

bringing of granular mineral fertilizers with the use of reasonable hardware allows substantially reduction of the existent doses without the decline of the productivity, and at the equal doses of bringing provides the increase of the productivity. The offered combined working organ allows to evenly place the necessary dose of mineral fertilizers with a simultaneous putting them on the set depth that will bring down power expenses on operations.

Key words: laboratory equipment, fraction, distributor, fertilizers, distance of flight, concentration of fertilizers, influential factors, optimal parameters, criteria of optimization.

УДК 621.9.048.7:621.373.826:631.31

ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ЗІ СТАЛІ 45

Ковальчук Ю.О., к.т.н., доц. *

Невзоров А.В., к.т.н., доц.

Дідур В.В., к.т.н.

Уманський національний університет садівництва

м. Умань, Україна

Тел. +380474439837

e-mail: temp1405@mail.ru

Анотація. Розглянуто особливості структурних змін та фазових перетворень у процесі лазерної обробки сталі 45. Виявлено вплив швидкості охолодження на мартенситні точки та мікротвердість в процесі зміцнення даної сталі. Визначено, що високі швидкості охолодження сталі 45 та, відповідно, високі значення її мікротвердості та зносостійкості можуть бути досягнуті шляхом застосування лазерного зміцнення. Виявлено, що середнє значення мікротвердості зразків зі сталі 45 уздовж зміцненої лазером смуги вище, ніж поперек смуги. Після підбору оптимальних режимів лазерного впливу на дану сталь значення мікрот-

* Публікується по рекомендації: д.т.н., проф., акад. МААО Пастухова В.І.

вердості досягають високого рівня. Доведено, що застосування високочастотного сканування лазерного променя порівняно із зміцненням нерухомим променем призводить до підвищення зносостійкості деталей, виготовлених зі сталі 45.

Ключові слова: метод поверхневої лазерної обробки, лазерне випромінювання, зміцнення, гартування, сталь 45, зносостійкість, деталі сільськогосподарських машин.

Постановка проблеми. Забезпечення вищої міцності та зносостійкості деталей, які найбільше піддаються зносу та виходять з ладу, є однією із першочергових задач, що стоять перед виробниками сільськогосподарських машин. Одним із методів зміцнення деталей сільськогосподарської техніки є поверхнева лазерна обробка.

Різні деталі тракторів, комбайнів, засобів механізації тваринництва та інших сільськогосподарських машин виготовляються зі сталі 45 та повинні задовольняти відповідні вимоги щодо міцності та зносостійкості.

Тому необхідно мати чіткі уявлення про внутрішні процеси в поверхневому шарі даної сталі, що відбуваються внаслідок впливу лазерного випромінювання.

Аналіз останніх досліджень. Вирішення задач, пов'язаних з визначенням властивостей сталей, що зазнають впливу лазерного випромінювання, привертає увагу багатьох науковців та вчених. Зокрема, цими питаннями займалися О.Г. Григор'янц, В.П. Вейко, В.С. Черненко, І.М. Шиганов, М.В. Кіндрачук, В.С. Коваленко, Е.В. Харанжевский та інші, які вивчали вплив лазерного випромінювання на поверхню сталевих зразків у різних випадках та для різних матеріалів [5-6, 8-10].

Зміцненням різних деталей сільськогосподарської техніки за допомогою лазерного випромінювання в останні роки займалися В.М. Бобрицький, В.П. Бірюков, Т.С. Скобло, І.Ф. Буханова, О.Й. Мажейко та інші [1-4, 7].

Мета дослідження. Метою даної роботи є дослідження властивостей сталі 45 в результаті впливу лазерного випромінювання на її поверхню для забезпечення підвищення ресурсу виробітку відповідних деталей сільськогосподарської техніки.

Основна частина. Розглянемо особливості структурних змін та фазових перетворень у процесі лазерного зміцнення, властивих, зокрема, і сталі 45.

