

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Голубев В.С., зав. лабораторией лазерной обработки материалов  
Физико-технический институт НАН Беларуси

В Физико-техническом институте более 20-ти лет проводятся работы в области лазерных технологий применительно к машиностроению и металлообработке. В данных материалах приведены примеры развития таких методов обработки как: лазерная резка, сварка, термообработка (закалка, легирование), наплавка и разработка соответствующего оборудования

## Лазерная резка

### Преимущества:

- минимальное механическое воздействие, оказываемое на материал;
- широкий диапазон разрезаемых материалов (дерево, стекло, асбест, керамика, металл...);
- возможность осуществления резки по сложному контуру при минимальной ширине реза, что приводит к значительной экономии разрезаемого материала.

Технология нашла применение при производстве разбрасывателей удобрений («Бобруйскагро-маш»), корпусных деталей («Опытный мех. завод Белбыта»), рекламных щитов («Славнефть-старт») и др.

Может использоваться для фасонной резки труб, изготовления штамповочных форм для производства картонной упаковки и т.п.

В институте разработан ряд технологического оборудования для осуществления указанных процессов. Создан также комплекс гибридного типа, когда на едином технологическом портале возможно осуществление процесса как лазерной, так и плазменной резки.

## Лазерная сварка

### Преимущества:

- высокое качество получаемых сварных соединений;
- прочность швов близка к прочности основного

материала;

- минимальное коробление сварных узлов и конструкций;
- возможность надежного соединения трудносвариваемых традиционными методами материалов;
- простота организации защиты места сварки от вредного воздействия на металл окружающего воздуха.

## Лазерно-плазменная резка

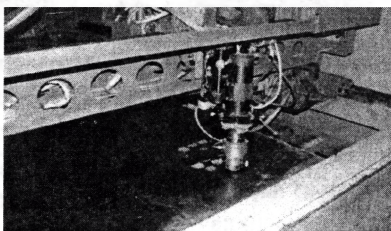


Рис. 1. Лазерная резка

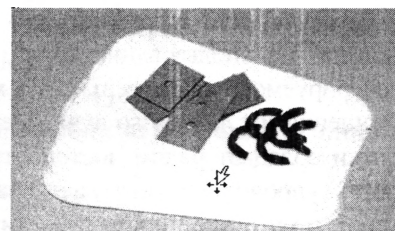


Рис. 2. Детали, изготовленные методом лазерной резки

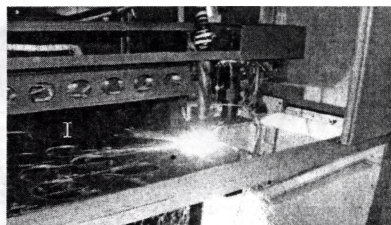


Рис. 3. Плазменная резка

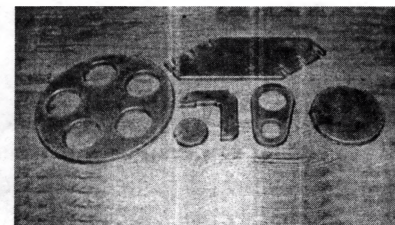


Рис. 4. Детали, изготовленные методом плазменной резки

Технология была апробирована применительно к:

- изготовлению сегментных отрезных алмазных кругов;
- креплению твердосплавных расклинивающих пластин к полотну пил для резки древесины;
- изготовлению биметаллических фрез из различных сталей Р6М5-9ХС;
- изготовлению корпуса датчика давления воды и электромагнитного клапана автомобиля «ВАЗ».

**Лазерная сварка отрезных алмазных сегментных кругов**

*Алмазные отрезные сегментные круги — один из эффективнейших инструментов для резки мрамора, гранита, бетона, железобетона, асфальта, и т.д.*

Преимущество лазерной сварки:

- Отсутствие деформации корпусов пил и минимальная зона термического влияния
- Инструмент может работать без использования охлаждающих сред
- Широкий спектр используемых связок (на основе Ni, Co, Fe, Cu и др., разработанных в РБ и СНГ)
- Высокая производительность и стабильность геометрических характеристик.

**Лазерная термообработка (закалка, легирование)**

Лазерная термообработка основана на использовании тепла, генерируемого на поверхности материала при поглощении им лазерного луча. Метод лазерной обработки обладает рядом достоинств: высокая локальность упрочнения (что дает значительную экономию), отсутствие необходимости применения охлаждающих сред, возможность использования в качестве финишной операции вследствие отсутствия опарности коробления, большие возможности автоматизации процесса и другие.

