

камеру, чи вона досягається потім? Якщо температура в камері досягається тільки після поміщення приладу, то дія на випробовуваний об'єкт може бути різною в залежності від того, чи вибраний нагрів або холодильний агрегат з надлишком, чи в обріз.

Міжнародними правилами передбачено, що при поміщенні приладів в камеру, в ній вже повинна бути температура випробувань. Однак це покращує умови випробувань не суттєво, так як при відкриванні дверей малих випробувальних камер, їх температура швидко рівняється з температурою навколишнього середовища. Та ж проблема виникає і тоді, коли перед закінченням вимірювань потрібно добитись вирівнювання температур. При вийманні приладу з випробувальної камери теж виникають неприємні явища через різкий перепад між температурою випробувальної камери та температурою в лабораторії, яка при випробуванні не обговорюється. В результаті після випробування на холод, прилад леденіє. В процесі вирівнювання температур шар льоду відтає, та випробувальний прилад стає вологим. Якщо правила випробувань потребують, що краплі води були відсутніми на випробувальному приладі, то очевидно, що подібні явища можуть вносити доволі значні похибки в кінцеву оцінку результатів випробувань.

Подібні рекомендації для проведення випробування на стійкість до зміни температури потрібні для фахівців, що проводять перевірку приладів, з метою попередження передчасної появи похибок, які виникають від негативної дії температурних впливів.

Інформаційні джерела.

1. Фарзане Н.Г., Илясов Л.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы. - М.: Высшая школа, 1989.
2. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. - М.: Машиностроение, 1991.
3. Справочник конструктора точного. Под ред. К.Н. Явленского и др.- Л.: Машиностроение, 1989.

УДК 621.9.048

О.Л. Ляшук¹ к.т.н., О.М.Кондратюк², к.т.н., І.Б. Гевко¹, к.т.н., Ю.Я. Галан¹

¹Тернопільський націон. техн. універ. імені І.Пулюя

²Національний університет водного господарства та природокористування

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Проведено аналіз взаємодії гранули абразивного середовища з оброблюваною поверхнею в процесі вібраційно-відцентрового оброблення. Визначено шляхи поліпшення технологічного процесу, підвищення його продуктивності, формування шорсткості і якості поверхні деталей проходить по певній закономірності вібраційно-відцентрового процесу.

Ключові слова: *вібраційно-відцентровий процес, шорсткість поверхні, абразивне робоче середовище*

Проведен анализ взаимодействия гранулы абразивного среды с обрабатываемой поверхностью в процессе вибрационно-центробежного обработки. Определены пути улучшения технологического процесса, повышения его производительности, формирования качества поверхности деталей проходит по определенной закономерности вибрационно-центробежного процесса.

Ключевые слова: *вибрационно центробежный процесс, шероховатость поверхности, абразивная рабочая среда.*

The analysis was carried out of the interaction of abrasive medium granule with machined surface in the process of vibration centrifugal machining. Ways were determined for improving the technological, for increasing its productivity.

Key words: *vibration centrifugal process, surface rigidity, abrasive working medium*

Постанова проблеми. Вібраційне оброблення деталей з використанням сипучого абразивного середовища в більшій мірі застосовується при фінішній обробці, яка супроводжується великою кількістю мікроударів між абразивними гранулами і оброблюваною поверхнею. Технологічний процес зачисної, шліфувальної і зміцнюючої обробки деталей визначається характером зміни

шорсткості і фізико-механічних властивостей поверхневого шару. Це забезпечується складністю і інтенсивністю руху робочого середовища, його характеристик.

Розробка і впровадження нових високопродуктивних технологічних процесів вібраційної обробки деталей в сипучому абразивному середовищі приведе до поліпшення якості оброблених поверхонь різної складності геометричної форми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Підвищення продуктивності і якості вібраційної обробки деталей створює передумови розвитку і поліпшенню технологічного процесу, інтенсивність якого визначається величиною сили взаємодії абразивної гранули з оброблюваною поверхнею [1]. Одним із найбільш інтенсивних методів цього технологічного процесу є вібраційно-відцентрова обробка деталей в установках з жорсткою кінематичною схемою, які створюють складний рух робочого середовища в середині камери. Рух робочої камери може бути не тільки просторовим чи планетарним, але і по складній просторовій кривій. Створені по цьому принципу установки технологічного процесу обробки деталей в сипучому абразивному середовищі, забезпечують підвищення його продуктивності і інтенсивності [2].