Внаслідок поглинання лазерного випромінювання поверхневим шаром оброблюваного матеріалу відбувається швидкий розігрів цих ділянок до високих температур. Після припинення дії випромінювання нагріта ділянка охолоджується з високою швидкістю, як правило, внаслідок теплопроводу у внутрішні шари матеріалу й частково за рахунок тепловіддачі з поверхні.

На відміну від відомих процесів термозміцнення (гартування струмами високої частоти, електронагрів, гартування з розплаву та інші способи), нагрівання при лазерному гартуванні є локальним, поверхневим процесом. При цьому час нагрівання й час охолодження незначний, практично відсутня витримка при температурі нагрівання. При лазерному гартуванні, як і при традиційних методах, на стадії нагрівання відбувається формування аустенітної структури, а потім на етапі охолодження – бездифузійне перетворення аустеніту з утворенням метастабільної фази – мартенситу. На відміну від повільного нагрівання, коли вся підведена теплота компенсується прихованою теплотою фазового переходу $\alpha - Fe$ в $\gamma - Fe$, тобто йде на перебудову кристалічної структури, при лазерному нагріванні ріст зерна аустеніту проходить у умовах постійного підвищення температури (рис. 1) [9].

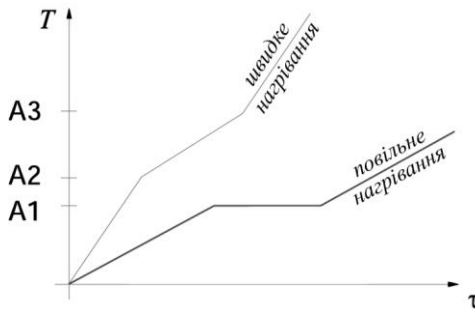


Рисунок 1 – Зсув критичної точки А при швидкому нагріванні.

Швидкість охолодження впливає на температуру початку мартенситного перетворення, а також на структуру мартенситу. У сталі 45 спостерігаються два мартенситні рівні. Після

гартування від 960°C мартенситна точка дорівнює 360°C для інтервалу швидкостей охолодження $(1-12) \cdot 10^3$ К/с. Зі збільшенням швидкості охолодження мартенситна точка стрибкоподібно знижується до 300°C і далі є незмінною (рис. 2) [9].

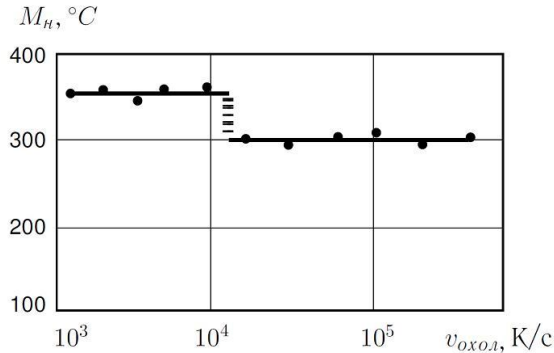


Рисунок 2 – Вплив швидкості охолодження $v_{охол}$ на мартенситні точки M_n сталі 45.

Структура мартенситу сталі 45 зазнає певні зміни при переході від верхнього рівня до нижнього. Ці зміни полягають у деякому диспергуванні мартенситних рейок і в утворенні пластин мартенситу, що містять двійники, які схожі на пластини більш високовуглецевого мартенситу. Особливості структуроутворення при лазерній обробці з високими швидкостями нагрівання й охолодження впливають на різні експлуатаційні властивості сталі. На рис. 3 показаний вплив швидкості охолодження на мікротвердість сталі 45 [9].

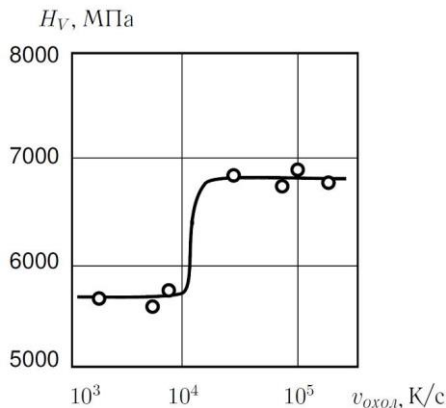


Рисунок 3 – Вплив швидкості охолодження $v_{охол}$ на мікротвердість сталі 45.

