

The proposed static model describes the system work of "drying agent – seeds" by optimizing the drying process due to the mathematical modeling of more complete use of heat and energy savings.

Factors which are subject to control and regulation, constitute a system, which includes the coolant temperature and seeds and their moisture content, size of the seed layer, the flow rate of the coolant and seeds. The main factors that influence the system are the environmental factors and input parameters of the coolant and seeds.

In the drying process parameters influencing the process require optimal operation of the dryer (control parameters). For example, the drying process can be regulated by changing the temperature of the coolant at the inlet to the dryer, the change of the area of contact of seeds with coolant, coolant supply or the seeds. At the same time on the drying parameters will be affected by uncontrolled parameters, such as initial seed moisture content and open air temperature.

You need to find the option that within specified conditions would ensure the achievement of the extremal (minimum) values of the heat losses.

On the basis of the operational model and the objective function, the efficiency of the process of drying is measured at a specific energy consumption of the process, the speed of drying of seeds and final moisture content. For study parameters of the dryer it is necessary to have data on changes in temperature, moisture content of the drying agent and seed during the drying process.

A mathematical model of the drying process allows to determine the dependence of air temperature and seed at the outlet of the dryer when you change the amount of seed and determine the dependence of the air temperature and seed at the exit of the dryer when you change the coolant flow. If the proposed model will be solved for the temperature at the outlet of the dryer and the final drying temperature, changing the temperature of the air entering the dryer, you can choose the drying mode, focusing on the maximum allowable heating temperature of the seeds.

Studies conducted using the static simulation of the mathematical model of the heat balance, show that the change of consumption of the seeds and the coolant affect the temperature of the seed to a much lesser extent than changing the temperature of the coolant at the inlet to the dryer. The use of these models allows by calculation select the modes of operation of the dryer with the known input parameters of the system.

drier, grain drier, thermal balance, seeds, heat carrier

Одержано 18.05.17

УДК 621.9.048.7:621.373.826:631.31

Ю.О. Ковальчук, доц., канд. техн. наук, О.С. Пушка, доц., канд. техн. наук, А.В. Войтік, доц., канд. техн. наук

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

E-mail: temp1405@mail.ru

Вплив поглинаючих покриттів на глибину лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки зі сталі 45

Досліджено вплив поглинаючих покриттів на глибину лазерної обробки з метою підвищення міцності та зносостійкості деталей сільськогосподарської техніки зі сталі 45. Визначено, що найкращі результати мають місце у випадку застосування покриттів, що містять оксиди алюмінію та цинку, а також сажу у вигляді аерозолі, що призводить до значного збільшення глибини зони лазерного впливу. Правильний підбір поглинаючих покриттів забезпечить суттєве зростання коефіцієнта корисної дії лазера.

метод поверхневої лазерної обробки, лазерне зміцнення, гартування, сталь 45, зносостійкість, деталі сільськогосподарської техніки

© Ю.О. Ковальчук, О.С. Пушка, А.В. Войтік, 2017

Ю.А. Ковальчук, доц., канд. техн. наук, А.С. Пушка, доц., канд. техн. наук, А.В. Войтик, доц., канд. техн. наук

Уманський національний університет садівництва, г.Умань, Україна

Влияние поглощающих покрытий на глубину лазерной обработки деталей сельскохозяйственной техники из стали 45

Исследовано влияние поглощающих покрытий на глубину лазерной обработки с целью повышения прочности и износостойкости деталей сельскохозяйственной техники из стали 45. Установлено, что наилучшие результаты имеют место в случае применения покрытий, содержащих оксиды алюминия и цинка, а также сажу в виде аэрозоля, что приводит к значительному увеличению глубины зоны лазерного воздействия. Правильный подбор поглощающих покрытий обеспечит существенный рост коэффициента полезного действия лазера.

метод поверхностной лазерной обработки, лазерное упрочнение, закаливание, сталь 45, износостойкость, детали сельскохозяйственной техники

Постановка проблеми. Збільшення ресурсу виробітку різних деталей сільськогосподарської техніки нині не втрачає своєї актуальності. Забезпечення вищої міцності деталей, які найбільше піддаються зносу та виходять з ладу, є однією із першочергових задач, що стоять перед виробниками сільськогосподарських машин.