Мета роботи. Метою роботи є дослідження і аналіз взаємодії абразивної гранули робочого середовища з оброблюваною поверхнею при вібраційно-відцентровій обробці деталей і оптимізація технологічного процесу.

Реалізація роботи. Аналіз зміни шорсткості поверхні деталей при вібраційній і вібраційно-відцентровій обробці показує на певну її закономірність. При загальній тенденції зниження шорсткості поверхні деталі, яка обробляється, в певний період обробки спостерігається дискретне її збільшення. Наявність такого фактору обумовлює збільшення часу обробки для досягнення потрібної шорсткості.

Для виявлення закономірностей зміни мікрогеометрії і фізико-механічних властивостей поверхневого шару оброблюваної поверхні проведено експериментальні дослідження обробки деталей в вібраційно-відцентровій установці з робочою камерою в карданному підвісі, кінематика якої забезпечує складні кутові коливання поверхневих точок робочої камери, що відповідає одному із найбільш інтенсивних видів вібраційної обробки в сипучому абразивному середовищі.

Експериментальна вібраційно-відцентрова установка (рис. 1, рис. 2) складається із станини 1, виконаної із сталевій труби діаметром 630 мм, до нижнього торця якої приварено основу, виготовлену із товстого сталюго листа. Вздовж діаметрально протилежних твірних в середині поверхні станини 1 приварені кронштейни 2 для кріплення опор 3, які є зварним корпусом, в який завулканізовано гумою капронова втулка рухомого з'єднання з цапфами рамки 4. За допомогою знімних цапф 5 з рамкою 4 з'єднана робоча камера 6. До дна робочої камери приварена ступиця з квадратним отвором, в який вільно входить водило 7, посаджено нижнім своїм кінцем в сферичний підшипник кочення. Корпус 8 сферичного підшипника, при допомозі шарнірів, зв'язаний з вилкою 9, яка має різьбовий отвір для з'єднання з ходовим гвинтом 10. Ходовий гвинт має в наявності праву і ліву різьбу. На ділянку з лівою різьбою накручується противага 11. Ходовий гвинт встановлено в опорах кривошипа 12, який обертається за допомогою клино-ремінної передачі від електродвигуна, а стійка кривошипа жорстко кріпиться до основи станини. Така конструкція механізму приводу дозволяє плавно змінювати амплітуду кутових коливань.

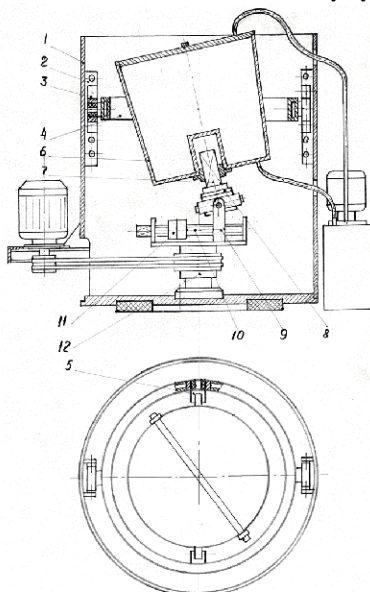


Рис.1. Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки.



Рис. 2. Експериментальна вібраційно-відцентрова установка.

Змінюючи величину амплітуди кутових коливань і частоту обертання вібраційно-відцентрової установки, можна керувати технологічним процесом і режимом оброблення поверхонь деталей в сипучому абразивному середовищі.

Весь процес обробки деталей можна розділити на наступні етапи. В початковий період обробки удари гранул приходяться по вершинам мікронерівностей вихідної поверхні зразків. Проходить інтенсивне змінання гребенів мікрорельєфу, в результаті інтенсивно знижується шорсткість і підвищується поверхнева міцність оброблюваної поверхні. Цей етап закінчується формуванням поверхні, яка має більш високі значення показників якості поверхні. Умовно можна назвати таку частину технологічної операції вібраційним проходом. Тривалість такого проходу при ВВО знаходиться в межах 15 – 30 хв. За цей час вся вихідна поверхня деталі покривається слідами взаємодії з гранулами робочого середовища.

