

**Аулін В.В.,  
Бобрицький В.М.,  
Тихий А.А.**

Кіровоградський національний технічний  
університет,  
м. Кіровоград, Україна  
**E-mail:** [aulin52@mail.ru](mailto:aulin52@mail.ru)

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМООРГАНІЗАЦІЇ ФОРМИ ДЕТАЛЕЙ З РІЗАЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПРИ ЇХ ВИГОТОВЛЕННІ**

*УДК 621.891:631.31*

Для забезпечення самоорганізації форми різальних елементів в процесі експлуатації запропоновано технологію виготовлення робочих органів із застосуванням концентрованих потоків енергії лазерного випромінювання. Показано, що при застосуванні запропонованої технології відбувається скорочення операцій виготовлення і підвищення зносостійкості та довговічності деталей, а також реалізація ефекту самозагострювання різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин. Досліджено зміну форми та величини зносу деталей виготовлених за різними технологіями.

**Ключові слова:** різальний елемент, самоорганізація форми, вибіркове зношування, лазерне різання.

### **Вступ**

Різальні елементи (РЕ) робочих органів ґрунтообробних машин (РОГМ) при експлуатації втрачають свою гостроту і первинну форму внаслідок інтенсивного абразивного зношування. РОГМ з РЕ такі, як лапи культиваторів, диски борін, лемеші плугів, сошники сівалок і їм подібні, виконані у формі клину, зі збільшенням напрацювання спрацьовуються і затуплюються. Отже найменш надійними і найбільш швидкозношуваними елементами ґрунтообробних машин є РЕ, затуплення яких обумовлює погіршення експлуатаційних та функціональних властивостей РОГМ. При цьому їх формоутворення відбувається внаслідок різної інтенсивності зношування локальних ділянок робочих поверхонь клину під дією неоднакових локальних питомих навантажень на цих ділянках.

Трибосистему "РОГМ – ґрунт" можна назвати специфічною, оскільки взаємодіють лише робоче середовище і РЕ РОГМ, а умови їх взаємодії постійно змінюються. До факторів, що впливають на зміну триботехнічних характеристик трибосистеми, можна віднести гранулометричний склад ґрунту, його вологість, грудкуватість, твердість, хімічний склад, швидкість руху ґрунтообробного агрегату, глибину обробітку ґрунту і т.п.

На сьогодні існує багато робіт вітчизняних і зарубіжних вчених присвячених проблемі підвищення зносостійкості і надійності РЕ РОГМ [1]. Запропоновано способи термічної обробки РОГМ, нанесення покриттів на їх робочі поверхні для забезпечення гостроти РЕ при експлуатації, тобто для реалізації так званого процесу самозагострювання РЕ [2], що полягає у вибіркового зношуванні менш міцних локальних ділянок поверхонь клину.

Спрямоване вибіркове зношування приводить до збереження гостроти РЕ впродовж певного періоду експлуатації. Передусім необхідно виявити такий стан, а також умови його реалізації, проаналізувавши їх на результатах лабораторних, стендових та експлуатаційних випробувань. Перш за все це пов'язано з вибором способу зміцнення однієї з поверхонь клину. Існуючі технології нанесення зносостійких покриттів вимагають додаткових енергетичних витрат часу і енергії на формування покриття після виготовлення деталі, коштовних порошкових композиційних матеріалів, захисту працівників від випаровувань шкідливих речовин при нанесенні покриття. При застосуванні газотермічного, індукційного, електродугового методів можливі знеміцнення ділянок, що межують з покриттям внаслідок наявності об'ємного термічного впливу. Слід також зауважити, що одним з визначальних параметрів такого покриття повинна бути висока міцність його зчеплення з основою.

### **Мета і постановка задачі**

Метою даної роботи є забезпечення самоорганізації форми РЕ в результаті створення умов для вибіркового зношування при виготовленні РОГМ.

