

**УДК 621.787**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ І ПРИСТРОЇВ  
ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ПОВЕРХНЕВИМ  
ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ**

*О.В. Прокопчук, студентка групи М6(м)*

*В.І. Гавриш, доктор економічних наук, професор*

*Д.Д. Марченко, кандидат технічних наук, в.о. доцент*

*Миколаївський національний аграрний університет*

*У статті наведено дослідження і розробка технології і пристроїв для відновлення сталевих деталей поверхневим пластичним деформуванням. Було запропоновано технологію відновлення сталевих деталей за допомогою поверхневого пластичного деформування, що дозволило підвищити їх довговічність.*

**Ключові слова:** пластична деформація, обкатування роликом, зміцнення, накатування поверхні.

Підвищення якості і надійності машин та їх елементів є однією з важливих та першочергових задач сучасного етапу розвитку вітчизняного машинобудування. Ця проблема може вирішуватися з допомогою розробки та освоєння ефективних методів зміцнення деталей машин та підвищення працездатності.

Поверхнева пластична деформація з допомогою обкатування деталей роликками і шариками після обточування їх різцем або шліфування виконується для зниження шорсткості поверхні і зміцнення поверхневого шару.

Поверхнева пластична деформація застосовується з метою підвищення зносостійкості пар тертя, контактної і втомної міцності деталей. Зниження шорсткості, а також збільшення радіусів закруглення вершин шорсткості,

збільшення опорної поверхні призводять до підвищення зносостійкості деталей або покращення їх товарного виду.

При зміцнюючому обкатуванні підвищується твердість поверхневого шару, в ньому крім того з'являються стискаючі напруження. Все це призводить до підвищення втомної міцності деталей.

Основні режими обкатування – це зусилля на ролики і подача ролика на кожний оборот деталі. Зусилля на ролики вибирається в залежності від діаметра деталі, діаметра і профільного радіуса ролика і твердості обкатуваного матеріалу. Реалізація оптимального основного режиму обкатування (робочого зусилля) пов'язана з жорсткістю технологічної системи верстат-інструмент-деталь. У значенні збереження оптимального режиму обкатування представляє небезпеку не стільки зниження жорсткості, скільки її непостійність.

Поверхнєве пластичне деформування об'єднує способи обробки поверхонь без видалення шару матеріалу.

ППД використовують при обробці практично усіх розглянутих раніше типів поверхонь в усіх типах виробництва.

Способи реалізації ППД можна умовно поділити на дві групи:

- способи, призначені для зменшення шорсткості поверхні та підвищення її зносостійкості;
- способи формування деяких видів поверхонь взагалі (наприклад, різі, шліців, зубчастих елементів тощо).

До першої групи входять такі найбільш поширені способи, як обкочування та розкочування поверхонь роликками та кульками, алмазне вигладжування, калібрування отворів кульками та дорнами, обдування поверхні шротом тощо.

Схеми реалізації деяких із цих способів обробки показані на рис. 1– 3.

Обробку здебільшого виконують на токарних, фрезерних, свердлильно-розточувальних верстатах, а також на спеціальних установках (наприклад, шротоструменевих).

При обкочуванні поверхні (див. рис. 1) ролик створює на неї певний тиск, який ущільнює поверхневий шар металу.

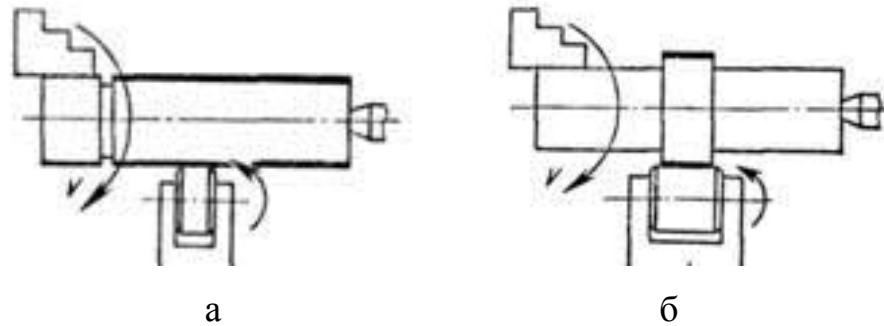


Рис. 1. Схеми обкочування поверхні роликом:

а - з поздовжньою подачею; б - з поперечною подачею

Завдяки цьому на поверхні зменшується шорсткість, з'являється наклеп, що підвищує зносостійкість та довговічність експлуатації.

