

УДК 621.787.4

Ковалевський С.В.  
Гущин О.В.  
Попов А.О.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВІ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ НАКОЧУВАННІ РОЛИКОМ З КРУГОВИМ ПРОФІЛЕМ

Надійність роботи машин та їхні експлуатаційні характеристики безпосередньо пов'язані з якістю робочої поверхні деталей. Втрата працездатності деталей машин зазвичай пов'язана з руйнуванням їх поверхневого шару. Підвищення терміну експлуатації деталей можливо за рахунок поліпшення механічних характеристик поверхневого шару, а також шорсткості самої поверхні за допомогою поверхневої пластичної деформації.

Поверхнева пластична деформація (ППД) – це спосіб опоряджувально-зміцнюючого оброблення без зняття стружки шляхом деформації мікронерівностей і мікродефектів прилеглих до поверхні шарів матеріалу. Одним з найбільш важливих результатів ППД є виникнення у поверхневому шарі металу залишкових напружень стискання. [1, 2].

На сьогоднішній день існує безліч методів ППД – вигладжування, вібровигладжування, дробоструминне оброблення, накочування сферичним, циліндричним і круговим роликом та інші. Ці способи оброблювання поверхні мають свої переваги: забезпечують досить жорсткі вимоги по шорсткості, твердості поверхні, збільшують зносостійкість деталей машин і стійкість до корозійного впливу, знижують собівартість виготовлення продукції (економія матеріальних ресурсів і енерговитрат).

Проте деяким деталям (що мають конструктивні або технологічні концентратори напруги, виточки, галтелі тощо) традиційні схеми ППД не можуть забезпечити жорсткіші вимоги до втомної міцності і довговічності. Попередні теоретичні дослідження показали, що у поверхневому шарі окрім стискаючих напружень можуть виникати ще і напруження зрізу, якщо вісь ролика повернена на певний кут до вісі деталі. Це призводить до зниження впливу внутрішніх напружень і сприяє підвищенню якості зміцнених поверхонь [3].

Для підтвердження результатів теоретичних досліджень, уточнення вихідних даних та розширення обсягів результатів теоретичного аналізу у лабораторії кафедри ТМ, ДДМА проведено експериментальні дослідження процесу накочування та зняття характеристичних параметрів якості поверхні деталей машин після зміцнення поверхневого шару. Планування експерименту проводилось з можливістю подальшого розширення досліджень і застосування вже існуючого технологічного оснащення.

Метою роботи є дослідження технологічних параметрів процесу накочування поверхневого шару деталей машин круговим роликом і вивчення впливу режимів обробки на кінцеві показники якості поверхні, що оброблюється.

Експериментальні дослідження проводилися на верстаті 1К625 і полягали у вивченні впливу зміни робочої подачі і кута схрещування деформуючого ролика на показники якості робочої поверхні. З цією метою було розроблене спеціальне технологічне оснащення, яке мало змогу закріплюватися на супорті верстату, а також за потреби оперативно налаштовуватися на відповідні режими обробки.

Експериментальне оснащення (рис. 1) складається безпосередньо із деформуючого ролика 1, який встановлений в державці 2, що закріплена у різцетримачі верстата (рис. 1, б). Ролик має можливість прокручування у державці на певний кут схрещення  $\gamma$  і притискається до поверхні валу 3 пружиною 4, яка була заздалегідь тарована. Вал 3, виготовлений із сталі 40ХН, закріплюється в патроні 5 верстату і підтискається задньою бабкою (на схемі не зазначено). Зусилля, з яким ролик притискається до поверхні заготовки, становило 100 кг і визначалося по номограмі тарування.

