

гальмуванні, різкій зміні швидкості, внаслідок погіршення дорожнього полотна. Експериментальні режими роботи є значно менше дослідженими і у перспективі ми їх аналізуватимемо.

1. Гельфанд И.М. *Лекции по линейной алгебре.* – М.: Наука, 1996. – 326. 2. Лурье А.И. *Аналитическая механика.* – М.: Госиздат физ.-мат. литер., 1961. – 824 с.

УДК 631.33.024.2

І.Б. Назар, В.М. Палаш  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра зварювального виробництва, діагностики  
та відновлення металоконструкцій

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДИСКІВ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК

© Палаш В.М., Назар І.Б., 2005

**Проведено експериментальні дослідження втомної міцності та жорсткості зварних з'єднань відновлених дисків сошників зернових сівалок. На основі отриманих результатів оптимізовано параметри технологічного процесу відновлення робочого зовнішнього діаметра дисків сошників шляхом ресурсощадних технологій.**

**Experimental researches of tireless durability and inflexibility of the welded connections of the picked up thread disks of corn machines are conducted in work. On the basis of the got results the parameters of technological process of renewal of working external diameter of disks are optimized by a way resource of keeping technologies.**

Диски сошників зернових сівалок СЗ-5,4, Клен-6, СЗУ-3,6 тощо переважно зношуються за зовнішнім діаметром і підлягають відновленню їх робочої ділянки. На сьогодні агротехнічна галузь України щорічно потребує до 3 млн. нових дисків загальною вартістю близько 115 млн. грн. Для їх виготовлення необхідно майже 5,4 тис. т листової сталі 65Г. В зв'язку з цим, актуальним питанням є ремонт спрацьованих дисків із застосуванням таких способів, які б передбачали відновлення їх геометричних розмірів з метою збільшення ресурсу роботи дисків.

Одним із перспективних шляхів відновлення дисків сошників, виготовлених із сталі 65Г, є застосування методу електродугового приварювання робочої дугоподібної ділянки диска без попереднього підігрівання та кінцевої термічної обробки [1]. Для з'єднання використовуються розроблені марки порошкових високомарганцевистих дротів, які формують метал шва із структурою аустеніту, здатного до зміцнення. Зношування робочої ділянки диска зумовлене інтенсивною дією на нього частинок абразивної маси різного фізико-механічного складу, геометричних параметрів та хімічних властивостей. Однак, окрім абразивного зношення, під час експлуатації диск перебуває під дією складних знакозмінних циклічних, втомних і ударних навантажень, які зумовлюють виникнення в ньому пружних і пластичних деформацій та в окремих випадках його руйнування. Отже, необхідно дослідити здатність відремонтованого диска чинити опір таким навантаженням.

В роботі поставлено завдання оптимізувати параметри технологічного процесу відновлення дисків сошників на підставі випробовування на жорсткість та втомну міцність.

**Випробування дисків на жорсткість** проводилось в умовах статичного вигину, яке за характером та величиною зусилля є найбільш близьким до робочих навантажень під час посівних робіт. Такий режим випробовування дає змогу оцінити здатність відремонтованого диска чинити

опір пружним деформаціям. Для цього нами використовувалось лабораторне устаткування: універсальна дослідна машина з граничним навантаженням 5 т типу УММ-5, розроблено та виготовлено пристосування для кріплення дисків (3) (рис. 1). Навантаження здійснювалось дією пуансона (1) на крайку диска (2). Дослідження здійснювались на відремонтованих і нових дисках, а визначення напружень виконувалось методом електротензометрії за ГОСТ 6996-66. Для цього застосовувалися тензодавачі (3) марки 2ФПКА 5.200В за ГОСТ 21616-76 з робочою базою 5 мм, опором 225,40–226,30 Ом та  $K = 7,37$ . Як вимірювальний тракт використовувались послідовно з'єднана півмостова схема, пристрій УНІЛАБ (4) та ПК (5). Ця схема дала змогу визначати напруження безпосередньо в процесі створення навантаження. Швидкість прикладення навантаження дотримувалась за нормативною документацією. Кількість давачів вибиралась з урахуванням симетрії досліджуваного виробу, місць дії в ньому максимальних напружень в процесі експлуатації та в найбільш небезпечних ділянках зварного з'єднання (зона термічного впливу). Величина вигину задавалася на основі експериментальних досліджень та аналізу літературних даних експлуатації дисків [2]. Під час досліджень його максимальне значення становило 37–44 мм. Зусилля навантаження, що вибиралось на підставі інформації про умови роботи дисків [3], під час досліджень змінювались в діапазоні 0–150 Н з кроком 25 Н. Обробка результатів досліджень здійснювалась за допомогою W-критерію.

