

УДК 621.9.048

Кондратюк О. М., к.т.н., ст. викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),

Цилюк С. Г., інженер (ПАТ «Рівнесільмаш»)

ФІНІШНА ОБРОБКА НОВИХ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦІЙ ТРАКТОРНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИЧИПІВ

У роботі наведено аналіз досліджень технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки. Обґрунтовано вплив власної та контактної жорсткості деталі на величину сили взаємодії гранули з оброблюваною поверхнею. Запропоновано конструктивна схема установки для автоматизації технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки.

Ключові слова: шорсткість, жорсткість, технологічний процес, вібраційно-відцентрова обробка.

Фінішна обробка, яка включає в собі зачисні, шліфувальні, полірувальні, зміцнюючі та багато інших подібних операцій, поліпшує якість, надійність, довговічність оброблюваних деталей. Після фінішної обробки в певній мірі змінюються фізико-механічні властивості поверхневого шару, що підвищує її відповідальну роль в формуванні експлуатаційних властивостей деталей їх жорсткості. Одним із найпродуктивніших методів фінішної обробки є вібраційна обробка деталей в сипучому абразивному середовищі. В більшій мірі вібраційна обробка деталей в сипучому абразивному середовищі базується на верстатах з дебалансними вібраціями. Траєкторія руху робочої камери і робочого середовища на верстатах даного типу нестабільна в часі. Закономірність її руху залежить від багатьох факторів: конструкції пружин, їх жорсткості і розміщення, маси робочого середовища і оброблюваних деталей і т.д. [1]. Це створює певні незручності контролю і прогнозуванню результатів технологічного процесу.

Складна геометрична форма і жорсткість оброблюваних деталей в сипучому абразивному середовищі визначають величину грануляції абразивних частинок і допустиму величину сили взаємодії цих частинок з оброблюваною поверхнею. Більш точніші розрахунки траєкторії робочого середовища спостерігаються в верстатах з жорсткою кінематичною схемою, що визначає закономірність руху робочої камери і не міняється в часі [2]. Це досягається за рахунок жорсткості кінематичного зв'язку ланок механізму.

Величина сили взаємодії гранули з оброблюваними деталями не повинна привести до зміни їх номінальних розмірів і геометричних форм. Визначення розмірів деталей або зовнішніх навантажень, при яких виключається можливість появи недоступних з точки зору нормальної роботи конструкції, деформація цих деталей, є метою розрахунку на жорсткість.

Жорсткість – здатність деталей чинити опір зміні їхньої форми і розмірів під навантаженням. Для деяких деталей жорсткість є основним критерієм при визначенні остаточних розмірів.

Розрізняють власну жорсткість деталі, обумовлену деформаціями всього матеріалу деталі, і контактну жорсткість, яка пов'язана з деформаціями тільки поверхневих шарів матеріалу в зоні контакту взаємодії деталі.

Жорсткість оцінюють співвідношенням розрахункових деформацій деталей (прогинів f , кутів повороту перерізів θ , деформації розтягнення-стиску Δl та ін.) при дії максимальних навантажень з допустимими деформаціями, умови жорсткості записують у вигляді [3]

$$f \leq [f]; \theta \leq [\theta]; \Delta l \leq [\Delta l]. \quad (1)$$

Механічна жорсткість – здатність пружного тіла чинити опір деформуванню (зміни розмірів або форми) від прикладеного зусилля вздовж вибраного напрямку в заданій системі координат. Характеристика механічної жорсткості обернена до характеристики механічної податливості.

Коефіцієнт жорсткості k тіла є мірою опору пружного тіла до деформації:

$$k = \frac{P}{\delta}, \quad (2)$$

де P – сила, прикладена до тіла, Н;

δ – деформація, викликана силою P вздовж напрямку дії сили, м.

Для пружного тіла можна розглядати і механічну жорсткість при крученні, тоді коефіцієнт k рівний:

$$k = \frac{M}{\theta}, \quad (3)$$

де θ – кут закручування тіла у напрямку прикладання матеріалу, рад.

