

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ ПІСЛЯ ЗМІЦНЮВАЛЬНО-ВИГЛАДЖУВАЛЬНОГО ОБРОБЛЕННЯ

В статті наведені експериментальні дослідження процесу зміцнювально-вигладжувального оброблення з використанням вигладжуючих інденторів з синтетичного алмазу типу АКТМ. Оброблялись зразки зі сталі 45 з різними величинами сили вигладжування та подальшим дослідженням шорсткості та побудовою опорної кривої профілю поверхні. Здійснено порівняльний аналіз отриманих профілограм з погляду зносостійкості поверхні.

Ключові слова: вигладжування, шорсткість, опорна крива профілю.

S. MOROZ, V. PTASHENCHUK  
Lutsk National Technical University

### RESEARCH MICRO-GEOMETRY PARAMETERS WORKPIECE SURFACE AFTER FIRING-SMOOTHING OPERATIONS

*Abstract – Purpose of the article is to investigate the roughness and the reference curve smoothing surfaces after surgery.*

*The paper presents the experimental study of the process smoothing treatment using synthetic diamond indenter type AKTM. Treated samples of steel 45 with different values of smoothing force, roughness, and further research building reference curve of the surface profile. The comparative analysis of the profilograms in terms of wear resistance of the surface.*

By smoothing the rationality, where a smoother shape of asperities with a large area support surface

Keywords: smoothing, roughness, bearing curve profile.

#### Постановка задачі

Надійність та довговічність роботи машин та механізмів у великій мірі пов'язана з якісним станом поверхневого шару деталей. Від параметрів поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості – опір втомі, зносостійкість, корозійна стійкість, опір контактній втомі тощо. У зв'язку з інтенсифікацією експлуатаційних процесів, збільшенням швидкостей переміщення робочих органів, підвищенням температур і тиску роль якості поверхневого шару значно зростає. Зв'язок характеристик якості поверхневого шару з експлуатаційними властивостями деталей свідчить про те, що оптимальна (з огляду підвищення експлуатаційних властивостей деталей) поверхня повинна бути достатньо твердою, мати стискуючі залишкові напруження, дрібнодисперсну структуру, згладжену форму мікронерівностей з великою площею опорної поверхні. За допомогою широко застосованих методів кінцевого оброблення (шліфування, доведення тощо) створюється необхідна форма деталей із заданою точністю, але часто не забезпечується оптимальна якість поверхневого шару. Одним із способів отримання необхідної мікрогеометрії робочої поверхні є зміцнювально-вигладжувальне оброблення [3], при якому стружка не утворюється, а відбувається тонка поверхнева пластична деформація (ППД) поверхневого шару (рис. 1).

