

вания (совмещенная экструзионно-прессовая технология (СЭПТ)). Получение изделий этим методом включает следующие основные стадии: подготовка материала для экструдирования (сушка, смешение и т.п.); экструдирование и подготовка необходимой дозы расплава полимера; термостабилизация расплава в накопителе; загрузка расплава в оформляющую полость пресс-формы; прессование; выдержка под давлением и охлаждением; раскрытие формы и извлечение готовой детали.

Используя технологию СЭПТ, получены опытные образцы поддонов (размер верхнего настила 800 x 1000 мм), предназначенного для складирования и транспортирования катушек с металлокордом для нужд Белорусского металлургического завода. Положительные результаты их испытаний определяют необходимость проведения углубленных исследований по разработке научных основ метода СЭПТ и расширению круга изделий, на которых следует производить отработку технологии производства.

#### **Заключение**

На базе отечественных полимеров (полиамид 6 и полиалкилентерефталаты) разработан марочный ассортимент (около 30 марок) современных композиционных материалов инженерно-технического назначения. Расширение областей их

применения способствует вытеснению с рынка СНГ дорогостоящего импортного полимерного сырья, экономии валютных затрат на предприятиях РБ, повышению технических параметров деталей из них. Наличие широкого марочного ассортимента материалов позволяет рекомендовать ту или иную марку для конкретного применения и под конкретного потребителя. В рамках ГНТП «Технология» отрабатывается новая совмещенная экструзионно-прессовая технология производства крупногабаритных пластмассовых изделий, перспективность которой подтверждается результатами, полученными при выпуске и натуральных испытаниях на Белорусском металлургическом заводе опытной партии поддонов, предназначенных для складирования и транспортирования металлокорда.

#### *Литература*

1. В.Т. Понамарева, Н.Н. Лихачева. Пластические массы 2001. №6. с. 3-7.
2. H.Miyaire. Japan Plastics Age. 1981.V.19. №178. P. 20-27.
3. А.Д. Помогайло. Успехи химии. 2000. Т.69. №2. С. 60-89.
4. С.С. Песецкий, А.А. Богославский. Материалы. Технологии. Инструмент.1999. Т.4. №2. С. 27-38.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ И МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ**

*В.С. Голубев, А.Г. Маклаков*

Главная черта современного этапа научно-технического прогресса - применение в народном хозяйстве принципиально новых технологий, основанных на самых последних научных достижениях. Возникновение и развитие новых отраслей техники, а также дальнейшее развитие традиционных отраслей машиностроения часто просто невозможно без применения принципиально новых технологий обработки материалов и изготовления изделий. Основные требования к новым технологиям в настоящее время заключаются, прежде всего, в их экологической чистоте, энергетической и ресурсной экономичности, полной автоматизации при сохранении традиционных требований высокой производительности и максимального экономического эффекта.

Лазерная технология, несомненно, до сих пор относится к разряду новых технологий, что видно

как из фактов ее расширяющихся применений, так и из ее очевидных преимуществ. Мировые тенденции развития научно-технического прогресса обуславливают насыщение лазерной техникой и технологией в первую очередь всех машиностроительных отраслей современной промышленности. Использование мощного лазерного излучения позволяет осуществить плавление, испарение или раскалывание конструкционных материалов, что применяется в современном производстве для изготовления деталей и узлов и улучшения их эксплуатационных характеристик. В настоящее время в мире работает свыше 10 тыс. лазерных комплексов для обработки материалов. Ежегодная сумма продаж таких систем превышает 1 млрд. долл., рост объема продаж в последние годы составляет 15-17% в год.

Свыше 50% используемых лазерных систем



предназначено для резки металла, затем следует точечная и шовная сварка, термоупрочнение и модификация поверхности и др. В республике Беларусь имеется серьезный задел в развитии этого направления. Определенный вклад в развитие технологий лазерной термообработки и упрочнения деталей, размерной резки, поверхностного легирования и наплавки покрытий внесли ученые и инженерно-технические работники ФТИ НА1 Б.

