

УДК 621:004.9

**Ковалевський С. В.  
Маланчук С. Ф.**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ГВИНТОВИМ НАКАТНИКОМ

Надійність роботи машини та їхні експлуатаційні характеристики безпосередньо пов'язані з якістю робочої поверхні деталей. Втрата працездатності деталей машин зазвичай пов'язана з руйнуванням їх поверхневого шару [1, 2]. Підвищення терміну експлуатації деталей можливо за рахунок поліпшення механічних характеристик поверхневого шару, а також шорсткості і твердості самої поверхні за допомогою поверхневої пластичної деформації.

На сьогоднішній день існує багато методів поверхнево-пластичного деформування (ППД) – вигладжування, вібровигладжування, дробеструйне оброблення, накочування сферичним, циліндричним і круговим роликком та інші [3]. Також з роботи [4] надані теоретичні та експериментальні данні щодо зміцнення робочих поверхонь деталей машин на основі ППД при накочуванні роликком з круговим профілем та негативним кутом нахилу осі ролика. Ці способи мають обмежені технологічні можливості, тому, що обробка ППД коротких та обмежених робочих поверхонь здається неможливим.

Метою роботи є експериментальне підтвердження впливу ППД гвинтовим накатником на шорсткість і твердість робочої поверхні деталі при обробці, при різних кутах нахилу накатнику.

Проблеми по обмеженню технологічних можливостей, низької продуктивності процесу ППД вирішується за рахунок того, що у якості деформуючого інструмента використовується гвинтовий накатник з кутом нахилу. Обробка накатником залежить від кута нахилу накатника, шагу витків, співвідношення діаметра накатника, діаметра оброблювальної деталі та величини контактуючої поверхні накатника з поверхнею деталі, що обробляється. При обробці гвинтовий накатник нерухомий і розміщений під кутом, тому за рахунок кута і кроку витків контактує з поверхнею деталі одразу декількома витками, що надає більше технологічних можливостей, і менш складний рух інструменту. Це дозволить обробляти деталі у малодоступних місцях. Схема обробки гвинтовим накатником представлена на рис. 1.

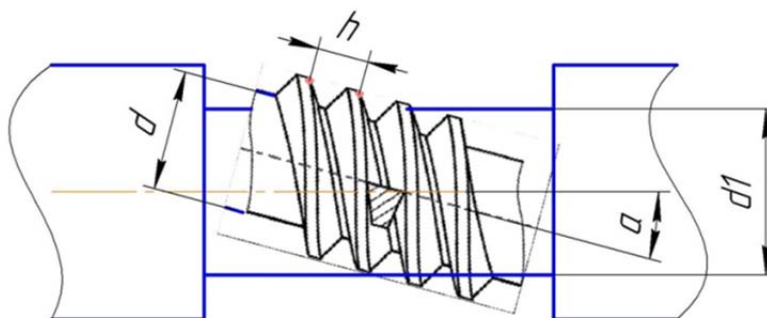


Рис. 1. Схема обробки гвинтовим накатником

Заготовка діаметром  $dl$  (мм) закріплюється на верстаті у патрон і задньому центрі. Гвинтовий накатник діаметром  $d$ , (мм) та шагом витків  $h$ , (мм) закріплюється в державці, яка розміщується в різцетримачі. Державка дозволяє повертатися обкатнику на необхідний кут  $\alpha$  (град). Робоча подача надається обкатнику супортом верстата. В залежності від потрібної шорсткості та міцності задаються параметри кута нахилу обкатника і його робоча подача.

Обробка заготовки проводилась на токарному верстаті 1К625, деталь 35 мм, Сталь 30. Накатник: діаметр  $d = 36$  мм, крок  $h = 1,5$  мм, довжина  $l = 38$  мм. Вимірювання шорсткості проводилося профілометром TP-200, а твердості – електронним твердоміром ЕТМ-01.

Для забезпечення однорідності плану та врахування факторів проведення експерименту виконана рандомізація, послідовність виконання досліджень.

Результати експериментальних досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

## Результати експериментальних досліджень

Тиск накатника $P$ , Н	Кут нахилу накатника, $\alpha$ ° град	Твердість деталі, НВ	Шорсткість деталі, $R_a$ мкм
100	-5	302	4.5
	-3	281	5.2
	0	267	5.7
	3	250	5.5
	5	276	3.8
200	-5	271	4.6
	-3	276	2.6
	0	289	4.5
	3	281	4.2
	5	271	3.5
300	-5	280	3.1
	-3	271	3.5
	0	283	5.1
	3	282	5.3
	5	266	5.6

