

КОНСТРУЮВАННЯ ЗМІЦНЮЮЧОГО ПОКРИТТЯ З ВРАХУВАННЯМ РЕАЛЬНОГО ЗНОСУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

М.І. Денисенко, кандидат технічних наук

Досліджено вплив конструкції зміцнюючого покриття на довговічність деталей робочих органів сільськогосподарських машин. Показано, що найкращі характеристики і найбільший ресурс мають деталі машин зміцнені порошковими карбідостаями марок Х17Н2, Х13М2 з карбідом хрому і титану.

Леміш, зносостійкість, ефект самозагострювання, різальна кромка, аргоно-дугове зварювання, карбідосталь.

Постановка проблеми. Технологічні методи зміцнення поверхневих шарів деталей машин, забезпечуючи зміну їх механічних і фізико-хімічних властивостей, відіграють важливу роль в підвищенні зносостійкості і довговічності деталей машин. Використання різних методів зміцнення в поєднанні з конструктивними засобами дозволяє створювати при роботі третьової пари такі умови, за яких утворюється універсальне явище структурного пристосування матеріалів при терті, яке обумовлює встановлення динамічної рівноваги і саморегулювання процесів активізації і пасивування поверхневих шарів [1]. Відомо, що фізико-механічні характеристики більшості конструкційних матеріалів і захисних покриттів, виміряних в лабораторних умовах, не співпадає з аналогічними параметрами, коли мова йде про експлуатацію у виробничих умовах.

Велика кількість видів зношування деталей машин і умов їх утворення та розвитку обумовлює велику кількість методів усунування або локалізації зношування. Підвищення зносостійкості в результаті використання різноманітних методів зміцнення досягається за рахунок збільшення твердості і зниження пластичності поверхневого шару, а в деяких випадках-за рахунок хімічного і фазового складу цього шару. Сучасна сільськогосподарська техніка-це складні енергонасичені машини, що виконують комплекс операцій в складних польових умовах. Техніко-економічні показники багатьох сільськогосподарських машин все ще залишаються дуже низькими із-за малих строків служби їх робочих органів та вимушених простоїв при періодичних замінах останніх, що вимагає значних витрат коштів на ремонт і запасні частини.

В першу чергу це стосується ґрунтообробних машин і знарядь, робочі органи яких працюють у важких польових умовах при значних навантаженнях, вібраціях ударах, перекосах. Швидке спрацювання лез лемешів і лап культиваторів призводить до зниження продуктивності агрегатів та якості виконуваних робіт і, зрештою, до підвищення собівартості сільськогосподарських продукції. У посушливих південних районах України лемеші плугів і лапи культиваторів доводиться ремонтувати або замінювати щозміни [2]. Так, в ряді господарств Запорізької, Дніпропетровської областей, де на полях переважають супіщані ґрунти, нерідко на плугах можна бачити лемеші, на носовій частині яких окремі місця протерті наскрізь. Численні дослідження показали, що лемеші на різних ґрунтах спрацьовуються з неоднаковою інтенсивністю [2]. Пояснюється це в основному різним співвідношенням у ґрунті основних механічних складових-глини і піску.

Аналіз останніх досліджень. В теперішній час використання наплавлення для підвищення зносостійкості лемешів обмежено думкою про вартість цього методу зміцнення. Але, якщо проаналізувати вартість і збільшення строку служби лемешів економічна ефективність буде очевидна. Як показує статистика, леміш в середньому підлягає заміні після наробітку 20 га (ця цифра може бути різною, в залежності від обробленої площі), наплавлення зносостійкими матеріалами дозволяє експлуатувати леміш до 100 га. Таким чином отримуємо п'ятикратне збільшення строку служби, і всього двократне збільшення вартості лемеша. Сучасні технологічні методи поверхневого зміцнення відкривають необмежені можливості для створення захисних структур трибо технічного призначення, що забезпечують надійну роботу деталей машин в найрізноманітніших умовах, а саме: великих навантажень, високих температур і швидкостей тертя, впливу вібрації, кавітації, корозійних і абразивних середовищ.

