

ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ВІБРОУДАРНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі представлена конструкція вібраційного пристрою з вбудованим генератором механічних коливань для здійснення поверхневого деформаційного зміцнення деталей машин.

Ключові слова: деформаційне зміцнення, пристрій, гідроімпульсний привод, генератор імпульсів тиску

Abstract

The work presents the design of a vibrating device with a built-in generator of mechanical vibrations for surface deformation strengthening of machine parts.

Keywords: strain hardening, device, hydraulic impulse drive, pressure pulse generator

Вступ

Тенденції розвитку машинобудування вимагають впровадження у виробництво нових методів і засобів, які забезпечують підвищення надійності деталей та виробів в цілому, а також зменшення собівартості продукції. Надійність деталей машин в першу чергу залежить від їх міцності, зносостійкості, вібростійкості, теплостійкості тощо. Ці критерії надійності деталей машин забезпечуються різними способами і заходами під час їх виготовлення, такими як: підбір матеріалу та різними способами підвищення міцності і зносостійкості – термічна обробка, обробка різними фізичними методами поверхні деталі та зон концентрації напружень тощо [1 - 3].

Результати дослідження

Одним з ефективних методів підвищення якості оброблюваних поверхонь деталей і їх експлуатаційних властивостей є процеси поверхневого пластичного деформування (ППД) при ударно-імпульсному впливі інструменту і комбінованій обробці. При даних видах обробки відбувається зміна фізичного, хімічного, структурного стану поверхневого шару, що підвищують його механічні, фізико-хімічні властивості, формування нерівностей однакової висоти і пологості форми виступів і западин з радіусами на 1-2 порядки більше, ніж при обробці різанням, забезпечують підвищену маслоємність контакту, збільшену навантажувальну здатність, кращий тепловідвід із зони тертя, що забезпечує швидкий і сприятливий перехід від вихідної (технологічного) якості поверхневого шару до оптимального робочого в процесу експлуатації. Наклеп поверхневого шару, характеризується зростанням твердості, ускладнює утворення і розвиток втомних тріщин, що підвищує межу витривалість деталей машин. Ефективність наклепу в цьому випадку залежить від умов роботи деталі, її конструктивних особливостей і властивостей матеріалу.

Авторами роботи [4] запропонована нова конструкція гідроімпульсного віброударного пристрою для деформаційного зміцнення деталей (рис. 1), який має вигляд гідроциліндра та складається з корпусу квадратного перерізу 1 з ніжкою кріплення його в стандартизованому різцетримачі верстата та порожниною підводу енергоносія А, в якій розміщено поршень-ударник 2, що обертий об дно центральної розточки корпусу 1 посередністю демпферної прорізної пружини 13 і через пакет тарілчастих пружин 4 об кришку круглої форми 3, що вкручується в корпус на якому закріплено штуцер 5 для подачі енергоносія і штуцер 6 для зливу його в гідробак, а також в якому знаходиться генератора імпульсів тиску, що складається із запірної кульки 8, що є запірним елементом генератора імпульсів тиску (ГІТ) з параметричним принципом генерування імпульсів тиску, яка притиснута в гнізді через упор 9 пружиною 10, що в свою чергу стиснута через шток 11 регулювальним гвинтом 12.

Робочий цикл гідроімпульсного віброударного пристрою для деформаційного зміцнення деталей здійснюється за такими етапами:

1) зростання тиску робочої рідини (енергоносія) в напірній порожнині А пристрою через прохідник підводу 5 до рівня достатнього для перетворення стаціонарного опору, обумовленого попередньою деформацією пружних елементів – витой пружини 9 регулятора тиску відкриття генератора імпульсів тиску та пакета тарілчастих пружин 4;

2) початок руху поршня-ударника 2 в момент перевищення в напірній порожнині А тиску стаціонарного опору p_c ($p_A \geq p_c$);

3) зростання в напірній порожнині А тиску енергоносія до рівня $p_A \geq p_1$ – тиску відкриття запірного елемента ГІТ (запірної кульки 8) за час переміщення поршня-ударника 2 на хід h_n' і порушення герметизації запірного елемента ГІТ, яке спричиняє практично миттєве зростання тиску в проміжній порожнині В до рівня p_1 ;

