

УДК 621.733

В.Б.Струтинський, О.Я.Юрчишин

Національний технічний університет України "КПІ"

ЗМІЦНЮВАЛЬНА ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНО-НАКАТНОМУ ВЕРСТАТІ

В роботі приведено опис експериментального визначення характеристик показників процесу токарно-накатної обробки деталей та спеціальних пристосувань для вимірів параметрів деформування поверхні. Експериментально визначено геометрію поверхонь, оброблених на токарно-накатному верстаті. За результатами експериментальних досліджень побудовано залежності зміцнення системи від дії статичного навантаження.

Ключові слова: *токарно-накатний верстат, накатні ролики, деформація*

Актуальність досліджень

Токарно-накатна обробка деталей є ефективним засобом зміцнення поверхні деталі. Оброблена поверхня має якісну структуру при високій твердості та втомній міцності. Якість обробленої поверхні визначається параметрами токарно-накатного верстата та режимами обробки. Врахування даних факторів забезпечує високу якість поверхні. Тому дослідження впливу параметрів токарно-накатного верстата і режимів обробки являє собою актуальну науково-технічну проблему.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Характеристики процесу обробки залежать від технологічних параметрів та від властивостей динамічної системи верстата. Процес накатки є квазістаціонарним динамічним процесом деформації поверхні деталі, яка знаходиться в складному вібраційному полі.

Проблема в загальному вигляді полягає у встановленні раціональних технологічних параметрів.

Зв'язок проблеми з важливими науковими і практичними завданнями.

Проблема пов'язана з важливими науковими і практичними завданнями підвищення надійності роботи та ефективності машин, що включають обертові вали поверхні яких оброблені пластичним деформуванням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженню процесів токарно-накатної обробки деталей присвячено значне число робіт [1]. В них розглядаються процеси пружно-пластичної деформації поверхні деталі, характеристики обробленої поверхні. Окремі дослідження присвячені визначенню впливу характеристик пружної системи верстата на процес обробки деталі [2, 3]. Результатів експериментальних досліджень процесу накатної обробки обертових деталей в літературних джерелах не виявлено.

Вирішення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Дослідження закономірностей процесу токарно-накатної обробки потребує врахування реальних особливостей пружної системи верстата та процесу пластичного деформування поверхні деталі в суттєво нестаціонарному режимі. Дана частина наукової проблеми в даний час не є остаточно розкритою. Це пояснюється складністю процесів та багатофакторним впливом на реальні показники якості процесу обробки.

Метою досліджень, викладених в даній статті, є експериментальне визначення характеристик показників процесу токарно-накатної обробки деталей.

Для досягнення поставленої мети поставлені і вирішені наступні задачі досліджень:

- Розробка спеціальних пристосувань для вимірів параметрів деформування поверхні;
- Експериментальне визначення геометрії поверхонь, оброблених на токарно-накатному верстаті.

Виклад основного матеріалу досліджень

Токарно-накатний верстат здійснює накатку поверхні роликками, розташованими діаметрально відносно обробленої поверхні.

Зміцнювальна обробка є проміжною між чистою токарною і фінішною обробкою деталі. Зміцнювальна обробка проводиться на токарно-накатному верстаті моделі КЖ-1842 (клас точності Н) виробництва Краматорського заводу важкого верстатобудування. Верстат має два рухомі

супорти, на яких поміщено дві пари накатних роликів, що притискаються гідроциліндрами до поверхні деталі (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд токарно-накатного верстата.

Ролики взаємодіють з поверхнею деталі діаметрально в горизонтальному напрямі. Цим забезпечується статичне розвантаження шпинделя верстата від дії значних по величині сил (14...15кН), які виникають при накатці. Зусилля накатки встановлюється регулятором тиску і контролюється манометром.

Перед накаткою поверхня деталі змащується індустриальним маслом И-12А. Швидкість накатки складає 56..70 м/хв. Подача при накатці 0,8 мм/об.

Процес поверхневої обробки визначається конструкцією і геометричними параметрами накатного пристрою. Робоча ділянка ролика, який використовується при накатці, має криволінійний поясок (рис. 2).

