

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут»

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт
для студентів напрямку 6.050504 «Зварювання»

Затверджено Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»

Київ 2013

Технологія зміцнення поверхні. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / Укладачі: С. М. Гетманець, А. В. Чорний, Д. В. Степанов – К.: НТУУ «КПІ», 2013, 43 –с.

*Гриф надано Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»
(Протокол № 7 від 18.03.2013 р.)*

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт
для студентів напряму 6.050504 «Зварювання»

Укладачі: *Сергій Михайлович Гетманець, к.т.н., доцент*
Андрій Вячеславович Чорний, к.т.н., ст. викладач
Денис Володимирович Степанов, асистент

Відповідальний

редактор

В.Д. Кузнецов, д.т.н., професор

Рецензент

Л.А. Жданов, к.т.н., доцент

ЗМІСТ

Вступ	4
Практична робота №1	
Класифікація і особливості методів ППД.....	5
Практична робота №2	
Зміцнення поверхні обкочуванням кульковим інструментом.....	11
Практична робота №3	
Зміцнення поверхні обкочування і розкочування роликовим інструментом.....	17
Практична робота №4	
Зміцнення поверхні розкочування жорсткими сепараторними розкатниками.....	23
Практична робота №5	
Зміцнення поверхні віброобкочуванням і вібровигладжуванням.....	18
Практична робота №6	
Віброударна обробка поверхні.....	34
Практична робота №7	
Відцентрова обробка поверхні.....	39
Література	42

ВСТУП

Дисципліна «Технологія зміцнення поверхонь» спрямована на вивчення основних принципів і положень технологічних процесів зміцнення поверхні і є однією з базових технологічних дисциплін підготовки бакалаврів напрямку 6.050504 «Зварювання» для студентів зварювального факультету спеціальності «Технологія і устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій».

Метою практичних робіт з дисципліни «Технологія зміцнення поверхонь» являється поглиблення студентами теоретичних знань, умінь та набуття навичок їх використання для вирішення конкретних конструкторських і технологічних завдань.

Практичні роботи з дисципліни «Технологія зміцнення поверхні» носять практичний характер, в кожній з них стисло викладені необхідні для виконання роботи основні теоретичні положення, які сприяють виконанню поставленому завданні. Студенти визначають основні параметри зміцнення обкочуванням кульковим інструментом, розкочування роликовим інструментом, жорсткими сепараторними розкатниками, параметри віброобкочування і вібровигладжування, віброударної та відцентрової обробки

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

КЛАСИФІКАЦІЯ І ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДІВ ППД

Мета роботи: вивчення класифікації, сутності процесів зміцнення і технологічних особливостей методів поверхневого пластичного деформування (ППД).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Методи ППД відповідно поділяють на статичні і ударні. При статичних методах обробки інструмент, робочі тіла або середовище впливають на поверхню, що обробляється з певною постійною силою P , відбувається плавне переміщення зон впливу, які послідовно проходять усю поверхню, що підлягає обробці. При цьому інерційні сили не впливають істотним чином на ППД.

До статичних методів відносять (рис.1.1) різні види вигладжування (рис. 1.1, а) і накочення (рис.1.1, б), а також метод одноразового обтиснення поверхні, що обробляється (рис. 1.1, в), без переміщення зони впливу.

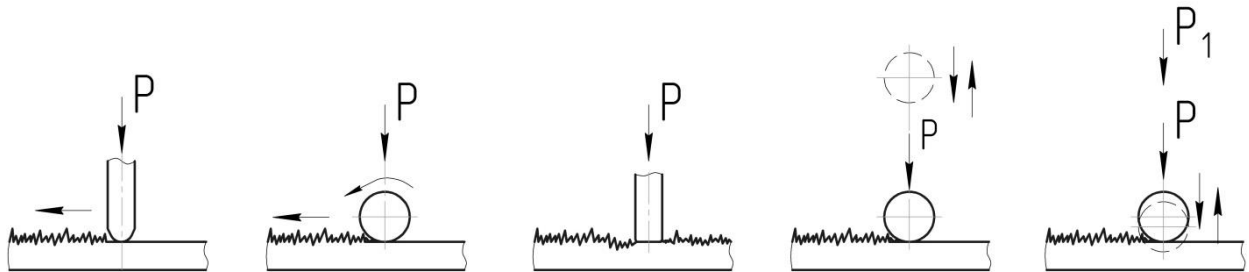


Рис. 1.1. Характер контактної взаємодії інструмента з поверхнею, що зміцнюється, при різних методах ППД

а) вигладжування; б) накочення; в) одноразове обтиснення поверхні; г) ударні методи

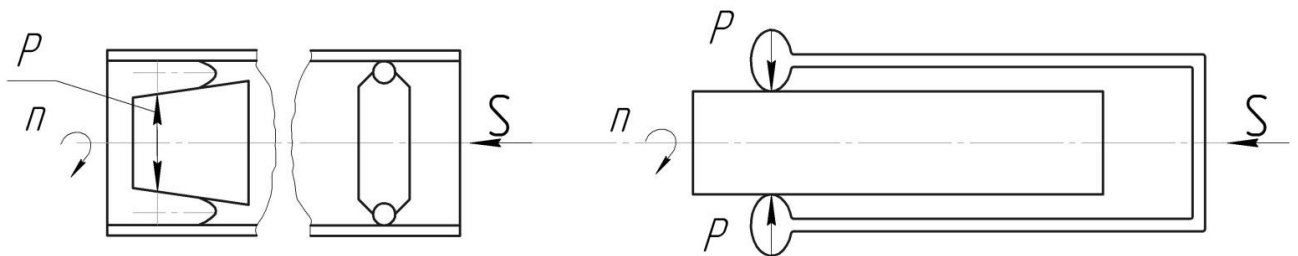
При ударних методах (рис. 1.1, г) інструмент, робочі тіла або середовище багато разів впливають на всю поверхню, що обробляється або на її частину, при цьому сила впливу P в кожному циклі змінюється від нуля або від деякого значення до максимуму, а у разі локального ударного впливу зона деформування може (як і у статичних методах) послідовно і рівномірно пройти всю поверхню, що обробляється.

Інструментами при ППД можуть бути ролик, куля з примусовою віссю обертання або без неї, гладилка, дорн з неріжучими кільцями, бойок-чекан та ін. Як робочі тіла, при ППД можуть бути використані дріб, кульки з сталі, скла, пластмаси і ін. Робочим середовищем при ППД можуть бути рідина, газ і їх суспензії з частками абразиву.

Класифікація методів ППД

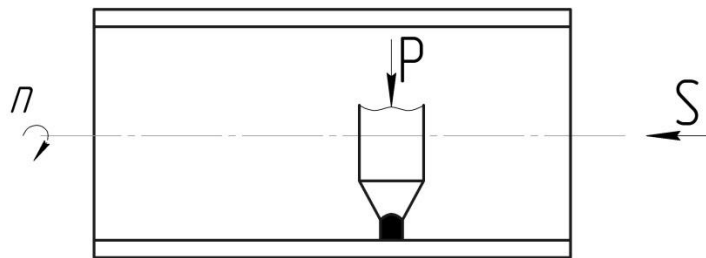
I. Статичні методи.

1.1 Зміцнення розкочуванням і обкачуванням.



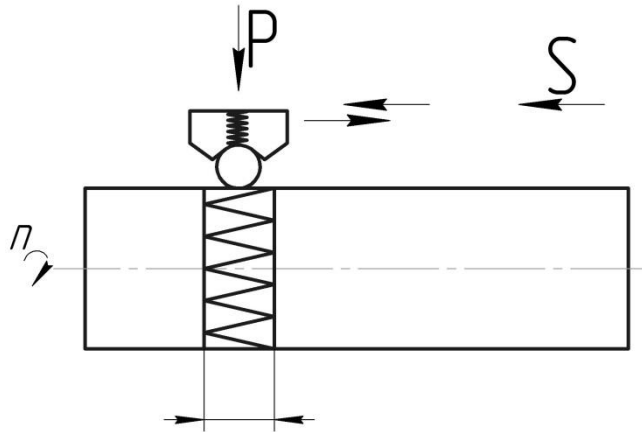
Кочення інструмента (ролик, куля) по поверхні, що обробляється, для плоских і опуклих поверхонь - обкачування, для внутрішніх поверхонь - розкочування. Поверхні тіл обертання типу втулок, валів і плоскі поверхні, HRC<45-55. Універсальне і спеціальне обладнання. Серійне і масове виробництво.

1.2 Вигладжування.



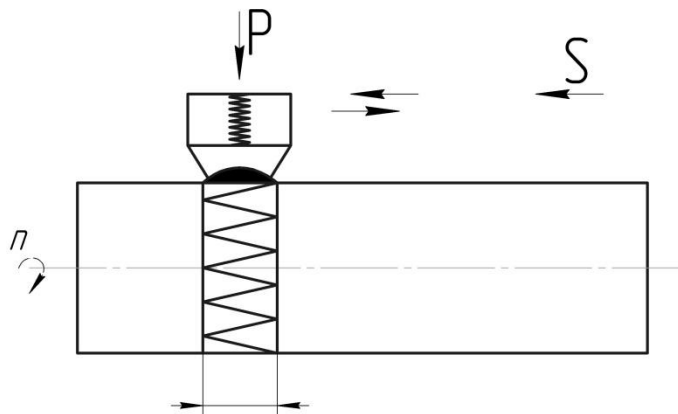
Ковзання інструмента по локально контактуючої з ним поверхні. Поверхні тіл обертання, HRC <70. Тонкостінні і нерівномічні деталі. Універсальне обладнання. Одиначне і серійне виробництво.

