

УДК 620.178.152

**АБРАЗИВНА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ
ЕВТЕКТИЧНИХ ПОКРИТТІВ**

© Керницький І.С.*, Козуб В.В., Пашечко М.І., 1999

ДУ «Львівська політехніка», кафедри «Нарисна геометрія та графіка»*,
«Фізика металів і матеріалознавства»

Проведені експериментальні дослідження стійкості розробленого евтектичного хромового покриття в умовах абразивного зношування. Встановлена висока абразивна зносостійкість евтектичних шарів при різних навантаженнях та швидкостях ковзання.

Деталі машин, вузлів та агрегатів під час експлуатації зношуються і залежно від умов зовнішніх навантажень їх довговічність суттєво зменшується. Особливо це характерно для деталей, що працюють в середовищі абразиву, яке сприяє їх інтенсивному зношуванню та обмежує ресурс роботи машин. Для підвищення довговічності застосовують різні методи зміцнення деталей машин. Широке використання в промисловості знайшли об'ємне загартування та загартування струмами високої частоти (СВЧ). Ці методи зміцнення певною мірою підвищують зносостійкість вуглецевих металів у середовищі абразиву порівняно з незагартованими сталями, але суттєво змінити довговічність деталей вони не в стані. Мартенситна структура, яка отримується в результаті використання відомих методів загартування, має мікротвердість у межах 4,5...7,5 ГПа, в той час як аналогічний показник для піску становить 10 ГПа, що суттєво перевищує мікротвердість зміцненого металу. Під час зношування в середовищі абразиву елементів тертя на їх поверхнях спостерігаються сліди мікрорізання, що призводить до зменшення стійкості деталей. З підвищенням мікротвердості стійкість деталей збільшується. Крім того, мартенситна структура під дією температур, які виникають на поверхнях елементів, схильна до фазових перетворень з утворенням білих шарів з різними фізико-механічними властивостями [3]. Стійкість протиабразивного зношування спряжених деталей в цих випадках буде визначатись вторинними структурами. Властивості таких структур залежать як від початкового стану металу, так і від температурного режиму в зоні контакту тертя. Так, чим більша поверхнева твердість металу у вихідному стані, тим більша твердість вторинних структур. Тому, при питомих навантаженнях до 3 МПа білі шари дещо підвищують стійкість металу проти зношування в середовищі абразиву. З підвищенням навантаження більше ніж 3 МПа, підвищується і температура в зоні контакту тертя, яка змінює фізико-механічні властивості білого шару, і високонапружені

вторинні структури з меншою мікротвердістю інтенсивно руйнуються, що призводить до зниження стійкості пар тертя при абразивному зношуванні.

Перспективним способом зміцнення металів є хіміко-термічне оброблення. Вона дозволяє отримувати на поверхнях металу дифузійні шари, що характеризуються високою поверхневою твердістю, яка може досягати 16...20 ГПа. Однак довготривалість формування покриттів, незначна товщина металізованих шарів не дозволяє ефективно застосовувати цей метод поверхневого оброблення для деталей машин, котрі працюють в умовах абразивного зношування при динамічних навантаженнях.

Покриття з евтектичною структурою, отримані з відомої реакційної суміші [3], які мають високу поверхневу твердість та значну товщину, суттєво підвищують стійкість металу в умовах абразивного зношування в широкому діапазоні навантажень.

Метою даної роботи є дослідження стійкості в умовах абразивного зношування розробленого покриття, отриманого із реакційної суміші такого складу [2]: сірий чавун – 50...55 %, феромарганець – 10...15 %, Cr_2O_3 – 10...15 %, вапно – 15...30 %. Зношування зразків проводилось за схемою “вал-вкладиш” на експериментальній установці [4] при різних навантаженнях та швидкостях ковзання. Абразивним середовищем був кварцевий пісок з розмірами частинок 200 мкм. Зношування зразків контролювали ваговим методом на аналітичній вазі з точністю до п'ятого знака після коми. Зразки валів виготовлялись зі сталі 45. На поверхню валів наносилась обмазка із реакційної суміші, вали просушувались при температурі 100 °С протягом 30 хв, після чого нагрівались струмами високої частоти до 1150...1200 °С протягом однієї хвилини з наступним охолодженням на повітрі. Така технологія дала можливість отримувати покриття на поверхні деталі завтовшки до 4 мм. Після поверхневого зміцнення зразки шліфувались до відповідного розміру та отримання шорсткості поверхні $R_a=2,25$ мкм.