Аналіз останніх досліджень [3,4,5] дає змогу визначити такі основні методи створення зносостійких покриттів деталей та вузлів машин: модифікація структури поверхневого прошарку легуванням його різними хімічними елементами; зміна структури поверхневого шару зовнішнім механічним (або тепловим) впливом без зміни його хімічного складу; технології підвищення довговічності деталей машин відновленням і зміцненням робочих поверхонь комбінованими методами; нанесення на поверхню тертя захисних покриттів; підвищення ресурсу машин, використовуючи методи порошкової металургії.

При конструюванні зміцнюючого покриття необхідно вибирати такий вид тертя, геометричні розміри робочих поверхонь,

оптимальне поєднання матеріалів, щоби довговічність цього вузла була підвищеною, а пошкодження-відсутня. Основний принцип проектування і розрахунку тертьових деталей, є забезпечення в заданих межах швидкостей ковзання і навантажень при нормальному терті [6]. Це може досягнуто правильним вибором матеріалів, а також конструкційними засобами, спрямованими на усунування основних причин, що визивають конкретний вид пошкодження. Було встановлено також, про позитивний вплив тонкої плівки м'якого металу, нанесеного на поверхню більш твердого, з точки зору [7] теорії містків зварювання. В теперішній час у вузлах тертя машин використовують металеві, неметалеві і композиційні матеріали, монолітні та поруваті, які мають як гомогенну, так і гетерогенну структуру. Ці матеріали виготовляють методами литва, порошкової металургії, наплавлення, напилювання і т. ін. В цілому, конструкційна міцність матеріалів досягається при оптимальному поєднанні об'ємних характеристик твердості, ударної в'язкості, меж плинності, текучості і втоми. Необхідною є умова, відповідно якій пара тертя повинна працювати за структурного пристосування [8], тому що, в цих умовах відсутнє пошкодження поверхні, а інтенсивність поверхневого зруйнування менша у порівнянні з іншими процесами при терті.

В матеріалах, отриманих методами порошкової металургії, міцність досягається як за рахунок гетерогенізації структури, так і за рахунок утворення оптимальної поруватості. Опір зношуванню визначається, в першу чергу, здатністю матеріалу до утворення і регенерації плівок вторинних структур. Захисні функції вторинних структур полягають не тільки в прямому екрануванні поверхонь та попередження процесів пошкодження (схоплювання, корозія, ерозія), але і в покращенні змащувальної дії [9]. Підвищення зносостійкості деталей проти абразивного зношування можливо досягти при використанні таких методів зміцнення, які дозволяють підвищити твердість поверхневих шарів деталей машин вище твердості абразивних частинок.

Наплавлення широко використовують для відновлення розмірів спрацьованих деталей машин. Товщину наплавленого шару встановлюють в залежності від умов роботи деталей і глибини зносу поверхонь. Для деталей, що працюють на стирання, вона не повинна перевищувати 4 мм, для робочих поверхонь інструменту-Змм, для деталей, працюючих в умовах ударних навантажень, 2 мм. Твердість наплавленого шару становить в межах HRC 45...65, а теплостійкість – 1000...3000 °С. Наплавлення спеціальними електродами здійснюють не більше, ніж в три шари. Наплавлення чавунних деталей виконують тільки в один шар.

Метою досліджень є розробка і конструювання зносостійких покриттів для захисту деталей робочих органів сільськогосподарських машин в умовах абразивного зношування технологічними і конструктивними засобами.

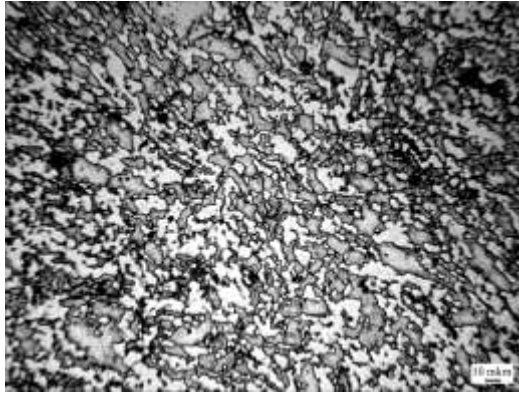
Результати досліджень. На кафедрі технічного сервісу та інженерного менеджменту проводиться робота по дослідженню та конструюванню зносостійких покриттів отриманих точковим дуговим зварюванням (ДТЗ), мікроплазмова обробка порошковим дротом ПП-АН148 (МПО), індукційне наплавлення твердим сплавом ПГ-С27, евтектичні покриття системи Fe-Mn-C-B (ЕП), порошкові карбідосталі на основі хромистих сталей марок Х17Н2, Х13М2 з карбідом хрому та карбідом титану, сталь 65Г, використання порошкових композиційних матеріалів КХЖ70, КХНФ15, КХЖ50, КХТНФ25.