1.3 Вібраційне накочення.



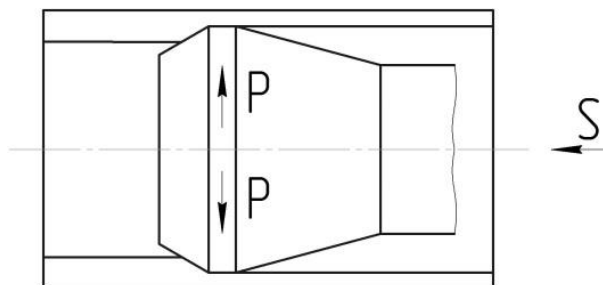
Накочення або вигладжування при вібрації інструмента (куля, що вигладжує, наконечник) по дотичній до поверхні металу, що деформується. Поверхні тіл обертання і плоскі поверхні.

1.4 Вібраційне вигладжування.



Універсальне обладнання. Одиначне і серійне виробництво.

1.5 Поверхнєве дорнування.

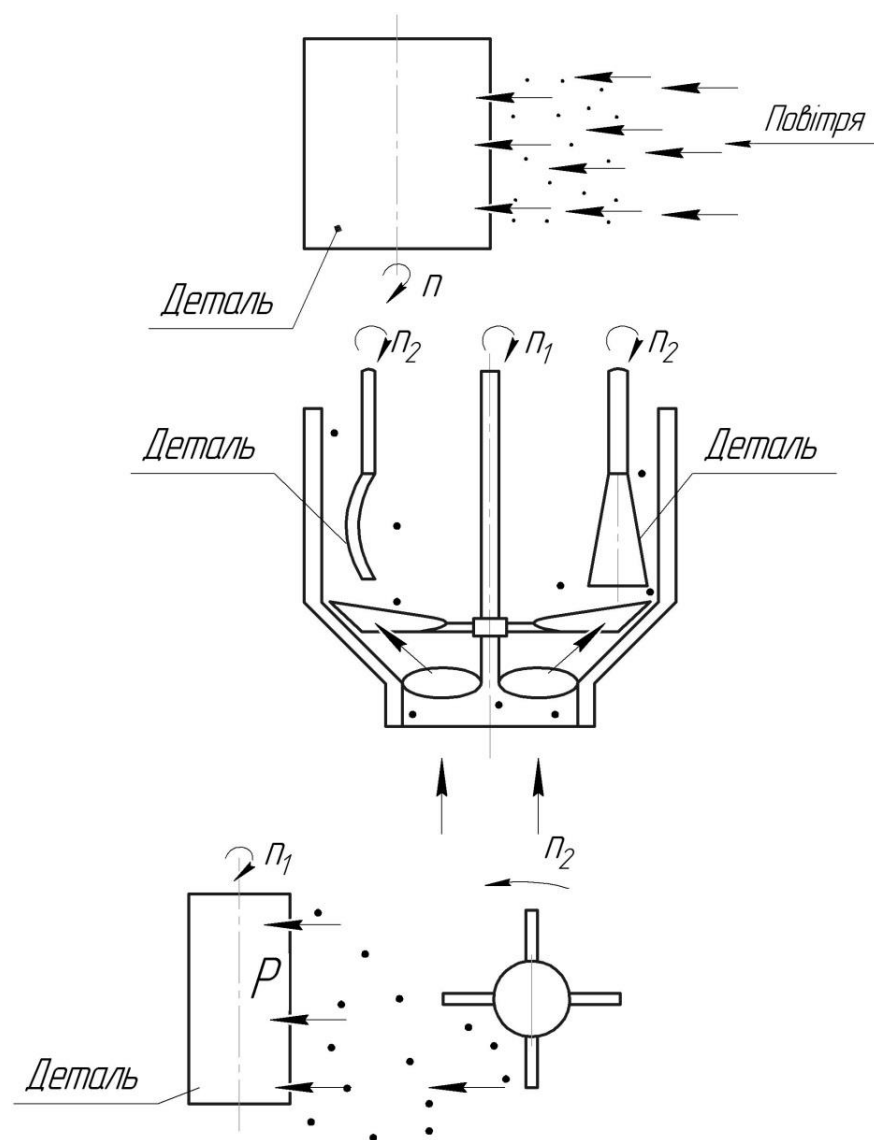


Поступальне ковзання дорна по поверхні, що його охоплює. Деталі типу втулок і труб. Спеціальне або протяжне і пресове обладнання. Серійне і масове виробництво.

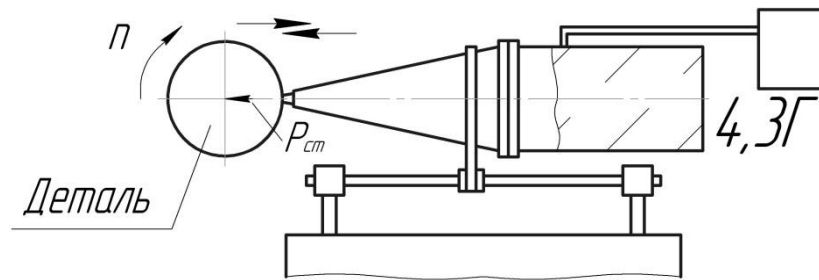
2. Ударні методи.

2.1 Дробоструменева, дробометна , гідродробоструменева обробка (відповідно)

Удари дробу по поверхні металу, що деформується. Дріб - круглі тіла з різних матеріалів. У залежності від джерела кінематичної енергії (струміль газу, рідина, газ із рідиною, обертання ротора (дробомету) обробка називається гідродробоструменевою, гідропневмод-робоструменевою, дробометною. Поверхні різної конфігурації, HRC<55. Спеціальне обладнання. Серійне і масове виробництво.

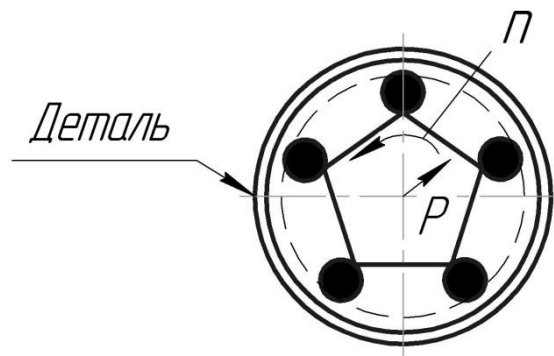


2.2 Ультразвукова обробка.



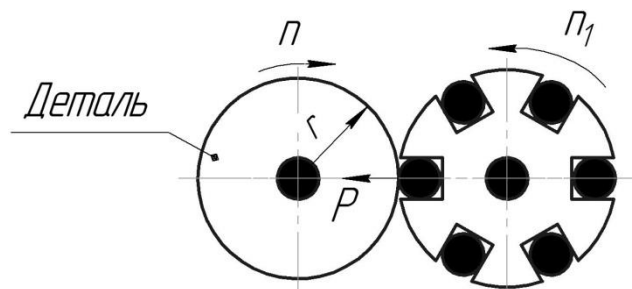
До постійної сили додається сила ударів ультразвукових коливань. Поверхні тіл обертання. Універсальне обладнання, оснащене ультразвуковим генератором і головкою. Одиначне і серійне виробництво.

2.3 Ударне розкочування.



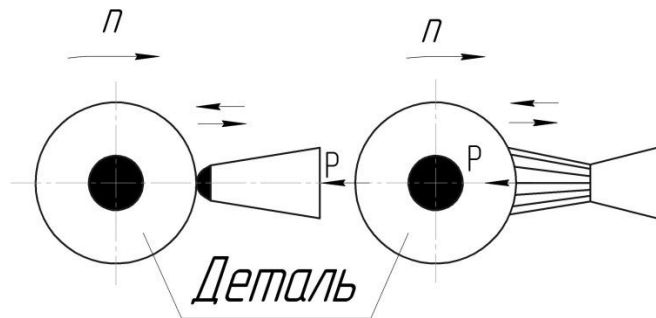
Ролики створюють удари в момент проходження виступаючих елементів опори. Поверхні типу втулок і труб, $HRC < 50$. Універсальне і спеціальне обладнання. Серійне і масове виробництво.

2.4 Відцентрова обробка



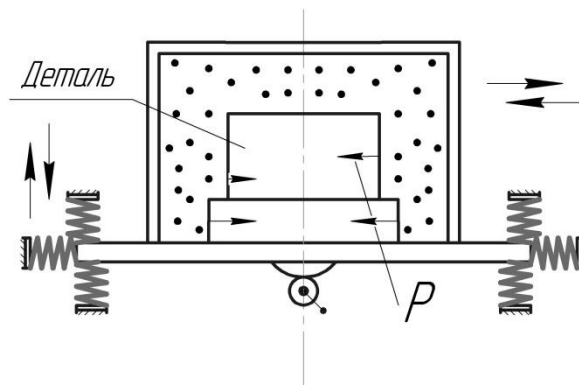
Удари інструмента по поверхні, що обробляється під дією відцентрової сили. Поверхні тіл обертання і плоскі поверхні, HRC < 50. Універсальне обладнання. Серійне і масове виробництво.

