(DM2), навпаки, відбувається ефективне зношування полірувального порошку (V_m/V_p = 0,4 < 1), σ_m/σ_p = 0,2 і більш вірогідним є утворення нальоту з наночастинок зносу полірувального порошку метаборату міді (ЧП) на поверхні притира, що підтверджено експериментально за мікроскопічними зображеннями поверхні притира.

Список посилань

1. Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Філатов О.Ю., Ковальов С.В. Фізичні засади формоутворення прецизійних поверхонь під час механічної обробки неметалевих матеріалів. К.: Наук. думка, 2017. 248 с.

2. Патент України № 161049, МПК B24D 3/34, Спосіб полірування оптичних деталей / Філатов Ю.Д., Бояринцев А.Ю., Сідорко В.І., Ковальов С.В., Вєтров А.Г., № u202500659; Заявл. 14.02.2025; Опубл. 05.11.2025, Бюл. № 45.

3. Filatov Yu.D. Energy transfer during the polishing of metal optic parts with disperse systems of copper metaborate micro- and nanopowders. *J Superhard Mater*. 2026. Vol. 48, no 2. P. 142–152.

4. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Boyarintsev A.Y., Kovalev V.A., Yurchyshyn O.Y. Scattering of sludge nanoparticles during the polishing of optical materials. *J. Superhard Mater.* 2023. Vol. 45, no. 5. P. 370–378.

5. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Boyarintsev A.Y., Kovalev V.A., Yurchyshyn O.Y. Scattering of polishing powder wear nanoparticles on sludge nanoparticles during the polishing of polymer optical materials *J. Superhard Mater.* 2023. Vol. 45, no. 6. P. 451–459.

6. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Boyarintsev A.Yu., Kovalev V.A., Yurchyshyn O.Y. Deposition and localization of polishing powder wear nanoparticles on the processed surface of polymeric optical materials. J. Superhard Mater. 2024. Vol. 46, no. 1. P. 55–64.

УДК 621.891

Широков В. В., докт. техн. наук, професор
Шахбазов Я. О., докт. техн. наук, професор
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, shah-nika@ukr.net
Максимук О.В., докт.фіз.мат.наук, професор
Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів
Білоус О.В., канд. техн. наук, доцент
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

ЗАРОДЖЕННЯ ВТОРИННИХ СТРУКТУР ЗА ФРИКЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ МІДІ ЗІ СТАЛЛЮ 38Х2НМА

Вторинні структури на поверхнях тертя і в прилеглих до них об’ємах необхідно брати до уваги при моделюванні та встановленні механізмів утворення третього тіла між матеріалами за їх тертя. Проблема актуальна і недостатньо вивчена. В першу чергу це зумовлено необхідністю застосування для досліджень високоточних методів та відповідного сучасного обладнання. Мідь і сплави на її основі та антифрикційні композиції з її добавками широко застосовуються в реальних парах тертя та більш складних трибологічних системах. Відомо, що в трібоспряженнях з міддю можлива незношуваність, але її прояви не піддаються прогнозуванню, а механізм до кінця не розкритий і залишається гіпотетичним. В даній роботі моделювався процес тертя за схемою “палець – диск” між мідними взірцями і сталлю 38Х2НМА (контр тіло) у мастилі з галогеновмісними (хлор) присадками. Проводили мікрорентгеноспектральне дослідження на рентгенівському мікрозонді MS-46, CAMECA. В процесі сканування поверхні основного металу і шарів вторинних структур в напрямку перпендикулярному до поверхні, здійснювався запис розподілу основних хімічних елементів та їх концентрації. Попередньо для проведення кількісного аналізу були виготовлені косі шліфи від поверхонь тертя взірців і контртіл (на поверхнях було знайдено вторинні структури). Це дозволило збільшити лінійні розміри

шарів до 30 раз. Аналіз проводився по точках за режиму *U*=20 кВ, *I* = 25 nA. Інтенсивності отримуваних спектральних ліній порівнювалися відносно інтенсивностей цих же ліній чистих елементів – еталонів. Інтенсивність Kα - ліній Cl вимірювалися відносно NaCl. Розрахунок концентрації проводився за програмою, яка враховує поправки на атомний номер, поглинання і флуоресценцію. Отримані концентрації нормувалися до 100%. В таблицях 1 та 2 наведено хімічні склади відповідних шарів вторинних структур.

Таблиця 1 – Хімічний склад вторинних структур на взірці (мідь) після тертя

ELEMENTS	WEIGHT, %	ATOMIC, %
17(Cl)	5,6449	9,5813
24 (Cr)	0,0000	0,0000
25 (Mn)	0,0000	0,0000
26 (Fe)	0,2605	0,2836
28 (Ni)	0,0203	0,0210
29 (Cu)	94,0743	90,0141

Таблиця 2 – Хімічний склад вторинних структур на контртілі (сталь 38Х2НМА) після тертя

ELEMENTS	WEIGHT, %	ATOMIC, %
17(Cl)	6,0400	10,2866
24 (Cr)	0,0098	0,0114
25 (Mn)	0,0663	0,0729
26 (Fe)	3,2269	3,4888
28 (Ni)	0,0000	0,0000
29 (Cu)	90,6569	85,1402

Отримані результати свідчить про факт супроводження процесу тертя інтенсивним масоперенесенням міді та участь у формуванні поверхневих (вторинних) структур хлору.

УДК 621.923

Вовк О.В., аспірант
Національний університет «Чернігівська політехніка», aleksey1740vovk@gmail.com

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ КОНТАКТУ ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА І ЗАГОТОВКИ

Процес шліфування є одним із основних видів фінішної обробки металів. Так як розглядається підвищення ефективності шліфування плоских поверхонь шляхом регулювання температури в зоні різання, то експеримент проводиться при шліфуванні безпосередньо заготовок із плоскою поверхнею. На плоскій поверхні вивільнення тепла із зони обробки відбувається значно гірше в порівнянні із циліндричними поверхнями, що має більш негативні наслідки на поверхневі шари оброблюваної поверхні, а саме, виникнення припалів, мікротріщин та інших дефектів.

Експеримент проводиться на плоскошліфувальному верстаті моделі 3Б722 з прямокутним столом із зворотньо-поступальним рухом. Закріплення заготовки здійснюється на електромагнітній плиті стола верстата. Обробка проводиться периферією шліфувального круга.

В якості робочого інструменту використовується шліфувальний круг з білого електрокорунду 25А. Розміри шліфувального круга Ø400х63х203 мм. Вихідні заготовки - прямокутні бруски розміром 35х25х70 мм зі сталі 45. На рис. 1 наведено загальний вигляд заготовок та тривимірна модель із зазначенням розмірів заготовки.