

ЖОРСТКІСТЬ СИСТЕМИ ВЕРСТАТ-ІНСТРУМЕНТ-ДЕТАЛЬ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ПРОЦЕС ОБКАТУВАННЯ ПРИ ПОВЕРХНЕВОМУ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ

Павлюк С.С., студент гр. М1/2 (маг.)

Дюльгер О.М., студент гр. М1/2 (маг.)

Кошмак Д.О., студент гр. М1/2 (маг.)

Миколаївський національний аграрний університет

Науковий керівник: ас. Зубехіна-Хайят О.В.

Анотація

З допомогою теоретичних і експериментальних досліджень показано, що з урахуванням жорсткості системи верстат-інструмент-деталь вдалося досягти оптимізації режимів обкатування і за рахунок цього розширити номенклатуру обкатування і розкатування деталей.

Annotation

With the help of theoretical and experimental studies it is shown that taking into account the rigidity of the machine-tool-part system it was possible to achieve optimization of running-in modes and due to this to expand the range of running-in and rolling parts.

Підвищення якості та надійності машин і їх елементів є однією з важливих і першочергових завдань сучасного етапу розвитку вітчизняного машинобудування. Ця проблема може вирішуватися за допомогою розробки і освоєння ефективних методів зміцнення деталей машин і підвищення працездатності. Пропонується метод поверхневого пластичного деформування для розкатування отворів деталей роликками як вид ремонту машин.

Зміна жорсткості і пластична текучість матеріалу втулок поблизу торців призводять до спотворення їх форми. Розглядаючи шорсткість поверхні як відхилення від номінальної форми деталі, можна говорити про розкатування роликками як про ефективний спосіб уточнення мікропрофілю деталей машин. У значно меншій мірі це відноситься до хвилястості, можливість зменшити яку залежить від співвідношення кроку хвилі і розмірів зони деформації. Хвиля з малим кроком усувається досить ефективно. Співвідношенням зони деформації з габаритними розмірами оброблюваної деталі визначається можливість уточнення її розмірів і форми в макрооб'ємі. Для деталей малих розмірів процес розкатування є процесом холодного формоутворення. Поверхнева пластична деформація за допомогою обкатування деталей роликками і кульками після обточування їх різцем або шліфування виконується для зниження шорсткості поверхні і зміцнення поверхневого шару.

В процесі експлуатації деталей (втулок) їхні робочі поверхні зношуються через процеси тертя та силові навантаження, втрачаються якісні показники та їх надійність, тому обладнання виходить з ладу. Поверхня втулок зношується,

проте не відновлюється. Способи зміцнення деталей досить дорогі та складні, тому пропонується ефективний, в той же час економічно вигідний метод зміцнення втулок розкатуванням їх голчастими роликками, що буде сприяти підвищенню зносостійкості пар тертя, контактної і втомної міцності деталей. Метою статті є дослідження жорсткості системи «верстат-інструмент-деталь» процесу обкатування поверхонь та розкатування отворів голчастими роликками з метою розширення номенклатури деталей, які можуть обкатуватися циліндричними роликками та підвищити їх зносостійкість, надійність, продовжити строк служби деталей.

Підвищення якості та надійності машин, їх елементів – одна із важливих і першочергових завдань сучасної стадії розвитку вітчизняного машинобудування. Ця проблема може бути вирішена за допомогою розробки ефективних методів ущільнення деталей машин і підвищення їх довговічності.

З метою підвищення зносостійкості пар тертя, контактної та втомної міцності деталей широко застосовується поверхнєве пластичне деформування обкатуванням їх роликками. Реалізація оптимального основного режиму обкатування (робочої сили) пов'язана із жорсткістю технологічної системи верстат-інструмент-деталь. З ціллю збереження оптимального режиму обкатування представляє небезпеку не стільки зниження жорсткості, скільки її непостійність.

Постійність необхідного зусилля безпосередньо пов'язане із жорсткістю технологічної системи верстат - інструмент - деталь. Жорсткість системи, що складається з декількох складових, визначається по А.П. Соколовському:

$$\frac{1}{j} = \frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2} + \frac{1}{j_3} + \dots \quad (1)$$

Одна з основних складових жорсткості системи - жорсткість верстата. На жорсткість металорізальних верстатів дуже впливає співвідношення складових зусилля різання. Співвідношення $P_z : P_y : P_x$, на яку розраховані універсальні металорізальні верстати, відрізняється найбільшим значенням P_z .

