

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 621.787

І.С. Афтаназів, А.М. Кук, В.А. Яцюк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра технології машинобудування

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНО- ВІДЦЕНТРОВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З ХРОМИСТИХ СТАЛЕЙ

© Афтаназів І.С., Кук А.М., Яцюк В.А., 2001

Розглянуто питання вибору оптимальних технологічних параметрів процесу поверхневого пластичного деформування деталей, які виготовлені з конструкційних хромистих сталей, методом вібраційно-відцентрового зміцнювального оброблення.

The question of a choice of optimum technological parameters of process surface plastic deformed of details, which made with Cr- steels, method of vibration-centrifugal to strengthening treatment.

В машинобудуванні існує велика група деталей, які, крім статичних, також повинні витримувати значні динамічні навантаження чи бути достатньо зносостійкими. Відомо, що такі властивості можна отримати завдяки збереженню в'язкої серцевини та утворенню міцної поверхневого шару. Для цього здебільшого використовують конструкційні леговані сталі, а в технологічний процес виготовлення таких деталей вводять хімічну чи хіміко-термічну обробку та поверхневе пластичне деформування.

Щоб покращити фізико-механічні властивості деталей замість низьколегованих хромистих (20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 50Х) нерідко використовують сталі леговані ще нікелем, молібденом, вольфрамом чи іншими, дорожчими металами. Через це на 30...80 % збільшується вартість матеріалу деталі та собівартість виробу загалом.

Деякі технологічні методи, зокрема вібраційно-відцентрового оброблення, дають змогу суттєво підвищити міцність деталей з хромистих сталей і зменшити використання високолегованих сталей. Проте їх застосування стримується відсутністю експериментальних досліджень. Тому можна вважати актуальними дослідження, спрямовані на встановлення можливостей використання даного методу зміцнення для обробки деталей, які виготовлені з низьколегованих хромистих сталей.

Зміцнення деталей вібраційно-відцентровою обробкою має за мету отримати на певній частині деталі пластично-деформованого поверхневого шару з певними показниками якості поверхні. Під час вібраційно-відцентрової обробки обкатний елемент контактує з поверхнею деталі через оброблювальні тіла, твердість матеріалу яких більша, ніж твердість матеріалу деталі. Їх взаємодії відбувається з ударом, завдяки чому на оброблюваній поверхні деталі утворюється відбиток, форма якого залежить від форми та розмірів поверхонь контакту оброблювального тіла і деталі [1]. Загалом його можна розглядати як еліптичний. Ділянці поверхні деталі, яка обмежена цим відбитком, від обкатника передається енергія E певного значення [2]. При повторній z -кратній взаємодії обкатника передається енергія E_z , розміри відбитку збільшується у k_z разів, а площа відбитку зростає, відповідно, у k_z^2 разів [3].

Відомо [2], що, з одного боку, енергія взаємодії обкатного елемента з поверхнею деталі залежить від його маси, частоти коливань, конструктивних параметрів обкатного елемента тощо. З іншого боку, за певних умов обробки (матеріалу деталі та розмірах контактуючих тіл) саме величиною наданої поверхні енергії визначаються розміри відбитку та товщина зміцненого шару. Тому доцільно дослідити можливості передавання заготовці енергії від обкатника і встановити енергію, яку повинна отримувати одиниця площі оброблюваної поверхні, тобто питому енергію деформування при зміцненні вібраційно-відцентровою обробкою деталей, які виготовлені з низьколегованих хромистих сталей.

Для досліджень використовували зразки циліндричної форми з діаметром 38 мм і шорсткістю поверхні $R_a = 0,63$ мкм, які мали твердість HRC 28–32 і були виготовлені зі сталі 40X. Вібраційно-відцентрову обробку проводили на вібраційній машині [4], горизонтально розташована платформа якої здійснювала кругові коливання з частотою 24 Гц. Амплітуду коливань платформи змінювали від 0,5 до 6 мм через 0,5 мм. Зміцнення поверхні зразка 1 проводили у жорстко встановленому на платформі вібраційної машини спеціальному пристрої, принципова схема якого зображена на рис. 1.

