

Обертюх Р.Р., Слабкий А.В., Музичук С.Д., Свящук Ю.А.

ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІБРОСВЕРДЛІННЯ

Розглянуті вимоги до побудови вібраційних пристроїв для вібраційного свердління та запропонована нова конструкція гідроімпульсного пристрою для вібросвердління з вбудованим генератором імпульсів тиску.

Рассмотрены требования к построению вибрационных устройств для вибрационного сверления и предложена новая конструкция гидроимпульсного устройства для вибросверления со встроенным генератором импульсов давления.

Considered requirements for a vibration device for vibrating drilling and the new design of hydroimpulse vibrodrilling device with integrated pulse generator pressure.

Вступ

Операції отримання отворів у високов'язких матеріалів типу нержавіючих сталей, титанових та кольорових сплавів, характеризуються підвищеною трудоемністю, що пояснюється малою жорсткістю інструменту, утрудненим стружковидаленням та доступом змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР) в зону різання [1 – 4]. Головною проблемою свердління є накопичення в зоні різання стружки, що призводить до поломки різального інструменту. Під час обробки високов'язких матеріалів утворюється неперервна (зливна) стружка, для ефективного виведення якої із зони різання необхідно перетворювати неперервну стружку в елементну [5].

Одним із найбільш ефективних методів подрібнення зливної стружки є застосування вібросвердління [3]. Широке впровадження вібросвердління стримується відсутністю пристроїв з широким діапазоном вібронавантаження з можливістю плавного регулювання. Тому аналіз існуючих пристроїв для вібраційного свердління та розробка нових є актуальною науковою та інженерною задачею.

Основна частина

Аналіз основних тенденцій створення та розвитку пристроїв для вібросвердління [1 – 4] свідчить, що пристрої для низькочастотного різання можуть будуватись з різними типами приводів: механічним, гідравлічним, електричним, електромагнітним та пневматичним. Проте, на нашу думку, найбільш придатним для створення малогабаритних потужних пристроїв з плавним регулюванням параметрів системи є гідравлічний привод.

Перспективним різновидом гідравлічного приводу є гідроімпульсний, побудова на основі якого пристроїв для вібросвердління невідома. Переваги гідроімпульсного приводу над відомими приводами пульсуючого типу такі [5]:

- швидкодійність виконавчої ланки;
- практична відсутність залежності амплітудо-частотної характеристики вібратора від зміни навантаження;
- високий ККД;
- компактність;
- імпульсний або віброударний характер навантаження різального інструмента, що вагомо полегшує процес різання;

- відносна простота конструкції;
- менша енергоспоживання порівняно з чисто гідравлічним приводом.

Під час розробки нових конструкцій пристроїв для віброрізання, зокрема, вібросвердління необхідно забезпечувати такі вимоги:

- потужність вібропривода пристрою повинна бути достатньою для забезпечення переривання процесу різання з надійним подрібненням стружки під час обробки 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 співмірним з терміном служби верстата;

- режими вібраційного різання не повинні порушувати установлену технологію обробки, погіршувати чистоту та точність обробки поверхні деталі і 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, обладнаного 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 в момент його перемикання.

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

- об'єднання в одній деталі кілька функціональних одиниць, наприклад реалізація силової та пружної ланок привода в одній деталі;

- вбудовування в силову ланку запірно-регулюючого елемента ГІТ.

Авторами запропонована конструкція гідроімпульсного пристрою для вібросвердління, яка в повній мірі задовольняє вищезгадані вимоги. Конструктивна схема пристрою представлена на рисунку 1.

Пристрій складається з двох основних блоків – ГІТ 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 вкрученого в розточку корпусу співвісно розташованого з розточкою під кульку 4. Зміна попередньої деформації пружини здійснюється за допомогою гвинта 10 розташованого в кришці 9 нагвинченій на стакан 8. Кришка 9 та гвинт 10 конtringяться відповідно гайками 11 та 12. Для підводу та відводу енергоносія на корпусі 1 встановлені штуцера 13 і 14, які за допомогою рукавів високого тиску (на схемі умовно не показані) приєднують пристрій відповідно до напірної і зливної гідролінії гідростанції (на схемі не показані).