2.5. Зміцнення карбуванням



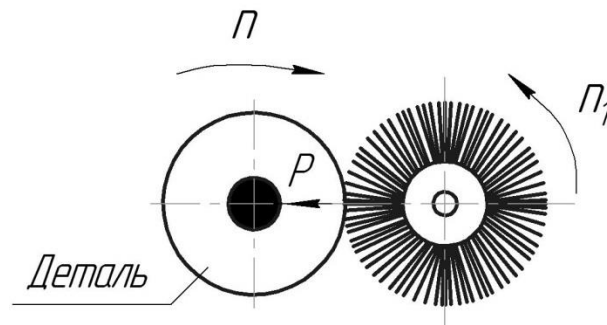
Ударна дія деформуючої сили при зворотно-поступальному переміщенні інструмента. Поверхні тіл обертання і плоскі поверхні, HRC < 50. Універсальне і спеціальне обладнання. Одиначне, серійне і масове виробництво.

2.6 Вібраційна ударна обробка



Удари робочими тілами (дріб) закріплених деталей у замкненому об'ємі при його вібрації. Поверхні різної конфігурації, HRC < 55. Спеціальне обладнання. Серійне і масове виробництво.

2.7 Обробка механічною щіткою



Удари кінцями дроту механічної щітки, що обертається. Поверхні різної конфігурації, HRC < 55. Універсальне і спеціальне обладнання. Одиничне, серійне і масове виробництво.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. За результатами аналізу схем зміцнення поверхні методами ППД визначити:
 - технологічні особливості статичних методів ППД;
 - технологічні особливості ударних методів ППД;
 - методи обробки ППД, що забезпечують мінімальні значення шорсткості поверхні;
 - методи ППД, які застосовують для обробки поверхонь обертання, плоских поверхонь, виробів складної форми, тощо.
2. Зробити висновки по роботі.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ ОБКОЧУВАННЯМ КУЛЬКОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Мета роботи: Визначити основні параметри зміцнення поверхні при обкочуванні кульковим інструментом.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Обкочування кульковим інструментом відноситься до статичних методів поверхнево пластичного деформування (ППД). Застосовується в багатьох виробничих циклах на промисловості для надання поверхні виробу необхідних властивостей.

Кульковий інструмент можна класифікувати за наступними ознаками: характеру оброблюваних поверхонь – для зовнішніх циліндричних, внутрішніх циліндричних та для плоских; числу деформуючих елементів – однокульковий і багатокульковий; характеру створення деформуючої сили – пружній та жорсткий (деформуюча сила в пружному інструменті створюється з допомогою тарованої пружини, пневматичним або гідравлічним способом, в жорсткому інструменті – завдяки натягу між інструментом і поверхнею, що обробляється). Кульковий інструмент застосовують для обробки спеціальних або складно профільних поверхонь – сфер, галтельних переходів, жолобів підшипників тощо.

Широке застосування обкочування дозволяє з розрахованою точністю впливати на показники зміцнення поверхні (НВ, шорсткості, глибини контактної зони та ін.). В залежності від умов обробки можливо отримання різних показників ППД наприклад шорсткість прямо пропорційна подачі у другій ступені і обернено пропорційна шорсткості кулі (рис. 2.1, 2.2).

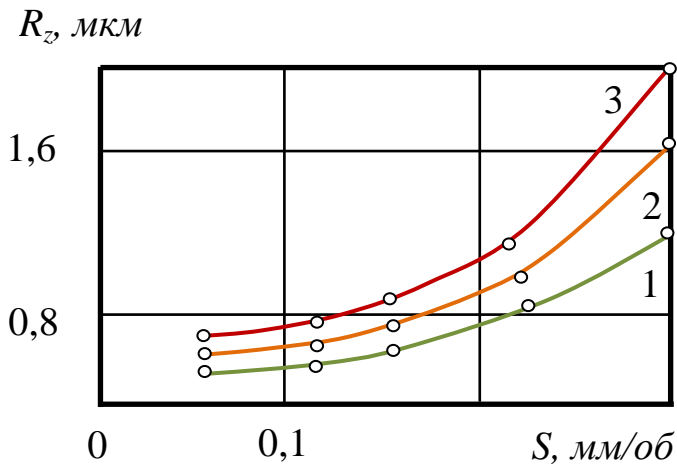


Рис. 2.1. Залежність параметру шорсткості R_z від подачі S при обточуванні сталі ШХ15 ($P=1500$ МПа; $V=80$ м/хв) для різних діаметрів кульки 1 – $D_k=40$ мм; 2 – $D_k=20$ мм; 3 – $D_k=9.4$ мм

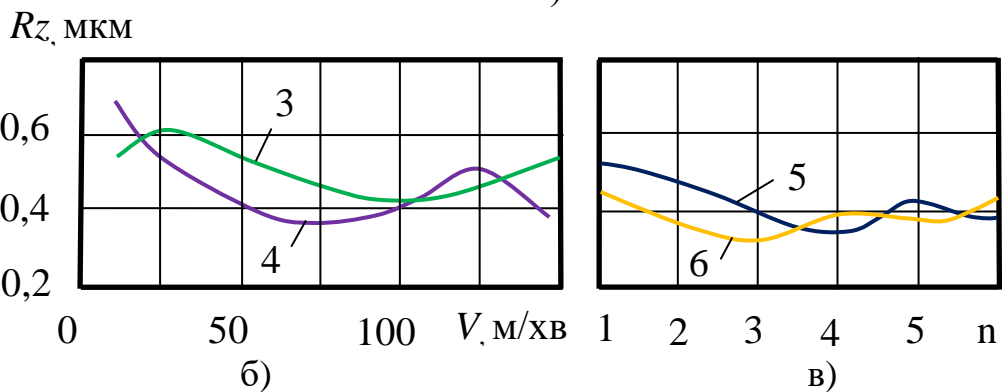
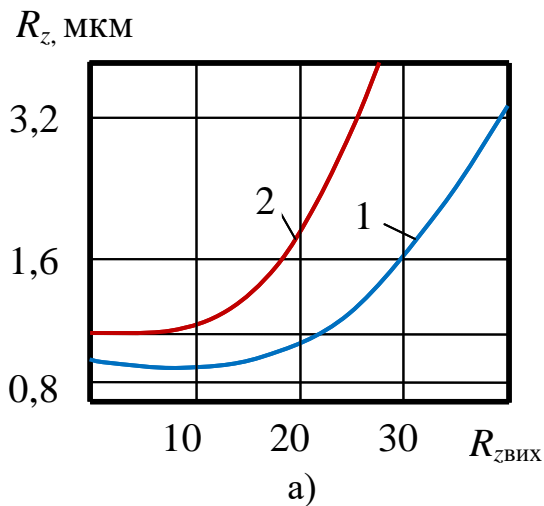


Рис. 2.2. Залежність R_z від різних умов обробки: а - від вихідного параметру шорсткості $R_{z \text{ вих}}$; б - від швидкості; в - від числа робочих ходів; 1; 2 – сталь 45 при $P=1200$ МПа та 1700 МПа відповідно; 3 – сталь 45, 4 – сталь 20; 5 – сталь 45, 6 – сталь 20.

Поряд з іншими показниками суттєво впливають і цикли навантаження та сила обкочування що ми бачимо з рис. 2.3 (1- на R_a оброблюваної поверхні; 2 - на поверхневу твердість H ; 3 - на глибину зміцненого шару h) в зоні I відбувається переважно зменшення шорсткості, в зоні II - переважно зміцнення поверхневого шару, в зоні III - роззміцнення.

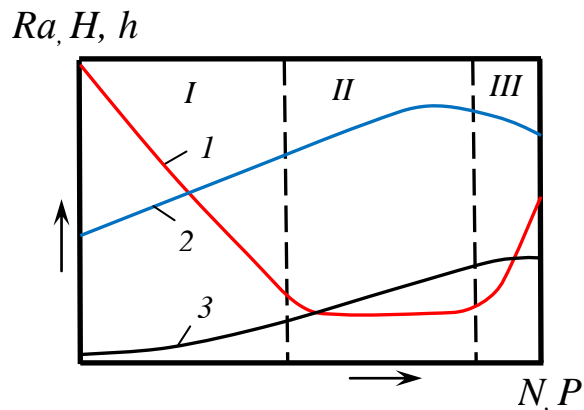


Рис. 2.3. Рис. 40. Характер впливу числа циклів навантаження N і сили обкочування P

1- на параметр шорсткості поверхні R_a ; 2 - на твердість поверхні H ; 3 - на глибину зміцненого шару h

Твердість поверхні також залежить від обладнання та умов обкочування, але в більшій мірі впливає сила P (чим більше P , тим більше H). Підвищення H спостерігається до глибини 2 мм, безконтрольне підвищення P не веде до збільшення H так, як відбувається явище перенаклепу. Залежності твердості від параметрів можна побачити на рисунках.

При збільшенні подачі твердість зменшується, оскільки для ефективного зміцнення кратність додавання сил повинна бути 2.

З метою більш раціонального використання часу та матеріалу слід узгоджувати отримані результати з довідниками.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Згідно з варіантом індивідуального завдання визначити силу обкочування при співвідношенні діаметр виробу до діаметру обкочуючого ролика:

$D/d > 10$

$$P = q \cdot \left(\frac{(d \cdot q)}{(0.045 \cdot E)} \right)^2, \text{ Н} \quad (2.1)$$

$D/d < 10$

$$P = q \cdot \left(\frac{(D \cdot q)}{(0.054 \cdot E \cdot (\frac{D}{d} - 1))} \right)^2, \text{ Н} \quad (2.2)$$

де E - модуль пружності оброблюваного матеріалу ($E = 2 \cdot 10^{11}$) Па;

D – діаметр виробу, м; d – діаметр ролика, м; q – номінальне зусилля, Па.

Подачу (на оберт, або подвійний хід) за формулою:

$$S = 2,87 \sqrt{r \cdot R_z}, \text{ м/об (мм/об)} \quad (2.3)$$

де r – радіус ролика, м; R_z – шорсткість поверхні, м.