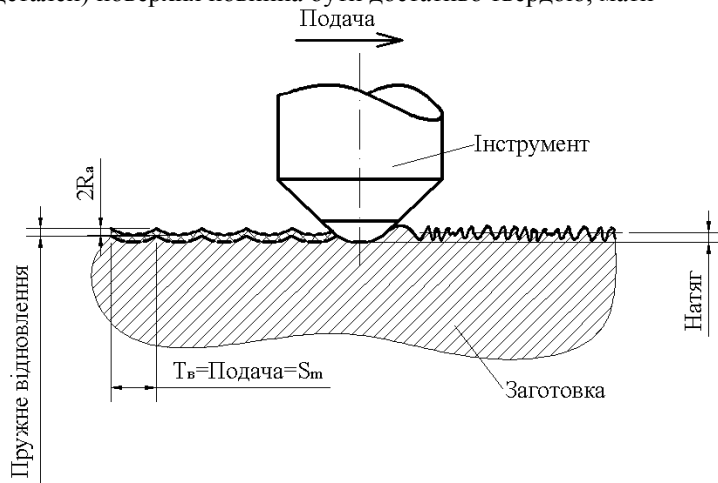


Рис. 1. Схема зміцнювально-вигладжувального оброблення

#### Формулювання цілей

Матеріали для робочої частини вигладжувальних інструментів повинні мати більш високі фізико-механічні властивості, ніж матеріали оброблюваних деталей. Вони повинні володіти наступними основними властивостями: високою твердістю; опором до стирання; високою межею міцності на стиснення; низьким коефіцієнтом тертя по металу; велику теплопровідність та теплоємність; здатність обробляти поверхню до отримання мінімальної шорсткості. Для вигладжувального оброблення в основному застосовуються тверді сплави та синтетичні алмази, що відповідають згаданим вимогам. Одним з перспективних видів синтетичного алмазу для використання у робочих частинах інденторів-вигладжувачів є тип АКТМ (табл. 1), який розроблений в ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України. Його характеристики по твердості, міцності на стиск, модулю пружності, теплопровідності та термостабільності є кращими у порівнянні з аналогами (АСБ та АСПК), зважаючи на це технологічні режими для вигладжування можна інтенсифікувати для підвищення продуктивності оброблення.

Для проведення експериментальних досліджень алмазного вигладжування використовувалась пружна державка (рис. 2б), в якості робочого інструменту – вигладжувальний наконечник із синтетичного

алмазу типу АКТМ (рис. 2а).

Таблиця 1

**Характеристики фізико-механічних властивостей синтетичного алмазу типу АКТМ**

Густина, г/см <sup>3</sup>	3,45	Модуль Юнга, ГПа	970
Твердість за Кнупом, ГПа	50-55	Теплопровідність, Вт/(м·К)	250-300
Тріщиностійкість, МПа·м <sup>1/2</sup>	10-12	Зносостійкість при правці корундового круга, мг/кг	~ 4,4
Міцність на стиск, ГПа	2,2-3,1	Термостабільність, К	~ 1500

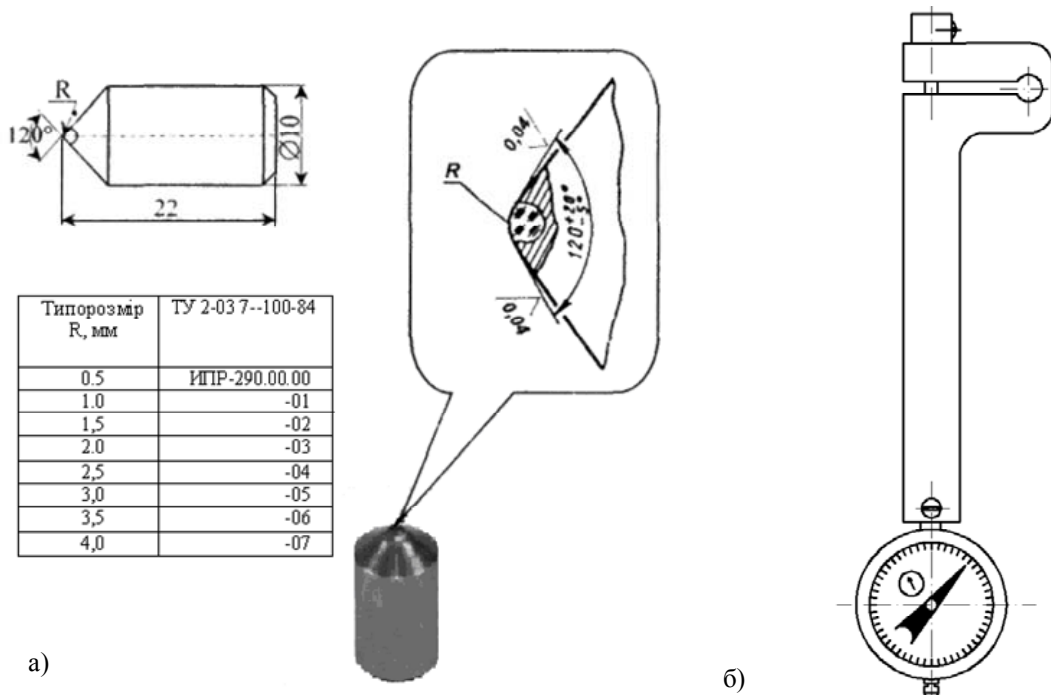


Рис. 2. Матеріали та інструмент для алмазного вигладжування: а) зовнішній вигляд та типорозміри наконечників вигладжувачів з синтетичного алмазу типу АКТМ; б) зовнішній вигляд пружної державки для вигладжування