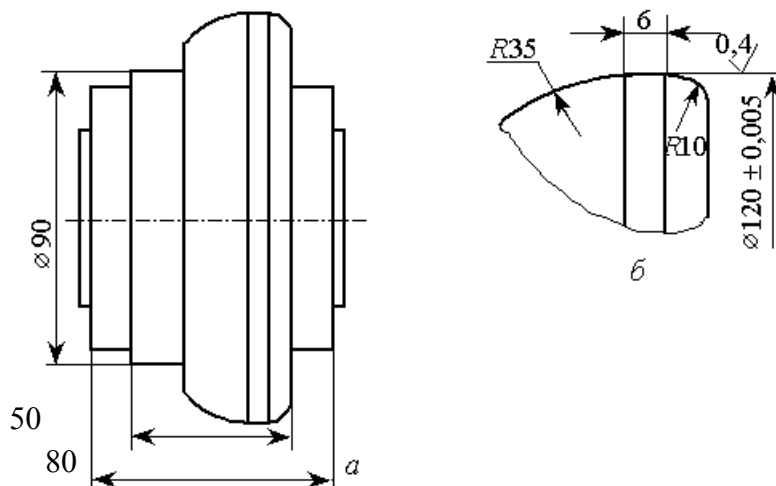


Рис. 2. Геометрія ролика, що використовується для накатки (а) та робочий поясок ролика (б)

Ролик має циліндричну ділянку завдовжки близько 6 мм, що плавно сполучається з тороподібними поверхнями R35 і R10. Параметр шорсткості робочої ділянки по периферії ролика $R_a 0,4$. Ролик встановлений в радіально-упорних роликових підшипниках з регулюванням зазора. В процесі досліджень виміряно биття робочої циліндричної поверхні при обертанні ролика без навантаження. Биття вимірювалося індикатором, встановленим на супорті верстата. Вимірне биття ролика без навантаження складає 5..10 мкм.

В процесі досліджень виміряна деформативність системи "деталь-ролик". При вимірюваннях використовувалися спеціальні розроблені і виготовлені щупи (рис. 3).

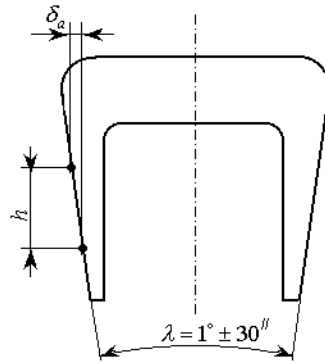


Рис. 3. Конструкція щупа для вимірювання відносного положення роликів

Використовувалися щупи для вимірювання відстані між роликami і щуп для вимірювання відстані між державками роликів (рис. 5).

При вимірюванні взаємного розташування роликів щуп змінює своє положення у вертикальному напрямі. Зміна висоти щупа вимірювалася штангенциркулем з точністю $\pm 0,05$. Вертикальний зсув щупа h пов'язаний із зміною поперечного розміру щупа співвідношенням (див. рис. 3).

$$\delta_a = h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Враховуючи малість значення кута, одержимо

$$2\delta_a = h \cdot \alpha.$$

Щупи використані для вимірювання відносного зміщення роликів із державок при зміні тиску рідини в гідроциліндрі. Схема вимірювання (рис. 4) включає переміщення роликів (при зупинці шпинделя) та державок в процесі роботи верстата.

