

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №2

«Дослідження методів підвищення зносостійкості деталей шляхом пластичного деформування поверхні та твердого точіння» з дисципліни «Спеціальні методи підвищення зносостійкості деталей машин» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 2
«Дослідження методів підвищення зносостійкості деталей шляхом
пластичного деформування поверхні та твердого точіння» з
дисципліни «Спеціальні методи підвищення зносостійкості деталей
машин» для студентів освітньої програми «Відновлення та
підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання
/ Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. -
18 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 4 від 25.10.2018

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 3 від 13.11.2018

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ	14
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ	15
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	16
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ..	17
7 ЗМІСТ ЗВІТУ.....	17
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	18

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідження методів та режимів зміцнення поверхонь деталей деформуванням та твердим точінням.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Одним із способів істотного підвищення твердості поверхонь тертя є збільшення щільності дислокацій в металі. З цією метою застосовують кілька способів. Розглянемо два з них: поверхневе пластичне деформування і тверде точіння.

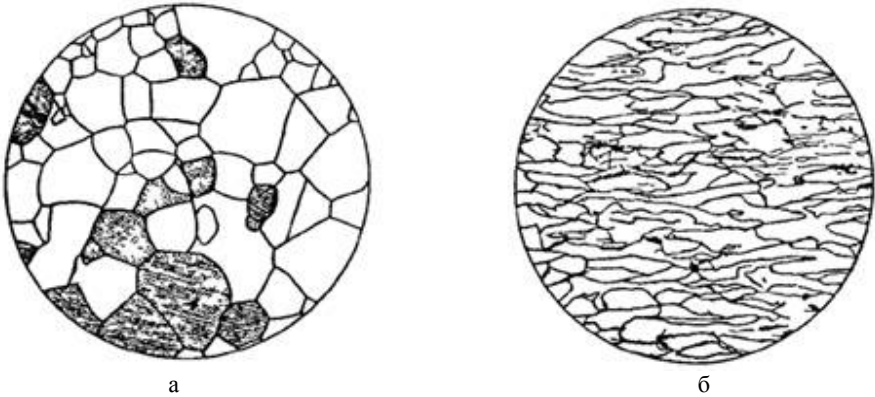
Зміцнення деталей пластичним деформуванням поверхні застосовують в основному для підвищення її втомної міцності, контактної витривалості і зносостійкості. Поверхневе пластичне деформування (ППД) це спосіб обробки деталей без зняття стружки шляхом деформації мікронерівностей і мікродефектів прилеглих до поверхні шарів матеріалу. Істотне значення при цьому має і досягнення більш високих класів шорсткості поверхні деталей. Тому деталі, оброблені пластичним деформуванням поверхні, мають більш високу несучу здатність, ніж деталі, не піддані цьому виду зміцнюючої обробки.

Зміцнення металу під дією холодної пластичної деформації називається наклепом, або нагартуванням. При цьому змінюється структура металу: деформуються зерна (рис.2.1).

В наклепаному шарі збільшується щільність дефектів кристалічної решітки, змінюється форма і орієнтація зерен, з рівновісних вони перетворюються в нерівновісні, явно виражена текстура деформації (зерна витягуються в бік дії максимальних напружень, які є розтягуючими)

Поверхневе пластичне деформування може виконуватись багатьма способами. Їх умовно розділяють на статичні та ударної дії (рис 2.2).

Основні види поверхневого зміцнення пластичним деформуванням схематично показані на рис. 2.3.



