

ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІБРОСВЕРДЛІННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

Сформульовано вимоги до гідроімпульсних пристроїв для вібраційного свердління. Запропоновано нову конструкцію компактного гідроімпульсного пристрою для вібросвердління з силовою ланкою у вигляді тонкостінної втулки з нанесеною на її зовнішню поверхню стрічковою нарізкою та уніфікованим однокаскадним генератором імпульсів тиску енергоносія параметричного типу.

ВСТУП

Свердління отворів у високов'язких матеріалах типу нержавіючих сталей, титанових та кольорових сплавів, характеризується підвищеною трудомісткістю. Це пояснюється малою жорсткістю інструмента, утрудненим стружковидаленням і доступом змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР) в зону різання [1–4]. Під час оброблення високов'язких матеріалів утворюється неперервна (зливна) стружка, яка накопичується в зоні різання, призводить до поломки різального інструмента та часто є причиною травмування верстатника. Для ефективного виведення зливної стружки із зони різання необхідно перетворити (подрібнити) її в елементну [5].

Одним із найбільш ефективних методів подрібнення зливної стружки є вібросвердління [3]. Широке впровадження вібросвердління стримується відсутністю ефективних малогабаритних пристроїв з широким діапазоном вібронавантаження та можливістю плавного регулювання його параметрів. З цієї причини схемний пошук та розроблення нових конструкцій пристроїв для вібросвердління є актуальною науковою та інженерною задачею.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Аналізом основних тенденцій створення та розвитку пристроїв для вібросвердління [1–4] встановлено, що пристрої для низькочастотного різання можуть будуватись з різними типами приводів: механічним, гідравлічним, електричним, електромагнітним і пневматичним.

Перспективним для створення пристроїв для вібросвердління є гідроімпульсний привод, який дозволяє сконструювати малогабаритні пристрої, що можуть безпосередньо використовуватись на свердлильних верстатах без перероблення їх складальних одиниць і кінематики. Гідроімпульсний привід має такі переваги порівняно з іншими типами вібраційних приводів [5]:

- швидкодійність виконавчої ланки;
- практична відсутність залежності амплітуди та частоти вібрацій, що генеруються виконавчою ланкою приводу від зміни її зовнішнього навантаження;
- відносно високий ККД;
- компактність;
- імпульсний чи віброударний характер навантаження різального інструмента, що суттєво полегшує процес різання;
- відносна простота конструкції;
- менше енергоспоживання порівняно зі звичайним гідравлічним приводом.

Під час розроблення нових конструкцій пристроїв для віброрізання, зокрема, вібросвердління, на нашу думку необхідно забезпечити такі вимоги:

- потужність віброприводу пристрою повинна бути достатньою для переривання процесу різання з надійним подрібненням стружки під час оброблення різних матеріалів стандартним різальним інструментом в широкому діапазоні режимів різання;
- у випадках використання пристроїв для вібросвердління на універсальних верстатах і переналагоджуваних автоматичних лініях, призначених для серійного виробництва, регулювання параметрів вібронавантаження (частоти і амплітуди) інструмента повинно здійснюватись простими та надійними засобами без зупинки робочого процесу;
- термін служби пристрою для вібросвердління повинен бути сумірним з терміном служби верстата;
- режими вібраційного різання не повинні порушувати установлену технологію обробки, погіршувати чистоту та точність оброблення поверхні деталі та приводити до втрати стійкості інструмента;

- пристрій для вібросвердління повинен бути простим за конструкцією, малогабаритним та економічним;
- установка пристрою для вібросвердління на верстаті повинна здійснюватись без перебудови його кінематичної схеми та конструкції;
- живлення пристрою слід виконувати від автономної гідронасосної станції, обладнаної контрольно-регулюючою гідроапаратурою та регулятором витрати;
- гідролінії, напірна та зливна, що з'єднують пристрій з гідронасосною станцією необхідно виконати за допомогою гнучких рукавів високого тиску і, по можливості, мінімально короткими. Рукави високого тиску повинні мати високий термін служби для випадку навантаження пульсуючим тиском;
- запірний елемент генератора імпульсів тиску (ГІТ) повинен мати мінімально необхідний робочий хід, достатній для пропускання з допустимою швидкістю потоку розрахункової кількості енергоносія (робочої рідини) в момент його перемикання.

