

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Сучасні методи обробки матеріалів»**

для студентів освітнього рівня «Бакалавр» спеціальностей:
6.050502 «Інженерна механіка»;
6.050503 «Галузеве машинобудування»

Затверджено на засіданні науково-
методичної ради ЖДТУ

Протокол № від 2016 р.

Житомир
2016

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні методи обробки матеріалів» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» спеціальностей: 6.050502 «Інженерна механіка»; 6.050503 «Галузеве машинобудування». – Житомир: ЖДТУ, 2016. – 41 с.

Розробники: к.т.н. Ночвай В.М., к.т.н., доц. Виговський Г.М.

Рецензенти: д.т.н., проф. Мельничук П.П.,
к.т.н., доц. Серов В.В.,
доц. Яновський В.А.

Методичні вказівки призначені для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні методи обробки матеріалів» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» спеціальностей: 6.050502 «Інженерна механіка»; 6.050503 «Галузеве машинобудування» факультету інженерної механіки ЖДТУ. Вони містять тему та мету лабораторних робіт, короткі теоретичні відомості, індивідуальні завдання для виконання роботи, зміст звіту та контрольні запитання для перевірки знань.

Розглянуто та рекомендовано на засіданні кафедри ТМ.

Протокол № 1 від 29.08.2016 р.

Лабораторна робота № 1

АЛМАЗНЕ ВИГЛАДЖУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Мета роботи: Ознайомитися з обладнанням, матеріалами та технологією обробки деталей алмазним вигладжуванням. Дослідити залежність шорсткості поверхні від подачі інструменту та від швидкості вигладжування.

Стислі теоретичні відомості

Процес вигладжування кінематично аналогічний точінню, тільки замість різця застосовується алмазний вигладжувач (див. рис. 1 та рис. 2), який пластично деформує тонкий поверхневий шар, вирівнює його і зміцнює.

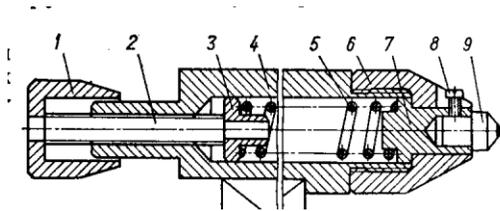


Рис. 1. Спеціальне пристосування для вигладжування:

1 – маховичок; 2 – мікрометричний гвинт; 3 – упор; 4 – корпус;
5 – пружина; 6 – гайка; 7 – плунжер; 8 – гвинт; 9 – вигладжувач [1]

Матеріалом робочої частини є:

- штучний або синтетичний алмаз;
- синтетичний рубін і сапфір;
- металокераміка;
- тверді сплави;
- загартовані інструментальні сталі.

Поверхню алмазного наконечника полірують до шорсткості Ra не вище 0,2 мкм.

Радіус кривизни R сфери вигладжувача:

- для сталених загартованих деталей – 1,0...1,5 мм;
- для деталей з твердістю поверхні HRC 35-50 – 1,5...2,5 мм;
- для інших сталей і кольорових сплавів – 2,5...3 мм [2].

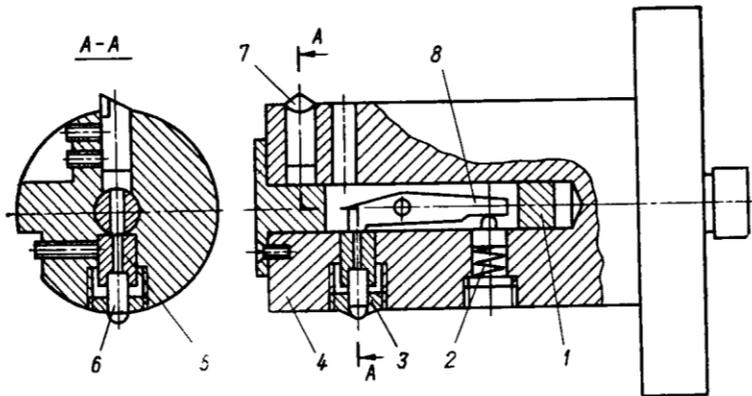


Рис. 2. Комбіноване пристосування для чистового розточування і вигладжування на алмазно-розточувальному верстаті:
 1 – скалка; 2 – пружина; 3 – гайка; 4 – корпус; 5 – втулка; 6 – вигладжувач; 7 – різець для чистового розточування; 8 – ричаг

Зусилля вигладжування визначають за формулою

$$P = K \cdot HV [DR / (D + R)]^2, \quad (1)$$

де K – коефіцієнт, рівний 0,013 для гартованих деталей, і 0,008 – для матеріалів середньої і невисокої твердості;

HV – твердість оброблюваної поверхні;

D – діаметр оброблюваної поверхні;

R – радіус робочої поверхні вигладжувача [1].

Швидкість обертання оброблюваної деталі вибирають до 3...5 м/с. Вигладжування виконують з застосуванням ЗОР.

З збільшенням подачі від 0,02 до 0,1 мм/об шорсткість поверхні зростає. Найменша шорсткість досягається при подачах від 0,02 до 0,06 мм/об. *Оптимальна температура* вигладжувача – 80...120 °С. Вигладжувач поглиблюється в поверхневий шар деталі не більше, ніж на 5 мкм. Для деталей 7-9 квалітету, таке поглиблення складає незначну частину від поля допуску і тому не впливає на квалітет точності. Алмазне вигладжування суттєво не впливає на зміну розмірів обробки, здатне частково зменшити похибку геометричної форми деталей [1].

Твердість загартованих сталей при вигладжуванні збільшується в 1,1 ...1,35 разів, а високопластичних та м'яких сплавів – в 1,5...1,6.

**Рекомендовані режими алмазного вигладжування сферичними
вигладжувачами [1]**

Оброблюваний матеріал	Твердість, <i>HV</i>	Шорсткість <i>Rz</i> , мкм		Режими вигладжування		
		до вигладжування	після вигладжування	<i>R</i> , мм	<i>S</i> , мм/об	<i>P</i> , Н
Сталь 45	180	3,5	0,5	3,4	0,08	100
Сталь 20	301	9	2,75	3,25	0,057	250
2Х13	471	1,7	0,3	1,4	0,057	150
30ХГСНА	485	0,4	0,08	2,0	0,05	220
У12	498	2,45	0,8	1,4	0,057	250
ЭИ643	513	0,26	0,11	2,0	0,05	200
Сталь 45	580	2,4	0,65	1,2	0,03	140
ХГВ	598	1,65	0,55	1,0	0,035	240
Р6М3	695	1,55	0,3	1,0	0,035	240

Виконання роботи

Завдання № 1. Дано: діаметр деталі *D* (див. табл. 2); твердість поверхні деталі (див. табл. 1); радіус робочої поверхні вигладжувача *R*. Визначити зусилля вигладжування.

Таблиця 2

Вихідні дані

Варіант	Твердість	<i>D</i> , мм	<i>R</i> , мм	Варіант	Твердість	<i>D</i> , мм	<i>R</i> , мм
1	<i>HRA</i> 56	40	3,4	11	<i>HRA</i> 67	90	3,25
2	<i>HRC</i> 33	50	3,25	12	<i>HRA</i> 74	40	1,4
3	<i>HB</i> 444	70	1,4	13	<i>HRC</i> 48	80	2,0
4	<i>HRC</i> 48	100	2,0	14	<i>HRA</i> 75	60	1,4
5	<i>HRA</i> 75	60	1,4	15	<i>HRA</i> 76	100	2,0
6	<i>HB</i> 477	80	2,0	16	<i>HRC</i> 52	50	1,2
7	<i>HRA</i> 77	40	1,2	17	<i>HRC</i> 54	70	1,0
8	<i>HRC</i> 54	90	1,0	18	<i>HRA</i> 80	50	1,0
9	<i>HB</i> 578	20	1,0	19	<i>HRA</i> 75	80	2,0
10	<i>HB</i> 183	70	3,4	20	<i>HB</i> 460	40	2,0

Завдання № 2. 1. Виконати токарну обробку пов. 1–9 (див. рис. 3):
 $n = 400$ об/хв; $S = 0,1$ мм/об; $t = 0,25$ мм. Матеріал – сталь 40Х.