а - до деформації; б - після деформації
Рисунок 2.1 - Вплив ППД на мікроструктуру металу

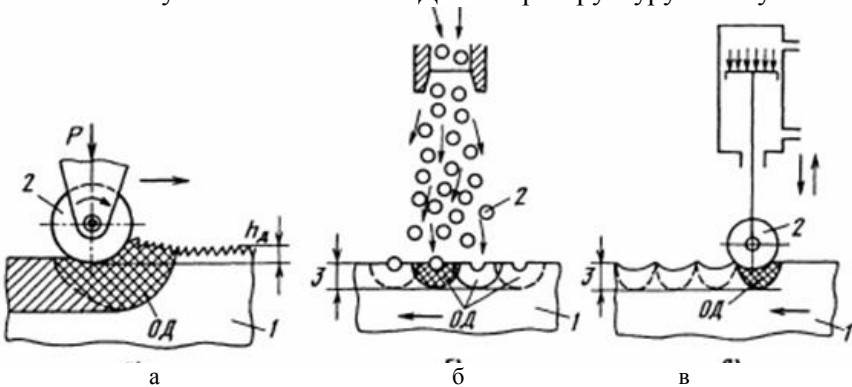


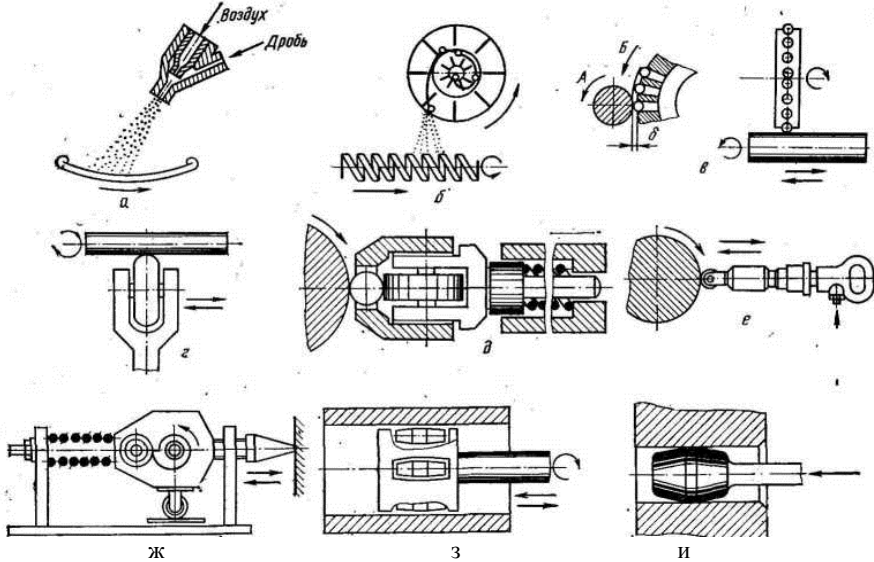
Рисунок 2.2 - Схеми статичного (а), ударного (б) і (в) ППД

Найбільш поширеним способом зміцнення пластичним деформуванням поверхні є обкатування деталей роликами.

Для цього застосовуються одно- або трироликові обкатні пристрої (рис 2.4). Перший значно простішої конструкції. Включає корпус 1, силову пружину 2, шток з роликовим корпусом в зборі 3 та змінний ролик 4.

Трироликовий обкатний пристрій складається із гвинта 1, коромисла 2, роликів 3 і 4, корпусу 5, пружин 6 і динамометра 7. При обертанні маховика, закріпленого на гвинті 1, відбувається стиснення пружин 6 і ролик 3 притискається до деталі. У зв'язку з тим, що корпус пристосування 5 має можливість самовстановлюватись щодо деталі, одночасно з роликом 3 до деталі притискаються і ролики 4, а

всі зусилля обкатки сприймаються корпусом 5 і не передаються на верстат. Величина притиску роликів встановлюється по динамометру.



а - пневматичний наклеп дробом; б - механічний наклеп дробом; в - відцентрово-кульковий наклеп; г - обкатка роликами; д - обкатка кульками; е - обкатка вібруючим роликом; ж - наклеп механічної карбування; з - розкочування отворів роликами; и - дорновання

Рисунок 2.3 - Схеми основних видів зміцнення пластичним деформуванням поверхні.