З метою зменшення розмірів і маси пристроїв для вібросвердління необхідно в їх конструкціях реалізувати такі конструктивні принципи:

- 1) поб'єднання в одній деталі декількох функцій, наприклад реалізація силової та пружної ланок приводу в одній деталі;
- 2) використання в силових ланках пружних елементів високої жорсткості;
- 3) вбудовування в силову ланку або поєднання з нею запірно-регулюючого елемента ГІТ чи застосування для керування різними силовими ланками уніфікованого ГІТ.

Авторами запропонована конструкція гідроімпульсного пристрою для вібросвердління з силовою ланкою у вигляді тонкостінної ланки з нанесеною на її зовнішню поверхню стрічковою нарізкою та уніфікованим однокаскадним ГІТ параметричного типу. Конструктивна схема пристрою зображена на рисунку 1 [6].

Пристрій складається з двох основних блоків – ГІТ параметричного типу [5] та силової ланки у вигляді тонкостінної втулки-державки 2. ГІТ складається з корпусу квадратного перерізу 1 в розточці якого розміщено запірний елемент у вигляді кульки 4, навантаженої через штовхач 5 пружиною 6 регулятора тиску «відкриття» ГІТ. Пружина 6 розміщена в стакані 8, що вкручений в розточку корпусу 1, співвісно розташовану з розточкою під кульку 4.

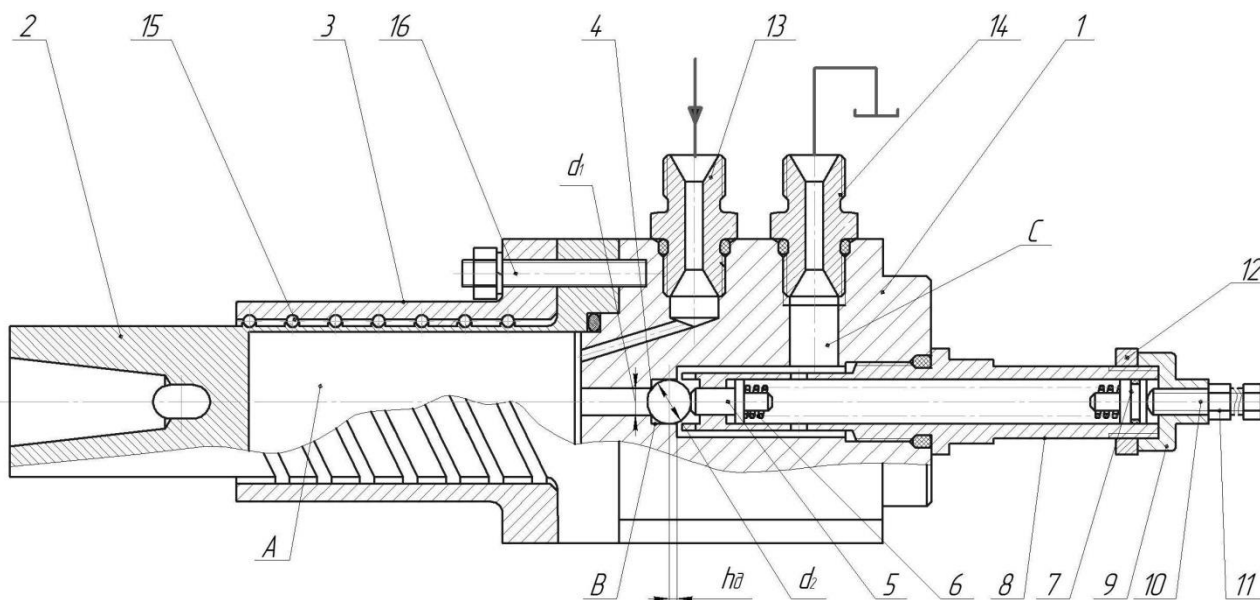


Рисунок 1 – Конструктивна схема гідроімпульсного пристрою для вібросвердління

Зміна попередньої деформації пружини 6 здійснюється за допомогою гвинта 10, розташованого в кришці 9, нагвинченій на стакан 8. Кришка 9 та гвинт 10 контяться відповідно гайками 11 та 12. Для підводу та відводу енергоносія на корпусі 1 встановлено штуцери 13 і 14, які за

допомогою рукавів високого тиску (на схемі умовно не показані) приєднують пристрій відповідно до напірної і зливної гідроліній гідростанції (на схемі не показані).

