

## ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВЕ ЗМІЦНЕННЯ РІЗЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

© Кук А.М., Кусий Я.М., Махоркін Є.М., 2008

Розроблено метод вібраційно-відцентрового зміцнення різевих ділянок виробів. Наведено принципову схему та описано принцип роботи дебалансного вібраційно-відцентрового зміцнювача різевих поверхонь деталей машин.

Vibrational – centrifugal hardening’s (VCH) method of fretwork surface details is suggested. The principle diagrams of the hardening instrument with an debalance drive and mechanisms for embodying a vibratory-centrifugal strengthening treatment is described.

**Постановка проблеми.** Забезпечення функціональних можливостей роботи машин неможливе без виконання на їх виконавчих поверхнях конструктивних елементів типу галтелей, ривців, шпонкових і шліцьових пазів, а також різевих поверхонь (рис. 1), які, як концентратори напружень, зменшують втомну міцність деталей на ділянці їх розташування. З іншого боку, характерною особливістю розвитку сучасної техніки є зростання вимог щодо міцності деталей, які працюють в умовах динамічних навантажень, оскільки їх руйнування нерідко спричиняє аварії та значні матеріальні витрати [1].

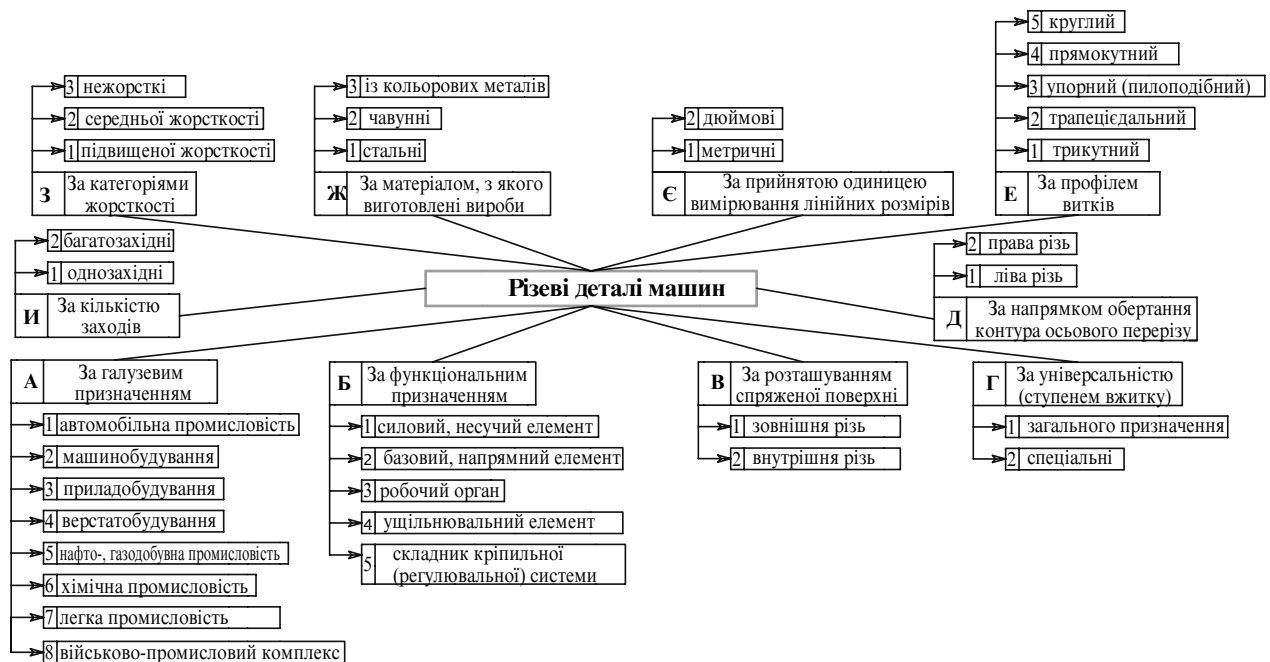


Рис. 1. Класифікація деталей машин із різевими поверхнями

Зокрема прогресивні технології буріння глибоких свердловин вимагають використання довговічних і надійних бурових колон. Найскладнішими частинами конструкції є кінцеві ділянки перехідників бурових колон із спеціальною конічною замковою різью, за допомогою яких відбувається з'єднання труб. Під час буріння замкові з'єднання сприймають статичні та циклічні навантаження, як-от: осьове зусилля розтягу від ваги безпосередньо колони бурових труб; осьове

зусилля стиску верхньої частини колони на нижню; згинальний момент, що виникає під час роботи в нахилених і скривлених свердловинах і крутий момент від обертання колони та руйнування породи. Найнебезпечнішими під час роботи бурової колони в свердловині є знакозмінні напруження згину. Руйнування різевих з'єднань бурових труб, що працюють, як правило, в агресивному середовищі, під час багаторазового скручування-розкручування, призводить до аварій, ліквідація яких вимагає значних матеріальних затрат [1, 2].