Об'єднуючи у виразі (1) жорсткість верстата, деталі, кріпильних пристосувань загальним символом j_c і виділивши жорсткість інструменту для обкатування j_u , знайдемо жорсткість системи [1-2]:

$$j = \frac{j_c j_u}{j_c + j_u} \quad (2)$$

Розглянемо жорсткість системи інструмент - деталь на прикладі розкатування втулок. Уявімо втулку в процесі розкатування у вигляді тонкої циліндричної оболонки, шарнірно опертої на кінцях і навантаженої в середньому перетині радіальними складовими зусилля, рівномірно рознесеними по колу і доданими в точках контакту роликів. Такий випадок розглянутий у роботі П.П. Бейларда [3-4]. Диференціальні рівняння оболонки вирішуються методом розкладання переміщень і навантажень в подвійні ряди Фур'є.

Жорсткість металорізальних верстатів досліджувалася в лабораторії і на підприємстві за допомогою динамометрів і індикаторів. Жорсткість інструментів розраховувалася по залежностям теорії пружності, розрахунки перевірялися експериментально за допомогою динамометрів і індикаторів.

Графіки 1-7, наведені на рис. 1, дозволяють визначити жорсткість втулок з найбільш поширеними діаметральними розмірами в перетинах, віддалених від торців. Поблизу торців жорсткість істотно знижується.

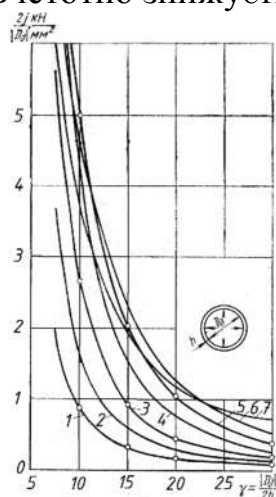


Рис. 1. Жорсткість втулок в перетинах, віддалених від торців при двох (1), трьох (2), чотирьох (3), шести (4), восьми (5), дванадцяти (6) і шістнадцяти (7) радіальних зусиллях.

По деформаціям і докладеним зусиллям розраховувалася жорсткість втулок. Графіки зміни жорсткості по довжині втулок з різною товщиною стінки наведені на рис. 2. Графіки показують, що жорсткість поблизу торця при двухроlikовій схемі розкатування приблизно в 4 рази нижче жорсткості на глибині, що дорівнює діаметру, причому на всій цій довжині жорсткість підвищується в міру віддалення від торця. Збільшення кількості точок навантаження до 4 і тим більше до 8 скорочує перепад жорсткості до триразового і суттєво наближає до торця, в якому жорсткість стабілізується. Цікавим є повний збіг досліджуваних значень жорсткості, отриманих на глибині, що дорівнює діаметру втулки, з розрахунковими значеннями, для відповідних γ і кількості зусиль.

Необхідне для стабілізації робочого зусилля обкатування зниження жорсткості технологічної системи досягається застосуванням інструментів з пружними елементами [4].

Прогин від зусилля, що припадає на одиницю ширини пружної частини корпусу, визначається його відносними розмірами.

Висока радіальна жорсткість системи інструмент – деталь і, як наслідок цього, безпосередня залежність якості поверхні від невеликих змін натягу – серйозний недолік планетарних багатороlikових пристроїв. Створення практичної конструкції головок зниженою радіальною жорсткістю з роliками прямолинійного профілю залишається актуальною проблемою, від вирішення якої залежить розширення номенклатури розкатуваних деталей.

Питання про підвищення точності, тобто про звуження поля допуску в результаті розкатування, пов'язане з можливістю регулювати робоче зусилля. Очевидно, що при малій жорсткості системи інструмент - деталь, необхідної для розкатування деталей роliками кругового профілю, коли для успішного

проведення операції необхідно збереження зусилля в межах, обмежених допустимим кутом вдавлювання, можна говорити лише про збереження точності, отриманої на попередніх операціях. Щоб в результаті розкатування отримати уточнення розмірів деталей, необхідно використовувати схеми високої жорсткості, в яких зміна натягу за рахунок коливання розмірів заготовки викликало б помітну зміну зусилля і відповідне збільшення діаметра отвору. При цьому зазначена зміна зусилля не повинна призводити до зниження якості розкатої поверхні. Цій вимозі в найбільшій мірі задовольняє процес розкатування з каплевидною формою контакту роликів прямолінійного профілю. Постійний кут вдавнення таких роликів оберігає розкатувану поверхню від хвилястості і дозволяє отримувати необхідну якість поверхні в деякому діапазоні зусиль.