Лазерная резка, основные преимущества:

- материал не подвергается механическому воздействию;

- минимальное количество отходов за счет рационального процесса резки;

- широкий диапазон разрезаемых материалов (металл, дерево, пластик, керамика, резина, кожа и т.д.);

- возможность осуществления резки по сложному контуру при минимальной ширине реза;

С помощью луча СО<sub>2</sub>-лазера мощностью ~ 1 кВт можно успешно осуществлять резку углеродистой стали толщиной до 6 мм, нержавеющей стали - до 5 мм, осуществлять раскрой древесины толщиной до 40 мм, ДСП - до 20 мм, фанеры - до 25 мм, пластмассы - до 30 мм, резины - до 30 мм, керамики - до 5 мм. В зависимости от рода материала и его толщины ширина реза может составлять от 0,1 до 1 мм.

С увеличением мощности излучения до 2-3 кВт толщина разрезаемой стали может достигать до 20 мм. Весьма перспективным в плане раскроя цветных металлов являются импульсно-периодические режимы работы лазерного технологического оборудования, а также использование мощных твердотельных лазеров. Выходная мощность отдельных зарубежных образцов таких лазеров уже достигает несколько кВт, что повышает скорость, точность резания и качество реза. Исходя из этих позиций место лазерной резки, например, черных металлов определено сегодня до толщин 15-20 мм. Для более толстых

целесообразнее использование плазменной и особенно узкоструйной плазменной резки. В то же время для резки камня, стекла, гранита, мрамора весьма перспективно использование водно-абразивной струи высокого давления. Что касается раскроя неметаллических материалов, таких как древесина, пластмасса, резина, кожа, то использование лазерных методов здесь бес-

спорно.

Примером может здесь служить разработанная в институте технология изготовления прорезей под ножи в фанерных заготовках при изготовлении штамповочных форм для изготовления картонной упаковки. Традиционно это выполнялось практически вручную с использованием лобзиковых пил. С помощью лазерного луча удается получать прорезы в фанере толщиной 18-20 мм с нужным качеством: ширина реза 0,7-1,0 мм, достаточной параллельностью стенок и др. При этом обеспечивается полная автоматизация этого процесса. Созданный нами комплекс под эти задачи уже более 5-ти лет успешно работает на одном из крупнейших в Европе Киевском картонно-бумажном комбинате. Вторым примером может являться использование аналогичной технологии на Минском авиаремонтном заводе 407ГА, где производят вырезку иллюминаторов самолетов из оргстекла толщиной ~ 30 мм и др. деталей.

Применение лазерной технологии весьма эффективно также при изготовлении твердосплавных вставок для фигурных ножей в деревообработке. Так, под задачи ОАО «Фандок» (г. Бобруйск) в твердосплавных пластинах из Т15К6 толщиной 2-3 мм нами делается только надрез нужной формы, а дальше заготовка доводится механически. Это значительно облегчает процесс изготовления такого рода инструмента.

Следует отметить, что современная лазерная техника позволяет проводить раскрой не только плоских листов, но и проводить обработку объемных изделий. Это удаление облоя при изготовлении крыльев автомобилей, тракторов, вырезка отверстий различной формы в трубчатых, сферических и других заготовках.

Среди лазерных методов обработки лазерная сварка занимает по распространенности второе место в промышленности. Практически все крупные зарубежные автостроительные компании используют лазерные комплексы, роботы для сварки кузовов и других деталей автомобилей. К сожалению, в отличие от зарубежных производителей, в настоящее время практически ни на одном из наших машиностроительных предприятий технология лазерной сварки не используется. Это не только эффективная технология, но и весьма эффективная. Высокие плотности мощности лазерного излучения позволяют не только значительно увеличить производительность обработки, но и получить качественно новые результаты и разработать новые технологические процессы

производства деталей, недоступные традиционными методами обработки. Преимущества лазерной сварки:

- высокое качество сварных соединений;
- прочность шва близка к прочности основы;
- минимальные коробление и деформации;
- возможность надежного соединения трудносвариваемых традиционными методами материалов, в том числе разнородных.

За последние годы в ФТИ НАН Б накоплен определенный опыт по применению лазерной сварки с использованием газовых  $\text{CO}_2$ -лазеров мощностью  $\sim 1-1,5$  кВт. Так, для НПО «Автокор» была отработана технология лазерной сварки корпуса электроклапана холостого хода автомобиля семейства ВАЗ. В данном случае заменен процесс «ручной» пайки и устранены связанные с ним экологические проблемы.