Швидкість обкочування:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/с; (мм/с)} \quad (2.4)$$

де D - діаметр виробу, м; n - число обертів шпинделя, с^{-1} .

Глибину наклепу за формулою:

$$h = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_t}} \text{ м, (мм)} \quad (2.5)$$

де σ_t – межа текучості, Па.

Зміна твердості по Брінеллю:

$$\Delta HB = \frac{4P10^{-3}}{\pi d^2} \quad (2.6)$$

де d - діаметр кульки, мм; P – сила обкочування, МПа.

Ширину канавки на початку обкочування:

$$l_k = 4 \sqrt{\left(\frac{P}{HB} \right)}, \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Завдання:

№ варіанту	Марка сталі	σ_t , МПа	$q, \cdot 10^6$ Па	$D \cdot 10^{-3}$ м	$d \cdot 10^{-3}$ м	$R_z \cdot 10^{-6}$ м	n $x_{в.}^{-1}$	$HВ_{поч}$
1	65Г	44	400	80	10	80	30	250
					12			
					14			
2	70Г	46	350	100	12	78	29	250
					14			
					16			
3	08кп	18	300	120	14	75	28	130
					16			
					18			
4	А12	57	250	140	16	70	27	160
					18			
					20			
5	А30	67	200	160	18	65	26	185
					20			
					22			
6	А40	75	150	180	20	60	25	190
					22			
					24			
7	75	90	150	200	22	55	24	220
					24			
					26			
8	80	95	140	260	24	50	23	220
					22			
					20			
9	85	100	150	280	26	48	22	240
					24			
					22			
10	15Г	25	160	300	28	46	21	163
					26			
					24			
11	30Г	32	170	320	30	44	20	200
					28			
					26			
12	35Г	34	180	340	32	42	19	210
					30			
					28			
13	45Г	38	190	360	34	40	18	220
					32			
					30			
14	50Г	40	200	380	36	38	17	230
					34			
					32			
15	60Г	42	210	400	38	36	16	240
					36			
					34			

Контрольні запитання

1. Поясніть сутність методу зміцнення поверхні розглянутого в практичній роботі?
2. Які показники процесу більш впливають на якість поверхні?
3. Чи є обмеження на розміри деталі та інструмента? Якщо є, то які?
4. Чи можливе не обмежене підвищення твердості та глибини?

Записати залежності для знаходження твердості та глибини.

5. Замалювати принципову схему розкатника.
6. Поясніть побудовані в практичній роботі графічні залежності.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ ОБКОЧУВАННЯМ І РОЗКОЧУВАННЯМ РОЛИКОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Мета роботи: Визначити основні параметри зміцнення поверхні при обкочуванні кульковим інструментом

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ролики для розкочування й обкочування бувають двох видів - стрижневі і кільцеві; їх підрозділяють на 15 типів (табл. 3.1), причому деякі типи мають кілька виконань. Стрижневі ролики можуть бути конічними і циліндричними, можуть мати торову і конічну західну поверхню чи їх виконують без західної поверхні, з хвостовиками чи з цапфами з однієї чи з двох сторін. Кільцеві ролики мають посадковий отвір, їхня робоча поверхня може бути торовою, конічною чи циліндричною, асиметричною чи симетричною, з західною поверхнею чи без неї. Поверхня кільцевих циліндричних роликів може мати регулярні елементи чи може бути виконана у виді виступаючих синусоїд. Це забезпечує на поверхні, що обробляється, одержання заданого мікрорельєфу .

Ролики 1-го і 2-го типів застосовують для накочування з осьовою подачею циліндричних безупинних поверхонь, ролики 3-го типу дозволяють обробляти поверхні до упору. Ролики 4-го і 5-го типів використовують головним чином для обробки з радіальною подачею, 6-го типу - для обробки як з радіальної, так і з осьовою подачами. Ролики 6-го типу - циліндричні, стрижневі, ролики інших типів - конічні. Ролики деяких типів і виконань можуть бути використані зі стандартних роликотідшипників.

Кільцеві ролики 7-го і 9-го типів призначені для зміцнюючого накочування з осьовою подачею, а 12-го типу - з радіальною подачею. Ролики

8-го і 13-го типів використовують для накочування, що зміцнює калібрує, відповідно з осьовою і радіальною подачами.

Табл. 3.1. Основні типи роликів

Тип	Матеріал	Вид	Тип	Матеріал	Вид	Тип	Матеріал	Вид	Тип	Матеріал	Вид
1	1		7	1		10	1		13	1	
2	2		8	2		11	1		14	1	
3	2		9	1		12	1		15	1	
4	3		9	2		12	2		15	2	
5	2										
6	1		9	1		12	1		15	1	
6	2		9	2		12	2		15	2	

Конічними роликами (10-го типу) можна накочувати канавки і створювати регулярний мікрорельєф. Для одержання повного чи часткового регулярних мікрорельєфів призначені також ролики 11-го, 14-го і 15-го типів.

У поверхні роликів повинна бути HRC 62-65, тому їх виготовляють переважно зі сталей ШХ15 і ШХ15СГ (ДСТ 801-78).

У накочуваних і західних поверхонь роликів $R_a < < 0,10$ мкм, у третьових поверхонь роликів $R_a < 0,40$ мкм, у посадкових нетертьових поверхонь роликів $R_a < 0,80$ мкм, у неробочих поверхонь роликів $R_a < 1,60$ мкм.

Стрижневі ролики рекомендується застосовувати переважно в багатороликовому накатному інструменті сепараторного типу для накочування деталей, що мають форму циліндра чи конуса, а також для обкочування плоских кільцевих поверхонь буртів і торців деталей. У подібному інструменті ролики розміщуються в сепараторі і при роботі котяться по опорній поверхні інструмента.

Кільцеві ролики рекомендується застосовувати переважно в голівках одно-, дво- і трьохроликових пристосувань для накочування деталей, що мають форму циліндра, а також для накочування плоских поверхонь.

Переважне призначення роликів кожного типу не виключає їхнього використання по іншому призначенню, наприклад, ролики 3-го типу можуть бути використані для накочування з осьовою подачею циліндричних безупинних поверхонь на безступінчастих валах і в наскрізних отворах.

Стрижневі ролики варто виконувати діаметром не більш 18 мм, кільцеві - діаметром не більш 160 мм. Відношення довжини поверхні, що накочує, до діаметра ролика повинне бути: для роликів 1-3-го і 6-го типів 1-го і 2-го виконань - не більш 4; для роликів 4-6-го типів 3-го і 4-го виконань - не більш 14.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Згідно з варіантом індивідуального завдання визначити:

Зусилля на ролик при співвідношенні діаметр виробу до діаметру обкочуючого ролика:

$$D/d < 10$$

$$P = \frac{Db_1q^2}{0,126 E(D/d + 1)}, \text{ Н}; \quad (3.1)$$

$$D/d \geq 10$$

$$P = \frac{Db_1q^2}{0,18E(D/d-1)}, \text{ Н;} \quad (3.2)$$

де E - модуль пружності матеріалу, що оброблюється; прийняти $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па.
 q - номінальне зусилля, Па; b_1 - ширина контакту ролика з виробом, що оброблюється, $b_1 = \varepsilon \cdot 2r$; ε - ступінь пластичної деформації (звичайно $\varepsilon = 0.5$); r - профільний радіус ролика, м

Подачу (на оберт, або подвійний хід):

$$S = 2,87\sqrt{r \cdot R_z}, \text{ м/об (мм/об)} \quad (3.3)$$

де r – радіус ролика, м; R_z – шорсткість поверхні, м.

Швидкість обкочування:

$$v = \frac{\pi Dn}{1000}, \text{ м/с; (мм/с)} \quad (3.4)$$

де D - діаметр виробу, м; n - число обертів шпинделя, с^{-1}

Глибину наклепу за формулою:

$$h = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T}}, \text{ м; (мм)} \quad (3.5)$$

де σ_T – межа текучості, Па.

Зміна твердості по Брінеллю:

$$\Delta HB = \frac{4P10^{-3}}{\pi d^2} \quad (3.6)$$

де d - діаметр ролика, м; P – сила обкочування, Па.

Ширину канавки на початку обкочування:

$$l_k = 4\sqrt{\left(\frac{P}{HB}\right)}, \text{ мм.} \quad (3.7)$$

Вихідні дані:

Марка сталі	$\sigma_t \cdot 10^6$, Па	$q \cdot 10^6$, Па	$D \cdot 10^{-3}$, м	$d \cdot 10^{-3}$, м	$r \cdot 10^{-3}$, м	$R_z \cdot 10^{-6}$, м	n	НВ _{поч}
65Г	44	150	80	9	4	100	15	250
		160				90		
		170				80		
70Г	46	160	90	10	2	98	14	250
		170				80		
		180				70		
08КП	18	170	100	11	4	96	13	130
		180				70		
		190				60		
30Х	70	180	110	12	2	94	12	180
		190				60		
		200				50		
35ХМ	85	190	120	13	4	92	11	210
		200				80		
		210				70		
30ХМ	75	200	130	14	6	90	10	210
		210				70		
		220				60		
20ХГСА	65	210	140	15	4	88	9	210
		220				60		
		230				50		
20ХН	60	220	150	16	8	86	8	180
		230				70		
		240				60		
45ХН	85	250	170	17	2	84	7	200
		260				60		
		270				50		
30ХН3А	80	280	180	18	5	82	6	240
		270				70		
		260				50		
3Х13	45	300	190	19	4	70	5	190
		290				60		
		280				50		
1Х12СЮ	42	350	200	20	3	65	4	180
		340				50		
		330				40		
Х17	25	380	210	21	2	60	3	190
		370				50		
		360				40		
4Х13	45	400	220	22	3	55	2	200
		380				40		
		360				30		
9Х18	46	460	240	23	2	50	1	250
		400				40		
		350				30		

Контрольні запитання.

