

Исходя из всего сказанного выше, главным недостатком такого способа получения корпуса является низкая ремонтпригодность изделия. Это обусловлено высокой стоимостью корпуса (28500\$), а также долгим периодом изготовления нового корпуса (150 дней), т. е. длительным сроком простоя прессы.

С технической и экономической точки зрения будет проще изготавливать корпус и коронную шестерню отдельными деталями. Для выполнения данной задачи предлагаются следующие технические решения:

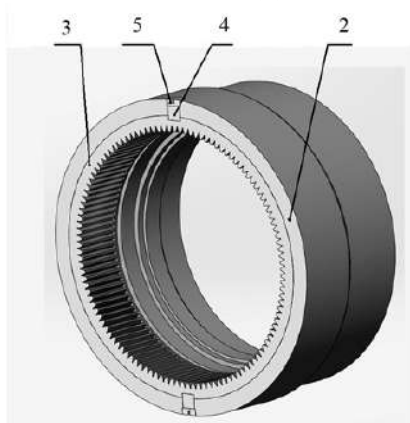


Рисунок 4 — Модернизированный корпус редуктора

1. Изготавливать коронную шестерню отдельной деталью.
2. Для предотвращения осевого перемещения шестерни использовать 2 штифта.
3. Для защиты штифтов и их посадочных мест от загрязнения и других внешних факторов использовать 2 резьбовые заглушки.

Модернизированная версия корпуса включает в себя корпус 2, зубчатый венец 3 (рисунок 4). Фиксация зубчатого венца 3 в корпусе 2 осуществляется путём его запрессовывания в корпус. Помимо этого, использование прессовой посадки с натягом предотвращает проворачивание зубчатого венца в корпусе. Так же для предотвращения проворачивания венца, особенно во время запуска приводного двигателя, венец дополнительно крепится 2 штифтами 4. Сами же штифты для защиты от внешнего воздействия и «вылетания» штифтов с посадочного места закрываются резьбовыми пробками 5.

Срок изготовления модернизированного корпуса составляет 80 дней.

**Заключение.** В результате модернизации снижается примерно на 47% срок изготовления, стоимость изготовления снижается на 25%, а именно с 28500 до 21400\$. Кроме того, при повреждении корпуса или зубчатого венца будет возможна замена только повреждённого компонента.

#### Список цитируемых источников

1. Валковый пресс: что это такое, определение, виды, сферы применения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.antech.ru/wiki/opredeleniya/valkovyy-press/>. — Дата доступа: 09.05.2024.
2. Валковый Пресс измельчитель: опыт применения на Михайловском ГОКе [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/valkovyy-press-izmelchitel-opyt-primeneniya-na-mihaylovskom-goke/viewer>. — Дата доступа: 12.03.2024.
3. Анфимов, М. И. Редукторы. Конструкции и расчёт / М. И. Анфимов; Изд. 4-е перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1993. — 463 с.

УДК 621.983.044

С. В. Матыборский, Е. В. Рогозина

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
Барановичи, Республика Беларусь

## ЛАЗЕРНАЯ УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА

**Введение.** Лазеры в современное время применяют во всех сферах деятельности, таких как медицина, искусство, военное дело, информационные технологии, связь и в промышленных технологиях. Самое известное применение в технологических целях — лазерная резка, связано это с быстротой и точностью обработки. Помимо этого, существует и другое применение, а именно — лазерная упрочняющая обработка поверхностей металла. Ее используют в настоящее время для обработки углеродистых сплавов, такие как сталь и чугун. Главной причиной популярности этого метода упрочнения заключается в том, что эта обработка улучшает свойства поверхностей сталей без деформации и коробления детали из-за малой толщины модифицированного слоя и малого времени воздействия. И еще важным преимуществом является то, что можно при обработке менять режим теплового воздействия на обрабатываемый материал. Это в свою очередь позволяет подбирать нужный режим для получения правильной структуры поверхности обрабатываемой детали.

**Основная часть.** Лазерное поверхностное упрочнение представляет собой процесс упрочнения поверхности, используемый для увеличения износостойкости или продления срока службы изделий и деталей из углеродистых материалов, в виде стали и чугуна.

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 [1].

Металлы известны своим высоким коэффициентом поглощения света. Из-за этого свойства металлов проникают материал на глубину, обычно не превышающую 0,1 мкм или ещё меньше. Из-за электрохимических особенности взаимодействия лазерного излучения с поверхностью стали можно использовать для модификации свойств поверхностного слоя стальной детали (рисунок 1).