Для забезпечення тертя кочення між втулкою-державкою 2 та напрямною частиною кришки 3 встановлено проміжні тіла кочення у вигляді кульок 15. Силова ланка 2 кріпиться до ГПТ за допомогою кришки 3 шпильками 16. Для встановлення різального інструмента у втулці-державці 2 виконане посадочне місце під конус Морзе.

Запірний елемент ГПТ, кулька 4, контактує зі своєю розточкою за двома поверхнями відповідно за діаметрами d_1 та d_2 . Поверхня контакту по діаметру d_1 за суттю є сідлом для кульки 4 (контактна герметизація), а спряження кульки за діаметром d_2 виконано за ходовою посадкою не нижче сьомого квалітету точності, таким чином, що лінія контакту кульки 4 і поверхні розточки розташована на відстані додатного перекриття h_0 від краю розточки.

Робочий хід кульки та її направлення в процесі відкриття ГПТ забезпечується розточкою в стакані 8, у стінках якої для безперешкодного проходження енергоносія профрезеровані наскрізні пази прямокутного перерізу. Місця з'єднання кришки 3 та втулки-державки 2 з корпусом 1 ГПТ ущільнено гумовим кільцем круглого перерізу.

Також гумовими кільцями круглого перерізу ущільнено штуцери, стакан 8 і шток 7 регулятора тиску «відкриття» ГПТ (на схемі не позначені позиціями).

Пристрій працює таким чином. Енергоносій через штуцер 13 підводиться в напірну порожнину A . В процесі зростання тиску енергоносія в порожнині A внаслідок його дії відбувається пружна деформація (в основному повздовжня) втулки-державки 2, яку можна оцінити за простою відомою залежністю

$$\delta = \frac{\pi d_c^2}{4} \cdot p_r / k_1, \quad (1)$$

де d_c – робоча площа розточки втулки-державки 2; p_r – робочий тиск; k_1 – жорсткість втулки-державки 2.

За досягнення в напірній порожнині A тиску $p_r = p_1$, тут ($p_1 = 4k_2 \cdot y_{01} / \pi d_1^2$) – тиск «відкриття» ГПТ, кулька 4 відривається від сідла і енергоносій під тиском p_1 діє на всю площу кульки

$f_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \approx 0,785 \cdot d_2^2$, внаслідок цього напірна порожнина A сполучається з проміжною

порожниною B , що спричиняє швидке переміщення кульки 4 на шляху її прямого ходу $h_k = h_0 + h_6$ (h_6 – від'ємне перекриття кульки 4). В результаті цього переміщення кульки 4 порожнини A і B з'єднуються зі зливною порожниною C . Тиск в гідросистемі пристрою зменшується і за його величини $p_2 \leq k_2(y_{01} + h_k) / f_2$ (де p_2 – тиск «закриття» ГПТ) кулька 4 повертається у початкове положення, відділяючи напірну порожнину A від зливної гідролінії. Далі цикл автоматично повторюється і в гідросистемі приводу виникають імпульси тиску енергоносія з амплітудою $\Delta p = p_1 - p_2$. В момент зменшення тиску до рівня p_2 деформація силової ланки втулки-державки 2 зменшується (здійснюється зворотний хід), в результаті чого відбувається переривання процесу різання.

Розрахункова схема силової ланки у вигляді тонкостінної втулки з нанесеною на її зовнішню поверхню стрічковою нарізкою показана на рисунку 2.

Принцип роботи втулки-державки 2 полягає в пружній деформації її тонкостінної частини, яка має гвинтовий характер через нанесену на її поверхню стрічкову нарізку з великим кроком P_t . Зростання тиску в порожнині A до рівня p_1 спричиняє видовження втулки-державки 2 та закручування її перерізу на певний кут.