В наступний період оброблюється поверхня, яка сформована першим вібраційним проходом. Режим обробки не змінився. Стійкість робочого середовища забезпечує майже незмінну його оброблювану властивість.

Гранула робочого середовища, маючи ту ж енергію, що і в першому проході, залишає на поверхні повторний слід, глибина якого декілька більше, чим висота мікронерівностей, сформованих першим проходом. Гранула деформує метал в основі виступів вихідного мікрорельєфу поверхні зразка. Збільшується степінь і глибина наклепу.

Другий вібраційний прохід характеризується підвищенням параметрів шорсткості, але числове значення R_a в кінці проходу менше вихідного (до обробки). Цей прохід закінчується приблизно в 45 хвилин після початку обробки.

Наступний прохід відрізняється зниженням шорсткості. Це пояснюється двома факторами. По-перше, з кожним наступним проходом зона взаємодії гранули з поверхнею наближається до основ виступів мікрорельєфу, в результаті чого збільшується площа взаємодії гранули з поверхнею. По-друге, перших два проходи привели до підвищення поверхневої міцності матеріалу зразка. Це додатково приводить до збільшення реакції поверхні при силовій взаємодії з нею гранули робочого середовища. Від проходу до проходу пружна фаза удару гранули об поверхню буде збільшуватись.

Аналіз перших проходів ВВО свідчить, що формування шорсткості поверхні проходить дискретно з зменшенням ступеня дискретності при збільшенні часу обробки. По мірі наближення до сталої шорсткості силова взаємодія гранули з поверхнею деталі набуває характер пружного удару.

Експериментальні дослідження визначають шляхи скорочення часу зачисних, шліфувальних і полірувальних операцій і уникнення дискретності технологічного процесу. Виникає необхідність керувати в процесі обробки кількістю енергії, яку отримує гранула від поверхні робочої камери, тобто режимом обробки. Виходячи з умов забезпечення потрібних характеристик якості поверхневого шару, можна вибрати різновидність режимів обробки, які керуються програмами управління технологічним процесом [3-4]

Знаючи параметри виступів шорсткості поверхні, які визначаються попереднім видом оброблення поверхневого шару і режимом обробки, фізико-механічні властивості матеріалу, можливо визначити середнє значення зусилля динамічного удару абразивної гранули.

$$P_{уд.сер} = f(F_{сер});$$

де $F_{сер}$ – середнє значення площі виступів, m^2 .

Використовується середньоарифметичне значення відхилення шорсткості поверхні R_a , де за базовою лінією служить середня лінія профілю, тобто:

$$\sum_{i=1}^n F_{i\text{вус}} = \sum_{i=1}^n F_{i\text{ен}},$$

де $F_{i\text{вус}}$ і $F_{i\text{ен}}$ – відповідно площа i -тої впадини і виступу відносно базової лінії.

Виходячи з цього, величину середнього значення площі виступів визначаємо за формулою:

$$F_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{i\text{вус}}}{n_{вус}},$$

де $\sum_{i=1}^n F_{i\text{вус}} = \frac{R_a \cdot l}{2}$; $n_{вус} = \frac{l}{S_{\kappa}}$; R_a – середньоарифметичне значення шорсткості поверхні, мкм; l –

базова довжина, мкм; S_{κ} – середній крок мікронерівностей, мкм.

Тоді

$$F_{сер} = \frac{R_a \cdot S_{\kappa}}{2}, \quad (1)$$

$$P_{уд.сер} = K_{обр} \frac{R_a \cdot S_{\kappa}}{2} G_{міц}, \quad (2)$$

де $G_{\text{мц}}$ – границя міцності матеріалу деталі, Па; $K_{\text{обр}}$ – коефіцієнт, який залежить від умов обробки.

Характер взаємодії абразивної гранули з оброблюваною поверхнею залежить не тільки від сили динамічного удару, а і від її розмірів, геометричної форми, зернистості і т.ін. Відомо, що абразивний наповнювач вибирають в залежності від характеру операції, вимог до якості обробки, форми, розмірів і матеріалів оброблюваних деталей, величини вихідної шорсткості поверхні, її характеристики. Створення наповнювачів сипучого робочого середовища різної геометричної форми на основі високомолекулярних з'єднань (пластмас, пінопластів, смол і т. д.) дозволило змінювати розміри, маси, зернистість, абразивних складових наповнювачів.