Преимуществами технологического процесса лазерного упрочнения являются:

- локальность упрочнения в местах наибольшего износа с сохранением исходных свойств материала в остальном объеме;
- возможность упрочнения труднодоступных мест;
- отсутствие деформации обрабатываемых изделий, что позволяет полностью исключить дополнительную финишную обработку;

- возможность использования упрочненного инструмента после его переточки с сохранением стойких характеристик;
- возможность его проведения на воздухе;
- отсутствие механического воздействия на изделие, что обуславливает простоту его автоматизации;
- экологическая чистота [2].

Несмотря на преимущества лазерной обработки, присутствуют и недостатки обработки:

- необходимость защиты от радиации;
- обработка материала металлорежущего инструмента на ограниченной глубине;
- низкий коэффициент полезного действия лазеров;
- высокая стоимость лазерных установок и комплексов.

Ниже представлены основные виды лазерного упрочнения в зависимости от вида лазеров:

*Термоупрочнение с помощью CO<sub>2</sub>-лазеров.* Эта технология основана на применении активной газовой среды из углекислого газа, который находится в цилиндрической трубке, в котором на каждом конце находится отражающие зеркала. Эти зеркала усиливают лазерный луч, отражаясь назад и вперед, тем самым увеличивая интенсивность. Благодаря переходу между колебательно-вращательными уровнями энергии молекул газа CO<sub>2</sub>-лазер получает богатый спектр. Преимущества CO<sub>2</sub>-лазера: значительная мощность и высокая эффективность преобразования энергии. Однако присутствуют и недостатки: из-за длины волны лазера для эффективного использования мощности лазера необходимо наносить дополнительное покрытие на материал; КПД данного вида лазера очень низкое.

*Термоупрочнение с помощью диодных лазеров.* Лазерный луч получается при помощи лазерных диодов, которые преобразуют электрическую энергию в лазерный луч. Длина волны данного типа лазера составляет от 808 нм до 980 нм. Мощность отдельных полупроводниковых лазеров не превосходит несколько ватт, а если объединить полупроводниковые лазеры, то можно повысить мощность до нескольких киловатт. Максимальная эффективность преобразования входной электрической энергии в свет линеек лазерных диодов составляет около 59%, что в три-четыре раза выше, чем у CO<sub>2</sub>-лазера [3].

Эффективность лазерной обработки поверхности зависит от:

- 1) исходного состояния подложки;
- 2) искаженности кристаллической решетки материала;
- 3) поглощательной и отражательной способности материала;
- 4) плотности энергии излучения;
- 5) содержание углерода в сплавах;
- 6) теплофизических свойств основного материала.

Рассмотрим, как изменяется поверхность материалов под действием лазерной упрочняющей обработки. Для этого изучаем проводимые исследования, проводимые на бейнитового чугуна и стали с разными содержаниями углерода после обработки.

Для обработки чугуна был использован CO<sub>2</sub>-лазер непрерывного действия оборудованием «Комета-2». Параметры обработки были следующими: мощность 450...600 Вт, скорость перемещения 30...70 мм / с, расстояние между лазерными дорожками 1 мм.

После излучения лазера на поверхности бейнитового чугуна две зоны упрочнения: верхний слой и слой термического влияния (рисунок 2). У верхнего слоя отсутствует графитовые включения, так как углерод под действием лазера переходит в смесь ледебурита, аустенита и мартенсита, что приводит к повышению твердости на 9 000...9 500 МПа. На границе отбеленного слоя с зоной термического влияния наблюдаются иглы мартенсита. Слой термического влияния, в которой нагрев и остывание не были такими интенсивными, представляет собой смесь нижнего бейнита, мартенсита и остаточного аустенита. Количество игольчатого мартенсита, по сравнению с верхним слоем, вглубь основного материала меньше. Графитные включения присутствуют, наблюдается частичное обогащение приграничных к графиту объемов углеродом в зоне, подвергнутой перекристаллизации. Микротвердость в этом слое равен 7 000...8 000 МПа. Толщина верхнего слоя и слоя термического влияния равны 0,2...0,3мм и 0,5...0,7мм соответственно [4].

