

Ключевые слова: *диагностический параметр, сенситив, диагностический ряд, техническое состояние, система, агрегат, средство транспорта*

**THEORETICAL ANALYSIS OF DIAGNOSTIC PARAMETERS
OF SYSTEMS AND COMPONENTS OF VEHICLES USING
SENSITIVITY THEORY**

V. V. Aulin, A. V. Hrynkiv

Abstract. *Analysis of the diagnostic parameters makes it possible to efficiently control the technical condition of systems and components, and vehicles in general, because for issues analysis of the diagnostic information suggested to implement and generalize them in the form of diagnostic lines. This view formed on the basis of periodic monitoring of the systems and components of vehicles.*

Analysis of the diagnostic lines is contained in realization of the operation of extrapolation. Themselves diagnostic parameters requested to provide in the form of additionally model, which combines regular and stochastic component. On the basis of representations of this model and formed the procedure of smoothing for five and seven points diagnostic parameters it is possible to obtain the trend of their changes. The analysis of the diagnostic parameters not for their numerical values, and the difference changes in their functions is theoretically shown. On the basis of these studies it is proposed to use sensitive as a local analysis of the diagnostic parameters.

Key words: *diagnostic parameter sensitiv, diagnostic line, technical state, system, assembly, means of transport*

УДК 621.9.048.7:621.373.826:631.31

**ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ З ЧАВУНУ**

Ю. О. Ковальчук, І. О. Лісовий, В. В. Шевчук,
кандидати технічних наук

Уманський національний університет садівництва
e-mail: temp1405@mail.ru

Анотація. *Розглянуто проблему підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей сільськогосподарських машин, виготовлених із чавуна. Визнано ефективною їх термічну обробку за рахунок впливу концентрованих потоків енергії, створюваних променем оптоволоконного лазера. Проаналізовано структури зон*

© Ю. О. Ковальчук, І. О. Лісовий, В. В. Шевчук, 2017

перекриття при багатопрохідній лазерній обробці, що є важливим елементом підготовки технологічного процесу та безпосередньо впливає на вибір режимів обробки.

Наведено результати експериментального дослідження впливу параметрів лазерної обробки оптоволоконним лазером на стан зон перекриття поверхневого шару при багатопрохідній термічній обробці чавуну в безперервному режимі з частковим оплавленням оброблюваної поверхні. В ході роботи проведено аналіз структури зон перекриття та їх мікротвердості.

Визначено, що використовуваний вітчизняними виробниками деталей сільськогосподарських машин чавун може успішно піддаватись лазерній обробці, що забезпечить значне підвищення його механічних властивостей та надасть змогу у певних випадках зручно замінити ним значно дорожчі сталі.

Ключові слова: *метод поверхневої лазерної обробки, лазерне випромінювання, зона лазерного впливу, зміцнення, гартування, мікротвердість*

Постановка проблеми. На даний момент питання покращення механічних властивостей та збільшення ресурсу виробітку деталей не втрачає своєї актуальності перед виробниками сільськогосподарської техніки.

З чавуну виготовляється значна частина деталей тракторів, комбайнів та сільськогосподарських машин. Зокрема, з даного сплаву можуть виготовлятися такі елементи двигунів, як блоки циліндрів та їх головки і гільзи, втулки та днища кришок циліндрів, поршні та поршневі кільця, шатуни, випускні колектори та інші. Також з чавуну можуть виготовлятися колінчасті й розподільні вали, різноманітні махові та зубчасті колеса, шківни, корпуси редукторів, насосів та підшипників, опорні ролики, тормозні диски, корпуси електродвигунів, кронштейни, шестерні та інші деталі.

Для ефективного зміцнення даних деталей може застосовуватися метод поверхневої лазерної обробки.

Тому аналіз впливу лазерного випромінювання на поверхню чавуна, що в свою чергу впливатиме на ресурс виробітку відповідних деталей сільськогосподарської техніки, на даний момент є актуальним та важливим.

Аналіз останніх досліджень. До фундаментальних публікацій останніх років на тему впливу методу поверхневої лазерної обробки на властивості матеріалів можна віднести праці таких науковців та вчених, як В. П. Вейко, О. Г. Григор'янц, В. С. Черненко, І. М. Шиганов, М. В. Кіндрачук, О. І. Дудка та інших, які детально займалися питаннями впливу лазерного випромінювання на поверхню різноманітних матеріалів за різних умов [1–3]. Останні дослідження

щодо лазерного зміцнення деталей сільськогосподарської техніки наводились в наукових працях В. П. Бірюкова, П. О. Огіна та інших [4, 5].

