

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

## ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛОПАТОК НАГНІТАЧІВ ТА ВЕНТИЛЯТОРІВ ЗВАРЮВАЛЬНИМИ МЕТОДАМИ

**Вступ.** Одним з вирішальних факторів, що визначають термін експлуатації багатьох деталей та вузлів, є опірність контактних поверхонь зносу. Інтенсивність останнього залежить від відповідності структури та властивостей матеріалу характеру руйнуючих впливів, що супроводжують роботу відповідних машин і механізмів.

Зокрема, серед поширених функціональних елементів обладнання гірничозбагачувального та металургійного виробництва є тягодуттьові пристрої (ТДП), які задіяні на операціях транспортування, повітрообміну, нагнітання тощо. Лопатки та накладки несучого (центрального) диска нагнітачів і вентиляторів піддаються найбільш інтенсивному абразивному зносу, що носить нерівномірний характер.

Руйнування поверхневого шару відбувається під впливом газоабразивного потоку, який в залежності від місця розташування пристрою та технологічного призначення комунікації може відрізнятися гранулометричним та хімічним складом завислих часток, формою останніх, їх питомою кількістю у потоці, температурою, вологістю та складом газової фази, кутом атаки [1].

**Постановка задачі.** Метою роботи є аналіз умов і наслідків експлуатації найнавантажениших вузлів тягодуттьових пристроїв та визначення резервів у збільшенні міжремонтних періодів їх роботи, а також шляхів вдосконалення існуючих способів підвищення опірності газоабразивному зносу контактних поверхонь зазначених деталей.

До уваги бралися результати прямих замірів втрати геометричних розмірів зносу елементів захисту (лопаток і накладки несучого диска) вентиляторів та нагнітачів до моменту настання їх заміни (відновлення). Для цього використовувалися традиційний мірильний інструмент та ультразвуковий товщиномір УТ-31.

**Результати роботи.** Конструктивно розрізняють радіальні (відцентрові) та осьові тягодуттьові пристрої, за способом всмоктування газів – одностороннього та двостороннього типів, за призначенням – вентилятори та димотяги. Враховуючи також те, що знос лопаток у різних ТДП не є типовим і повторюваним, то доцільно задіяти комплексний підхід при визначенні оптимальних варіантів підвищення ресурсу зазначених деталей.

**Параметри газопилового потоку.** В залежності від ступеня і способу очистки пилу, який проходить вздовж центрального диска, від 73 до 100% частинок мають розмір до 100 мкм. Найбільш небезпечними для поверхневої стійкості деталей ТДП виявляються частинки розмірами більше ніж 5 мкм [2]. Беручи до уваги зазначені факти, до речним буде мати на увазі гранулометричні межі частинок твердих фракцій промислових аерозолів (табл.1).

За інших рівних параметрів газопилового потоку визначальним виявляється спосіб фільтрації: при переході від мокрої фільтрації до сухої (використовуючи електрофільтр) стійкість деталей до ремонту або заміни зростає у декілька разів.

**Характер зносу.** Розглянемо особливості втрати початкової конфігурації на прикладі замірів зношених лопаток коліс Н9000 (рис.1) та ВМ-180/1100 (рис.2).

Як видно з наведених знімків, зношення починається з найменших дефектів поверхневого шару (нерівності, западини, поверхневі тріщини, місцеві випини тощо). Спочатку зношується вхідна кромка лопатки зі сторони патрубку всмоктування.

Таблиця 1 – Розміри твердих частинок деяких промислових аерозолів

<i>Вид абразивного матеріалу</i>	<i>Розмір, мкм</i>
Пил від сирцевої муки	8
Пил від окалини	5...15
Пил від виробництва сталей	< 20
Цементна сирцева мука	8...15
Цементний пил	10...20
Пил від залізорудних котунів	100...770
Аглопил	50...150
Доменні шлаки	25...150



Рисунок 1 – Результат газоабразивного зносу колеса робочого нагнітача Н9000



Рисунок 2 – Зношені елементи колеса вентилятора ВМ-180/1100 (5 місяців експлуатації, Запорізька ТЕС)

Проведені заміри лопатки ультразвуковим товщиноміром УТ-31 показали знос вхідної кромки до повної її руйнування, лопатка зменшилась на 30 мм в довжину. Через такий знос відбувається «оголення» основного металу лопатки, і подальше зношування деталі прискорюється (конструкція лопатки двошарова, в якості заготовки застосовано біметалевий лист).

При виготовленні ТДП на поверхню лопатки (дет.1, рис.3) та захисної накладки (дет.2) несучого диска зазвичай наноситься зносостійкий шар порошковим дротом типу 500Х27. Такий же матеріал застосовується при накладанні облицювального шару зварного шва між деталями 1 та 2. Критичним для подальшої експлуатації є знос наплавленого шару до 3-х мм (25% товщини лопатки).

