



2. A. Sladkowski, V.S. Hmilenko, V.N. Ruban The comparative analysis of the surface roughness of the rolling wheel pairs after their trueing on KZ-20 machine tools// V International Scientific Conference for Middle and Eastern European Countries.-Poland. 2002.
3. А.В. Сладковский, В.С. Хмиленко, В.Н. Рубан Выбор угла наклона ножей фасонной фрезы для колесофрезерных станков КЖ-20// Науковий вісник НГУ, 2003, №11, 47-50 с.
4. Инструкция по формированию, ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог Украины колеи 1520 мм. ЦТ/0016.- К.: Транспорт, 2001.- 87с.
5. Гузенков П.Г. Детали машин.- М.: Высшая школа, 1986.- 359 с.
6. Бронштейн Н.Н., Семендяев К.А. Справочник по высшей математике. – М.: Гос. изд. физ. мат. литературы, 1962. – 608с.

УДК 621.893

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ПЛАСТИЧНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ З ЗАСТОСУВАННЯМ ДОМІШОК ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Р.С. Пугач¹

¹асистент, кафедри технології гірничого машинобудування, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна, e-mail: dracov-pugach@yandex.ua

Анотація. В роботі представлено випробування на зносостійкість сталевих деталей після застосування поверхневої пластичної деформації з використанням домішок природного походження в охолоджуючій речовині.

Ключові слова: пластична деформація, геомодифікатор тертя, зносостійкість.

TECHNOLOGY OF SURFACES PLASTIC DEFORMATION PROCESSING WITH THE USE OF NATURAL ORIGIN IMPURITIES

Ruslan Puhach¹

¹assistant, Mechanical Engineering Technology of Mining Department, National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: dracov-pugach@yandex.ua

Abstract. The article presents tests on wear resistance of steel parts after applying surface plastic deformation using the impurities of natural origin in coolant.

Keywords: plastic deformation, geomodifiers of friction, wear resistance.

Вступ. Відомо, що шляхом поліпшення якості поверхонь тертя можна значно підвищити ресурс механізму. Таким чином, завдання тертя, змащення і зносу виступає на перший план. Так як процес зношування протікає тільки в поверхневих областях що піддаються навантаженню, то з економічної точки зору доцільно застосовувати матеріали які володіють



підвищеною зносостійкістю тільки в цих зонах, для цього поверхні деталей обробляють різними технологічними методами, наприклад: хіміко-термічною обробкою, плазмовим нанесенням, електролітичним осадженням, пластичним деформуванням, високоенергетичною обробкою, комбінованими методами обробки и т. д. [1].

Мета роботи. Підвищити зносостійкість робочих поверхонь за допомогою інноваційної технології обробки поверхні домішками природнього походження, що додаються до охолоджуваної речовини в процесі поверхнево пластичної деформації (ППД).

Матеріал і результати досліджень. На даний момент існують домішки до мастил природнього походження з дисперсністю $5 \div 30$ мкм, так звані природні геомодифікатори тертя (ГМТ). Геомодифікатор тертя - спеціальна добавка в мастильні матеріали і технологічні середовища на базі мінералів геологічного (рідше штучного) походження, які можуть вступати у взаємодію з контактуючими ділянками деталей і формувати на них металокерамічний шар, частково усуваючи дефекти поверхонь тертя. До складу ГМТ входять шунгіт, офіт, фаяліт і нефрит і т.д [2].

В дослідній роботі розглядається порівняння в процесі лабораторних випробувань ефективності застосування технології обробки поверхонь добавкою з 5% вмісту геомодифікатора тертя «ГЕОМ» ГМТ-У-1/3 ТУ 28.5-30260992-001-2001 в складі охолоджуючої рідини під час фінішної операції ППД в порівнянні з класичним методом обробки ППД.