Обробка експериментальних даних виконувалась за допомогою програмного пакету "Neuro Pro 0.25". Створена модель залежності параметрів шорсткості  $R_a$  деталі від кута нахилу  $\alpha$  і тиску накатника  $P$ , яка представлена вербальним описом:

*Поля базы данных (исходные симптомы):*

$P$

$KUT$

*Поля базы данных (конечные синдромы):*

$RA$

*Предобработка входных полей БД для подачи сети:*

$P=(P-2)/1$

$KUT=(KUT-0)/5$

*Функциональные преобразователи:*

*Сигмоида*  $1(A)=A/(0,1+|A|)$

*Синдромы 1-го уровня:*

*Синдром*  $1\_1=Сигмоида1(0,2283842*P+KUT+0,2301782)$

*Синдром*  $1\_2=Сигмоида1(P-1)$

*Синдром*  $1\_3=Сигмоида1(-P+KUT)$

*Синдром*  $1\_4=Сигмоида1(-0,7269564*P-0,5417868*KUT-0,3545039)$

*Синдром*  $1\_5=Сигмоида1(0,7142909*P-0,4587414*KUT+0,2392442)$

*Синдром*  $1\_6=Сигмоида1(KUT-1)$

*Конечные синдромы:*

$RA=0,4675288*Синдром1\_1+Синдром1\_2+0,9134574*Синдром1\_3+Синдром1\_4+$   
 $+Синдром1\_5+0,2304674*Синдром1\_6+0,6328236$

*Постобработка конечных синдромов:*

$RA=((RA*5)+10,1999998092651)/2)$

Математична модель  $Ra = f(P; \alpha)$  використана для тестування, з метою отримання прогнозних значень числових параметрів шорсткості  $Ra$ . Результати тестування наведені на рис. 2.

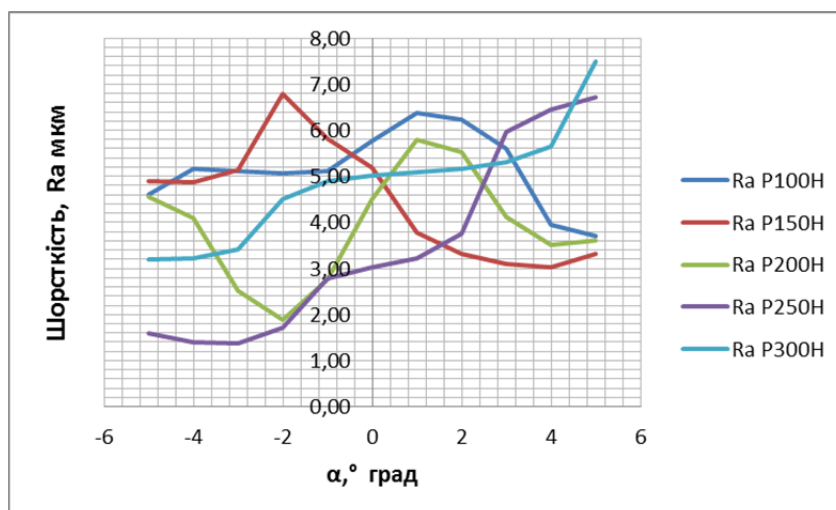


Рис. 2. Графічний опис параметрів шорсткості  $Ra$  від кута нахилу  $\alpha$  і тиску накатника  $P$

Таким чином експериментально підтверджено те, що на параметри шорсткості більше впливає тиск накатника, ніж кут нахилу. А саме найменші значення шорсткості отримали при тиску  $P = 250$  Н, і куту нахилу  $\alpha = -5^\circ$  град. Найбільші значення параметрів шорсткості отримали при низькому тиску  $P = 100-150$  Н і кутах  $\alpha = 2-3^\circ$  град. Тому при збільшенні кута нахилу шорсткість зростає, а при зростанні тиску шорсткість зменшується.

Математична модель  $HV = f(P; \alpha)$  залежності твердості  $HV$  деталі від кута нахилу  $\alpha$  і тиску  $P$  накатника представлена наступним вербальним описом:

*Поля базы данных (исходные симптомы):*

$P$

$KUT$

*Поля базы данных (конечные синдромы):*

$HV$

*Предобработка входных полей БД для подачи сети:*

$P = (P - 2) / 1$

$KUT = (KUT - 0) / 5$

*Функциональные преобразователи:*

$\text{Сигмоида1}(A) = A / (0,1 + |A|)$

*Синдромы 1-го уровня:*

$\text{Синдром1\_1} = \text{Сигмоида1}(-P + 0,280885 * KUT + 0,07992939)$

$\text{Синдром1\_2} = \text{Сигмоида1}(0,4653565 * P + KUT - 0,3169717)$

$\text{Синдром1\_3} = \text{Сигмоида1}(0,03207056 * P + 0,5059001 * KUT + 0,5227752)$