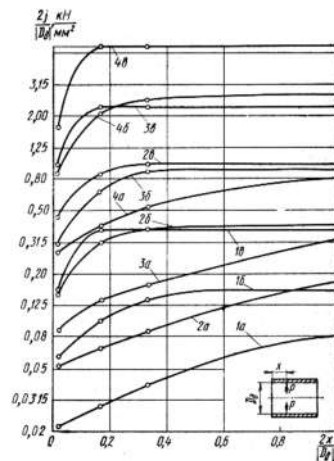


Рис. 2. Жорсткість втулок поблизу торців, навантажених двома (а), чотирма (б) і вісьмома зусиллями при (1), 20 (2), 15 (3), 10 (4)

Пристроєм зниженою жорсткості для розкатування роликми отворів [1] неможливо отримати уточнення розміру отвору через малу жорсткість пружини. Пристрій для жорсткого розкатування отворів з допомогою конічних роликів, встановлених в сепараторі на конусній жорсткій оправці, не застосовується для розкатування тонкостінних деталей із-за їх надмірно великої роздачі [5, 6].

Тонкостінні втулки можна розкатувати голчастими роликми. При цьому пластична деформація локалізується в тонкому поверхневому шарі і роздача втулки мінімальна. Пристрої з голчастими роликми знайшли застосування при розкатуванні нежорстких втулок, коли довжина голчастих роликів перевищує ширину розкатуваної втулки. Тоді розкатування виконується без поздовжньої подачі пристрою. При виконанні поздовжньої подачі пристрою з голчастими роликми на обкатуваній поверхні виникає хвилястість з кроком подачі.

Зміна жорсткості і пластична текучість матеріалу втулок поблизу торців призводять до спотворення їх форми. Спотворення форми осьового перерізу втулок спостерігається у всіх розкатаних зразків, причому у товстостінних втулок тим більше, чим товще стінка. Зовнішня поверхня деформувалася більше у втулок зі стінкою товщиною 10 мм. Спотворення форми тонкостінних деталей на краях запобігають зниженням зусиль (натягів), за рахунок

зменшення діаметра роликів і деякого збільшення заднього кута вдавнення, що дозволяє локалізувати деформацію в більш тонкому поверхневому шарі. Збереженню форми втулок сприяє також збільшення кількості роликів розкатних голівок, що підвищує жорсткість системи [7-10].

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов. / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев. – Киев: Наук. думка, 1995. – 256 с.
2. Рыжов Э. В. Контактная жесткость деталей машин. / Э. В. Рыжов – М.: Машиностроение, 1968. –180 с.
3. Бейлард П. П. Напряжения от локальных нагрузок в цилиндрических сосудах давления. / П.П. Бейлард // Сб. Вопросы прочности цилиндрических оболочек. – М., Оборонгиз, 1960. – С. 43 – 65.
4. Бутаков Б.И Жесткость системы станок – инструмент - деталь при обкатывании деталей роликами. / Б.И. Бутаков, А.В. Зубехина // Вісник аграрної науки Причорномор'я (випуск 4(47)).– Миколаїв: МДАУ, 2008. – С.193 – 205.
5. Шнейдер Ю.Г. Инструмент для чистовой обработки металлов давлением / Ю.Г. Шнейдер. – Л: Машиностроение, 1971. – 248 с
6. Азаревич Г.М. Размерно-чистовая обработка деталей машин пластическим деформированием взамен обработки резанием / Г.М. Азаревич, Г.Ш. Берштейн. – НииМаш. Технология обработки давлением. – 1965. – С. 134 – 159.
7. Коновалов Е.Г. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей / Е.Г. Коновалов, В.А. Сидоренко. – Минск: Вышэйша школа, 1968. – 364 с.
8. Пшибыльский В.П. Технология поверхностной пластической обработки / В.П Пшибыльский – М.: Металлургия, 1991. – 479 с.
9. Патент 101718 Україна МРК V24V 39/04 (2006.01), B21H 3/00. Пристрій для обкатування крупних різьб і архімедових черв'яків роликами / Б.И. Бутаков, А.В. Зубехина, заявник і патентовласник Б.И. Бутаков.; заявл. 18.07.2011, номер заявки: а201108944; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8, 2013.
10. Rorov A. Analiz charakteristik kontaktu powierzchni z poczatkowym liniowym i tocznym dotykiem / A. Rorov // Motrol, Motoryzacja I energetykarnictwa. – Lublin. 2015, VOL 17, No.2. – С. 9 –16.