При обробці розкочуванням отворів можуть використовуватися як схема з одним роликом (рис. 2, а), так і з використанням багатороликових головок (рис. 2, б).

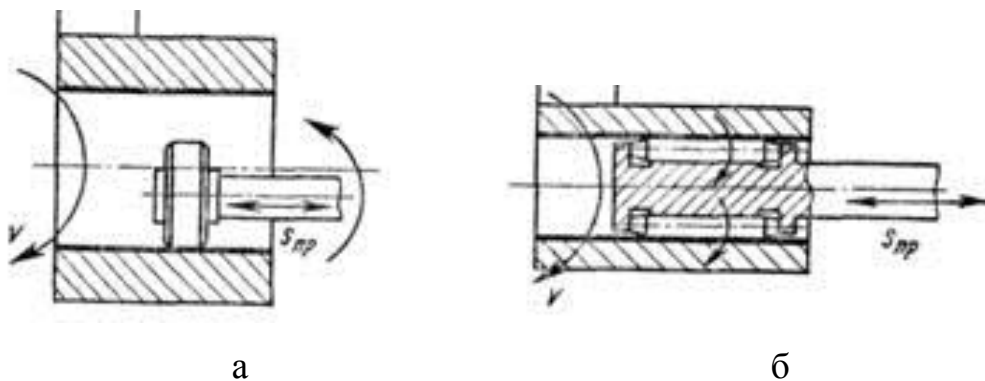


Рис. 2. Схеми розкочування отворів

Крім пристроїв з роликами, для обкочування та розкочування поверхонь використовують пристрої, оснащені сталевими кульками або алмазом. Такий інструмент дозволяє обробляти не тільки поверхні великої довжини, а і радіуси та галтелі.

Використання алмазних наконечників, яким додають радіусної форми  $R = 2-4$  мм, дає змогу обробляти загартовані поверхні з твердістю до HRC 60 та забезпечувати при цьому шорсткість  $Ra (0,02-0,04)$  мкм.

Швидкість обробки при обкочуванні та розкочуванні знаходиться у межах 50-150 м/хв. Подача – 0,05-0,1 мм/об заготовки або інструмента (залежно від конструкції верстата).

Поверхня, що підлягає обробці способами ППД, повинна бути попередньо обробленою з шорсткістю не більше ніж на один-два класи грубіше, ніж очікуваний після обробки. У процесі обробки поверхні ролика та заготовки обов'язково змащують мастилом.

Підвищення точності отворів можна досягти їх калібруванням за допомогою дорнів різних конструкцій або кульок (див. рисунок 3).

Дорнування (рис. 3, а) виконують дорном, який проштовхують у попередньо оброблений отвір.