1. Поясніть сутність методу зміцнення поверхні розглянутого в практичній роботі?
2. Які показники процесу більш впливають на якість поверхні?
3. Чи є обмеження на розміри деталі та інструмента? Якщо є, то які?
4. Чи можливе не обмежене підвищення твердості та глибини?

Записати залежності для знаходження твердості та глибини.

5. Замалювати принципову схему розкатника.
6. Поясніть побудовані в практичній роботі графічні залежності.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

ЗМІЩЕННЯ ПОВЕРХНІ РОЗКОЧУВАННЯ ЖОРСТКИМИ СЕПАРАТОРНИМИ РОЗКАТНИКАМИ

Мета роботи: Визначити за вихідними даними варіанту діаметр і довжини ролика, кут вдавлювання, кількість роликів, швидкість обробки кількість обертів, силу обробки.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для розкочування внутрішньої поверхні застосовують однороликові та багатороликові пристрої, які поділяють на без сепараторні, сепараторні (обойма) і спеціальні. В сепараторних пристроях ролики вільно котяться по поверхні і утримуються від випадання за допомогою сепаратора. Сепараторні пристрої мають обмежені технічні можливості по обробці поверхонь різних діаметрів вони більш складні по конструкції, але більш продуктивні тому їх доцільно застосовувати в масовому виробництві. По характеру навантаження роликів, пристосування поділяють на механічні, пневматичні, гідравлічні або комбіновані.

При розкочуванні жорсткими сепараторними розкатниками на якість оброблюваної поверхні основний вплив мають наступні параметри: конфігурація, розміри і кількість роликів; кут втиснення α роликів; натяг i ; подача S та кут установки φ роликів; швидкість обробки V ; число робочих ходів.

Конфігурацію роликів вибирають з врахуванням можливості використання стандартних роликів (табл. 4.1).

Табл. 4.1. Конфігурація деформуючих роликів сепараторного розкатника

Група	Форма ролика	Пляма контакту	Група	Форма ролика	Пляма контакту
I			III		
II			IV		

У розкатниках використовують ролики діаметром 2 - 20 мм. Оптимальний діаметр ролика d потрібно вибрати в залежності від діаметра оброблюваного отвору D (табл. 4.2).

Табл. 4.2. Значення діаметру ролика d залежно від діаметру отвору D

D , мм	6-15	15-20	20-30	30-40	40-100	100-200
d , мм	2	3	4	6	8	10

Довжина ролика L_p складається з довжин деформуючої l_1 , калібруючої l_2 , і згладжуючої l_3 ділянок. Деформуюча частина виконує основну роботу деформування, забезпечує центрування і захват деталі. Звичайно для роликів з конічною деформуючою частиною вона складає 4 - 25 мм. Довжина $l_{1min}=5i$.

Рекомендується вибрати довжину калібруючої ділянки $l_2=(0,5 - 1,0)d$. Величина l_3 залежить від кута вдавлювання α (заднього кута) та пружних властивостей матеріалу, що оброблюється. У більшості випадків $l_3 \approx l_2$.

Кут вдавлювання α пов'язаний з кутом конусу ролика α_p та кутом опорного конусу α_k : $\alpha = \alpha_p - \alpha_k$, однак α_p не повинен перевищувати 3° , так як у протилежному випадку збільшується прослизання роликів. Дані кута

вдавлювання для різних матеріалів на ведені в табл. 4.3.

Кут $\alpha_k = 45'$ - для роликів із конусною згладжуючою ділянкою.

Табл. 4.3. Кути вдавлювання α при обкочуванні

Матеріали, що обробляються	Висока жорсткість деталі	Низька жорсткість деталі
Незагартовані сталі, алюмінієві сплави, бронза	10' – 30'	30' -50'
Загартовані сталі	15' - 40'	40' -1°
Чавун	50' - 1°10'	1°10' - 1°40'

Роликів у розкатнику повинно бути як можна більше, і число їх (z) має бути парним.

При малих діаметрах роликів (4-6 мм) досягаються найбільші зміцнення поверхні і зниження шорсткості, потрібний менший натяг.

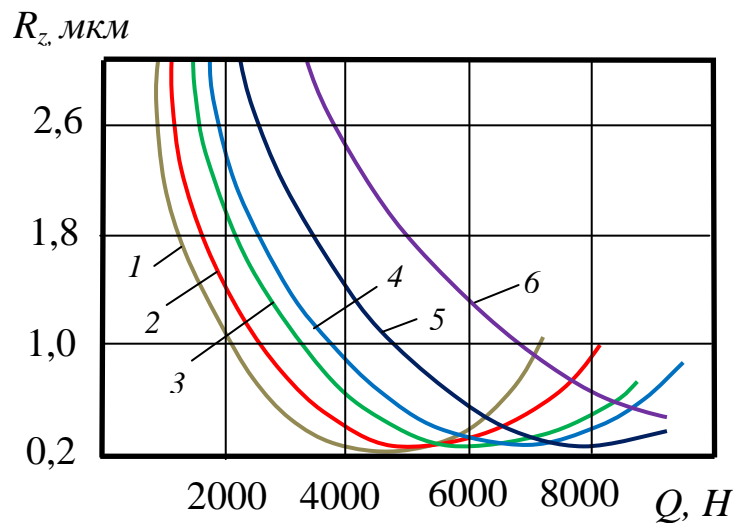


Рис. 4.1. Залежності параметра шорсткості R_z після розкочування від радіальної сили Q для роликів різних діаметрів:

1 - 8 мм; 2 - 10 мм; 3 - 13 мм; 4 - 15 мм; 5 - 20 мм; 6 - 30 мм (матеріал сталь 45, HV 170 -200; R_{zmax} - 12 мкм; $D = 100$ мм; $S = 0,084$ мм/об, $\alpha = 0^\circ 40'$)

Розкочування доцільно провести за один робочий хід, в деяких випадках - за два робочих ходи, але не більше.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Згідно з варіантом індивідуального завдання визначити:

Число роликів

$$z = \frac{(\pi D - d)}{(d + b)} \quad (4.1)$$

де $b = 10 \cdot 10^{-3}$ м - відстань між сусідніми роликами; d - діаметр ролика, м.

Зусилля при розкочуванні

$$P = \frac{(D \cdot d \cdot q^2 \cdot z)}{(0.232 \cdot E)}, \text{ Н}, \quad (4.2)$$

де D -діаметр деталі, м; d -діаметр ролика, м; q -номінальне зусилля, Па; E - модуль пружності матеріалу, Па.

Довжину ролика

$$l_p = l_1 + l_2 + l_3$$

$$l_1 = 5 \cdot i$$

$$l_2 = 0.5 \cdot d$$

$$l_3 = l_3$$

Кут вдавлювання

$$\alpha = \alpha_p - \alpha_k \quad (4.3)$$

де α_p - кут конусу ролика, $\alpha_p = 3^0 = 180'$; α_k - кут опорного конусу, $\alpha_k = 4 \cdot d$ (d в мм)

Кут самоподачі

$$\varphi = \arctg\left(\frac{S}{(\pi \cdot D)}\right) \quad (4.4)$$

де S - подача, м/об; D -діаметр деталі, м.

Кількість обертів деталі

$$n = \frac{(V \cdot 1000)}{(\pi D)}, \text{ с}^{-1}; \quad (4.5)$$

де D - діаметр виробу, м; V – швидкість обертання деталі, м/с.

Вихідні дані

Варіант	Матеріал, Па	$d \cdot 10^{-3}$, м	$D \cdot 10^{-3}$, м	i	$S \cdot 10^{-3}$, м/об	V , мм/с	$q \cdot 10^6$, Па
1	Al $E=0,68 \cdot 10^{11}$	14	100	0,04	0,5	10	80
2		10	90	0,06	0,4	20	90
3		12	80	0,08	0,3	25	100
4	Бронза $E=1,03 \cdot 10^{11}$	8	70	0,08	0,15	25	180
5		4	60	0,13	0,15	40	250
6		6	50	0,14	0,15	45	200
7	Ti $E=1,16 \cdot 10^{11}$	4	60	0,05	0,4	5	250
8		8	70	0,08	0,2	12	190
9		10	80	0,1	0,15	20	300
10	Сталь $E=2 \cdot 10^{11}$	12	90	0,12	0,2	20	200
11		14	100	0,15	0,15	40	400
12		12	90	0,18	0,1	50	300
13		10	80	0,12	0,1	10	400
14		8	70	0,15	0,1	20	500
15		4	60	0,2	0,1	30	600

Контрольні запитання.

1. Поясніть сутність методу зміцнення поверхні розглянутого в практичній роботі?
2. Які показники процесу більш впливають на якість поверхні?
3. Чи є обмеження на розміри деталі та інструмента? Якщо є, то які?
4. Чи можливе не обмежене підвищення твердості та глибини?

Записати залежності для знаходження твердості та глибини.

5. Замалювати принципову схему розкатника.
6. Поясніть побудовані в практичній роботі графічні залежності.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ ВІБРООБКОЧУВАННЯ І ВІБРОВИГЛАДЖЕННЯ

Мета роботи: Визначити основні параметри режиму віброобкочування і вібровигладження: зусилля обробки, подачу інструмента, швидкість обробки, глибину обробленого шару, площу канавок.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Віброобкочування і вібровигладжування відносяться до статичних методів ППД. Застосовуються в багатьох виробничих циклах промисловості для надання поверхні виробу необхідних властивостей.

