

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВЕРХНІ ТА СТРУКТУРИ ПОВЕРХНЕВИХ  
ШАРІВ МЕТАЛУ ЗНОШЕНИХ СЕПАРУЮЧИХ РЕШІТ  
У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Наразі основним обладнанням для подрібнення зернового матеріалу є молоткові дробарки ударної дії. Головними сепаруючими елементами в цих машинах, що відповідають за якість вихідного матеріалу, як правило, є решета. Саме за допомогою решіт регулюється крупність помелу, а отже і якість продуктів помелу при виконанні*

---

© С. С. Карабиньош, З. А. Федченко

операції просіювання. У процесі експлуатації сепаруючі робочі органи інтенсивно зношуються і досить швидко втрачають працездатність, що робить їх недостатньо ефективними у використанні. Тому вивчається характер зношування поверхні сепаруючих решіт під дією потоку зернового матеріалу, а також проведено структурні дослідження у поверхневому шарі.

**Ключові слова:** решето, зношування, поверхня, топографія, металографія, експлуатація.

### **Постановка проблеми**

У процесі подрібнення, зерновий матеріал рухається у внутрішньому круговому потоці по периметру камери. При усталеному режимі роботи дробарки інтенсивність проходження частинок крізь решето практично постійна і відповідає певній їх кількості, що проходить із камери на видалення.

Фракційний склад зерна при подрібненні визначається розміром отворів. Зміна цих отворів у процесі експлуатації призводить до втрати цього показника. В той же час, якість подрібнення зернової суміші є основним фактором, від якого залежать споживчі властивості кормів і в кінцевому результаті приріст ваги у тварин.

У процесі зношування при експлуатації дробарок, отвори сепаруючих решіт втрачають свої первинні геометричні параметри [1–3]. При цьому, профіль периферійної частини, поверненої в середину камери, приймає в перерізі форму кривої, яка, поступово розвиваючись, може привести до повного протирання перетинок між отворами [4].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Аналіз літературних і патентних джерел свідчить, що перспективи розвитку технічних засобів для виконання процесу подрібнення та сепарації сировини при виготовленні комбикормів у напрямку збільшення кількості та якості продукції можна досягти в результаті удосконалення робочих органів дробарок [5–8].

### **Мета, завдання та методика досліджень**

Мета статті полягає у дослідженні стану поверхні зношених сепаруючих решіт, а також проведенні загального огляду структурних змін у поверхневих шарах матеріалу решіт.

Проведення структурного аналізу зношених поверхонь решіт для виявлення їх стану і пошкоджень у металі на початку експлуатації, а також при досягненні ними граничного зношування здійснюється за допомогою оптичних мікроскопів при збільшенні до  $\times 30$  разів. Металографічний аналіз проводиться з використанням металографічного мікроскопу типу МИМ-8 при виготовленні відповідних шліфів.

### Результати досліджень

Практикою експлуатації дробарок встановлено, що робоча частина решета піддається швидкому зносу та втраті початкової форми отворів, в результаті чого утворюється геометрична форма, яка суттєво відрізняється від початково-закладеної конструкції. Утворена внаслідок зносу форма одержує криволінійну поверхню, яка збільшує периметр для взаємодії із зерною масою та в результаті призводить до погіршення якості вихідного продукту.

Досвід експлуатації сепаруючих робочих органів вказує на низьку їх довговічність. Це приводить до необхідності проведення подальших досліджень, пов'язаних із забезпеченням працездатного стану, протягом їх найбільшого терміну експлуатації.

Фізична природа зношування сепаруючих решіт практично не вивчалася, внаслідок складності будови їх робочих поверхонь. Основною гіпотезою причин зношування поверхонь є вплив потоку зернової суміші, а також, невелика кількість абразивних частинок, що мають твердість, більшу за твердість матеріалу решета, кількість яких у завантажувальному матеріалі досягає 0,5%, а пилу 0,26% від загальної маси.

Попередньо проведеними дослідженнями проб зерна на засміченість зернами інших культур встановлено, що вміст сторонніх зернин не перевищує 5% (рис. 1.), що знаходиться в допустимих нормах і не може суттєво впливати на загальні результати досліджень.



*Рис. 1. Засміченість матеріалу, що подрібнюється зернами інших культур*

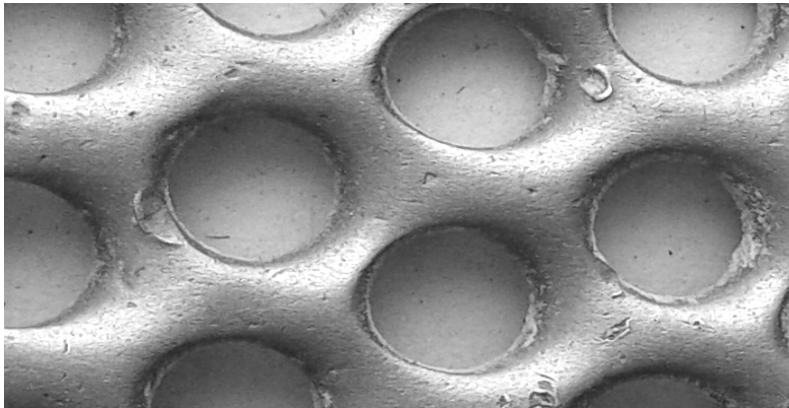
Наявність твердих компонентів, викликають часткові деформації і подряпини на поверхні контакту з решетом, поступово його руйнуючи. Тому зношування робочих поверхонь решіт розглядається як природній процес втрати

форми при контактній взаємодії робочого органу із матеріалом, що подрібнюється.