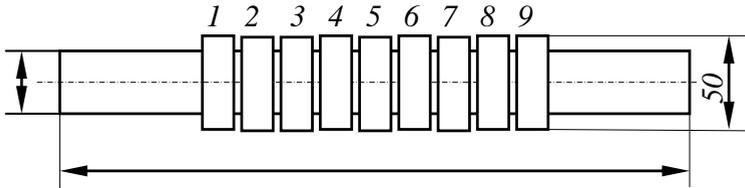


Рис. 3

2. Розрахувати зусилля вигладжування за формулою (1).
3. Виконати вигладжування пов. 2-5 при швидкостях V_1, V_2, V_3, V_4 і незмінній подачі S_x .
4. Виконати вигладжування пов. 6-9 при подачах S_1, S_2, S_3, S_4 і незмінній швидкості V_x .
5. Виміряти шорсткість пов. 1-9 деталі. Результати вимірювань занести в таблицю 3.

Таблиця 3

Режими вигладжування та шорсткість поверхні

Номер поверхні деталі	Частота обертання деталі, n	Швидкість вигладжування, V_i	Подача, S мм/об	Шорсткість поверхні, Ra			
				Ra_1	Ra_2	Ra_3	Ra_c
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

6. Побудувати криву залежності шорсткості поверхні від подачі вигладжування $Ra = f(s)$ та криву залежності шорсткості поверхні від швидкості вигладжування $Ra = f(v)$.

7. Висновки по виконаній роботі.

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Порядок виконання роботи.
5. Результати дослідів проведеного есперименту.
6. Побудовані криві залежності шорсткості поверхні від подачі вигладжування $Ra = f(s)$ та шорсткості поверхні від швидкості вигладжування $Ra = f(v)$.
7. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Чим характерний процес алмазного вигладжування?
2. Які вимоги висуваються до вигладжувача?
3. Які основні технологічні фактори визначають вибір режимів алмазного вигладжування?
4. Яке обладнання і інструмент застосовують для алмазного вигладжування?
5. Яка якість поверхні досягається при алмазному вигладжуванні?
6. Який метод обробки деталей можна замінити алмазним вигладжуванням?
7. Переваги та недоліки алмазного вигладжування.
8. Які значення подачі інструменту та швидкості вигладжування необхідно вибрати, щоб забезпечити високу продуктивність процесу обробки та мінімальну шорсткість поверхні деталі?
9. Яка економічна ефективність забезпечується при застосуванні алмазного вигладжування?

Література

1. Повышение долговечности машин технологическими методами / В.С. Корсаков, Г.Э. Таурит, Г.Д. Василюк и др. – К.: Техніка, 1986. – 158 с.
2. Чистовая, упрочняющая и формообразующая обработка деталей холодным пластическим деформированием / Шляпина В.А., Щетинин Д.Д. – М.: Машиностроение, 1984. – 52 с.

Лабораторна робота № 2

ОБРОБКА АБРАЗИВНИМИ СТРИЧКАМИ

Мета роботи: Ознайомитися з обладнанням, матеріалами та технологією обробки деталей абразивними стрічками. Дослідити залежність шорсткості поверхні від режимів шліфування.

Стислі теоретичні відомості

Існує велика кількість способів алмазно-абразивної обробки. Умови виконання основних абразивно-алмазних способів обробки (див. табл. 1) впливають на параметри обробленого поверхневого шару, а відповідно, на його експлуатаційні показники.

Таблиця 1

Шорсткість поверхні Ra мкм, отримана різними методами алмазно-абразивної обробки [1]

Шліфування чистове	1,25...0,32
Шліфування тонке	0,63...0,08
Шліфування алмазне із збільшеним числом проходів	0,08...0,04
Шліфування електроалмазне	0,32...0,16
Хонінгування алмазне сталей	0,08...0,04
Хонінгування алмазне чавунів	0,16...0,025
Хонінгування брусками із ельбору гартованих сталей	0,63...0,08
Суперфініш брусками з ельбору загартованих сталей	0,32...0,04
Доводка алмазно-абразивна чистова	0,16...0,02
Доводка алмазно-абразивна тонка	0,04...0,01
Стрічкове алмазне шліфування чистове	0,63...0,16
Стрічкове алмазне шліфування тонке	0,16...0,05
Шліфування пелюстковими колами загартованих сталей	0,4...0,2
Гідроабразивна обробка загартованих сталей	0,63...0,32
Струменево-абразивна гідроротаційна обробка	1,2...1,3
Турбоабразивна обробка	0,4...0,12
Магнітно-абразивне полірування	0,1...0,02
Полірування чистове	1,25...0,16
Полірування тонке	0,08...0,01

Область застосування стрічкового шліфування і полірування: кругле шліфування і полірування деталей типу тіл обертання; плоске шліфування; зачищення відливок, поковок та листового металу; обробка криволінійних поверхонь, наприклад турбінних лопаток; підготовка поверхонь перед фарбуванням і гальванопокриттям [2].

Переваги стрічкового шліфування і полірування:

- збільшена довжина контакту між стрічкою та оброблюваною деталлю забезпечує високе зняття металу;
- участь у процесі обробки за один оберт стрічки великої кількості абразивних зерен;
- менший коефіцієнт тертя клею стрічки по металу;
- менше тепловиділення в зоні різання;
- незмінність кругової швидкості стрічки;
- менша сила та потужність шліфування в порівнянні з кругами;
- можливість шліфування і полірування криволінійних поверхонь;
- можливість змінювати ріжучі властивості стрічок шляхом підбору контактних роликів по розміру,
- твердості і форми; покращується шорсткість і якість поверхневого шару;
- велика безпека роботи, кращі умови праці; простота і менша вартість верстатів [2]

.Недоліки:

- менша точність розмірів і геометричної форми при обробці;
- утруднення при обробці різких виступів на деталі;
- невеликий термін служби стрічки;
- утруднення в застосуванні абразивних мікропорошків [2].

Для стрічкового шліфування використовують спеціальні верстати або нескладні пристрої, які встановлюють замість різцетримача на супорті токарного верстата [1].

Стрічкошліфувальні верстати складаються з трьох вузлів: стрічко-шліфувальної бабки з приводним двигуном; привода абразивної стрічки та стійки для натяжного шківів. Стрічко-протягувальний механізм складається із двох шківів, на які встановлена безкінечна абразивна стрічка, яка охоплює шківів з деяким початковим натягом (див рис. 1 та рис. 2) [2].

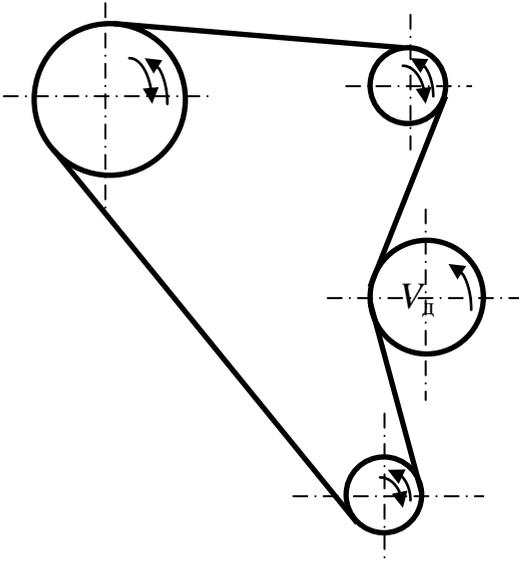


Рис. 1. Схема обробки при вільному натягу стрічки [2]

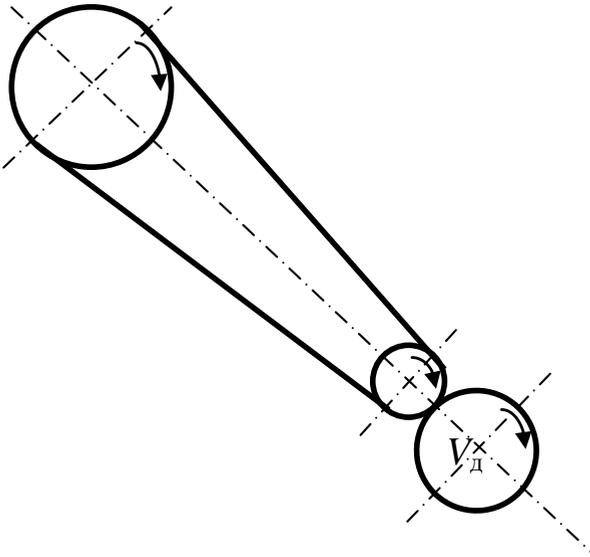


Рис. 2. Схема обробки рухомою стрічкою з контактним роликком [2]

Стрічку виготовляють із саржі, лавсану, капрону, шифону. На поверхню наносять шар аפרету (20-28 %), клею (24-30 %) та абразивного зерна (48-50 %). Виготовляють стрічки з електрокорунду нормального, електрокорунду білого, карбїду кремнію. Стрічку виготовляють шириною від 6,3 до 2200 мм і довжиною від 280 до 15 200 мм [2].

