

ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ДИНАМІКИ, МІЦНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО УСТАТКУВАННЯ

УДК 621.787(063)

ПРИСТРІЙ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ДОВГОМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ

© Іван Афтаназів, Ярослав Кусий, 1999

ДУ "Львівська політехніка"

Розглянуто конструкцію і принципи роботи зміцнювальних пристроїв із електромагнітним приводом для зміцнення зовнішніх поверхонь довгомірних деталей при використанні методу вібраційно-відцентрової зміцнювальної обробки (ВВЗО).

Довгомірні деталі форми тіл обертання поширені у конструкціях машин. Їх використовують як силові несучі елементи, що підлягають значним статичним і динамічним навантаженням. До деталей цього класу належать: бурильні труби, жерла гармат, труби високого тиску тощо. Специфічні умови експлуатації та підвищені вимоги до міцності цих деталей, їх низька жорсткість, пов'язана із значною довжиною, обумовлюють використання для їх виготовлення дорогих легованих сталей (зокрема, сталі 20ХНМА, 40ХНМА). Оскільки річна програма випуску зазначених виробів сягає сотень тисяч одиниць, то для їх виготовлення витрачають значні кошти. Водночас застосування методів зміцнення поверхневих шарів довгомірних деталей дозволило б не тільки підвищити їх міцність, але і при збереженні характеристик міцності матеріалу зменшити товщину стінок, отже, і масу цих деталей, чи перейти на застосування дешевших вуглецевих сталей.

Тим паче, що традиційний шлях підвищення міцності деталей за рахунок використання високоміцних легованих сталей для довгомірних деталей не завжди є прийнятним, оскільки із зростанням межі міцності легованих сталей зростає ймовірність втомного і крихкого руйнування деталей.

Однак через специфіку конструктивної будови довгомірних деталей (переважно, велика маса при незначній поперечній жорсткості) застосування для їх поверхневого зміцнення традиційних методів як статичного, так і динамічного зміцнення поверхневим пластичним деформуванням (ППД) є малоефективним.

На наш погляд, для зміцнення поверхонь масивних довгомірних деталей найбільш придатним є метод вібраційно-відцентрової зміцнювальної обробки (ВВЗО) із застосуванням зміцнювачів із електромагнітним приводом. Принципова схема зміцнювальної обробки ВВЗО зовнішньої поверхні довгомірної деталі, конструкція зміцнювача зображені на рис.1.

Пристрій містить раму 15 із платформами на пневмобалонах 17, причому ліва платформа має можливість переміщуватися у вертикальній площині, а права - у горизонтальній (напрями переміщень вказано стрілками). Регулювання переміщенням платформи у вертикальній площині здійснюється за допомогою регуляторів тиску 19, які налагоджені на тиск P_{\max} (ліва платформа розміщена вище правої) або