Стрибок мікротвердості сталі 45 відповідає швидкості охолодження, при якій відбувається стрибкоподібне зменшення мартенситної точки (див. рис. 2). Зміна структури мартенситу й призводить до збільшення мікротвердості.

Застосування лазерного зміцнення дає змогу забезпечити високі швидкості охолодження сталі 45 та, відповідно, високі значення її мікротвердості та зносостійкості.

В результаті досліджень було виявлено, що при лазерній обробці зразків зі сталі 45 середнє значення мікротвердості уздовж зміцненої смуги виявилось трохи вище, ніж поперек смуги [1].

Після підбору оптимальних режимів лазерного впливу на сталь 45 значення твердості сягали 57-61 HRC.

Випробування на знос зразків сталі 45 показали, що зносостійкість зразків, зміцнених при високочастотному скануванні лазерного променя, виявилася вище, ніж у зразків, загартованих нерухомим променем. При рівних площах зміцненої поверхні різниця склала 20–30%. При роботі скануючим променем було виявлено, що зносостійкість зростає зі збільшенням ширини смуги гартування. Залежність ця носить лінійний характер і при максимальній амплітуді зносостійкість збільшується на 15%. При збільшенні площі загартованої поверхні на 50% від номінальної площі зразка зносостійкість зростає в 2,5–3 рази в порівнянні зі зразками, що пройшли об'ємне гартування з високим відпуском. Подальше збільшення площі лазерного гартування до 100% підвищує зносостійкість на 30–50%, при цьому трудомісткість обробки зростає у два рази. Тому при виборі технологічних режимів зміцнення деталей машин необхідно керуватися умовами їхньої роботи та, виходячи з них, визначати оптимальну площу зміцнення. Для деталей, що працюють при малих і середніх навантаженнях, площа лазерного зміцнення може становити 40–60% від номінальної площі поверхні тертя при глибині шару 0,3–0,6 мм [1].

Застосування високочастотного сканування променя по нормалі до траєкторії руху деталі значно підвищує якість зміцнених шарів, а продуктивність процесу обробки – в 1,5–2 рази в порівнянні з обробкою нерухомим розфокусованим променем.

Висновки. Отже, високі швидкості охолодження сталі 45 та, відповідно, високі значення її мікротвердості та зносостійкості можуть бути досягнуті шляхом застосування лазерного

зміцнення. Також застосування високочастотного сканування лазерного променя порівняно із зміцненням нерухомим променем призводить до підвищення зносостійкості деталей, виготовлених із даної сталі.

Поверхнева лазерна обробка сталі 45 може ефективно застосуватися вітчизняними виробниками різних деталей сільськогосподарських машин, що забезпечить значне підвищення їх міцності та зносостійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бирюков В.П. Изменение структуры и свойств сталей при лазерном упрочнении / В.П. Бирюков // Фотоника. – 2012. – № 3. – С. 22–26.

2. Бирюков В.П. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственной техники и почвообрабатывающих орудий лазерным упрочнением и наплавкой / В.П. Бирюков // Лазерные технологии в сельском хозяйстве : Тематический сборник. – М.: Техносфера, 2008. – С. 256–264.

3. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.04 «Тертя та зношування в машинах» / В.М. Бобрицький. – К., 2007. – 20 с.

4. Буханова И.Ф. Применение лазерного излучения для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственного машиностроения / И.Ф. Буханова, В.В. Дивинский, В.М. Журавель // Лазерные технологии в сельском хозяйстве : Тематический сборник. – М.: Техносфера, 2008. – С. 264–270.

5. Вейко В.П. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». Введение в лазерные технологии. / В.П. Вейко, А.А. Петров. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 143 с.

6. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки : Учеб. пособие для вузов / Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И.; под ред. А.Г. Григорьянца. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.

7. Мажейка О.Й. Модифікування технології лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки / Мажейка О.Й // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському

виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – вип. 21. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С. 164–167.