Багато деталей тракторів, комбайнів, засобів механізації тваринництва та інших сільськогосподарських машин, такі як колінчаті, розподільчі та шліцеві вали, складові кривошипно-шатунного механізму, шестерні, зубчаті колеса, зірочки, плунжери тощо, що повинні задовільняти відповідні вимоги щодо міцності та зносостійкості, виготовляються зі сталі 45. Для їх зміцнення може застосовуватися метод поверхневої лазерної обробки. Міцність та зносостійкість металевих деталей у випадку застосування даного методу залежать також і від глибини зони лазерного впливу (ЗЛВ), на яку суттєвий вплив справляють різні поглинаючі покриття.

Тому аналіз впливу різноманітних поглинаючих покриттів на глибину поверхневої лазерної обробки сталі 45, що в свою чергу впливатиме на ресурс виробітку відповідних деталей сільськогосподарської техніки, на даний момент є актуальним та важливим.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. До 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'янець, В.С. Черненко, І.М. Шиганов, М.В. Кіндрачук, О.І. Дудка, В.С. Коваленко та інших, які детально займалися питаннями впливу лазерного випромінювання на поверхню сталевих зразків у різних випадках та для різних матеріалів [1-4]. Останні дослідження щодо лазерного зміцнення різних деталей сільськогосподарської техніки наводились в наукових працях В.П. Бірюкова, І.Ф. Буханової, В.М. Бобрицького, О.Й. Мажейка, Т.С. Скобло та інших [5-10].

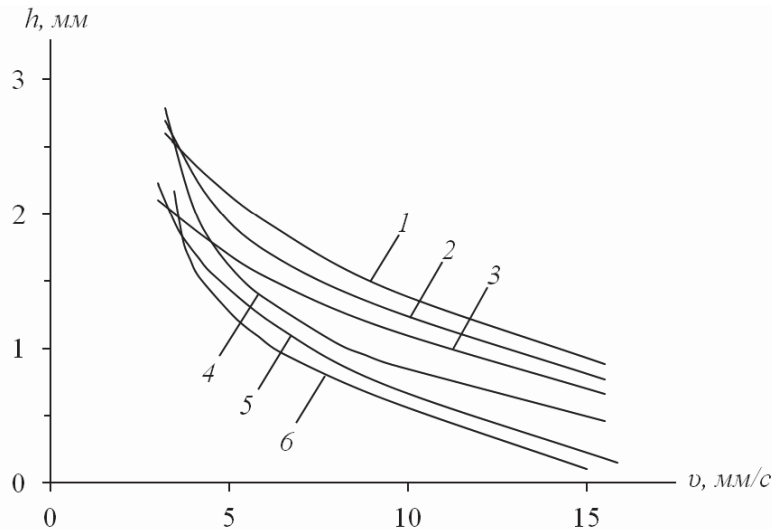
Постановка завдання. Метою роботи є дослідити вплив різних поглинаючих покриттів на глибину лазерної обробки сталі 45 з метою покращення її механічних властивостей та збільшення ресурсу виробітку відповідних деталей сільськогосподарської техніки.

Виклад основного матеріалу. Відомо, що під час лазерного зміцнення деталей сільськогосподарської техніки важливим фактором впливу на їх ресурс виробітку є глибина зміцненого шару, яка залежить від параметрів поверхневої лазерної обробки, в тому числі і від нанесених на зміцнювану поверхню поглинаючих покриттів.

Поглинаючі покриття дозволяють оброблюваному зразку зі сталі отримувати значно більшу частину енергії лазерного випромінювання, суттєво зменшуючи при цьому відбиття променя від поверхні зміцнюваної деталі.

Залежність глибини ЗЛВ на полірованому зразку зі сталі 45 при використанні різних поглинаючих покриттів зображена на рис. 1 [1]. Слід зазначити, що

ефективність застосування поглинаючих покриттів та в цілому лазерного зміцнення залежить також і від швидкості обробки, що визначає час впливу лазерного випромінювання та температуру відповідної поверхні. При збільшенні швидкості лазерної обробки ($v > 6$ мм/с) оплавлення поверхні дослідного зразка не відбувається. Найкращі результати мають місце у випадку застосування покриттів, що містять оксиди алюмінію та цинку, а також сажу у вигляді аерозолі (криві 1-4). При цьому відбувається значне збільшення глибини ЗЛВ.