Відомі пристосування (рис. 2.5) для поверхнево-пластичного зміцнення робочих поверхонь деталей машин, яке може бути використане для забезпечення наклепаного зміцненого поверхневого шару і необхідної шорсткості поверхонь, що працюють в умовах підвищеного контактного тертя, або деталей, що мають конструктивні концентратори напружень. Застосування даного пристрою підвищує залишкові напруження на поверхні деталі, які є стискаючими і забезпечують збільшення глибини зміцненого шару за рахунок появи в приповерхневих шарах ще й напруження зрізу, що в свою чергу призводить до підвищення довговічності роботи деталей і механізмів. Зазначене досягається за рахунок схрещування осі ролика, яким виконується накатування.

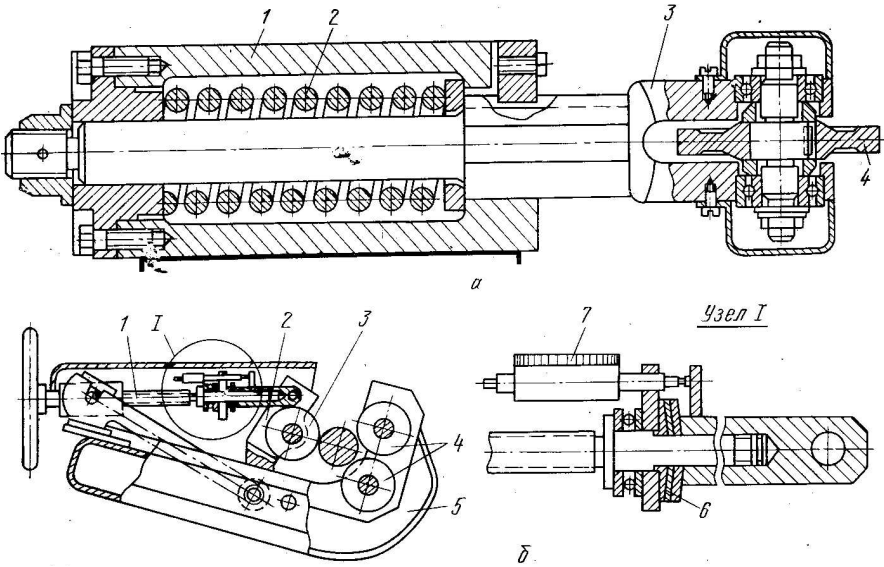


Рисунок 2.4 - Конструкція одно-роликового (а) і три-роликового (б) пристрою.

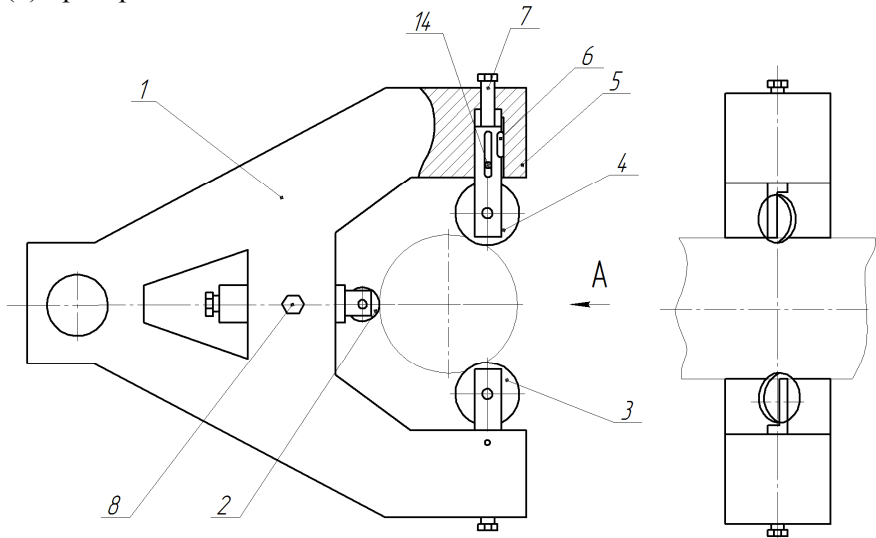


Рисунок 2.5 - Пристосування для поверхнево-пластичної деформації робочих поверхонь деталей машин

