



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 51394

(13) C2

(51) МПК (2006)

B24B 39/00

B24B 1/04

B23P 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ЗМІЦНЮВАЛЬНО-ЧИСТОВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

1

(21) 2002031960

(22) 12.03.2002

(24) 15.08.2006

(46) 15.08.2006, Бюл. № 8, 2006 р.

(72) Дідик Ростіслав Петрович, Лоскутов Денис
Володимирович, Аратський Павел Борисович, RU,
Завалій Олександр Борисович

(73) Національний гірничий університет

(56) SU 1199598 A, 23.12.1985

SU 1632751 A1, 07.03.1991

RU 2170654 C1, 20.07.2001

2

RU 2124430 C1, 10.01.1999

JP 61252055 A, 10.11.1986

(57) Спосіб зміцнювально-чистої обробки деталей, що включає безабразивну ультразвукову обробку поверхневого шару деталі, який **відрізняється** тим, що оброблювану поверхню насичують геомодифікатором тертя на основі серпентину шляхом попереднього втирання останнього в поверхневий шар та подальшої ультразвукової обробки.

Винахід відноситься до області обробки металів тиском, зокрема обробці поверхневим пластичним деформуванням і може бути використане в металооброблювальної промисловості.

Відомий спосіб зміцнювально-чистої обробки - обкатування поверхні деталі роликками чи кульками. Процес обкатування здійснюється шляхом переміщення по оброблюваній поверхні кульки чи ролика під визначеним тиском. Застосування обкатування дозволяє підвищити міцність і витривалість деталей, збільшити ступінь зміцнення на 40 - 60%, знизити вихідну шорсткість у 2 - 4 рази [Папшев Д.Д. Упрочнение деталей обкаткой шариками. — М.: Машиностроение, 1968. — 132 с., стр. 62 - 73].

Недоліком даного способу обробки є виникаючі при обробці великі статичні сили, у результаті чого, він не може застосовуватися при обробці маложорстких і тонкостінних деталей через викривлення їхньої форми. Відносно малий тиск, створюваний у поверхневому шарі деталі під дією нормально спрямованої сили, і швидкість деформації малоефективно впливають на стан і структуру поверхневих шарів деталі і не дозволяють досить повно використовувати здатність металів до зміцнення.

Найбільш близьким до заявленого технічного рішення є спосіб чистої обробки - ультразвукове алмазне вигладжування, що включає безабразив-

ну ультразвукову обробку поверхні алмазним інструментом.

Використання фізичних полів ультразвуку дозволяє знижувати шорсткість поверхні в 1,5 - 6 разів і підвищувати мікротвердість поверхневого шару на 20 - 120% у залежності від властивостей оброблюваного металу [Применение ультразвука в промышленности / Г.С. Ангелов, И.Н. Ермолов, А.И. Марков, А.М. Мицкевич / Под ред. А.И. Маркова — М.: Машиностроение, 1975. — 240 с., стр. 172 - 180].

Недоліком даного способу обробки є недостатній ступінь зміцнення, в результаті чого експлуатаційні характеристики оброблених деталей часто не відповідають вимогам, які до них пред'являються.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу зміцнювально-чистої обробки деталей, у якому шляхом введення інших технологічних операцій досягається значне підвищення ступеня зміцнення поверхневого шару і поліпшення чистоти поверхні, і за рахунок цього підвищення довговічності й експлуатаційних характеристик деталей машин. Основним результатом пропонованого способу обробки є одержання високого рівня стану поверхневого шару деталі: підвищення мікротвердості поверхні в 1,5 - 3,5 рази, сприятливий її розподіл по глибині наклепаного шару (на глибину до 500мкм), зниження шорсткості поверхні

(13) C2

(11) 51394

(19) UA

в 2,5 - 10 разів, підвищення зносостійкості деталей в 4 - 5 разів.

Задача вирішується тим, що у відомому способі зміцнювально-чистої обробки деталей, що включає безабразивну ультразвукову обробку поверхневого шару деталі, відповідно до винаходу попередньо оброблювану поверхню насичують геомодифікатором тертя (ГМТ) на основі серпентину, а потім роблять ультразвукову обробку поверхні деталі.