Мета досліджень – дослідити вплив параметрів лазерної обробки на стан зон перекриття поверхневого шару при багатопрохідній термічній обробці чавуну з метою покращення його механічних властивостей та збільшення ресурсу виробітку відповідних деталей сільськогосподарської техніки.

Результати досліджень. Чавун характеризується всіма традиційними для нього якостями та має високі показники міцності на стиск, втомної міцності та зносостійкості завдяки вмісту у своєму складі великої кількості вуглецю, не менше 2,14%. Також чавун має гарні ливарні властивості та піддається механічній обробці.

Для значного підвищення міцності та зносостійкості деталей із чавуну може застосовуватися метод поверхневої лазерної обробки, який дозволить забезпечити завдяки великому вмісту вуглецю в чавуні високі значення його міцності та при правильно підібраній технології лазерної обробки ще й достатньо високі значення зносостійкості. Необхідно дослідити вплив лазерного випромінювання на поверхню чавуну, проаналізувати стан зони термічного впливу (ЗТВ) з метою збільшення ресурсу виробітку відповідних деталей сільськогосподарської техніки.

Більшість виконаних різними авторами досліджень здійснювались із використанням широко вивчених твердотільних та CO₂ лазерів. До числа явних недоліків цих лазерів можна віднести низький ККД променя в зоні обробки, застосування для доставки променя в зону обробки складних оптичних систем, низьку щільність потужності обробки, а також велику площу контакту в зоні обробки. Сучасні оптоволоконні лазери цих недоліків позбавлені.

Можливість забезпечення зміцнення локальної зони оброблюваного зразка є незаперечною перевагою лазерної обробки. Однак локальність впливу лазерного випромінювання є як перевагою лазерної обробки, так і її недоліком. Якщо потрібно забезпечити зміцнення досить великої області, обробку лазером здійснюють з перекриттям. При цьому дуже важливо забезпечити необхідні характеристики зон перекриття.

Обробка зразків здійснювалась за допомогою оптоволоконного ітербієвого лазера в режимі безперервної дії з частковим розплавленням поверхні при заданій щільності потужності випромінювання E і фіксованому коефіцієнті перекриття. Досліджувався вплив лазерного випромінювання на мікроструктуру і властивості зон перекриття області обробки [5]. Схема лазерної обробки з необхідним перекриттям зображена на рис. 1.

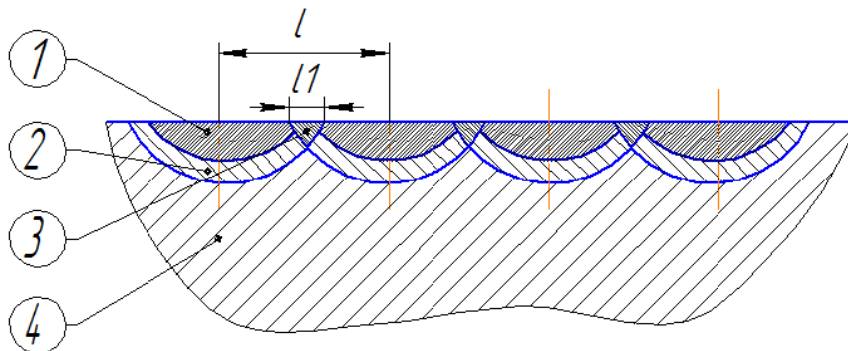


Рис. 1. Схема лазерного зміцнення з перекриттям: 1 – зона розплавлення; 2 – ЗТВ; 3 – зона перекриття; 4 – основний матеріал.

На рис. 2 показано поперечні перерізи зони лазерної обробки чавуну СЧ21. Поперечний переріз перехідних зон даного сплаву зображений на рис. 3.

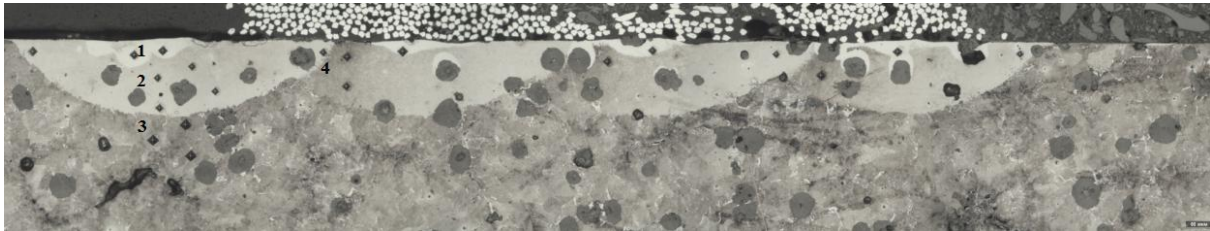


Рис. 2. Поперечний переріз зони лазерної обробки чавуну СЧ21 ($E=4,5 \cdot 10^3$ Вт/см², перекриття 10%): 1 – зона розплавлення; 2 – ЗТВ; 3 – основна структура; 4 – перехідна зона.