1 – аерозольна сажа; 2 – Al_2O_3 з органічним сполучником; 3 – водяний розчин ZnO ; 4 – ZnO з органічним сполучником; 5 – водяний розчин сажі; 6 – розчин графіту в ацетоні

Рисунок 1 – Зміна глибини ЗЛВ на полірованій сталі 45 при дослідженні різних поглинаючих покриттів ($E \cong 20$ МВт/м²)

Також лазерне гартування сталі 45 при використанні різноманітних поглинаючих покриттів може успішно використовуватись і при вищих швидкостях обробки, але при цьому відбувається значне зменшення зміцненого цим методом обробки глибини шару (рис. 2) [1].

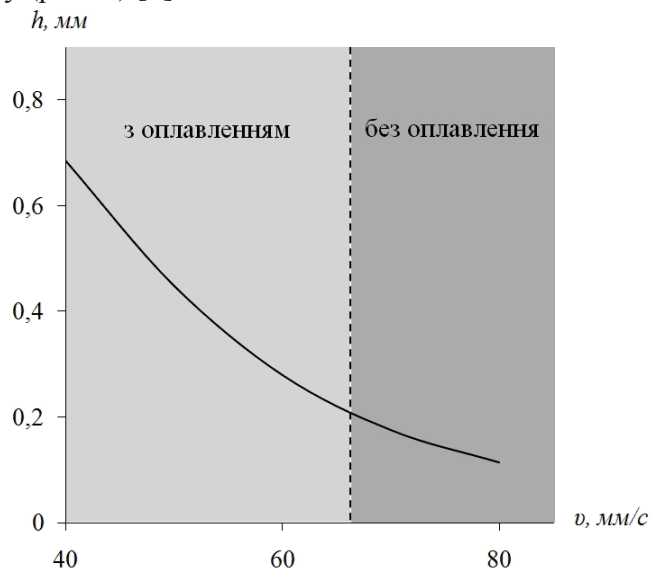


Рисунок 2 – Залежність глибини ЗЛВ сталі 45 від швидкості обробки ($P=3,1$ кВт, поглинаюче покриття – аерозольна сажа)

Застосування та правильний підбір поглинаючих покриттів дозволить обробляти металеві зразки на потрібну глибину також і лазерною установкою меншої потужності, так як значно збільшиться поглинання енергії лазерного променя, зросте коефіцієнт корисної дії лазера.

Безумовно, розглянуті приклади лазерного гартування сталі 45 при використанні різних поглинаючих покриттів не охоплюють всіх можливих випадків. Питання розробки нових, більш ефективних, дешевих та технологічних покриттів для лазерної поверхневої обробки сталі не можна вважати вирішеним, необхідно й надалі продовжувати дослідження в даному напрямку.

Використання лазерного гартування дозволяє також підвищити зносостійкість пар тертя сільськогосподарської техніки, що працюють як в умовах сухого тертя, так і в абразивно-масляному середовищі. Зменшення зношування деталей після лазерного гартування обумовлене рядом факторів: великою твердістю поверхні, високою дисперсністю структури, збільшеними несучими властивостями поверхні, зменшеним коефіцієнтом тертя тощо.

Поряд із цим на зносостійкість впливає нерівномірність властивостей локальних ділянок обробленої поверхні. Зміцнення з перекриттям, а також нанесення окремих плям або доріжок лазерного зміцнення призводить до утворення знеміцнених та незміцнених ділянок у місцях, де метал опромінювався два та більше разів або зовсім не опромінювався. Ці ділянки можуть бути місцями релаксації залишкових структурних та термічних напружень. Крім того, часткове випаровування матеріалу в ЗЛВ викликає утворення мікрозаглиблень, в яких утримується мастило. Це також сприяє збільшенню зносостійкості при роботі пар тертя.

В умовах тертя ковзання сталі 45, загартованої лазерним безперервним випромінюванням без оплавлення, по загартованій і низьковідпущеній сталі ШХ15 зношування й коефіцієнт тертя суттєво знижуються в порівнянні зі звичайним гартуванням сталі 45. Також після застосування методу поверхневої лазерної обробки різко зменшується час припрацювання пар тертя (рис. 3) [1].