Лінійну та кутову деформацію втулки можна наближено оцінити за законом Гука:

$$\Delta l_{\max} = \frac{F_{a \max} \cdot l_0}{(E \cdot f_s)}, \quad (2)$$

$$\varphi_{\max} = \frac{T_{\max} \cdot l_0}{(G \cdot I_p)}, \quad (3)$$

де $F_{a \max} = 0,785 p_1 \cdot d_B^2$ – максимальна осьова сила, що розтягує втулку (без врахування осової сили різання, наприклад під час свердління); l_0 – довжина тонкостінної частини втулки 2; E – модуль пружності матеріалу втулки-державки 2; $f_s = 0,785(d_3^2 - d_B^2)$ – площа поперечного перерізу втулки; d_3, d_B – діаметральні розміри тонкостінної частини втулки-державки 2; $T_{\max} = F_{a \max} \cdot tg \gamma \cdot 0,5 d_H$ – крутний момент, що діє на втулку-державку 2; G – модуль зсуву матеріалу втулки-державки 2; $I_p = \frac{\pi \bar{d}_H^4}{32} \left(1 - \frac{d_B}{\bar{d}_H}\right)$ – полярний усереднений момент інерції перерізу тонкостінної частини втулки 2; $\bar{d}_H = 0,5(d_H + d_3)$; $tg(\gamma) = P_t / (\pi \bar{d}_H)$ – кут підйому гвинтової лінії нарізки.

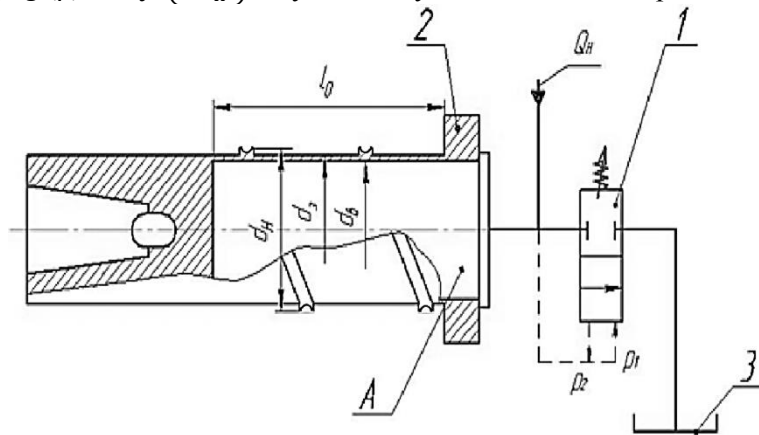


Рисунок 2 – Розрахункова схема силової ланки у вигляді тонкостінної втулки з нанесеною на її зовнішню поверхню стрічковою нарізкою

Під час зменшення тиску в порожнині A до рівня p_2 , лінійну та кутову деформації втулки 2 можна оцінити за такими залежностями як (2) та (3), але за осової сили $F_{a \min} = 0,785 p_2 \cdot d_B^2$ та моменту $T_{\min} = 0,5 \cdot F_{a \min} \cdot tg(\gamma) \cdot \bar{d}_H$.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз відомих типів низькочастотних віброприводів для вібросвердління показав, що гідравлічні пристрої, зокрема гідроімпульсні, вигідно відрізняються від пристроїв з іншими віброприводами компактністю та широким діапазоном регулювання параметрів вібронавантаження інструмента – збуджуючої сили, частоти та амплітуди вібрацій.
2. Сформульовані вимоги до пристроїв для вібросвердління відповідають сучасним тенденціям в матеріалообробленні, а розроблений гідроімпульсний пристрій для вібросвердління більшою мірою задовольняє ці вимоги.
3. Перевагою розробленого гідроімпульсного пристрою порівняно з відомими пристроями з гідравлічним приводом є відсутність кінематичного руху в силі ланці, що виключає втрати потужності енергоносія на механічне тертя та підвищує герметичність пристрою в цілому і його к. к. д.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пестунов В. М. Використання методів вібраційного свердління в сільськогосподарському машинобудуванні [Електронний ресурс] / В. М. Пестунов, В. В. Свяцький, Л. П. Свяцька. – Режим доступу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=Zmntz_2010_40\(2\)_33](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=Zmntz_2010_40(2)_33). – Назва з екрана.