Вплив абразивної стрічки. Зняття металу зростає при збільшенні розміру зерна, причому зерна електрокорунду забезпечують більше зняття, ніж зерна карбїду кремнію. При збільшенні ширини стрічки збільшується зняття металу і витрата потужності [2].

Вплив контактних роликів. Стальні ролики застосовують у випадках, коли має значення зняття великих припусків і точність деталі. Резинові ролики застосовують при підвищених вимогах до шорсткості поверхні і понижених до точності [2].

Вплив швидкості стрічки. Зняття металу зростає при збільшенні швидкості абразивної стрічки до деякої межі, а потім знижується. Найбільше зняття металу при швидкості для стрічок на клеєвій зв'язці від 17,6 до 27,5 м/с, на полімерній зв'язці 20-30 м/с.

Вплив швидкості переміщення деталі. Зі збільшенням швидкості деталі: зняття металу зростає; стійкість стрічки знижується; точність обробки знижується [2].

Вплив подачі на глибину. Зі збільшенням глибини шліфування: хвилинне зняття металу зростає; стійкість стрічки знижується; зростають сили різання; точність обробки знижується.

Схеми різання. При попутному шліфуванні в порівнянні зі зустрічним: зняття металу вище; зменшується знос абразивної стрічки; різання проходить з меншими зусиллями; шорсткість обробленої поверхні краща; кількість теплоти в зоні різання, менша.

Залежність точності обробки від впливаючих факторів. Неточність форми залежить від пружних деформацій технологічної системи, зносу стрічки по товщині, непостійності сил різання і коливаннями твердості металу. Обробку при вільному натягу стрічки застосовують при виконанні операцій з невисокими вимогами до точності та при поліруванні. Шліфування з контактними роликами забезпечує більш високу точність обробки [2].

Залежність шорсткості поверхні від різних факторів. Краща шорсткість при: меншій зернистості; меншому контактному тиску стрічки на поверхню; попутному шліфуванні; більшій в'язкості ЗОР; меншій твердості контактного ролика; більшому діаметрі

контактного ролика; більшій твердості металу деталі; меншій глибині шліфування; меншій швидкості переміщення деталі [2].

Вплив ЗОР на процес стрічкового шліфування. З застосуванням ЗОР: скорочується час обробки; збільшується термін служби стрічки; знижується температура поверхні; покращується якість поверхні.

Режими обробки деталей

Основні показники обробки при стрічковому шліфуванні:

- зняття металу 200-600 мм³/хв. на 1 мм ширини стрічки;
- розмірна точність на плоско-шліфувальних верстатах ± 25 мкм; на безцентрових верстатах 6-25 мкм;
- $Ra = 0,12 \dots 0,37$ мкм;
- питомі витрати потужності 0,2..0,32 кВт на зняття 1 см³;
- питома потужність 0,12...0,2 кВт на 1 мм ширини стрічки.
- сила натягу стрічки 5000-7000 Н/м для сталей, 2000-3000 Н/м для м'яких матеріалів.

Ободок фари на автоматичному верстаті: швидкість стрічки – 30 м/с; притиск стрічки до деталі – 0,8 МПа; час обробки – 9 с; $Ra = 0,5 \dots 0,9$ мкм.

Опорні шийки розподільчого валу на спеціальному верстаті: частота обертання деталі – 700 м/с; припуск 6 мкм; притиск стрічки до деталі – 0,15 МПа; час обробки – 2,5 с; $Ra = 0,13 \dots 0,17$ мкм ЗОР – керосин.

Паз ричага клапана: припуск 0,012...0,018 мкм; притиск стрічки до деталі – 0,15 МПа; час обробки – 2,5 с; $Ra = 0,5 \dots 0,6$ мкм.

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Порядок виконання роботи.
5. Результати дослідів проведеного есперименту.
6. Побудовані криві залежності шорсткості поверхні від переміщення деталі $Ra = f(s)$ та шорсткості поверхні від швидкості абразивної стрічки $Ra = f(v)$.
7. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Назвіть переваги та недоліки шліфування абразивними стрічками.
2. Опишіть призначення основних вузлів стрічко-шліфувального верстата.
3. Які особливості обробки на стрічко-шліфувальних верстатах контактними роликками різних конструкцій?
4. Як впливає матеріал та розмір зерна стрічки на продуктивність процесу шліфування?
5. Як впливає швидкість стрічки на продуктивність процесу шліфування?
6. Як впливає швидкість переміщення деталі на точність обробки?
7. Як впливає схема різання на продуктивність процесу шліфування?
8. Як впливає ЗОР на процес стрічкового шліфування?
9. Від яких впливаючих факторів залежить точність обробки?
10. Від яких впливаючих факторів залежить шорсткість поверхні?
11. Від яких впливаючих факторів залежить точність обробки?

Література

1. Повышение долговечности машин технологическими методами / В.С. Корсаков, Г.Э. Таурит, Г.Д. Василюк и др. – К.: Техніка, 1986. – 158 с.
2. Лурье Г.Б. Прогрессивные методы обработки на станках шлифовальной группы – М.: Машиностроение, 1981. – 52 с.

Лабораторна робота № 3

ОБКАТУВАННЯ ТА РОЗКАТУВАННЯ

Мета роботи: Ознайомитися з обладнанням, матеріалами та технологією обробки деталей обкаткою та розкаткою. Дослідити залежність шорсткості поверхні від подачі інструменту та від швидкості обкатування.

Стислі теоретичні відомості

Обкатуванням і розкатуванням обробляють циліндричні зовнішні і внутрішні поверхні, наскрізні чи глухі, плоскі поверхні, галтелі східчастих, колінчатих і шліцьових валів, бічні поверхні черв'яків, зубчастих коліс, різьбові й інші фасонні поверхні.

Обкатують деталі машин, виготовлені із сирих і гартованих сталей, чавунів і кольорових сплавів. Операція виконується за допомогою роликів чи кульок (див рис. 1), інших деформуючих інструментів, закріплених у відповідних пристосуваннях на токарних, свердлувальних, зубооброблювальних і інших універсальних чи спеціальних верстатах [1].

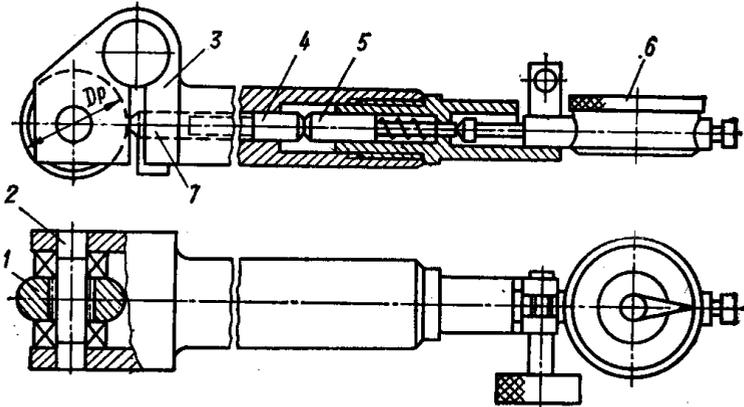


Рис. 1. Інструмент для обкатування зовнішніх циліндричних поверхонь:

1 – ролик; 2 – вісь; 3 – державка; 4, 5 – проміжкові стрижні;
6 – індикатор

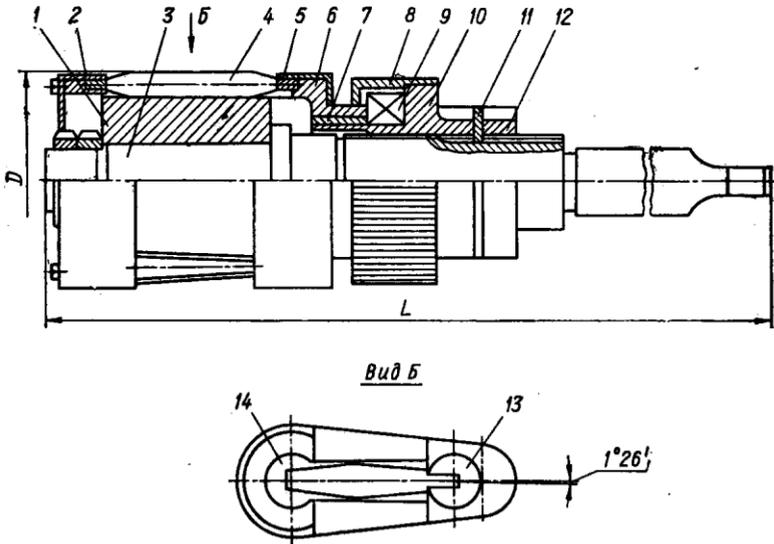


Рис. 2. Багатороликів головка для розкатування отворів:
 1 – втулка; 2, 5, 8 – кришки; 3 – корпус; 4 – ролики; 6 – сепаратор;
 7 – втулка; 9 – підшипник; 10, 11, 12 – деталі; 13, 14 – сухарики

На рис. 3 показані типові конструкції багатороликових розкаток для обробки циліндричних отворів.