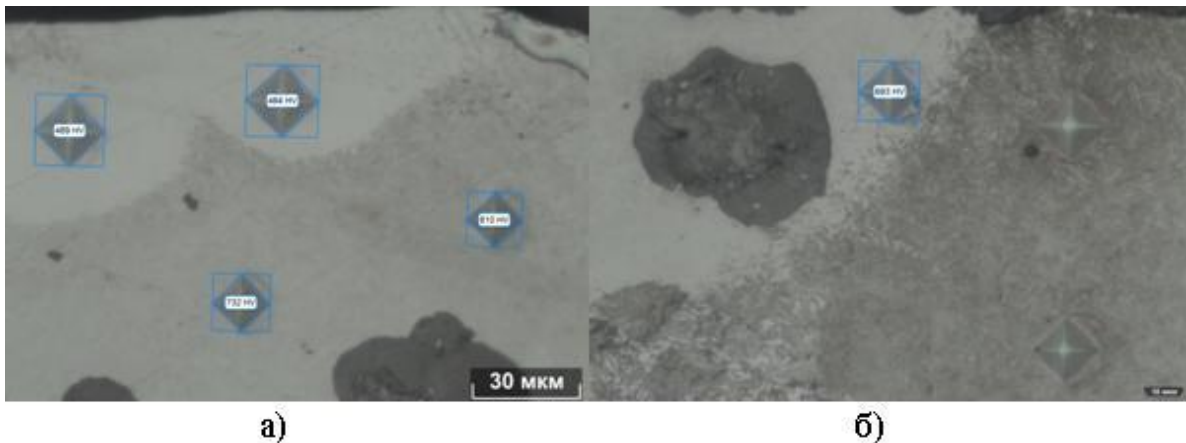


Рис. 3. Поперечний переріз перехідних зон зразка чавуну СЧ21: а) в безпосередній близькості до зони оплавлення; б) місце стику двох оброблюваних ділянок.

Із наведених вище рисунків видно, що частка оплавленої зони чавуну СЧ21 є невеликою та складається з ледебуриту. Зона термічного впливу являє собою рейковий мартенсит з невеликою кількістю залишкового аустеніту і має мікротвердість до 930 Нв. Зони

перекриття мають таку ж структуру, як у зон термічного впливу та однакову з ними мікротвердість.

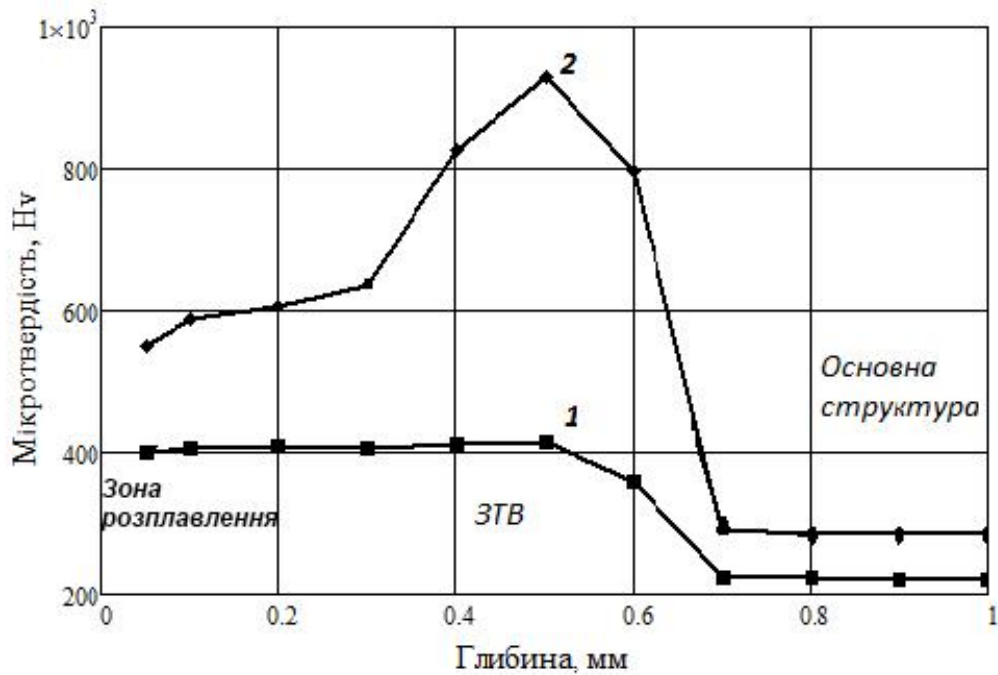


Рис. 4. Мікротвердість зразка за глибиною: 1 – X12МФ; 2 – СЧ21.

