

С.В. Ковалевський¹, С.А. Матвієнко¹, О.В. Лукічов², О.П. Сакно³

¹Донбаська державна машинобудівна академія,

²Донецька академія автомобільного транспорту,

³Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ УСТАНОВКОЮ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЮЮЧОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ В ПРУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

© Ковалевський С.В., Матвієнко С.А., Лукічов О.В., Сакно О.П., 2012

У статті розглянуто зміцнюючу вібраційну обробку в пружному середовищі та установку для її здійснення. Наведено принципову схему установки та її основного елемента – генератора. Описано принцип роботи установки й результати експериментальної обробки деталей машин.

The strengthening vibromechanical treatment in elastic medium and the device for it implementation is considered. The principle circuit of the device and the generator is described. The principle of operation of device and results of experimental of parts cutting of enginery is described.

Постановка проблеми. Актуальною проблемою сучасного машинобудування є підвищення довговічності вузлів тертя деталей. У сучасних технологіях для підвищення зносостійкості одне з перших місць займають різні види зміцнюючих вібраційних процесів. Завдяки цьому одне з головних завдань для технологів – розроблення нових енергоощадних і ефективних способів підвищення зносостійкості деталей. Доволі часто під час вирішення цього завдання використовують технології ультразвукової віброобробки робочих поверхонь деталей.

Аналіз останніх досліджень. На експлуатаційні показники деталей машин несприятливо впливають безліч чинників: мікрогеометрія поверхні; твердість поверхневого шару; залишкова розтягувальна напруга, що є технологічним наслідком операцій механічного оброблення, зокрема шліфування, на фінішних етапах виготовлення і реновації виробів; прироблюваність поверхонь тертя та ін. Сьогодні для усунення залишкової напруги, що розтягує, і стабілізації розмірів застосовують термообробку, яка вимагає великих енерговитрат, а в певних випадках не приводить до оптимальних результатів. Також все вживанішими є методи зміцнення і вібростабілізації, засновані на механізмі ультразвукового зміцнення. Технології ультразвукової дії на сплави є найперспективнішими. Процеси відбуваються в металах в твердій фазі, під час акустичного вантаження вивчені недостатньо, особливо фізика дислокаційного зміцнення. Отже, технологічних методів зміцнення та відновлення деталей машин достатньо багато [1–4], але жоден з них не вирішує завдання комплексно, поєднуючи якість обробки й ресурсощадність.

Формулювання мети. Розглянути можливість удосконалення технологічних процесів вібраційного оброблення, розробити новий технологічний метод зміцнюючої вібраційної обробки в пружному середовищі (ЗВОПС) та представити установку для здійснення розробленого процесу.

Виклад основного матеріалу. В результаті виконаних досліджень з'явився метод підвищення довговічності деталей, який передбачає зміцнення і релаксацію залишкової напруги під дією звукових коливань, що впливають на деталь механічно. Метод полягає в дії контактним способом механічних коливань звукового діапазону частот на деталь занурену в пружно-в'язке середовище. Цю технологію покладено в основу створення експериментального вібраційного комплексу, який засновано на механізмі звукового резонансного зміцнення в процесі взаємодії деталей з середовищем.

Це оброблення дає змогу досягти рівномірного розподілу дислокацій і внутрішньої напруги поверхневого шару. Порівняно з наявними методами ППД зменшується вірогідність зародження

втомних тріщин. Обробка в пружному середовищі дає змогу одночасно обробляти всі поверхні деталей. Використовуючи запропонований метод на розробленій установці, можна обробляти деталі складної геометричної форми. Технологію відрізняє мінімальне енергоспоживання, висока продуктивність, екологічність.