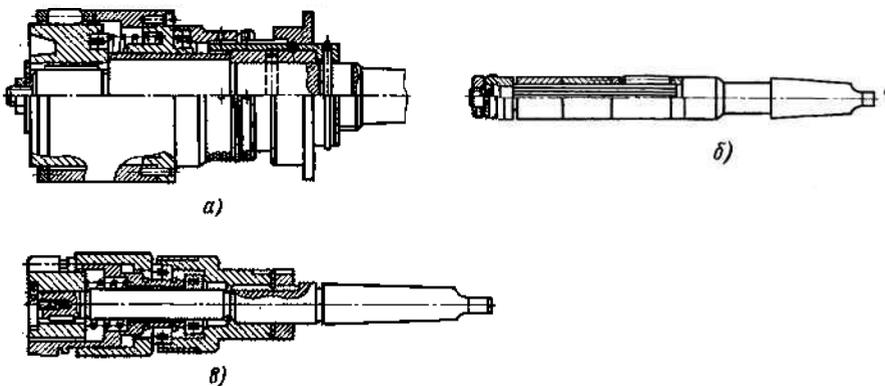


Рис. 3. Багатороликові розкатки для обробки: а, б — навскрізних циліндричних отворів; в — глухих циліндричних отворів

Для обробки несучільних поверхонь рекомендуються розкатки з радіальним розжимом роликів.

Конструкція розкатки приведена на рис. 4.

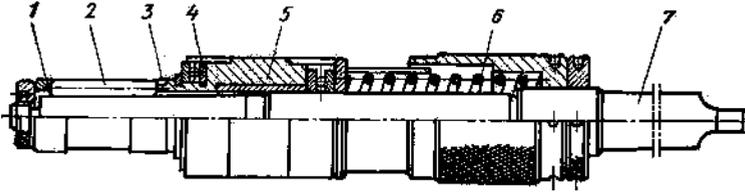


Рис. 4. Розкатка для обробки несучільних поверхонь

П'ять роликів 2 розміщені у пазах сепаратора 5 і утримуються від випадання обоймами 1 і 3. Довжина роликів (60 мм) перевищує довжину оброблюваного отвору, конусність 1:100. Розкатку вводять у оброблюваний отвір до упору підшипника 4 в торець зажимного пристосування. При цьому осьове переміщення сепаратора припиняється, а оправка 7, переміщуючись, конічною поверхнею роздвигает ролики 2 у радіальному напрямку. Радіальна подача обмежується верстатним упором. Після виходу розкатки з оброблюваного отвору пружина 6 повертає ролики в початкове положення.

Розкатування поверхонь гільзи золотника підсилювача рульового керування з радіально розміщеними отворами забезпечує шорсткість поверхні $Ra=0,1$ мкм при початковій $Ra=1,0$ мкм після розвертання. Машинний час обробки 0,25 хв. Матеріал деталі – чавун СЧ 24, твердість $HB\ 170...220$, діаметр обробки $42^{+0,015}$ мм, довжина 45 мм.

Конструкція двороликової розкатки пневматичної дії для обробки сферичних поверхонь діаметром від 106 до 250 мм, працююча по безкопірному способу (рис. 5).

Зусилля, що передається на ролики, регулюється тиском стиснутого повітря, яке подають у порожнину 1. Після обробки деталі стиснуте повітря поступає в порожнину 2, при цьому ролики відходять від оброблюваної поверхні. Розкатування сфери діаметром $203^{+0,33}_{+0,18}$ мм коробки диференціала зі сталі 40, твердістю $HB\ 156 - 197$ забезпечує шорсткість поверхні $Ra = 0,63$ мкм по ГОСТ 2789 – 73 при початковій $Rz = 15$ мкм після розточування; машинний час обробки 0,53 хв.

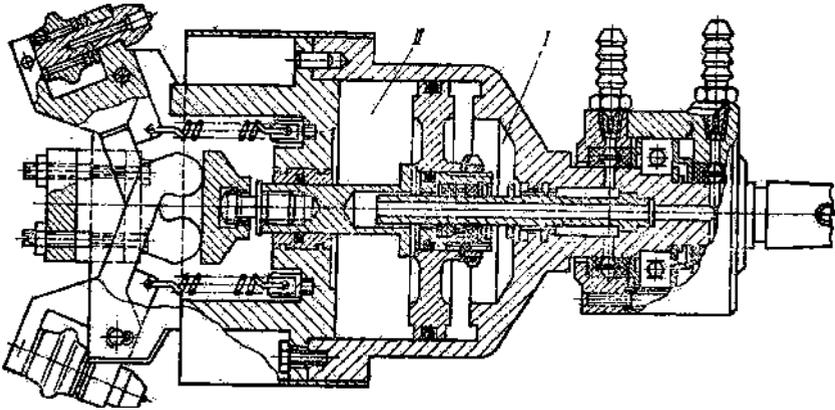


Рис. 5. Розкатка для обробки сферичних поверхнь

Обробка комбінованими інструментами, поєднує процес різання з пластичним деформуванням. Отвір під шкворень передньої вісі оброблюють на спеціальному розкатному верстаті в автоматичній лінії. Комбінований інструмент зенкер-розкатка (рис. 6) знімає завусенці в місцях перетину двох отворів діаметрами 38 і 14 мм з наступним розкатуванням отворів $d = 38^{+0,039}$ мм на довжину 100 мм; машинний час 0,4 хв; ЗОР – емульсія. Попередня обробка – розточування ($Rz = 20$ мкм). Обробка ППД забезпечує шорсткість поверхні $Ra = 0,63$ мкм.

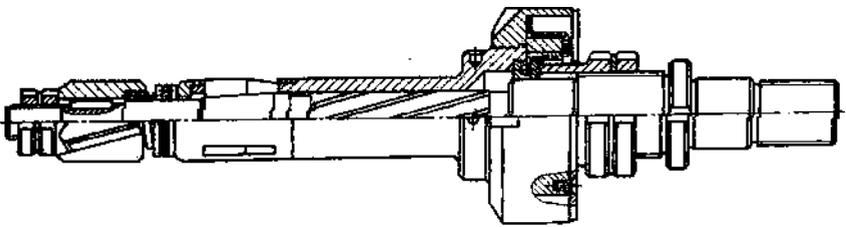


Рис. 6. Комбінований інструмент зенкер-розкатка

Отвори діаметром $16^{+0,023}$ мм в блоках циліндрів двигунів оброблюють комбінованим інструментом разверткою-розкаткою на спеціальному двохшпindelному верстаті. Матеріал деталі – чавун спеціальний.

Режими обробки

Частота обертання шпинделя, хв^{-1}	27
Подача, мм/об	4,6
Розкатування забезпечує шорсткість $Ra = 1,0$ мкм при початковій $Rz = 10$ мкм	

Типові конструкції багатороликівих інструментів сепараторного типу для обробки зовнішніх циліндричних, конічних та торцьових поверхонь приведені на рис. 7. У результаті обкатування досягається шорсткість поверхні $Ra = 0,32$ мкм.