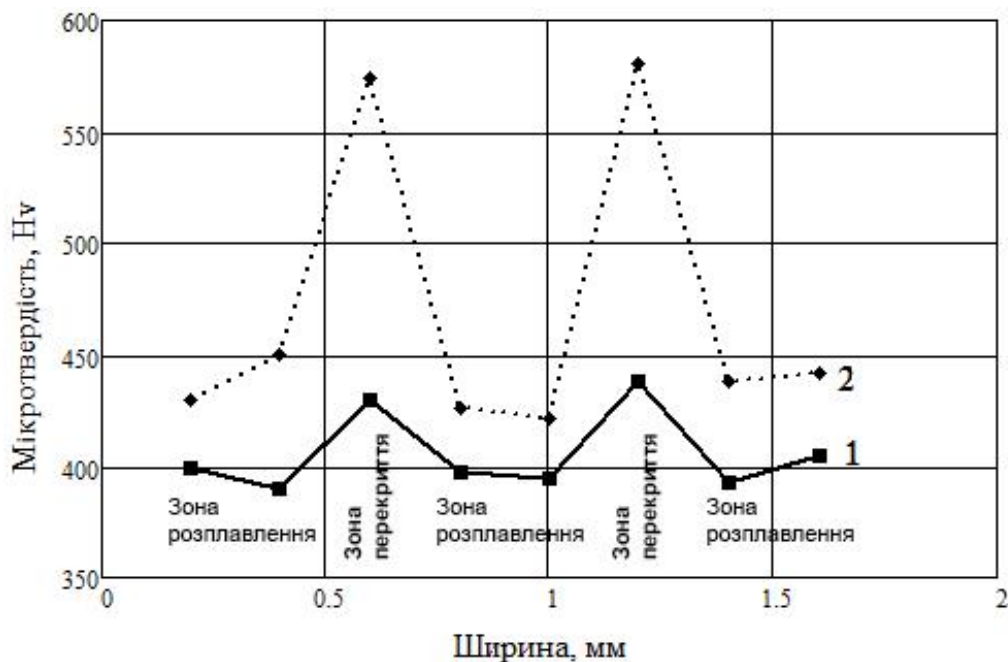


Рис. 5. Мікротвердість за шириною обробленої ділянки: 1 – X12МФ; 2 – СЧ21.

Порівняємо результати лазерної обробки чавуну СЧ21 та сталі Х12МФ за однакових умов. На рис. 4 зображено отримані в ході вимірювань значення мікротвердості даних сплавів на різних

глибинах зразків, а на рис. 5 показано мікротвердість чавуну та сталі уздовж поверхні [5].

Чавун у порівнянні зі сталлю в результаті лазерної обробки має значно вищі показники міцності та за умови подальшої спеціальної обробки також матиме гарні показники зносостійкості.

В багатьох попередніх дослідженнях перехідних зон вказувалось на наявність в них трооститу, характерного для зони відпуску, із зниженою мікротвердістю в порівнянні із зонами лазерного гартування. Це пов'язано з малою щільністю енергії в зоні лазерного впливу твердотільних та CO₂ лазерів. При повторному лазерному впливі в перехідній зоні через велику протяжність за шириною температура не встигає повторно досягти величин, характерних для утворення гартувальних структур, і тому виникає зона відпуску.

Досліджувані перехідні зони мають спільну структуру із зоною термічного впливу. Мікротвердість перехідних зон рівна мікротвердості ЗТВ. Це обумовлюється більш високою щільністю потужності лазерного випромінювання, введеною в зону обробки оптоволоконним ітербієвим лазером. Для сталі характерна невелика різниця мікротвердості зони розплавлення, зони термічного впливу і перехідної зони між двома обробленими ділянками. Для чавуну характерна наявність яскраво вираженої межі між мікротвердістю даних зон обробки.

Висновки

1. Отже, чавун, який використовується вітчизняними виробниками деталей сільськогосподарських машин, може успішно піддаватись лазерній обробці, що забезпечить значне підвищення його механічних властивостей та надасть змогу у певних випадках зручно замінити ним значно дорожчі сталі.