На фіг.1 представлена схема ультразвукової зміцнювально-чистої обробки, де 1 - оброблювана деталь, 2 - ультразвукова голівка, 3 - ультразвуковий генератор.

На фіг.2 представлена мікроструктура вихідного стану поверхні деталі ($\times 500$) (після токарської обробки).

На фіг.3 представлена мікроструктура поверхневого шару деталі ($\times 500$) після безабразивної ультразвукової обробки.

На фіг.4 представлена мікроструктура поверхневого шару деталі ($\times 500$) після обробки по пропонуваному способу.

На фіг.5 представлені профілограми поверхонь деталі (збільшення по вертикалі - 1000, по горизонталі - 50000), де 1 - вихідний стан; 2 - після безабразивної ультразвукової обробки; 3 - після обробки по пропонуваному способу.

На фіг.6 представлені результати порівняльних іспитів на знос, де 1 - знос зразка, обробленого шліфуванням; 2 - знос зразка, обробленого безабразивною ультразвуковою обробкою; 3 - знос зразка, обробленого по пропонуваному способу.

У табл. 1 приведені результати виміру шорсткості поверхонь деталей.

У табл. 2 приведені результати виміру мікротвердості поверхонь деталей.

У табл. 3 приведені результати застосування технології безабразивної ультразвукової обробки деталей і пропонуваної технології (з використанням ГМТ).

Спосіб реалізується наступним чином. Оброблювана деталь 1 (фіг.1) (після точіння чи шліфування) встановлюється в патроні верстата. Далі на поверхні деталі 1, що необхідно обробити, наносять трибологічний порошковий склад - геомодифікатор тертя на основі серпентину [наприклад, см. Патент РФ № 2169172, МПК С 10 М 125/04 // С 10 N 30/06, Бюл. № 25 от 20.06.2001], утираючи його в поверхню, так щоб він заповнив усі мікрозападини, що мають на поверхні деталі 1. Сухий геомодифікатор подається на обертову з невеликою швидкістю (18 - 60 об/хв) деталь 1 за допомогою спеціального пристосування у виді вилки чи фетрового ролика (на фіг.1 не показані). Після того, як ГМТ був нанесений на поверхню оброблюваної деталі 1, на верстат встановлюють ультразвукове обладнання. Ультразвукову голівку 2 затискають у супорті верстата, за допомогою якого здійснюють подачу інструмента уздовж утворюючої й забезпечують силу притиснення ультразвукової голівки 2 до деталі 1 під час обробки. Ультразвукову голівку 2 підключають до ультразвукового генератора 3 і системи охолодження (на фіг.1 не показана). Потім роблять ультразвукову обробку, у результаті якої одночасно

відбувається пластична деформація поверхні і насичення поверхневого шару деталі 1 геомодифікаторами тертя. Режимми обробки (частоту обертання деталі n , подачу S_z , зусилля притиску F_N , число проходів інструменту i , частоту ω та амплітуду ξ_m коливань інструмента) вибирають також, як і при звичайному ультразвуковому алмазному вигладжуванні, у залежності від властивостей оброблюваного матеріалу, геометричних розмірів деталі, жорсткості системи СРІД, вихідної твердості і шорсткості поверхні і необхідної після обробки якості поверхні [Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник. — М.: Машиностроение, 1987. — 328 с., стр. 262 - 265].

У процесі обробки під дією ультразвуку відбувається наклеп поверхні і часток ГМТ, що знаходяться в западинах мікронерівностей оброблюваної поверхні. При наклепі твердих складових геомодифікатора тертя на основі серпентину частково відбувається їхній розпад, у результаті якого виділяються дрібні частки нових структурних утворень які, потрапивши на площині ковзання, блокують розвиток зрушень. Це приводить до істотного підвищення щільності дислокацій, дробленню кристалів на фрагменти і блоки, збільшенню ступеня наклепу і як наслідок до значного збільшення твердості поверхні. Структурні зміни, що відбуваються в приповерхніх шарах оброблених по пропонуваному способу виробів, приводять до значного підвищення їхніх експлуатаційних характеристик, таких як контактна витривалість, зносостійкість, міцність та ін.