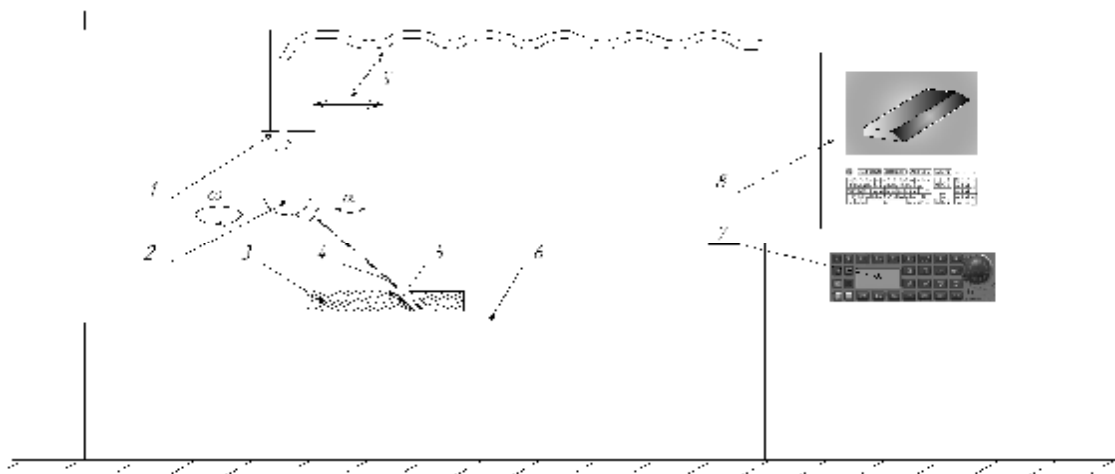
### **Виклад матеріалів досліджень**

Процес виготовлення РОГМ розглянемо на прикладі стрілкової лапи культиватора. Для її виготовлення переважно застосовується сталь 65Г, що відноситься до класу пружинних складнозварюваних сталей. Послідовність операцій наступна. З листа метала пресуванням отримують контур лапи, а фрезеруванням з одного боку формується різальний елемент (лезо). За бажанням виробника наноситься зносо-

стійке покриття (переважно на нижню поверхню), пробиваються та зенкеруються отвори і, згином в поздовжній площині, формується кінцева форма лапи. Аналіз базового процесу показує, що для його реалізації необхідно мати декілька видів технологічного обладнання і інструменту.

З метою забезпечення самоорганізації форми РЕ в експлуатації при виготовленні, зменшення кількості операцій і кількості технологічного обладнання запропоновано спосіб отримання самозагострюваних РЕ деталей машин [3] з використанням енергії лазерного променя.

Сутність способу полягає в тому, що в процесі виготовлення за одну операцію отримується контур лапи та РЕ, одна грань якого одночасно зміцнюється. На рис. 1 представлена схема технологічного комплексу виготовлення деталей з РЕ з ефектом самоорганізації форми при експлуатації.



**Рис. 1 – Схема технологічного комплексу виготовлення деталей з різальними елементами з подальшою реалізацією ефекту самоорганізації їх форми при експлуатації:**

- 1 – лазерний модуль; 2 – позиціонувальна головка;
- 3 – деталь; 4 – лазерний промінь;
- 5 – зміцнена поверхня різального елемента; 6 – робочий стіл;
- 7 – блок керування процесом лазерного різання;
- 8 – пристрій програмування руху лазерного променя

Процес виготовлення деталей з різальними елементами розглянемо на прикладі використання обладнання для лазерного різання. На робочому столі 6 встановлюється заготовка деталі 3 на якій необхідно сформувати різальний елемент. Лазерний модуль 1 має можливість переміщуватися в горизонтальній площині, а позиціонувальна головка 2 може обертатися навколо своєї осі та змінювати кут падіння лазерного променя ( $\alpha$ ) відносно поверхні робочого стола 6. За допомогою пристрою програмування руху лазерного променя 8 задаються параметри його переміщення, кут нахилу до поверхні стола, а потужність випромінювання та інші параметри роботи лазерного обладнання задаються блоком керування процесом різання 7.

