

*Аспірант Пологович І. А.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗДРІБНЮЮЧИХ ДЕТАЛЕЙ КОНІЧНИХ ВІБРОІНЕРЦІЙНИХ ПОДРІБНЮВАЧІВ

Наведені результати дослідження зносостійкості здрібнюючих деталей, отримані залежності, які описують знос їх вібруючим силовим матеріалом та запропоновані методи підвищення їх довговічності

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними задачами.

Сучасними тенденціями у виробництві й експлуатації конічних віброінерційних подрібнюючих машин є необхідність підвищення цього показника, обумовленого, в основному, терміном служби і зносостійкістю здрібнюючих деталей (ЗД), є особливо актуальним в умовах дорожнечі енергоносіїв, що сформувалася в Україні, і свідчить про актуальність вивчення процесу зношування таких деталей у вібруючому суцільному потоці абразивних матеріалів і розробки конструктивно-технологічних методів підвищення їхнього терміну служби.

При цьому рішення питань підвищення стійкості ЗД такого типу машин і зниження інтенсивності процесу їхнього зношування залежить від комплексу механічних властивостей матеріалу таких деталей і їхньої конструкції. Тому усе більш актуальним стає визначення впливу якості конструкції конічних віброінерційних подрібнювачів (КВП) на їхню експлуатаційну стійкість.

Найбільш розповсюдженим матеріалом для виготовлення ЗД є високомарганцовиста сталь 110Г13Л [1]. Широке застосування цієї сталі для виготовлення ЗД забезпечує її властивість самонаклепуватися в процесі роботи, що забезпечує їй підвищену зносостійкість при здійсненні процесу руйнування матеріалу, що здрібнюється, (ЗМ) у монолої, коли майже всі його шматки мають контакт із робочими поверхнями ЗД [2]. Однак у КВП наклеп має місце лише у верхній зоні її камери подрібнювання (КП), де відбувається руйнування вихідних шматків ЗМ у контакті з ЗД. У нижній зоні КП такого типу КВП йде руйнування не одиничного шматка, а шару більш дрібних шматків. Тому в нижній зоні процес здрібнювання ведеться усередині шару ЗМ, при якому контактні тиски на ЗД у цьому випадку є недостатніми для наклепу. У цьому зв'я-

зку в нижніх зонах КП таких КВП, у тому числі з рівнобіжним розташуванням робочих поверхонь взаємодіючих ЗД, відбувається звичайний інтенсивний абразивний знос, що більш активний, чим у верхній зоні, що приводить до нерівномірного зносу ЗД по висоті КП і зниженню їхнього терміну служби, тісно зв'язаного з довговічністю КВП.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботах [1, 3] приведені результати досліджень і опису розроблених засобів підвищення зносостійкості робочих деталей при їхньому виготовленні шляхом максимального збільшення твердості їхніх матеріалів і в ряді випадків дозволяють успішно вирішувати поставлену задачу. Однак при цьому не завжди результати позитивні. В залежності від умов експлуатації й інтенсивності зносу таких деталей, що швидко зносяються, іноді корисніше підвищувати не тільки твердість їхнього матеріалу при їхньому виготовленні, а створювати умови роботи ЗД, що дозволяють зміцнювати їх без розбирання, у результаті чого можна знизити інтенсивність їхнього абразивного зносу і підвищити їхню експлуатаційну стійкість.

В останні роки виконано багато наукових досліджень [1, 3-5], спрямованих на вивчення зносу і підвищення довговічності ЗД такого типу КВП. У той же час складність і невивченість природи зносу конструкційних деталей при їхній експлуатації у вібруючому суцільному потоці сипучих абразивних матеріалів, велика номенклатура устаткування і різко відрізняючі умови експлуатації утрудняють застосування відомих методів для підвищення довговічності ЗД такого типу КВП в процесі їхньої експлуатації.

Постановка задачі. Дослідження закономірностей зношування здрибнюючих деталей з високомарганцовистої сталі у вібруючому суцільному потоці сипучих абразивних матеріалів і розробка конструктивно-технологічних методів підвищення їхньої довговічності і міжремонтного ресурсу.

Виклад матеріалу і його результати. Для рішення поставленої задачі розглянемо фізично осмислені моделі, засновані на представленні про два механізми зносу ЗД, що дозволяють зв'язати інтенсивність зносу з роботою тих чи інших сил, що виникають між контактуючими тілами. При цьому перший механізм зв'язується зі зносом за рахунок упродовження ЗМ у тіло ЗД, а другий з наявністю сил тертя між ЗМ і ЗД за рахунок тангенціальної складової відносного руху ЗД [4].