Для комплексного вивчення абразивного зношування досліджено більше 250 деталей робочих органів машин: леміш плуга, лапа культиватора, диск борони, робочі органи кормозбиральних машин. Найбільш значний ефект підвищення зносостійкості при абразивному зношуванні дає використання спеціальних твердих сплавів [10, 11]. Усування втомного руйнування або підвищення стійкості проти цього виду зруйнування може бути досягнуто в тому випадку, коли навантаження при терті кочення нижче межі плинності поверхневих шарів металу, що мають особливо напружений стан. Компанія Farmet виготовляє велику кількість змінних деталей машин на власних підприємствах і за своїми виробничими технологіями. Оптимізований склад твердого сплаву і спеціальна технологія низькотемпературної пайки забезпечує стійкість як до абразивного зношування, так і до ударів по каменям (рис. 1).

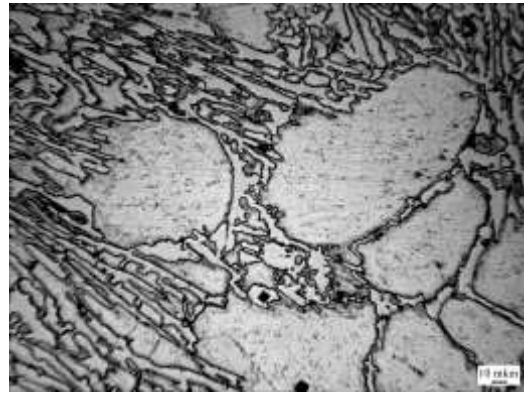


Рис. 1. Конструкції робочих органів фірми Farmet.

В експлуатації після зміцнення твердим сплавом лапа культиватора має зносостійкість в 2-3 рази більше в порівнянні з індукційним наплавленням. Але основною перевагою є значне скорочення витрат пального.

