

І.А. ДУДНІКОВ, О.В. КАНІВЕЦЬ, В.В. ДУДНИК, О.І. БІЛОВОД, А.А. ДУДНІКОВ
Полтавська державна аграрна академія

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМАЦІЇ НА ДЕФОРМУВАННЯ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

© Дудніков І.А., Канівець О.В., Дудник В.В., Біловод О.І., Дудніков А.А., 2011

Розглянуто питання пластичної деформації, її вплив на технологічний процес обробки деталей машин при їх відновленні (виготовленні).

The article deals with the question of plastic deformation, its impact and workflow processing machine parts in their recovery (manufacture).

Постановка проблеми. Для встановлення механічного режиму обробки металів тиском необхідно знати зміни механічних властивостей металу при різних швидкостях і методах деформування. Дійсне напруження при деформуванні розтягом або стиском являє собою напруження текучості й визначає опір металу деформуванню. Ця величина входить в усі теоретичні залежності для визначення зусиль, витрачених при обробці металів тиском.

Найскладніше врахувати вплив швидкості деформації на напруги текучості за різних методів обробки.

Тому визначення показників пластичності матеріалу деталей, які оброблялися різними технологічними процесами, має важливе значення, оскільки це вплине на підвищення їх зносостійкості та довговічності.

Аналіз останніх досліджень. Механіко-математичний напрям теорії обробки металів тиском вивчає напруження і деформації у пластично деформованому тілі й умови переходу пружної деформації в пластичну.

Першими роботами, які поклали початок науковій теорії пластичності, можна вважати праці французького вченого Г. Треска, який в кінці 60-х років минулого століття почав експериментально вивчати поведінку металу при пластичній текучості й висунув твердження, що пластична деформація розпочинається у разі виникнення у металі максимального дотичного напруження.

У фізику пластичної деформації великий внесок зробили В.Д. Кузнецов, М.С. Курнаков, М.М. Давіденков, який досліджував, зокрема, питання, які стосуються швидкості деформації.

В області механіки пластичної деформації відомі імена таких вчених, як С.А. Христіановіч А.Ю. Ішлінський, А.А. Ільющан.

Потрібно згадати дослідників, які заклали основи загальної теорії обробки металів тиском і теорії окремих технологічних процесів: С.І. Губкін [1], Є.П. Унксов [2], С.В. Старонсов [3], А.Д. Томминов [4], Н.Н. Малінін [5] та ін.

Роль теорії обробки металів тиском як в промисловості, так і при відновленні зношених деталей неухильно зростатиме в зв'язку з безперервним підвищенням значення ковальсько-пресового виробництва.

Ця теорія має певні методи дослідження механіки процесів кування та штампування. Однак, на нашу думку, досить важливо в кожному окремому випадку застосовувати той метод (або комбінацію методів), який забезпечує найбільш прості, зручні та достовірні рішення.

Мета дослідження. Метою дослідження є вивчення впливу швидкості деформації на пластичність і напруження текучості, що дасть змогу вибрати найефективніший технологічний процес обробки металу деталей як при їх виготовленні, так і при відновленні.

Результати досліджень. Пластична деформація тіла супроводжується його пружною деформацією, залежність якої від напружень визначається законом Гука. Тобто розміри тіла в кінцевий момент його навантаження відрізняються від його розмірів після зняття навантаження. Тому під час проектування технологічних процесів з цим треба рахуватися.

Логарифмічний ступінь деформації являє собою інтеграл нескінченно малого приросту заданого розміру тіла або його елемента, віднесеного до його величини в кожний заданий момент деформації:

$$\delta_x = \int_{x_n}^{x_d} \frac{dx}{x} = \ln \int_{x_n}^{x_d} \frac{x_d}{x_n}, \quad (1)$$

де індекси означають: n – вихідний і d – деформований.