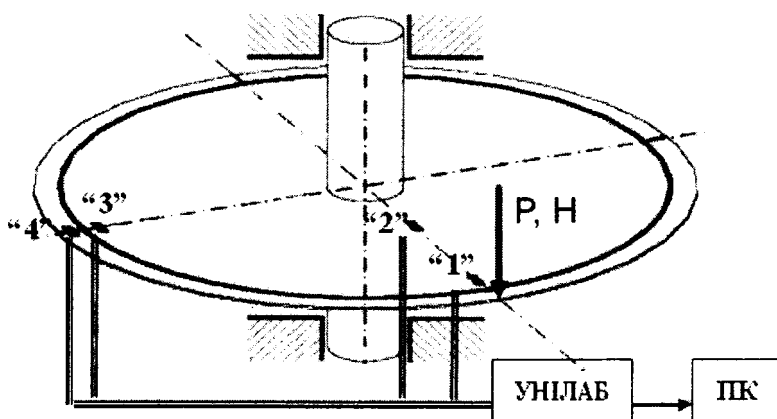


Рис. 1. Схема розміщення давачів на диску:  
"1"–"4" – тензодавачі

Оскільки в процесі експлуатації диска можуть виникати втомні тріщини, проведено випробування зварних з'єднань відремонтованих дисків на втомну міцність за силовою схемою і режимами, які максимально наближені до робочих. Такі випробування дають можливість оцінити різні типи зварних швів за параметром втомної довговічності. Випробування здійснено побудовою кривої втоми і визначення межі витривалості. Для цього досліджувалось 10 зразків із основного металу і по 4 зразки – із зварними швами, що отримані із застосуванням трьох типів зварювальних дротів (табл. 1). В інтервалі напружень 0,95–1,05 межі витривалості досліджували три зразки, два з яких не зруйнувалися до бази випробувань. У зв'язку з тим, що для сталей частота циклів у межах 10–300 Гц не регламентується, вибрали частоту 2 Гц із розрахунку швидкості переміщення сівалки (10 км/год). Основним критерієм під час визначення межі витривалості і побудови кривих втоми є повне руйнування зразків. Враховуючи аналіз і умови роботи дисків, для досліджень вибираємо силову схему поперечного згину консольної пластини в одній площині, яку реалізуємо під час застосування синусоїдального симетричного знакозмінного циклу ( $\sigma_{\max} = \sigma_{\min}$ ) напружень (рис. 2) з такими характеристиками: максимальні напруження циклу

$\sigma_{\max}$ ; мінімальні напруження циклу  $\sigma_{\min}$ ; амплітуда напружень  $\sigma_a = 0,5(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$ ; коефіцієнт асиметрії циклу  $R = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ ; період циклу  $T$ .

Основну характеристику опору втоми (межу витривалості  $\sigma_{-1}$ ) за циклічного навантаження зразка із сталі 65Г поперечним консольним згином отримано при побудові кривої втоми в логарифмічних координатах за результатами випробувань за заданих значень напружень (м'який режим навантаження) [4]. Для проведення порівняльних випробувань диска на втому за різних типів зварних швів прийнято базу випробувань  $3 \cdot 10^6$  циклів відповідно до стандарту. Для випробувань використовували спеціальні зразки – фрагмент нового та відремонтованого (із різним хімічним складом зварних швів) диска у формі “балки рівного опору” (рис. 3).

