

**ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ****Плохотин Н.В.****научный руководитель канд. техн. наук Мозговой Н.И.***Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

Увеличение износостойкости готовых изделий одна из основных актуальных проблем в машиностроении. Одним из технологических решений является упрочнение поверхностного слоя изделия за счёт изменения его структуры. Упрочнение поверхности может быть достигнуто различными методами: химико-термическим, плазменным, лазерным, здесь мы рассмотрим лазерное упрочнение. Физико-механические свойства поверхностных слоев, упрочненных лазерным излучением, связаны с высокими скоростями нагрева и охлаждения. Упрочнение материалов лазерным излучением основано на локальном нагреве участка поверхности под воздействием излучения и последующем охлаждении этого поверхностного участка с высокой скоростью в результате теплоотвода тепла во внутренние слои металла. Эти условия обеспечивают высокие скорости нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностных участков. В результате специфических тепловых процессов на поверхности обрабатываемых деталей возникает мелкодисперсная приповерхностная структура. На обрабатываемой детали образуется своеобразная скорлупа с повышенными прочностными характеристиками. Важнейшим преимуществом этой технологии является то, что поверхностное термоупрочнение на глубину 0,1 – 0,5 мм осуществляется за счет структурно-фазовых изменений поверхностных слоев исходного материала путем управляемого воздействия на обрабатываемую поверхность готовой детали лазерным излучением специализированного для этой технологии лазера без какой-либо наплавки, без оплавления поверхности, без нарушения макро- и микрогеометрии и, соответственно, без необходимости какой-либо последующей обработки. Широкое применение лазерная поверхностная обработка находит для повышения долговечности, надежности деталей различных машин и приборов во многих отраслях промышленности: химическом машиностроении, автомобильной промышленности, судостроении, авиастроении и т. д.

В качестве источника бомбардирования используется мощный твердотельный лазер. Эта технология отчасти похожа на плазменное напыление. Излучение от такого лазера обладает выдающимися показателями по энергии импульса и частоты «бомбардировки». Самые первые эксперименты по упрочению металлической поверхности лазером были проведены около 30 лет назад. Но с методом упрочнения при помощи стальных шариков, лазеры смогли конкурировать недавно, когда стали доступны действительно мощные лазерные источники энергии. В промышленности лазер для упрочнения поверхности впервые стали использовать при изготовлении турбинных лопаток для авиационной техники. Это тонкостенные детали сложной формы, поэтому более «деликатное» лазерное упрочнение для них стало предпочтительнее, чем стандартное упрочнение шариками. В настоящее время лазерное упрочнение уже используется не только в авиационной, но и передовой автомобильной (для обработки деталей шасси, коробки передач) и медицинской отраслях (упрочнение коленных и бедренных имплантатов). Важнейшим преимуществом этой технологии является то, что поверхностное термоупрочнение на глубину 0,5 – 0,8 мм осуществляется за счет структурно-фазовых изменений поверхностных слоев исходного материала путем тонко управляемого воздействия на упрочняемую поверхность окончательно изготовленной детали лазерным излучением

специализированного для этой технологии лазера без какой-либо наплавки, без оплавления поверхности, без нарушения макро- и микрогеометрии и, соответственно, без необходимости какой-либо последующей обработки.

Компания «Мегапром-М» провела исследования на лазерном комплексе при упрочнении кромок форм из серого чугуна СЧ-20 (ферритно-перлитный) твердость поверхностного слоя кромок повысилась в среднем с 174 НВ до 477 НВ, из чугуна ЧФ4 (ферритный) в среднем с 170 НВ до 532 НВ. Износостойкость повысилась в 3 – 5 раз. Съем стеклоизделий с одной формы после лазерного упрочнения кромок повысился, по сравнению с неупрочненной и не наплавленной формой, с 250-300 тыс. изделий до 800-1500 тыс. изделий (в зависимости от исходного материала). При упрочнении сталей Х12М, У8, ХВГ, 4Х5МФС, Х12Ф (для шгампов) получены твердости на уровне 60-64 и повышение износостойкости в 2,4-4,3 раза. При упрочнении стали колесной пары железнодорожного транспорта твердость повысилась с 293 НВ до 435 НВ. При упрочнении стали 20Г1ФЛ (надрессорная балка и боковая рама вагонной тележки) твердость повысилась в среднем с 190НВ до 311НВ. Износостойкость увеличилась в 3 раза. Благодаря возможности локального упрочнения только быстроизнашивающихся участков (а не всей детали), высокой линейной скорости обработки и автоматизации управления технологическим процессом, лазерное поверхностное термоупрочнение отличается от известных уже традиционных методов коротким технологическим циклом, оперативностью выполнения работ, относительно низкой удельной энерго-трудоматериалоемкостью и, соответственно, низкой стоимостью. Технология лазерного упрочнения может быть использована для повышения износостойкости режущих кромок вырубных шгампов, замков автосцепки, ножей гильотинных ножниц и промышленных мясорубок, шеек коленчатых валов, грейдерных и бульдозерных ножей, червяков экструзионных установок, плужных лемехов и многих других деталей, работающих в условиях интенсивного многофакторного износа. Экономическая эффективность и целесообразность применения этой новой технологии подтверждена многократно на практике на разных предприятиях. Услугами по лазерному упрочнению деталей на имеющемся комплексе воспользовались уже более 30-ти предприятий 9-ти регионов Российской Федерации: ОАО "Авиадвигатель" (г.Пермь), ОАО «Пермские моторы» (г.Пермь), ОАО «УралТрансМаш» (г.Екатеринбург) и ОАО «ОКБ «Новатор»» (г.Екатеринбург). Подавляющее большинство из них пользуются этой технологией на договорной основе регулярно. Данная технология была продемонстрирована на международной выставке «Стекло и современные технологии» и удостоена диплома. Технология лазерного упрочнения эффективно может быть использована для повышения износостойкости и ресурса деталей механизмов и машин по обработке грунта, песка, земли, щебня, горных пород и т. д., работающих в сложных условиях повышенного износа. Можно продолжить перечисление примеров практического лазерного упрочнения реальных деталей, но здесь отметим лишь еще одну важную область перспективного применения технологии лазерного упрочнения – это упрочнение быстроизнашивающихся поверхностей крупногабаритных дорогостоящих деталей ходовой части железнодорожного подвижного состава (надрессорных балок, боковых рам, колесных пар и т. д.).