Пристрій працює наступним чином: два ролики, які зміцнюють

3 і 4, встановлені в корпусі 1 пристрою паралельно один одному зі схрещеними осями. Кут схрещування вибирається залежно від марки сталі оброблюваної деталі. Ролики, які зміцнюють, встановлюються в державки 5, які фіксуються в корпусі 1 за допомогою шпонки 6. Виліт державок 5 регулюється гвинтами 7 і фіксується стопорними гвинтами 14. Силовий ролик 2 складається з державки 13, встановленої в стакан 12 і фіксується шпонкою 11. Зусилля на силовому ролику 2 забезпечується за допомогою пружини 12, яке регулюється гвинтом 9. Силовий ролик 2 встановлюється під кутом 90° в корпус 1 пристрою щодо осі двох паралельних роликів 3 і 4. Виліт силового ролика 2 регулюється за допомогою гвинта 8.

Ступінь деформаційного зміцнення металу визначається збільшенням твердості. Для кожного матеріалу є таке значення накопиченої деформації, перевищення якого практично не призводить до подальшого зміцнення металу (рис. 2.6). Більш того, при надмірному збільшенні відбудеться сильне зниження ресурсу пластичності металу і, як наслідок, зниження експлуатаційних характеристик деталі.

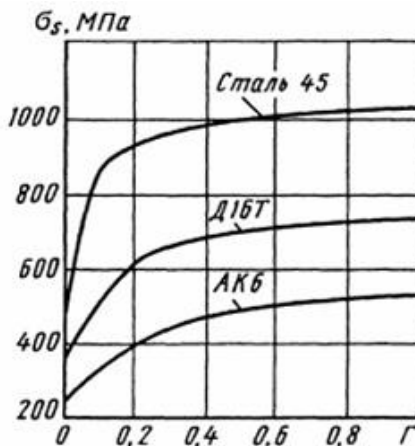


Рисунок 2.6 - Криві зміцнення

Ступінь деформаційного зміцнення металу і контактні напруження залежать від накопиченої деформації та кривої зміцнення даного металу. Контактні напруження відповідно до кривої зміцнення металу після досягнення певного значення ступеня деформації стабілізуються, наближаючись за своєю величиною до твердості

металу НВ.

До статичних методів ППД відносяться також: накочення, вигладжування, дорнування (деформуюче протягування), поверхневе редукування.

Накочення підрозділяється на обкатування, тобто накочення вала опуклої, або плоскої поверхні, і розкочування - накочення отвору або увігнутою поверхні. Для накочування застосовують стандартні кульки або ролики різної конструкції і профілю, виготовлені із сталей ШХ15, 18ХВГ, 8Х4В9Ф2, Р18, Р6М5 та ін., твердістю 60 ... 62 HRC. Попередня обробка - точіння, розточування, фрезерування або шліфування. Твердість деталі не більше 45 HRC. Найпростіші одно-роликові або одно-кульові накатні пристосування забезпечені пружним елементом для підтримки сталості сили накочування. Ці пристосування встановлюють в різцетримачах металообробних верстатів, в тому числі з ЧПУ.

Для чистової обробки в масовому і серійному виробництвах широко використовують багато-роликові інструменти, в яких ролики (або кульки) встановлюють в сепараторі.

Вигладжування - метод ППД, здійснюваний при ковзанні інструменту по поверхні матеріалу, що деформується. Як інструмент для вигладжування застосовують наконечники різної форми. Матеріал наконечника - алмаз або надтверді синтетичні матеріали. Найбільш часто в машинобудуванні використовують процес алмазного вигладжування (АВ). Відмінністю алмазного вигладжування від накочування є висока твердість і малий профільний радіус деформуючих інструментів (0,5 ... 4 мм). Це дозволяє здійснювати локальне деформування поверхневого шару з малими силами. У зв'язку з цим раціональна область використання алмазного вигладжування - обробка загартованих деталей, надтвердих покриттів або деталей, що мають малу жорсткість. Для АВ застосовують, як правило, пружні державки, що встановлюються на універсальні або спеціальні металообробні верстати.