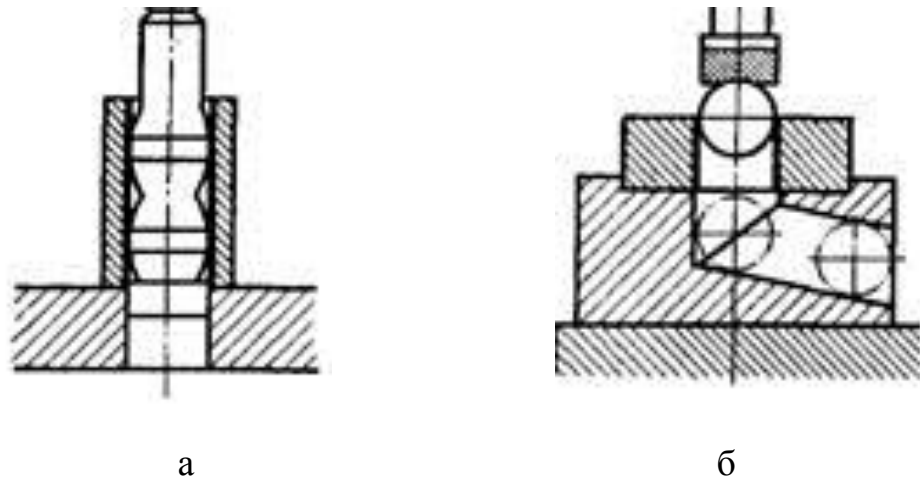


Рис. 3. Калібрування отворів

Розмір дорна дещо перевищує розмір отвору у заготовці, що дозволяє при обробці створити тиск на поверхню, зменшити її шорсткість та підвищити точність.

Швидкість переміщення дорна 2-10 м/хв. При вихідній шорсткості поверхні  $Ra (4-8)$  мкм дорнування забезпечує шорсткість  $Ra (0,08-0,16)$  мкм з підвищенням поверхневої твердості на 70%.

Калібрування кульками (рис. 3, б) не забезпечує оптимальних умов для калібрування, та і самі кульки мають порівняно невелику стійкість. Але простота реалізації та можливість автоматизації роблять цей процес досить поширеним у виробництві.

Калібрування виконують за допомогою пресів різних конструкцій (гвинтових, важільних, гідравлічних тощо) або на спеціальних автоматизованих установках.

Поверхні при калібруванні обов'язково змащують мастилом.

Шротоструменева обробка (обдування поверхні сталним або чавунним шротом) полягає у тому, що механічним шляхом або за допомогою стиснутого повітря на поверхню спрямовують струмінь металевих кульок. Швидкість струменя шроту досягає 70-90 м/с.

При цьому поверхневий шар заготовки отримує навантаження, яке викликає появу на ньому наклепу. Поверхневий шар ущільнюється, що позитивно впливає на експлуатаційні характеристики поверхні.

Шротоструменеву обробку також використовують як технологічний прийом для зменшення залишкових напружень при штучному старінні заготовок після обдирної обробки.

Таким способом можна обробляти заготовки досить великих розмірів на спеціальних установках, оснащених пристроями, що дозволяють повертати їх у процесі обробки.

Спосіб використовують практично в усіх типах виробництва.

Способи другої групи - виготовлення поверхонь у цілому за допомогою ППД принципово відрізняються від обробки різанням тим, що поверхня формується за рахунок витиснення деякого об'єму матеріалу із западин профілю поверхні та створення її виступів.

Такі способи називають накатуванням поверхні (різи, шліців, зубців тощо). Накатування виконують як у холодному стані заготовки, так і в гарячому (з підігрівом її до необхідної для пластичного деформування температури).

Матеріал поверхонь заготовок, що підлягають накатуванню, повинен відповідати таким вимогам: відносне подовження 10-25%, а твердість має бути у межах HRC 33-37.

У накатаній поверхні волокна матеріалу не перерізаються, а плавно огинають профіль (див. рис. 4).

Межа міцності на зріз таких поверхонь на 25-40% вища, ніж у оброблених різанням. У деяких галузях виробництва, наприклад, у літакобудуванні, використання не накатаних різей взагалі заборонено.

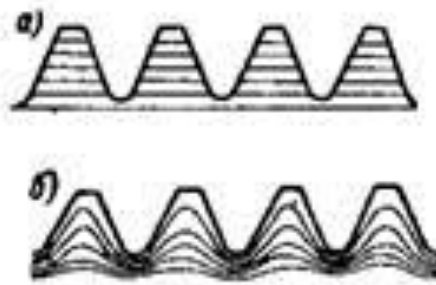


Рис. 4. Направлення волокон при обробці різі:

а - лезова обробка; б - накатування

Накатування різі може здійснюватися на спеціальних різенакатувальних верстатах плоскими плашками (див. рис. 5, а) або накатними роликками (рис. 5, б-г).

