

УДК 621.891

**О.О.Микитюк, С.П.Шимчук**  
**Луцький національний технічний університет**  
**МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХОНЬ З ПОКРАЩЕНИМИ**  
**ТРИБОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

*У статті представлено характеристики методів формування мікрорельєфу поверхонь. Показано проблеми та недоліки цих методів і висвітлено перспективи розвитку технологій створення мікрорельєфу поверхонь з покращеними трибологічними властивостями*

**Ключові слова:** *поверхневий шар, трибологічні властивості, формування мікрорельєфу, якість поверхні, шліфування, шабрування, притирання поверхонь*

*Рис 2. Літ 6.*

**Е.А.Микитюк, С.П.Шимчук**  
**МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТЕЙ С**  
**УЛУЧШЕННЫМИ ТРИБОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

*В статье представлены характеристики методов формирования микрорельефа поверхностей. Показаны проблемы и недостатки этих методов и освещены перспективы развития технологий создания микрорельефа поверхностей с улучшенными трибологическими свойствами*

**О.Мукитюк, S.Shymchuk.**  
**METHODS OF MICRORELIEF FORMATION SURFACES WITH IMPROVED**  
**TRIBOLOGICAL PROPERTIES**

*The article presents the characteristics of the methods of microrelief formation surfaces. It describes the problems and disadvantages of these methods and lit prospects of development of technologies of creation of a micro relief of the surface with improved tribological properties.*

*In our time, reliability and durability of machine parts are very important. In most cases, their destruction begins on the surface. This is largely due to the poor service properties of the surface layer.*

*In the modern machinery, the increase of unit loads and speeds of movement complicate conditions of details and units of machines, which leads to increased intensity of wear of the contacting surfaces. In connection with this finding ways of increasing wear resistance and durability of machine parts is of great practical importance.*

*Wear and damage surfaces reduce the fatigue resistance of parts and can be the cause of their destruction even minor stress concentrators and very low nominal voltages. Increased wear disrupts the normal interaction of parts in nodes can cause significant additional workload, strikes in the joints and vibration, cause unexpected failures. With higher wear is often associated unacceptable noise machine.*

*We can say that the fundamental research in the field of forming surfaces with improved tribology properties are becoming more widespread and are carried out by many scientists. With different methods of microrelief formation surfaces.*

*But, despite the large number of publications, the formation of the microrelief studied not enough. There are no data to create a surface with a maximum win per tribology properties. The above methods are not ensure the regularity of microrelief, so we need to develop new ways of forming the surface with regular or partially regular microrelief*

**Постановка проблеми.** У наш час надійність і довговічність машин мають дуже важливе значення. У більшості випадків руйнування деталей машин починається з поверхні. Це багато в чому пояснюється низькими службовими властивостями поверхневого шару.

Статистика свідчить, що близько 80 % несправностей в роботі машин трапляється через знос і руйнування поверхонь тертя деталей. 20-25% вартості машин і 5 % від обсягу їх промислового випуску в грошовому еквіваленті йде на заміну зношеної продукції. Основна частина деталей виходить з ладу не через втрату міцності, а внаслідок зношування [1]. Крім того, зношування найчастіше є першопричиною поломки деталей, оскільки сприяє насиченні поверхневого шару дефектами й зниженні міцності. Є ряд областей техніки, у яких не вирішені проблеми зношування гальмують розвиток виробництва. З кожним роком ці проблеми стають усе більш гострими тому, що посилюються режими експлуатації технічних засобів, підвищуються вимоги до їх надійності, довговічності і точності функціонування.

У сучасному машинобудуванні збільшення питомих навантажень і швидкостей руху ускладнюють умови експлуатації деталей і вузлів машин, що призводить до підвищення інтенсивності зносу контактуючих поверхонь. У зв'язку з цим пошук шляхів підвищення зносостійкості та довговічності деталей машин має велике практичне значення.