Основними технологічними факторами накочування і вигладжування є сила деформування P , подача S і профільний радіус інструменту R . Швидкість накочування і вигладжування мало впливає на параметри зміцнення і вибирається в діапазоні 30-150 мм/хв. Малі швидкості знижують продуктивність обробки, а великі призводять до підвищення температури поверхневого шару і, як наслідок, - до

зниження зміцнення.

Вібронакочування - це рельєфоутворююча обробка, здійснювана сталевими загартованими кульками з накладенням на інструмент додаткових коливальних рухів для отримання на оброблюваних поверхнях регулярних мікрорельєфів.

Залежно від траєкторії руху інструменту на поверхні деталі утворюються канавки різного рисунка. При використанні в якості інструменту алмазних вигладжувателів процес називають вібровигладжуванням.

Основне призначення вібронакочування - підвищення задиристійкості, поліпшення припрацьовуємості, зменшення моменту зрушування, підвищення нанесення декоративного рельєфу, збільшення жорсткості листових матеріалів та ін.

Вібронакочування здійснюється на металообробних верстатах, переважно токарних. Осциляційний рух створюється пристроями різних видів.

Існує велика кількість типів пристроїв для вібронакочування, які відрізняються траєкторією руху інструмента (ексцентричне обертання, складний рух і т.д.) і характером приводу вібратора (механічний, електромагнітний, гідравлічний і т.д.).

Нанесення мікрорельєфу можливо також іншими методами: накочуванням фасонними роликками, регулярними ударами і ін.

Керуючі параметри вібронакочування: сила J_P , амплітуда коливань інструменту A , частота подвійних ходів інструменту N , радіус кулі, або радіус алмазного вигладжувача, частота обертання деталі Π і подача S призначаються за заданими характеристиками мікрорельєфу: виду рельєфу, ширині b і глибині h канавок, відносної сумарної площі канавок F . Силу обробки вибирають в основному виходячи з глибини канавок, заданої для певного радіусу інструменту.

Радіус інструменту (1 - 15 мм) вибирають в залежності від ширини і глибини канавок, жорсткості деталі і твердості оброблюваного матеріалу. Оптимальна площа канавок $F = 35 \dots 45\%$ від номінальної.

Амплітуду коливань інструменту призначають в діапазоні $a = 0 - 4$ мм; частоту коливань $N = 900-3000$ двійних ход / хв. Величини Π і S призначають виходячи із заданого малюнка мікрорельєфу і можливостей верстата. Накочування і вигладжування істотно підвищують конструкційну міцність деталей.

Дорнування – ефективний метод калібрування і оздоблення внутрішніх поверхонь деталей машин. Інструмент рухається в отворі з натягом. Він є основним технологічним параметром процесу. Процес виконується за один або декілька проходів інструмента. Калібрування підвищує точність отвору і забезпечує високу якість поверхні. Товщина зміцненого шару при дорнуванні регулюється натягом, тобто різницею діаметрів дорна і отвору деталі.

Тверде точіння - перспективний вид обробки тіл обертання який швидко розвивається і часто є економічно доцільнішою альтернативою шліфуванню. Нові інструментальні матеріали, технології та конструкції верстатів дозволяють все ширше впроваджувати цей процес у виробництво. Основними перевагами твердого точіння перед шліфуванням є збільшення економічності процесу, яке визначається наступними факторами:

- знімання матеріалу при твердому точінні в три рази менше, ніж при шліфуванні;
- точність обробки ідентична як при твердому точінні, так і при шліфуванні;
- час обробки при твердому точінні в кілька разів менше ніж при шліфуванні;
- механічна обробка різанням (МОР) не застосовується;
- процес твердого точіння відбувається на тому ж верстаті, на якому здійснюється і звичайна токарна обробка незагартованих деталей, що теж підвищує гнучкість і універсальність процесу;
- дешевший процес утилізації стружки в порівнянні з відходами після шліфування.