8. Упрочнение деталей лучом лазера / В.С. Коваленко, Л.Ф. Головки, Г.В. Меркулов, А.И. Стрижак; под ред. В.С. Коваленко. – К.: Техника, 1981. – 131 с.

9. Харанжевский Е.В. Физика лазеров, лазерные технологии и методы математического моделирования лазерного воздействия на вещество : Учеб. пособие / Е.В. Харанжевский, М.Д. Кривилёв; под ред. П.К. Галенко. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2011. – 187 с.

10. Черненко В.С. Променеві методи обробки : Навч. посібник / Черненко В.С., Кіндрачук М.В., Дудка О.І. – К.: Кондор, 2008. – 166 с.

BIBLIOGRAPHY

1. Byryukov V.P. Changing structure and properties of steels at laser hardening / V.P. Byryukov//Photonics. – 2012. – № 3. – P. 22–26.

2. Byryukov V.P. Improving the durability of parts of agricultural machinery and tillers of laser hardening and cladding / V.P. Byryukov // Laser Technology in Agriculture: Thematic collection. – М.: Technosphere, 2008. – P. 256–264.

3. Bobrytskiy V.M. Improving the durability of cutting elements of tillage machines work: Author. thesis. for obtaining sciences. degree candidate. sc. sciences specials. 05.02.04 "Friction and wear in machines" / V.M. Bobrytskiy. – К., 2007. – 20 p.

4. Bukhanova I.F. The use of laser radiation for hardening and restoring of Agricultural Engineering / I.F. Bukhanova, V.V. Dyvynskiy, V.M. Juravel // Laser Technology in Agriculture: Thematic collection. – М.: Technosphere, 2008. – P. 264–270.

5. Veiko V.P. Reference abstract of lectures on "Laser Technology". Introduction to laser technology / V.P. Veiko, A.A. Petrov. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Information Technologies, 2009. – 143 p.

6. Hryhoryants A.G. Technological processes of laser processing: Proc. manual for schools / Hryhoryants A.G., Shyhanov I.N., Mysyurov A.I.; ed. A.G. Hryhoryantsa. – 2nd ed., Stereotype. – М.: Publishing House of the MSTU B.C. Bauman, 2008. – 664 p.

7. Mazheyka O.Y. Modification Technology Laser processing agricultural machinery parts / Mazheyka O.Y. //

Scientific Papers of Kirovohrad National Technical University. Technology in agriculture, industrial engineering, automation. – No. 21 – Kirovohrad: KNTU, 2008. – P. 164–167.

8. Hardening parts laser beam / V.S. Kovalenko, L.F. Golovko, G.V. Merkulov, A.I. Stryzhak; ed. V.S. Kovalenko. – K.: Engineering, 1981. – 131 p.

9. Haranzhevsky E.V. The physics of lasers, laser technology and methods of mathematical modeling of laser exposure to the substance : Proc. manual / E.V. Haranzhevsky, M.D. Krivilev; ed. P.K. Galenko. – Izhevsk: Publishing house "Udmurtia University", 2011. – 187 p.

10. Chernenko V.S. Radiation processing methods: Teach. manual / Chernenko V.S., Kindrachuk M.V., Dudka O.I. – K.: Condor, 2008. – 166 p.

LASER HARDENING OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS MADE OF STEEL 45

Y.O. Kovalchuk, A.V. Nevzorov, V.V. Didur

Summary

Specifics of structural changes and phase transformations in the process of laser treatment of steel 45 are considered in the article. It has been revealed that cooling rate affects the martensitic point and microhardness in the process of the steel hardening. The research proved that high cooling rate of steel 45 and, respectively, its highest microhardness values and wear resistance can be achieved by applying laser hardening. It has been found that the average microhardness of steel 45 samples along the fortified laser strip is higher than the one across the strip. After the selection of optimal regimes of laser effects on the steel, microhardness reaches the highest level. It has been proved that the use of high frequency scanning of the laser beam compared to a fixed beam hardening increases the wear resistance of parts made of steel 45.

Key words: method of surface laser treatment, laser radiation, hardening, tempering, steel 45, wear resistance, parts of agricultural machinery.