Лазерная технология упрочнения применима к весьма широкой номенклатуре деталей. В ФТИ НАН Беларуси, например, разработана технология лазерной закалки деталей подвески (кронштейны, проушины) заднего моста автомобиля МАЗ 6422, что позволило повысить их долговечность в 3 раза. Применительно к деталям типа «вал-золотник» (Борисовский завод «Автогидроусилитель»), достигаемая твердость на рабочих шейках составляет 60 ед. HRC при общей твердости всей детали 40 ед. HRC. и т.д.

Перспективно использование лазерного упрочнения в инструментальном производстве. Так, упрочнение режущего и холодновысадочного инструмента, деталей прессоштамповой оснастки позволяет повысить их стойкость в 3–5 и более раз. Технология апробирована на БелОМО, ОАО «Мотовело», КЗТШ, Борисовский з-д «Автогидроусилитель» и др. Эффект в 1,6–3,0 раза наблюдается для металло- и дереворежущего инструмента, в том числе оснащенного твердосплавными вставками.

В институте разработан процесс легирования ковочных штампов из стали 5ХНМ, долговеч-

**Лазерная сварка отрезных алмазных сегментных кругов**

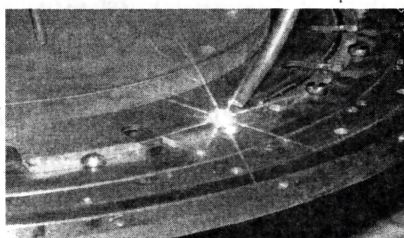


Рис. 5. Лазерная сварка

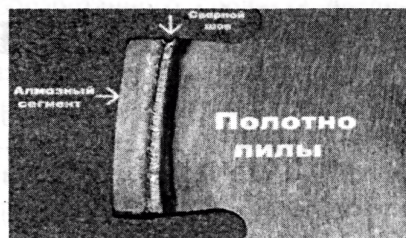


Рис. 6. Фрагмент алмазного сегментного круга после лазерной сварки

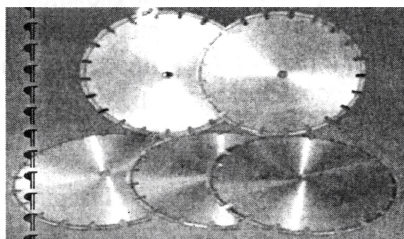


Рис. 7. Алмазные отрезные сегментные круги

ность которых при этом возрастает в 3–4 раза. Метод лазерного легирования позволяет получать на сталях и титановых сплавах слои с твердостью 68–70 ед. HRC, а на сплавах алюминия — слои с твердостью до 25–30 ед. HRC. Эффективно для таких деталей как ножи кормоуборочных машин (ПО «Гомсельмаш»), резцы горнопроходческих комбайнов (ПО «Беларуськалий») и др.

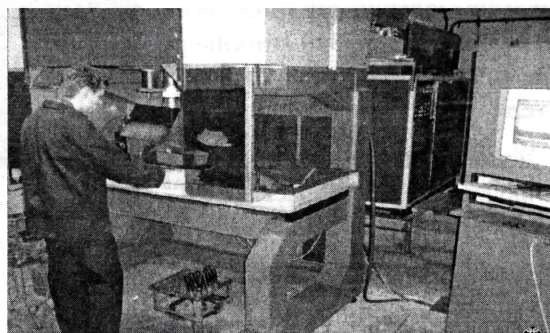


Рис. 8. На заводе «Автогидроусилитель» создан современный технологический участок лазерного упрочнения быстроизнашивающихся деталей гидроусилителя руля мощностью до 150 тыс. деталей в год

**Технология и оборудование для лазерного упрочнения быстроизнашивающихся деталей рулевого механизма автомобилей**

Разработанная технология лазерного упрочнения перспективна для изделий, долговечность которых лимитируется износостойкостью и сопротивлением усталости, особенно, если закалка другими методами затруднена вследствие сложности конфигурации детали и возможности ее значительного коробления.

Технология основана на использовании высоких скоростей нагрева поверхностного слоя до температур, превышающих температуру фазовых превращений или плавления сплава, и последующего высокоскоростного охлаждения путем основного теплоотвода в массу металла так и дополнительного охлаждения поверхности.