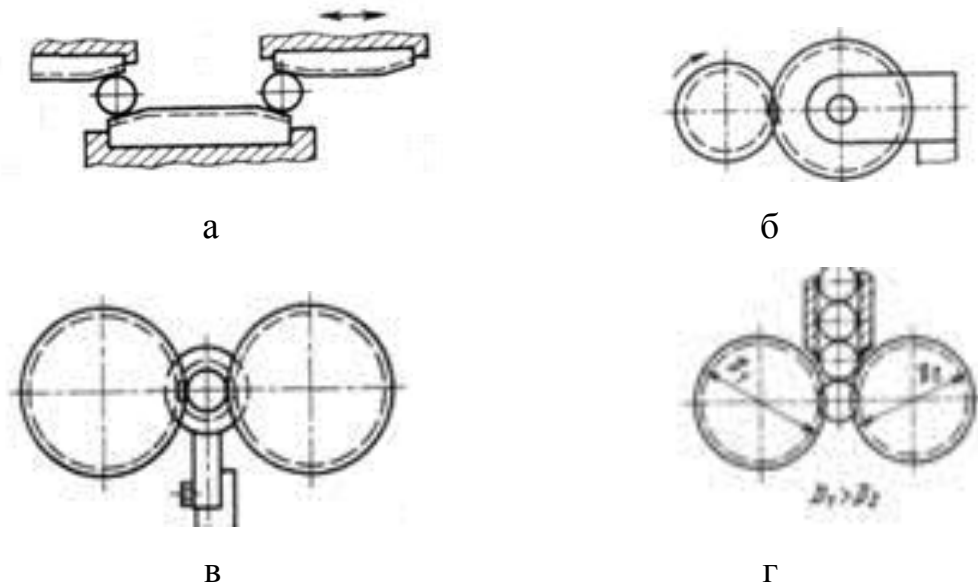


Рис. 5. Схеми накатування різі

При використанні плоских плашок заготовка прокочується між нерухомою та рухомою плашками зі швидкістю 15-20 м/хв.

Спосіб дозволяє виготовляти різі розміром від 2 до 25 мм, довжиною до 125 мм 5-6-го ступенів точності при шорсткості поверхні Ra (0,32-1,25) мкм.

Накатування за допомогою роликів використовують для виготовлення різі розміром від 0,3 до 150 мм.

Кількість роликів може бути від 1 до 3. Накатування може здійснюватися як з радіальною подачею роликів, так і з поздовжньою.

У деяких схемах накатування з поздовжньою подачею довжина різі практично не обмежується. Швидкість накатування різі роликами знаходиться у межах 25-120 м/хв. Спосіб забезпечує 4-5-й ступінь точності при шорсткості поверхні Ra (0,32-1,25) мкм.

Спосіб використовують в умовах великосерійного та масового виробництв.

Для накатування різі в отворах використовують безстружкові мітчики-розкатники, які не мають різальних кромek (див. рис. 6).

Розкатник має забірну та калібрувальну частини. По всій довжині розкатника виконане огранювання профілю під кутом 120° для зменшення сил тертя під час роботи.

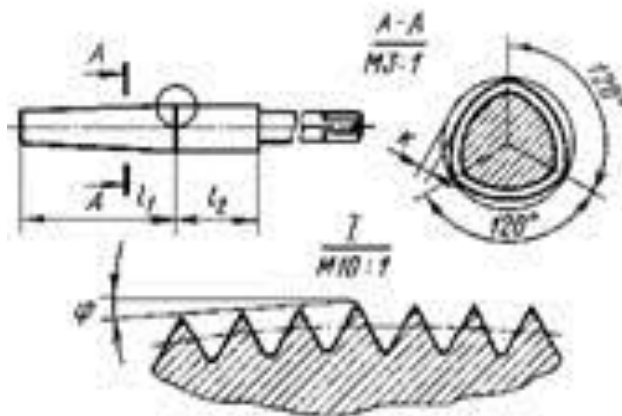


Рис. 6. Безстружковий мітчик-розкатник

Для різі із кроком більше 2 мм перед розкатуванням виконують її попередню обробку лезовими способами.