В процесі тертя деталей машин виникають значні зміни в матеріалах і їх поверхневих робочих шарах. Це відбувається під впливом пружно - пластичної деформації, виділенні теплоти при роботі сил тертя і переході механічної енергії в теплову, а також протіканні ряду інших

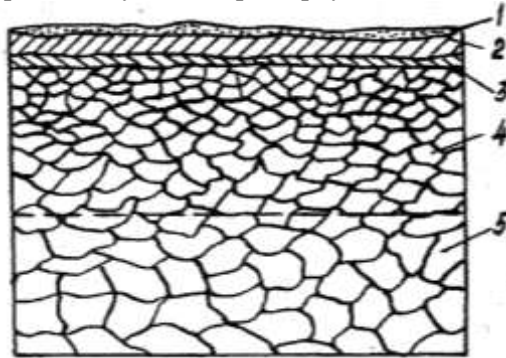
**©О.О.Микитюк, С.П.Шимчук**

процесів. Виникаючі температура, деформація та ціла сукупність чинників, що діють на матеріал, визначають можливість протікання в ньому ряду складних і взаємопов'язаних процесів, що залежать від умов та режимів тертя, природи матеріалів трибосистеми та робочого середовища, їх будови, структури та комплексу інших властивостей.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Незважаючи на значний прогрес науки про тертя та зношування, питання підвищення зносостійкості і зменшення втрат у трибологічних системах залишаються багато в чому невирішеними. Це пояснюється складністю процесів і явищ, які відбуваються в тонких поверхневих шарах трибоспрямижень, дослідження яких викликає значний інтерес у трибологів [1-5].

Зношування і пошкодження поверхонь знижують опір втомі деталей і можуть служити причиною їх руйнування навіть при незначних концентраторах напружень і дуже низьких номінальних навантаженнях. Підвищене зношування порушує нормальне контактування деталей у вузлах та викликає значні додаткові навантаження, удари і вібрації в спряженнях та може стати причиною раптових руйнувань. З підвищеним зношуванням нерідко пов'язаний недопустимий шум машин.

**Виклад основного матеріала статті.** Розглянемо зовнішній прошарок деталі, що має макро- і мікровідхилення від ідеальної геометричної форми і змінені фізико-механічні властивості порівняно з властивостями основного матеріалу, що називають поверхневим прошарком. Він формується при виготовленні і експлуатації і в глибину може складати від десятих долей мікрметра до декільких міліметрів. Схему цього прошарку показано на рис. 1., [2].



**Рис. 1. Схема поверхневого прошарку деталі: 1 – адсорбована зона; 2 – зона оксидів; 3 – гранична зона; 4 – зона металу зі зміненою твердістю, структурою, фазовим і хімічним складом; 5 – основний метал**

Висота і форма, а також характер розташування і напрямки нерівностей оброблених поверхонь залежить від:

- режимів обробки;
- геометричних параметрів різального інструмента;
- оброблюваного матеріалу;
- жорсткості технологічної системи;
- умов охолодження та мащення зони різання.

Одночасно зі створенням нерівностей змінюється і структура поверхневого шару, він переносить пластичні деформації і набуває деформаційного зміцнення (наклепу), твердість його підвищується, виникають внутрішні напруження. Ступінь наклепу металу та глибина проникнення пластичних деформації залежить від:

- способу обробки – різання, шліфування, накатування;
- режимів різання та геометрії інструмента.

Отже, параметри, що характеризують якість поверхні – це геометричні (шорсткість) та фізико-механічні (твердість, наклеп, залишкові напруження), рис. 2 [6].

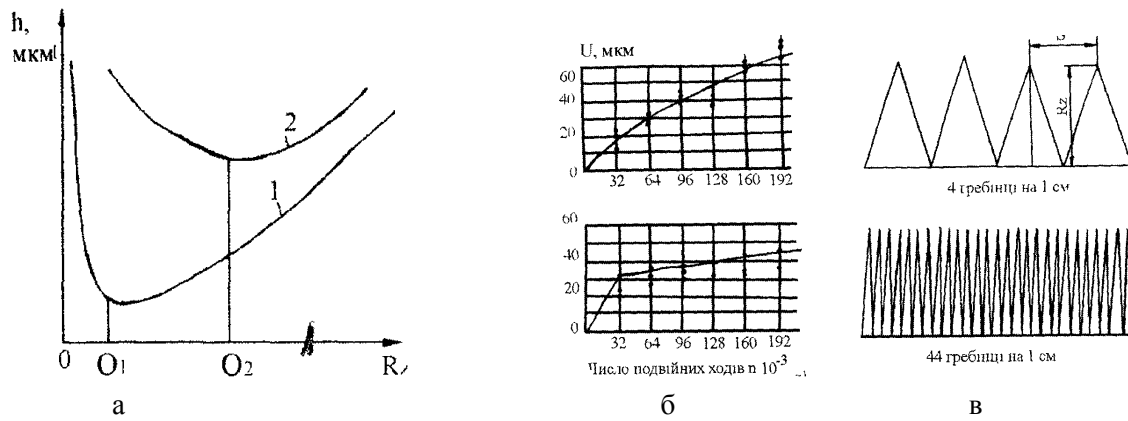


Рис. 2. Вплив шорсткості поверхонь на зносостійкість: а-залежність зношування від висоти нерівностей поверхні; б- криві зношування поверхонь з різною формою нерівностей; в- при однаковій висоті нерівностей

