

Фемтосекундне лазерно-індуктивне мікроструктурування сталі для покращення трибологічних властивостей

Тишик Ю.Р.¹, Подгурська В.Я.², Купрін О.С.³, Гнілицький Ярослав^{1,4}

1 Національний університет «Львівська політехніка», інститут прикладної математики та фундаментальних наук, кафедра прикладної фізики та наноматеріалознавства, tushuk765@gmail.com

2 Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів

3 Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут», вул. Академічна, 1, 61108 Харків, Україна

4 “НовіНано Лаб”, Пастернака 5, Львів, Україна

Підвищення зносостійкості сталі у вузлах тертя, що функціонують в умовах сухого тертя, є актуальним науково-прикладним завданням сучасного матеріалознавства. Сталь марки 35ХМ широко застосовується у машинобудуванні для виготовлення деталей, що працюють під великими навантаженнями та при температурах до 300 °С. За допомогою фемтосекундних лазерних імпульсів створюються контрольовані мікроструктури без перегріву, оплавлення чи деформації, які зменшують площу тертя та слугують резервуарами для мастила.

Метою дослідження є вплив фемтосекундного лазерно-індуктивного мікроструктурування на трибологічні властивості сталі при двох обробках MESH та LIPSS, а також за умови сухого змащування порошком MoS₂. У літературі результативність покращення трибологічних властивостей залежить від сумісності мікрорельєфу з конкретним типом змащування. Мікроструктури були нанесені на підготовлені зразки сталі 35ХМ за допомогою фемтосекундної лазерно-індукованої обробки.

Лазерно-індуковані функціональні нанотекстури MESH-структури формуються за наступних умов: швидкість сканування 0,7/0,9 м/с, поляризація 60°, орієнтація сканування 0°/90°, обробка проводилась 10 разів для забезпечення утворення ієрархічної (сітчастої) мікроструктури. Інший тип самоорганізованих структур - лазерно-індуковані періодичні поверхневі структури (ЛППС) формуються при кроці 5,5 мкм, швидкість сканування становить 1,05 м/с, з тією ж поляризацією 60° та орієнтацією 90°, проте обробка проводиться лише один раз.

	Потужність, Вт	Енергія, мкДж	Частота повторень, кГц	Крок, мкм	Швидкість сканування, м/с	Поляризація, °	Орієнтація сканування, °	Повторення	Діаметр лазерної плями, мкм
MESH	0,5	1	500	20	0,7/0,9	60	0/90	x10	10,4
LIPSS	0,5	1	500	5,5	1,05	60	90	x1	10,4

Таблиця 1. Параметри фемтосекундного лазерного опромінення та відповідні типи утворених поверхневих структур.

Хімічний склад та мікроструктуру зразків аналізували за допомогою методу скануючої електронної мікроскопії (SEM) та оптичної мікроскопії. Трибологічні характеристики, такі як коефіцієнт тертя та опір зношуванню, визначали шляхом зворотно-поступального руху за схемою “пластина-кулька”. Випробування проводились з частотою 2 Гц та амплітудою ходу 1 см, при навантаженні 200 г впродовж 30 хвилин. Для ЛППС-структур дослідження проводилось у двох напрямках паралельно та перпендикулярно до їх орієнтації.