Підбір величини сили динамічного удару гранули абразивного робочого середовища, її розміру, геометричної форми, маси і зернистість для певної геометричної форми і характеру вихідної шорсткості оброблюваної поверхні деталей дозволяє досягнути потрібну шорсткість поверхні деталі без наявності другого вібраційного проходу, який характеризується підвищенням параметрів шорсткості.

Цей процес обробки деталей характеризується ударами гранул, що приходяться по вершинам мікронерівностей вихідної поверхні оброблюваних деталей. Проходить інтенсивне зниження гребенів мікрорельєфу за рахунок зминання, царапання і стирання. В результаті інтенсивно знижується шорсткість і підвищується поверхнева міцність оброблюваної поверхні. Обробка закінчується формуванням поверхні, яка має більш високі значення показників якості поверхні. Підбір величини сили динамічного удару абразивної гранули, її розмірів, геометричної форми і маси не дозволяє деформувати метал в основах виступів вихідного мікрорельєфу поверхні, що не приводить до підвищення параметрів шорсткості. Продовження дії абразивної гранули на оброблювану поверхню приводить до зменшення гребенів мікрорельєфу, але з меншою інтенсивністю. Зона взаємодії гранули з поверхнею наближається до основ виступів мікрорельєфу, в результаті чого збільшується площа взаємодії гранули з поверхнею. З збільшенням часу обробки зменшується інтенсивністю зміни шорсткості, при цьому підвищується поверхнева міцність матеріалу і збільшується реакція поверхні при силовій взаємодії з нею гранули робочого середовища. Це наближає до сталої шорсткості оброблюваної поверхні, що приводить до характеру пружного удару взаємодії гранули з поверхнею деталі. Такий підбір технологічного процесу дозволить уникнути дискретність зміни шорсткості поверхні при вібраційній і вібраційно-відцентровій обробці.

Для забезпечення даного технологічного процесу потрібна величина значення динамічного удару визначається величиною енергії, розсіяної в абразивному робочому середовищі, яка припадає на одну гранулу і передається поверхнею камери, що коливається:

$$\Delta E_{\text{сп}} = \frac{c \cdot P_{\text{р.сп}} \cdot K_a \cdot S}{d_{\text{сп}}^2}, \quad (3)$$

де $K_a=(0,5...0,75)$ – коефіцієнт активної площі камери; S – площа камери, м²; $d_{\text{сп}}$ – грануляція робочого середовища, м;

$$c = \frac{\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \cdot \sin \alpha} = (2...10),$$

де α – передній кут дії гранули, град.; μ – коефіцієнт тертя.

Ця енергія визначається кінематичними і конструктивними параметрами вібраційних і вібраційно-відцентрових установок. Основними кінематичними параметрами вібропристроїв є амплітуда A і частота ω коливань робочої камери. Виходячи із умов забезпечення потрібних характеристик поверхневого шару і експлуатаційних властивостей деталей, можна вибрати різні варіанти режимів обробки технологічного процесу.

На основі проведених досліджень і їх аналізу можна зробити наступні висновки.

Формування шорсткості і якості поверхні деталей проходить по певній закономірності вібраційно-відцентрового процесу. Вихідна шорсткість і фізико-механічні властивості поверхневого шару оброблюваних деталей можуть бути використані при підборі технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки.

Інформаційні джерела

1. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии. Ростов-н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
2. Кондратюк О.М., Ромейко І.В. Аналіз циркуляції робочого середовища при вібраційно-відцентровій обробці деталей // Вісник НУВГП. Випуск 2(34) – Рівне: 2006. – С. 253-271.
3. Кондратюк О.М., Серілко Л.С. Оптимізація технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей. – Вінниця: Всеукр.наук.-техн.ж. «Вібрації в техніці та технологіях» № 1(61). 2011. – С. 87-93.
4. Анализ конструктивных схем оборудования для вибрационно-центробежной обработки. / Мороз В.М. // Прогрессивная отделочно-упрочняющая технология. – Ростов н/Д. РИСХМ, 1982. – С. 76-87.