Криві втоми будували в напівлогарифмічних координатах “максимальне напруження циклу  $\sigma$  – циклічна довговічність  $\lg N$ ” методом графічного інтерполювання експериментальних результатів за стандартом. Як наслідок конструктивних та технологічних змін у диску при його відновленні із застосуванням зварювання виникла необхідність оцінити межу витривалості матеріалу диска в зоні термічного впливу поблизу зварних швів із різним хімічним складом.

Для зниження затрат часу під час проведення втомних випробувань скористалися мало-зразковим методом прискореної оцінки опору втомному руйнуванню Іванової [5]. Для сталі 65Г характеристики випробування прийняті такими:  $\alpha = 3,1 \text{ кг/мм}^2$  – циклічна частота,  $N_k = 2 \cdot 10^5$  циклів – критична кількість циклів. Для визначення впливу хімічного складу зварних швів на  $\sigma_{-1}$  за методом Іванової діяли так: а) визначили втомну міцність 3-х зразків і побудували діаграму  $\sigma - \lg N$ , на якій знайшли точку з абсцисою, що відповідає кількості циклів  $N_k$ , і ординатою, що відповідає напруженню  $\sigma_k$ ; б) вчислили межу витривалості за формулою  $\sigma_{-1} = \sigma_k - 2\alpha$ ; в) випробували 2–3 зразки для уточнення межі витривалості.

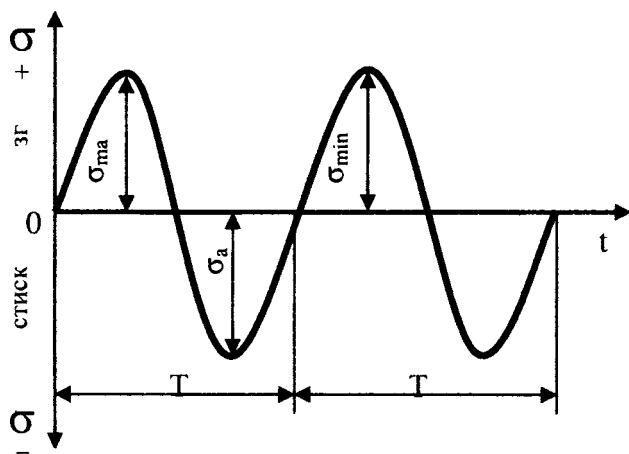


Рис. 2. Характер зміни напружень в циклі

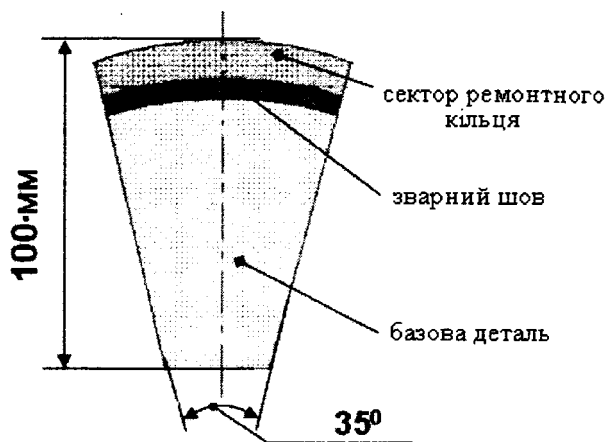


Рис. 3. Досліджуваний сегмент диска сошника із зварним швом

Випробування проводили на стандартній установці [4]. Дослідження проводились за частоти 2 Гц, що приблизно відповідає частоті навантаження на диск під час його експлуатації в польових умовах. Порядок проведення випробувань регламентується ГОСТ 25.502-79. В межах випробувань серії зразків здійснювалось м'яке навантаження і під час випробувань контролювалась стабільність заданого зусилля до руйнування зразків. Аналіз експериментальних даних здійснено за методом найменших квадратів.