ППД виконувалось методом обкатування роликом діаметром 22 мм з профільним радіусом 3 мм. Ролик був виготовлений зі сталі ШХ-15. Швидкість обкатування скала $v = 20$ м/хв., а подача $S = 0,11$ об/хв. Необхідний тиск ролика на вал забезпечувався тарованою притискною пружиною. В якості охолоджуючої рідини було використано мастило И-20А ГОСТ 20799-88. Зусилля обкатування становило 150 Н та контролювалось динамометром [3, 4]. Шорсткість поверхні вала, після деформації, склала $Ra \sim 1,4 - 1,8$ мкм. На рисунку 1 представлена фото реалізації поверхневого пластичного деформування.

Дослідження на зносостійкість проводилося на машині тертя СМЦ-2 по схемі «диск-колодка». Навантаження зразків забезпечувалося пружинним механізмом в діапазоні від 150 кг/см^2 . Частота обертання рухливого ролика складає 500 об/хв. Замір величини зносу зразків виконувався методом зважування кожні п'ять годин на лабораторних вагах Radwag WLC 2/C/1. Змащування зразків відбувається окунанням рухомого зразка в посудину з маслом.

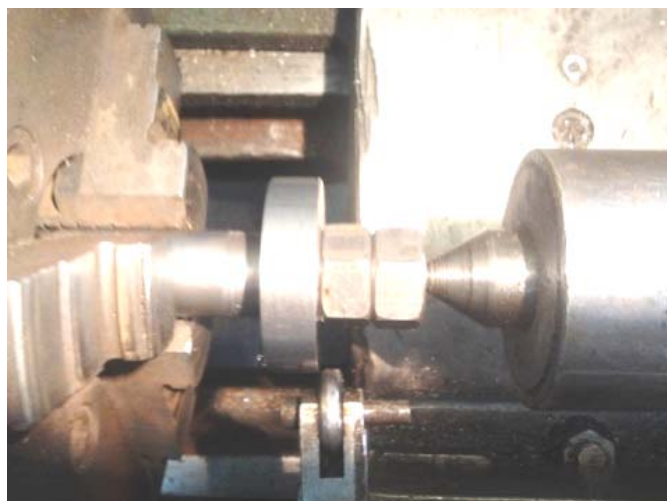


Рисунок 1 – Фото реалізації пластичної деформації роликом сталі 40Х

На рисунку 2 представлено графік зносу зразків зі сталі 40Х. Як видно з графіку при використанні технології обробки поверхні ППД з застосуванням ГМТ процес напрацювання протікає швидше, водночас з'являється приріст поверхні, про що свідчать негативні значення чисел на графіку. Отже це створює умови для формування «додаткового ресурсу» при роботі вузла механізму.



Рисунок 2 – Графік зносу зразків зі сталі 40Х

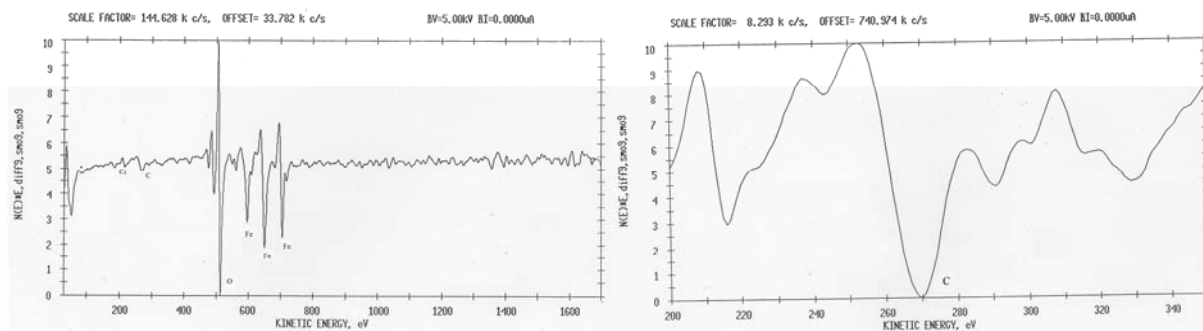
Важливим результатом є малий або практично відсутній знос деталей вузла тертя. Процес припрацювання протікає в більш сприятливих умовах і завершується значно раніше в порівнянні зі звичайним методом обробки ППД, тобто ГМТ, що входить до складу домішок, дозволяє форсувати процес припрацювання деталей і отримати підвищені фізико-механічні властивості поверхонь тертя.

