

УДК 621.43

А. А. Дудніков, В. В. Дудник, О. І. Біловод, О. В. Іванкова, Т. Г. Лапенко

Полтавська державна аграрна академія

ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

У роботі досліджено вплив пластичного деформування матеріалу деталей для їх зміцнення з метою підвищення довговічності.

Ключові слова: пластичне деформування, ступінь зміцнення, знос, вібраційна обробка, залишкові напруження.

А. А. Дудников, В. В. Дудник, А. И. Беловод, Е. В. Иванкова, Т. Г. Лапенко

Полтавская государственная аграрная академия

УПРОЧНЕНИЕ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

В работе исследовано влияние пластического деформирования материала деталей для их упрочнения с целью повышения долговечности.

Ключевые слова: пластическое деформирование, степень упрочнения, износ, вибрационная обработка, остаточные напряжения.

A. Dudnikov, V. Dudnyk, O. Bilovod, E. Ivankova, T. Lapenko

Poltava State Agrarian Academy

STRENGTHENING OF THE MATERIAL OF DETAILS BY PLASTIC DEFORMATION

The paper investigates the effect of plastic deformation of the material of parts for their hardening in order to increase durability.

Keywords: plastic deformation, degree of hardening, wear, vibration treatment, residual stresses.

Постановка проблеми. Можливість створення поверхневого шару з рівномірним зміцненням, а також формування пластичним деформуванням необхідних залишкових напружень стиснення і твердості матеріалу до сьогодні залишається не до кінця реалізовано.

Забезпечити цю можливість можна регулюванням режимів обробки і, відповідно, показників якості поверхневого шару деталей. Одним з основних параметрів режиму обробки при поверхневому пластичному деформуванні (ППД) є параметри, які характеризують силу деформування. Для отримання зміцненого поверхневого шару з більшими зміцненням і глибиною доцільніше використовувати деформування з динамічним навантаженням, тобто з використанням енергії удару. Однак, проблема успішного використання динамічних способів ППД полягає в регулюванні показників якості поверхневого шару, оскільки при однаковій кінетичній енергії удару, енергія, що йде на пластичну деформацію, може бути різною [1].

Керування процесом динамічного деформування оброблюваної поверхні деталей дозволяє підвищити точність регулювання отриманих показників якості по глибині матеріалу.

Тому актуальними є дослідження по визначенню закономірностей режимних параметрів пластичного деформування, які забезпечували б зміцнення деталей машин та їх довговічність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для забезпечення довговічності деталей необхідно все більше уваги приділяти поверхневому зміцненню, що забезпечує належні параметри якості поверхневого шару.

У літературі є ряд досліджень по обґрунтуванню вимог до зміцненого шару [1, 2, 3]. У роботах вказано на необхідність одержання твердості та залишкових напружень по глибині поверхневого шару, які максимально відповідають експлуатаційним вимогам.

Можливість створення поверхневого шару з рівномірним зміцненням досі залишається не до кінця реалізованою. Забезпечити цю можливість можна регулюванням режимів обробки що, відповідно, підвищує якість поверхневого шару з використанням енергії удару, тобто динамічного навантаження.

Однак, проблема успішного використання динамічних способів ППД полягає в регулюванні показників якості поверхневого шару, оскільки при однаковій кінетичній енергії удару енергія, яка використовується на пластичну деформацію, може бути різною [4].

Актуальними є дослідження по визначенню закономірностей режимних параметрів пластичного деформування, що забезпечують зміцнення оброблюваного матеріалу.

Тому, розробка зміцнюючих технологій, що сприяють підвищенню ресурсу сільськогосподарських машин, є актуальною для агропромислового комплексу України [5].

Постановка завдань. Метою роботи є підвищення довговічності деталей сільськогосподарських машин за рахунок застосування зміцнюючої технології пластичним деформуванням при їх відновленні.

Викладення основного матеріалу. Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі: вибрати основні параметри пластичного деформування поверхонь відновлюваних деталей; дослідити вплив конструктивно-технологічних і технологічних параметрів на показники якості.

Поставлені задачі попередньо досліджувалися в лабораторних умовах на зразках при значній зміні діапазону різних факторів технологічного процесу. Одержані при цьому дані перераховувалися з моделей на конкретні деталі при дотриманні геометричної подібності.