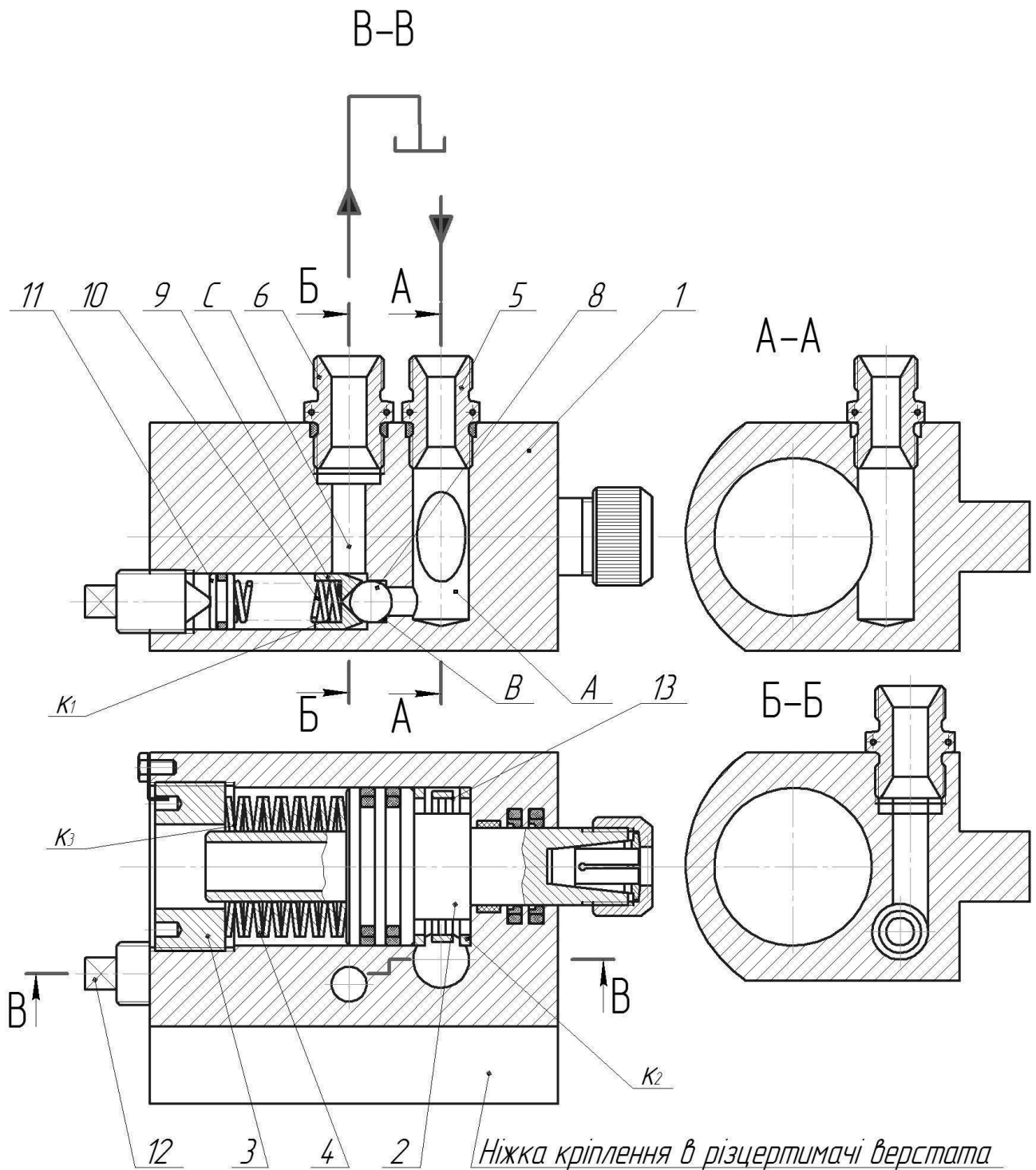


Рис. 1 – Гідроімпульсний віброударний пристрій для деформаційного зміцнення деталей

4) оскільки жорсткість k_1 витой пружини 10 регулятора тиску ГІТ значно менше жорсткості пакета тарілчастих пружин 4 k_2 , то дія тиску енергоносія на всю площу f_2 запірної елементи ГІТ спричиняє його пришвидшений рух на шляху h_{or} – його додатного перекриття;

5) переміщення запірної елементи (запірної кульки 8) на шляху від'ємного перекриття h_{er} ($h_r = h_{or} + h_{er}$) і сполучення напірної порожнини А зі зливною С пристрою, яка через прохідник 6 приєднана до гідробака насосної станції привода пристрою;

6) зменшення тиску енергоносія в гідросистемі пристрою, до рівня тиску закриття p_2 пристрою і початок зворотного руху поршня-ударника 2 та зв'язаного з ним ударного інструменту та запірної елементи (запірна кулька 8) ГІТ;

7) переміщення запірнього елемента 13 ГІТ на хід h_r і поршня-ударника 2 з ударним інструментом на величину h_{p3} зворотного ходу і ударна взаємодія інструменту із заготовкою, що обробляється, та пакетом тарілчастих пружин 4, яким ця взаємодія регулюється;

8) початок нового циклу роботи пристрою.

На кожному з описаних етапів робочого циклу пристрою мають місце певні співвідношення сил, що діють на ланки пристрою, з яких можна визначити характерні силові та геометричні параметри робочого циклу.

Тиск p_c стаціонарного опору може бути знайдений з системи нерівностей (див. етап 1):

$$\begin{cases} p_c \cdot f_3 + k_1 \cdot h_{01} + F_y \leq k_3 \cdot f_3, \\ p_c \cdot f_1 \leq k_1 \cdot h_{08} \end{cases}, \quad (1)$$

де h_{01} – попередня деформація пакету тарілчастих пружин 4, яке в пропонованій конструкції є постійним і досягається загвинчуванням пробки 3 до упора; h_{08} – попередня деформація витой пружини 10;

$f_3 = \frac{\pi}{4}(d_4^2 - d_5^2)$ – робоча площа поршня-ударника 2 з боку напірної порожнини А; $f_1 = \frac{\pi}{4}d_1^2$ – площа "відкриття" запірнього елемента 13 ГІТ.