Робота стосовно розроблення технологій зміцнення відповідальних різевих деталей виконувалась відповідно до координаційного плану Комітету з питань науки і техніки та Міністерства освіти і науки України “Ресурсозбережливі та ощадні технології” на 2000–2008 рр. в межах держбюджетної науково-дослідницької теми ДБ”Концентратор” “Дослідження технології та розроблення оснащення для забезпечення надійності і довговічності деталей із концентраторами напружень” (державна реєстрація № 0198U002331 ) у Національному університеті “Львівська політехніка” на кафедрі технології машинобудування Інституту інженерної механіки та транспорту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як свідчить досвід експлуатації бурових колон, їх найслабше місце – різеві ділянки. Здебільшого замкові різеві з'єднання руйнуються в місці першого спряжаного обертів ніпеля або останнього оберта різі муфти. При цьому зруйнована поверхня має характерний втомний перелом, зону зародження тріщини, її докритичного росту та кінцевого злому виробу [1].

Питання підвищення довговічності та забезпечення надійності різевих ділянок бурових колон різними методами вивчали багато вчених і дослідників [3–5]. Виконання завдання підвищення ресурсу різевих з'єднань у виробничих умовах звичайно здійснюють пошуком нових матеріалів, покращанням конструкції та розробленням нових ефективних і продуктивних технологій виготовлення. Проте, коли вичерпані можливості відпрацювання конструкції відповідальних різевих деталей машин на технологічність, а заміна матеріалу – економічно недоцільна, вдосконалення та розроблення нових прогресивних технологій залишаються єдиними засобами вирішення проблеми забезпечення експлуатаційних характеристик виробів із гвинтовими поверхнями [2].

Збільшення втомної міцності ділянок деталі, на яких виконана різь, можна досягнути вибором оптимального радіуса заокруглення впадин, кроку, кута профілю, довжини згвинчування [3]. Зміна кута профілю різі замкового з'єднання з  $60^\circ$  на  $90^\circ$  перехідників та труб бурових колон підвищує межу витривалості різевих ділянок їх поверхонь на 60 % [3]. Виконання спеціальних розвантажувальних рівців дозволяє рівномірно розподілити навантаження між різевою та гладкою частиною деталі та значно зменшити концентрацію напружень у з'єднанні [4]. Однак найперспективнішим напрямком підвищення довговічності та забезпечення надійності деталей машин, зокрема і виробів із різью, є оброблення їх поверхні за рахунок поверхневого пластичного деформування (ППД) у холодному стані. Так, у з'єднаннях із зовнішнім діаметром 170 мм (сталь 40ХНМА) обкочування роликком збільшило межу втоми на 50 % [5]. Для зміцнення різевих з'єднань важких бурових труб запропоновано дробоструменеве нагартування з подальшим металізаційним цинкуванням [6]. Під час дробоструменевого нагартування утворюються сприятливі залишкові напруження стиску, а цинкове покриття є протектором основного матеріалу. Однак під час дробоструменевого нагартування зона пластичного нагартування є незначною, а нанесення металізованого покриття змінює геометричні параметри різі, що затруднює правильне складання з'єднання. Тому метод дробоструменевого оброблення з подальшою металізацією не набув широкого застосування під час зміцнення різевих поверхонь. Використання методів термічного та хеміко-термічного зміцнення із застосуванням струмів високої частоти, не дозволяє максимально підвищити міцність різевих з'єднань через труднощі у забезпеченні рівномірного нагрівання виступів і впадин різі та створенні якісного поверхневого шару. Тому вважаємо доцільним застосування для зміцнення різевих ділянок елементів бурових колон методу вібраційно-відцентрового зміцнення, розробленого у Національному університеті “Львівська політехніка”.