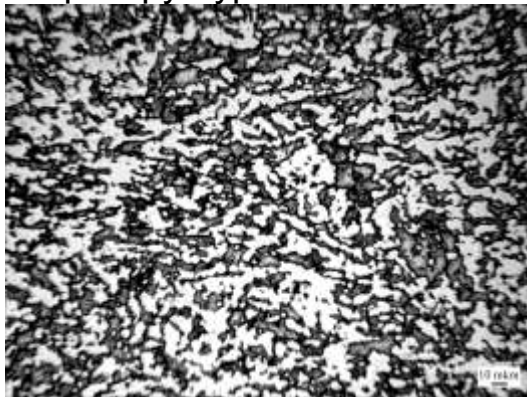


а) 1200 °С

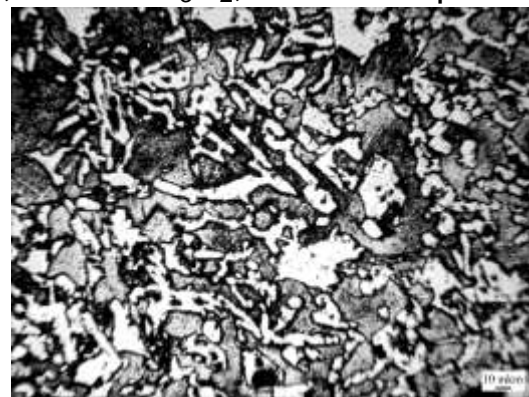


б) 1250 °С

Мікроструктура сталі X13M2–22,5% об. Cr₃C₂, спеченої при °С

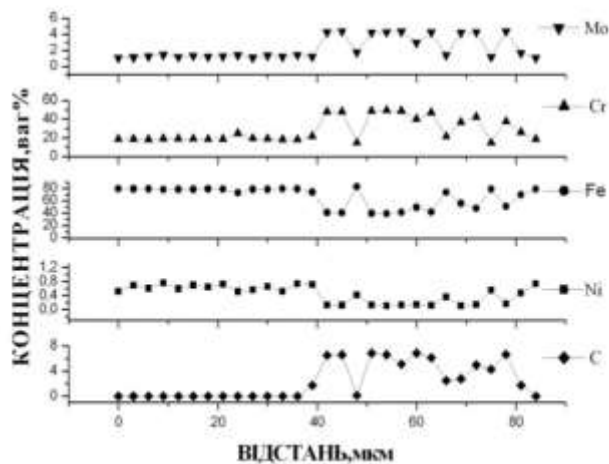
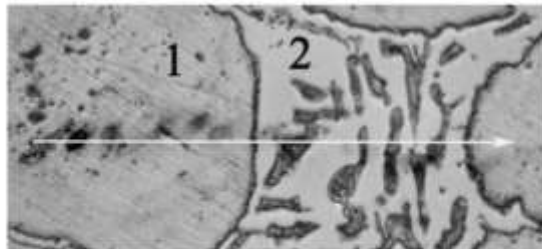


а) 1200 °С



б) 1250 °С

Мікроструктура сталі X13M2–30% об. Cr₃C₂, спеченої при °С



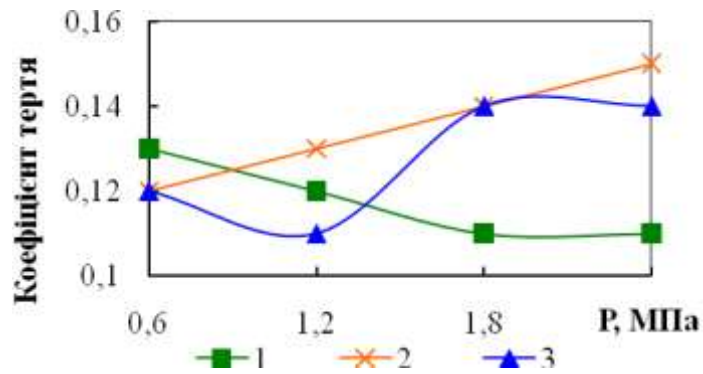
розподіл Cr, Ni, Fe, Mo, C в зразку (X13M2–15% об. Cr₃C₂) – спікання у вакуумі при t=1300°С (1 – карбіди; 2 – металева фаза)

Рис. 2. Мікроструктура сталі X17H2 після виготовлення.

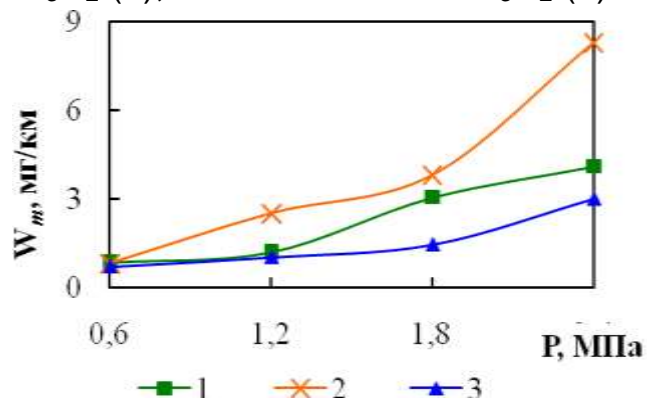
Економія пального складає близько 10-15%. Це можливо тому, що при поступовому зношуванні не змінюється довжина і геометричні параметри лапи культиватора. Відомі методи відновлення і зміцнення лемешів використовуються обмежено, а в деяких випадках взагалі не можуть використані. Наприклад, відтяжка носка лемеша використовується лише одного разу. Відповідно технічним умовам, лемеші, що мають знос за товщиною 5-6 мм, підлягають вибракуванню. Висока вартість лемешів плугів, лап культиваторів вітчизняного виробництва призводять до пошуку нових шляхів збільшення їх ресурсу, наприклад приварюванням зносостійких накладних елементів. У відповідності з поставленою ціллю розроблена технологія відновлення і зміцнення лемешів плугів приварюванням металокерамічних пластин на основі сталей марок X17H2, X13M2 з карбідом хрому та карбідом титану шляхом аргоно-дугового зварювання.