У дослідженні поверхневих шарів використовувався прилад РНІ-660. Перед вимірами проводилася очистка поверхні зразків від технічних забруднень за допомогою ультразвукової обробки в етанолі, з наступним сушінням в азотній шафі при температурі 200 °С.

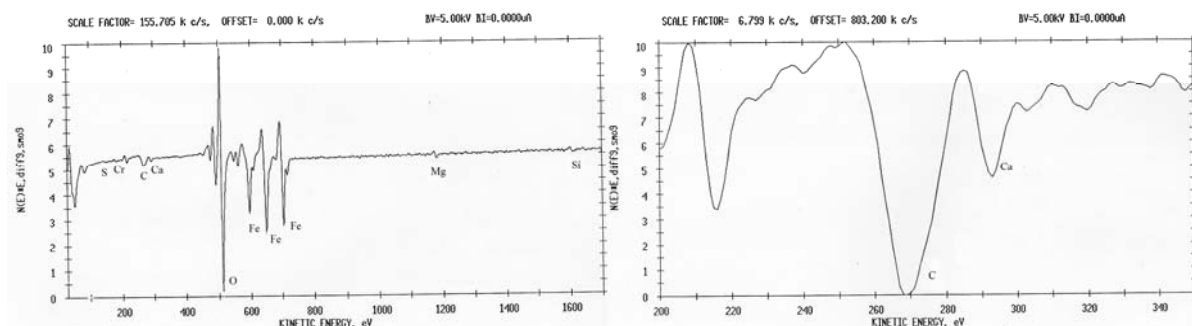
Методом електронної Оже-спектроскопії було проведено порівняння стану вуглецю на поверхні зразків оброблених ППД зі сталі 40Х, в початковому стані і в результаті застосування ППД з використанням ГМТ після 25 і 50 годин напрацювання на машині тертя СМЦ-2. Глибина дослідження зразків 40, 150 та 1000 Å⁰.

Оже-спектр елементного складу зразка зі сталі 40Х в поверхневої області 40 Å⁰ (рис. 3 а) характерна для легованої сталі в якій вуглець знаходиться в формі карбиду заліза, також фіксуються піки присутності хрому, на поверхні мало вуглецю та присутнє окислене залізо. На глибині 150 і 1000 Å⁰ (рис. 4 а, рис. 5 а) спостерігається зниження вмісту окисненого заліза.

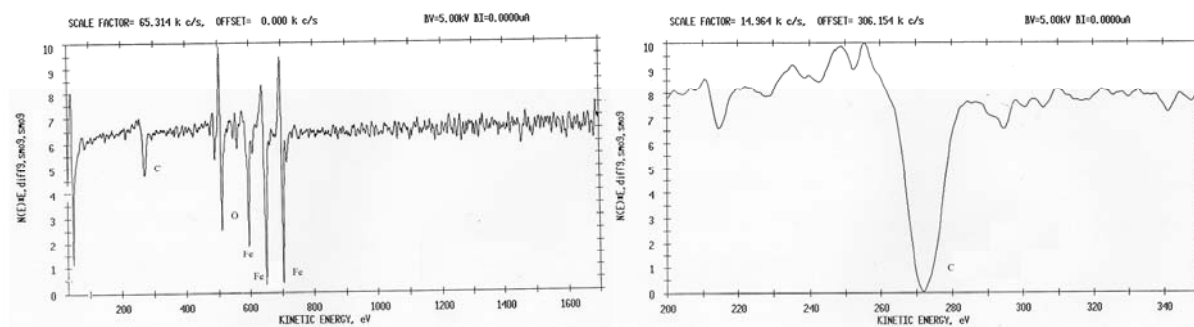
Аналізуючи Оже-спектр зразка випробуваного на машині тертя після 25 годин з використанням ГМТ технології (рисунок 3 б) фіксуються піки окисненого залізо, додатково реєструються піки Mg, Si, Ca, S, Cr, C. Форма піків вуглецю свідчить про формування на поверхні стали області з підвищеним вмістом вуглецю. На глибині 150 і 1000 Å⁰ (рисунок 4 б, рис. 5 б) відбувається зниження вмісту окисненого заліза, Mg, Si, Ca, S, Cr, вуглець має форму як і в початковому стані у вигляді графітових включень.