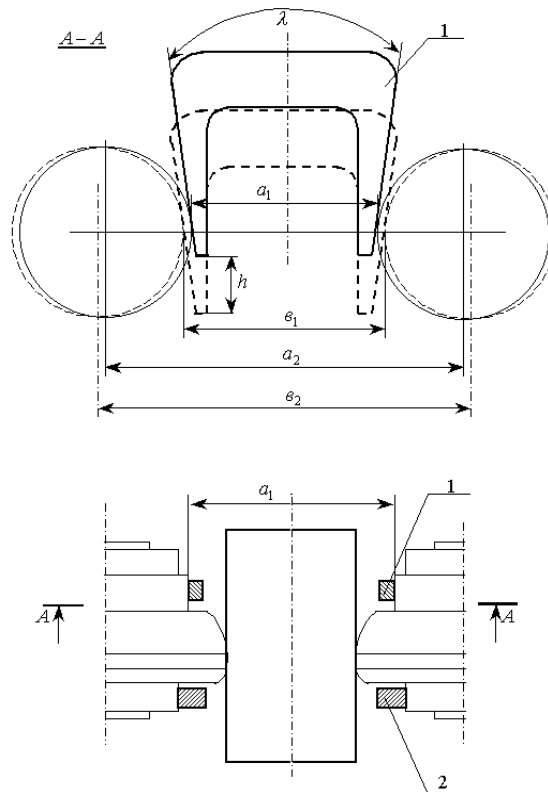


Рис. 4. Схема вимірювання відносного зсуву роликів і державок при зміні тиску робочої рідини в гідроциліндрі: 1- щуп для вимірювання зміщення роликів; 2 – державок

Щуп 1 використаний для визначення відносного зміщення самих роликів, а щуп 2 для визначення відносного зміщення державок. При підвищенні тиску в гідроциліндрі ролики переміщуються. Їх взаємне зміщення визначається як різниця розмірів:

$$e_1 - a_1 = h \cdot \alpha = 2\delta_a.$$

Результати вимірювань зміщення роликів і їх державок залежно від зусилля на штоці гідроциліндрів, приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірювань відносного зміщення роликів із державок залежно від зусилля на штоці гідроциліндрів

Параметри	Зміни параметрів								
P, кН	0	2	4	6	8	10	12	14	16
зміщення роликів, мкм.	0	5	10	25	33	44	45	48	47
зміщення державок, мкм.	0	20	33	70	90	140	175	180	200

За результатами вимірювань побудовані експериментально визначені графіки сила – деформація для області контакту і для опор ролика, а також графік сумарної деформації пружної системи "ролик – деталь" (рис. 5).

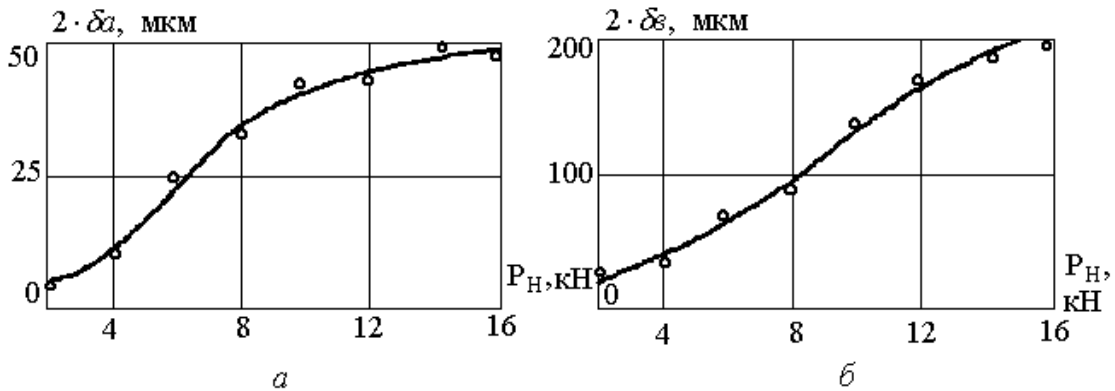


Рис. 5. Залежності зміщення роликів (а) і їх державок (б) від статичного навантаження на штоці гідроциліндра

З аналізу графіків випливає, що процес пластичної деформації поверхні заготовки є суттєво нелінійним. При низьких контактних навантаженнях (0...4кН) контактна жорсткість в 2...3 рази нижче, ніж при номінальному навантаженні (12...15кН). Це пояснюється змінанням мікроступів на поверхні деталі при малих навантаженнях. При підвищенні навантаження жорсткість контакту збільшується. Це відповідає процесу пластичної деформації поверхні заготовки накатним роликом.

Деформація пристрою закріплення ролика в державці значно перевищує контактну деформацію заготовки (рис. 5, б). Деформативність визначається прогином осі ролика, деформаціями конічних роликів підшипників і місць їх опирання. При низьких значеннях навантаження мають місце істотні нелінійності характеристики.

Для встановлення закономірностей процесу деформації поверхні заготовки виконаний розрахунок контактних напруг, що виникають при взаємодії ролика з оброблюваною поверхнею. Розрахунок виконаний по методиці [4].