Запропонований спосіб обробки ілюструється наступними прикладами.

Приклад 1. На токарно-гвинторізному верстаті 16К20 була зроблена безабразивна ультразвукова обробка валів $\varnothing 50\text{мм}$ із сталі 45 (HB 180, $R_{a\text{исх}} = 3,7\text{мкм}$) з використанням ГМТ та без нього, на наступних режимах:

- Зусилля притиску ультразвукової голівки $F_N = 200\text{Н}$;

- Подача $S_z = 0,08\text{мм/об}$;

- Число обертів $n = 710\text{об/хв}$;

- Число проходів $i = 1$;

- Робоча частота $\omega = 22,0\text{кГц}$;

- Амплітуда коливань $\xi_m = 5\text{мкм}$.

До і після обробки були проведені дослідження мікроструктури поверхневого шару, зроблені виміри поверхневої мікротвердості і шорсткості поверхні, проведені іспити зразків на знос.

Мікроструктурний аналіз вихідного стану поверхневого шару деталей (фіг.2) показав, що вихідна сталь 45 має грубозернисту феррито-перлитну структуру, однорідну по всьому перетині деталі.

Аналіз мікроструктур поверхневого шару деталей після обробки показав, що на зразках оброблених безабразивною ультразвуковою обробкою (фіг.3) і по пропонуваному способу (фіг.4) зерна в поверхні дрібніше, помітно змінилося орієнтування зерен у приповерхньої зоні, вони витягнулися в напрямку головної деформації. Ферит, як більш м'яка складова витиснутий з поверхності. Глибина деформованого шару складає 70 - 120 мкм. Однак, поверхневий шар деталі обробленої по пропонуваному способу (з використанням ГМТ) має

більш однорідну структуру з більшим ступенем деформації, що, мабуть, сприяє підвищенню ступеня зміцнення поверхні.

Вимір мікропрофілю поверхонь деталі (фіг.5) дали такі результати: шорсткість поверхні після

безабразивної ультразвукової обробки зменшилася в 3,5 рази, після обробки по пропонованому способу - у 6 разів. Чисельні результати вимірів приведені в табл. 1.

Таблиця 1

№ зразка	Вид обробки	Шорсткість поверхні R_a , мкм
1	Токарська обробка	3,7
2	Безабразивна ультразвукова обробка	0,97
3	Обробка по пропонованому способу (з геомодифікатором тертя)	0,6

Вимір мікротвердості показало, що в результаті безабразивної ультразвукової обробки зразки твердість поверхні підвищилася в 1,6 - 2 рази, після

обробки по пропонованому способу - у 2,5 - 3 рази. Результати вимірів приведені в табл. 2.

Таблиця 2

№ зразка	Вид обробки	Мікротвердість поверхні HV, кг/мм ²
1	Токарська обробка	180 - 190
2	Безабразивна ультразвукова обробка	320 - 360
3	Обробка по пропонованому способу (з геомодифікатором тертя)	500 - 540

Іспити на знос зразків оброблених шліфуванням, безабразивної ультразвукової обробкою і по пропонованому способу (фіг.6) показали, що застосування безабразивної ультразвукової обробки дозволяє підвищити зносостійкість сталі 45 у 1,6 - 2 рази, а обробки по пропонованому способу (з використанням ГМТ) - у 4 - 5 разів.

Приклад 2. На об'єднанні "Криворіжсталь" ультразвуковий зміцнювально-чистовий обробці були піддані два вали зі сталі 30ХГСА (180 - 190HV) насоса 8НД. Один вал після виконання операції шліфування, другий - після токарської обробки з припуском під шліфування. Обробка вироблялася на токарському верстаті моделі 163. Перед ультразвуковою обробкою на шейки 1 і 3 ($\varnothing 120$ мм) був

нанесений сухий триботехнічний склад - геомодифікатор тертя. Обробка вироблялася на наступних режимах:

- Зусилля притиску ультразвукової голівки $F_N = 250$ Н;
- Подача $S_z = 0,08$ мм/об;
- Число обертів $n = 560$ об/хв;
- Число проходів $i = 1$;
- Робоча чистота $\omega = 22,0$ кГц;
- Амплітуда коливань $\xi_m = 5$ мкм.