2. Дослідження зон перекриття зразків із чавуну після лазерного гартування дозволили зробити висновок про можливість застосування оптоволоконних лазерів для підвищення експлуатаційних характеристик деталей сільськогосподарських машин.

3. Відсутність зон відпуску в перехідних ділянках говорить про можливість гартування ділянки оброблюваної поверхні за всією шириною обробки.

Список літератури

1. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. Технологические процессы лазерной обработки: учебное пособие. Москва. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. 664 с.
2. Черненко В. С., Кіндрачук М. В., Дудка О. І. Променеві методи обробки: навчальний посібник. Київ. Кондор. 2008. 166 с.

3. Вейко В. П., Петров А. А. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». Введение в лазерные технологии. Санкт-Петербург. СПбГУ ИТМО. 2009. 143 с.
4. Бирюков В. П. Восстановление и упрочнение поверхностей лазерным излучением // Фотоника. 2009. № 3. С. 14—16.
5. Огин П. А. Структура и свойства зон перекрытия при лазерной закалке сталей и чугунов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 2 (32-2). С. 130—135.

References

1. Hryhor'yants A. H., Shyhanov Y. N., Mysyurov A. Y. (2008). Technological processes of laser processing: textbook. Moscow. MGTU im. N. Uh. Bauman. 664.
2. Chernenko V. S., Kindrachuk M. V., Dudka O. I. (2008). Radiation processing: a tutorial. Kiev. Condor. 166.
3. Veyko V. P., Petrov A. A. (2009). Basic abstract of lectures on "Laser technology". Introduction to laser technology. Saint-Petersburg. ITMO. 143.
4. Vyryukov V. P. (2009). Restoration and hardening of surfaces by laser radiation // Photonics. No 3. 14-16.
5. Ogin P. A. (2015). Structure and properties of the zones of overlap during laser hardening of steels and cast irons // Vector science of Togliatti state University. No 2 (32-2). 130-135.

ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ЧУГУНА

Ю. А. Ковальчук, И. А. Лисовый, В. В. Шевчук

Аннотация. Рассмотрена проблема повышения износостойкости рабочих поверхностей деталей сельскохозяйственных машин, изготовленных из чугуна. Признана эффективной их термическая обработка за счет воздействия концентрированных потоков энергии, создаваемых лучом оптоволоконного лазера. Проанализированы структуры зон перекрытия при многопроходной лазерной обработке, что является важным элементом подготовки технологического процесса и непосредственно влияет на выбор режимов обработки.

Приведены результаты экспериментального исследования влияния параметров лазерной обработки оптоволоконным лазером на состояние зон перекрытия поверхностного слоя при многопроходной термической обработке чугуна в непрерывном режиме с частичным оплавлением обрабатываемой поверхности. В ходе работы проведен анализ структуры зон перекрытия и их микротвёрдости.

Определено, что используемый отечественными производителями деталей сельскохозяйственных машин чугун может успешно подвергаться лазерной обработке, что обеспечит значительное повышение его механических свойств и

позволит в определенных случаях удобно заменить им более дорогие стали.

Ключевые слова: метод поверхностной лазерной обработки, лазерное излучение, зона лазерного воздействия, упрочение, закалка, микротвёрдость

FEATURES OF LASER HARDENING OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS FROM CAST IRON

Yu. O. Kovalchuk, I. O. Lisoviy, V. V. Shevchuk

Abstract. *The problem of increasing wear resistance of working surfaces of agricultural machines parts made of cast iron is considered. Their thermal treatment is recognized to be effective due to the action of concentrated energy fluxes created by the beam of an optical fiber laser. The structures of the overlap zones are analyzed for multipass laser processing, which is an important element in the preparation of the technological process and directly affects choice of processing regimes.*

The results of an experimental study of the effect of laser processing parameters of a fiber-optic laser on the state of overlapping zones of a surface layer in the case of a multi-pass thermal treatment of cast iron in a continuous mode with partial reflow of the treated surface are presented. In the course of the work, an analysis was made of the structure of the overlap zones and their microhardness.

It is determined that cast iron used by domestic manufacturers of agricultural machinery parts can be successfully subjected to laser treatment, which will provide significant increase in its mechanical properties and will allow, in certain cases, to replace more expensive steels.

Key words: *surface laser treatment method, laser radiation, laser action zone, hardening, tempering, microhardness*

УДК 631.171.634

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук
e-mail: fryshev@ukr.net

Анотація. *Уточнено методику визначення основних параметрів збирально-транспортного комплексу машин для зернових культур.*

© С. Г. Фришев, 2017