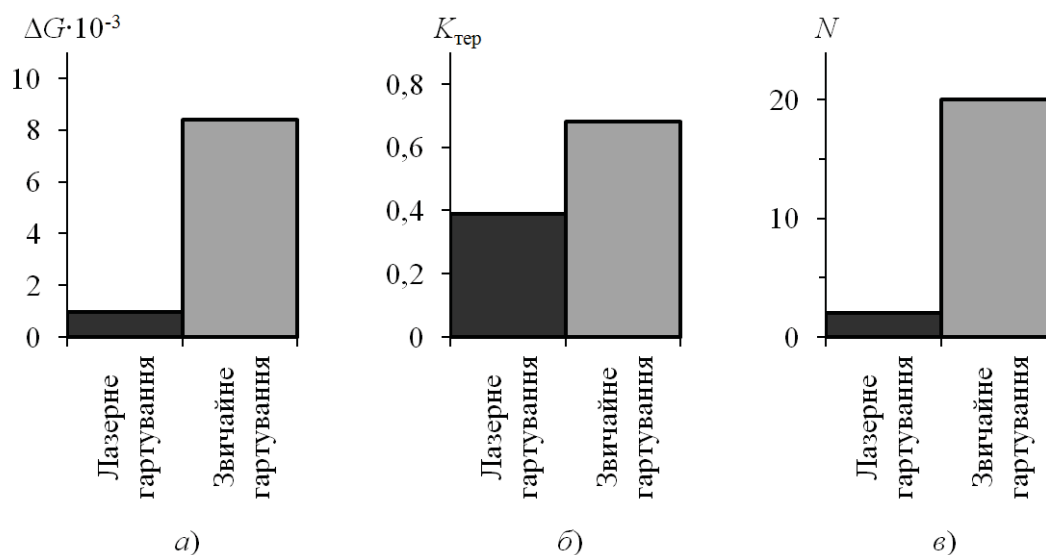


Рисунок 3 – Порівняння відносного зносу (а), коефіцієнту тертя (б) та числа циклів до припрацювання пар тертя (в) для звичайного та лазерного гартування сталі 45 ($P=1 \text{ кВт}$, $v=25 \text{ мм/с}$)

На поверхні деталей, зокрема, зі сталі 45, зміцнених безперервним або імпульсним лазерним випромінюванням, виникають неоднорідно розподілені

залишкові напруження. Розміри області зі зміненими напруженнями значно більші, ніж зона лазерного впливу, причому має місце певна симетрія відносно центру зміцненої смуги чи плями. Величина та знак залишкових напружень залежать від режимів лазерної обробки, хімічного складу сталі та деяких інших факторів. Вони визначають такі властивості деталей сільськогосподарських машин, як зносостійкість, втомні характеристики, залишкові деформації тощо.

Порівняно зі звичайним гартуванням та з гартуванням із відпуском лазерне гартування деталей сільськогосподарської техніки забезпечує в декілька разів меншу інтенсивність зносу внаслідок особливостей залишкових напружень у поверхневому шарі сталі [1] (рис. 4).