В основу технології покладено здатність дислокацій металу, що піддається віброобробці з накладенням акустичних коливань, поглинати енергію звукової і ультразвукової частот і перетворювати в енергію власних переміщень, сприяючої стабілізації залишкової напруги. Вібруюча установка (рис. 1, 2) складається з генератора імпульсів коливань звукової частоти, п'єзоперетворювача імпульсів у механічні переміщення, встановленого на жорсткій рамі, електронного і вібровимірювального цифрового осцилографа, віброметра ПИ-19 і системи, що управляє на базі ПК. Перевагою запропонованої віброустановки є висока ефективність, низька собівартість, екологічна чистота, простота конструкції та технологічного процесу оброблення. Запропонована установка для віброобробки забезпечує зменшення часу на фінішну обробку, знижує енерговитрати за рахунок обробки на резонансних частотах. Вживання запропонованої вібраційної установки дає змогу реалізувати функціональні можливості віброобробки в пружному середовищі без вживання абразивних матеріалів. Ця обробка дає змогу об'єднати два процеси: вібростабілізацію і зміцнення поверхневого шару [5, 6].

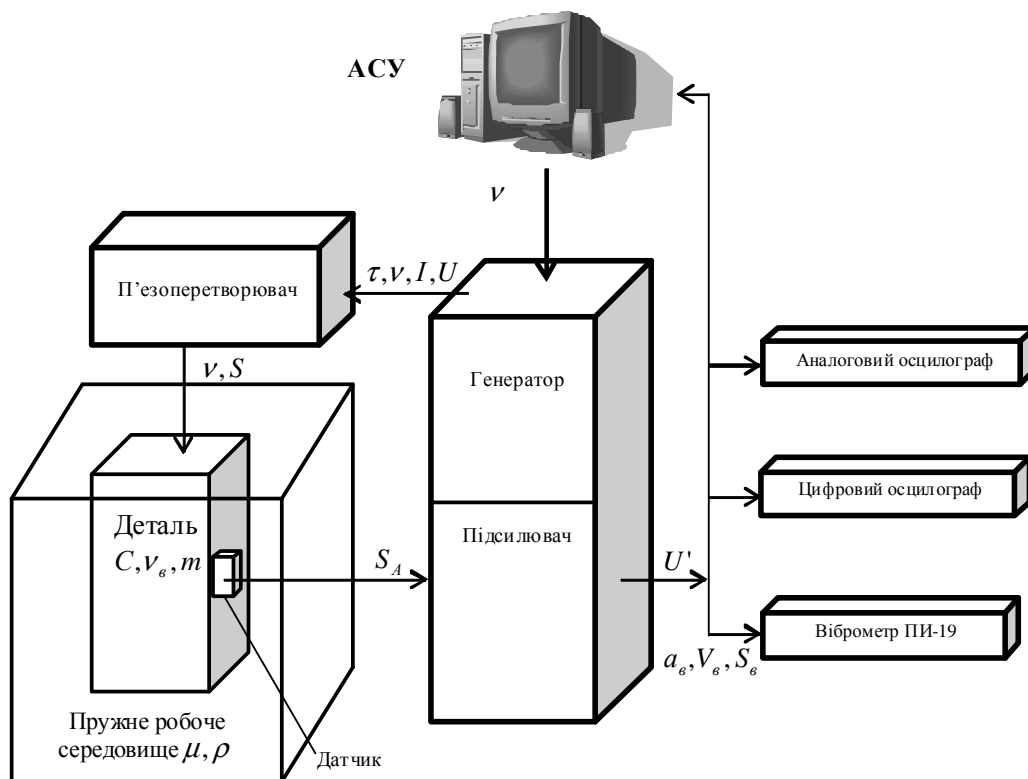


Рис. 1. Принципова схема вібраційної установки

Вібруюча установка працює у такий спосіб. До концентратора п'єзоперетворювача втулкою з двостороннім різьбленням кріпиться деталь. Безперервні коливання із звуковою частотою в заготівці збуджуються п'єзоперетворювачем, що живиться від генератора коливань. Ультразвуковий генератор виробляє електричну енергію звукової частоти, яка поступає на пластини п'єзоперетворювача і перетворюється в механічні коливання концентратора.

У разі ввімкнення задаючого генератора він починає генерувати послідовність імпульсів, які поступають на вхід тригера. На виході тригера напруга має форму меандра. На фронтах меандра формуються непарні імпульси, починаючи з першого, а на спадах – парні. Так формується два канали імпульсів управління, які надходять на підсилювач імпульсів. Підсилювач імпульсів – двоканальний і виробляє посилення за потужністю, необхідне для увімкнення тиристорів. Імпульси непарної послідовності вмикають тиристор, що створює на виході генератора УЗГ 04 імпульси позитивної полярності, а парній послідовності – негативної полярності.