За пластичної деформації алгебраїчна сума логарифмічних ступенів деформації за трьома взаємоперпендикулярними напрямками дорівнює нулю:

$$\ln \frac{x_d}{x_n} + \ln \frac{y_d}{y_n} + \ln \frac{z_d}{z_n} = 0. \quad (2)$$

Ступінь деформації можна виразити як відношення приросту розміру Δ до початкового розміру:

$$\mathbf{e}_x = \frac{\Delta x}{x_n}; \quad \mathbf{e}_y = \frac{\Delta y}{y_n}; \quad \mathbf{e}_z = \frac{\Delta z}{z_n}. \quad (3)$$

Величини δ і ϵ пов'язані залежністю:

$$\delta_x = \ln \frac{x_d}{x_n} = \ln \frac{x_n + \Delta x}{x_n} = \ln(1 + \epsilon_x). \quad (4)$$

Ступені деформації можна виразити не тільки через лінійні розміри, але і через площі перетинів, нормальних до осі координат, в напрямі якої розглядається ступінь деформації:

$$\delta_x = \ln \frac{x_d}{x_n} = -\ln \frac{F_{dx}}{F_{nx}}; \quad (5)$$

$$\epsilon_x = \frac{\Delta x}{x_n} = -\ln \frac{\Delta F_x}{F_{dx}}. \quad (6)$$

Процес оброблення металів тиском характеризується також швидкістю деформації, тобто зміною ступеня деформації за одиницю часу, тобто:

$$\dot{\delta} = \frac{d\delta}{dt}; \quad \dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt}. \quad (7)$$

У швидкості деформації потрібно відрізнити як швидкість руху деформувального інструмента (швидкість деформування), так і швидкість зміщення тих або інших точок тіла в процесі деформації.

За тієї самої швидкості деформування швидкість деформації може бути різною залежно, наприклад, від розмірів і форми тіла, яке деформується.

Зазвичай визначення механічних властивостей металу деталей проводять зі швидкостями деформування не більше ніж 10 мм/с. Обробка тиском ведеться, як правило, при середній швидкості руху робочого органа машини (приладу) в межах 0,1 – 0,5 м/с. Ще вищі швидкості деформування (20 – 30 м/с) можуть виникати при штампуванні, магнітоімпульсному, вібраційному та інших видах імпульсних навантажень, які широко застосовують у сучасному промисловому виробництві й використовують під час відновлення деталей сільськогосподарської техніки. Тому

дуже важливо знати, чи можна під час аналізу і проектування технологічних процесів обробки тиском користуватися даними про механічні властивості металів, що отримані за допомогою звичайних випробувань. Інакше кажучи, важливо мати уявлення про вплив швидкості деформування на пластичність і напруження текучості.

В першому наближенні можна сказати, що зі зростанням швидкості деформування напруження текучості збільшується, а пластичність знижується.

Із збільшенням швидкості деформування знижується пластичність високолегованої сталі, мідних сплавів деяких марок. Менш чутливі до швидкості деформації низьколегована і вуглецева конструкційна сталі [6].

Вплив швидкості деформації при холодній обробці тиском значно менший, ніж при гарячій. Інтенсивність зростання цього впливу більша в діапазоні малих швидкостей і вельми мала в діапазоні більших швидкостей (мм/хв).

При холодній обробці тиском, на відміну від гарячого пластичного деформування, розміцнювальні процеси не відбуваються. Напруження текучості зростає зі ступенем деформування внаслідок зміцнення. Зміна швидкості в деяких межах істотно не впливає на перебіг технологічного процесу.

В окремих випадках холодної обробки тиском при високих швидкостях деформування внаслідок температурного ефекту може виникати явище повернення: напруження текучості зменшується, а пластичність стане більшою, ніж це було при нижчій швидкості.

Отже, в одних випадках підвищення швидкості деформування веде до збільшення напруження текучості та зниження пластичності, а в інших, у зв'язку із температурним ефектом, може привести до зворотних результатів.

В теоретичному плані робилися спроби аналітично виразити залежність напруження текучості від швидкості деформування за заданої температури і ступеня деформування.

За П. Людвігом:

$$\sigma_s = \sigma_{s0} + n \ln \frac{e}{e_0}. \quad (8)$$

За А. Рейто:

$$\sigma_s = \sigma_{s0} \left(\frac{e}{e_0} \right)^m, \quad (9)$$

де σ_s і σ_{s0} – напруження текучості відповідно при швидкостях деформування $\dot{\epsilon}$ і $\dot{\epsilon}_0$; n і m – константи, визначені експериментально.

