

УДК 621.43

А.А. Дудніков, І.А. Дудніков, В.В. Дудник, О.В. Горбенко, А.О. Келемеш
Полтавська державна аграрна академія

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

У роботі розглянуті питання впливу пластичного деформування на міцнісні характеристики оброблюваного матеріалу деталей.

Ключові слова: довговічність, деталь, пластичне деформування, зміцнення, напруга стиску.

Форм. 1. Рис. 3. Літ. 7

А.А. Дудников, И.А. Дудников, В.В. Дудник, О.В. Горбенко, А.А. Келемеш
УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

В работе рассмотрены вопросы влияния пластического деформирования на прочностные характеристики обрабатываемого материала деталей.

Ключевые слова: долговечность, деталь, пластическое деформирование, упрочнение, напряжения сжатия.

A.A. Dudnikov, I.A. Dudnikov, V.V. Dudnik, O.V. Gorbenko, A.A. Kelemesh
SLIMMING OF SURFACE LAYER DETAILS BY METHOD PLASTIC DEFORMATION

In the work the questions of the effect of plastic deformation on the strength characteristics of the machined material of the parts are considered.

Key words: durability, detail, plastic deformation, hardening, compressive stresses.

Постановка проблеми. Довговічність агрегатів та з'єднань машин регламентуються надійністю пар тертя, працездатність яких обумовлюється зносостійкістю їх матеріалу. Особливим чином проявляється вплив зносостійкості на довговічність з'єднань, де пари тертя, працюють у важких умовах.

Довговічність деталей пар тертя забезпечується застосуванням зміцнювальних технологічних процесів, серед яких провідне місце належить зміцнення цих деталей поверхневим пластичним деформуванням. Підвищення зносостійкості та забезпечення в матеріалі деталей залишкових напружень стиску при зміцненні їх робочих поверхонь дають підстави для його широкого застосування. Поверхнєве пластичне деформування сприяє підвищенню рівня фізико-механічних характеристик матеріалу поверхневих шарів деталей до рівня вимог експлуатації.

Тому, актуальним залишається дослідження спрямовані на вдосконалення відомих та розроблення нових технологічних процесів зміцнення поверхонь пар тертя, які б забезпечили високий рівень їх експлуатаційних властивостей.

Аналіз останніх досліджень: У багатьох випадках довговічність і надійність деталей, механізмів, матеріалів значною мірою визначається станом поверхневого шару. Особливо слід зазначити роль поверхні в процесах пластичної деформації [1].

Знаючи кінематику і закономірність деформування мікропластичної деформації можна використовувати результати досліджень для вдосконалення й створення нових технологій зміцнення поверхні. Ряд робіт [2, 3] присвячено дослідженню структури й будови поверхневого шару матеріалу при терті, що різко відрізняється від основи й значною мірою визначає зносостійкість.

У роботі [4], присвяченій проблемам міцності, визначається, що пружно-деформований стан контактної зони при терті дуже специфічний і відрізняється наступними особливостями: локалізацією деформації в найтонших поверхневих шарах, високою однорідністю (гомогенністю) пластичної деформації, що обумовлено наявністю високих тисків у зоні контакту.

Вплив деформації і зміцнення поверхневого шару оброблюваного матеріалу на величину сил тертя аналізується в роботі [5].

Одним з основних показників, що характеризують якість поверхневого шару, є шорсткість поверхні, від якої в значній мірі залежить: зношування, деформації, корозійна стійкість, міцність, концентрація напружень.

Найбільш прогресивний напрямок для підвищення експлуатаційних властивостей деталей полягає в комбінованому використанні зміцнюючої технології, що дозволяє в найбільш повній мірі задовольнити запити практики. Як правило, поверхнєве пластичне деформування (ППД) є

невід'ємною частиною комбінованого зміцнення.

Вивченню процесів ППД, їхнього впливу на стан поверхневих шарів і експлуатаційні властивості виробів присвячені роботи Б.П. Костецкого, Б.В. Дерягина, М.І. Чорновола, М.В. Молодика та інших авторів, які дають різноманітні рекомендації по визначенню параметрів обробки у нагрітому стані.

У роботі [7] визначається, що дотепер немає єдиної теорії процесів пластичного деформування і зміцнення.

Поверхнєве пластичне деформування є технологічно простим і ефективним методом поліпшення властивостей поверхневого шару деталей. Застосування ППД дозволяє при мінімальних витратах підвищити опір утоми, зносостійкості, одержувати мінімальну шорсткість поверхні, підвищувати припрацьовуваність.

Економічна ефективність зміцнення ППД створюється в основному більшим строком експлуатації і, як правило, скороченням витрат запасних частин, заміною дорогих легованих сталей більш дешевими, зменшенням витрат металу й зниженням ваги машин.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є підвищення характеристик металу в поверхневих шарах за рахунок поверхневого пластичного деформування. Для виконання поставленої мети були сформовані наступні завдання:

- розрахувати оптимальні технологічні параметри режиму зміцнюючої обробки з метою підвищення зносостійкості деталей;

- визначити рівень залишкових напружень у поверхневих шарах деталей після ППД.