Проведені металографічний та рентгеноструктурний аналізи показали, що покриття має евтектичну структуру, яка складається із легованого хромом і марганцем $\alpha\text{-Fe}$ та перлиту, карбідів $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ і $(\text{Cr, Fe})_{23}\text{C}_6$. Мікротвердість покриття становила 9,0...11,5 ГПа.

Зношування зразків валів з покриттям проводили по вкладишах, виготовлених зі сталі Ст.45 з мартенситною структурою і мікротвердістю 4,2...4,5 ГПа, отриманих після об'ємного загартування з наступним низьким відпуском. Для порівняння стійкості пар тертя проводили зношування спряжених елементів зі сталі 45. На зразки валів наносили евтектичне боридне покриття, яке отримували із реакційної суміші [1]. Мікротвердість такого покриття становила 9,5...12,0 ГПа. Вкладиші підлягали об'ємному загартуванню. Зношування пар тертя здійснювали при навантаженнях 1; 2; 3; 4; 5 МПа та швидкостях ковзання 0,4; 0,6; 0,8 м/с.

Проведені експериментальні дослідження показали, що стійкість пар тертя в умовах зношування з абразивним прошарком залежить від фізико-механічних властивостей спряжених елементів. Поверхнева твердість є важливим параметром, який характеризує взаємодію абразивних частин в зоні контакту тертя з елементами ковзання, але не є єдиним показником, що однозначно визначає стійкість пар тертя при різних умовах зовнішнього навантаження. Якщо твердість матеріалу значно менша від твердості абразиву, то окремі піщинки можуть вклинюватися в нього, в результаті чого

переміщення в зоні контакту сповільнюється і тертя спряженого елемента з вищою поверхневою твердістю буде відбуватись відносно нерухомого абразиву. Зношування такої деталі залежить як від твердості, так і від структури, крихкості та інших характеристик.

Руйнування поверхневих об'ємів під дією абразивних частинок відбувається в результаті втомних процесів від багатократного передоформування мікрошарів металу. Поверхня тертя вкладиша з меншою мікротвердістю може піддаватись мікрорізанню, але цей процес не є характерним. Під дією стискаючих зусиль, які діють на зразки, умов взаємодії абразивних частин зі спряженими елементами та умов їх руху в зоні контакту тертя, зерна піску руйнуються на дрібніші крихти і їх вплив на елементи ковзання зменшується. Під час тертя крихти деформують поверхню і сприяють утворенню вторинних структур, фізико-механічні властивості яких значно відрізняються від властивостей металу до тертя. Фізико-механічні властивості спряжених деталей будуть визначати характер руйнування поверхні тертя та інтенсивність зношування залежно від рівня напруженого стану зони контакту, який створюється абразивними частинами при різних зовнішніх навантаженнях. Так, при зношуванні зразків валів з евтектичним боридним покриттям по загартованих вкладишах з мартенситною структурою зношування пар тертя збільшується з підвищенням навантаження та швидкості ковзання (див. таблицю).

Вплив питомого навантаження та швидкості ковзання на зношування пар тертя в середовищі абразиву

Пара тертя		Швидкість ковзання V , м/с	Зношування G , мг/см ²					Джерело інформації
Вал	Вкладиш		Питоме навантаження p , МПа					
			1	2	3	4	5	
Загартування СВЧ	Об'ємне загартування	0,4	55	63	69	93	114	[3]
		0,6	60	75	84	105	120	
		0,8	75	86	96	110	128	
Евтектичне боридне покриття	Об'ємне загартування	0,4	15	18	26	31	36	
		0,6	18	24	32	36	40	
		0,8	24	36	42	46	52	
Евтектичне хромове покриття	Об'ємне загартування	0,4	13	15	20	23	27	
		0,6	16	21	26	28	32	
		0,8	20	27	33	37	42	

Проведений візуальний аналіз вкладишів після зношування показав, що на окремих ділянках поверхонь спостерігаються сліди мікрорізання від абразивних частин; при цьому існують також відполіровані поверхні зі слідами викришування, що є наслідком втомного руйнування металу.