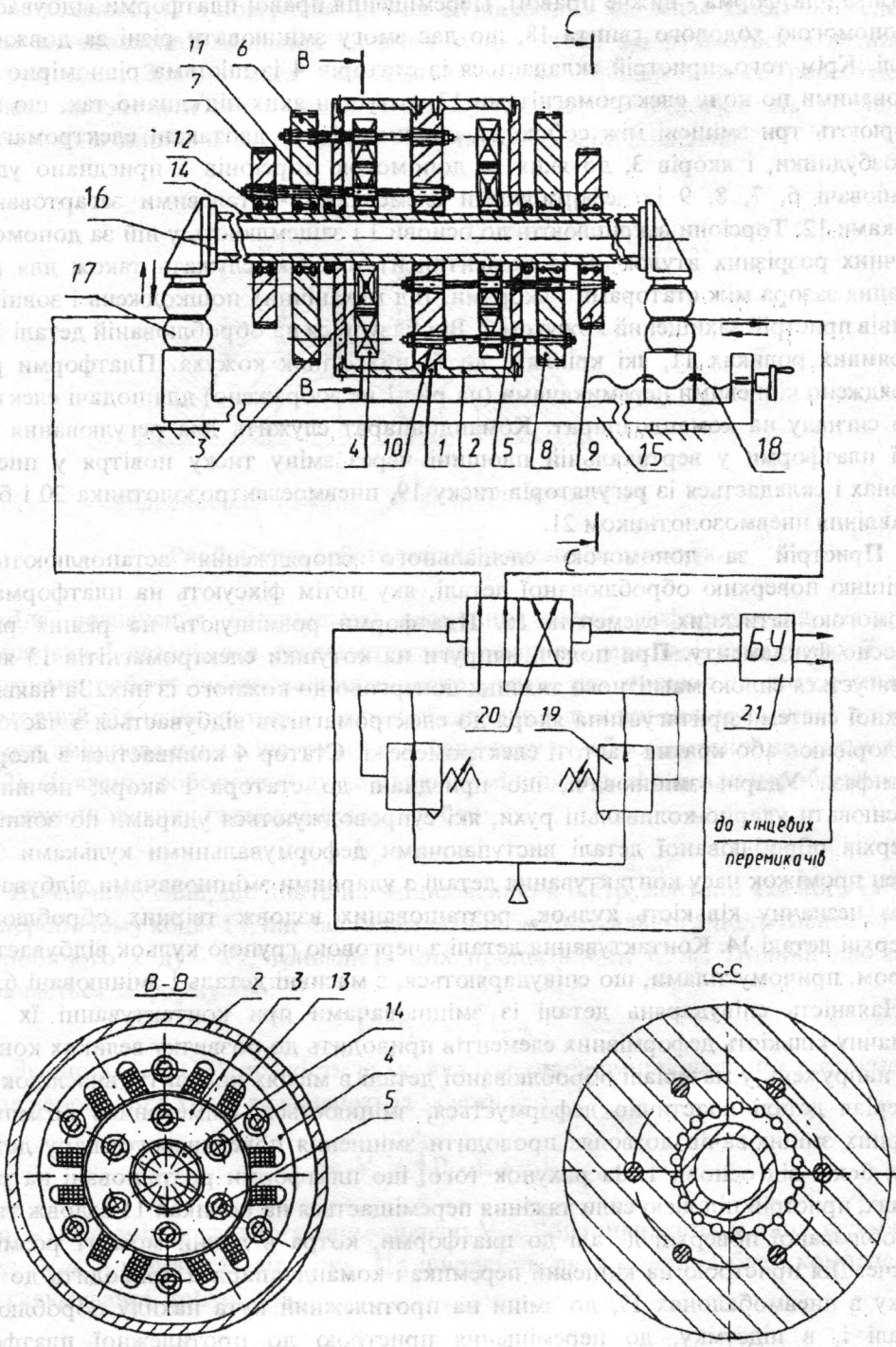


Рис.1. Конструкція пристрою двосторонньої дії з електромагнітним приводом для зміцнення зовнішніх поверхонь довгомірних деталей.

P_{\min} (ліва платформа - нижче правої). Переміщення правої платформи відбувається за допомогою ходового гвинта 18, що дає змогу зміцнювати різні за довжиною деталі. Крім того, пристрій складається із статорів 4 із шістьма рівномірно розташованими по колу електромагнітами 13, котушки яких під'єднано так, що вони утворюють три зміщені між собою на однаковий кут двотактні електромагнітні вібробудники, і якорів 3, до яких за допомогою торсіонів 5 приєднано ударні зміцнювачі 6, 7, 8, 9 із деформівними елементами - сталевими загартованими кульками 12. Торсіони закріплюють до основи 1 і заземлюють у ній за допомогою конічних розрізних втулок 10 із ексцентриситетом, які служать також для регулювання зазора між статорами і якорями. Від механічних пошкоджень і зовнішніх впливів пристрій захищений кожухом 2. Він базується на оброблюваній деталі 14 на напрямних роликах 11, які кріплять до бічних стінок кожуха. Платформи рами споряджено кінцевими перемикачами (на рис.1 не зображено) для подачі електричного сигналу на командоапарат. Командоапарат служить для регулювання руху лівої платформи у вертикальній площині через зміну тиску повітря у пневмобалонах і складається із регуляторів тиску 19, пневмоелектрозолотника 20 і блока управління пневмозолотником 21.