Для більшості деталей основне значення має власна жорсткість. У такому разі перевірочні розрахунки на жорсткість виконують за формулами та методами, що вивчаються в курсі опору матеріалів [3]. Визначення деформації деталей (вали, штоки, ходові гвинти, корпусні деталі та ін.) базується на принципі Сен-Венана. Розрахунок напруг при

розтяганні, стиску і інших видів деформації характеризується відносним подовженням:

$$\varepsilon = \frac{N}{EA}, \quad (4)$$

де N – поздовжні сили, Н;
 E – модуль пружності першого роду, Н/м²;
 A – площа поперечного перерізу, м²;
 EA – жорсткість при розтяганні-стисканні, Н.

Гіпотеза плоских перетинів, при пружних деформаціях, залежність визначення допустимих напружень підкоряються закону Гука:

$$G = E \cdot \varepsilon; \quad G = \frac{N}{A}. \quad (5)$$

Допустимі напруження деталей залежать від факторів [3]:

1. Вибраний матеріал і спосіб отримання заготовки (лиття і ін.), термообробка;
2. Степінь відповідальності деталі і її режим роботи;
3. Конфігурація деталі і її розміри;
4. Шорсткість поверхонь і ін.

Допустимі значення деформації визначають за емпіричними залежностями або на основі відповідних розрахунків, що відображають вимоги жорсткості, або на основі довідкових даних, здобутих в експериментальних умовах роботи подібних деталей.

Поняття контактної жорсткості деталей належить не тільки до випадку початкового контакту по лінії або в точці, але і до випадку контакту по великій, номінальній площі. В обох випадках контактні деформації суттєві в зв'язку з малою фактичною площею контакту. В першому випадку такі деформації визначаються номінальною формою контакту деталей, а в другому – обминанням мікронерівностей та хвилястостей поверхонь.

Контактні деформації однорідних деталей з початковим дотиком по лінії або в точці визначають за формулами Герца. Загальне кінематичне зміщення, при зближенні центрів деталі і гранули або центрів кризизи, повинно бути меншим допустимого [3]:

$$\Delta = \frac{2(1-\mu^2)}{\pi E} P \left(\ln \frac{4R_1 \cdot R_2}{a^2} + 0,815 \right) \leq [\Delta], \quad (6)$$

де μ – коефіцієнт Пуасона;
 E – модуль пружності;
 P – номінальний тиск, Н;

R_1, R_2 – радіуси центрів кривизни, м;

a – напівширина контактної площадки, м.

Контактні деформації при великій номінальній площі контакту визначають на основі експериментально встановлених коефіцієнтів контактної податливості.

Роблячи висновок з вищенаведеного матеріалу і з того, що основним параметром технологічного процесу вібраційного оброблення є сила взаємодії абразивної гранули з поверхнею оброблюваних деталей, прикладені зусилля не повинні змінювати їх геометричні і номінальні розміри.

Одним з найпродуктивніших представників верстатів з жорсткою кінематичною схемою є вібраційно-відцентрова установка з об'ємними кутовими коливаннями камери в карданному підвісі [4], кінематична схема якої показана на рис. 1. Привід задає оберти кривошипу, який складається із гвинта з правою та лівою різьбами, противагою P і сферичного підшипника A . Кривошип через водило надає рух робочій камері, шарнірно закріпленій в карданному підвісі.

Траєкторія переміщення точок поверхні робочої камери являє собою похилий еліпс із зміною орієнтації осей по поверхні камери. При переміщенні ексцентриситету кривошипа кутова амплітуда робочої камери може змінюватись від 0° до 10° .