Порівняємо різні методи формування мікрорельєфу поверхонь. Застосування методів холодного пластичного деформування є одним із способів підвищення довговічності деталей машин. Наприклад, поверхневе пластичне деформування (ППД) забезпечує одержання шару деформаційного зміцнення, невеликі значення висоти мікронерівностей і великі значення відносної опорної довжини профілю обробленої поверхні, що сприяє підвищенню міцності при циклічному навантаженні й опору зношуванню.

Шабрування – це точна обробка поверхні деталі шляхом знімання мікроскопічно тонкого шару металу за допомогою спеціального однолезового різального інструмента – шабера. Це процес чистової обробки, який може бути використаний як до площин, так і для поверхонь іншої форми. Метою шабрування є підвищення точності форми, розміру, взаємного розташування попередньо оброблених іншими способами поверхонь.

При шліфуванні зовнішніх циліндричних поверхонь використовують дві основні схеми – шліфування з поздовжньою подачею (на прохід) та з поперечною подачею (врізне шліфування). Шліфування виконують на круглошліфувальних верстатах.

Швидкість різання  $V=35 \dots 60$  м/с забезпечується за рахунок обертання шліфувального круга. Заготовку в більшості випадків встановлюють у жорстких центрах та забезпечують її обертання зі швидкістю на поверхні обробки  $10 \dots 20$  м/хв. Точність чистового шліфування поверхонь досягає 6-7-го квалітетів при шорсткості поверхні  $R_a 0,2$  мкм.

Крім розглянутих способів для деталей типу штифтів, гладких та східчастих валиків, використовують спосіб безцентрового шліфування, яке теж буває на прохід та врізним.

Притирання – метод чистової абразивної обробки поверхонь деталей шліфувальними порошками чи пастами, за якого обробний інструмент і заготовка одночасно здійснюють відносний рух із швидкостями одного порядку, або в разі нерухомості одного з них інший здійснює складний рух.

Притирання є процесом оздоблювальної обробки, який забезпечує високу точність (4-5-й квалітети) та мінімальну шорсткість поверхні  $R_a (0,01 \dots 0,04)$  мкм. Притирання зовнішніх циліндричних поверхонь у більшості випадків здійснюють на верстатах токарної групи з горизонтальною віссю шпинделя. В умовах масового виробництва, наприклад, при виготовленні поршневих пальців для притирання використовують спеціальні верстати.

Різальним інструментом є притир у вигляді розрізаної з одного боку по всій довжині втулки із внутрішнім діаметром, що дорівнює діаметру поверхні притирання. Конструктивно притир має елементи (хомут, болтове з'єднання тощо), що дозволяють стискати його відносно оброблюваної поверхні для створення певної сили тиску абразиву на поверхню.

Швидкість при обертанні заготовки  $19 \dots 20$  м/хв, а зворотно-поступальна швидкість притира –  $1 \dots 3$  м/хв. Притирання забезпечує 3-5-й квалітети точності при шорсткості до  $R_a (0,02 \dots 0,04)$  мкм.

Полірування – оздоблювальна обробка, метою якої є зменшення шорсткості поверхні як у декоративних, так і в експлуатаційних цілях для підвищення її зносостійкості.

Полірування здійснюють за допомогою абразивних матеріалів дуже дрібних фракцій. Це можуть бути як природні матеріали так і штучні абразиви. Їх наносять на полірувальні круги та

стрічки, включають до складу полірувальних паст, суспензій, а також використовують у вигляді вільних абразивів. Полірувальні круги виготовляють із фетру, повсті, гуми тощо. На їх периферію наносять абразивну пасту або порошок, який закріплюють за допомогою клею.

Швидкість різання при поліруванні кругом або стрічкою до 40-50 м/с забезпечується обертанням круга або швидкістю стрічки. Заготовку притискають до круга або стрічки із питомим зусиллям 0,035...0,075 МПа. Полірування дозволяє зменшити шорсткість поверхні до рівня Ra (0,01...0,04) мкм

Полірування поверхонь обертання, як і площин, використовують з метою зменшення шорсткості поверхні як у декоративних, так і в експлуатаційних цілях – підвищення її зносостійкості [3].