Широке застосування обкочування дозволяє з розрахованою точністю впливати на показники зміцнення поверхні (НВ, шорсткості, глибини контактної зони та ін.). В залежності від умов обробки можливо отримання різних показників ППД. Мікрорельєф, що отримується при віброобкочуванні, по характеру і щільності синусоїдальних каналів поділяють на чотири види (рис. 5.1, б - д). Варіювання форм, розмірів і розташування мікронерівностей на поверхні досягається зміною режимів обробки: $S, P, l, n, d_k(R)$.

При оцінці стабільності регулярного мікрорельєфу за критерій приймають збереження відносного розташування каналів і глибини h канавки. Найбільш характерними є два різновиди мікрорельєфу: система паралельних каналів (рис. 5.1, ж) і «правильна» сітка каналів (рис. 5.1, е), утворення яких залежить від того, де знаходиться інструмент після кожного оберту деталі - в синфазі з синусоїдальною канавкою, що утворилася за попередній оборот, або у протифазі по відношенню до неї. Системи каналів, що займають проміжне положення між правильною сіткою каналів і паралельними каналами, носять характер спотворених каналів, що наближаються до одного або іншого вигляду.

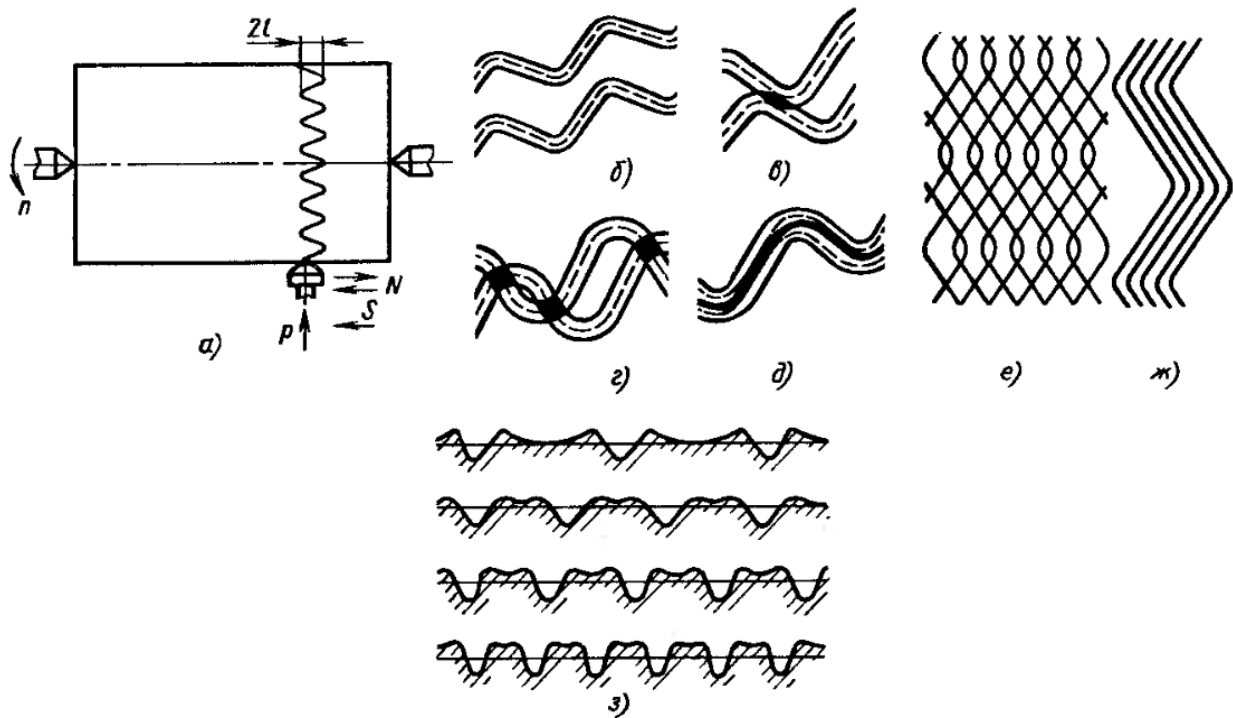


Рис. 5.1. Характер мікрогеометрії, що отримується при віброобточуванні (вібровигладжуванні):

а - схема процесу; б - д – схеми взаємного розташування каналів (б - канали не торкаються один одного; в - канали торкаються; г - канали перетинаються; д - канали накладаються); е, ж - характерні випадки поєднання сусідніх каналів (е - сітка каналів; ж - паралельні канали); з - зміна характеру напливів по краях паралельних каналів при їх зближенні

Радіус інструмента вибирають в залежності від отриманої сили, і заданих глибини і ширини каналів (площі) з урахуванням жорсткості і габаритних розмірів деталі, що обробляється, а також твердості матеріалу, що обробляється. Із зменшенням габаритних розмірів деталей також доводиться зменшувати радіус інструмента для того, щоб отримати необхідний малюнок поверхні.

Накочення або вигладжування при вібрації інструмента (куля, що вигладжує наконечник) по дотичній деформує метал поверхні тіл обертання і плоскі поверхні.

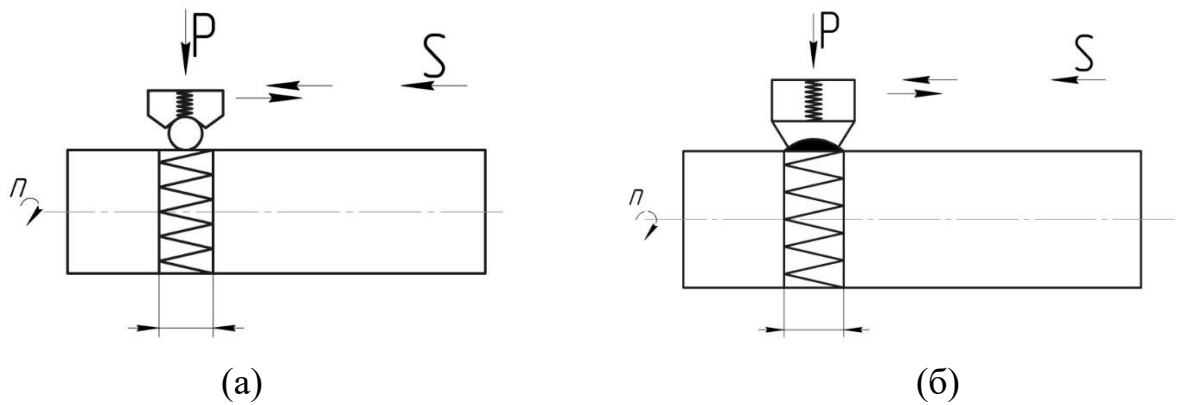


Рис. 5.2. Схеми вібраційного накопчення (а) та вигладжування (б).

Глибина каналів залежить від властивостей матеріалу, що обробляється, і може бути вибрана в залежності від його твердості по наступному графіку. При віброобробчанні максимальна глибина каналів в 1,5-2,0 рази більше (для матеріалів з твердістю $HRC < 50$) (рис. 5.3).

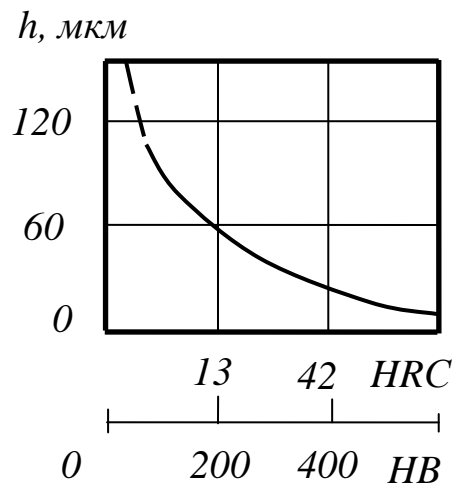


Рис. 5.3. Залежність глибини каналів від твердості оброблюваних матеріалів

Амплітуду коливань змінюють від 0 до 4 мм; збільшення її більше за 4 мм спричиняє різке зростання інерційних сил, що погіршує процес обробки.

Число подвійних ходів в хвилину N обмежується можливостями приводів і виникаючими інерційними силами, звичайно $N = 900 \dots 3000$ под. ход/хв.

Частоту обертання деталі, що обробляється n і подачу S вибирають виходячи із заданого малюнка мікрорельєфу з урахуванням можливості обладнання, що використовується. Звичайно $n < 100 \text{ хв}^{-1}$.

Однією з основних характеристик віброоброблених поверхонь є міра перекриття k_n канавками, які видавлюються з поверхні, що обробляється. Величина k_n визначає шлях, пройдений деформуючим елементом в одиницю часу відносно поверхні, що обробляється:

$$k_n = f \left[\frac{N; l; P; d_k(R)}{n; S} \right] \quad (5.1)$$

Важливим параметром мікрорельєфу є відносна площа каналів. Для всіх розглянутих пар тертя знайдена залежність критеріїв знесення від відносної площі каналів, яка встановлена в основу типової залежності для узагальненого критерію знесення k . Оптимальним мікрорельєфом у випадках, що розглядаються є система каналів з їх відносною площею 35-70 %. Характерною особливістю приведеної залежності є те, що зміна відносної площі каналів в широкому діапазоні (//) спричиняє незначну зміну (/) критерію знесення. Це свідчить про велику стабільність експлуатаційних властивостей поверхні з регулярним мікрорельєфом.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Згідно з варіантом індивідуального завдання визначити:

Зусилля обробки в залежності від твердості деталі:

$$\text{HRC} \geq 60$$

$$P = 0.013 HV \left(\frac{(DR)}{(D+R)} \right)^2, \text{ Н} \quad (5.2)$$

$$\text{HRC} < 60$$

$$P = 0.008 HV \left(\frac{(DR)}{(D+R)} \right)^2, \text{ Н} \quad (5.3)$$

де D -діаметр деталі, мм; HV – твердість по Віккерсу, Па; R – радіус робочої частини алмазу, мм.