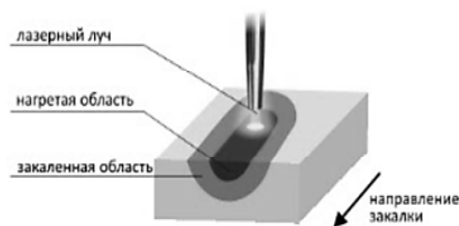


Рисунок 1 — Принцип работы лазерной термообработки

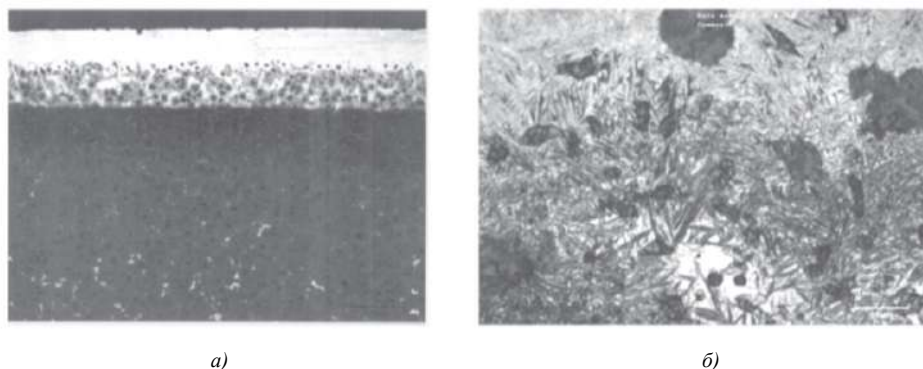


Рисунок 2 — Микроструктура зоны лазерного упрочнения бейнитного чугуна:  
*a* — верхний слой  $\times 100$ ; *b* — переходная зона  $\times 1\ 000$

Образцы из сталей 30Г2, 45, 40Х, 65Г были облучены  $\text{CO}_2$ -лазером с следующими параметрами: мощность — 2,5–5,0 кВт, скорость перемещения — 5–40 мм/с, расстояние между лазерными дорожками — 2,5–3,0 мм, обладающих частичным оплавлением поверхности.

При лазерном облучении поверхности малоуглеродистой стали 30Г2 образовался пакетный мартенсит, а на некотором расстоянии от поверхности — тростоосорбит. Закаленная зона среднеуглеродистых сталей 45 и 40Х содержит пакетный и пластинчатый мартенсит с остаточным аустенитом. Структура закаленного слоя эвтектонидной стали 65Г представляет собой пластинчатый высокодисперсный мартенсит с 20 % остаточного аустенита. Была проведена проверка на изнашивание образцов, в итоге для стали с содержанием углерода 0,1 % износ после лазерной закалки уменьшился на 130 %; для стали с 0,4 % С — на 250 %, а для стали с 0,75 % С — на 450 %. Предел контактной выносливости сталей 40Х и 65Г, определенный при испытаниях по схеме шар-плоскость, в результате лазерной закалки повысился на 70 %. Таким образом, стойкость покрытия зависит от содержания углерода в сплавах [5].

**Заключение.** Основное назначение лазерной упрочняющей обработки является повышение износостойкости и твердости упрочняемых материалов. Изучая исследования можно сделать следующий вывод: твердость упрочнённой поверхности материалов не только зависит от параметров обработки, но зависит от концентрации углерода и легирующих элементов в углеродистых материалах. Больше всего лазерная упрочняющая обработка используют для упрочнения средне- и высоколегированных углеродистых и инструментальных сталей. Стали с низким содержанием углерода и высокопрочные низколегированные стали, как показали исследования, упрочняются плохо. Лазерная упрочняющая обработка практически не влияет на предел прочности и предел текучести сталей.

#### Список использованных источников

1. Лазерное упрочнение [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://laser-form.ru/technologies/lazernoe-uprochnenie/#:~:text=Упрочнение%20материалов%20лазерным%20излучением%20основано,и%20охлаждения%20обрабатываемых%20поверхностных%20участков.> — Дата доступа: 30.04.2024.
2. Лазерная импульсная упрочняющая обработка металлорежущего инструмента [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fian.smr.ru/razrablls2>. — Дата доступа: 30.04.2024.
3. Самохвалов, В. Н. Высокоэнергетические обработки: учеб. пособие / В.Н. Самохвалов // Электрон. текст. и граф. дан. (1,15 Мб). — Самара : Изд-во Самарского университета, 2019. — электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. Голубев, В. С. Лазерная поверхностная обработка материалов и пути повышения ее эффективности / В. С. Голубев, В. И. Гуринович, И. А. Романчук // Вестник БарГУ. Сер. Технические науки. — 2017. — Вып. 5. — С. 31–36.
5. Бирюков, В. Изменение структуры и свойств сталей при лазерном упрочнении / В. Бирюков // Фотоника. — 2013, №3 — С. 22–26.

УДК 004.94

**О. И. Наливко, М. П. Кукушкин, Д. И. Белан**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
 Барановичи, Республика Беларусь*

## ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПОТОЛОЧНОГО КАРНИЗА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Введение.** В современном проектировании активно применяются технологии и методы предварительного создания трехмерных моделей будущих изделий для будущей оценки их прочностных характеристик с использованием различных систем автоматизированного проектирования (САПР). Использование САПР позволяет создать точные и детализированные трехмерные модели, ускорить процесс проектирования и анализа, визуально оценить будущие детали, оптимизировать конструкции и многое другое [1].