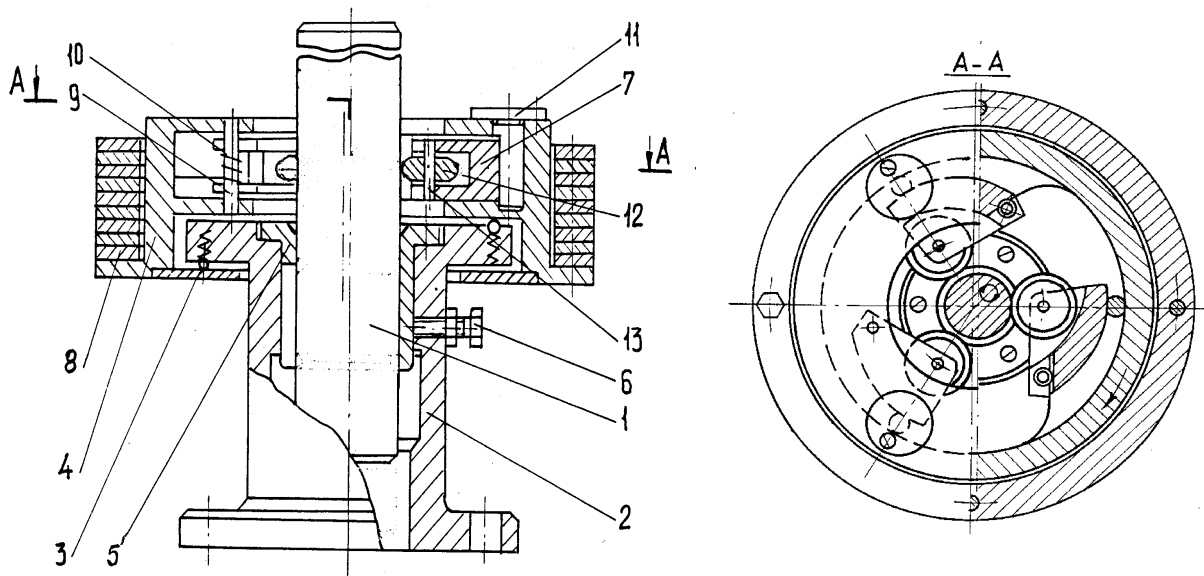


Рис. 1. Принципова схема пристрою для експериментальних досліджень

До його конструкції входить корпус 2, який має форму порожнистого циліндра з верхнім та нижнім фланцем. За нижній фланець пристрій кріпиться до платформи вібромашини. На верхньому фланці корпусу на опорах кочення 3 встановлений обкатник 4, всередині якого розміщені тримачі 7. Масу обкатника змінювали закріпленням на нього додаткових вантажів 8. Тримачі 7, повертаючись на осях 9, постійно притискалися пружинами 10 до регулювальних упорів 11. Оброблювальні тіла 12 були встановлені у тримачах і могли повертатися на осях 13. Така конструкція обкатника давала змогу проводити зміцнення різних за розмірами і формою поверхонь та зміну розташування на обкатнику оброблювальних тіл. Як оброблювальні тіла використовували виготовлені із сталі ХВГ і загартовані до твердості 62–65 HRC профільні ролики з діаметрами 23 мм. Шорсткість робочих поверхонь була в межах $R_a = 0,1-0,16$ мкм. Різну енергію ударної взаємодії обкатника з деталлю отримували завдяки зміні маси обкатника (від 4,5 до 12 кг з

інтервалом 0,5 кг). Як мастильно-охолоджувальну рідину використовували 3 % водяний розчин кальцієвої соди. Питому енергію деформування $E_{\text{пит}}$ розраховували за формулою:

$$E_{\text{пит}} = \frac{E_z}{\pi a_z b_z} = \frac{E \cdot z}{\pi a b k_z^2},$$

де a_z і b_z – розміри напівдіагоналей еліптичного відбитка, отриманого на оброблюваній поверхні деталі після її z -кратної ударної взаємодії з обкатником через оброблювальні тіла.

Як показали результати експериментальних досліджень зі збільшенням питомої енергії деформування $E_{\text{пит}}$, товщина зміцненого шару зростає, наближаючись до деякої межі, яка залежить від твердості матеріалу зразків. Таке збільшення, очевидно, викликане зростанням напружень в місцях контакту оброблювальних тіл з поверхнею зразків. Підвищення контактних напружень в матеріалі поверхневого шару зразків сприяє збільшенню швидкостей розповсюдження дислокацій, що в остаточному результаті забезпечує його інтенсивне зміцнення. Значний приріст товщини зміцненого шару, який спостерігається навіть за невеликих значеннях питомої енергії $E_{\text{пит}}$, поступово зменшується при подальшому її збільшенні, а коли питома енергія досягає свого критичного значення, практично повністю зникає.

Зменшення приросту товщини зміцненого шару, а також майже повне його зникнення за певних значеннях питомої енергії $E_{\text{пит}}$ можна пояснити тим, що контактні напруження в матеріалі поверхневого шару зразків досягають такої величини, за якої матеріал поверхневого шару зразків вичерпує ресурс пластичності. В поверхневому шарі зразків утворюються субмікроскопічні тріщини та ділянки з місцевим відлущенням матеріалу.

Втомні випробування зразків, які були зміцнені вібраційно-відцентровою обробкою на певних режимах з різними значеннями $E_{\text{пит}}$, показали, що втомна міцність також залежить від отриманої поверхнею енергії.

Оптимальними можна вважати: значення $E_{\text{пит}} = 100\text{--}110$ кДж/м², оскільки при цьому максимально збільшуються поверхнева мікротвердість і товщина зміцненого шару, а втомна міцність оброблених зразків, порівняно з незміцненими, зростає у 1,6–1,7 раза.

Отже, вибір технологічних параметрів вібраційно-відцентровою оброблення деталей, виготовлених з хромистих сталей, треба починати зі встановлення оптимальної для даного матеріалу питомої енергії деформування, і, залежно від її величини, вибирати необхідну масу обкатного елемента, час оброблення, амплітуду і частоту коливань платформи вібраційної машини чи інші режими зміцнення.

Результати досліджень можуть бути використані у розробленні технологічних процесів зміцнення вібраційно-відцентровою обробкою відповідальних деталей, наприклад, для: машино- і тракторобудування (зубчастих коліс, колінчастих валів), хімічної та нафтогазової промисловості (труб, перевідників та замків бурових колонок), авіабудування (кріпильні деталі з різевими та ступінчастими поверхнями) тощо.

1. Дрозд М.С. *Инженерные расчеты упругопластической контактной задачи*. М., 1986. 2. Семків Ю.М., Афтаназів І.С., Кук А.М. *Визначення товщини пластично-деформованого поверхневого шару при обробленні вібраційно-відцентровим зміцнювальним обробленням поверхонь деталей складної форми // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні*. 1996. № 303. С.112–117. 3. Афтаназів І.С. *Використання вібрації для зміцнення деталей // Вибрація в техніці і технологіях*. 1995. № 1(2). С. 27–34. 4. Афтаназів І.С., Кук А.М. *Упрочнение конструктивных элементов деталей формы тел вращения / Информационный лист № 88-06. Львов, ЦНТИ, 1988.– 2 с.*