Складено акт за результатами застосування технології ультразвукової обробки деталей з використанням ГМТ. Результати обробки приведені в табл. 3.

Таблиця 3

№ шейки	До обробки			Після обробки		
	Розмір	Шорсткість поверхні R_a , мкм	Твердість, кг/мм ²	Розмір	Шорсткість поверхні R_a , мкм	Твердість, кг/мм ²
Вал № 1 - після шліфування						
1	$120_{-0,04}^{+0,03}$	0,8	HV 180 - 190	$120_{-0,04}^{+0,03}$	0,32	HRC 48 - 50
2	$90_{-0,04}^{+0,02}$	0,8	HV 180 - 190	$90_{-0,04}^{+0,02}$	0,4	HV 220
Вал № 2 - після токарської обробки						
3	$120_{-0,08}^{+0,07}$	3,2	HV 180 - 190	$120_{-0,01}^{+0,09}$	0,63	HRC 48 - 50
4	$90_{+0,03}^{+0,04}$	3,2	HV 180 - 190	$90_{+0,01}^{+0,03}$	0,8	HV 220

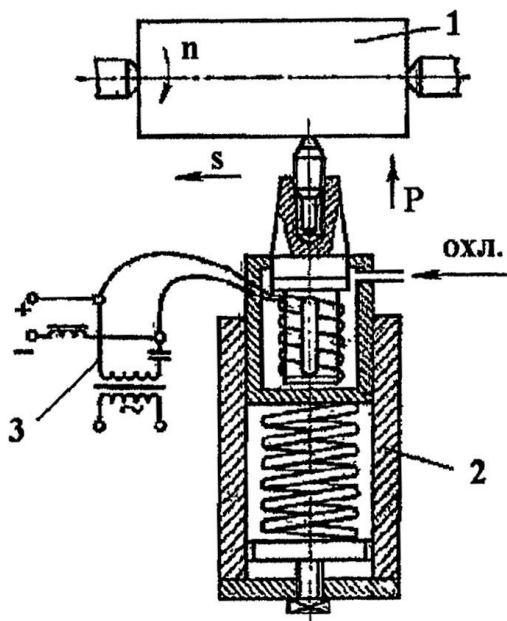
З таблиці видно, що безабразивна ультразвукова обробка шийок вала дозволяє після токарської обробки на тій же верстаті знизити висоту мікронерівностей за один прохід у 2 - 4 рази і незначно підвищити твердість поверхневого шару (на 20%).

Застосування ГМТ разом з ультразвуковою обробкою дозволяє збільшити мікротвердість по-

верхні в 2,5 рази і знизити шорсткість шліфованої поверхні в 2,5 рази, а поверхні, попередньо обробленої точінням, у 5 разів.

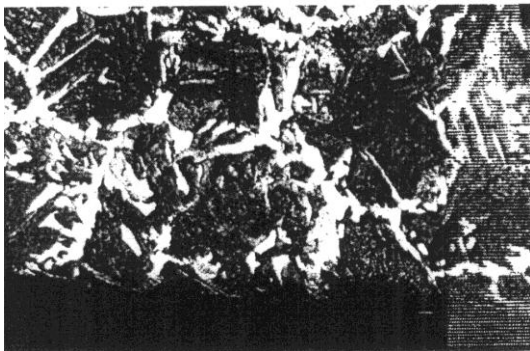
Область застосування заявленого технічного рішення така ж, як і при ультразвуковому алмазному вигладжуванні. Використання пропонованого способу обробки дозволяє обробляти різні конструктивні форми: циліндричні зовнішні і внутрішні

поверхні, торцеві, конічні, кульові, різні виступи, галтелі, прямокутні і радіусні канавки та ін. Пропонований спосіб зміцнювально-чистової обробки дозволяє зміцнювати гладкі і ступневі вали, шейки і галтелі колінчатих валів, поршневі пальці, штоки гидрокрепей, калібри і пуансони, бігові доріжки підшипників, твердосплавні інструменти і т.д. Деталі, що мають циліндричну поверхню обробляють на токарно-гвинторізних верстатах, при більш складній формі деталей використовують спеціальні верстати з більш складною кінематикою руху (стругальні, шліфувальні та ін.) Висока ефективність ультразвукової обробки разом із ГМТ досягається при обробці високоміцних і загартованих сталей твердістю HRC 60 - 65 (40X, ШХ15, Р18, 12ХН3А, 18ХГТ, 38ХМЮА, 07Х16Н6, 12Х2НВФА) конструкційних сталей, як у стані постачання, так і після термічної обробки (15, 20, 30, 40Х13,



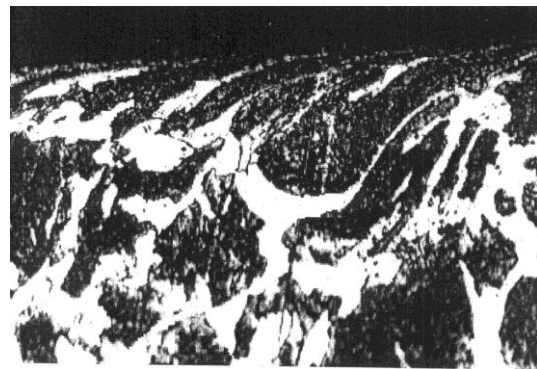
Фиг. 1.

Фиг. 2.



12Х18Н9Т, 1Х18Н2АТ), кольорових металів і сплавів (АК6, Д1Т, ЛС59-13, БрАЖ9-4Л), сірого чавуна СЧ21-40 та інших матеріалів.

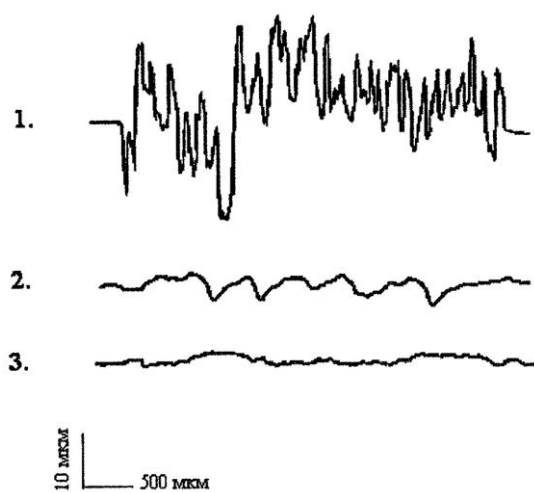
Запропонований спосіб у порівнянні з іншими механічними способами зміцнення поверхні має наступні переваги: простота пристосування і простота його установки на верстаті, незначний постійний тиск, висока продуктивність процесу, можливість зміцнення маложорстких і тонкостінних деталей, а також деталей з високою вихідною твердістю. Використання пропонованого способу дозволить виключити з процесу обробки тривалу операцію шліфування, скоротити час на перестановку і транспортування деталей, у більшості випадків виключити зміцнювальні операції, такі як термічна і хіміко-термічна обробки, легування сталі, застосування зносостійких наплавлень і покриттів та ін.



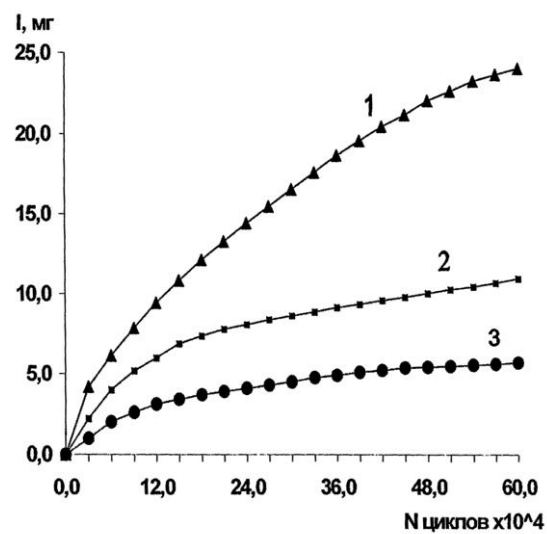
Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.