Проведений металографічний аналіз вкладишів після зношування при різних зовнішніх навантаженнях показав, що під дією значних температур [3], що виникають в зоні тертя, в тонких шарах металу відбуваються структурні перетворення з утворенням білих шарів з різними властивостями. Так, при навантаженнях 1...3 МПа на зразках з мартенситною структурою утворюються білі шари завтовшки 30...40 мкм з мікро-

твердістю 4,6...5,1 ГПа, а при навантаженнях 4...5 МПа товщина цих структур знаходиться в межах 20...30 мкм з поверхневою мікротвердістю 3,9...4,1 ГПа.

Проведений аналіз зразків з евтектичним боридним покриттям після зношування підтвердив, що на поверхні тертя валів не спостерігаються сліди мікрорізання; вона гладка, блискуча, з наявністю окремих локальних ділянок викришування шару, що є наслідком втомного руйнування в результаті багатократного передеформування під дією абразивних частинок.

Металографічний аналіз зміцнених валів після зношування свідчить про те, що в покритті не спостерігаються структурні зміни під дією температур, які виникають в зоні контакту тертя, а також не змінюється мікротвердість евтектичного шару, яка становить 9,5...12,0 ГПа.

Експериментальні дослідження зношування в середовищі абразиву спряжених пар, в яких вали зміцнені покриттям з евтектичною хромовою карбідною структурою показали (див. таблицю), що їх зношування в інтервалі навантажень до 5 МПа та швидкостях ковзання до 0,8 м/с дещо менше, порівняно з парами тертя, в яких зразки валів зміцнені покриттям з евтектичною боридною структурою.

Візуальний та металографічний аналізи зразків валів після зношування підтвердили, що стан поверхні тертя та характер зношування покриття аналогічний до боридного евтектичного шару. Карбідна механічна суміш термостійка, її механічні властивості та структура не змінюються під дією температур, які виникають у зоні контакту тертя спряжених пар. Наявність дрібнодисперсних карбідів хрому та легованого цементиту сприяє зменшенню крихкості покриття порівняно з боридною евтектикою, а також знижує чутливість до концентрації напружень від дії абразивних частинок, що призводить до зменшення інтенсивності руйнування покриття при підвищенні навантаження та швидкості ковзання. Фазові перетворення в тонких шарах мартенситної структури вкладиша, які значно змінюють фізико-механічні властивості матеріалу, сприяють різній взаємодії абразивних частинок в зоні контакту елементів тертя, що суттєво впливає на стійкість спряжених пар в умовах абразивного зношування.

Проведені експериментальні дослідження стійкості пар ковзання в умовах абразивного зношування дають підставу стверджувати, що евтектичні хромові покриття отримані із розробленої суміші мають високу зносостійкість при навантаженнях до 5 МПа та швидкостях ковзання до 0,8 м/с. Дану суміш можна рекомендувати для поверхневого зміцнення деталей машин, які працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, та підвищення їх довговічності.

1. А.с. 528350 СССР. Состав обмазки для покрытия / В.И.Похмурский, В.М.Голубец, В.В.Козуб // Открытия. Изобрет. 1976. № 34. 3 с. 2. Пат. 2010885 Р.Ф. Состав для диффузионного насыщения стальных изделий / В.В.Козуб, И.С.Керницкий, О.П.Калиновская и др. (Украина.) // Открытия. Изобрет. 1994. № 7. 3 с. 3. Голубец В.М., Козуб В.В., Табинский К.П. Износостойкость термически и химико-термически обработанных стальных изделий при наличии абразивной прослойки // ФХММ. 1975. № 4. С.73-74. 4. Табинский К.П., Козуб В.В. Установка для исследования образцов на абразивное изнашивание // ФХММ. 1973. № 3. С.88-89.