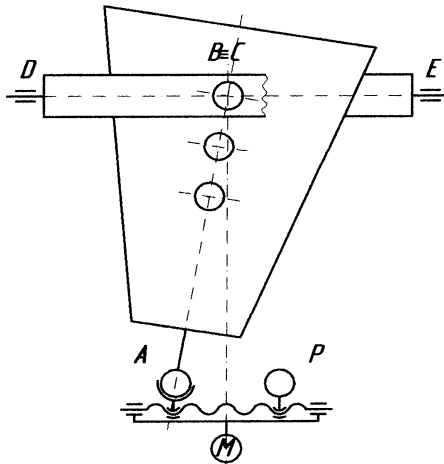


Рис. 1. Кінематична схема вібраційно-відцентрової установки з камерою в карданному підвісі

Змінюючи розміщення робочої камери відносно осі BC, міняємо хід технологічного процесу. На мікрогеометрію і фізико-механічні власти-

вості поверхневого шару оброблюваної поверхні і продуктивність процесу впливають механічні властивості матеріалу, режим роботи віброустановки, характеристика та розміри робочого середовища.

Для визначення змін параметрів оброблюваної поверхні при вібраційно-відцентрової обробці провели експерименти на незапалених зразках після точіння і фрезерування із сталі 40, сталі 40Х, сталі 20, сталі Ст3, латуні ЛС59-1 з різною вихідною шорсткістю, циліндричної і призматичної форми.

Зміна параметрів поверхні впродовж технологічного процесу обробки проходила дискретно. Найбільш виражену дискретність зміни параметрів виявлено при формуванні шорсткості поверхні оброблених зразків [4] рис. 2. Процес формування шорсткості при ВВО здійснюється таким чином. Впродовж перших 15 хв. обробки проходить інтенсивне зменшення мікронерівностей. Наступні 15 хв. інтенсивність зниження шорсткості незначна. В період від 30 до 45 хв. шорсткість збільшується, але при цьому параметр R_a не перевищує вихідний. При подальшій обробці з 45 хв. до 60 хв. спостерігається повторне зниження шорсткості, інтенсивність зниження якої приблизно рівна інтенсивності зниження в початковий період від 0 до 15 хвилин.

Весь процес обробки деталей можна розділити на наступні етапи. В початковий період обробки удари гранул приходяться по вершинам мікронерівностей вихідної поверхні зразків. Проходить інтенсивне зниження 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 властивість. Гранули робочого середовища маючи ту ж енергію, що і в першому проході залишає на поверхні слід, глибина якого дещо більша, ніж висота мікронерівностей, сформованих першим проходом. Гранула деформує метал в основі виступів вихідного мікрорельєфу поверхні зразка. Збільшуються ступінь і глибина наклепу.

Другий вібраційний період характеризується підвищенням параметрів шорсткості, але числове значення R_a в кінці проходу менше вихідного. 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 силоній 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 степені дискретності при збільшенні часу обробки. По мірі наближення до сталої шорсткості силова взаємодія гранули з поверхнею деталі набуває характер пружного удару.

Запропонована формалізація процесу ВВО спонукає для створення нових вібраційно-відцентрових установок, які дозволяють керувати режимом обробки впродовж всього технологічного процесу.

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. 2) складається із станини 1, виконаної із сталевій труби діаметром 630 мм, до нижнього торця якої приварено основу, виготовленої із товстого сталюого 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.