Зв'язаний з першим механізмом знос елементарної площадки ЗД за деякий проміжок часу пропорційний питомій роботі, чиненій при стиску матеріалу між ЗД за цей проміжок часу. При цьому безпосередня взаємодія шматків ЗМ з поверхнею ЗД, виготовленої зі сталі 110Г13Л,

сприяє її самозміцненню наклепом, якщо цей контакт відбувається при руйнуванні ЗМ не в шарі, а в монослої [2, 4].

Знос, зв'язаний із другим механізмом, визначається роботою сил тертя при переміщенні ЗМ по поверхнях ЗД у горизонтальному і вертикальному напрямку за рахунок тангенціальної складової щодо руху ЗД [4, 6]. У даному випадку тангенціальне стирання ЗМ передбачено в самій конструкції КВП й у процесі здрибнювання воно відіграє позитивну роль. Ефект стирання досягається за рахунок сил, що роздавлюють, діючих на ЗМ від перекочуваної по шару ЗМ внутрішньої конічної ЗД за допомогою притиснення його до зовнішнього ЗД, і різниці лінійних швидкостей руху відповідних крапок, що належать стискаючим поверхням. У результаті виникаючі при такому їхньому русі в горизонтальному напрямку сили тертя, чи дотичні сили, розірвуть, що залишилися між частками зв'язки, розваллять шматок ЗМ по тріщинах, що утворилися, і запобіжать їхньому спресованню. Тому одним з варіантів експлуатаційно-конструктивного напрямку зниження зносу ЗД може бути обмеження тангенціальної складової відносного руху ЗД у горизонтальній площині, механізм якого описаний у роботі [5, 6].

Аналіз технологічних параметрів КП такого типу КВП дозволяє зробити висновок, що її пропускна здатність залежить від швидкості переміщення часток ЗМ по похилих поверхнях ЗД у вертикальній площині і від швидкості витікання ЗМ через перетин її розвантажувального отвору, розташованого внизу камери, що виключає обмеження величини цієї швидкості.

Тому другим раціональним варіантом зниження зносу ЗД може бути використаний такий металевідно-технологічний напрямок підвищення їхньої довговічності як зміцнення ЗД методами поверхневої пластичної деформації (ППД).

З метою визначення можливості застосування для підвищення зносостійкості ЗД методу зміцнення їх ППД самої КП були проведені дослідження механізму переміщень і взаємодії часток ЗМ між собою і з робочими поверхнями ЗД в обсязі КП. Для цього була використана модель бункера у виді вібруючого прозорого циліндра з похилим дном з отвором. Випробуваним матеріалом був сухий зернистий пісок. У результаті візуального спостереження було визначено, що для форми потоку під дією вібраційних коливань крім високого рівня шару характерне рівномірне і щільне упакування часток як усередині шару, так і біля поверхні стінок. Це дозволяє зробити висновок, що й інтенсивність зносу поверхонь ЗД пропорційна насипної щільності ЗМ. При цьому на поверхнях ЗД наочно підтверджується щільне розташування часток, а частки середовища роблять швидкі високочастотні пересування зі зрушен-

ням і одночасно вони беруть участь у циркуляційних переміщеннях. У процесі взаємодії один з одним частки постійно змінюють своє положення і взаємодіють із усе новими частками середовища, а між частками, що знаходяться в поверхні й усередині шару відбувається періодичний обмін місцями. Це підтверджує наявність динамічного високочастотного характеру інтенсивного ударного і сдвигового впливу часток ЗМ на поверхні ЗД, що супроводжується пластичним деформуванням і абразивним мікрорізнанням, у результаті чого відбувається знімання дрібних часток металу з поверхонь ЗД при переміщенні по них віброуючого суцільного потоку часток ЗМ.

Тому знос, що зв'язаний із другим механізмом, визначається роботою сил тертя:

$$\Delta = K_y C \cdot t \cdot \omega \int_0^u f \cdot \sigma(\varepsilon, u) du, \quad (1)$$

де u – тангенціальне переміщення здрібнюючих деталей у горизонтальній площині (м);

C – коефіцієнт пропорційності (м²/Н);

f – коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні здрібнюючої деталі;

K_y – коефіцієнт ущільнення ЗМ.

Аналіз причин передчасного виходу в ремонт КВП дозволив установити, що лімітуючими ресурс їхньої роботи є ЗД, виготовлені зі сталі 110Г13Л, у результаті зносу їх за рахунок впровадження в їхній метал ЗМ при його стиску і за рахунок наявності сил тертя між матеріалом і ЗД за рахунок тангенціальної складової відносного руху робочих поверхонь до ЗД і ЗМ.