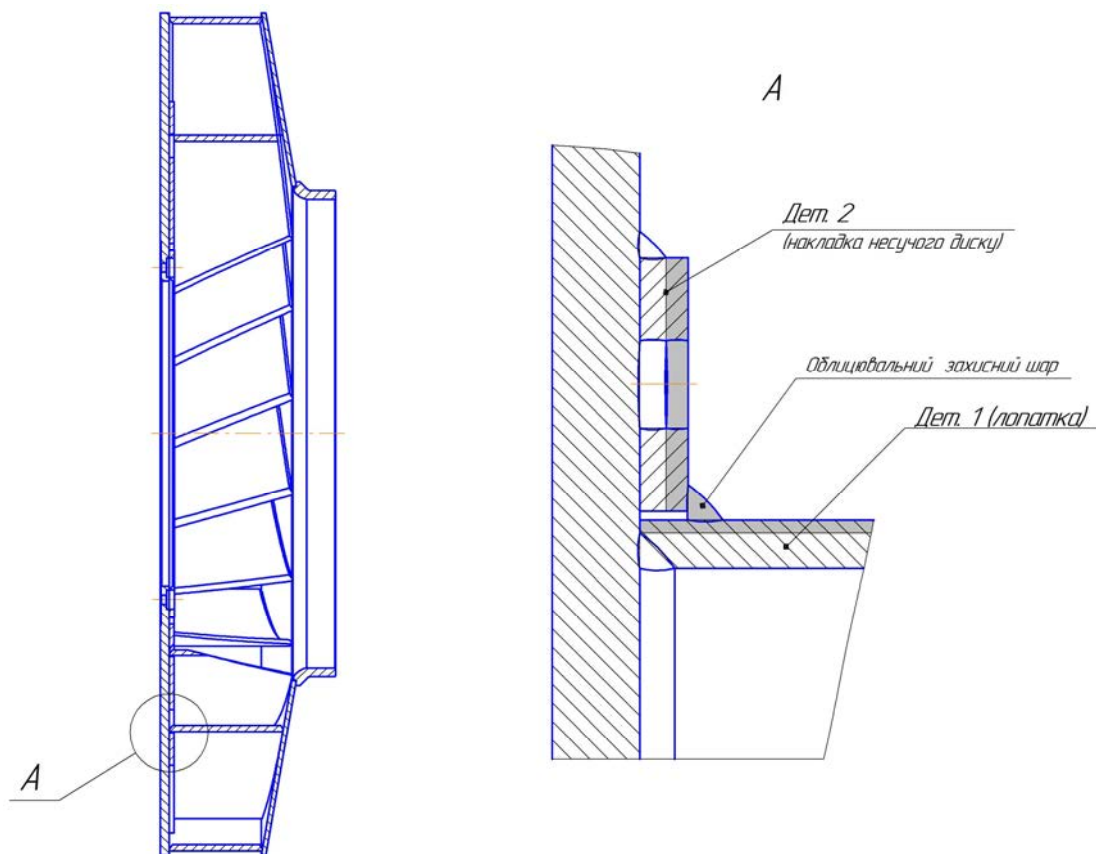


Рисунок 3 – Ескіз захисних елементів колеса вентилятора ВМ-180/1100

З метою збільшення терміну служби тягодуттьових машин за рахунок зниження абразивного зносу елементів їх проточних частин застосовується низка заходів:

- поверхневе зміцнення при підготовці до експлуатації;
- поверхневе зміцнення в ремонтний період;
- використання конструктивних заходів, зокрема додаткових лопаток [3].

*Резерви у збільшенні міжремонтних періодів.* Найпоширенішим методом захисту лопаток ТДП від інтенсивного зносу є поверхневе зміцнення нанесенням сплаву типу Сормайт, зазвичай з використанням електродів типу Т-590 и Т-620. За такою схемою доволі ефективно наносити шари металу, товщина яких сумірна з втратою геометрії деталей, яка кваліфікується неприпустимою і вимагає ремонту. Крім дугового наплавлення, відомі випадки застосування газополуменевого нанесення матеріалів, плазмового напилення та інших способів [4].

Враховуючи різний режим роботи ТДП (у т.ч. температурний) та нерівномірний характер зношування, доцільним виглядає диференційований підхід при виборі складу металу, що наплавляється. Так, наприклад, матеріал типу 450X30 має високий опір зносу при нормальних температурах, а матеріал типу 500X22Б7 – при підвищених [5-8].

Відома також залежність зносостійкості від таких факторів як:

- мікротвердість карбідів у складі наплавленого металу;
- кількість карбідів на одиницю площі;
- густина кристалічної ґратки;
- твердість матриці тощо.

За інших рівних умов, чим вища твердість карбідів, тим вища зносостійкість наплавленого металу [9]. Далі в табл.2 наведено властивості основних карбідоутворюючих матеріалів для створення захисного шару при абразивному зношуванні.