Накатування шліців невеликих розмірів в умовах дрібносерійного виробництва можна виконувати на токарних верстатах роликком, що має відповідний профіль (див. рис. 7, а).

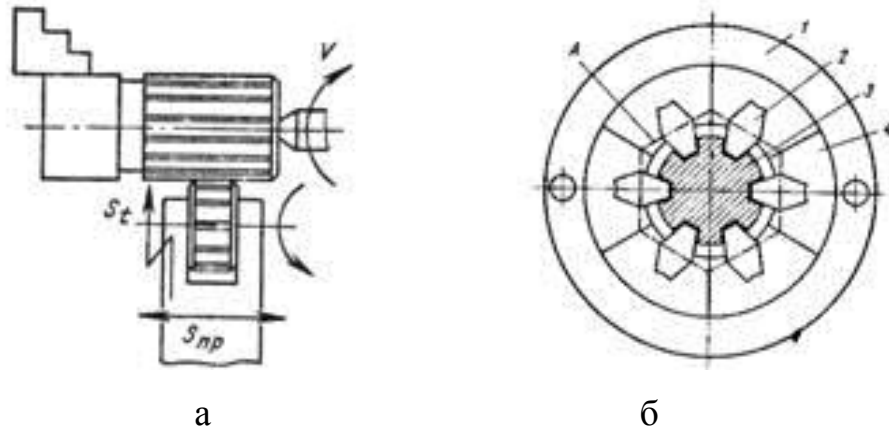


Рис. 7. Схеми накатування шліців

У великосерійному та масовому виробництві використовують більш продуктивні схеми, при яких роликами 2, встановленими у корпусі 1, одночасно формують на заготовці 3 профіль усіх канавок шліців (див. рис. 7, б).

Швидкість роликів знаходиться у межах 10-20 м/хв.

Спосіб дозволяє досягати точність кроку шліців до 0,04 мм при відхиленні від прямолінійності не більше 0,04 мм на 100 мм довжини шліців.

Накатування зубчастих коліс у 15-20 разів продуктивніше за виготовлення коліс методами різання.

Накатують як циліндричні колеса з прямим, косим та шевронним зубом, так і конічні колеса.

Зубці коліс з модулем до 1 мм накатують у холодному стані, а більших - у гарячому або у комбінованому (гаряче-холодному стані).

Принципова схема накатування зубчастого колеса у гарячому стані показана на рис. 8.



Заготовка 3, встановлена на оправці 2, вимушено обертається між зубчастим 4 та гладким 1 колесами. Гладке колесо попереджує витікання металу з периферії заготовки, а реборди на зубчастому колесі 4 не дають утворюватися дефектам на торцевих поверхнях заготовки. Нагрівання заготовки до температури 1000-12000С забезпечує індуктор струму високої частоти 5.

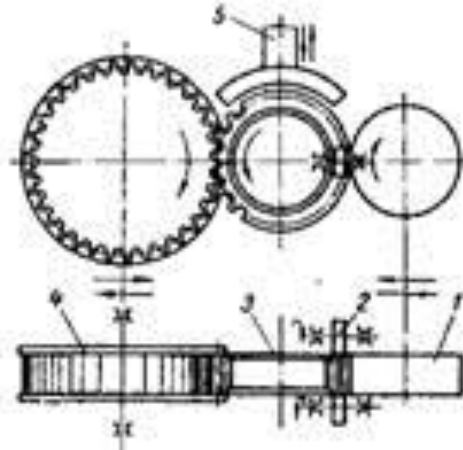


Рис. 8. Накатування зубчастого колеса

Холодне накатування забезпечує точність зубців 6-8-го ступенів, а гаряче накатування – 8-9-го при шорсткості поверхні Ra (0,32-1,25) мкм та Ra (1,25-6,3) мкм відповідно.