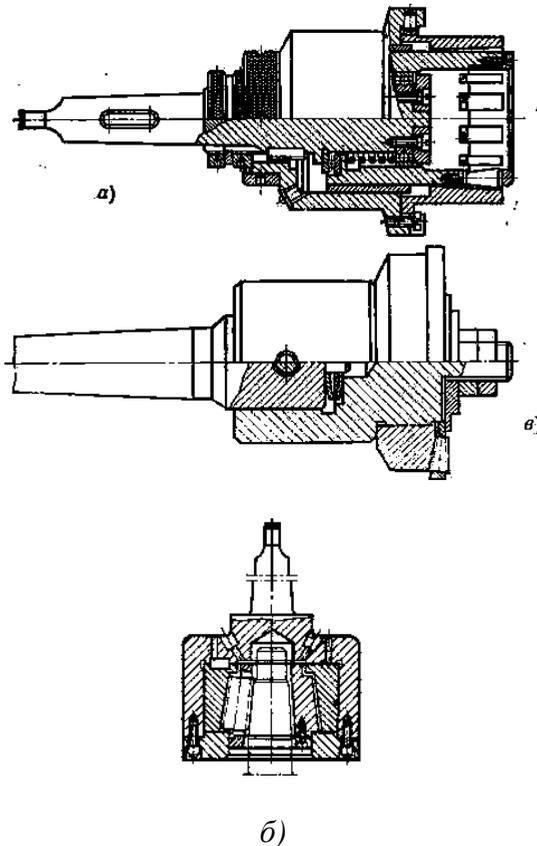


Рис. 7. Багатороликіві обкатки для обробки зовнішніх поверхонь:
 а – циліндричних; б – конічних; в – торцьових

Розмір при обкатуванні валів зменшується, а при обробці отворів збільшується. Зміна розміру обробки визначається величиною залишкової пластичної деформації h і висотою шорсткості R_z , яка формується у процесі обробки.

Величина залишкової пластичної деформації впливає на точність обробки. Якщо обкатують точні вали невеликих розмірів, то пластична деформація охоплює весь їх об'єм і величина h може бути відповідна точності 6 квалітету. При виготовленні деталей діаметром до 250 мм 8-9 квалітетів і деталей всіх діаметрів 6-7 квалітетів необхідно залишати при попередній обробці припуск під обкатування (див. табл. 2).

Таблиця 2

Зміна розміру деталі, що обробляється, при обкатуванні і розкатуванні в залежності від шорсткості вихідної поверхні

Спосіб попередньої обробки	Шорсткість вихідної поверхні R_a , мкм	Зміна розміру після обробки, мкм
Точіння	10–5	0,03–0,06
Точіння	5–2,5	0,02–0,04
Точіння	2,5–1,25	0,01–0,02
Точіння широким різцем	5–2,5 2,5–1,25	0,01–0,02 До 0,01
Шліфування	5–1,25	0,01–0,03
Шліфування	2,5–1,25	0,005–0,015

Деталі 8-9 квалітета діаметром більше 250 мм, деталі 10-11 квалітета та інші менш точні деталі можна піддавати обкатуванню після виготовлення їх по кінцевим розмірам обробки.

Режими обкатування

1. Зусилля обкатування – 50...100 кН.
2. Швидкість обкатування – 0,2...2,5 м/с.
3. Подача обкатування: $S_0 = 0,3 \times B$,
де B – ширина циліндричного пояса ролика.
Тоді $S = S_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3$.

Поправочні коефіцієнти K для обробки роликками з циліндричним пояском

Твердість матеріалу деталі, <i>HV</i>	K_1	Шорсткість поверхні Ra , мкм		K_2	Число проходів	K_3
		задана	вихідна			
До 160	1,2	1,25...0,63	10...5	0,25	1	0,5
160...300	1,0	0,63...0,32	5...21,5	1,0	2	1,0
			5...2,5	0,35		
			2,5...2	0,85		
300...375	0,4	0,32...0,16	5...2,5	0,14	3	1,4
			2,5...2	0,24		
			1,25...1,0	0,40		

Режими розкатування

1. Подача розкатки 0,1...0,5 мм/об.
2. Швидкість розкатування – 0,2...2,5 м/с.
3. Натяг = $d_{\text{розкатки}} - d_{\text{отвору}} - 0,005...0,1$ мм:
 – для в'язких сталей 0,025...0,05 мм;
 – для твердих сталей 0,02...0,03 мм.

Параметри ролика

Ролики виготовляють з швидкоріжучих сталей ШХ15, 9Х, ЕХ12, 5ХНМ, У10А, У12А і наплавляють твердими сплавами або можуть виготовлятися суцільними твердосплавними. Твердість роликів повинна бути не менше 62...65 HRC. Шорсткість поверхонь ролика повинна бути не вище $Ra = 0,32...0,08$ мкм.

Діаметр ролика визначають із співвідношення

$$\frac{\text{діаметр деталі}}{\text{діаметр ролика}} = 1,5...2 \text{ – неціле число.}$$

При обробці деталей діаметром до 75 мм це співвідношення можна збільшити до 4.

Виконання роботи

Завдання № 1. Дано: матеріал деталі; діаметр деталі D ; шорсткість поверхні деталі (див. табл. 4). Виконати розрахунок режимів розкатування або обкатування деталі (методика розрахунку приведена в додатку Б).

Таблиця 4

Вихідні дані

Варіант	Матеріал деталі	Шорсткість поверхні Ra , мкм	Діаметр поверхні	
			внутрішньої D , мм	зовнішньої D , мм
1.	Сталь	0,125-0,50	16	–
2.	Латунь	0,125-0,50	–	20
3.	Бронза	0,125-0,50	25	–
4.	Алюміній	0,125-0,50	–	30
5.	Сталь	2,0-1,0	35	–
6.	Чавун	2,0-0,5	–	40
7.	Сталь	0,125-0,50	45	–
8.	Латунь	0,125-0,50	–	50
9.	Бронза	0,125-0,50	55	–
10.	Алюміній	0,125-0,50	–	60
11.	Сталь	2,0-1,0	65	–
12.	Чавун	2,0-0,5	–	70
13.	Сталь	0,125-0,50	75	–
14.	Латунь	0,125-0,50	–	80
15.	Бронза	0,125-0,50	85	–
16.	Алюміній	0,125-0,50	–	90
17.	Сталь	2,0-1,0	95	–
18.	Чавун	2,0-0,5	–	100
19.	Сталь	0,125-0,50	110	–
20.	Латунь	0,125-0,50	–	120
21.	Бронза	0,125-0,50	130	–
22.	Алюміній	0,125-0,50	–	140
23.	Сталь	2,0-1,0	150	–
24.	Чавун	2,0-0,5	–	160
25.	Сталь	0,125-0,50	170	–

Завдання № 2. 1. Виконати токарну обробку пов. 1–9 (див. рис. 8):
 $n = 400$ об/хв; $S = 0,1$ мм/об; $t = 0,25$ мм. Матеріал – сталь 45.

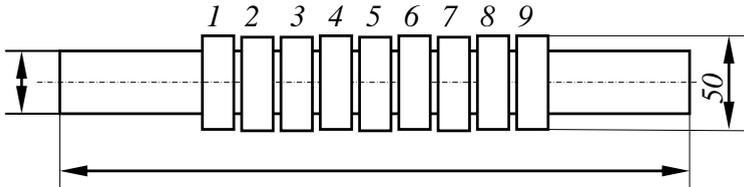


Рис. 8

2. Виконати кульковою обкаткою обкатування пов. 2-5 при швидкостях V_1, V_2, V_3, V_4 і незмінній подачі S_x .

4. Виконати обкатування пов. 6-9 при подачах S_1, S_2, S_3, S_4 і незмінній швидкості V_x .

5. Виміряти шорсткість пов. 1-9 деталі. Результати вимірювань занести в таблицю 5.

Таблиця 5

Режими обкатування та шорсткість поверхні

Номер поверхні деталі	Частота обертання деталі, n	Швидкість обкатування, V_i	Подача, S мм/об	Шорсткість поверхні, Ra			
				Ra_1	Ra_2	Ra_3	Ra_4
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

6. Побудувати криву залежності шорсткості поверхні від подачі обкатки $Ra = f(s)$ та криву залежності шорсткості поверхні від швидкості обертання деталі $Ra = f(v)$.

7. Висновки по виконаній роботі.