а



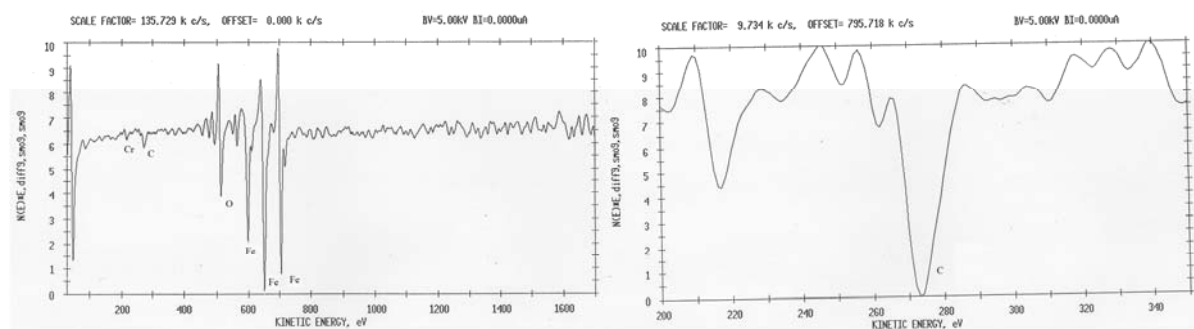
б



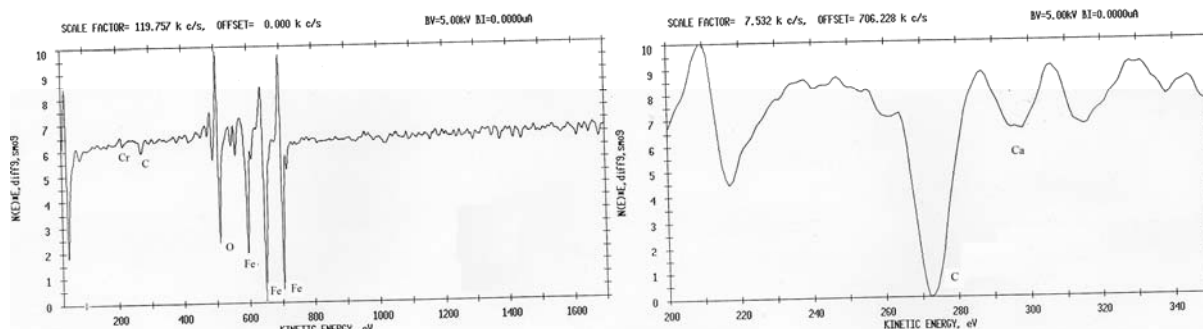
В

Рисунок 3 - Оже-спектр елементів в приповерхневій області на глибині 40 Å сталі 40Х: а – зразок оброблений ППД; б - зразок після випробувань на машині тертя протягом 25 годин напрацювання з використанням ГМТ технології при ППД; в – зразок після випробувань на машині тертя протягом 50 годин напрацювання з використанням ГМТ технології при ППД