**Формулювання мети дослідження.** Метою публікації є ознайомлення науковців та інженерно-технічних працівників машинобудівних і ремонтних підприємств із сучасними технологіями зміцнення та відновлення елементів різевих з'єднань.

**Виклад основного матеріалу.** Вібраційна машина для зміцнення різевих поверхонь перехідників бурових колон складається з контейнера 1, який пружно встановлений на рамі 2, та пневмобалона 3 (рис. 2). Контейнер виготовлений у вигляді пустотілого циліндра, всередині розділеного двома поперечними перегородками на три частини. У бічних частинах розташовані закріплені до перегородок дебалансні вібратори 4, які через гнучкі муфти 5 з'єднані з валами електродвигунів 6. Своєю чергою, електродвигуни 5 встановлені на підставках 7, які жорстко з'єднані з рамою 2. У середній частині контейнера 1 виконано прямокутний отвір, який закривається кришкою 8. Кришка 8 розміщена на контейнері з можливістю повертання. Внутрішні поверхні кришки 8 та контейнера 1 для поглинання шуму обклеєні поролоном і разом становлять замкнутий пустотілий циліндр, всередині якого розташований пристрій 9 та коромисло 10. На пристрої 9 по чергово встановлюють оброблювану деталь 11 (перехідник бурової колони) разом з