*Совместными усилиями специалистов ФТИ НАН Беларуси и РУПП «Борисовский завод «Автогидроусилитель» в период с 2004 г. по 2006 г. в рамках задания 2.25. ГНТП «Технологии»:*

- Разработаны и внедрены технологические процессы лазерного упрочнения деталей механизма рулевого управления 5-ти наименований быстроизнашивающихся деталей механизма рулевого управления. Основные преимущества предложенных решений: упрочнению подвергаются только локальные участки на деталях типа «вал-золотник», «кольцо наружное» и др., облегчается последующая их механическая обработка и профилирование. В упрочненном слое глубиной до 1 мм достигаются максимально достижимые 60-62 HRC для стали типа 40X и аналогичных.
- Закреплены позиции РУПП «Борисовский Завод «Автогидроусилитель» на российском рынке. Внедрение технологии локального упрочнения поверхностей деталей позволило предприятию освоить производство современных механизмов рулевого управления интегрального типа (ШНКФ 453461.103, ШНКФ 453461.200, ШНКФ 453461.400, ШНКФ 453461.420). За указанный период произведено и поставлено на экспорт около 200 тыс. механизмов ГУРов на сумму более 60.0 млрд. руб. РБ для оснащения ими автомобилей семейства ГАЗ, КАМАЗ, МАЗ и др.
- Оценка практической значимости показывает, что внедрение разработанных технологий позволяет повысить культуру и технический уровень производства, увеличить ресурс работы конкретных деталей и всего механизма рулевого управления в целом в 2 и более раз.  
*Экономический эффект от внедрения лазерной*

Лазерное упрочнение

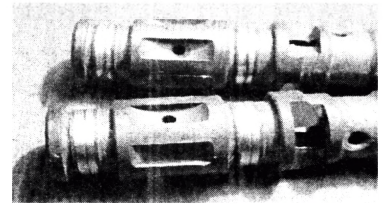
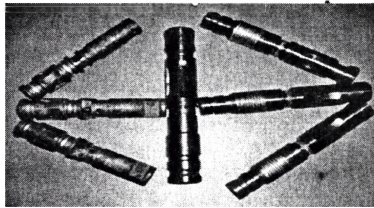


Рис. 9. Различные типы деталей «вал-золотник»

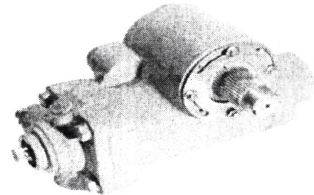
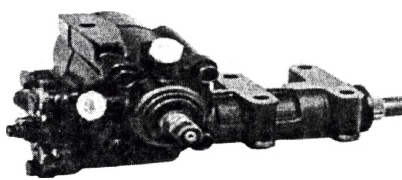


Рис. 10. Различные типы гидроусилителей руля

*технологии упрочнения составил 1.8 млрд. руб., окупаемость затраченных бюджетных средств составила 125 раз.*

Лазерное модифицирование рабочих органов с/х машин

Лазерное модифицирование

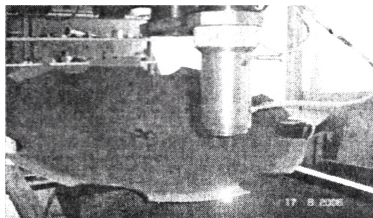


Рис. 11. Лазерное модифицирование рабочей поверхности диска бороны

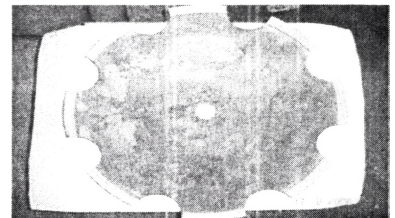


Рис. 12. Диск бороны

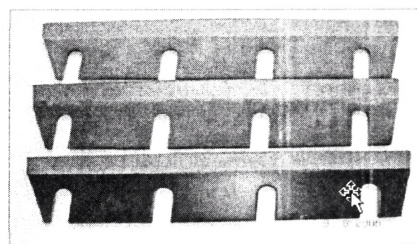


Рис. 13. Ножи кормоуборочного комбайна «Ягуар»

Лазерная наплавка

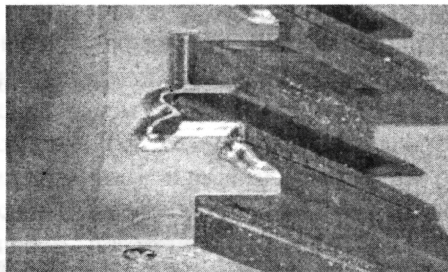
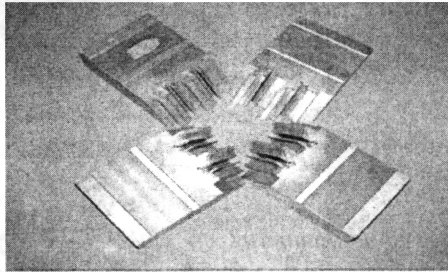
По сравнению с традиционными методами лазерная наплавка обеспечивает минимальную зону термического влияния, значительное снижение остаточных деформаций в детали, минимальное перемешивание наплавляемого материала с материалом основы и т.п.