Спосіб отримання мікрорельєфу на поверхні металів [4] у вигляді відтиску мітки полягає у створенні мікрорельєфу залежно від форми мітки. Його отримують за допомогою матриці, пресуюча поверхня якої зроблена у вигляді виготовленої з нікелю фольги з голографічним мікрорельєфом. Виріб попередньо нагрівають і витримують при температурі вищій за температуру рекристалізації металу, але нижче температури плавлення. Після чого проводять тиснення виробу, прикладаючи до його поверхні за допомогою матриці пресуюче зусилля ступінчатого характеру, при якому ступінь росту напруження пластичної деформації матеріалу виробу чергується зі ступінню падіння напруження. До недоліків цього способу можна віднести те, що він заснований на пластичній деформації поверхні виробу.

Ще один спосіб, коли мікрорельєф на металевій поверхні отримують, виконуючи операції нанесення на цю поверхню шару фоторезиста, подальшу його оптичну модуляцію та хімічну обробку, в процесі якої видаляють ділянки фоторезиста, що розчинилися. Після цього поверхня набуває вигляду мікрорельєфної структури у вигляді гребенів і борозен. До недоліків методу потрібно віднести те, що його реалізація потребує виконання цілого ряду підготовчих операцій і здійснюється за допомогою додаткових речовин – хімічних реактивів. Сам процес формування мікрорельєфу передбачає видалення частини матеріалу поверхні виробу іонно-променевим травленням. При цьому, видалений з поверхні матеріал виробу і залишки фоторезиста забруднюють вакуумний об'єм обладнання, а зворотній потік видаленого матеріалу частково забруднює поверхню виробу.

Спосіб лазерного гравірування [5]. Формування рельєфу поверхні відбувається випаровуванням частини матеріалу виробу під дією концентрованого лазерного опромінення. При цьому, щільність випромінювання лазера повинна бути такою, щоб забезпечити видалення шару матеріалу, не пошкодивши сусідні ділянки. До недоліків способу слід віднести те, що високі абсолютні значення температури і температурні градієнти, що досягають в зоні обробки 106 К/см і вище, можуть вести до пластичних деформацій матеріалу, а після вирівнювання температури мають місце залишкові механічні напруження в районі зони обробки. В крихких матеріалах це може привести до тріщин і пошкодження виробу.

**Висновки.** Таким чином, можна сказати, що фундаментальні дослідження в області формування поверхонь з покращеними трибологічними властивостями набувають все більшого поширення і проводяться багатьма вченими. При цьому, використовуються різні методи формування мікрорельєфу поверхонь.

Але, не зважаючи на велику кількість публікацій, формування мікрорельєфу вивчене не достатньо. Відсутні дані, що дозволяють створювати поверхні з найкращими трибологічними властивостями для різних груп поверхонь та форм деталей. Вище розглянуті методи не забезпечують регулярність мікрорельєфу, тому потрібно розробляти нові способи формування поверхонь з регулярним чи частково регулярним мікрорельєфом.

1. Попов А.Н. Моделирование процесса формирования микрорельефа обработанной поверхности при алмазном выглаживании / А.Н. Попов, Н.В. Липандина // Вектор науки ТГУ № 3(13): 2010 г.: ст.- Тольятти (Россия): ТГУ, 2010.
2. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов : Монография. – М.: Машиностроение, 2008. –320 с.
3. Арзамасов Б.Н. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, И.И. Исидорин, Г.Ф. Косолапов и др. - 2-е изд., испр. и доп.- М.: Машиностроение, 1986.-384 с.
4. Пат. 2082993 Россия, G03F7/00, B44B5/00 Способ формирования микроповерхностей изделий / Якушев В.М., Каргин Н.И., Якушев А.В. – Северо-Кавказский государственный технический университет 1997 г.
5. Пат. 2080971 Россия, B23K26/00 Способ формирования микроповерхностей изделий / Якушев В.М., Каргин Н.И., Якушев А.В. – Северо-Кавказский государственный технический университет 1997 г.
6. Фенік Л.М. Технологічні основи машинобудування / Л.М. Фенік– Донецьк; ДонНТУ, 2008.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2014

©О.О.Микитюк, С.П.Шимчук