Експериментальні дослідження проводили при визначенні зусиль, напружень і формозміни, а також при дослідженні умов деформування на зміну властивостей і структури матеріалу деталей.

Для дотримання подібних умов тертя (однаковий матеріал, якість його поверхні, мащення) забезпечувалися відповідні показники швидкості ковзання металу по обробному інструменті.

Забезпечувались вимоги ідентичних фізико-механічних властивостей моделі та деталі при проведенні багатфакторного експерименту, включаючи вплив умов деформації на властивості.

Зміцнення поверхні диску сошника залежить від багатьох факторів, дослідження впливу кожного з яких має важливе значення для розробки технологічного процесу його відновлення. Були визначені і обґрунтовані наступні основні параметри зміцнення: амплітуда A , частота коливання інструменту n і час зміцнення t .

Величина деформацій є одним з основних параметрів при обробці тиском.

Технологічними параметрами, що надають визначальний вплив на величину і ступінь деформації, є: фізико-механічні властивості матеріалу оброблюваних деталей; шорсткість поверхонь деталей які підлягають зміцненню; швидкість переміщення обробного інструменту і його форма; частота і амплітуда коливань робочого інструменту; час обробки (деформування).

При обробці металів пластичним деформуванням відбуваються деформації, змінюються розміри оброблюваних деталей.

При обробці зразка, який має форму паралелепіпеда, деформований стан характеризується трьома головними показникам по осях X і Y та деформацією стиснення в напрямку дії сили по осі Z .

Ступені деформації за вказаними напрямками визначили виразами:

$$\delta_x = \ln \frac{x_{n.d.}}{x_{d.d.}}; \delta_y = \ln \frac{y_{n.d.}}{y_{d.d.}}; \delta_z = \ln \frac{z_{n.d.}}{z_{d.d.}}. \quad (1)$$

де індекси означають: $d.d.$ – до деформування; $n.d.$ – після деформування.

Розрахункові значення ступеня деформації, отримані за формулою (1), наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Розрахункові значення ступеня деформації

Матеріал, який обробляється	Ступінь деформації	
	δ_x, δ_y	δ_z
1. Сталь 65Г	0,0048	1,0046
2. Сталь 45, сормайт	0,0081	1,0059

Як показали дослідження, ступінь деформації по діаметру і товщині зразків зі сталі 45 з наплавленням сормайтом відповідно у 1,68 і 1,28 рази більше, ніж зі сталі 65Г.

При відновленні деталей пластичним деформуванням в їх матеріалі утворюються і перерозподіляються залишкові напруження в результаті теплової дії під час зварювання, наплавлення і послідуєчого впливу на відновлювані поверхні різних зміцнюючих технологічних процесів.

Дослідженнями встановлено, що на поверхні леза диска виникають сприятливі залишкові напруження стиску, складові: при вібраційному зміцненні нових дисків 110-115 МПа; відновлених приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавленням сормайтом і послідуєчим вібраційним

зміцненням 104-110 МПа.

Встановлено, що на глибині 0,40-0,75 мм вони переходять в розтягуючі, відповідно рівні: 66-79 МПа; 44-53 МПа. На глибині 1,00-1,58 мм напруження переходять в стискаючі, рівні відповідно: 64-73 МПа; 59-68 МПа.

При зміцненні наплавленої поверхні віброуючим робочим інструментом змінюються механічні властивості її матеріалу. Мікроструктурні дослідження свідчать, що мікротвердість для вказаних варіантів деталей поступово знижується і на глибині 1,08-1,30 мм відбувається більш інтенсивне її зниження.

Виявлено, що під час вібраційного деформування зерна матеріалу мають витягнуту форму в напрямку руху обробного інструменту. При цьому глибина зміцнення матеріалу в 1,82-2,37 рази більша.

При звичайному деформуванні внаслідок постійного контакту обробного інструменту з оброблюваним матеріалом деталі траєкторії максимальних дотичних напружень розташовуються під кутом 90° до оброблюваної поверхні [6].

При вібраційному деформуванні цей кут змінюється від 45° до 90° і в момент відриву інструменту (ослаблення контакту) зусилля буде направлено до направлення руху інструменту під більшим кутом, що сприятиме збільшенню величини деформацій і більшому ущільненню (зміцненню) оброблюваного матеріалу.