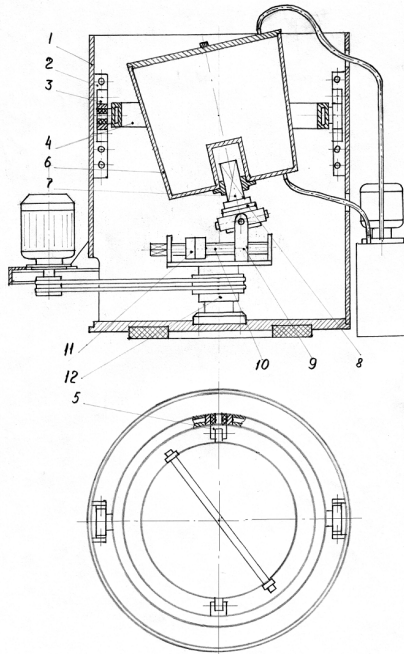


Рис. 2. Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки

Змінюючи величину амплітуди кутових коливань і частоту обертання вібраційно-відцентрової установки, можна керувати технологічним процесом і режимом оброблення поверхонь деталей в сипучому абразивному середовищі. Покращення фізико-механічних властивостей поверхневого шару деталей підвищує на певну величину їх динамічні характеристики. Збільшується пружність деталей за рахунок появи мікронаклопу і змінання мікронерівностей шорсткості на оброблених поверхнях, поліпшується їх корозійна стійкість. За рахунок нанесення великої кількості мікроударів гранулами сипучого робочого середовища знімається внутрішня динамічна напруженість деталей після штамповки в місцях згину і витяжки.

Використання вібраційно-відцентрової установки з механізмом плавної зміни величини кутових коливань, регульованою частотою обертання при фінішному обробленні нових деталей підвищує якість і надійність конструкцій тракторних сільськогосподарських причепів.

Висновки

1. Формування фізико-механічних властивостей поверхневого шару залежить від величини сили взаємодії гранули з оброблюваною поверхнею, яка визначається власною та контактною жорсткістю деталі.

2. Управління технологічним процесом вібраційно-відцентрової обробки деталей дозволяє досягти потрібних фізико-механічних властивостей поверхневого шару і підвищити якість і надійність оброблюваних деталей.

3. Запропонована конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки дає можливість автоматизувати технологічний процес ВВО і підвищити продуктивність фінішної обробки деталей, отриманих згинанням і штампуванням.

1. Бабичев А. П. Основы вибрационной технологии / Бабичев А. П., Бабичев И. А. – Ростов н/Д. : Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
2. Мороз В. М. Анализ конструктивных схем оборудования для вибрационно-центробежной обработки / Мороз В. М. // Прогрессивная отделочно-упрочняющая технология. – Ростов н/Д. РИСХМ, 1982. – С. 76-87.
3. Павлине В. Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлине. – К. : Вища школа, 1993. – 556 с.
4. Кондратюк О. М. Оптимізація технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей / Кондратюк О. М., Серілко Л. С. – Вінниця : Всеукр.наук-техн.ж. «Вібрації в техніці та технологіях». – 2011. – № 1(61). – С. 87-93.
5. Кондратюк О. М. Оптимізація параметрів проведення експериментальних досліджень вібраційно-відцентрової обробки / О. М. Кондратюк // Вісник НУВГП : зб. наук. пр. – Рівне, 2008. – Випуск 1(41). – С. 315-321.

Рецензент: д.т.н., професор Кравець С. В. (НУВГП)

Kondratiuk O. M., Candidate of Engineering, Senior Lecturer (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne),
Tsyliuk S. H., Engineer (PISC «Rivnesilmash»)

FINISHING NEW PARTS PROCESSING OF TRACTOR AGRICULTURAL TRAILERS CONSTRUCTION

The article analyses research of vibration centrifugal processing technological process. The influence of personal and contact detail rigidity per magnitude interaction forces of granules with processed surface has been proved. The constructive scheme ofthidlvce for automation of technological process of vibratia centrifugal processing has been suggested.

Keywords: roughness, rigidity, technological process, oscillation-

centrifugal treatment.

Кондратюк А. М., к.т.н., ст. преп. (Національний університет водного господарства та природокористування, г. Ровно), **Цилюк С. Г., інженер** (ПАТ «Ровносельмаш»)

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА НОВЫХ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦИИ ТРАКТОРНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЦЕПОВ

В работе приведено анализ исследований технологического процесса вибрационно-центробежной обработки. Обосновано влияние собственной и контактной жесткости детали на величину силы взаимодействия гранулы с обрабатываемой поверхностью. Предложена конструктивная схема установки для автоматизации технологического процесса вибрационно-центробежной обработки.
Ключевые слова: шероховатость, жесткость, технологический процесс, вибрационно-центробежная обработка.