В результаті дії лазерного променя 4 відбувається формування поверхні РЕ із заданим кутом загострювання. При цьому на поверхнях, які підлягають різанню, внаслідок специфічної дії лазерного променя [4, 5], утворюється зміцнений шар 5. Таким чином, за одну операцію лазерного різання відбувається одночасно формоутворення РЕ при виготовленні та зміцнення однієї з його поверхонь. При експлуатації такі РЕ будуть володіти ефектом самозагострювання і зберігати гостроту, необхідну для якісного виконання операцій різання ґрунту, оскільки реалізуються всі умови виникнення ефекту[2].

Для визначення характеру, інтенсивності зношування та порівняльного аналізу деталей, які виготовлені за базовою та запропонованою технологіями були проведені експериментальні дослідження на круговому стенді [6], що імітує умови роботи РОГМ. В якості дослідних зразків були використані лапи культиватора зі зміцненою нижньою частиною в процесі лазерного термозміцнення при різанні та з об'ємним гартуванням; робоче середовище – суміш чорнозему з піском у співвідношенні 90:10; вологість ґрунту підтримували в межах 8 ... 12 %. Деталі рухалися по колу і періодично, через кожні 30 км напрацювання, досліджувалися зміни форми їх профілю та величини зносу.

На рис. 2 представлено зовнішній вигляд перерізів РЕ стрілочастих лап культиватора, а в табл. 1 – відбитки їх профілів в залежності від напрацювання.

Аналіз рис. 2 та таблиці 1 показує, що РЕ лап культиваторів виготовлених за різними технологіями зношуються по-різному зі збільшенням шляху тертя. Так, РЕ лапи культиватора, що виготовлена за базовою технологією (рис. 2, а), зі збільшенням напрацювання поступово затуплюється, тобто збільшується радіус заокруглення його різальної кромки і при напрацюванні 60 км наближається до гранично допустимого. В той же час форма РЕ лапи культиватора, виготовленого за запропонованою технологією

лазерного різання (рис. 2, б), зберігає гостроту впродовж тривалого терміну напрацювання. Це говорить про те, що при РЕ елемента шляхом лазерного різання, зміцнений поверхневий шар однієї з поверхонь клину сприяє реалізації ефекту самоорганізації форми. Вибіркове зношування виявляється в процесі експлуатації відповідно до появи навантаження на РОГМ.

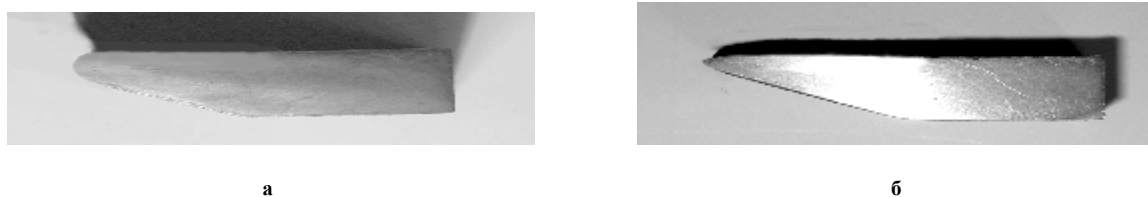


Рис. 2 – Перерізи РЕ стрілочастих лап культиваторів, виготовлених: за базовою технологією з об'ємним термічним зміцненням (а), технологією лазерного різання (б)

Таблиця 1

### Відбитки профілів РЕ стрілочастих лап культиваторів

Спосіб виготовлення	Шлях тертя, км				
	0	30	60	90	120
Базова технологія з об'ємним термічним зміцненням					
Запропонована технологія лазерного різання					

Результати дослідження відбитків профілів різальних елементів лап культиваторів, поданих в табл. 1, показують динаміку зміни профілів з напрацюванням. У РЕ з об'ємним термічним зміцненням процес затуплення різальної кромки розвивається з початком напрацювання (30 км) і при шляху тертя від 60 км до 120 км – зміни форми профілю не суттєві, проте радіус заокруглення різальної кромки вже при шляху тертя 60 км становить 1,2 ... 1,5 мм, що є підставою для вибракування деталі.