**Основні результати дослідження**

В рамках дослідження було взято циліндричні зразки зі сталі 45, які попередньо піддавались токарному обробленню. Після токарної операції застосовувалось вигладжувальне оброблення, причому змінювалась на різних ділянках сила притискування вигладжувача  $P$  (сила вигладжування). Покази зміни сили відстежувались на індикаторі годинникового типу, який попередньо був відтарований по навантаженню. Інтервал зміни зусилля складав 100Н, 200Н, 300Н, 400Н. Подача  $s$  та швидкість вигладжування  $V$  вибиралась за рекомендаціями [1], [2] по максимальних значеннях. Технологічні режими вигладжування:  $s=0,1$  мм/об,  $v=20$  м/хв. Після оброблення зразки були піддані вимірюванню шорсткості на профілографі-профілометрі моделі 201, який оснащено АЦП. В підсумку отримано цифровий пакет даних, що використовувались для подальшого аналізу проведеного експерименту. Для порівняння результатів вигладжування було побудовано найбільш характерні профілограми точеної та вигладжених поверхонь (рис. 3 – 7).

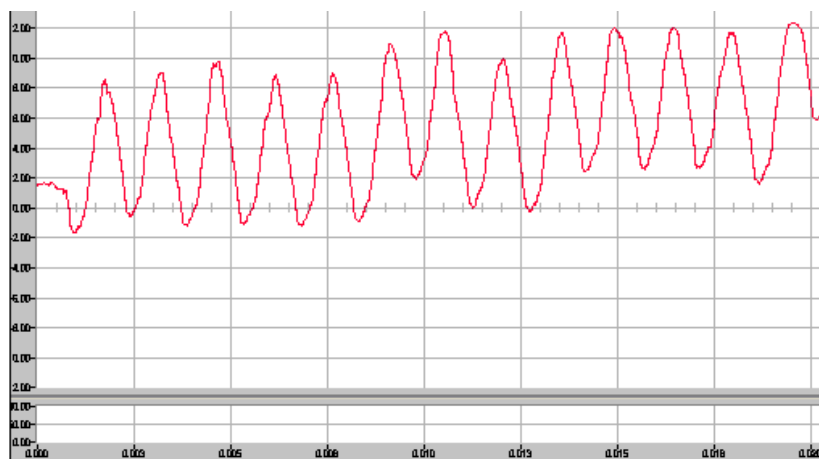
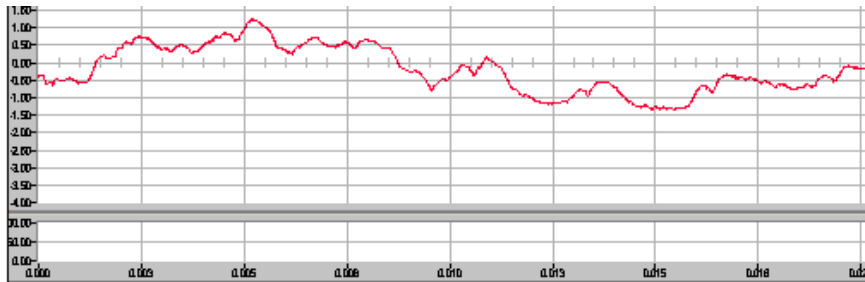
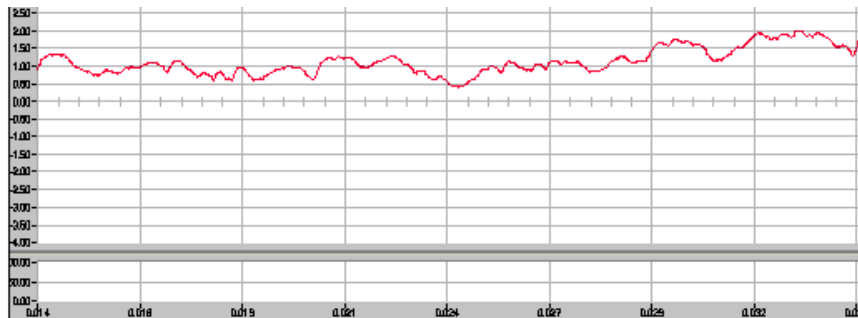
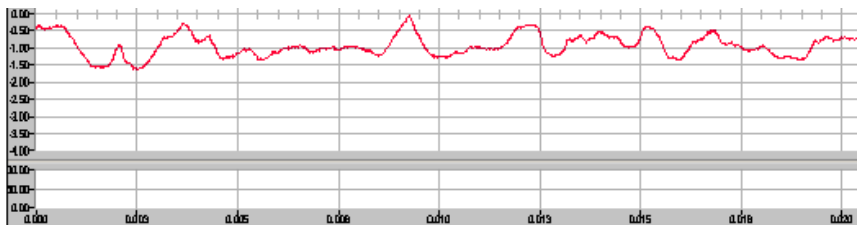
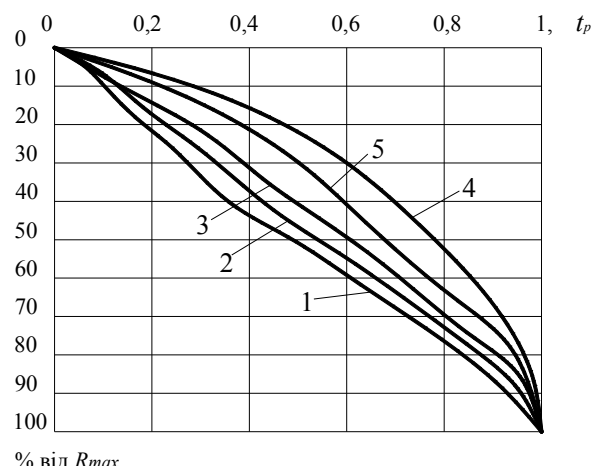