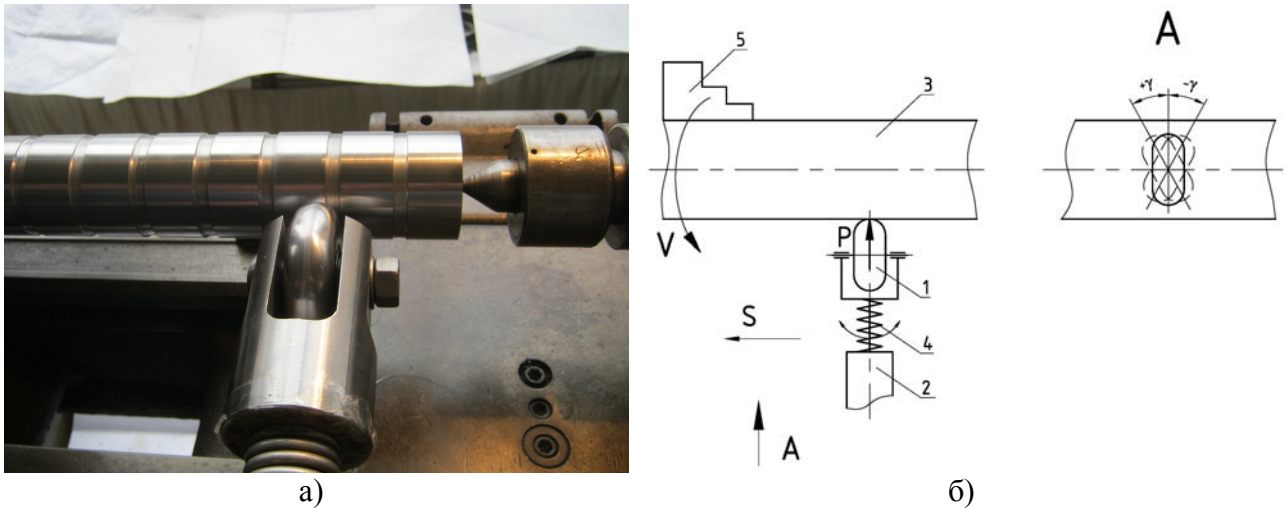


Рис. 1. Загальний вид (а) та схема експериментального оснащення (б) при накочуванні круговим роликом

Заготовка для експериментальних досліджень була попередньо оброблена на токарно-гвинторізному верстаті 1К625 з робочою подачею  $S = 0,32$  мм/об при обертах шпинделю  $n = 250$  хв<sup>-1</sup>. Після цього оброблена поверхня була розділена на 9 рівних ділянок з твердістю 250...275 НВ і шорсткістю поверхні 2,5 мкм за шкалою Ra (рис. 2).

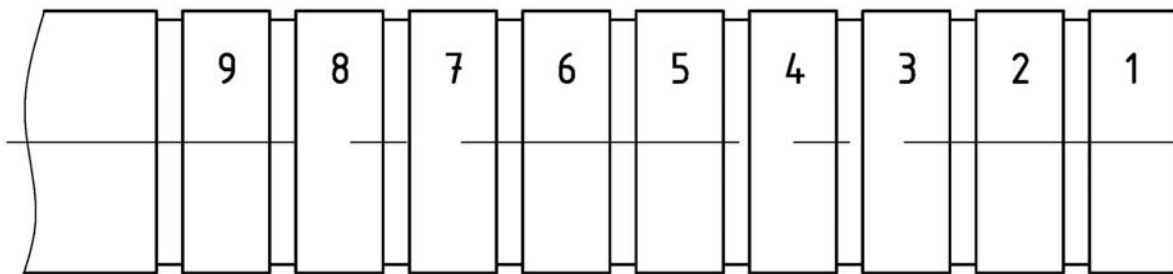


Рис. 2. Ескіз заготовки

Розділення заготовки на рівні ділянки відбувалося відповідно до складеного плану проведення експерименту (табл. 1). На кожній ділянці відбувалось накочування при визначених режимах оброблення. Знак кута схрещування  $\gamma$  визначався в залежності від напрямку подачі деформуючого інструменту (див. рис. 1, б). Варіювання цим параметром відбувалося з тією метою, щоб визначити вплив лише знаку, а не відносної зміни у більшу чи меншу сторону. Тому і було обрано по одному значенню у позитивному і негативному діапазонах.