Подачу (на оберт, або подвійний хід):

$$S=2 \sqrt{d_k R_z}, \text{ м/об (мм/об)} \quad (5.4)$$

де d_k – діаметр кульки, м, $d_k = 2 \cdot R$

Швидкість обкочування:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/хв;} \quad (5.5)$$

де D - діаметр виробу, м; n - число обертів шпинделя, хв⁻¹.

Глибину наклепу:

$$h = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T}} \text{ м, (мм)} \quad (5.6)$$

Відносна площа каналів:

а) при відсутності перетину канавок (рис. 5.1, б)

$$F_k = \frac{z i}{\pi D S} 100, \quad (5.7)$$

де D - діаметр заготовки, що обробляється, м; S - поздовжня подача, м/об; z - коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$z = \frac{4}{\pi} \sqrt{a + c_1}; \quad a = \frac{4\pi^2 l^2 D h d_k}{D - d_k}; \quad c_1 = \frac{d_k h \pi^2 D^2}{i^2},$$

$$i = \frac{N}{n}$$

де d_k - діаметр кулі, м; h - глибина канавки, м, l – амплітуда, м N – частота коливань зміцнювача, подв. хід/хв., n - частота обертання, хв.⁻¹

б) при частковому перетині канавок (рис. 5.1, в)

$$F_k = \frac{i(Q - z)}{\pi D S} 100, \quad (5.8)$$

де Q - площа, яка утворюється при частковому перетині канавок; $Q = \frac{16\pi D l}{2V^3 i}$,

тут $V = S - \frac{2\rho}{8l}$; $\rho = \sqrt{d_k h}$

де l - амплітуда коливань інструмента, мм
в) при повному перетині канавок (рис. 5.1, г)

$$F_{\kappa} = \frac{i(z - 2M)}{\pi DS} 100, \quad (5.9)$$

де E - площа, що утворюється при повному перетині канавок;

$$M = \frac{2\rho[D^2 + i^2(4l^2 - S^2)]}{iD\sqrt{4l^2 - S^2}}, \quad \rho = \sqrt{d_{\kappa}h}$$

Вихідні дані:

№ п/п	Марка сталі	$\sigma_s \cdot 10^6$ МПа	D, мм	HRC	R, мм	$R_z \cdot 10^{-3}$, мм	l, мм	N, подв. хід/хв.	n, хв. ⁻¹	Перетин	HV
1	У10	95	120	58	1,6	20	1	3000	90	Без	825
2	65Г	125	150	42	1,8	25	2	2860	85	Частково	700
3	20Х	63	120	56	2	30	3	2720	80	Повне	805
4	40Х	130	140	45	2,2	35	4	2580	75	Без	720
5	45Х	80	130	50	2,4	40	3	2440	70	Частково	800
6	40ХН	140	140	48	2,6	45	2	2300	65	Повне	750
7	18ХГТ	80	120	56	2,8	50	1	2160	60	Без	815
8	12ХМЗ	70	130	58	3	30	2	2020	55	Частково	820
9	40ХГТ	160	120	60	1	50	3	1880	50	Повне	930
10	38ХЮ	80	100	62	1,2	45	4	1740	45	Без	1000
11	38ХВФЮ	70	110	62	1,4	40	3	1600	40	Частково	1020
12	ШХ15	170	100	64	1,2	35	2	1460	35	Повне	1100
13	ХГ	100	90	62	1	30	1	1320	30	Без	1020
14	45	120	120	60	1,2	25	2	1180	25	Частково	940
15	А12	90	100	62	1,4	20	3	1040	20	Повне	1010
16	А40Г	75	110	60	1,2	15	4	900	15	Без	950

Контрольні запитання.

1. Поясніть сутність методу зміцнення поверхні розглянутого в практичній роботі?
2. Які показники процесу більш впливають на якість поверхні?
3. Чи є обмеження на розміри деталі та інструмента? Якщо є, то які?
4. Чи можливе не обмежене підвищення твердості та глибини?
Записати залежності для знаходження твердості та глибини.
5. Замалювати принципову схему обкочувача.
6. Поясніть побудовані в практичній роботі графічні залежності.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

ВІБРОУДАРНА ОБРОБКА ПОВЕРХНІ

Мета роботи: Визначити параметри режиму віброударної обробки (користуючись вихідними даними таблиці у відповідності із варіантом, наступними формулами і наведеними графіками); а саме - силу ударного імпульсу частки P , частоту коливань ω , тривалість обробки τ , технологічні параметри h та $HВ$. Зробити висновки.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вібраційна ударна (віброударна) обробка є різновидом об'ємної вібраційної обробки.

Віброударну обробку застосовують для видалення заусенець, скруглень гострих крайок, очищення поверхні деталей, полірування і для зміцнення. Як робочі тіла при віброударній обробці використовують переважно сталеві загартовані кулі, дріб і інші металеві гранули, а обробку роблять найчастіше з закріпленням деталей у робочій камері (контейнері). Унаслідок вібрацій робоче середовище й оброблювані деталі мають перемінні за знаком прискорення і знаходяться в інтенсивному відносному переміщенні, роблячи два види рухів: коливання з частотою, що залежить від частоти коливань робочої камери, і кругові переміщення всієї маси завантаження. Напрямок відносних переміщень деталі і робочих тіл постійно міняється, у результаті чого між ними виникають зіткнення.

У процесі обробки деталі, розміщені без закріплення, займають різне положення, що забезпечує визначену рівномірність їхньої обробки.

Діаметри робочих тіл (куль) вибирають в межах $(1,5-10) \cdot 10^{-3}$ м, виходячи із загальної маси навантажених деталей і мінімальних розмірів елементів поверхні (пази, галтелі, лунки) деталей, що обробляються. Діаметри куль повинні бути не менш ніж в 1,8-2,0 рази менше розмірів цих елементів.

Оскільки ударний імпульс (імпульс ударної взаємодії), а отже, і міра зміцнення прямо пов'язані із збільшенням амплітуди коливань A , то її значення повинне бути по можливості найбільшим. Звичайно це значення обмежене

можливостями вібростатів, що використовуються і складає $(1,5 - 6,0) \cdot 10^{-3}$ м, в деяких випадках до $10 \cdot 10^{-3}$ м.

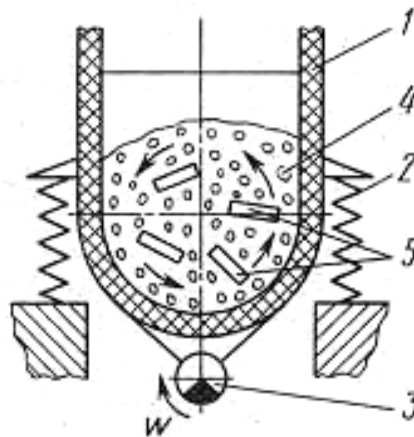


Рис. 6.1. Схема віброударної обробки: 1 – контейнер ; 2 – амортизатори ; 3 – вібростат ; 4 – робочі тіла ; 5 – деталі, що обробляються

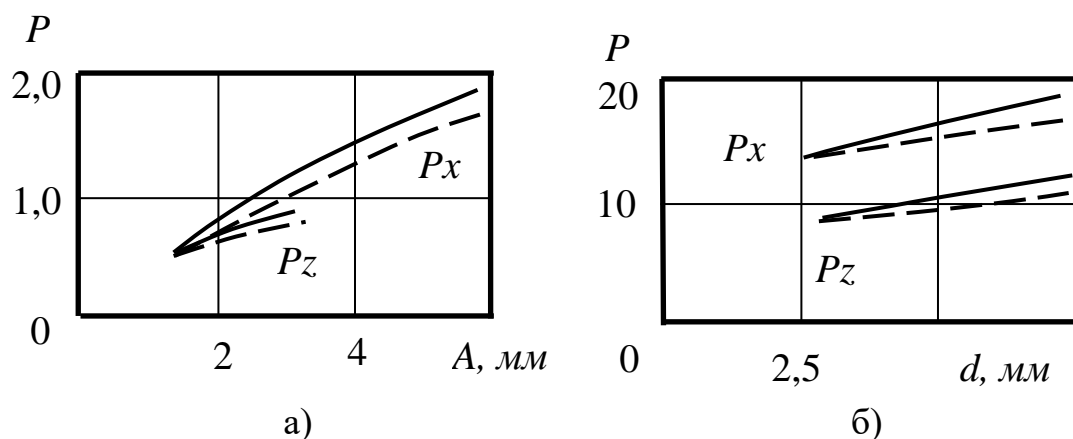


Рис. 6.2. Залежність ударного імпульсу від: а- амплітуди коливань; б- діаметру кульки.