Пристрій за допомогою спеціального спорядження встановлюють на зовнішню поверхню оброблюваної деталі, яку потім фіксують на платформах за допомогою затискних елементів 16. Платформи розміщують на різних рівнях відносно фундаменту. При подачі напруги на котушки електромагнітів 13 якір 3 притягується силою магнітного тяжіння по чергово до кожного із них. За наявності пружної системи притягування якоря до електромагнітів відбувається з частотою, яка дорівнює або кратна частоті електромережі. Статор 4 коливається з якорем у протифазі. Ударні зміцнювачі, що приєднані до статора і якоря, починають здійснювати ударно-коливальні рухи, які супроводжуються ударами по зовнішній поверхні оброблюваної деталі виступаючими деформувальними кульками 12. В кожен проміжок часу контактування деталі з ударними зміцнювачами відбувається через незначну кількість кульок, розташованих вздовж твірних оброблюваної поверхні деталі 14. Контакткування деталі з черговою групою кульок відбувається з ударом, причому тілами, що співударяються, є масивні деталь і зміцнювачі 6, 7, 8, 9. Наявність співударянь деталі із зміцнювачами при контактуванні їх через незначну кількість деформівних елементів приводить до розвитку великих контактних напружень у матеріалі оброблюваної деталі в місцях контакту, внаслідок чого матеріал деталі пластично деформується, зміцнюється. Симетричне розміщення ударних зміцнювачів дозволяє проводити зміцнення поверхневого шару деталі з двох боків від основи 1. За рахунок того, що платформи розташовані на різних рівнях, пристрій під дією сили тяжіння переміщається на роликах 11 вздовж твірної оброблюваної поверхні деталі до платформи, котра в даний момент розміщена нижче. Дія пристрою на кінцевий перемикач командоапарата приводить до зміни тиску в пневмобалонах 17, до зміни на протилежний кута нахилу оброблюваної деталі і, в підсумку, до переміщення пристрою до протилежної платформи. Товщину зміцненого шару, ступінь наклепу і рівномірність зміцнення регулюють зміною амплітуди коливань ударних зміцнювачів, швидкістю їх руху та кількістю повторних переміщень вздовж оброблюваних поверхонь.

Енергія деформування матеріалу оброблюваної деталі в місцях контакту оброблювальних тіл з поверхнею деталі визначається як запас кінетичної енергії пружно встановлених масивних ударних зміцнювачів, які рухаються з великими прискореннями. Значна маса зміцнювача, висока швидкість його переміщення дозволяє забезпечити велику енергію деформування, що створює значні зусилля деформування зміцнювача і дає високу якість обробленої поверхні.

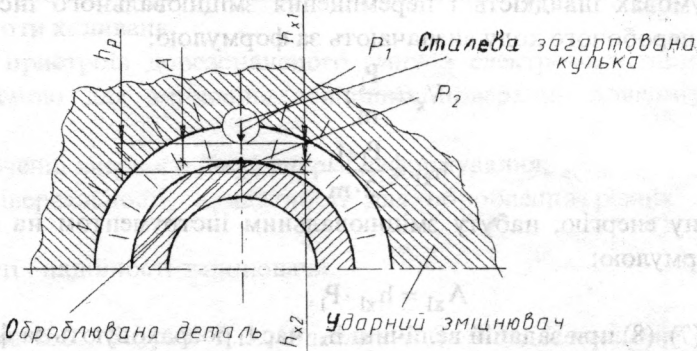


Рис.2. Схема роботи зміцнювального інструмента.

Для визначення оптимальної величини енергії деформування матеріалу оброблюваної деталі, яка регламентується ударною масою і динамікою її руху, розглянемо роботу зміцнювального інструмента, що працює за таким циклом: підготовчий хід (складається із активної ділянки і ділянки гальмування) і робочий хід - рух зміцнювального інструмента у напрямку до оброблюваної поверхні деталі (рис.2). Довжина робочого ходу дорівнює сумі шляху розгону при неробочому ході h_{x1} і довжини ділянки гальмування h_{x2} , тобто:

$$h_p = h_{x1} + h_{x2}. \quad (1)$$

Позначимо сили, що діють на зміцнювальний інструмент під час його розгону при неробочому ході - P_1 , під час гальмування зміцнювального інструмента - P_2 , під час робочого ходу - P_p , тривалість цих процесів - t_1 , t_2 , t_p . Повний час циклу визначається за формулою:

$$T = t_1 + t_2 + t_p. \quad (2)$$

Згідно з [1, с.133], кількість руху, яка отримана зміцнювальним інструментом за час неробочого ходу, визначають із залежності:

$$m \cdot V_x = \int_0^{t_1} P_1 \cdot dt + mV_{\text{відс}}, \quad (3)$$

де m - маса зміцнювального інструмента; V_x - його швидкість у кінці неробочого ходу; $V_{\text{відс}}$ - швидкість відскоку. Ця швидкість руху повинна бути компенсована при гальмуванні, тобто:

$$\int_0^{t_2} P_2 \cdot dt = m \cdot V_x. \quad (4)$$

Звідси:

$$\int_0^{t_1} P_1 \cdot dt + mV_{\text{відс}} = \int_0^{t_2} P_2 \cdot dt. \quad (5)$$

В частковому випадку, коли сили, що діють на зміцнювальний інструмент, постійні і відскок відсутній ($V_{\text{відс}}=0$), $P_1 t_1 = P_2 t_2$; $t_2 = (P_1/P_2)t_1$.