Але поряд з перевагами, яке дає тверде точіння, воно має і низку недоліків. Вплив механічних і теплових процесів в зоні різання приводить до виникнення таких недоліків, пов'язаних із зносом інструменту по задній поверхні:

- збільшення пасивних зусиль різання;
- погіршення якості обробленої поверхні.

Як показали експерименти, при твердому точінні спостерігається залежність шорсткості обробленої поверхні від зносу інструментального матеріалу (рис. 2.7).

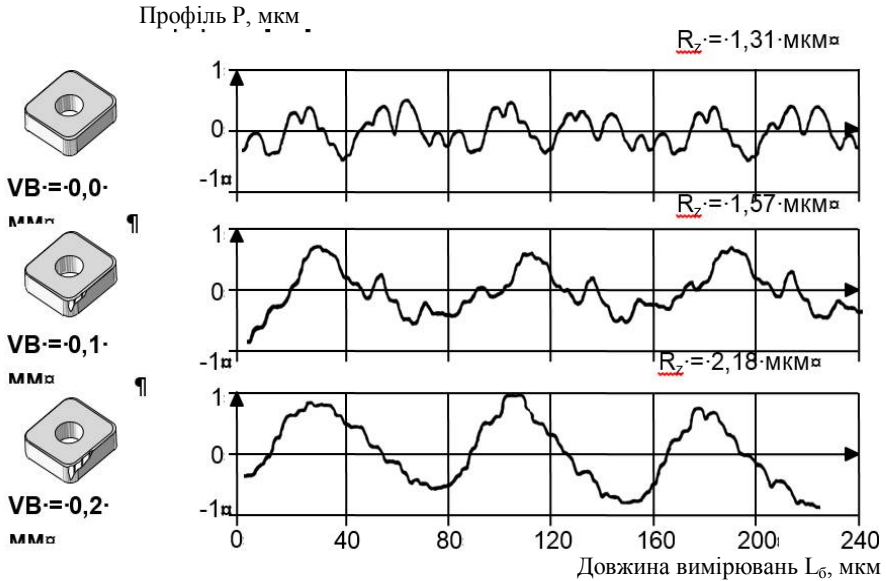


Рисунок 2.7 - Профіль поверхні в залежності від зносу при твердому точінні

З ростом зносу по задній поверхні пластини відбувається збільшення шорсткості обробленої поверхні.

Другою проблемою твердого точіння в поверхневому шарі є те що в ньому виникають залишкові напруги і зони зі зміненою твердістю і структурою - так званий «білий шар». Це наслідок високих температур і швидкого охолодження матеріалу близько зони різання. Основним фактором, що визначає утворення білого шару, є знос по задній поверхні, внаслідок якого відбувається зростання температур в зоні різання. Структурно білий шар - це невідпущений мартенсит і залишковий аустеніт. Причини появи білих шарів і впливу, який вони чинять на оброблений матеріал, не ясні до кінця. Деякі дослідження показали, що використання охолодження допомагає позбутися від білих шарів, хоча інші експерименти свідчать, що застосування МОР не дає ефекту, а призводить до погіршення якості поверхні деталі і до зниження стійкості інструменту. Це говорить про те, що стан інструменту впливає на утворення білих шарів. Нові інструментальні матеріали більш пристосовані до утворення непошкоджених поверхонь без білих шарів, але зі збільшенням зносу інструменту ця

проблема з'являється знову. Це може бути викликано впливом тепла, що виникає від тертя на поверхні зносу, або з високими пластичними деформаціями, викликаними зростанням тепла. Рішенням проблеми білих шарів є зміцнююче накатання. Цей метод обробки дозволяє створити напруження в поверхневому шарі, які стискають, підвищити твердість граничного шару і поліпшити шорсткість.