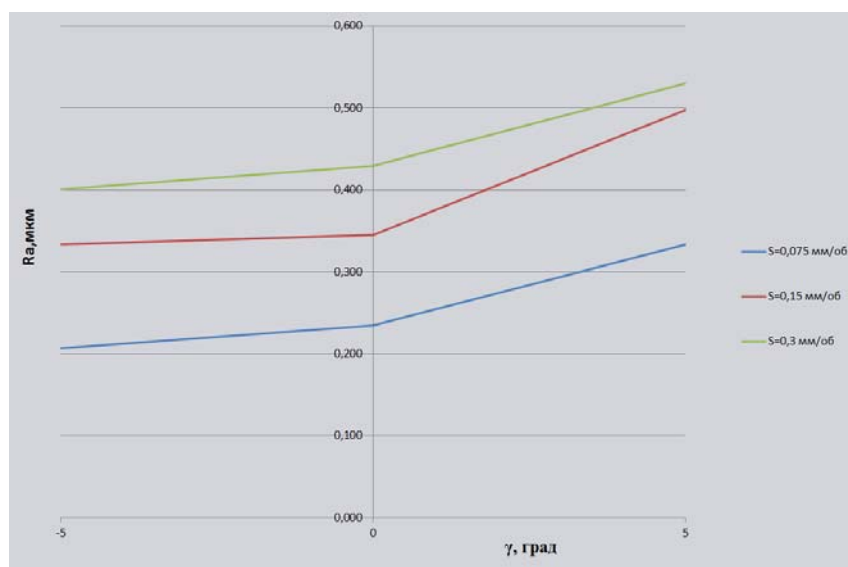
Таблиця 1

План проведення експерименту

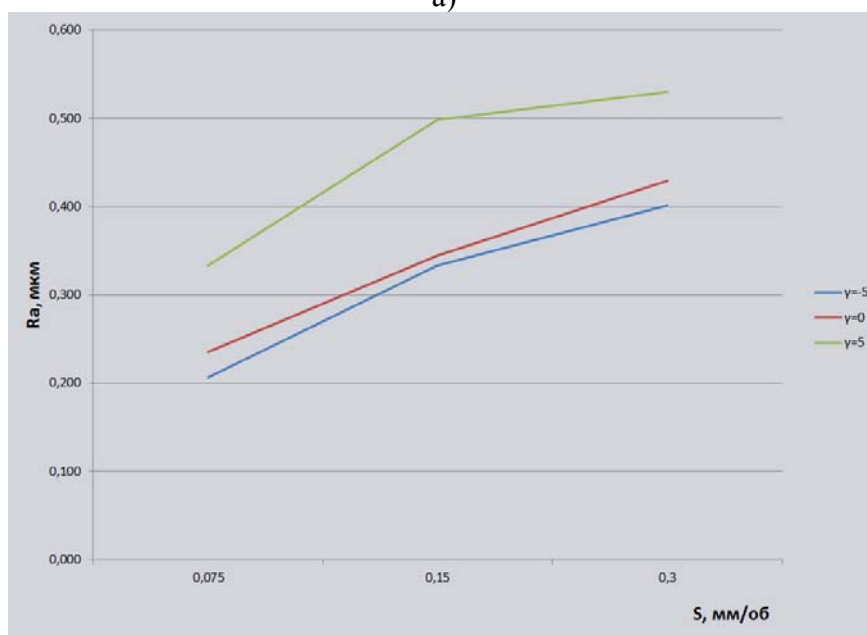
№ ділянки	$\gamma$ , град	$S$ , мм/об
1	0	0,30
2	0	0,15
3	0	0,075
4	+5	0,30
5	+5	0,15
6	+5	0,075
7	-5	0,30
8	-5	0,15
9	-5	0,075

Після накочування заготовка була знята з верстату і встановлена на призми, де проводились дослідження поверхні кожної ділянки окремо. Зокрема були зняті показники твердості поверхні за допомогою малогабаритного електронного твердоміру ЭТМ-01 і показники шорсткості поверхні електронним профілометром-профілографом TR200.