Потрібне зростання h_{08} на основі системи (1) можна оцінити за залежністю

$$h_{08} = f_1 \left[(k_3 - k_2) h_{01} - F_y \right] / (k_1 \cdot f_3) = (f_1 / f_3) \cdot [k_2 \cdot h_{01} - F_y / k_1] \quad (2)$$

де $k_2 = k_3 - k_1$.

Момент відкриття ГІТ (етап 3) також можна, за нехтування сили тертя, описати системою нерівностей:

$$\begin{cases} p_1 \geq [k_3(h_{01} + h'_{II}) - k_4(h_{01} - h'_{II})] / f_3, \\ p_1 \geq [k_1(h_{08} + h'_{II})] / f_1 \end{cases}, \quad (3)$$

звідки :

$$p_1 = \frac{k'_2 \cdot h_{08} - k_2 \cdot h_{01}}{f_1 \cdot (k_2 / k_1) - f_3}, \quad (4)$$

де $k'_2 = k_2 + k_3$.

Тиск «закриття» ГІТ (етап 6) можна оцінити за формулою:

$$p_2 \leq [k_1(h_{08} + h'_{II} + h_r)] / f_2, \quad (5)$$

де $f_2 = \frac{\pi}{4}d_2^2$ – площа поперечного перерізу запірнього елемента ГІТ – кульки 13.

Співвідношення між тисками "відкриття" p_1 і "закриття" p_2 ГІТ можна установити за допомогою залежностей (4) і (5):

$$p_2 = p_1 \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{k_2}{k'_2} + \frac{k_1 h_{01}}{f_2} + \frac{k_1(h'_{II} + h_r)}{f_2}. \quad (6)$$

Тиск "закриття" p_2 із врахуванням другої нерівності системи (1) зв'язаний з тиском p стаціонарного опору залежністю

$$p_2 = p_c \frac{f_1}{f_2} + \frac{k_1(h'_{II} + h_r)}{f_2}. \quad (7)$$

Рівень тиску p стаціонарного опору відносно тиску p "відкриття" ГІТ можна установити порівняння залежностей (6) і (7):

$$p_c = p_1 \frac{k_2}{k'_2} + \frac{k_2}{k'_2} \cdot \frac{k_1 h_{01}}{f_2}. \quad (8)$$

тут $\frac{k_2}{k'_2} = \frac{k_3 + k_2}{k_2 + k_3} = \frac{1 - [k_2 / k_3]}{1 + [k_2 / k_3]} = \psi_k < 1$ – коефіцієнт відносної жорсткості пружної системи силової

частини пристрою.

Регулювання тиску "відкриття" ГІТ здійснюється за допомогою регулюючого гвинта 7, опорного 12 штовхача 11, який обпирається об запірну кульку 8, та витой пружини 10. Зливна порожнина С постійно з'єднана

запірною кулькою 8 та опорним штовхачем 11 та через втулку 9, в якій працює віта пружина 10, — це забезпечує рідинне тертя по всій довжині пружинної частини пристрою. Для попередньої деформації пакету тарілчастих пружин 4 закріплений гвинт, законтрений стопорною шайбою.

Висновок. Розроблена конструкція нового пристрою має ряд переваг, а саме:

- малі габарити;
- висока ефективність (високі силові та технологічні характеристики);
- широкий діапазон вібронавантаження інструменту;
- практична незалежність регулювання параметрів вібронавантаження (частота, амплітуда);
- дешевизна;
- відносна простота конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин [Текст]: навч. посіб. / А.Г.Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.
2. Слабкий, А. В. Обґрунтування напрямів удосконалення гідроімпульсних пристроїв для деформаційного зміцнення. ВНТУ, 2019.
3. Обертюх Р.Р. Динамічна та математична моделі гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення деталей з вбудованим генератором імпульсів тиску / Р.Р. Обертюх, А.В. Слабкий, В.В. Чернійко // Український міжвідомчий науково-технічний збірник «Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні». – Львів, вип. 48 – 2014. – С. 11 – 24.
4. Пат. 131816 U, Україна, В23В 39/04, Гідроімпульсний віброударний пристрій для поверхневого деформаційного зміцнення деталей / Обертюх Р.Р., Слабкий А.В., Матюхіна Є.В. та Поліщук О.В. (Україна) — № u 2018 095993 Заявл. 24.09.2018; — Опубл. 25.01.2019, Бюл. №2/2019, 25.01.2019р.

Слабкий Андрій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: Slabkiyandrey@gmail.com, тел. +380971999840.

Slabkyi Andrii Valentinovich – Ph.D., assistant professor of mechanical engineering industry, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: Slabkiyandrey@gmail.com, tel. +380971999840