При цих умовах швидкість і переміщення зміцнювального інструмента на ділянці розгону неробочого ходу визначають за формулою:

$$V_x = \frac{P_1}{m}; \quad (6)$$

$$h_{x1} = \frac{P_1 \cdot t_1}{2 \cdot m}. \quad (7)$$

Кінематичну енергію, набуту зміцнювальним інструментом на цьому етапі, знаходять за формулою:

$$A_{x1} = h_{x1} \cdot P_1. \quad (8)$$

Із виразів (7), (8) при заданій величині h_{x1} час t_1 розраховують за формулою:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot h_{x1} \cdot m}{P_1}}. \quad (9)$$

Використовуючи формулу (9) і прийнявши, що $P_1 = P_2 = P$, де P - зусилля деформування матеріалу, можна визначити значення m :

$$m = \frac{P \cdot t_1^2}{2 \cdot h_{x1}}. \quad (10)$$

Якісне деформування поверхневого шару забезпечується тоді, коли напруження у поверхневому шарі матеріалу оброблюваної деталі досягнуть межі його текучості; необхідне для цього зусилля деформування матеріалу P визначається із співвідношення:

$$P = \sigma_T \cdot S, \quad (11)$$

де σ_T - межа текучості матеріалу; S - площа відбитку.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (12)$$

де d - діаметр відбитку.

Знехтувавши величиною робочого ходу t_p ($t_1 \ll t_p$, $t_2 \ll t_p$), вираз для циклу обробки можна подати у вигляді:

$$\Gamma = t_1 + t_2 = 2t_1. \quad (13)$$

З іншого боку:

$$T = \frac{1}{f}, \quad (14)$$

де f - вимушена частота коливань ударних зміцнювачів.

Звідси:

$$t_1 = \frac{1}{2f}. \quad (15)$$

$h_{x1} = A$, де A - амплітуда коливань зміцнювачів.

Підставляючи значення P , t_1 , S і h_{x1} у вихідну формулу і врахувавши, що в процесі обробки бере участь n оброблювальних тіл, запишемо:

$$m = \frac{\pi \sigma_T d^2 n}{32 f^2 A}, \quad (16)$$

тобто маса ударних зміцнювачів даного пристрою прямо пропорційна межі текучості матеріалу деталі, квадрату діаметра відбитка та кількості оброблювальних тіл і обернено пропорційна амплітуді коливань зміцнювачів і квадрату їх вимушеної частоти коливань.

Переваги пристроїв дорезонансного типу з електромагнітним приводом і пружною системою для зміцнення зовнішніх поверхонь довгомірних деталей полягають:

- у забезпеченні високого рівня енергії деформування;
- в їх універсальності, придатності для оброблення різних за довжиною деталей;
- у простоті і надійності зміцнювача.

1. Корсаков В.С., Таурит Г.Э., Василюк Г.Д. и др. *Повышение долговечности машин технологическими методами*. К., 1986 2. Олейник Н.В., Кычин В.П., Луговой А.Л. *Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин*. К., 1984. 3. Афтаназі І.С. Використання вібрацій для зміцнення деталей // *Вибрації в техніці і технологіях*. N 1(2). 1995. С.27-34.

УДК 621.314.21

ГРАФОАНАЛІТИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРОТРАНСФОРМАТОРІВ

© Микола Гумен, Іван Андрейко, Євген Мартин, Володимир Анохін, 1999

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут”

ДУ “Львівська політехніка”

Запропоновано спосіб визначення геометричних параметрів мікротрансформаторів потужністю 50...100 Вт з умови забезпечення оптимальних значень деяких техніко-економічних показників. Наведені співвідношення, які забезпечують визначення геометричних параметрів мікротрансформаторів для вибраних функцій оптимізації.

Техніко-економічні показники мікротрансформаторів номінальною потужністю 50...100 Вт промислової та підвищеної частоти істотно залежать від геометричних параметрів [1,2]. Доцільність використання, особливості конструкції та деякі питання попереднього вибору головних розмірів електричних машин, зокрема трансформаторів, передбачають насамперед їх оптимізацію [3]. Це пояснюється порівняно вищими допустимими електромагнітними навантаженнями, які при використанні сучасних матеріалів для магнітопроводів та обмоток дають змогу помітно зменшити, зокрема, вагу G , об'єм V , вартість W трансформаторів потужністю P_2 . При цьому завдання оптимізації може бути таким: для заданих номі-