Оброблення ведеться на другій власній частоті коливань деталі в резонансному режимі. У момент виникнення резонансу в системі генератор-деталь відбувається різке і максимальне відхилення стрілки мікроамперметра, що фіксується системою управління на базі ПК, зі здійсненням АПЧ і утриманням резонансного режиму, після чого генератор працює із заданою частотою вимушених коливань. Повне використання вимушеного імпульсного сигналу забезпечує жорстке з'єднання деталі з концентратором п'єзоперетворювача. На заготовлю накладують безперервні коливання, частота яких плавно міняється в діапазоні 727–5500 кГц. На деталь впливають періодичними механічними сигналами. Генератор імпульсів формує короткі імпульси, які подаються на п'єзоперетворювач. Імпульс передається заготовці, викликаючи її вібрацію з амплітудою до 50 мкм, і передається вібродавачу, де перетворюється в електричний сигнал, який посилюється підсилювачем і подається на входи вимірювальної апаратури. Оброблення відбувається на резонансній частоті з максимальною амплітудою коливань і часом оброблення 6–10 хвилин. Формування нової структури поверхневого шару після звукового оброблення в пружному середовищі викликає зміну механічних властивостей, яка своєю чергою підвищує довговічність прецизійних деталей.



Рис. 2. Загальний вигляд вібраційної установки

Акустичний сигнал від деталі приймається вібраційним давачем ДН-3, що перетворює механічні коливання в змінну напругу тієї самої частоти, що підсилюється і вимірюється вольтметром. Виконання умов резонансу в досліджуваній акустичній системі відповідає резонансному піку на амплітудно-частотній характеристиці. Для налаштування системи генератор-деталь в резонанс, в генераторі УЗГ 04 встановлений підсилювач п'єзодавача і мікроамперметр. На вхід підсилювача можуть під'єднуватися давачі типу ДН-3, які приєднуються до оброблюваної деталі. До виходу підсилювача під'єднаний мікроамперметр і роз'єм для під'єднання вимірювальних приладів.

Основним елементом установки є розроблений задаючий генератор з такими технічними характеристиками: напруга живлення генератора ~65 В, 50 Гц; максимальна потужність генератора 0,4 кВА; регулювання потужності плавне; імпульсна потужність 0,1–30 кВА; тривалість імпульсів 20–25 мкс; напруга джерела живлення ланцюгів управління ~220 В, 50 Гц; потужність ланцюгів управління 0,1 кВА; частота дотримання імпульсів 500–5000 Гц; смуга пропускання 20–12500 Гц; коефіцієнт посилення 0–100; габаритні розміри 230x350x500 мм; маса 25 кг. Генератор змонтований в сталевому корпусі, який складається з двох відсіків. В одному змонтований генератор тиристора, в іншому – схеми управління. Охолодження тиристорів примусове і виробляється вентилятором. Розташування органів управління і приєднувальних роз'ємів приведені на рис. 3.

Для експериментальної віброобробки використовувалися деталі циліндричної форми діаметром 20–26 мм, завдовжки 90–110 мм. Стан поверхневого шару контролювався на металографічному мікроскопі. Віброобробка здійснювалась в контейнері з робочим середовищем I-40 ємкістю 3 літри на частоті 4,8 кГц. Віброобробка приводить до незначного збільшення мікротвердості 10–15 % на глибині 100–250 мкм. Обробка дає змогу отримати стискувальну залишкову напругу розміром 100–120 МПа на глибині 0,3–0,6 мм. Шорсткість зменшується на 25–40 %.