На нашу думку, у практичних обчисленнях можна враховувати вплив швидкості деформації за допомогою так званого швидкісного коефіцієнта Ψ_c , який показує, у скільки разів зростає напруження текучості при тому чи іншому збільшенні швидкості деформації.

Останнім часом почали застосовувати обробку металів тиском з одночасним використанням вібраційних коливань на осередок деформації.

Наші дослідження показують, що при вібраційному напруженні в процесі деформації значно знижується напруга текучості, і отже, зменшується необхідне деформувальне зусилля і робота деформації [6, 7].

Висновки.

1. Зі збільшенням швидкості деформації напруга текучості металу деталей під час їх оброблення зростає, а пластичність падає.
2. Під час холодної обробки тиском розміцнювальні процеси не відбуваються.

3. При вібраційній обробці поверхневого шару деталей значно знижується напруження текучості, що призводить до зменшення необхідного зусилля деформування, тобто до зниження енергозатрат технологічного процесу.

1. Губкин С.Н. Пластическая деформация металлов / С.Н. Губкин. – М.: Металлургиздат, 1960. – 416 с. 2. Унксов Е.П. Инженерная теория пластичности. Методы расчета усилий деформирования / Е.П. Унксов. – М.: Машигиз, 1959. – 328 с. 3. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев. Е.А. Понов. – М.: Машиностроение, 1987. – 423 с. 4. Томлёнов А.Д. Теория пластического деформирования металлов / А.Д. Томлёнов. – М.: Металлургия, 1972. – 408 с. 5. Калинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н.Н. Калинин. – М.: Машиностроение, 1975. – 399 с. 6. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Сулов – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с. 7. Дудников И.А. Упрочняющая обработка материала вибрационным деформированием / И.А. Дудников, А.И. Беловод, А.В. Горбенко, А.А.Дудников // Вібрації в техніці та технологіях. – № 1 (53). – Вінниця, 2009. – С.45–49. 8. Дудников И.А. Упрочнение поверхности деталей вибрационным методом / И.А. Дудников, А.А.Дудников А.И. Беловод // Вібрації в техніці та технологіях. № 4 (56) – Вінниця, 2009. – С. 82–85.

УДК 621.9.048

А.С. ЗУЕВ, И.М. ЛЕВИНСКАЯ, Л.М. ЛУБЕНСКАЯ

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

К ВОПРОСУ ТУРБОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

© Зуев А.С., Левинская И.М., Лубенская Л.М., 2011

Введение. На всех этапах развития современного машиностроения одной из наиболее важных задач является необходимость улучшения качества выпускаемых изделий, что в значительной степени определяется эффективностью отделочно-зачистных операций, трудоемкость которых в различных отраслях промышленности составляет от 10...20 % до 40...70 % общей трудоемкости изготовления деталей и имеет тенденцию к возрастанию [1–4].

При отделочно-зачистной обработке сложнопрофильных деталей использовать традиционные способы обработки практически невозможно из-за затрудненного доступа инструмента к обрабатываемой поверхности. Поэтому особенно широко применяют для этих целей методы обработки деталей в свободных абразивах, так как они позволяют во многих случаях механизировать обработку и повысить качественные показатели рабочих поверхностей, а также исключить или свести к минимуму непроизводительный ручной труд [5]. Одним из них является турбоабразивная обработка (ТАО).

Способ обработки деталей турбоабразивным методом заключается в том, что обрабатываемая деталь помещается в созданный абразивный псевдооживленный (кипящий) слой и в зависимости от ее формы, ей задают различные виды движений (вращательное, планетарное и др.) с высокой скоростью ($v_{ок} \geq 15-20$ м/с). Таким образом, в результате большого количества соударений частиц с поверхностью вращающейся детали происходит интенсивный съём металла и формообразование нового микрорельефа поверхности [6, 7].

Результаты экспериментальных исследований [7, 8] показали, что, обрабатывая детали этим методом, можно выполнять такие операции: