), причем без образования трещин. Дополнительным фактором повышения эксплуатационных характеристик является перекристаллизация пересыщенных твердых растворов аустенита, нагретых выше A_{c1} (в зоне термического влияния), что увеличивает глубину упрочненного слоя. В условиях данных экспериментов при лазерной обработке дисперсность структурных составляющих была выше, чем после плазменного воздействия. При этом глубина упрочненных слоев составляла порядка 0,5–0,8 мм, а микротвердость – до 11 000 МПа.

При лазерной поверхностной обработке типичных углеродистых и среднелегированных сталей с целью повышения прочности и износостойкости происходит трансформация структур в соответствии и диаграммой состояния Fe-C. Образуются слои, в которых присутствуют структурные составляющие в соответствии с содержанием углерода в сплаве при закалке их от температур выше A_{C1} и охлаждении ниже нее, с переходными зонами между слоями со структурными составляющими смежных областей. В износостойком наплавленном (модифицированном) слое присутствует матричный твердый раствор с тугоплавкими карбидными, оксидными, боридными и другими упрочняющими частицами. Толщина наплавки, протяженность образованных слоев, морфология, количественный состав, дисперсность структурных составляющих в получаемых слоях существенно зависят от параметров лазерной обработки, исходного состояния структуры сталей внутри изделия и на поверхности, от чего в свою очередь зависят работоспособность и долговечность упрочняемых изделий.

Лазерное легирование из обмазок в свою очередь увеличивает многообразие возможных структур легированных слоев по сравнению с традиционными способами химико-термической обработки. Химическим составом слоя, его микротвердостью и однородностью можно управлять путем регулирования следующих основных параметров обработки: типа

и толщины легирующей обмазки, фракционного состава используемого порошка, рода окружающей газовой среды, геометрии фокусировки лазерного излучения, мощности и скорости сканирования луча. Отмечено, что образующаяся в зоне расплава мартенситная структура при увеличивающейся скорости обработки становится все более дисперсной. Показано, что род атмосферы влияет не только на геометрические размеры зон легирования, но также и на дисперсность формируемой структуры. Если обработка осуществлялась с малым фокусным пятном и с применением аргона, то при стандартных скоростях обработки получается, в зависимости от вида легирующего материала, достаточно тонкоигольчатая или мелкоглобулярная структура. Микротвердость в зоне легирования могла достигать 13 000–18 000 МПа, при этом в зоне легирования могли быть полностью исключены такие дефекты, как поры и трещины.

Лазерная технология упрочнения была апробирована для различного рода ножей и дисков. Для модифицирования, например, ножей кормоуборочных комбайнов использовался метод предварительного нанесения и последующего лазерного оплавления износостойкого покрытия.

По результатам исследований предложены марки сталей (60ПП, 30ХГСА, 9ХФ...) и покрытий для изготовления деталей ножей типа: измельчителей кормоуборочных машин, РСК, ИРК, косилок, кукурузных жаток, дообрезки ботвы, дисков сеялок и борон, работающих при отличающихся условиях с целью достижения необходимого уровня эксплуатационных характеристик.

На основе проведенных мероприятий разработаны технологические процессы лазерного поверхностного упрочнения указанных деталей. Оптимизация указанных процессов проводилась по следующим направлениям: подготовка поверхности деталей, скоростные режимы лазерной обработки, режимы охлаждения деталей в процессе лазерной обработки, влияние режимов термического отпуска деталей.

Для большинства деталей осуществлены полевые испытания, а для ножей кормоуборочного комбайна «JAGUAR 840», ротационных косилок КРН-2.1, дообрезки ботвы свеклоуборочного комбайна КСН-6, сегментных ножей кукурузных жаток «CHAMPION 360» и ПКК-02 с участием БелМИС выполнены приемочные полевые испытания. В конечном итоге установлено, что ресурс работы изготовленных по разработанной технологии ножей комбайна «JAGUAR 840», кукурузной жатки «CHAMPION 360» и ротационных косилок на наших полях может не только не уступать зарубежным аналогам, например, немецких фирм «Lund», «Kemper» и «Krone»,

но и их превосходить. При этом ресурс работы изготовленных ножей ко-силков в 2-3 раза выше, чем у серийно выпускаемых предприятиями нашей республики. Сделан вывод, что организация выпуска упрочненных деталей позволит получить значительный экономический эффект по линии им-портозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астапчик, С.А. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке / С.А. Астапчик, В.С. Голубев, А.Г. Маклаков. – Минск : Беларус. навука, 2008. – 252 с.
2. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2010. – 320 с.
3. Инновационные технологии при изготовлении конкурентоспособных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / Г.Ф. Бетенья [и др.] // Вестн. БарГУ. Сер. Технические науки. – 2014. – Вып. 2. – С. 86–94.