РЕ, зміцнені при лазерному різанні, показують дещо іншу динаміку зміни форми профілю. З початку напрацювання до шляху тертя 30 км відбувається процес припрацювання робочих поверхонь різального елемента, тобто самоорганізація форми. Радіус заокруглення при цьому дещо збільшується, але не суттєво – до 0,5 ... 0,6 мм. Зі збільшенням шляху тертя форма профілю РЕ практично не змінюється. При цьому вибіркове зношування, сприяє самозагострюванню РЕ і дозволяє зберігати гостроту до 120 ... 150 км шляху тертя. Отже при застосуванні лазерної термічної обробки при різанні можна реалізувати умови виникнення процесу вибіркового зношування, який приводить до самоорганізації форми РЕ. Це дасть можливість підвищити напрацювання РЕ до вибракування в 1,8 ... 2,3 рази в порівнянні з РЕ зміцненими об'ємною термічною обробкою.

Одним із важливих параметрів для стрілочастих лап культиваторів при експлуатації є інтенсивність зношування РЕ [7]. В табл. 2 дано результати дослідження цієї триботехнічної характеристики.

Таблиця 2

### Залежність інтенсивності зношування РЕ лап культиватора від шляху тертя і способу зміцнення

Спосіб зміцнення РЕ	Інтенсивність зношування, мм/км при шляху тертя					Середні значення	
	30 км	60 км	90 км	120 км	150 км	інтенсивності зношування $\bar{I}$ , мм/км	квадр. відхил. $\sigma_I \cdot 10^{-3}$ , мм/км
Об'ємне гартування	0,073	0,074	0,072	0,073	0,073	0,073	0,4
Лазерна термообробка при різанні	0,046	0,045	0,044	0,045	0,044	0,045	0,6

Можна бачити, що інтенсивність зношування РЕ, отриманих і зміцнених в результаті лазерного різання в 1,6 рази менше у порівнянні з РЕ, що виготовлені за базовою технологією і зміцнені об'ємним гартуванням. Це обумовлено подрібненням структури і підвищенням твердості матеріалу зразків при дії на них лазерного випромінювання. Крім цього на величину зношування впливає і поява ефекту вибіркового зношування і, як наслідок, самоорганізація форми РЕ РОГМ.

### Висновки

Забезпечення самоорганізації форми РЕ РОГМ при експлуатації можливе на етапі їх виготовлення. Запропонована технологія виготовлення деталей різанням концентрованими потоками енергії лазерного променя має ряд переваг перед базовими технологіями виготовлення: зниження кількості, а отже і тривалості виконання операцій виготовлення, одночасне формування і зміцнення РЕ, можливість виготовлення деталей складної геометричної форми. При експлуатації таких деталей, внаслідок появи ефекту вибіркового зношування, буде спостерігатися ефект самоорганізації їх форми, що в свою чергу приведе до збільшення їх ресурсу, незмінної якості виконання технологічних операцій впродовж тривалого терміну напрацювання, зменшення витрат на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт техніки. Підтримання гостроти РЕ в процесі експлуатації також буде стримувати зростання тягового опору ґрунтообробних машин, що відповідно зменшить витрати на паливно-мастильні матеріали.