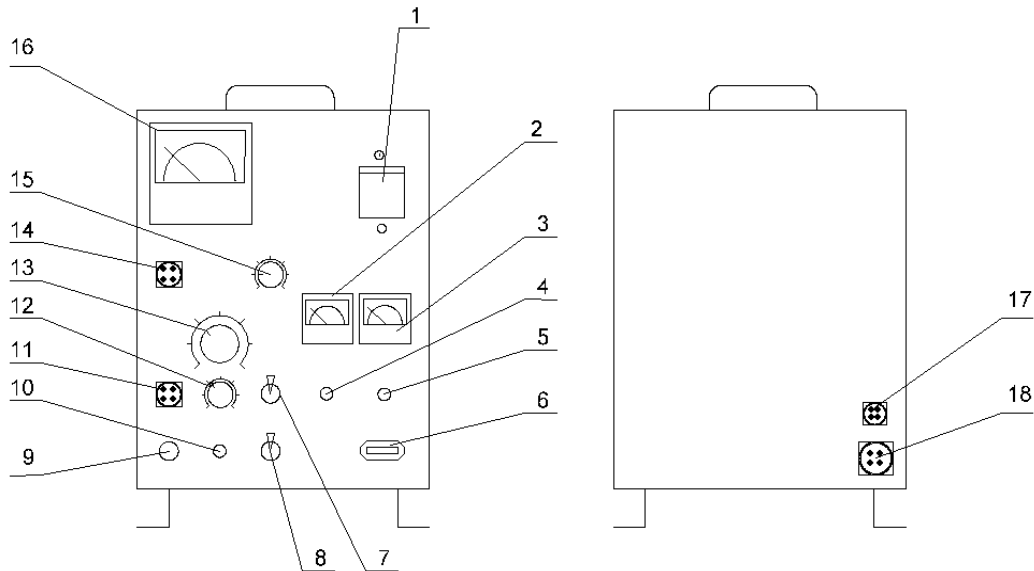


Рис. 3. Передня та задня управляючі панелі генератора:

- 1 – автоматичний вимикач; 2 – вольтметр для контролю напруги живлення генератора;
 3 – амперметр для контролю струму живлення генератора; 4 – кнопка “ПУСК”; 5 – кнопка “СТОП”;
 6 – роз’єм для під’єднання п’езовипромінювача; 7 – тумблер “РОБОТА-КОНТРОЛЬ”; 8 – тумблер “Мережа” для увімкнення напруги мережі джерела живлення ланцюгів управління; 9 – запобіжник для захисту джерела живлення ланцюгів управління; 10 – лампа контролю мережі ланцюгів управління;
 11 – роз’єм для підімкнення осцилографа й інших приладів; 12 – регулювальник “ЧАСТОТА ТОНКО”;
 13 – регулювальник “ЧАСТОТА”; 14 – роз’єм – для підімкнення п’езодавача; 15 – регулювальник “ЧУТЛИВІСТЬ” для чутливості підсилювача п’езодавача; 16 – мікроамперметр-індикатор резонансу;
 17 – роз’єм для підімкнення мережі живлення ланцюгів управління ~220 В; 18 – роз’єм для підімкнення напруги живлення генератора ~65 В

Висновки. Виконані дослідження слугують основою для створення простої та надійної конструкції вібраційної установки для зміцнення деталей в пружному середовищі. Експеримент надав можливість підвищення якості поверхні деталей машин під час використання ЗВОПС.

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с. 2. Маслов А.Р. Перспективные высокие технологии: справочник / А.Р. Маслов // Инженерный журнал. – 2008. – № 1. – С. 10–24. 3. Логинов П.К. Способы и технологические процессы восстановления изношенных деталей: учебное пособие / П.К. Логинов, О.Ю. Ретюнский // Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 217 с. 4. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Сулов. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с. 5. Ковалевський С.В. Технологічне забезпечення зносостійкості поверхневого шару деталей автомобілів при фінішній зміцнювальній віброобробці в пружному середовищі / С.В. Ковалевський, С.А. Матвієнко, О.В. Лукічов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка / Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Вип. 122. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – С. 122–127. 6. Ковалевський С.В. Аналіз стану проблеми реновації деталей автомобілів технологічними методами / С.В. Ковалевський, О.В. Лукічов, С.А. Матвієнко // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2012. – № 3(62). – С. 74–79.