В ФТИ НАН Беларуси разработаны и внедрены

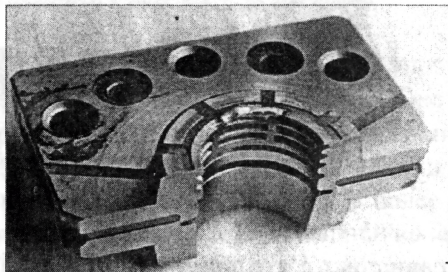
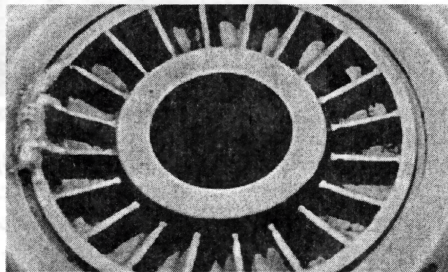
технологические процессы по восстановлению стальных деталей, из титановых, алюминиевых и медных сплавов. Технология прошла апробацию в производстве авиаремонтного завода № 407 ГА, для литейной и штамповой оснастки на БелОМО, ЗАО «Атлант» и др.

**Восстановление и упрочнение точных матриц, штампов и прессформ**

**Лазерное модифицирование**

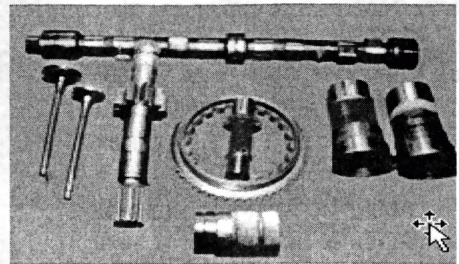


*Рис. 14. Изношенный профиль фильер литья уплотнителя холодильника*

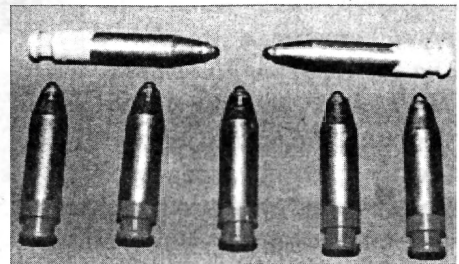


*Рис. 15. Формы литья газовой горелки и горлышка бутылки ПЭТ после лазерной наплавки*

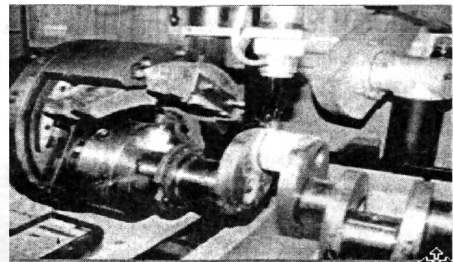
**Упрочнение и восстановление деталей машин с использованием лазерного излучения**



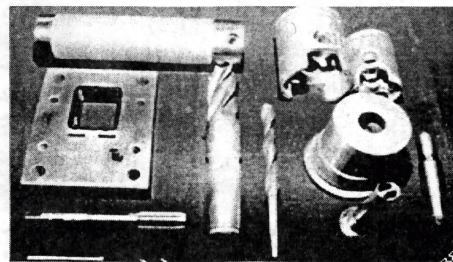
*Рис. 16. Широкий спектр деталей, подвергаемых лазерной обработке*



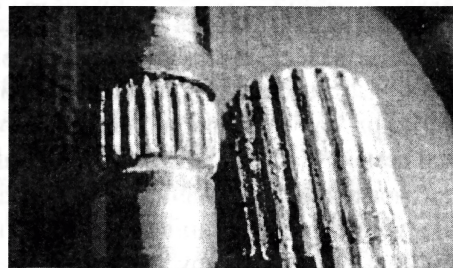
*Рис. 17. Резцы РКС-1 горнопроходческого комбайна*



*Рис. 18. Коленвал дизель-локомотива*



*Рис. 19. Прессо-штамповая оснастка и инструмент*



*Рис. 20. Восстановленные шлицы*