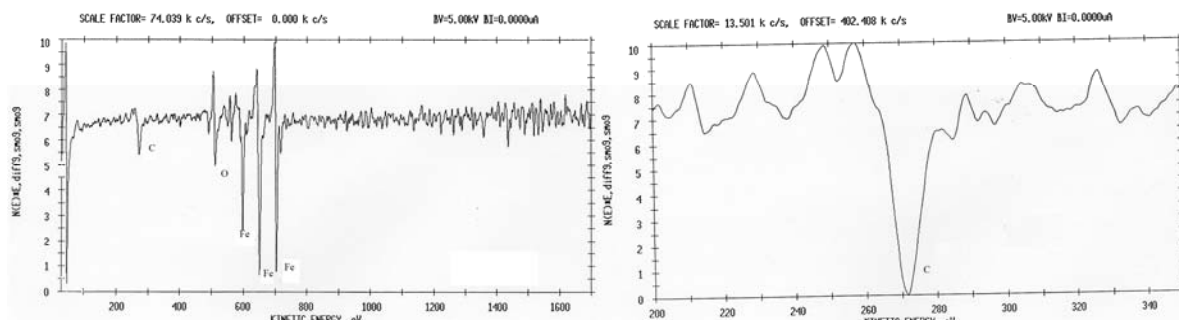
У зразка випробуваного на машині тертя після 50 годин з використанням ГМТ технології Оже-спектр елементів (рис. 3 в) фіксуються піки окисленого залізо, додатково реєструються піки Mg, Si, Ca, S, Cr, C. Видно збільшення вмісту вуглецю в полікристалічній області стали. У міру просування в глиб зразка (рис. 4 в, рис. 5 в) відбувається зниження вмісту Mg, Si, Ca, S, Cr, але при цьому кількість вуглецю залишається колишнім, що свідчить про перевищення його товщини більш ніж 1000 Å.