Рис. 3. Профілограма поверхні після токарного оброблення

Рис. 4. Профілограма поверхні після вигладжувального оброблення ( $P=100$  Н)Рис. 5. Профілограма поверхні після вигладжувального оброблення ( $P=200$  Н)Рис. 6. Профілограма поверхні після вигладжувального оброблення ( $P=300$  Н)Рис. 7. Профілограма поверхні після вигладжувального оброблення ( $P=400$  Н)

Важливим параметром контактуючих поверхонь є зносостійкість, яка залежить від мікрогеометричних характеристик поверхневого шару та мікротвердості поверхні. На фактичну площу контактування впливає як висота, так і від форми мікронерівностей. Ця залежність задовільно описується кривими опорних довжин профілів  $t_p$ , за допомогою яких будується опорна крива профілю. Вона характеризує розподіл матеріалу у шорсткому шарі й відіграє дуже важливу роль при розрахунках контактної взаємодії шорстких поверхонь [4], [5]. Для порівняння було побудовано опорні криві для наведених вище профілограм (рис. 8). Дослідження мікротвердості поверхневого шару наступні: токарне оброблення – 20 HRC, алмазне вигладжування ( $P=100$ Н) – 32 HRC, алмазне вигладжування ( $P=200$ Н) – 38 HRC, алмазне вигладжування ( $P=300$ Н) – 43 HRC, алмазне вигладжування



% від  $R_{max}$

Рис. 8. Криві опорної поверхні: 1 – токарне оброблення; 2 – вигладжувальне оброблення ( $P=100$ Н); 3 – вигладжувальне оброблення ( $P=200$ Н); 4 – вигладжувальне оброблення ( $P=300$ Н); 5 – вигладжувальне оброблення ( $P=400$ Н)

( $P=400\text{H}$ ) – 45 HRC.