Для МПОВТ разработана технология сварки корпусов датчиков давления. Здесь необходимо было приварить тонкостенную мембрану к торцу корпуса датчика, не вызывая ее коробления. Испытания показали, что после лазерной сварки обеспечивается герметичность корпусов при наружном давлении воды не менее 20 атм. Прошли также апробацию следующие технологические процессы (соответственно под производственные задачи ОАО «Керамин», БГНПК ПМ, ПП «МИЗ»):

- технология лазерной сварки трубчатых рольгангов высокотемпературных печей для обжига керамики из никелевых сплавов

- технология лазерной сварки алмазных сегментов с полотном инструмента для изготовления отрезных алмазных сегментных кругов для резки природного камня, бетона, гранита;

- технология лазерной сварки разнородных сталей типа Р6М5 — 9ХС для производства;

- биметаллических отрезных фрез по металлу.

Отметим в частности, что при использовании лазерной сварки для алмазных отрезных сегментных кругов отсутствует деформация корпусов пил и наблюдается минимальная зона термического влияния. Вследствие высокой прочности соединения при обработке гранита, бетона, асфальта инструмент может работать без использования охлаждающих сред.

Лазерное термоупрочнение и легирование поверхности.

Метод лазерного термоупрочнения заключается в высокоскоростной закалке поверхности за счет скоростного нагрева и быстрого охлаждения при теплоотводе вглубь детали. Может являться фи-

нишной операцией, так как не изменяет геометрию детали и обеспечивает повышение твердости на 2-3 ед. HRC по сравнению с максимально возможными методами стандартной термообработки. Одно из первых применений было осуществлено на МАЗе, где совместными усилиями ФТИ НАН Б и завода была отлажена технология лазерного упрочнения поверхностей отверстий в деталях подвески автомобилей семейства МАЗ. Данный метод перспективен для упрочнения и продления срока службы быстроизнашивающихся деталей, нагруженных пар трения с небольшим пятном фактического контакта, в инструментальном производстве для деталей прессоштамповой оснастки, некоторых разновидностей режущего и холодновысадочного инструмента.

В последние годы данная технология нами апробирована применительно к осям подшипников конечной передачи тракторов МТЗ, изготовленных из стали ШХ15. Твердость на поверхности достигается 63-64 ед. HRC по сравнению с 59-60 ед. HRC при стандартной термообработке, толщина слоя 0,4-0,5 мм. Отметим, что повышая твердость на поверхности у нас имеется возможность предварительной термообработкой варьировать твердость основы и таким образом не снижать усталостные свойства конкретной детали. В этом плане интерес представляет проводимая нами работа для завода «Автогидроусилитель» г. Борисов. В данном случае нам удалось на деталях типа вал-золотник при исходной твердости 40 ед. HRC довести поверхностную твердость в необходимых местах до 58-60 ед. HRC. В настоящее время заводом готовится опытная партия деталей для проведения производственных испытаний в узле рулевого управления.

Испытания прессоштамповой оснастки (матрица-штамп, сталь 9ХС) при холодной штамповке деталей из нержавеющей стали толщиной 0,8 мм, проведенные на ЗАО «Атлант», показали увеличение стойкости в 3-4 раза. Стойкость пуансонов из стали У10 в самых жестких условиях работы на КЗТШ при пробивке отверстий (диаметром 20 мм, толщиной 14 мм) в дисках колес автомобиля МАЗ возросла до 2 раз. В настоящее время на заводе готовится партия пуансонов в количестве 250 шт. под лазерное упрочнение для использования их при пробивке отверстий в лонжеронной группе деталей. Причем предполагается использовать для этих целей сталь пружинного класса 60С2А.

Метод лазерного легирования основан на расплавлении тонкого поверхностного слоя с одновременным введением в расплав легирующих компо-

ментов. Это позволяет создавать широкий спектр легированных поверхностных слоев в зависимости от конкретных условий эксплуатации (рис.1).