Завдання зміцнюючого накатування:

- підвищення втомної міцності деталей, що зазнають знакозмінні навантаження;
- виключення розвитку корозії в місцях виникнення тріщин.

Функціональний принцип процесу полягає в комбінації трьох фізичних ефектів: виникнення стискаючих напружень в граничному шарі; виникнення наклепу; вигладжування, тобто ліквідація мікронерівностей. Велика частка напружень, що стискають виникає в процесі накатування і залишається після його закінчення. Цей метод обробки дозволяє створити напруження, в поверхневому шарі які стискають, підвищити твердість граничного шару і поліпшити шорсткість. Таким чином обидва способи доповнюють один одного і їх доцільно використовувати комбіновано. Для зміцнюючого накатування можна використовувати гідростатичний «кульковий» інструмент (рис. 2.8).

Мікродеформування поверхні здійснюється керамічною кулькою зі спеціально обробленою поверхнею. Кулька притискається до поверхні заготовки тиском рідини, плаваючи в ній і маючи можливість обертатися в будь-якому напрямку. Інструмент, в якому встановлена кулька, забезпечує автоматичне постійне поповнення рідини та її подачу під певним тиском. Хід системи поповнення компенсує не тільки допуски заготовки і помилки позиціонування, але і відхилення контуру заготовки в напрямку подачі.

В результаті впливу кульки у вершинах профілю утворюються напруження, що стискають, які пластично деформують поверхневий шар деталі.

Матеріал з вершин профілю переміщується в радіальному напрямку назовні в зони низьких напруг, що стискають і заповнює западини. Причому вершини деформуються не загинаючись в западини, а як би «перетікають» до них.

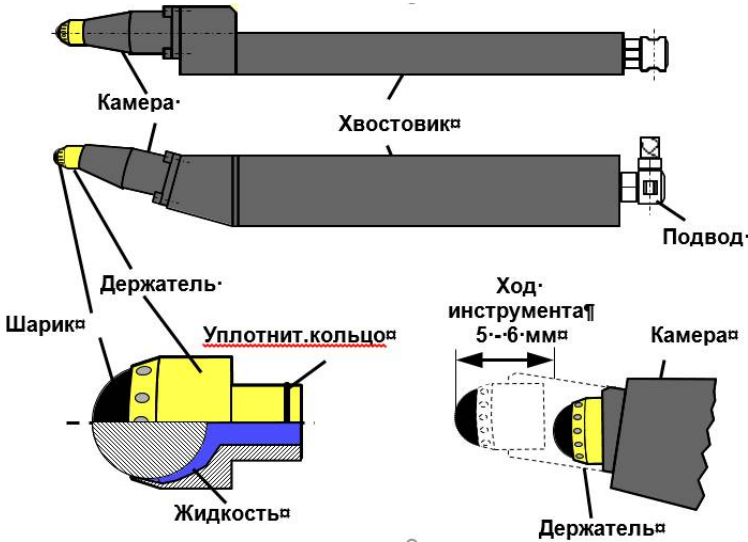


Рисунок 2.8 - Інструмент для зміцнюючого накатування

Як приклад раціональності поєднання твердого точіння і зміцнюючого накатування можна привести наступне. Проводилось тверде точіння сталі ШХ15 (60 HRC). Після цієї операції досягалася шорсткість $R_a = 0,27$ мкм, максимальні стискаючі напруги близько 450 Н/мм^2 на глибині 30 мкм. Після зміцнюючого накатування шорсткість знизилася вдвічі (до $R_a = 0,13$ мкм), напруги, що стискають досягли 1650 Н/мм^2 і поширилися на глибину близько 200 мкм, причому твердість поверхневого шару зросла на 3 одиниці - до 63 HRC

3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Чим обумовлена необхідність поверхневого зміцнення деталей деформуванням?
2. В чому полягає механізм зміцнення?
3. Які методи поверхневого зміцнення шляхом деформування вам відомі?
4. Як впливає поверхнева пластична деформація на

мікроструктуру металу?