Виклад основного матеріалу. Оптимальним режимом поверхневого пластичного деформування є такий, котрий забезпечує максимальну витривалість матеріалу деталі в порівнянні з вихідним значенням.

Для матеріалу з даними фізико-механічними властивостями якість його обробки залежить від наступних головних факторів: глибини і фізичного стану пластичного деформованого шару, а також величини і розподілу залишкових стискаючих напружень у деталі після поверхневого пластичного деформування.

Ефективність зміцнення забезпечується наступними технологічними факторами: робочим навантаженням на ролик P , діаметра D_p ролика, поздовжньої подачі S , швидкості обкатування v та числа проходів N_{II} .

Звичайно обкатування доцільно виконувати за один прохід при швидкості $v \leq 100$ м/хв та подачі $S \leq 0,2$ в, де v – напівширина сліду ролика на поверхні, що оброблюють. Діаметр ролика D_p рекомендують приймати кратним діаметру вала D_B .

Таким чином, основними факторами оптимізації технологічного процесу ППД є робоче навантаження і профільний радіус ролика r , які забезпечують одержання бажаної глибини шару h_s і оптимальну інтенсивність деформації ε , обумовленої співвідношенням:

$$\varepsilon = \frac{h}{h_s}, \quad (1)$$

де h – залишковий зсув центра контакту зближення тіл.

Параметр контакту h_s характеризує механічний стан (зміцнення, залишкову напруженість, пластичність) пластичної області поверхневого шару деталі, підданої зміцненню:

$$h_s = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T} - 1,2\left(\frac{d}{2}\right)^2}, \quad (2)$$

де P – контактне навантаження;

σ_T – границя текучості матеріалу;

d – діаметр кругової площадки контакту.

Інтенсивність деформації, що виникає в зоні контакту двох тіл визначає запас пластичності матеріалу, а отже і довговічність деталі при контактному навантаженні. При контактному пластичному деформуванні поверхні деталі з метою її зміцнення інтенсивність деформації є одним з головних чинників ефективності технологічного процесу (рис. 1).

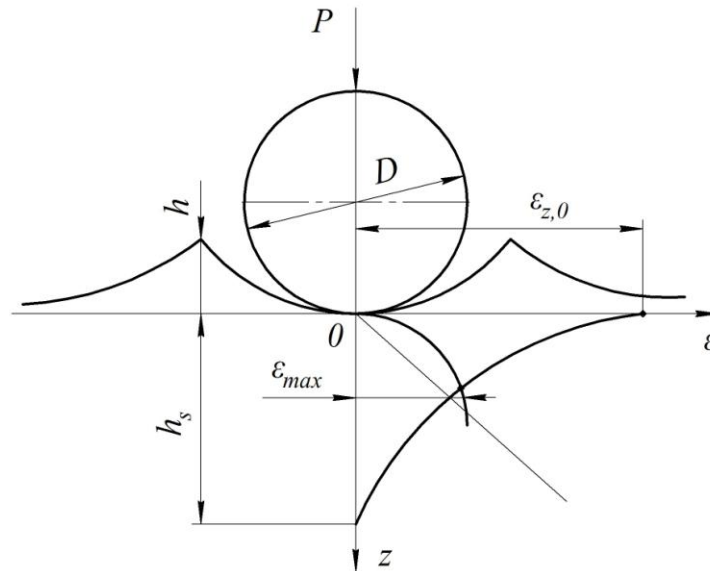


Рис. 1. Схема силового контакту інструмента з оброблюваною поверхнею

Передбачаємо, що тертя в контакті відсутнє, а по за контактом границя середовища є плоскою.

Характер залежності деформації осі переміщення від координати z визначається видом функції $v(z)$.

В загальному випадку зсув металу по вісі z дорівнює:

$$U_z = h e^{-v_z z} \quad (3)$$

У такий спосіб знаходимо осьову деформацію:

$$\varepsilon_z = -v_z h e^{-v_z z} \quad (4)$$

У випадках, коли деформація супроводжується значним тертям, максимальне значення ε_z має місце $z \approx h_s$.

Міцність більшої частини деталей визначається контактними напругами. Тому, дуже важливі питання вибору оптимальних режимів обробки.

Знаючи реальну картину експлуатаційних навантажень на деталь, можливо отримати в поверхневих шарах залишкові напруги стиску, які будуть перешкоджати утворенню розтягуючих напружень. Рівень напружень стиску залежить в основному від властивостей матеріалу і навантаження. Припускаємо, що одне з контактуючих тіл (обкатник) перебуває в пружному стані, а в другому (деталь) поверхневі шари в місці контакту з обкатником (індентором) перебувають в пружнопластичному стані.

При вдавлюванні пружного індентора в поверхню деталі в зоні контакту виникає залишкова вм'ятинна глибиною h і пластично деформована область h_s (рис. 2).