Порошкові тверді сплави є композиційними гетерогенними матеріалами, які складаються з твердих тугоплавких сполук розподілених в пластичній матриці з металів тріади заліза. Карбідосталі за своїми властивостями є проміжними між твердими сплавами і інструментальними сталями. Нами запропоновано карбідосталь, в якості основи якої використані хромисті сталі феритного і ферито-мартенситного класів з відносно невеликим вмістом карбідної складової (7,5-30% об.) корозійностійкого вищого карбиду хрому Cr_3C_2 . Для їх отримання, поряд з рідко фазним спіканням, можуть бути використані альтернативні методи: гаряче штампування та імпульсне гаряче пресування у вакуумі. У результаті аналізу впливу вмісту компонентів на структуру спеченої карбідосталі, виявлено ефект подрібнення мікроструктури при збільшенні кількості карбиду хрому від 7,5 до 30% об., що дозволяє керувати структуроутворенням для досягнення необхідних властивостей карбідосталей (рис. 2). Встановлено, що гаряче штампована карбідосталь має анізотропію зерен металу-основи в напрямку, перпендикулярному зусиллю штампування. Особливістю структури гаряче штампованої карбідосталі є відсутність перехідної зони в місці контакту карбідного зерна з металом основи. Це в деяких випадках сприяє підвищенню міцності карбідосталі, що загалом забезпечує зростання механічних властивостей матеріалу.

Введення Cr_3C_2 підвищує стійкість до абразивного зношування спечених матеріалів в 20 разів, порівняно з вихідними сталями. Карбідосталі на основі X13M2 мають зносостійкість в 1,5-3 рази вищу, порівняно з карбідосталлю X17H2- Cr_3C_2 . Це пояснити наявністю 2% молібдену, що підвищує дифузійну рухливість хрому і призводить до збільшення його концентрації в при поверхневих шарах і що, як відомо, підвищує зносостійкість (рис. 3).



залежність коефіцієнта тертя від навантаження спечених при 1250°C карбідосталей: X13M2–15%об. Cr₃C₂ (1); X13M2–22,5% об. Cr₃C₂ (2); X13M2–30 %об. Cr₃C₂ (3) а



залежність масового W_m (мг/км) зносу від навантаження спечених при 1250°C карбідосталей: X13M2–15% Cr₃C₂ (1); X13M2–22,5 % Cr₃C₂ (2); X13M2–30 % Cr₃C₂ (3) б

Корозійна стійкість спечених карбідосталей

Номер зразку	Склад, %		Відносна густина ρ, %	Корозійні властивості					
				30% NaOH		3 % NaCl		20% HNO ₃	
	сталь	Cr ₃ C ₂		П, мм/рік	Бал*	П, мм/рік	Бал	П, мм/рік	Бал
1	X13M2	15	0,93	-	10	0,33	3	0,11	4
2	X13M2	22,5	0,95	0,41	3	-	10	0,06	4
3	X13M2	30	0,97	0,03	4	0,59	2	0,31	2

*за десятибальною шкалою.



леміш плугу армований металокерамічними пластинами із карбідосталі X13M2 – 30% з їх суцільним і переривчастим розташуванням

Рис. 3. Залежність коефіцієнта тертя (а) і масового зношування (б) від навантаження зразків карбідосталей на основі X13M2.

Результати досліджень абразивної зносостійкості зразків зі сталі Х17Н2 показали, що в них спостерігається катастрофічне зношування вже при навантаженні 0,6 МПа. Введення в шихту карбідних домішок суттєво змінює характер зносостійкості, підвищуючи її в 50 разів. Порівняння зносостійкості карбідосталей показує, що інтенсивність зношування карбідосталі з Cr_3C_2 в 13,5 разів менше ніж карбідосталі з TiC . Це може бути пов'язано з вищою концентрацією Cr в металевій складовій карбідосталі з Cr_3C_2 також можливо, за рахунок малої інтенсивності взаємодії TiC зі сталевою основою та слабого адгезійного зв'язку між частинками карбіду титану і матрицею.