### Висновки

В результаті аналізу профілограм та опорних кривих оброблених поверхонь зроблено наступні висновки: 1) використання вигладжування синтетичним алмазом типу АКТМ попередньо точеної поверхні дозволяє зменшити початкову шорсткість у 5– 7 раз (токарне оброблення –  $R_z=6,6$  мкм, вигладжування ( $P=300\text{H}$ ) –  $R_z=1$  мкм); 2) раціональна сила вигладжування при  $s=0,1$  мм/об,  $v=20$  м/хв становить 300 Н; 3) застосування запропонованих інструментів та матеріалів дозволяє розширити верхні межі стосовно подачі індентора та швидкості вигладжування; 4) сприятливішу форму опорної кривої має поверхня, яка оброблена з силою вигладжування 300 Н, сила в 400 Н хоч і дає практично однакове зменшення шорсткості, однак не задовільняє по вимогам до форми мікронерівностей.

Поверхня після вигладжування має низький параметр шорсткості ( $R_a = 0,5\text{--} 0,040$  мкм); велику опорну площу (50– 70 %); значне зміцнення (ступінь деформаційного зміцнення порядку 20– 40 % при глибині зміцненого шару 0,2– 0,4 мм); волокнисту структуру поверхневого шару; характеризується відсутністю шаржування поверхні абразивними частками.

За рахунок більшої опорної площі в порівнянні з іншими видами оброблення вигладжена поверхня забезпечує в процесі навантаження повніший контакт поверхонь, які взаємодіють між собою. Отримане в результаті цього зменшення контактного тиску на робочих ділянках поверхні приводить до зростання кратності деформації поверхні, сприяючи тим самим зниженню зношування.

У багатьох випадках завдяки застосуванню ППД вдається підвищити запаси міцності деталей, що працюють при змінних навантаженнях, у 1,5– 3 рази і збільшити термін експлуатації деталей в десятки разів.

При вигладжуванні створюються сприятливі умови для підвищення зносостійкості деталей. Найбільш істотне підвищення досягається в основному за рахунок деформаційного зміцнення згладженої округлої форми мікронерівностей і спрямованості нерівностей.

### Література

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник / Леонид Григорьевич Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием / Дмитрий Дмитриевич Папшев. – М. : Машиностроение, 1978. – 152 с.
3. Повышение несущей способности деталей машин алмазным выглаживанием / [Яценко В.К., Зайцев Г.З., Притченко В.Ф., Ившенко Л.И.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 232 с.
4. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. – М. : Машиностроение, 1979. – 176 с.
5. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / Анатолий Григорьевич Суслов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.

### References

1. Odincov L.G. Uprochnenie i otdelka detalej poverxnostnym plasticheskim deformirovaniem: Spravochnik. Moskva, Mashinostroenie, 1987. – 328p.
2. Papshev D.D. Otdelочно-uprochnyayushhaya obrabotka poverxnostnym plasticheskim deformirovaniem. Moskva, Mashinostroenie, 1978. – 152 p
3. Yacenko V.K., Zajcev G.Z., Pritchenko V.F., Ivshhenko L.I. Povyshenie nesushhej sposobnosti detalej mashin almaznym vyglazhivaniem. Moskva, Mashinostroenie, 1985. – 232 p
4. Ryzhov E.V., Suslov A.G., Fedorov V.P. Texnologicheskoe obespechenie e'kspluatacionnyx svojstv detalej mashin. Moskva, Mashinostroenie, 1979. – 176 p
5. Suslov A.G. Kachestvo poverxnostnogo sloya detalej mashin. Moskva, Mashinostroenie, 2000. – 320 p

Рецензія/Peer review : 7.3.2013 р. Надрукована/Printed : 7.4.2013 р.  
Рецензент: д.т.н., професор, зав. кафедри приладобудування Луцького НТУ Марчук В.І.