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Порядок виконання роботи.
5. Результати дослідів проведеного есперименту.
6. Побудовані криві залежності шорсткості поверхні від подачі вигладжування $Ra = f(s)$ та шорсткості поверхні від швидкості вигладжування $Ra = f(v)$.
7. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Яке обладнання застосовують для обробки багатороликовими інструментами?
2. Які конструктивні особливості багатороликових інструментів, що застосовують для обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей: циліндричних, конічних, торцьових, профільних?
3. Які вимоги висуваються до роликів обкаток та розкаток?
4. Які схеми обробки деталей розкатуванням Ви знаєте?
5. Які схеми обробки деталей обкатуванням Ви знаєте?
6. Поверхні якої точності можна обробляти багатороликовими інструментами?
7. На скільки класів досягається зменшення шорсткості поверхні?
8. Чи перевищує зміна розміру у результаті розкатування або обкатування допуск на розмір деталі?
9. Який основний параметр впливає на якість поверхні, що обробляється?

Література

1. Повышение долговечности машин технологическими методами / В.С. Корсаков, Г.Э. Таурит, Г.Д. Василюк и др. – К.: Техніка, 1986. – 158 с.
2. Чистовая, упрочняющая и формообразующая обработка деталей холодным пластическим деформированием / Шляпина В.А., Щетинин Д.Д. – М.: Машиностроение, 1984. – 52 с.

Лабораторна робота № 4

ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Мета роботи: Ознайомитися з технологією хіміко-термічної обробки сталейних виробів.

Стислі теоретичні відомості

Хіміко-термічна обробка полягає в насиченні поверхневих шарів сталейних виробів яким-небудь хімічним елементом при підвищеній температурі у відповідному середовищі. Види хіміко-термічної обробки:

- *цементация*, коли поверхня деталі насичується вуглецем;
- *азотування*, коли поверхня деталі насичується азотом;
- *ціанування*, коли поверхня деталі насичується азотом і вуглецем;
- *силіціювання*, коли поверхня деталі насичується кремнієм;
- *хромування*, коли поверхня деталі насичується хромом;
- *алітування*, коли поверхня деталі насичується алюмінієм;
- *борування*, коли поверхня деталі насичується бором.

Таблиця 1

Характеристика видів хіміко-термічної обробки

Вид обробки	Середовище	Час обробки, год.	Товщина зміцнення шару, мм	Твердість
1	2	3	4	5
Азотування	Аміак (NH_3), 500 – 700 °С	До 90	0,3...0,6	До HV 1200
	Ціаністі ванни (40 % KCN і 60 % NaCN), 560 – 580 °С	1...3	0,15...0,5	HV 300 (вуглецеві сталі), HV 1100 (леговані)

1	2	3	4	5
Ціанування	Розплав солей (20...25 % NaCN, 25...60 % NaCl, 25...50 % Na ₂ CO ₃), 820...860 °C	0,5...1,5	0,15...0,35	HRC 58...62
	Розплав солей (8 % NaCN, 10 % NaCl, 82 % BaCl), 930...960 °C	1,5...6	0,5...2,0	HRC 58...62
Силіціювання	Пари SiCl ₄ , 950...960 °C	2...5	0,6...1,4	HV 200...300
Хромування	CrCl ₂ , 900...1100 °C	5...20	0,1...0,3	HV 200...250 (маловуглецеві), HV 1200..1300 (середньо- і високовуглецеві сталі)
Алітування	49 % AlO, 2 % NH ₄ Cl, 49 % порошку алюмінію, 950...1050 °C	3...12	0,3...0,5	жаростійкість
Борування	Розплав бури, 950 °C	0,25...5	0,04...0,2	До HV 2000

Цементация – процес хіміко-термічної обробки, який забезпечує насичення сталі вуглецем на глибину 0,8...0,2 мм. Деталі в сталевому ящику засипають (покривають) карбюризатором (див. табл. 2 та 3), ящик закривають кришкою, покривають кришку вогнетривкою глиною, ставлять в термopіч, нагрівають вище точки A₃ (див. табл. 4), витримують при цій температурі (див. табл. 5). При цьому деталі загартовуються і піддаються відпуску. Місця, які не підлягають цементации, покривають замазками (див. табл. 6).

Таблиця 2

Склад твердих карбюризаторів

Склад карбюризатора, %	Номер складу	
	1	2
Дерев'яне (березове) вугілля	80	60
Вуглекислий барій	20	40

Таблиця 3

Склад паст для цементації

Номер пасти	Хімічний склад в масових частинах, %					
	сажа	BaCO ₃	Na ₂ CO ₃	K ₃ Fe(CN) ₆	KCN	Щавлево-кислий калій
1	30...60	10...15	20...40	5...10	5...10	—
2	30...60	—	30...60	—	—	5...15

Примітка. Пасту наносять на поверхню деталі шаром 2...4 мм і просушують при температурі 150...200 °С на протязі 20...30 хв.

Таблиця 4

Значення критичних точок термооброблених сталей

Марка сталі	Критичні точки, °С		Марка сталі	Критичні точки, °С	
	A ₁	A ₃		A ₁	A ₃
10	732	874	65Г	724	750
20	735	854	15Х	735	870
35	730	802	20Х	766	838
40	730	790	30Х і 35Х	740	815
45	725	770	40Х	782	693
50	725	760	45Х і 50Х	721	771
60	727	766	40ХФА	754	790
15 Г	735	863	50ХФА	788	688
20Г	735	854	38ХСА	760	860
30Г	734	812	40ХСА	755	855
40Г	726	790	12ХН3А	715	830
50Г	720	760	18ХНВА	700	810
60Г	726	765	12Х2Н4А	710	660

Час цементації сталі твердим карбюризатором

Глибина цементації, мм	Склад №1		Склад №2	
	Температура цементації, °С			
	900	925	900	925
	Час витримки, годин			
0,8	8,5	7,2	8,0	6,5
1,2	12,0	11,0	11,0	10,0
1,6	15,0	13,0	14,0	12,0
2,0	20,0	18,0	19,0	17,0

Таблиця 6

Склад обмазок для захисту поверхонь від цементації

Компоненти обмазки	Склад, %	Спосіб нанесення
№1. Рідке скло. Глина вогнетривка.	50 50	Наносять шар товщиною 1...1,5 мм, просушують при 100...150 °С
№2. Пісок. Глина вогнетривка	33 67	Розводять рідким склом, наносять шар товщиною 1...1,5 мм і просушують при 20...30 °С
№3. Окис міді. Тальк технічний. Рідке скло	30 5 65	Розводять водою, перемішують, наносять шар товщиною 1...2 мм і просушують при 30...40 °С

Найбільш часто цементовані деталі гартують з температурою вище точки A_1 , але нижче точки A_3 і піддають низькому відпуску при температурі 160...180 °С. Твердість поверхневого шару деталі HRC 58...63, серцевини – HRC 20...40.

Завдання 1. Дано: деталь (див. рис.1); марка сталі деталі; склад твердого карбюризатора; глибина цементації; компоненти обмазки (див. табл.7). Розробити технологічний процес зміцнення поверхні С деталі методом хіміко-термічної обробки (цементації).

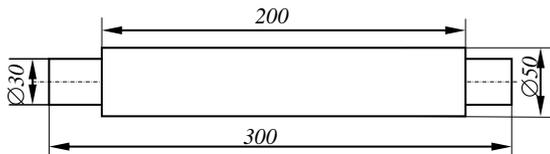


Рис. 1

Вихідні дані

Варіант	Марка сталі	Глибина цементації, мм	№ складу карбюризатора	Компоненти обмазки
1	10	0,8	1	1
2	20	1,2	2	2
3	35	1,6	1	3
4	40	2,0	2	1
5	45	0,8	1	2
6	50	1,2	2	3
7	60	0,8	1	1
8	15Г	1,2	2	2
9	20Г	1,6	1	3
10	30Г	2,0	2	1
11	40Г	0,8	1	2
12	50Г	1,2	2	3
13	60Г	1,6	1	1
14	65Г	0,8	2	2
15	15Х	1,2	1	3
16	20Х	1,6	2	1
17	30Х і 35Х	2,0	1	2
18	40Х	0,8	2	3
19	45Х і 50Х	1,2	1	1
20	40ХФА	1,6	2	2
21	50ХФА	0,8	1	3
22	38ХСА	1,2	2	1
23	40ХСА	1,6	1	2
24	12ХН3А	2,0	2	3
25	18ХНВА	0,8	1	1
26	12Х2Н4А	1,2	2	2
27	12Х2Н4А	1,6	1	3
28	20	1,6	2	1
29	35	2,0	1	2
30	40	0,8	2	3
31	45	1,2	1	1
32	50	1,6	2	2
33	60	2,0	1	3

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Порядок виконання роботи.
5. Технологічний процес зміцнення поверхні деталі методом хіміко-термічної обробки (цементації).
6. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. В чому полягає хіміко-термічна обробка деталей?
2. Які види хіміко-термічної обробки Ви знаєте?
3. Які матеріали використовуються при виконанні хіміко-термічної обробки?
4. Як визначають температуру нагрівання деталей у термопечі?
5. Як визначають час витримки деталей у термопечі?
6. Властивості деталей після хіміко-термічної обробки.