Розподіл напруг в зоні контакту визначається залежністю [4]:

$$\sigma_n = \frac{\mu(l^2 - 2x^2)}{e2R(1 - \sigma)\sqrt{l^2 - x^2}} + \frac{P_n}{\pi\sqrt{l^2 - x^2}e}$$

де P_n - нормальне навантаження; $2l$ - ширина площадки контакту; R - середній радіус кривизни ролика; σ - коефіцієнт Пуассона; μ - постійна, залежна від модуля пружності матеріалу деталі; e - ширина ролика.

Довжина площадки контакту визначається величиною навантаження згідно залежності:

$$l = \sqrt{\frac{2R(1 - \tau)}{\pi\mu}} \cdot \sqrt{P_n}.$$

Розрахунок по цій формулі відповідає експериментальним даним як при втисненні ролика в нерухому деталь, так і при обертанні деталі (рис. 6).

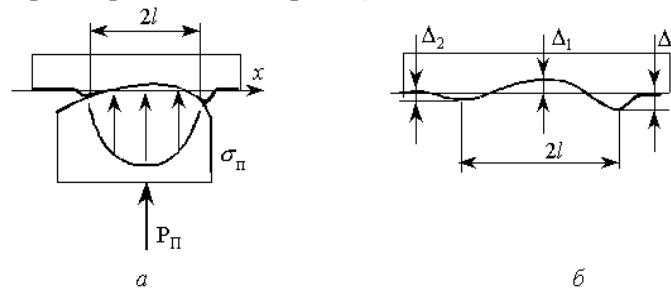


Рис. 6. Схема взаємодії ролика з поверхнею заготовки (а) і вимірjana форма лунки на поверхні заготовки при повороті деталі на один оберт

На рис. 6, б представлена форма лунки на поверхні деталі при її повороті на один оберт. Вимірювання проведені при різних навантаженнях на ролик [5]. Результати вимірювань приведені в табл. 2.

Таблиця 2.

Геометричні розміри лунки на поверхні деталі при різних навантаженнях на ролик

Параметр лунки Сила P_H , кН	Δ_1 , мкм	Δ_2 , мкм	Δ_3 , мкм	$2L$, мм
8	12	5	4	13,0
10	16	7	6	14,8
12	21	10	7	16,3
15	25	12	8	18,5

З аналізу даних, наведених в таблиці витікає, що при взаємодії ролика з оброблюваною поверхнею має місце витиснення матеріалу по краях ролика. Витискання матеріалу помітніше виявляється з боку закруглення ролика по радіусу $R10$.

Витискання матеріалу супроводжується виникненням виступу на поверхні деталі. Цей виступ зберігається і при подальшій обробці (накатці). За результатами вимірювань висота виступу при повторній накатці змінюється мало. В цілому, розмір виступу знаходиться в межах 0,04...0,1 мм.

Висновки.

1. Рациональним діапазоном зміни зусилля притискання ролика при токарно-накатній обробці складає 8..12 кН. При цьому радіальне переміщення роликів складає 20...30 мкм.
2. При взаємодії ролика із оброблювальною поверхнею утворюється гвинтова канавка із виступами на краях. Глибина канавки складає 12..21 мкм, а висота виступів на краях канавки 4..10 мкм.
3. Як напрямок подальших досліджень рекомендується визначення поля остаточних напружень, які виникають при токарно-накатній обробці поверхні деталі.

1. Аршанский М.М., Щербаков В.П. Вибродиагностика и управление точностью обработки на металлорежущих станках - М.: Машиностроение, 1988 - 136 с.
2. Борисенко Ю.Б. Разработка и внедрение технологий поверхностного пластического деформирования. // Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем: Сб.статей. В2. – Ті. Краматорск: ДГМА, 1997 - С.228-240.
3. Горохов З.А. Обработка деталей пластическим деформированием - Киев: Техніка, 1978 - 192 с.
4. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.2. Москва: Наука. – 1970. – 569 с.
5. Струтинский В.Б., Лопаткина Н.Н., Сурнин Ю.М. Исследования рабочего процесса, упрочняющей обработки поверхности длиномерных деталей // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. Збірник наукових праць. Луганськ. Видавництво СНУ, 2001. – С. 200 - 206.