Накатування зубчастих коліс здійснюють в умовах великосерійного та масового виробництва на спеціальних установках.

Завершальна обробка накатаних коліс передбачає обробку центрального отвору та торцевих поверхонь.

Накатування рифлень, клейм та знаків на окремих елементах деталей виконують накатуванням у холодному стані.

Рифлення можуть бути накатані на токарному верстаті роликми з певним профілем накатки, встановленими у спеціальну державку (див. рис. 9).

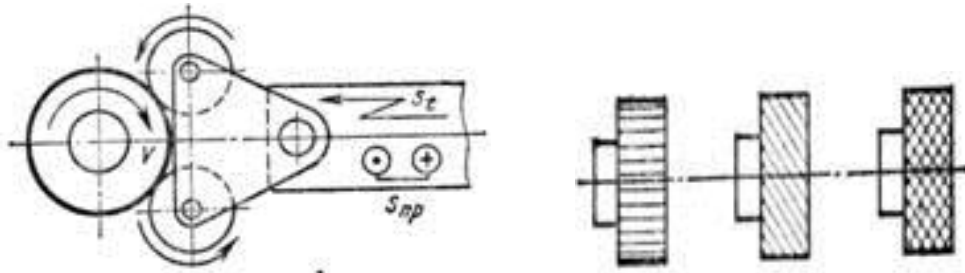


Рис. 9. Державка з роликами та види рифлень

Обробку прямих та косих рифлень виконують одним роликом, а сітчастих – двома з протилежним напрямком рифлень.

Накатування клейм та знаків в умовах великосерійного та масового виробництва здійснюють на спеціальних установках (див. рис. 10).

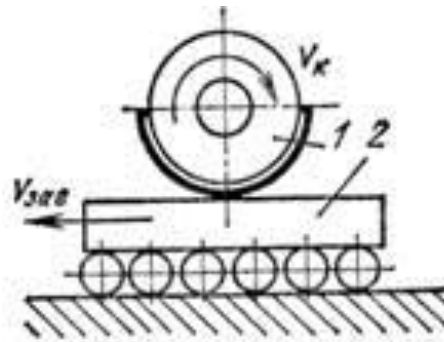


Рис. 10. Схема нанесення на поверхню клейма

На накатнику 1 розміщена негативно виступаюча форма клейма. Заготовку 2, встановлену на пристрої з роликами, переміщують повз накатник, який переносить клеймо на її поверхню.

Аналогічна схема може бути реалізована і для круглих заготовок.

Рифлення та клейма можуть бути нанесені і на спеціальних верстатах.

### Література

1. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев. – Киев : Наукова думка, 1995. – 256 с.
2. Бутаков Б.И. Жесткость системы станок – инструмент – деталь при обкатывании деталей роликами / Б.И. Бутаков, А.В. Зубехина / Вісник

аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв : МДАУ, 2008. – Випуск 4 (47) – С. 193 – 205.

3. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: Навчально-методичний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2004. - 98 с.

4. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.

Исследования и разработка технологии и устройств для восстановления стальных деталей поверхностным пластическим деформированием. Е.В. Прокопчук, В.И. Гавриш, Д.Д. Марченко

*В статье приведены исследования и разработка технологии и устройств для восстановления стальных деталей поверхностным пластическим деформированием. Было предложено технологию восстановления стальных деталей с помощью поверхностного пластического деформирования, что позволило повысить их долговечность.*

Research and development of technologies and devices for the recovery of steel parts by surface plastic deformation. E.V. Prokopchuk, V.I. Gavrish, D.D. Marchenko

*The article presents the research and development of technologies and devices for the recovery of steel parts by surface plastic deformation. It was suggested that the technology recovery of steel parts by surface plastic deformation, thus improving their durability.*