Література

1. Справочник технолога авторемонтного производства. Под ред Г.А.Мальшева. – М.: Транспорт, 1977. – 432 с.

Таблиця А.1

Співвідношення чисел твердості, визначених різними методами

Діаметр відбигку <i>d</i> в мм	При випробуванні втисненням				
	сталюї кулі 10/3000 (на приладі типу Бринеля) <i>HB</i>	алмазного конуса або сталюї кулі (на приладі типу Роквелла), при різних навантаженнях			алмазної піраміди (на приладі типу Віккерса) <i>HV</i>
		150 кГ (конус) <i>HRC</i>	60 кГ (конус) <i>HRA</i>	100 кГ (конус) <i>HRB</i>	
1	2	3	4	5	6
2,20	780	72	84	–	1124
2,25	745	70	83	–	1116
2,30	712	68	82	–	1022
2,35	682	66	81	–	941
2,40	653	64	80	–	868
2,45	627	62	79	–	804
2,50	601	60	78	–	746
2,55	578	58	78	–	694
2,60	555	56	77	–	650
2,65	534	54	76	–	606
2,70	514	52	75	–	587
2,75	495	50	74	–	551
2,80	477	49	74	–	534
2,85	461	48	73	–	502
2,90	444	46	73	–	474
2,95	429	45	72	–	460
3,00	415	43	72	–	435
3,05	401	42	71	–	423
3,10	388	41	71	–	401
3,15	375	40	70	–	390
3,20	363	39	70	–	380
3,25	352	38	69	–	361
3,30	341	36	68	–	344

1	2	3	4	5	6
3,35	331	35	67	–	334
3,40	321	33	67	–	320
3,45	311	32	66	–	311
3,50	302	31	66	–	303
3,55	293	30	65	–	292
3,60	285	29	65	–	285
3,65	277	28	64	–	278
3,70	269	27	64	–	270
3,75	262	26	63	–	261
3,80	255	25	63	–	255
3,85	248	24	62	–	249
3,90	241	23	62	102	240
3,95	235	21	61	101	235
4,00	229	20	61	100	228
4,05	223	19	60	99	222
4,10	217	17	60	98	217
4,15	212	15	59	97	213
4,20	207	14	59	95	208
4,25	201	13	58	94	201
4,30	197	12	58	93	197
4,35	192	11	57	92	192
4,40	187	9	57	91	186
4,45	183	8	56	90	183
4,50	179	7	56	90	178
4,55	174	6	55	89	174
4,60	170	4	55	88	171
4,65	167	3	54	87	166
4,70	163	2	53	86	162
4,75	159	1	53	85	159
4,80	156	0	52	84	155
4,85	152	–	–	83	152
4,90	149	–	–	82	149
4,95	146	–	–	81	148
5,00	143	–	–	80	143

1	2	3	4	5	6
5,05	140	–	–	79	140
5,10	137	–	–	78	138
5,15	134	–	–	77	134
5,20	131	–	–	76	131
5,25	128	–	–	75	129
5,30	126	–	–	74	127
5,35	123	–	–	73	123
5,40	121	–	–	72	121
5,45	118	–	–	71	118
5,50	116	–	–	70	116
5,55	114	–	–	68	115
5,60	111	–	–	67	113
5,65	109	–	–	66	110
5,70	107	–	–	65	109
5,75	105	–	–	64	108

Розрахунок режимів обробки при розкатуванні і обкатуванні багатороликowymi інструментами внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь

Етап розрахунку	Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2	3
I	Розрахунок довжини робочого ходу $L_{p.x.}$, мм	$L_{p.x.} = L_{обр} + L_{доп}$
II	Визначення діаметра роликів D_p і їх кількості Z .	Див. табл. Б.2.
III	Визначення подачі на ролик s_p , мм а) при обробці з примусовою подачею для інструментів з $\varphi^0 = 0$. б) при обробці з примусовою подачею для інструментів з $\varphi^0 \neq 0$. в) при обробці з самоподачею для інструментів з $\varphi^0 \neq 0$.	Див. табл. Б.3. $s_p = \frac{1,1 \cdot \pi \cdot d \cdot tg\varphi^0}{Z}$ $s_p = \frac{\pi \cdot d \cdot tg\varphi^0}{Z}$
IV	Визначення подач на оборот сепаратора s_c , мм	$s_c = s_p Z$
V	Призначення окружної швидкості розкатування або обкатування ¹ v , м/хв і визначення частоти обертання сепаратора відносно деталі n_0 , хв ⁻¹ : а) визначення рекомендованої окружної швидкості розкатування або обкатування v , м/хв б) розрахунок рекомендованої частоти обертання сепаратора відносно деталі n_0 , хв ⁻¹ :	$n_0 = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$

1	2	3
VI	Визначення подач на оберт шпинделя верстата s_0 , мм (коли примусово обертається тільки інструмент або тільки деталь, що обробляється)*: а) визначення відношення A , частоти обертання сепаратора відносно деталі до частоти обертання шпинделя верстата б) розрахунок подачі на оборот шпинделя з уточненням по паспорту верстата**.	Див. табл. Б.4 $s_0 = s_c / A$
VII	Розрахунок рекомендованої частоти обертання шпинделя верстата n , хв ⁻¹ , з уточненням по паспорту верстата	$n = n_0 / A$
VIII	Розрахунок основного машинного часу обробки t_M , хв	$t_M = L_{\text{р.х.}} / (s_0 \times n)$

* При розкатуванні і обкатуванні, коли примусово обертається деталь і інструмент, визначити відношення A до розрахунку частоти обертання неможливо. Тому з VI етапу розрахунок ведеться в наступному порядку:

а) задають частоту обертання деталі n_d або частоту обертання інструментального шпинделя $n = n_k$, де n_k – частота обертання опорного конуса інструмента;

б) розраховують частоту обертання n_d або n_k за формулами:

при розкатуванні:

якщо задано n_d

$$n_k = \pm \left[n_d - \frac{2 \binom{-1}{i-2}}{i-2} \cdot n_0 \right];$$

якщо задано n_k

$$n_d = \frac{2 \binom{-1}{i-2}}{i-2} \cdot n_0 \pm n_k;$$

при обкатуванні:

якщо задано n_d

$$n_k = \pm \left[n_d - \frac{2 \cdot (+1)}{i+2} \cdot n_0 \right];$$

якщо задано n_k

$$n_d = \frac{2 \cdot (+1)}{i+2} \cdot n_0 \pm n_k.$$

У приведених формулах знак плюс приймають при обертанні інструмента і деталі в одному напрямку, знак мінус – при обертанні в протилежних напрямках:

в) розраховану частоту обертання шпинделів уточнюють по паспорта верстата. По скоректованій частоті обертання шпинделя визначають уточнене значення n_0 .

По значенню n_0 розраховують $v = \pi d n_0 / 1000$ і s_0 .

Подачу на оборот інструментального шпинделя визначають за формулою $s_0 = s_c n_0 / n_k$, і подачу на оборот шпинделя деталі – за формулою $s_0 = s_c n_0 / n_d$.

Основний машинний час $t_m = L_{p.x.} / (s_0 \times n)$, де n і s_0 для одного і того ж шпинделя (наприклад, для шпинделя деталі, що обробляється).

** При обробці з примусовою подачею інструментами з $\varphi^0 \neq 0$ уточнена подача не повинна бути менше розрахункової більш ніж на 10 %.