Аналіз результатів випробування на жорсткість показав, що вимірювані величини відповідають нормальному закону розподілу випадкових величин. Найбільші напруження для трьох

типів зварних швів (для зварювання використовувались порошкові дроти марок: 40Г20, 120Г20, 90Г14) зустрічаються у ділянці розміщення тензодавачів “3” і “4”. Для найбільш навантаженої ділянки (давач 4, рис. 4) в новому та відновленому дисках результати показали ось що. Величина та характер робочих напружень в робочій ділянці нового та відновленого дисків істотно не відрізняється в усьому діапазоні навантажень і коливається в межах 25 МПа. Присутність зварного шва і, зокрема, його геометричні та фізико-механічні властивості не зумовлюють виникнення концентрації напружень від прикладених зусиль. Зміна геометричних характеристик дисків після дії пружних деформацій відсутня. Отже, стійкість до дії пружних деформацій нового та відремонтованого дисків істотно не відрізняється і задовольняє умовам їх експлуатації.

Напруження, МПа

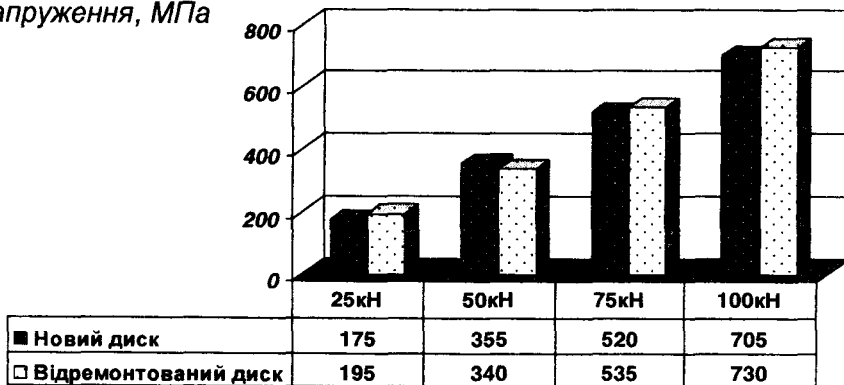


Рис. 4. Зміна робочих напружень у дисках (тензодавач “4”) від величини навантаження

На підставі отриманих результатів можна стверджувати, що одержані в процесі відновлення диска зварні з’єднання забезпечують необхідну жорсткість конструкції в процесі експлуатації в польових умовах.

Результати досліджень втомної міцності дискової сталі 65 Г наведено у табл. 1 та показано на рис. 5. Границю втоми  $\sigma_{-1}$  визначили після випробування 4–5 зразків. За результатами випробувань шостого зразка остаточно встановлено, що  $\sigma_{-1} = 625$  МПа.

Таблиця 1

Результати досліджень і їх обробка за методом найменших квадратів

№ з/п	$\sigma$ , МПа	N, цикл	$y_i = \log \sigma$	$x_i = \log N$	$x_i^2$	$y_i \cdot x_i$	$y_i^2$
1.	700	107430	2,8451	5,0310	25,3132	8,0945	14,3137
2.	680	424490	2,8325	5,6279	31,6729	8,0231	15,9410
3.	650	840850	2,8129	5,9247	35,1023	7,9124	16,6656
4.	630	1750480	2,7993	6,2432	38,9770	7,8361	17,4766
5.	630	1505110	2,7993	6,1776	38,1623	7,8361	17,2930
6.	625	2920100	2,7959	6,4654	41,8014	7,8171	18,0766
7.	760	310580	2,8261	5,4922	30,1640	7,9868	15,5215
$\Sigma =$			19,7111	40,9620	241,1931	55,5062	115,285

Лінійна залежність для опису експериментальних даних в логарифмічних координатах у результаті розв’язку системи матиме вигляд:  $\lg \sigma = 3,046 - 0,0392 \lg N$ . Залежність втомних діаграм від хімічного складу зварних швів, побудовану за методом Іванової із застосуванням трьох зразків