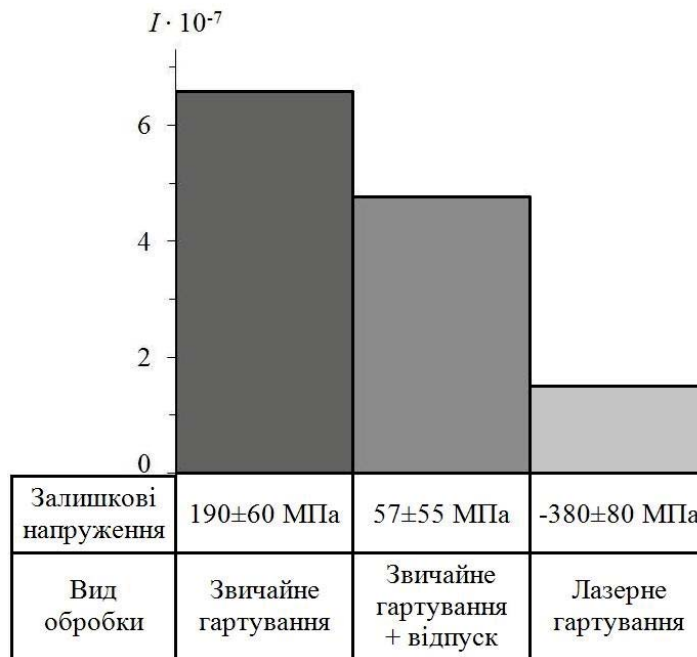


Рисунок 4 – Інтенсивність зносу сталі 45 при сухому терті в залежності від максимальних залишкових напружень у поверхневому шарі термозміцненого зразка

Висновки. Отже, досліджено вплив поглинаючих покриттів на глибину лазерної обробки сталі 45 з метою підвищення міцності та зносостійкості відповідних деталей сільськогосподарської техніки. Визначено, що найкращі результати мають місце у випадку застосування покриттів, що містять оксиди алюмінію та цинку, а також сажу у вигляді аерозолі, що призводить до значного збільшення глибини зони лазерного впливу. Правильний підбір поглинаючих покриттів забезпечить значне зростання коефіцієнта корисної дії лазера та дозволить застосовувати лазер меншої потужності, що в свою чергу сприятиме зменшенню собівартості операції зміцнення деталей сільськогосподарських машин. Застосування лазерної обробки дозволяє значно підвищити зносостійкість деталей сільськогосподарських машин.

Список літератури

1. Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки : Учеб. пособие для вузов [Текст] / 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.
2. Черненко, В.С. Променеві методи обробки : Навч. посібник [Текст] / Черненко В.С., Кіндрачук М.В., Дудка О.І. – К.: Кондор, 2008. – 166 с.

3. Вейко, В.П. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». Введение в лазерные технологии. [Текст] / В.П. Вейко, А.А. Петров. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 143 с.
4. Упрочнение деталей лучом лазера [Текст] / В.С. Коваленко, Л.Ф. Головкин, Г.В. Меркулов, А.И. Стрижак ; под ред. В.С. Коваленко. – К.: Техника, 1981. – 131 с.
5. Бирюков, В.П. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственной техники и почвообрабатывающих орудий лазерным упрочнением и наплавкой [Текст] / В.П. Бирюков // Лазерные технологии в сельском хозяйстве : Тематический сборник. – М.: Техносфера, 2008. – С. 256–264.
6. Буханова, И.Ф. Применение лазерного излучения для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственного машиностроения [Текст] / И.Ф. Буханова, В.В. Дивинский, В.М. Журавель // Лазерные технологии в сельском хозяйстве : Тематический сборник. – М.: Техносфера, 2008. – С. 264–270.
7. Мажейка, О.Й. Модифікування технології лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки [Текст] / 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. 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» [Текст] / В.М. Бобрицький. – К., 2007. – 20 с.
9. Бирюков, В.П. Восстановление и упрочнение поверхностей лазерным излучением [Текст] / Бирюков, В.П. // Фотоника. – 2009. – № 3. – С. 14–16.
10. Разработка технологии восстановления с использованием лазерного луча [Текст] / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, А.В. Сайчук, В.Л. Манило // Научный вестник Луганского национального аграрного университета. Серия «Технические науки». – 2011. – № 30. – С. 257–265.

Yuriy Kovalchuk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Olexandr Pushka, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Andriy Voitik, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Effect of absorbing coatings on the depth of laser processing of agricultural machinery parts from steel 45

The aim of this work is to study the effect of various absorbing coatings on the depth of laser processing of steel 45.

The increase in strength and wear resistance of agricultural machinery parts as a result of laser treatment is established. It has been established that the best results are obtained when coatings containing alumina and zinc oxides and also carbon black in the form of an aerosol are used, which leads to a significant increase in the depth of the laser exposure zone. Correct selection of absorbing coatings will provide a significant increase in the coefficient of efficiency of the laser and will allow the use of a lower power laser.

Choosing the right laser power will help reduce the costs of hardening of agricultural machines parts.
method of surface laser treatment, laser hardening, tempering, steel 45, wear resistance, details of agricultural machinery

Одержано 24.04.17