Величина h_s може бути знайдена з гіпотези пластичності Генки-Мизеса за умови $z = h_s$:

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 = 2\sigma_T \quad (5)$$

Слід зазначити, що визначення h_s може бути знайдено за формулою, отриманої Хейфецем:

$$h_s = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T}} \quad (6)$$

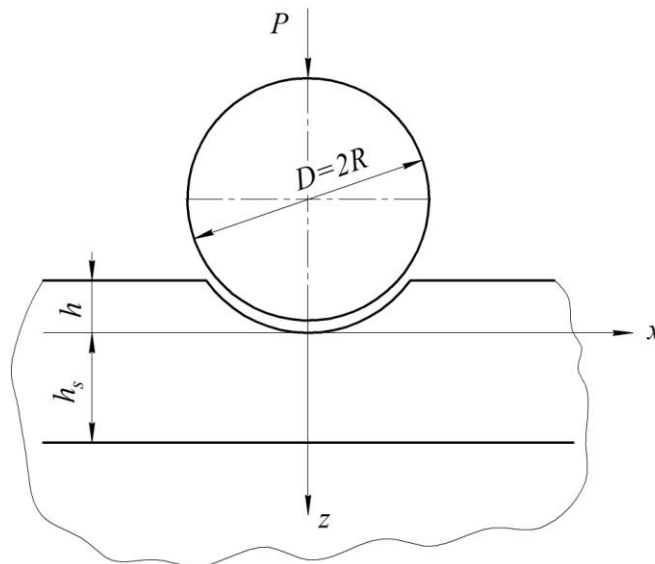


Рис. 2. Схема втиснення індентора в деталь

Величина h визначається за формулою:

$$h = \frac{P - P_0}{10\pi\sigma_T R}, \quad (7)$$

де P_0 – умовне критичне навантаження.

Відомо, що пластичне деформування надає руху дислокації, створює умови для появи мікродеформацій, що сприяє наклепу, який викликає збільшення обсягу поверхневих шарів металу. Цьому заважають нижчі менш наклепані шари, які перешкоджають деформації верхніх шарів. Це викликає появу залишкових напружень стиску, які визначаються за формулою:

$$\sigma_{сис} = E \cdot \varepsilon_x \quad (8)$$

Дане рівняння дозволяє визначити рівень залишкових напружень стиску при обкатуванні роликками.

При обробці тисненням, величина подачі повинна бути менша за діаметр відтиску деформуючого елемента на поверхні, що оброблюють, бо на ній залишаються не оброблені ділянки. На рис. 3 показана залежність шорсткості поверхні від подачі при розкоченні отвору з зусиллям 100 Н.

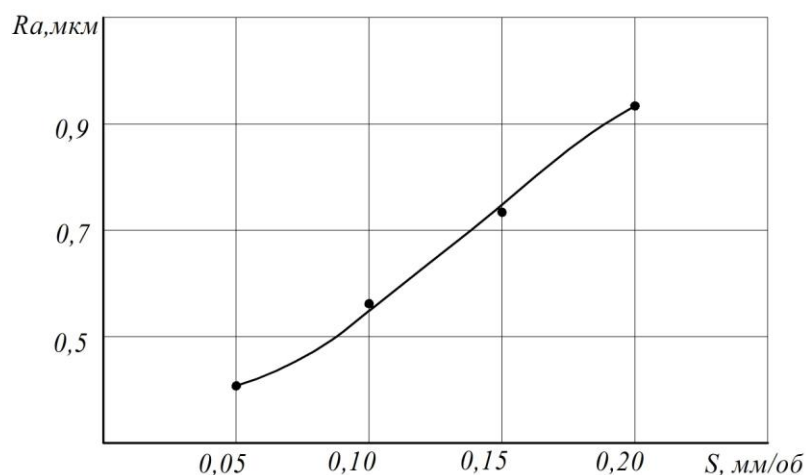


Рис. 3. Вплив подачі на шорсткість поверхні

При змінненні загальної подачі при пластичному деформуванні змінюється кінцева досягнута шорсткість поверхні.

Висновки. Пластичне деформування створює умови для появи мікродеформацій та дозволяє не тільки збільшувати якість обробки поверхні, але й надає можливість збільшення продуктивності технологічного процесу.

Список використаних джерел

1. Царенко О.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, М.В. Швайко та ін. –К.: Мета, 2003. – 448 с.
2. Гарбар И.И. О структуре и строении поверхностных слоев сопряженных материалов трущихся пар / И.И. Гарбар // Трение и износ – 1990. – Т. 2. – №4. – С. 581-593.
3. Chen L.H., Rignex D.A. //Wear. 1985. Vol. 105. P. 47-61/
4. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий. – К.: Техника, 1976. – 291 с.
5. Леванов А.Н. Связь напряжений граничного трения при обработке металлов давлением с контактными скольжениями и приконтактными деформациями / А.Н. Леванов, А.В. Выдрин, В.Л. Колмогоров // Трение и износ – 1986. – Т. 7. – №3. – С. 437-445.
6. Хусу А.П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Ю.Р. Виттэнберг, В.А. Польмов. – М.: Наука. 1975. – 344 с.
7. Макушок Е.М. теоретические основы процессов поверхностного пластического деформирования / Е.М. Макушок, Т.В. Калинеевская, С.М. Красневский. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 184 с.

Стаття надійшла до редакції 07.11.2017