Виходячи з отриманих результатів, можна відмітити, що твердість поверхні змінилася незначно; до проведення експерименту твердість складала 250...275 НВ, після – 265...285 НВ. Твердість замірялась на кожній ділянці у трьох точках, і виводився середній показник на ділянці. Вплив досліджуваних параметрів на показники шорсткості має дещо складніший характер, який можна прослідкувати, побудувавши графіки залежності (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Порівняльні графіки залежності параметра шорсткості поверхні  $R_a$  після накочування від кута схрещування ролика (а) і робочої подачі (б) інструменту

Таким чином, по результатам експерименту встановлено, що для досягнення більш жорстких показників шорсткості необхідно вибирати негативний кут схрещування вісі ролика у відповідності до обраних режимів роботи верстату. Також накочування поверхні з негативним кутом схрещування дозволяє обирати більш швидкісні режими роботи верстату для досягнення необхідних показників якості поверхні, що оброблюється.

Разом з тим, позитивний кут схрещення призводить до відносно більшого стрибку шорсткості у напрямку її збільшення, ніж негативний у напрямку її зменшення, що чітко прослідковується на рис. 3, б. Вказане пояснюється тим, що за своєю суттю кут схрещування  $\gamma$  є кутом подачі, і, коли він співпадає з примусовою подачею  $S$ , досягається так би мовити подвійний ефект, і шорсткість різко зростає. При негативному куті  $\gamma$  деформуючий ролик чинить опір вектору примусової подачі, який спрямований у протилежну сторону. Таким чином досягається зменшення шорсткості. Тому для досягнення відповідних змін якості поверхні в сторону зменшення шорсткості при незмінній подачі інструменту необхідно задавати негативний кут  $\gamma$  дещо більшим у порівнянні з відповідними змінами у позитивному діапазоні.

### ВИСНОВКИ

Результатом експериментальних досліджень є підтвердження використання запропонованого способу зміцнення робочих поверхонь деталей машин у реальних виробничих умовах, а традиційні способи накатування поверхонь отримали свій подальший розвиток. Виходячи з узагальненого аналізу отриманих результатів, а також стану поверхні накочених ділянок, можна зробити висновки про те, що процеси поверхнево-пластичного деформування здійснюються стабільно, без негативних впливів на якість металу, що оброблюється.

У свою чергу, застосування різного поєднання подачі інструменту і кута схрещування, а також його знаку, розширює технологічні можливості процесу оброблення. Особливо вигідним з точки зору заощадження матеріальних ресурсів і енерговитрат буде застосування зазначеного способу зміцнення для підвищення якості наварених поверхонь [4].

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. – М. : Машиностроение, 2002. – 300 с.
3. Ковалевський С. В. Особенности применения роликов при отделочно-упрочняющей обработке наружных поверхностей деталей типа тел вращения / С. В. Ковалевський, А. В. Гуцин // Научный вестник ДГМА. – № 3(15Е). – 2014. – С. 44–49.
4. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. – М. : Машиностроение, 2002. – 300 с.

### REFERENCES

1. Odincov L. G. Uprochnenie i otdelka detalej poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem : spravochnik / L. G. Odincov. – M. : Mashinostroenie, 1987. – 328 s.
2. Smeljanskij V. M. Mehanika uprochnenija detalej poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem / V. M. Smeljanskij. – M. : Mashinostroenie, 2002. – 300 s.
3. Kovalevs'kij S. V. Osobennosti primenenija rolikov pri otdelochno-uprochnjajushhej obrabotke naruzhnyh poverhnostej detalej tipa tel vrashhenija / S. V. Kovalevs'kij, A. V. Gushhin // Nauchnyj vestnik DGMA. – № 3(15E). – 2014. – S. 44–49.
4. Smeljanskij V. M. Mehanika uprochnenija detalej poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem / V. M. Smeljanskij. – M. : Mashinostroenie, 2002. – 300 s.

Ковалевський С. В. – д-р техн. наук, проф. ДДМА

Гуцин О. В. – канд. техн. наук, ст.викл. ДДМА

Попов А. О. – студент ДДМА

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

E-mail: tiup@dgma.donetsk.ua

Статья поступила в редакцию 15.10.2016 г.