Для реалізації металевідно-технологічного напрямку зниження зносу ЗД, виготовлених зі сталі 110Г13Л, були виконані визначення й аналіз інтенсивного зносу таких ЗД при різному їхньому наробітку. Тому для визначення зносостійкості ЗД, виготовлених з високомарганцевої сталі 110Г13Л при різних режимах абразивного зношування в умовах інтенсивного віброінерційного впливу на шар, що руйнується, матеріалу, що подрібнюється, автором проведена серія експериментів. Для порівняння паралельно випробувалися зразки сталі 35Л твердістю 160НВ. На першому етапі було перевірене твердження, що при абразивному зношуванні в умовах ненаголошеного режиму здрібнювання матеріалу в шарі сталь 110Г13Л не має істотну перевагу перед маючими однакову твердість углеродистими сталями [3]. Испити проводилися на установці, аналогічної описаний у [3]. Сталеві зразки з діаметром робочої частини 5 мм стиралися при тисках 10-40 кг/см², швидкості 0,3 м/с

об обертові абразиви різної твердості. Знос зразків визначався зважуванням на аналітичних вагах з ціною розподілу 0,1 мг. Тривалість досвіду контролювалася лічильником оборотів шпинделя установки і складала в межах 1,2 хв. Для зняття наклепу від токарської обробки зразки сталі 110Г13Л перед іспитом піддавалися термообробці, що забезпечувало мінімальну товщину знеуглецьованого шару. Результати іспитів показали, що і при ненаголошеному абразивному зношуванні сталі 110Г13Л в стані постачання має зносостійкість у 1,6 - 4,3 рази більше, ніж сталь 35Л твердістю 160НВ, причому відношення зносостійкості зростає зі збільшенням твердості абразиву. Перевага сталі тим більше, чим вище твердість абразиву. Підвищена зносостійкість сталі 110Г13Л при ненаголошеному абразивному зношуванні порозумівається механічним попереднім наклепом металу, інтенсивність і глибина якого росте зі збільшенням тиску при зношуванні, причому ефективність наклепу збільшується зі зменшенням мікротвердості абразиву. Це зв'язано з тим, що при зношуванні по м'яких абразивах не реалізується здатність сталі 110Г13Л до наклепу. При цьому необхідно відзначити, що глибина й інтенсивність наклепу росте зі збільшенням тиску при зношуванні, а також істотне зниження наклепу на глибині 0,01 мм. Відмінність зносостійкості зразків наклепаної і загартованої сталей 110Г13Л свідчить про великий вплив наклепу на зносостійкість сталі 110Г13Л, особливо при зношуванні по абразивах, твердість яких мало відрізняється від твердості наклепаної сталі 110Г13Л. При мікротвердості абразиву, близької до твердості наклепаної сталі 110Г13Л, її зносостійкість значно підвищується. Тому при мікротвердості абразиву до $700\div 800$ кг/мм² вигідно робити наклеп деталей зі сталі 110Г13Л, що працюють в умовах абразивного зносу.

Одним зі шляхів підвищення усталостної міцності деталей машин і їхньої довговічності є зміцнення їх поверхневою пластичною деформацією (ППД). Як впливає з аналізу літератури швидкість зношування ЗД, виготовлених зі сталі 110Г13Л, складає 100-180 мкм/ч. Однак у зв'язку з підвищенням навантажень і швидкостей їхнього додатка зносостійкість цієї сталі вже не задовольняє сучасним вимогам. Підвищити зносостійкість і довговічність ЗД КВП можна додавши їм здатність самоупрочнитись наклепом у процесі роботи. Довговічність КП такого типу подрібнювача визначається зносостійкістю, протизадірною стійкістю.

Для оцінки усталостної міцності зразки сталі 110Г13Л довжиною 100 мм, діаметром 10 мм, накочувались роликком (діаметром 30 мм) на токарському верстаті і на пристосуванні, що упрочняє, розробленим автором і зображеним схематично на рис. 1, за один прохід до твердості

370 НВ, глибина зміцненого шару складала 0,5 мм. Испити показали, що зміцнення зразків накочуванням підвищило границю витривалості σ_{-1} сталі на 45% (до 230-240 МПа проти 159-170 МПа), а також істотно підвищило межі міцності σ_B і плинності $\sigma_{0,2}$. Віб्रोінерційний динамічний зміцнювач (рис. 1) містить ударний інструмент зміцнювача 1 з кульками чи роликами, охоплююча оброблювана деталь 2, віб्रोінерційні приводи 3-6.