а

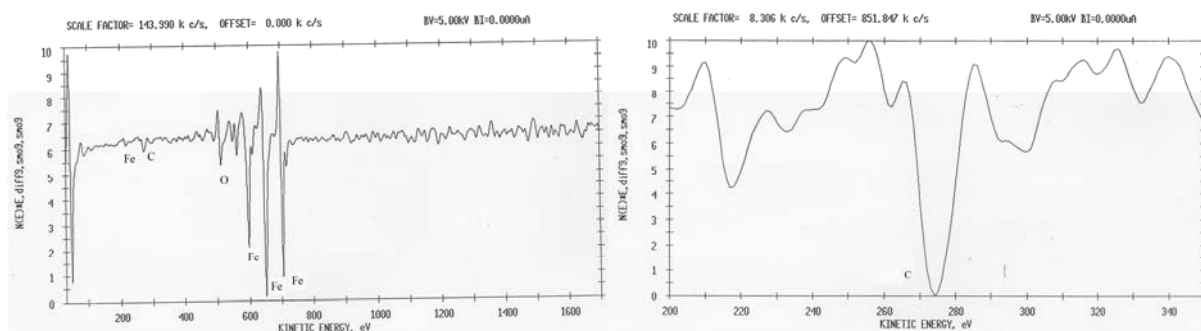


б

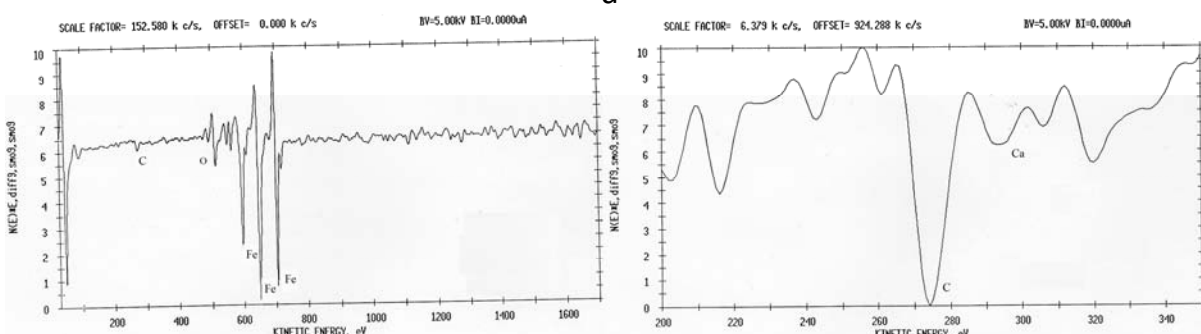


В

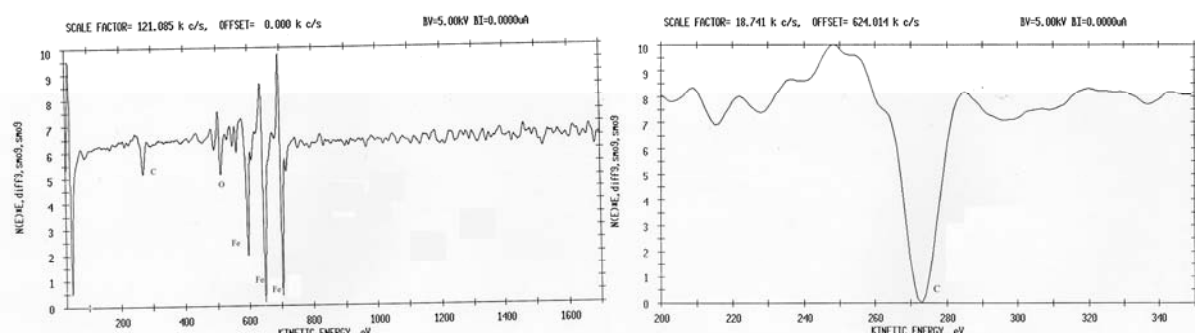
Рисунок 4 - Оже-спектр елементів в приповерхневій області на глибині 150 А⁰ сталі 40Х: а – зразок оброблений ППД; б - зразок після випробувань на машині тертя протягом 25 годин напрацювання з використанням ГМТ технології при ППД; в – зразок після випробувань на машині тертя протягом 50 годин напрацювання з використанням ГМТ технології при ППД



а



б



В

Рисунок 5 - Оже-спектр елементів в приповерхневій області на глибині 1000 А⁰ сталі 40Х: а – зразок оброблений ППД; б - зразок після випробувань на



машині тертя протягом 25 годин напрацювання з використанням ГМТ технології при ППД; в – зразкок після випробувань на машині тертя протягом 50 годин напрацювання з використанням ГМТ технології при ППД

Висновок. В результаті застосування ГМТ в складі охолоджуючої рідини в процесі ППД, в поверхневій області сталі утворюється фаза піролітичного вуглецю, так само фіксується кремній, що входить до складу ГМТ. Піролітичний вуглець має високі механічні властивості, але до того ж присутність кремнію дозволяє в кілька разів підвищити його зносостійкість, таким чином пояснюється утворення «додаткового ресурсу» при випробуваннях на зносостійкість.

Потрапляючи в зону тертя, частинки ГМТ розпадаються на оксиди кальцію і магнію, які в свою чергу є каталізаторами реакції дегідрування вуглецю, що становлять основу мастильних композицій. В результаті дегідрування відбувається синтез карбіну (з подвійною кумульованим зв'язком), який і є модифікацією вуглецю. В умовах трибологічних випробувань виникають високі температури, та діючий тиск на поверхні тертя, виникає дифузія вуглецю, по межах зерен, полікристалів, що і сприяє збільшенню вмісту вуглецю в фазі. Збільшення вміст вуглецю, призводить до збільшення твердості поверхні та зміні характеру зносу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трибологія / М. В. Кіндрачук, В. Ф. Лабунець, М. І. Пашенко, Є. В. Корбут. – К.: Вид-во Нац. авіац. Ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 392 с.
2. Пугач Р. С. Восстановление рабочих поверхностей деталей машин геомодификаторами трения / Р. С. Пугач – Харьков: XIV Международная заочная конференция «Развитие науки в XXI веке», 2016. – (Научно-информационный центр «Знание»). – С. 101 – 104.
3. Пат. 111125 Україна, МПК C21D 10/00, 7/00, C23C 26/00, C10N 40/20. Спосіб поверхневого зміцнення конструкційних сталей / Дідик Р.П., Пугач Р.С.; заявник ДВНЗ "Національний гірничий університет"; патентний повірений Філонова О.О.; патентоволодар ДВНЗ "Національний гірничий університет". – № а 2014 13615 ; заявл. 18.12.14; опубл. 25.03.16, № 6. – 4 с.: іл.
4. Пугач Р.С. Модифицирование поверхности деталей машин с целью получения высоких трибологических параметров / Р.С. Пугач // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія "Технічні науки" : науковий збірник / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів, 2015. – № 2 (78). – С. 118 – 121.