2. Существующие методы обеспечения низкочастотных вибраций инструмента с целью дробления стружки при сверлении глубоких отверстий [Электронный ресурс] / С. А. Воронов, А. М. Гуськов, И. И. Иванов [и др.] // Наука и Образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2014. – № 12. – С. 842 – 857. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/748342.html>. – Назва з екрана.

3. Обертюх Р. Р. Вібраційне свердління – ефективний спосіб отримання отворів у важкооброблюваних матеріалах / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий // Віснику машинобудування та транспорту. – 2015. – № 2. – С. 61–68.

4. K. Adachi, A. Yoshikawa, K. Sakurai, A study on burr low frequency vibratory drilling, Edited by J.F. Nie, A.J. Morton and B.C. Mudle. – Institute of Materials Engineering Australasia Ltd, Materials forum volume 28 – Published 2004.

5. Обертюх Р. Р. Пристрій для віброточіння на базі гідроімпульсного привода / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.

6. Пат. 117393 У, Україна, В23В 47/18, Гідроімпульсний пристрій для вібросвердління / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Музичук С. Д та Свящук Ю. А. (Україна). – № у 201700119 ; заявл. 03.01.2017 ; опубл. 26.06.2017, Бюл. № 12/2017.

Р. Р. Обертюх¹, А. В. Слабкий¹, М. С. Бурдейний¹

ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІБРОСВЕРДЛІННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

Об'єкт дослідження – пристрій для вібраційного свердління.

Мета роботи – сформулювати основні вимоги до пристроїв для вібросвердління та, грунтуючись на запропонованих вимогах, розробити нову конструкцію пристрою.

За результатами досліджень малогабаритних пристроїв для вібраційного різання запропоновані вимоги та конструктивні принципи, які в більшій мірі реалізовані в новій конструкції пристрою для вібросвердління на базі гідроімпульсного привода.

Ключові слова: вібрації, вібросвердління, гідроімпульсний привід, державка-втулка, генератор імпульсів тиску.

Обертюх Роман Романович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: obertyuh557@gmail.com

Слабкий Андрій Валентинович, кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: SlabkiyAndrey@gmail.com

Бурдейний Микола Сергійович, студент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: 1m.14b.burdeinyi@gmail.com

R. Obertykh¹, A. Slabkyi¹, M. Burdeinyi¹

HYDROPULSE DEVICE FOR VIBRODRILLING

¹Vinnitsa National Technical University

The object of the study is a device for vibratory drilling.

The purpose of the work is to formulate the basic requirements for devices for vibrodrilling and based on the proposed requirements to develop a new design of the device.

According to research results of small-sized devices for vibration cutting, requirements and constructive principles are proposed, which are more widely implemented in the new design of a device for vibrodrilling based on a hydropulse drive.

Key words: vibrations, vibration extensions, hydropulse drive, holder-wings, pressure impuls generator

Obertykh Roman, Cand. Sc. (Eng.), associate professor, Professor of department industrial engineering, Vinnitsia National Technical University, e-mail: obertyuh557@gmail.com

Slabkyi Andrii, Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of department of industrial engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: SlabkiyAndrey@gmail.com

Burdeinyi Mykola, student of the department of branch engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: 1m.14b.burdeinyi@gmail.com

Р. Р. Обертюх¹, А. В. Слабкий¹, Н. С. Бурдейный¹

ГИДРОИМПУЛЬСНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ВИБРОСВЕРЛЕНИЯ

¹Винницкий национальный технический университет

Объект исследования – устройство для вибрационного сверления.

Цель работы – сформулировать основные требования к устройствам для вибросверления и основываясь на предложенных требованиях разработать новую конструкции устройства.

По результатам исследований малогабаритных устройства для вибрационного резания предложены требования и конструктивные принципы, которые в большей степени реализованы в новой конструкции устройства для вибросверления на базе гидроимпульсного привода.

Ключевые слова: вибрации, вибросверление, гидроимпульсный привод, державка-втулка, генератор импульсов давления

Обертюх Роман Романович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры отраслевого машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: obertyuh557@gmail.com

Слабкий Андрей Валентинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры отраслевого машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: SlabkiyAndrey@gmail.com

Бурдейный Николай Сергеевич, студент кафедры отраслевого машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: 1m.14b.burdeinyi@gmail.com