Величину зміцнення η оброблюваного металу деталі визначали по наступній залежності [6]:

$$\eta = \log_{\varepsilon} \frac{\sigma_s}{\sigma_T} . \quad (2)$$

де σ_s – напруження текучості матеріалу; σ_T – границя текучості; ε – логарифмічна ступінь деформації.

Розрахункові значення ступеня зміцнення, отримані по вказаній залежності, наведені в табл. 2.

Таблиця 2.

Розрахункові значення ступеня зміцнення

Оброблюваний матеріал	Ступінь зміцнення, η	
	звичайне деформування	вібраційне деформування
Сталь 65Г	0,108	0,142
Сталь 65Г, сормайт	0,085	0,127

Встановлено, що ступінь зміцнення матеріалу зразків, відновлених приварюванням сегментів з наплавленням сормайтом при вібраційному деформуванні в 1,49 рази більше, ніж при звичайній обробці.

В результаті дії абразивного середовища відбувається зношування ріжучої кромки робочого органу. Це викликає її затуплення, що призводить до погіршення технологічного процесу посіву. Для дослідження величини зносу використовувалися диски зернової сівалки наступних варіантів (табл. 3):

- 1 – нові диски із сталі 65Г діаметром 300 мм;
- 2 – нові диски із сталі 65Г діаметром 300 мм з вібраційним зміцненням робочої поверхні;
- 3 – відновлені приварюванням сегментів із сталі 45 з наплавленням сормайтом і вібраційним зміцненням.

Приварювання сегментів шириною 15 мм і товщиною 2,5 мм здійснювалось на напівавтоматі А-765 дротом $\varnothing 2$ мм марки 8ГС. Зміцнення проводилось на вібраційній установці (кафедра технології та засобів механізації аграрного виробництва).

Встановлено оптимальні параметри обробки вібраційним методом: амплітуда коливань обробляючого інструменту $A = 0,5$ мм; частота його коливань $n = 1400$ хв⁻¹; час обробки $t = 20$ с.

Дані лабораторних досліджень приведені в табл. 4.

Таблиця 3.

Конструктивні параметри дисків сошників

Варіант диска	Вимірювані параметри		
	Зовнішній діаметр, мм	Товщина ріжучої кромки, мм	Кут леза, град
1	300	2,46	20°
2	300	2,52	20°
3	300	2,41	20°

Таблиця 4.

Дані зносу дисків при стендових випробувань

Номер варіанта диска	Знос діаметра D	Знос товщини леза a
	абсолютний знос, мм	абсолютний знос, мм
1	0,78	0,47
2	0,39	0,34
3	0,44	0,38

Дані стендових випробувань свідчать, що для вказаних варіантів найменшу величину зносу мали нові диски сошників із вібраційним зміцненням.

Стендові випробування дозволили визначити оптимальні значення діаметра $D = 300$ мм і товщини леза сошника $a = 2,5 + 0,1$ мм та вибрати найбільш ефективний технологічний процес відновлення з використанням вібраційного зміцнення його ріжучої кромки.

Висновки. Аналіз стендових випробувань дозволяє зробити висновок, що зносостійкість, а відповідно, і ресурс дисків сошників залежать як від їх геометричних параметрів, так і в значній мірі від способу відновлення.

Список використаних джерел:

1. Скобло Т. С., Власовец В. М., Науменко А. О., Дудников И. А. Исследование влияния виброобработки на упрочнение структурных составляющих стали 10. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2015. Вип. 158. С. 279–287.
2. Овсеенко А. Н., Серебряков В. И., Гаек М. М. Технологическое обеспечение качества изделий машиностроения: монография. М.: Янус-К, 2003. 296 с.
3. Олейник Н. В., Кычин В. П., Луговской А. Л. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин. К.: Техника, 1984. 151 с.
4. Дудніков А. А., Келемеш А. О., Семчук Г. І., Єфремов С. Г. Забезпечення якості поверхні деталей при обробці тиском. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах: Вип. 98. Т. 2, 2013. 590 с.
5. Білоусько Я. К., Бурилко А. В., Галушко В. О. Проблеми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі. Київ: ННЦ ІАЕ, 2007. 216 с.
6. Громов Н. П. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1988. 391 с.
7. Кислик В. А. Упрочнение и износостойкость. М.: Машиностроение, 1993. 208 с.