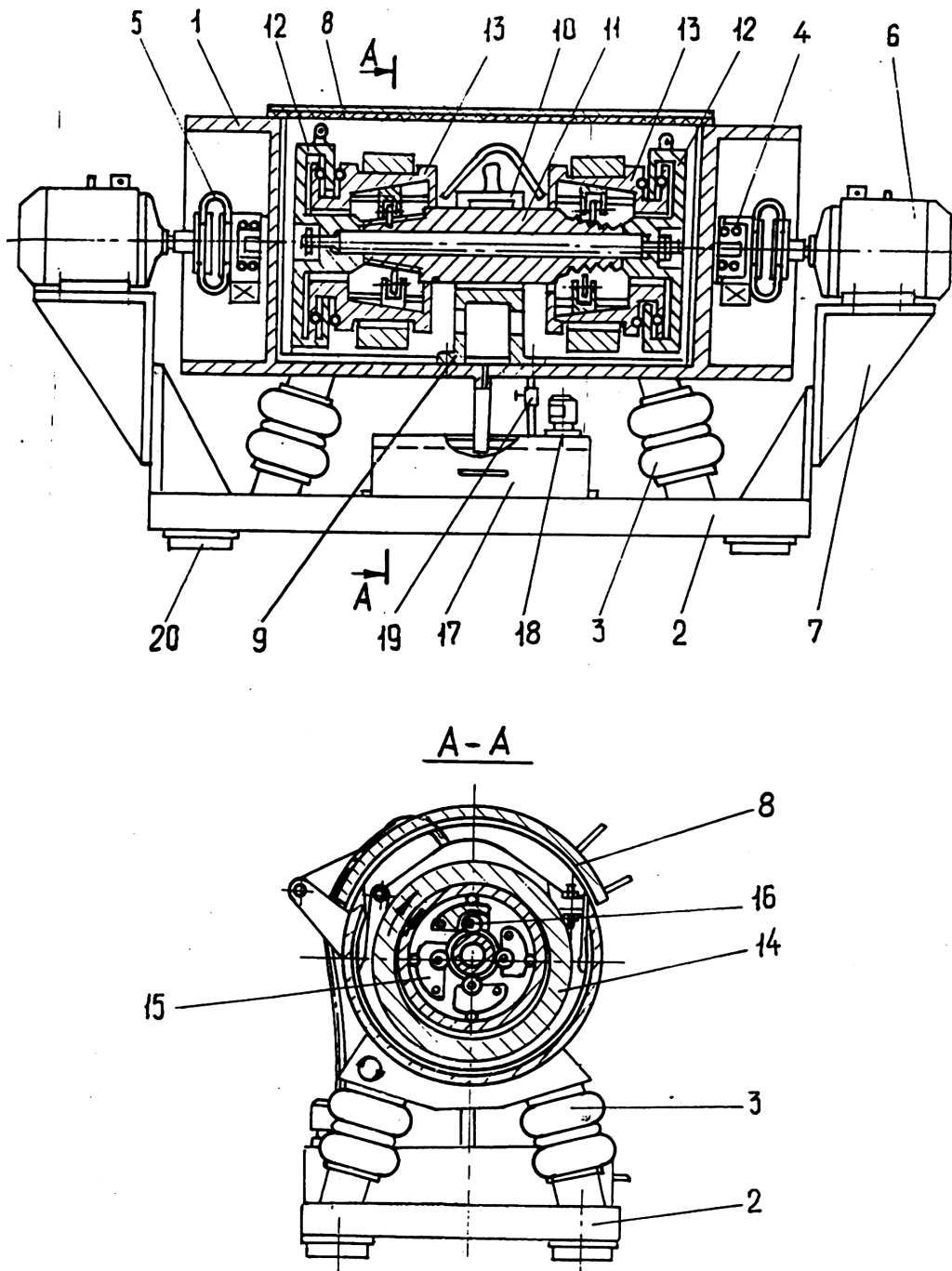


Рис. 2. Принципова схема вібраційної машини для зміцнення різевих поверхонь

під'єднаними до неї з обох боків двома вібраційними головками 12. До конструкції віброголовки 12 входить вільно встановлений на опорах кочення з можливістю обертання та переміщення в площині, перпендикулярній до осі деталі, обкатник-сепаратор 13 та додатковий обкатник 14. У середині обкатника-сепаратора 13 на циліндричних напрямних рівномірно по колу розміщені тримачі 15 з деформівними тілами 16. Деформівні тіла виготовлені у вигляді роликів із спеціальним робочим конічним профілем, що закінчується плавним радіусним заокругленням, яке відповідає профілю оброблюваної поверхні деталі. Деформівні тіла виготовлені із сталі ХВГ і загартовані до твердості 58–62 НКС. Внутрішня частина обкатника-сепаратора 13 та профіль підпружинених до неї тримачів 15 виконані такими, щоб зберігався однаковий кут повертання деформівних тіл під час їх переміщення вздовж осі вібраційної головки, а величина радіального переміщення роликів відповідала куту конусності різевої частини оброблюваної деталі. Обкатник-сепаратор встановлений на оброблюваній поверхні деталі ексцентрично. Віддаль, на яку можуть переміщуватись деформівні тіла, відповідає довжині (вздовж осі) різевої ділянки поверхні деталі. Додатковий обкатник 14 встановлений на обкатнику сепаратора 13 з певним ексцентриситетом і має змогу обкочуватись по його зовнішній поверхні. Для жорсткого кріплення оброблюваної деталі разом з попередньо встановленими на неї обкатними головками в центральній частині контейнера розташований пристрій 10 з відкидним коромислом 11. Для покращання умов ударної взаємодії обкатників з оброблюваними поверхнями деталі, виведення продуктів зношування і регулювання теплового режиму в зоні обробки вібраційна машина оснащена системою подачі і відведення мастильно-охолоджувальної рідини. До неї входить закріплений на рамі 2 бак-відстійник 17 з помпою 18 та вентилям 19, а також трубопроводи. Тиск повітря в пневмобалонах підтримується системою регулювання стисненого повітря з пульта керування вібромашиною (на рис. 2 не показаний) і вибирається таким, щоб власна частота коливань контейнера знаходилась в межах 3–5 Гц, а робота вібромашиною здійснювалась у зарезонансному режимі. Для візуального спостереження за переміщеннями обкатників в кришці 8 виконано закриті органічним склом оглядові вікна. Розташовані в нижній частині вібромашиною на рамі 2 гумові подушки 20 зменшують передавання вібрації від вібромашиною поверхні, на якій вона встановлена. Масу обкатника 13, амплітуду та частоту коливань контейнера, а також час обробки вибирають залежно від матеріалу деталі, розмірів, форми оброблюваних поверхонь, необхідних значень поверхневої мікротвердості, товщини зміцненого шару, ступеня нагартування та градієнта залишкових напружень [1].