Таблиця Б.2

Значення діаметрів і числа роликів інструменту для обробки внутрішніх і зовнішніх поверхонь

Діаметр поверхні d , мм	При обробці внутрішньої поверхні		При обробці зовнішньої поверхні	
	діаметр ролика D_p , мм	число роликів Z	діаметр ролика D_p , мм	число роликів Z
10-16	3-4	4	6-8	3-4
16-25	4-6	4-6	6-12	4-6
25-50	6-8	6-8	8-12	6-8
50-75	8-10	8-10	10-16	8-10
75-100	10-12	10-12	12-16	10-12
100-150	12-14	12-14	12-18	12-18
150-250	14-18	14-18	16-20	18-24

Значення подач на ролик

Матеріал, що обробляється	Шорсткість поверхні Ra , мкм	Подача на ролик s_p , мм
Сталь, алюмінієві і магнієві сплави, латунь, бронза	0,125-0,50	0,1-0,5
Сталь	2,0-1,0	0,4-0,6
Чавун	2,0-0,5	0,1-0,3

Примітки:

1. Менше значення подачі s_p рекомендується для отримання поверхонь з меншою шорсткістю.

2. Із збільшенням подачі зростають радіальні осьові зусилля, внаслідок чого при обробці деталей недостатньої жорсткості необхідно застосовувати менші подачі.

3. Шорсткість вихідної поверхні і метод попередньої обробки впливають на величину подачі. При більш грубій вихідній поверхні рекомендуються менші подачі.

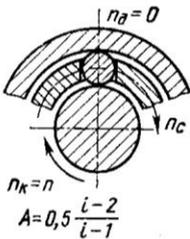
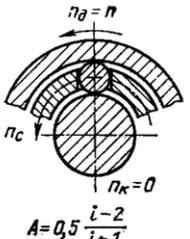
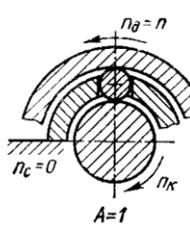
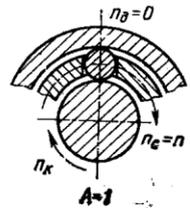
Окружна швидкість розкатування або обкатування v практично не впливає на якість поверхні, що обробляється. Значення швидкості обмежується можливістю перегрівання деталі і інструмента, що приводить до зниження стійкості інструмента і деформації деталі. Як правило, для деталей діаметром $d \leq 100$ мм $v = 15 \dots 40$ м/хв, при $d > 100$ мм $v = 25 \dots 60$ м/хв.

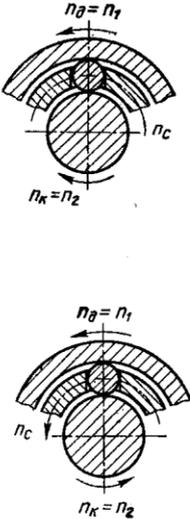
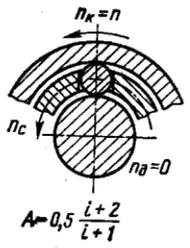
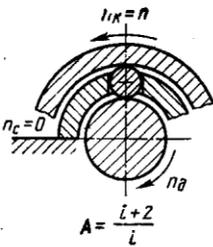
Розрахунок значення A

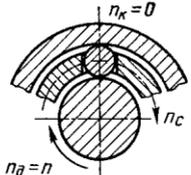
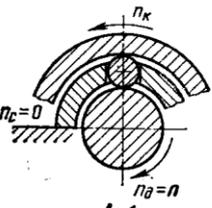
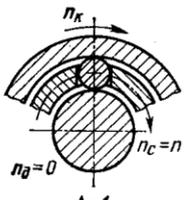
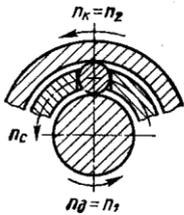
Відношення частоти обертання сепаратора відносно деталі до частоти обертання шпинделя верстата A ($A = n/n$) визначають по табл. 4 в залежності від схеми обробки. В схемах і формулах прийняті наступні позначення: n_d – частота обертання деталі; n_c – частота обертання сепаратора; n_k – частота обертання опорного конуса інструмента; $i = d / D_p$ – відношення діаметра поверхні, що обробляється, до діаметра ролика інструмента.

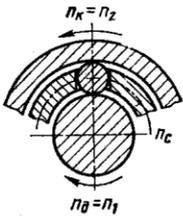
Значення A і частоту обертання приймають по абсолютній величині (без врахування напрямку обертання).

Розрахунок відношення A частоти обертання сепаратора до частоти обертання шпинделя верстага ($A = n_0 / n$)

Схема обробки	Ескіз
<p style="text-align: center;">1</p> <p>Деталь не обертається, опорний конус розкатки обертається разом із шпинделем, сепаратор обертається вільно</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;"><i>Розкатування</i></p>  <p style="text-align: center;">$n_d = 0$</p> <p style="text-align: center;">n_c</p> <p style="text-align: center;">$n_k = n$</p> <p style="text-align: center;">$A = 0,5 \frac{i-2}{i-1}$</p>
<p>Деталь обертається разом із шпинделем, опорний конус розкатки не обертається, сепаратор обертається вільно</p>	<p style="text-align: center;"><i>Розкатування</i></p>  <p style="text-align: center;">$n_d = n$</p> <p style="text-align: center;">n_c</p> <p style="text-align: center;">$n_k = 0$</p> <p style="text-align: center;">$A = 0,5 \frac{i-2}{i-1}$</p>
<p>Деталь обертається разом із шпинделем, опорний конус розкатки обертається вільно, сепаратор не обертається</p>	<p style="text-align: center;"><i>Розкатування</i></p>  <p style="text-align: center;">$n_d = n$</p> <p style="text-align: center;">$n_c = 0$</p> <p style="text-align: center;">n_k</p> <p style="text-align: center;">$A = 1$</p>
<p>Деталь не обертається, опорний конус розкатки обертається вільно, сепаратор обертається разом із шпинделем</p>	<p style="text-align: center;"><i>Розкатування</i></p>  <p style="text-align: center;">$n_d = 0$</p> <p style="text-align: center;">$n_c = n$</p> <p style="text-align: center;">n_k</p> <p style="text-align: center;">$A = 1$</p>

1	2
<p>Деталь обертається разом із шпинделем верстата, опорний конус розкатки обертається разом з інструментальним шпинделем верстата, сепаратор обертається вільно (див. примітку до табл. 1):</p> <p>а) деталь і опорний конус розкатки обертаються у одному напрямку</p> <p>б) деталь і опорний конус розкатки обертаються у протилежних напрямках</p>	<p><i>Розкатування</i></p> 
<p>Деталь не обертається, опорний конус обкатки обертається разом із шпинделем, сепаратор обертається вільно</p>	<p><i>Обкатування</i></p> 
<p>Деталь обертається вільно, опорний конус обкатки обертається із шпинделем, сепаратор не обертається</p>	<p><i>Обкатування</i></p> 

1	2
<p>Деталь обертається разом із шпинделем, опорний конус обкатки не обертається, сепаратор обертається вільно</p>	<p>Обкатування</p>  $A = 0,5 \frac{i+2}{i+1}$
<p>Деталь обертається разом із шпинделем, опорний конус обкатки обертається вільно, сепаратор не обертається</p>	<p>Обкатування</p>  $A = 1$
<p>Деталь не обертається, опорний конус обкатки обертається вільно, сепаратор обертається разом із шпинделем</p>	<p>Обкатування</p>  $A = 1$
<p>Деталь обертається разом із шпинделем верстата, опорний конус обкатки обертається разом із інструментальним шпинделем верстата, сепаратор обертається вільно (див. примітку до табл. 1): а) деталь і опорний конус обкатки обертаються у одному напрямку</p>	<p>Обкатування</p> 

1	2
<p>б) деталь і опорний конус обкатки обертаються у протилежних напрямках</p>	<p>Обкатування</p>  <p>The diagram illustrates the rolling motion of a gear on a conical surface. It shows a circular gear with a shaded cross-section and a conical surface with a shaded cross-section. The gear's rotation is indicated by a curved arrow labeled $n_k = n_z$. The conical surface's rotation is indicated by a curved arrow labeled $n_d = n_1$. A horizontal line represents the contact point between the gear and the cone, labeled n_c.</p>

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні методи обробки матеріалів» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» спеціальностей: 6.050502 «Інженерна механіка»; 6.050503 «Галузеве машинобудування».

Розробники: к.т.н. Ночвай В.М., к.т.н., доц. Виговський Г.М.

Редакційно-видавничий відділ
Житомирського державного технологічного університету

Підписано до друку _____ 2016 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Таймс New Roman. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 1,25.
Наклад 50 прим. Зам. № _____

Житомирського державного технологічного університету
Адреса: 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103