на кожен метод, показано на рис. 5. Границі втомної міцності, визначені для цих методів, мають такі значення (табл. 2):

Таблиця 2

### Границя втомної міцності

Матеріал		Кількість циклів випробування N	Межа витривалості $\sigma_{-1}$ , МПа
сталь	65Г	$2,9 \cdot 10^6$	625
Зварні з'єднання	A (40Г20)	$2,5 \cdot 10^6$	618
	B (120Г20)	$1 \cdot 10^6$	613
	C (90Г14)	$1 \cdot 10^6$	605

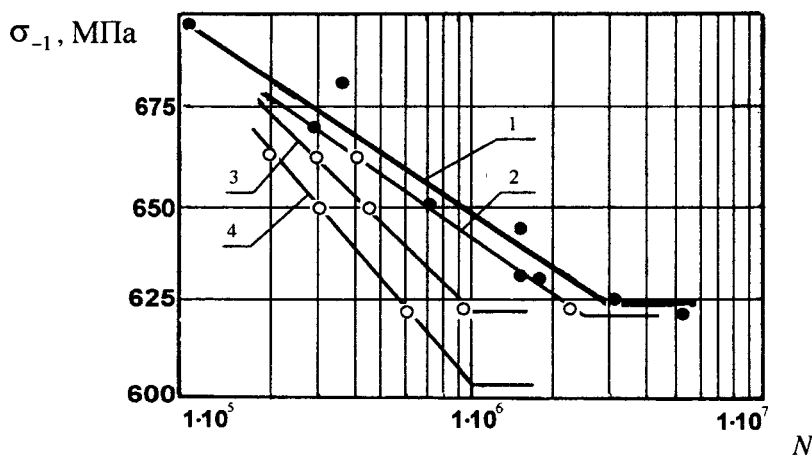


Рис. 5. Криві втоми сталі 65Г:

1 – для сталі 65Г; 2 – для “А” (40Г20); 3 – “В” (120Г20); 4 – “С” (90Г14)

Як бачимо із рис. 5, межа витривалості робочої ділянки відремонтованого диска  $\sigma_{-1}$  дорівнює ~90 % межі витривалості металу нового диска і становить відповідно 618 МПа проти 625 МПа за кількості циклів до руйнування, відповідно,  $N=2,5 \times 10^6$  та  $N=2,9 \times 10^6$ .

На підставі отриманих результатів оптимізовано параметри технологічного процесу відновлення дисків сошників зернових сівалок, який дає змогу компенсувати зношену частину зовнішнього діаметра дисків (сталь 65Г) шляхом приварювання ремонтного кільця із застосуванням порошкового дроту марки 40Г20. Зварювання виконується без використання операцій попереднього підігрівання та кінцевої термічної обробки із застосуванням цього високомарганцевистого порошкового дроту, що формує метал шва із структурою аустеніту, здатного до зміцнення.

Враховуючи особливості експлуатації дисків в польових умовах, необхідно оцінити їх стійкість до абразивного зношення, що є в перспективі подальших досліджень в цьому напрямку.

1. Пат. 38536А, Україна, МПК 7 А01В7/00, А01В15/16. Спосіб відновлення спрацьованих дисків сільськогосподарської сівалки / І.Б. Назар, М.І. Осмак (Україна). – Заявл. 20.07.2000; Опубл. 2001, Бюл. № 4.
2. Черновол М.И., Кулешков Ю.В., Капелюшній Ф.М. О работе дисковых сошников зерновых сеялок // Тез. докл. НПК: Проблемы прочности, надежности и долговечности деталей и конструкций сельскохозяйственных машин. – Кировоград, 1983. – С. 31–33.
3. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 327 с.
4. Школьник Л.М. Методика усталостных испытаний: Справочник. – М.: Металлургия, 1978. – 304 с.
5. Иванова В.С. Усталостное разрушение металлов. – М.: Металлургиздат, 1963. – 272 с.