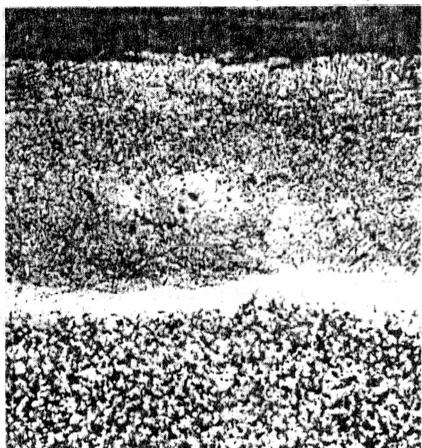


Рис. 1. Типовая структура поверхностного слоя после лазерного легирования,  $\times 200$

Возможные области применения - ковочный инструмент для объемной горячей штамповки, быстроизнашивающиеся детали в узлах трансмиссий, тяжело нагруженные пары трения с небольшой площадью фактического контакта.

Так, испытания ковочных штампов из стали 5ХНМ, гравюры которых были подвергнуты лазерному легированию, показали в условиях МТЗ увеличение стойкости в 3-4

раза. На вышеупомянутых осях подшипников конечной передачи трактора МТЗ удастся получить упрочненные слои с твердостью до 68-70 ед. HRC и глубиной до 1 мм.

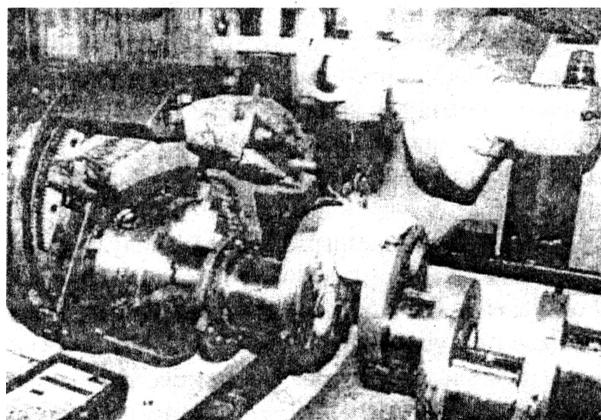
В настоящее время аналогичный метод упрочнения применен к рабочим кромкам ножей, используемых в ОАО «Мотовело» для обрезки проволоки. Предварительными производственными испытаниями установлено, что стойкость таких ножей возрастает более чем в 5 раз. Весьма перспективным применением данного метода на наш взгляд является использование его для упрочнения рабочих кромок режущих ножей кормоуборочных машин производства Гомсельмаша и резцов горнопроходческих машин, используемых в условиях Беларуси. И в том и в другом случае на деталях нет необходимости проводить последующую механическую обработку. В настоящее время в ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике проходят испытания образцы упрочненных ножей. Предварительными испытаниями на Беларуси установлено, что данный метод, учитывая масштабы потребления резцов, может дать значительный экономический эффект. Завер-

шение работ в этом направлении запланировано осуществить до конца 2002 г.

Лазерная наплавка и восстановление изношенных поверхностей Основные преимущества метода:

- подбор соответствующего состава наплавленного слоя и специальных добавок позволяет добиваться необходимых свойств наплавленной поверхности (твердость, износостойкость и др.);
- локальность процесса нагрева позволяет осуществлять наплавку как малых, так и достаточно протяженных поверхностей при чередовании нанесения порошкового слоя и его лазерного оплавления;
- высокая прочность сцепления покрытие-подложка за счет взаимодействия материала покрытия и подложки в жидкой фазе;
- минимальное подплавление основы и отсутствие поволоков и короблений на прецизионных деталях.

В зависимости от вида детали можно проводить лазерное оплавление предварительно напыленного покрытия (рис. 2) или осуществлять непосредственно лазерную наплавку при подаче в зону лазерного нагрева присадочного материала в виде порошка или проволоки. При этом обеспечивается высокое качество наплавленного покрытия, высокая прочность его сцепления вследствие металлической связи с основой и минимальное тепловое воздействие на обрабатываемую деталь.