Таблиця 2 – Властивості основних карбідоутворюючих матеріалів [9]

Карбід	Тип кристалічної ґратки	Мікротвердість, МПа	Густина, г/см <sup>3</sup>	Температура плавлення, °С
Fe <sub>3</sub> C	Ромбічна (орторомбічна)	8400...8600	7,62	1650
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Орторомбічна	22800	6,68	1895
Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	Гексагональна	22000	6,90	1780
Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	Складна кубічна	16500	7,00	1520
WC	Гексагональна	30000	17,15	2850
W <sub>2</sub> C	Гексагональна	17000	15,70	2600
VC	Кубічна ГЦК	27000	5,36	2830
TiC	Кубічна ГЦК	32000	4,93	3100
NbC	Кубічна ГЦК	24000	7,78	3490

Як видно з табл.2, нанесення при відновленні або початковому зміцненні матеріалів з комбінованою системою легування, з диференціацією внесення карбідів по зонах зносу може підвищити ресурс роботи деталей ТДП. Крім однозначного лідера за мікротвердістю – карбіду ніобію – для найбільш інтенсивно зношуваних зон доцільним буде також застосування карбіду вольфраму, що має велику однорідність і практично не спричиняє тріщин у наплавлених шарах [10]. Навіть часткове використання сферичних гранул карбідів вольфраму замість подрібнених його часток в якості армувальної фази збільшує зносостійкість композиційного сплаву на 10 ... 12%.

Одним із способів захисту від зносу може стати використання при виготовленні лопаток з листів із зносостійким шаром – біметалевих листів – двохкомпонентного матеріалу, що складається з низьковуглецевої (низьколегованої) сталі в якості основи, а також зносостійкого наплавленого шару, який виконується з матеріалу, адаптованого до вимог експлуатації.

Як електродний наплавний матеріал для виробництва біметалевих листів використовуються як порошковий дріт, так і порошкова стрічка. Наплавлена поверхня деталей забезпечує високу твердість та зносостійкість при різних температурах, як нормальних, так і підвищених [6, 7].

Очевидно, що у разі виконання з біметалевої футерівки деталей ТДП, які кріпляться до несучого (центрального) диска зазвичай зварюванням, в місцях прилягання лопатки та захисних накладок центрального та покривного диска (якщо такі необхідні за умовами експлуатації) зі сторони наплавленого шару поверхню необхідно захищати

зносоустійким шаром, аналогічним наплавленому шару біметалевої футерівки, або матеріалом з більшим опором зносу.

**Висновки.** Найнавантаженишими деталями ТДП є лопатки та накладки на несучому (центральному диску), які піддаються комбінованому газоабразивному зносу. Останній починається з кромки лопатки та носить індивідуальний неповторюваний характер, що залежить від умов експлуатації та параметрів газопилового потоку. З'ясування вирішальних факторів, які визначають знос лопаток та накладок, потребує проведення додаткових досліджень.

Початкове виготовлення та наступний ремонт зазначених деталей зазвичай супроводжуються нанесенням наплавлених шарів, що за складом є зносоустійкими чавунами типу 450X30M, 450X30 та 500X22B7.

Перспективним виглядає перехід до конструктивного виконання найнавантажених деталей з біметалевих листів, робочій шар яких потрібно диференціювати за параметрами наступної експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Брыков М.Н., Ефременко В.Г., Ефременко А.В. Износостойкость сталей и чугунов при абразивном изнашивании: монография. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 364 с. ISBN 978-617-7243-19-8.
2. Дыдзинский В.В., Просницкий В.Г. Абразивные свойства пылей фабрик окомкования. *Труды ЦКТИ*. М.: НИИ ЭИНФОРМЭНЕРГОМАШ, 1986. Вып.227. С.73-76.
3. Качев И.Ф. Мероприятия по снижению абразивного износа тягодутьевых машин. *Труды ЦКТИ*. М.: НИИ ЭИНФОРМЭНЕРГОМАШ, 1980. Вып.181. С.43-46.
4. Сидоров К.С. Обзор материалов, используемых для защиты от износа деталей горного оборудования. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, 2015. Вып.8. С.389-395.
5. Жудра А.П., Ворончук А.П., Великий С.И. Оборудование и материалы для износостойкой наплавки листовых футеровочных элементов. *Автоматическая сварка*, 2009. № 6. С.53-55.
6. Жудра А.П. Исследование износостойкости композиционных сплавов в условиях газоабразивного износа при повышенных температурах. *Автоматическая сварка*, 2014. № 11. С.31-34.
7. Ворончук А.П. Порошковые ленты для износостойкой наплавки // *Автоматическая сварка*, 2014. № 6-7. С.75-78.
8. Рябцев І.О. Відновлення та зміцнення методами наплавлення деталей, що експлуатуються в умовах зношування й різних видів циклічних навантажень: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.06. К.: ІЕЗ ім. Є.О.Патона, 2010. 27с.
9. Структура и износостойкость при абразивном изнашивании наплавленного металла, упрочненного карбидами различных типов / И.А.Рябцев, А.И.Панфилов, А.А.Бабинец и др. *Автоматическая сварка*, 2015. № 5-6. С.84-88.
10. Белый А.И. Износостойкость и прочность карбида вольфрама WC+W2C, полученных различными способами. *Автоматическая сварка*, 2010. № 12. С.20-24.

Надійшла до редколегії 05.03.2020.