На відміну від інших методів ППД при віброударній обробці практично виключений перенаклеп поверхні, що обробляється, пов'язаний з кратністю прикладання навантаження. Тривалість обробки τ повинна бути обмежена по техніко-економічним міркуванням

Параметри віброударної обробки наступні: амплітуда коливань A по осям координат X ; Y ; Z ; частота коливань ω ; розміри робочих тіл (діаметри кульок); маса робочих тіл і співвідношення маси робочих тіл і маси деталей; тривалість обробки.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Згідно з варіантом індивідуального завдання визначити:

Силу ударного імпульсу:

$$P = \frac{mv^2}{2} 4 \frac{R}{r^2} \left(1 - \frac{3}{8} K^2 \right), \quad (6.1)$$

де m — маса робочої частинки, кг; $m = \frac{4\pi r^3 \rho}{3}$, $\rho = 7800$ кг/м³; v — швидкість зіткнення, м/с; R — радіус кривизни лунки відбитку, м; r — радіус робочої частки, м; $r = d_{\text{ч}} / 2$; K — коефіцієнт, враховуючий втрату швидкості при ударі ($K = 1,50$)

Амплітуда коливань A :

$$A = \frac{(14g)}{(2\pi\omega^2)}, \quad (6.2)$$

де g — прискорення вільного падіння, $g = 9.8$ м/с²; ω — частота коливань, $\omega = 8 \cdot g$.

Тривалість обробки τ :

$$\tau = \frac{\pi d^2 \lambda \beta}{4a^2 \omega}, \quad (6.3)$$

Тут $\lambda = 12$ число повторюваних ударів в одну і ту ж точку оброблюваної поверхні; $\beta = 3$ коефіцієнт, пов'язаний з формою оброблюваних поверхонь і їх розташуванням у об'ємі робочих тіл при рівномірному розташуванні;

$$a = (3 \cdot P \cdot (\gamma_1 + \gamma_2) \cdot R / 16)^{1/3}$$

$$\gamma_1 = (1 - \mu_1) / E_1, \quad \gamma_2 = (1 - \mu_2) / E_2$$

де R — радіус частинки, м; E і E_1 — модулі пружності, Па, а μ і μ_1 — коефіцієнти Пуассона відповідно матеріалу кулі і поверхні.

Кулька — з вуглецевої сталі $E_1 = 2 \cdot 10^{11}$ Па, $\mu_1 = 0,26$

Деталь — чавун $E_2 = 1,2 \cdot 10^{11}$ Па, $\mu_2 = 0,25$

Глибину наклепу:

$$h = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T}}, \quad \text{м}; \quad (6.4)$$

де $\sigma_T = 9$ МПа.

Твердість по Брінеллю:

$$HB = \frac{0,4P}{\pi d^2} \quad (6.5)$$

де d – діаметр ролика, мм.

Радіус кривизни лунки відбитку

$$R = d_{\text{ч}} \cdot 70$$

(6.6)

Завдання

Варіант	$d_{\text{ч}} \cdot 10^{-3}$, м	v м/с
1	0,2	42
	0,4	
	0,6	
2	0,4	37
	0,6	
	0,8	
3	0,6	30
	0,8	
	1	
4	0,8	22
	1	
	1,2	
5	1	20
	1,2	
	1,4	
6	1,2	10
	1,4	
	1,6	
7	1,4	5
	1,6	
	1,2	
8	1,6	12
	1,4	
	1,2	
9	1,2	6
	1	
	0,8	
10	1	12
	0,8	
	0,6	
11	0,8	22
	0,6	
	0,4	
12	0,6	27
	0,4	
	0,2	
13	0,4	32
	0,2	
	0,6	
14	0,6	40
	1	
	0,8	
15	1	45
	1,2	
	1,4	

Контрольні запитання

1. Поясніть сутність методу зміцнення поверхні розглянутого в практичній роботі?

2. Які показники процесу більш впливають на якість поверхні?

3. Чи є обмеження на розміри деталі та інструмента? Якщо є, то які?

4. Чи можливе не обмежене підвищення твердості та глибини?

Записати залежності для знаходження твердості та глибини.

5. Замалювати принципову схему віброударного пристрою.

6. Поясніть побудовані в практичній роботі графічні залежності.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

ВІДЦЕНТРОВА ОБРОБКА ПОВЕРХНІ

Мета роботи: Визначити параметри режиму відцентрової обробки (користуючись вихідними даними таблиці у відповідності із варіантом і наступними формулами). Побудувати графіки залежності швидкості обробки v від діаметру зміцнювача D , та кількості ударів куль (роликів) від діаметра поверхні, що обробляється. Зробити висновки.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Відцентрова обробка кульковим інструментом відноситься до ударних методів ППД. Застосовується в багатьох виробничих циклах на промисловості для надання поверхні виробу необхідних властивостей.

Широке застосування відцентрової обробки дозволяє з розрахованою точністю впливати на показники зміцнення поверхні (НВ, шорсткості, глибини контактної зони та ін.). В залежності від умов обробки можливо отримання різних показників ППД.

Принципова схема обладнання при відцентровій обробці приведена на рис. 7.1.

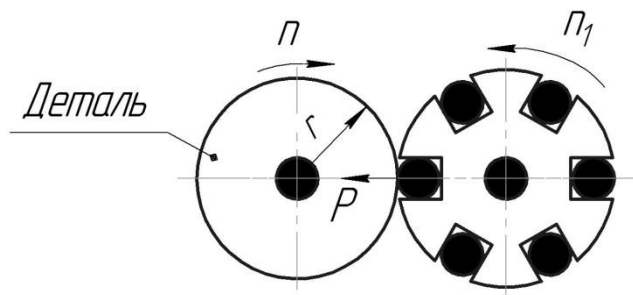


Рис. 7.1. Схема відцентрової обробки

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Згідно з варіантом індивідуального завдання визначити:

Швидкість зміцнення v :

$$v = \frac{\pi D n_3}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с} \quad (7.1)$$

де D - зовнішній діаметр зміцнювача (по кулям, роликам), мм; n_3 - частота обертання диску зміцнювача, хв^{-1}

Повздовжня подача на одну кульку S_z

$$S_z = \frac{S_0 n_\partial}{z n_3}, \text{ мм/об} \quad (7.2)$$

де S_0 - подовжня подача на одну кулю, мм/об; z - кількість кульок у сепараторі; n_∂ - частота обертання деталі, що обробляється, хв^{-1}

Кількість ударів куль C , що приходиться на 1 мм^2 поверхні, що підлягає обробці

$$C = \frac{z n_3}{\pi D n_\partial S_0}, \quad (7.3)$$

де D - діаметр оброблюваної поверхні, мм; n_∂ - частота обертання оброблюваної деталі, хв^{-1} .

Сила Q , що виникає у процесі удару кулі по поверхні, має імпульсний характер, тому що час контакту двох тіл, що зазнають зіткнення, дуже малий. Ця сила розраховується по формулі:

$$Q = \frac{m_3 m_k (1 + k_1)}{g} \sqrt{\frac{i(D + D_o + d_k)}{D_o + d_k}}, \text{ [Н]} \quad (7.4)$$

де g - прискорення сили тяжіння, м/с^2 ; k_1 - коефіцієнт, який враховує швидкість відскоку кулі (ролика) $k_1=0.8$; d_k - діаметр куль, мм; i - натяг, мм; m_k - маса робочого елемента, кг.

$$m_k = \frac{4\pi \left(\frac{d_k \cdot 10^{-3}}{2} \right)^3 \rho}{3}$$

де ρ - густина матеріалу кульки, 7800 кг/мм^3

Кінетичну енергію E , яка залежить від нормальної складової швидкості:

$$E = \frac{4m_k}{g} v_i \frac{D + D_o + d_k}{D_o (D + d_k)} \quad (7.5)$$

Твердість по Брінеллю:

$$HB = \frac{4Q}{\pi (d \cdot 10^{-3})^2} * 10^{-3} \quad (7.6)$$

Глибину наклепу:

$$h = \sqrt{\frac{Q}{2\sigma_T}}, \text{ мм}; \quad (7.7)$$

Завдання

Варіант	n_d , хв. ⁻¹	S_o , мм/об	d_k , мм	D , мм	i , мм
1	25	0,2	6	300	0,2
2	30	0,3	8	290	0,25
3	35	0,4	10	280	0,3
4	40	0,5	12	270	0,35
5	45	0,4	14	260	0,4
6	50	0,2	16	250	0,5
7	55	0,3	14	260	0,44
8	60	0,4	12	270	0,4
9	65	0,5	10	280	0,35
10	60	0,4	8	290	0,3
11	55	0,3	6	300	0,2
12	50	0,2	8	290	0,35
13	45	0,4	10	280	0,4
14	40	0,5	12	270	0,45
15	35	0,3	14	260	0,5

Деталь 18НМА, $D_o=40$ мм, $\sigma_T=80 \cdot 10^{11}$ Па, $n_z=600$ хв⁻¹.

Контрольні запитання.

1. Поясніть сутність методу зміцнення поверхні розглянутого в практичній роботі?
2. Які показники процесу більш впливають на якість поверхні?
3. Чи є обмеження на розміри деталі та інструмента? Якщо є, то які?
4. Чи можливе не обмежене підвищення твердості та глибини? Записати залежності для знаходження твердості та глибини.
5. Замалювати принципову схему пристрою.
6. Поясніть побудовані в практичній роботі графічні залежності.

Література

1. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В.М. Смелянский. М.: Машиностроение, 2002. – 300с.
2. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием/ Л.Г. Одинцов. М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
3. Коновалов Е. Г. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей / Е. Г. Коновалов, В. А. Сидоренко. Минск: Высшая школа, 1968. – 363 с.
4. Головин Г.Ф. Высокочастотная термическая обработка/ Г.Ф. Головин, М.М. Замятнин. Л.: Машиностроение, 1990.–239 с.
5. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов / И.И. Новиков. М.: Машиностроение, 1985.– 480 с.