Проведенные экспериментальные исследования образцов материалов упомянутых деталей и их исследование на трение показали повышение износостойкости в 1,7-2 раза. Причем удалось повысить износостойкость не только исходных материалов этих деталей, но также и поверхностей наплавленных слоев этих деталей после их механической обработки под чертежный размер. Это означает, что лазерное упрочнение можно применять для повышения эксплуатационного ресурса как новых, так и восстановленных наплавкой деталей. В том и другом случае значительно

сокращается потребность в приобретении новых дорогостоящих деталей для обеспечения того же объема грузоперевозок, а также простой в ремонте и стоимость ремонта вагонов, так как не при каждом плановом ремонте вагона необходимо будет ремонтировать ранее упрочненные детали.

Лазерное упрочнение невысокотвёрдого наплавленного слоя решает еще одну проблему, заключающуюся в том, что при наплавке изношенных поверхностей высокотвердыми наплавочными материалами возникает проблема механической обработки наплавленного слоя под чертежный размер детали. Эта проблема особенно остра в связи с изношенностью станочного парка вагоноремонтных депо и с дороговизной специального импортного режущего инструмента. Следует отметить, что лазерное упрочнение не снижает безопасность движения, т. к. структурно-фазовые изменения происходят только в поверхностных слоях на глубину не более 1 мм, не затрагивая при этом структуру и химсостав основной массы детали, не влияя на геометрические размеры и прочностные характеристики детали в целом. Кроме перечисленных здесь достаточно широких областей применения лазерного упрочнения, есть еще много других, где можно эффективно применить эту технологию, например, упрочнение шеек коленчатых валов, поверхностей гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, упрочнение поверхностей прокатных валков, различных валов и осей, сложных поверхностей фильер, червяков экструдеров, режущих кромок ножей промышленных и бытовых мясорубок, поверхностей натяжных колес гусеничных экскаваторов и тракторов, штоков амортизаторов большегрузных автомашин, трущихся поверхностей направляющих (в т. ч. чугунных) прессов и станков, поверхностей различных шаровых опор, дорожек качения подшипников, зубьев шестерен, зубьев ковшей экскаваторов и т.д., и т.д. Как видим, диапазон возможностей лазерного упрочнения очень широк как по материалам деталей, так и по их типоразмерам и назначению. Во всех этих и еще в разных других областях, внедрение оборудования и технологии лазерного упрочнения позволит получить хороший экономический эффект с быстрой окупаемостью затрат.

Сегодня разработчики решают задачу повышения производительности лазерного оборудования для упрочнения, для чего необходимо увеличивать частоту подачи импульсов. Эта задача решается одновременно с удешевлением конструкции, ведь подобное оборудование носит не только прикладной характер, но и общепромышленный. Некоторыми профильными институтами предпринимались попытки замены лазера с неодимовым стеклом на более дешёвые лазеры из группы Nd:YAG. Однако лучевая прочность кристаллов в таких лазерах относительно низкая, и поднять её пока не удаётся. Конструктивная особенность таких лазеров не позволяет встроить в них достаточный по размерам активный элемент. В результате многих опытов и изысканий по данной теме, наметилась тенденция, что один «суперпучок» с энергией в 50 Дж и более, который обрабатывает за один раз  $0,5 \text{ см}^2$ , целесообразнее заменить несколькими пучками, покрывающими всего  $1,5 \text{ мм}^2$ , но работающими намного интенсивнее. Такой путь позволяет многократно удешевить конструкцию, сделать её более производительной в условиях действующих производства. Если выйдет из строя один большой лазер, установка станет неработоспособной, а поломка маленького лазера в системе из десятков таких же, не особо отразится на работоспособности системы. Единственным недостатком, который может наблюдаться при использовании нескольких небольших лазерных пучков по сравнению с одним большим – возможная неоднородность распределения твёрдости по обрабатываемой поверхности (при обработке малыми пучками некоторые участки поверхности могут быть пропущены), однако эта проблема решается точным позиционированием каждого пучка и соответствующим контролем обработки. Именно на этом принципе

«распределения» и создаются сегодняшние лазеры для упрочнения металлических поверхностей. Конечно, сегодняшние лазерные установки для упрочнения являются скорее диковинкой для промышленности в целом. Они дороже традиционных систем с «бомбардировкой стальными шариками» и сложнее в обслуживании. Однако, старые системы невозможно модернизировать для получения более глубокого слоя обработки, а работа над лазерными упрочнителями продолжается, уже сегодня передовые образцы лазерных упрочнителей превзошли по параметрам обработки «шариковые» системы, и работа ведётся дальше. Разработчики утверждают, что когда ввод в эксплуатацию подобных систем на производственных участках примет массовый характер (предпосылки к этому уже есть), тогда и лазерное оборудование и его обслуживание будет не дороже привычных сейчас систем.