Якість подрібнення залежить від фізико-механічних властивостей зернового матеріалу, які визначають його руйнівні характеристики. Так, вологість, перш за все, впливає на його міцність та, в подальшому, на показник ефективності помелу. Із збільшенням вологості зернового матеріалу збільшується його пластичність, що призводить до зростання у подрібнювальній камері інтенсивності ударів молотків та налипанням його на робочі органи. При подрібненні надмірно вологого зерна витрачається додаткова енергія та погіршується якість вихідного продукту. Також подрібнення даного виду зерна підвищує інтенсивність зношування, так само як і вплив агресивного середовища.

Основною причиною відмови та виходу з ладу сепаруючих робочих органів, які працюють в умовах контактної взаємодії із зерновим матеріалом, є їх знос. Заокруглені форми граней отворів решіт вказують на переважне зношування кутових ділянок, що знижують поверхневу міцність матеріалу на цих ділянках. В загальному випадку швидкість зношування залежить від багатьох факторів, які пов'язані із зносостійкістю матеріалу решета та його геометричними формами.

Рівномірно зношена поверхня отворів сепаруючих решіт при збільшенні представляє собою складний рельєф, збільшене зображення якої представлено на рис. 2. Специфічним для робочої поверхні є наявність окремих каверн та інших нерівностей.



*Рис. 2. Зношена поверхня серійних решіт*

Аналіз рисунка показує, що поверхня має тьмяний відтінок. Це обумовлено взаємодією робочого органу із зерновим матеріалом, твердість якого менша за твердість поверхні решета. Характерним, також, є наявність окремих суттєвих мікродфектів (вибоїни, каверни, подряпини). Це обумовлене зіткненням

робочого органу із дрібними твердими вкрапленнями (пісок, каміння), що також входять до складу зернового матеріалу, та розміри яких становлять близько 0,3–0,8 мм.

Дослідженнями топографії робочої поверхні зношених сепаруючих решіт виявлено, що поверхня відповідає шорсткості, близькій до  $Ra$  3,2. Закруглені форми граней отворів решіт вказують на переважне зношування кутових ділянок внаслідок краєвих ефектів, що знижують поверхневу міцність матеріалу на цих ділянках.

Після проведення органоліптичного методу оцінки зміни стану поверхні решіт застосовуємо оптичні прилади, а саме металографічний мікроскоп МИМ–8. Стан зношеної поверхні решета при збільшенні показує пошкодження, що утворилися на поверхневому шарі матеріалу в процесі експлуатації (рис. 3). Отримані зображення при збільшенні показують стан деформованої поверхні решета.



Рис. 3. Зношена поверхня матеріалу решіт ( $\times 100$ )

Дослідження зміни структури поверхневих шарів при експлуатації серійних та експериментальних решіт проводиться для визначення їх зносостійкості. Це дозволяє отримати структуру основного матеріалу та їх поверхневих шарів. На рис. 4, а показано мікроструктуру основного матеріалу нових серійних сепаруючих решіт, а структура на поверхні дослідних решіт – на рис. 4 б, в.

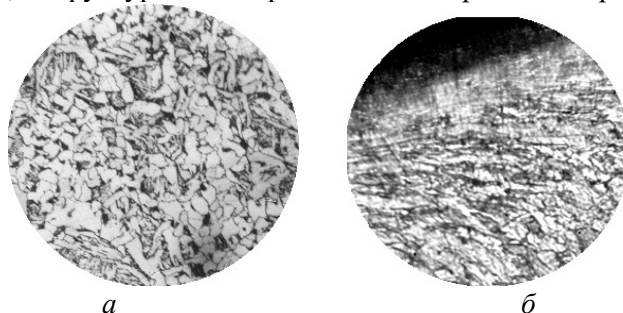


Рис. 4. Мікроструктура сталей досліджуваних зразків ( $\times 400$ ):  
а – основна структура металу в об'ємі; б – поверхнева структура металу решета

Аналіз рисунка 4 б, свідчить, що формування зерен у поверхневій зоні, при виготовленні серійних сепаруючих решіт, має частково витягнуту структуру на кутовій ділянці отворів. Це пояснюється частковим затуванням основного матеріалу при прошивання цільного листа пуансоном.

Особливістю структури основного матеріалу решета (рис. 4, а) є чітка, явно виражена зерниста структура, що складається на 90% із фериту та незначної кількості перлітних зерен.

Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що у процесі зношування форма отворів змінюється. Найбільш інтенсивно процес зношування протікає на кутовій ділянці отворів у перерізі серійних решіт та округлій формі робочих граней отворів решіт з поступовим зменшенням у міру переміщення вглиб матеріалу.

Дослідження структури поверхневих шарів зношених серійних та експериментальних сепаруючих решіт представлено на рисунку 5.

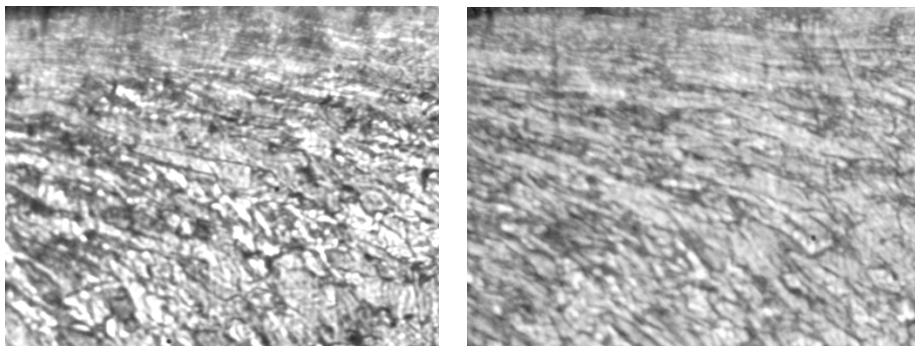


Рис. 5. Мікроструктура сталей зношених дослідних зразків ( $\times 400$ )

На рис. 5 видно збільшену видовженість зерен на поверхні серійного зношеного решета у порівнянні із новим (рис. 4, б). Отримані зображення підтверджують те, що руйнування решета під дією потоку подрібненого зернового матеріалу свідчить про явище пластичного деформування.

Пластичне деформування зерен у поверхневому шарі дослідних сепаруючих решіт подрібненими частинками зернового матеріалу характеризується видовженістю зерен аустеніту. У внутрішніх об'ємах матеріалу решіт особливих змін не відбувається.

#### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Дослідження стану поверхні зношених сепаруючих решіт показує, що поверхня має тьмяний відтінок, а шорсткість близька до  $Ra\ 3,2$ . Характерним, також, є наявність окремих суттєвих мікрodefектів (вибоїни, каверни, подряпини). Причиною цього є зіткнення робочого органу із дрібними твердими

вкрапленнями (пісок, каміння), які присутні в незначній кількості у зерновому матеріалі.

Мікроструктурні дослідження у поверхневих шарах зношених сепаруючих решіт показали значну видовженість зерен, що не притаманно структурі основного матеріалу. Отриманий результат показує, що процес зношування решіт характеризується пластичним деформуванням поверхні металу.

Перспективами подальших досліджень є розробка нового конструктивно-удосконаленого сепаруючого решета збільшеного ресурсу. Проведення їх досліджень з вивчення структурних змін у поверхневих шарах до і після експлуатації.

### Література

1. Бойко А. І. Стан проблеми і шляхи підвищення довговічності решіт дробарок / А. І. Бойко, З. А. Морозовська // Вісн. Житомир. нац. агрокол. ун-ту. – 2014. – № 2 (45), т. 4, ч. 1. – С. 153–157.
2. Бойко А. І. Аналіз конструктивних рішень решіт зернодробарок, направлених на підвищення їх довговічності / А. І. Бойко, З. А. Морозовська, А. В. Новицький // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 166–173.
3. Бойко А. І. Конструктивный метод повышения долговечности сепарирующих решет зернодробилок / А. І. Бойко, З. А. Морозовська // Науч. тр. SWorld. – 2015. – Вып. 2 (39), т. 6. – С. 82–85.
4. Бойко А. І. Експериментальні дослідження динаміки зміни форми отворів сепаруючого решета зернодробарок / А. І. Бойко, З. А. Морозовська // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб. / КНТУ. – 2015. – Вип. 45, ч. II. – С. 3–7.
5. Моисеев А. А. Кормодробилки служат дольше / А. А. Моисеев // Техника в сельском хозяйстве. – 1980. – № 3. – С. 28–29.
6. Сидашенко А. И. Теоретическое исследование формы изношенной поверхности молотка дробилки и ее влияние на качество дробления / А. И. Сидашенко // Технология повышения долговечности восстановленных деталей. – М. : МИИСП., 1985. – С. 60–71.
7. Шпиганович Т. О. Дробарка прямого удара з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення / Т. О. Шпиганович, О. В. Ялпачик // Техніка і технологія АПК. – 2011. – № 12. – С. 7–10.
8. Nikolov S. Modeling and simulation of particle breakage in impact crusher / S. Nikolov // International journal of mineral processing. – 2004. – № 74. – P. 219 – 225.
9. Research regarding wear protection in sever exploitation condition of crusher jaws / D. Tihanov, E. Binchiciu, C. Florea [et al.] // Advanced Materials Research. – 2015. – P. 390–393.
10. Zhang S. W. State of the art of polymer tribology / S. W. Zhang // Tribology Litteras. – 1998. – №2. – P. 49 – 60.