За последние года в ФТИ НАН Б накоплен значительный опыт по решению такого рода задач. В частности, была разработана технология лазерной наплавки с целью восстановления деталей авиационной техники применительно к задачам авиаремонтного завода №407ГА, где создан соответствующий участок

В настоящее время в институте разработано еще

несколько типовых технологических процессов восстановления различных деталей с использованием этого метода. В частности, это процесс восстановления деталей трансмиссии (крестовина, проушина, карданная вилка и др.) подвижного состава. В результате испытаний в Локомотивном депо г. Лида установлено, что обработанные детали соответствуют техническим условиям на них, выдержали установленный гарантийный срок эксплуатации и продолжают дальнейшую работу.

После анализа восстановленных образцов получено согласие со стороны УП «Торгтехника» на применение разработанной технологии для наплавки партии коленчатых валов компрессоров торгового оборудования.

Хорошие взаимоотношения у нас сложились с ЗАО «Атлант», для которого в течение более двух лет мы восстанавливаем ряд технологической оснастки, например, рабочие поверхности фильер для протяжки уплотнителя холодильника (рис.3) и др.

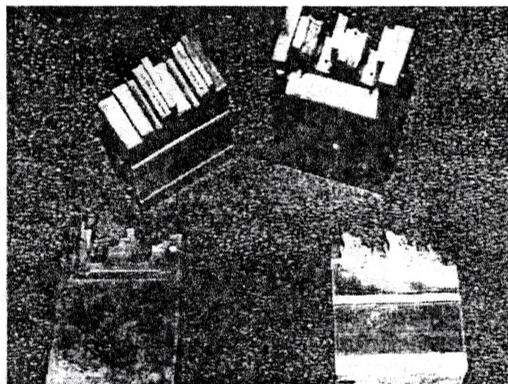


Рис. 3. Фильеры для литья уплотнителя холодильника, восстановленные лазерной наплавкой

Таким образом, краткий приведенный обзор показывает, что лазерные технологии до сих пор не потеряли свою актуальность и имеют перспективу применения для многих

предприятий республики. Например, на МТЗ для раскроя стальных листов более 10 лет работают комплексы лазерной резки болгарского производства фирмы «Хебр». В настоящее время на смену им пришла более совершенная техника немецкой фирмы «Трумпф», на «Гомсельмаше» для этих целей используется 6 лазерных комплексов фирмы «Бистроник». Несмотря на высокую стоимость данного оборудования (до миллиона долларов за комплекс) на крупных предприятиях оно себя окупает. Это полностью автоматизированные установки высокой производительности со складированием и подачей стальных листов. Исполнительные органы - режущие головки у них как бы «летают»: скорости холостого хода достигают 50 и более метров в минуту. Однако большинство отечественных предприятий сегодня нуждаются в недорогих универсальных установках, которые позволяют производить раскрой широкой гаммы металлических и неметаллических материалов с достаточной точностью и производительностью, с помощью которых можно осуществлять также процессы сварки, упрочнения, восстановления и т.д. С этой целью в Физико-техническом институте создано несколько типов такого оборудования, на базе которого за период 1996-2001 г.г. нами создано 9 производственных участков, из них 6 - в РБ, 2 - в России, 1 - в Украине. Средняя цена отечественного комплекса составляет сегодня 75-80 тыс. у.е., стоимость аналогичных западных аналогов - 150-200 тыс. у.е. Следовательно, внедрение лазерного оборудования только на МАЗе, МоАЗе, з-де им. Козлова позволило сэкономить республике ~ 200-300 тыс. у.е.

В заключение отметим, что ряд работ в области лазерных технологий выполнялись в институте в рамках заданий ГНТП «Технологии», «Защита поверхностей», «Сварка».

## РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО СПОСОБА ЛИТЬЯ ЗА СЧЕТ ЗАДАНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО ПРОГРАММЕ «ТЕХНОЛОГИИ»

*В. А. Рассудов, Д.А. Волков, М.И. Демин, Е.А. Амелянчик*

На протяжении последнего десятилетия машиностроительные предприятия Республики Беларусь, как и СНГ в целом, попали в условия, когда отсутствие оборотных средств для закупки современного

литейного оборудования и технологий привело к снижению технической оснащенности заводов, что автоматически способствовало потере их конкурентоспособности в борьбе за выгодные заказы в об-