Глибина наклепу при зміцненні кулькою або роликом невеликого діаметра складає близько 0,5 мм і є недостатньою. Для одержання більшої глибини наклепу Z при зовнішнім навантаженні q на одиницю ширини смужки контакту, як впливає зі співвідношення варто використовувати елемент більшого діаметра, що упрочнює, d , тобто ролик повинний мати розміри близькі до розмірів отвору зовнішньої кільцевої ЗД.

$$Z \sim (q \cdot d)^{1/2}, \quad (2)$$

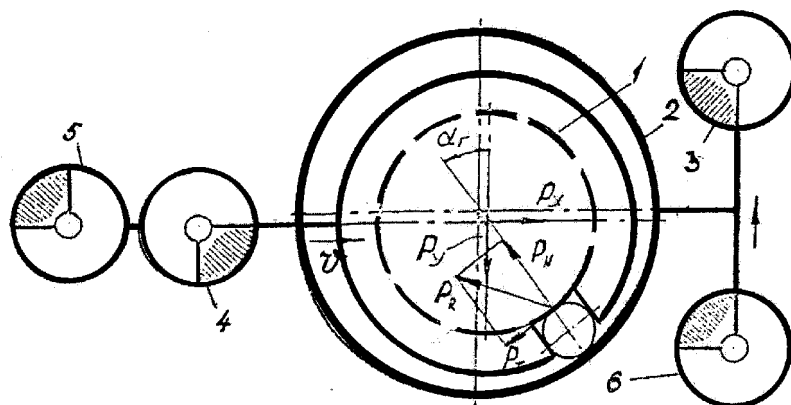


Рисунок 1 – Схема віб्रोінерційного зміцнювача

У такий спосіб віброобробка, накочування і віб्रोінерційне ударне карбування є ефективним методом зміцнення ЗД і може бути використане як для попереднього наклепу ЗД з високомарганцовистої сталі з метою їхнього зміцнення, так і при експлуатації КВП для самозміцнення ЗД за допомогою віб्रोінерційного ударного карбування і вібраційної обробки профілактичним заповненням КП середовищем у виді кульок.

Висновки і напрямок подальших досліджень. Отримані залежності, що описують знос здрібнюючих деталей конічних віб्रोінерційних здрібнювачів віброуючих суцільним потоком сипучих абразивних матеріалів, що подрібнюються, враховують його вібраційне ущільнення, що більш повно характеризує його зношування. Приведені результати дослідження зносостійкості здрібнюючих деталей дозволили запропонувати раціональні конструктивно-технологічні методи підвищення їх-

ньої довговічності. Надалі необхідно провести додаткове дослідження зміцнення металевих деталей віброінерційним динамічним зміцнювачем.

Приведены результаты исследования износостойкости измельчительных деталей, получены зависимости, описывающие износ их вибрирующим сыпучим материалом, и предложены методы повышения их долговечности.

The outcomes of a research of endurance crushed of parts are reduced, the associations circumscribing a wear by their vibrant loose material are obtained and the methods of a raise of their longevity are offered

Бібліографічний список

1. *Повышение износостойкости горно-обогатительного оборудования/ Н.С. Пенкин, Е.П. Капралов, П.В. Маляров и др.; Под ред. Н.С. Пенкина.-М.: Недра, 1992.-256 с.*

2. *Вибрационная дезинтеграция твердых материалов / В.И. Ревнивцев, Г.А. Денисов, Л.П. Зарогатский, В.Я. Туркин. – М.: Недра, 1992.-430 с.*

3. *Белоцерковский К.Е., Красов В.П. Исследование износостойкости различных марок сталей, предназначенных для броней конусов инерционных дробилок// Новые направления переработки сырья и регенерации отходов производства. Междувед. сб. науч. тр. Механообр. – Л., 1986.-С. 18-23.*

4. *Блехман И.И., Кацман Я.М., Титова Л.Г. Моделирование износа броней конусных дробилок//Обогащение руд. - № 6. – 1989. – С.26-29.*

5. *Пологович И.А., Пологович А.И. Анализ возможных путей снижения металлоемкости и повышения ресурса дисковых истирающих измельчителей./Сб. научн. тр. ДонГТУ.-Алчевск: ДонГТУ, 2004.-Вып.18. – С. 187-191.*

6. *Пологович А.И. Обоснование параметров и разработка конструкций многокамерных щековых дробилок непрерывного действия: Дис. канд. техн. наук. - Днепропетровск: ДНГАУ, 1999. – 252 с.*