Збільшення вмісту карбіду призводить до росту зносостійкості, що викликано збільшенням частки твердої складової за рахунок гетеро фазної взаємодії з основою та подрібненням розміру металевої фази, що в умовах абразивного зношування по закріпленим частинкам приводить до підвищення зносостійкості. Запропонована технологія відновлення і зміцнення забезпечує міцне з'єднання металокерамічних пластин і лемеша, що збільшує його ресурс. Використання для зміцнення лемеша зносостійких пластин дозволяє тривало зберігати вихідну долотоподібну геометрію лемеша.

Висновки

1. На основі результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено практичні рекомендації по технологічному процесу відновлення і зміцнення лемешів плугів аргоно-дуговим зварюванням металокерамічних пластин карбідосталей Х13М2.

2. Встановлено, що для досягнення максимальних фізико-механічних властивостей карбідосталей найбільш доцільним є використання методу гарячого штампування.

3. За рахунок переривчастого розташування металокерамічних пластин значно зменшується тяговий опір, що дозволяє збільшити робочу швидкість руху орного агрегату і, його продуктивність.

Список літератури

1. *Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, А.К. Караулов и др. ; под общ. ред. Б.И. Костецкого. – К.:Техніка, 1976. – 296 с.*
2. *Циммерман М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин / М.З. Циммерман. – М: Машиностроение, 1978. – 295 с.*
3. *Дмитриченко М.Ф. Триботехніка та основи надійності машин: навчальн. посіб. / М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик. – К.: Інформавтодор, 2006. – 216 с.*
4. *Лабунець В.Ф. Износостойкость боридных покрытий / В.Ф. Лабунец, Л.Г. Ворошнин, М.В. Киндрачук. – К.:Техніка, 1989. – 169 с.*

5. Чернець М. Дослідження та розрахунок трибо систем ковзання, методи підвищення довговічності і зносостійкості. В 3 т.Т.1. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості трибо технічних систем ковзання / М. Чернець. М. Пашечко, А. Невчас. – Дрогобич: Коло, 2001. – 492 с.
6. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий. – К. Техніка, 1970. – 396 с.
7. Боуден Ф.П. Трение и смазка твердых тел / Ф.П. Боуден, Д. Тейбор. – М: Машиностроение, 1968. – 544 с.
8. Костецкий Б.И. О явлении саморегулирования при износе металлов / Костецкий Б.И., Бершадский Л.И., Чукреев Е.П. // Доклады АН СССР: Т.1970. – Т.191. – №6. – С. 129.
9. Костецкий Б.И. Нормальное трение и явления повреждаемости в машинах / Б. Костецкий, Л. Бершадский. – М.: Машиностроение, 1970. – С. 269.
10. Трибологія: підруч. / М.В. Кіндрачук, В.Ф.Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту, 2009. – 392 с.
11. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.

Исследовано влияние конструкций упрочняющих покрытий на долговечность деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин. Показано, что наилучшие характеристики и наибольший ресурс имеют детали машин упрочненные металокерамическими пластинами порошковыми карбидосталью марок Х17Н2, Х13М2 с карбидом хрома и карбидом титану.

Лемех, зносостійкість, ефект самозатачивання, режущая кромка, аргон-дуговая сварка, хромистая сталь.

In paper the results construction hardening coating the test durability working tool cultivation. Demonstrate, what the greatest effective method force part cultivation machine plate wear carbidosteel Х17Н2, Х13М2.

Blade cultivator tooth, wear resistance, effect self-sharpening, argon arc welding, and chrome steel.

УДК 630.336:621.436

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ І ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ДВИГУНІВ САМОХІДНИХ ЛІСОВИХ МАШИН

О.А. Бешун, кандидат технічних наук

Стаття присвячена аналізу режимів роботи і завантаження двигунів самохідних лісових машин з метою визначення

© О.А. Бешун, 2013