5. Який спосіб ППД є найбільш поширеним?
6. Як умовно розділяють способи ППД за рівнем динамічності?
7. Які бувають роликові пристрої для обкатки деталей? Переваги і недоліки.
8. За яким критерієм визначається ступінь деформаційного зміцнення металу після ППД?
9. Схематично зобразіть характер кривих зміцнення в залежності від ступені деформації зсуву поверхневого шару.
10. Охарактеризуйте процес накопчення.
11. Який інструмент в основному застосовують для накопчення?
12. Охарактеризуйте процес ППД вигладжуванням.
13. Раціональна область використання алмазного вигладжування?
14. Який інструмент застосовують для вигладжування?
15. Яка область використання алмазного вигладжування є раціональною?
16. Які технологічні фактори є основними при накопченні і вигладжуванні?
17. Який процес обробки металу може бути економічно доцільнішою альтернативою шліфуванню?
18. Назвіть переваги твердого точіння перед шліфуванням і якими факторами вони визначаються?
19. Які недоліки твердого точіння?
20. Що представляє собою структура «білий шар», яка виникає при твердому точінні, причини її утворення?
21. Яким способом можна вирішити проблему білих шарів?
22. Що представляє собою процес вібронакочування?
23. Яке основне призначення вібронакочування?
24. На якому обладнанні здійснюється вібронакочування?
25. Які параметри є керуючими при вібронакочуванні?
26. Що представляє собою процес дорнування?
27. Як регулюється товщина зміцненого шару при дорнуванні?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ,

ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки для дослідження процесу поверхневого деформування обкаткою і твердим точінням на токарному верстаті і зразки для випробувань на лабораторному стенді при зворотно-поступальному русі.
2. Інструмент для обкатки і для твердого точіння.
3. Інструмент для випробувань на лабораторному стенді.
4. Прилад для замірів твердості за Віккерсом.
5. Прилад ПМТ-3 з вебкамою.
6. Лабораторний стенд для випробувань на опір зношуванню.
7. Комп'ютер.
8. Мікроскоп NU-2.
9. Токарний верстат.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Верстати і прилади, які використовуються при виконанні даної роботи підключаються до мережі змінного струму напругою 380 і 220 В. Тому існує небезпека ураження електричним струмом, а також травмування зразком при його поліруванні або шліфуванні. Для попередження нещасних випадків, а також пошкодження приладів і обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки:

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу з техніки безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.
2. Включати прилади тільки за вказівкою викладача або лаборанта.
3. Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням викладача або лаборанта.
4. Переконатися в надійності заземлення верстата, електроізоляції кабелю і проводів.
5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.

6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.
7. Працювати на верстаті із застебнутими манжетами рукавів.
8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.
9. Виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб.
10. Після закінчення роботи вимкнути обладнання і привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Закріпити зразок в патроні токарного верстата.
2. Послідовно провести тверде точіння і обкатку поверхні.
3. Закріпити зразок на лабораторному стенді.
4. Провести поверхнєве деформування зразка при його зворотно-поступальному русі.
5. Визначити твердість за Віккерсом і мікротвердість деформованої і недеформованої поверхні.
6. Проаналізувати стан деформованої поверхні під мікроскопом.
7. Скласти звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.
2. Коротко основні відомості з даної тематики. Обґрунтування необхідності використання комбінованого способу і показати в яких випадках поверхнєве деформування має переваги перед іншими способами зміцнення поверхні.
3. Привести характеристики матеріалів, які досліджуються.
4. Привести методiku досліджень, ілюструючи фотографіями і схемами.
5. Привести результати досліджень і дати їм пояснення.

6. Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1 Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. – М.: Металлургия, 1981. – 648 с.

2. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.

3 Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие / Т.Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009.- 64с.- ISBN – 5-9616-0315-4.

4. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

5 Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 656 с.