### Література

1. Костецкий Б.И. Управление изнашиванием машин/ Б.И. Костецкий. – К.: Знание, 1984. – 20 с.
2. Аулін В.В. Теоретичні основи самозагострювання, міцності і зношування різальних елементів РОГМ та напрямки підвищення їх довговічності/ В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, А.А. Тихий/ Вісник інженерної академії України. – 2010. – № 1. – С. 149-154.
3. Пат. №48190 Україна, МПК В23К 26/00. Спосіб отримання самозагострюваних різальних елементів деталей машин / В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, А.А. Тихий – №u200909376; Заявл. 11.09.2009; Опубл. 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.
4. Аулін В.В., Лізунов С.М., Бобрицький В.М. Залежність інтенсивності зношування деталей від технологічних факторів лазерної обробки // Вісник ХДГУСГ. – Вип.15. – Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. – Харків, 2003. – С.101-105.
5. Воздействие лазерного упрочнения на материалы / Арутюнян Р.В., Баранов В.Ю., Большов Л.А., Малюта Д.Д., Себрант А.Ю. – М.: Наука, 1989. – 367 с.
6. Пат. 48191 Україна, МПК G01N 3/56 Лабораторний стенд для випробування робочих органів ґрунтообробних машин / В.В. Аулін, А.А. Тихий, В.М. Бобрицький – №u200909377; Заявл. 11.09.2009; Опубл. 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.
7. Аулін В.В., Бобрицький В.М. Характер та інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – Хмельницький, ХДУ, 2004. – № 2. – С. 107-112.

Поступила в редакцію 23.09.2013

Aulin V., Bobrytskyi V., Tikhii A. **Providing self-form parts with cutting elements in their manufacture.**

To ensure self-form cutting elements in the operation of a technology manufacturing business with the use of concentrated energy flows. It is shown that the application of technology, a reduction in manufacturing operations and improve the reliability and durability of parts. The changes shape and size of the work wear of tillage machines manufactured by different technologies.

**Key words:** cutting element, self-organization forms, selective demolition, laser cutting.

### References

1. Kostetskii B.I. Upravlenie iznashivaniem mashin, K.: Znanie, 1984, 20 p.
2. Aulin V.V. Teoretychni osnovy samozagostryuvannya mitsnosti i znoshuvannya rizalnykh elementiv ROGM ta napryamky pidvyshchennya ikh dovgovichnosti. V.V. Aulin, V.M. Bobrytskyi, A.A. Tykhyy. Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy. 2010. № 1. S.149-154.
3. Pat. №48190 Ukraina, MPK V23K 26/00. Sposib otrymannya samozahostroyuvanykh rizalnykh elementiv detaley mashyn. V.V. Aulin, V.M. Bobrytskyi, A.A. Tykhyy. №u200909376; Zayavl. 11.09.2009; Opubl. 10.03.2010, Byul.№ 5, 2010 r.
4. Aulin V.V., Lizunov S.M., Bobrytskyi V.M. Zalezhnist intensyvnosti znoshuvannya detaley vid tekhnolohichnykh faktoriv lazernoyi obrobky. Visnyk KhDHUS·H. Vyp.15. Pidvyshchennya nadiynosti vidnovlyuyemykh detaley mashyn. Kharkiv, 2003. S. 101-105.
5. Vozdeystviye lazernoho uprochneniya na materyaly. Arutyunyan R.V., Baranov V.Yu., Bolshov L.A., Malyuta D.D., Sebrant A.Yu. M.: Nauka, 1989. 367 s.
6. Pat. 48191 Ukrayina, MPK G01N 3/56 Laboratornyy stend dlya vyprobuvannya robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn. V.V. Aulin, A.A. Tykhyy, V.M. Bobrytskyi. №u200909377; Zayavl. 11.09.2009; Opubl. 10.03.2010, Byul.№ 5, 2010 r.
7. Aulin V.V., Bobrytskyi V.M. Kharakter ta intensyvnist znoshuvannya robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn. Problemy trybologiyi (Problems of Tribology). Khmelnytskyi, KhDU, 2004. №2. S.107-112.