$\text{Синдром1\_4} = \text{Сигмоида1}(-P - 0,0568202)$

$\text{Синдром1\_5} = \text{Сигмоида1}(0,3510472 * P - 0,7440114 * KUT + 0,4066833)$

$\text{Синдром1\_6} = \text{Сигмоида1}(-0,6438388 * P - 0,4235555 * KUT - 0,3783268)$

*Конечные синдромы:*

$HV = 0,559854 * \text{Синдром1\_1} + 0,4238587 * \text{Синдром1\_2} -$

$\text{Синдром1\_3} + 0,3867733 * \text{Синдром1\_4} + \text{Синдром1\_5} - 0,731456 * \text{Синдром1\_6} + 0,1684834$

*Постобработка конечных синдромов:*

$HV = ((HV * 52) + 552) / 2$

Результати тестування математичної моделі  $HV = f(P; \alpha)$  для отримання прогнозних значень параметрів твердості  $HV$  наведені на рис. 3.

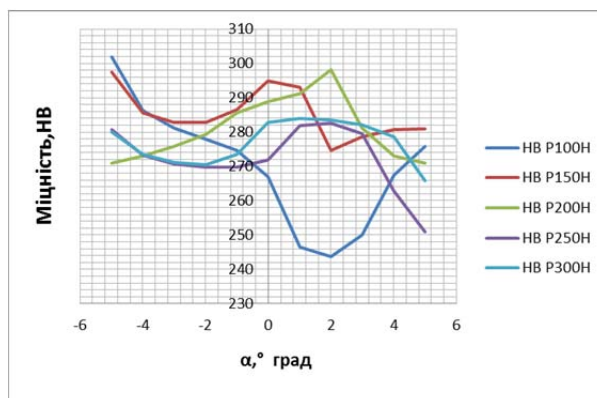


Рис. 3. Графічний опис залежності параметрів твердості HB деталі від куту нахилу  $\alpha$  і тиску накатника  $P$

Таким чином експериментально підтверджено те, що максимальну твердість в процесі накатування поверхні можливо отримати при відносно невеликих значеннях тиску  $P = 100\text{--}150$  Н і куту  $\alpha = -5$  °град. А зростання тиску і куту нахилу накатника приводить до зменшення зміцнення поверхні.

### ВИСНОВКИ

Новизна способу ППД гвинтовим накатником дозволяє виконувати обробку ППД в обмежених з обох сторін поверхонь. Тиском  $P$  і кутом нахилу  $\alpha$  гвинтового накатника можна регулювати твердість і шорсткість деталі. Також процес ППД гвинтовим накатником являється більш технологічним, від інших методів обробки за рахунок гвинтової поверхні, яка виконує роль одразу декількох роликів зі складною траєкторією руху деформованого шару.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. Радченко В. П. Поверхностно-пластическое деформирование цилиндрических поверхностей / В. П. Радченко, М. Н. Саушкин. – М. : Машиностроение, 1996. – 213 с.
3. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Ю. Г. Шнейдер – Л. : Машиностроение, 1982. – 247с.
4. Ковалевський С. В. Дослідження поверхневого зміцнення робочих поверхонь деталей машин на основі поверхнево-пластичної деформації при накочуванні роликом з круговим профілем / С. В. Ковалевський, О. В. Гуцин, А. О. Попов // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорськ : ДДМА, 2016. – № 2(43). – С. 98–101.*

### REFERENCES

1. Odincov L. G. Uprochnenie i otdelka detalей poveryhnostnym plasticheskim deformirovaniem / L. G. Odincov. – M. : Mashinostroenie, 1987. – 328 s.
2. Radchenko V. P. Poverhnostno-plasticheskoe deformirovanie cilindricheskih poveryhnostej / V. P. Radchenko, M. N. Saushkin. – M. : Mashinostroenie, 1996. – 213 s.
3. Shnejder Ju. G. Jekspluatacyonnye svojstva detalей s reguljarnym mikrorel'efom / Ju. G. Shnejder – L. : Mashinostroenie, 1982. – 247s.
4. Kovalevs'kij S. V. Doslidzhennja poveryhnovogo zmichennja robochih poveryhon' detalей mashin na osnovi poveryhnevo-plastichnoj deformacii pri nakochuvanni rolikom z krugovim profilem / S. V. Kovalevs'kij, O. V. Gushhin, A. O. Popov // *Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. tr. – Kramators'k : DDMA, 2016. – № 2(43). – S. 98–101.*

Ковалевський С. В. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМ ДДМА;  
Маланчук С. Ф. – магістрант ДДМА.

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

E-mail: deniskdv96@gmail.com

Стаття надійшла до редакції 11.11.2018 р.