Зміцнення різевих ділянок перехідників бурових колон на цій вібромашині здійснюється так. На різеві ділянки деталі 11 заводять вібраційні головки, провертаючи обкатники до входження всіх деформівних тіл у конічну різеву поверхню. Відкривають кришку вібромашиною, після чого оброблювану деталь з двома вібраційними головками жорстко кріплять в пристрої 9 за допомогою коромисла 10. Провертанням обкатників-сепараторів 13 встановлюють деформівні тіла з тримачами в ліве чи праве положення, залежно від напрямку обертання валів електродвигунів. З пульта керування вмикають електродвигуни 6, обертання від валів яких через гнучку муфту 5 передається дебалансним вібраторам 4. Обертання дебалансних вібраторів (однакове за напрямком, синхронне і синфазне) забезпечується за рахунок ефекту самосинхронізації [7]. При цьому контейнер здійснює кругові коливання з певною амплітудою і частотою. Під дією кругових коливань контейнера та жорстко закріпленої на ньому деталі, вільно встановлені обкатники-сепаратори 13 вступають в обкатку по оброблюваній поверхні деталі, взаємодіючи з нею через деформівні тіла 16. Взаємодія обкатників по чергово з кожною парою деформівних тіл відбувається з ударом, який спряженими ділянками елементів 16 передається різевій поверхні оброблюваної деталі 11. Оскільки твердість матеріалу деформівних тіл перевищує твердість матеріалу оброблюваної деталі, її матеріал у місцях контактування пластично деформується, зміцнюється. У проміжках між співударяннями кожної з пар деформівних тіл 16 з оброблюваною деталлю існує ефект вібраційного підтримання обертання деталі відносно корпусу дебаланса. При цьому завдяки гвинтовій поверхні різі, якою деталь взаємодіє з ділянками деформівних тіл, відбувається загвинчування або розгвинчування деталі у корпус, залежно від напрямку коливань платформи. Під час загвинчування у визначений проміжок часу нові ділянки поверхні оброблюваної деталі піддаються ударному контактуванню з спряженими

ділянками деформівних тіл, чим забезпечується рівномірність зміцнення всієї різцевої поверхні оброблюваної деталі. Після того, як оброблювана деталь вгвинтиться на всю зміцнювану довжину, вона своїм торцем діє на кінцевий перемикач (на рис. 2 не показано), що подає сигнал на схему керування електродвигуном, який вимикає двигун. Після його зупинення, змінюють на протилежний напрям обертання його вала, завдяки чому змінюються: напрям обертання корпусу віброзбудника з дебалансом, коливання платформи та обертання обкатника. Змінюється також почерговість взаємодії різцевих поверхонь оброблюваної деталі 11 і пар деформівних тіл 16. Відбувається розгвинчування деталі з корпусу, яке супроводжується повторним зміцненням її різцевої поверхні. Після майже повного розгвинчування оброблюваної деталі зупиняють двигун електропривода і виймають зміцнену деталь. На її місце встановлюють наступну, змінюють напрям обертання вала двигуна і цикл оброблення повторюється в описаному вище порядку. Отже, пристрій забезпечує гвинтове переміщення деталі і поступове зміцнення всієї різцевої поверхні.

**Висновки.** На вібромашині виконували зміцнення різцевих ділянок поверхні перехідників бурових колон ПН – 121/121. При оптимальних технологічних параметрах (ексцентриситеті обкатника-сепаратора 0,15–0,2 мм та додаткового обкатника – 8 мм, їх масах, відповідно, 3,5 і 5,5 кг, а також тривалості обробки 18–20 хв) отримали: товщину зміцненого шару 0,35–0,45 мм, поверхневу мікротвердість до 4,6 ГН/м<sup>2</sup> при ступені нагартування 14–16 %. Шорсткість оброблених поверхонь не перевищувала  $R_a = 0,63$  мкм. Одержане покращання якості зміцненого поверхневого шару дозволяє очікувати збільшення довговічності перехідників бурових колон на 20–25 %.

1. Кук А.М. Зміцнення локальних ділянок поверхонь деталей вібраційно-відцентровою обробкою: Дис. ...канд. техн. наук. – Львів, 1998. – 207 с. 2. Афтаназів І.С., Кусий Я.М., Вівчарик В.В. Аналіз технологій викінчувального оброблення відповідальних різцевих деталей // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2005. – № 412. – С. 3–11. 3. Шербюк Н.Д., Якубовский Н.В. Резьбовые соединения труб нефтяного сортамента и забойных двигателей. – М.: Недра, 1974. – 256 с. 4. Биргер И.А., Иоселевич Г.Б. Резьбовые соединения. Библиотека конструктора. – М.: Машиностроение, 1973. – 256 с. 5. Бутаков Б.И. Услвершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликом // Вестн. Машиностроения. – 1984. – № 1. – С. 50–53. 6. Петросов В.В. Гидродробеструйное упрочнение деталей и инструментов. – М. Машиностроение, 1977. – 166 с. 7. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. – М.: Машиностроение, 1971. – 896 с.