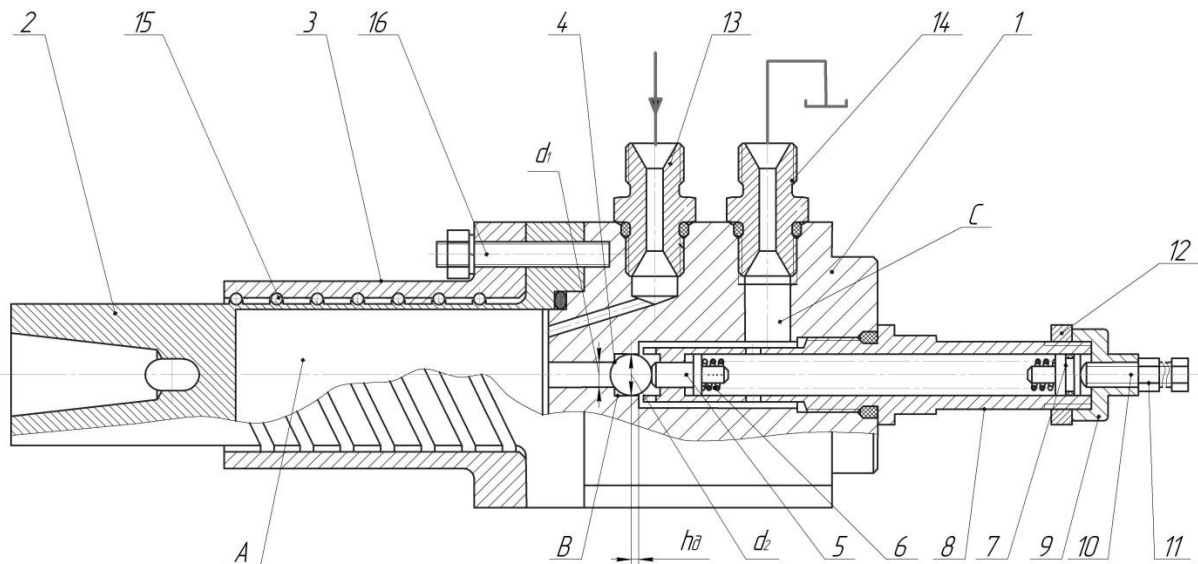


Рисунок 1 – Конструктивна схема гідроімпульсного пристрою для віброствердління

Силова ланка 2 кріпиться до ГІТ за допомогою кришки 3 шпильками 16. Для встановлення різального інструменту в втулці-державці виконане посадочне місце під конус Морзе.

Запірний елемент ГІТ – 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_d від краю розточки.

Робочий хід кульки та її направлення в процесі відкриття ГІТ 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 ГІТ ущільнено гумовим кільцем круглого перерізу.

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

Пристрій працює наступним чином. Енергоносій через штуцер 13 підводиться в напірну порожнину А, в процесі зростання тиску в цій порожнині відбувається повздовжня деформація втулки-державки 2, яку можна оцінити за простою залежністю:

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

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

За досягнення в напірній порожнині А тиску $p_r = p_1$, тут ($p_1 = 4k_2 \cdot y_{01} / \pi d_1^2$) – тиск «відкриття» ГІТ, кулька 4 відривається від сідла і енергоносій під тиском p_1 діє на всю площу кульки $f_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \approx 0,785 \cdot d_2^2$ (напірна порожнина А сполучається з

проміжною порожниною В), що викликає швидке переміщення кульки 4 на шляху її прямого ходу $h_k = h_o + h_e$ (h_e – від’ємне перекриття), в наслідок чого порожнини А і В з’єднуються зі зливною порожниною С. Тиск в гідросистемі пристрою зменшується і за його величини $p_2 \leq k_2(y_{o1} + h_k) / f_2$ (де p_2 – тиск «закриття» ГП) кулька 4 переміщується у вихідне положення, тим самим відділяючи напірну порожнину А від зливної гідролінії. В момент зменшення тиску до рівня p_2 силова ланка під дією сили своєї пружності здійснює зворотній хід, в результаті чого відбувається переривання процесу різання. Далі цикл повторюється.

Розрахункова схема силової ланки у вигляді тонкостінної втулки з нанесеною на її зовнішню поверхню стрічковою нарізкою зображена 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 А до рівня p_1 спричиняє видовження втулки 2 та закручування її перерізу на певний кут.

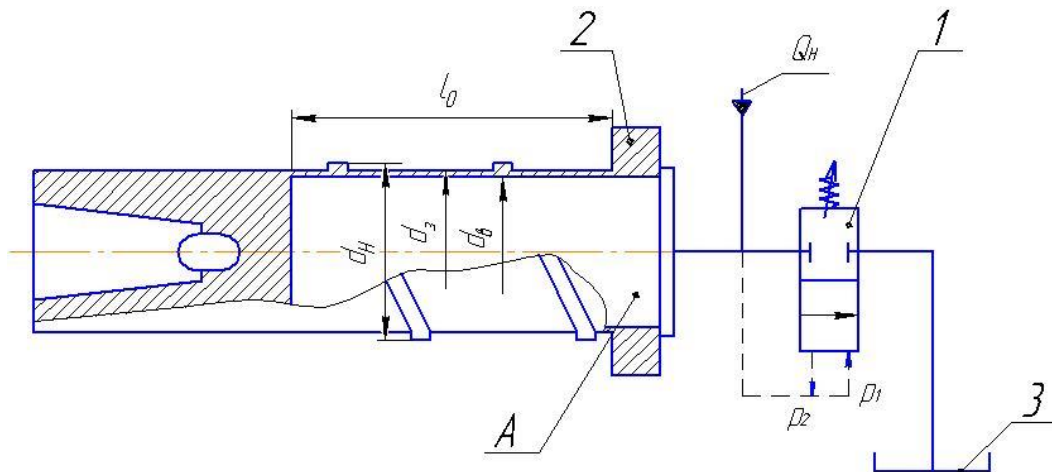


Рисунок 2 – Розрахункова схема силової ланки у вигляді тонкостінної втулки з нанесеною на її зовнішню поверхню стрічковою нарізкою

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

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

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

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

частини втулки 2; $\bar{d}_H = 0,5(d_H + d_3)$; $\text{tg}(\gamma) = P_t / (\pi \bar{d}_H)$ – кут підйому гвинтової лінії нарізки.

При зменшенні тиску в порожнині А до рівня p_2 , лінійну та кутову деформації втулки 2 можна оцінити за такими залежностями як (2) та (4.3), але за осьової сили $F_{a \min} = 0,785 p_2 \cdot d_B^2$ та моменту $T_{\min} = 0,5 \cdot F_{a \min} \cdot \text{tg}(\gamma) \cdot \bar{d}_H$.

Висновки

Аналіз відомих типів низькочастотних віброприводів для вібросвердління показав, що гідравлічний привод, зокрема гідроімпульсний вигідно відрізняється від інших компактністю пристрою та широким діапазоном регулювання параметрів вібронавантаження інструмента — збуджуючої сили, частоти та амплітуди вібрацій.

Сформовані вимоги до побудови нових пристроїв для вібросвердління в повній мірі відповідають сучасним тенденціям в матеріалообробці. Згідно сформованих вимог запропонована нова конструкція пристрою для вібросвердління на базі гідроімпульсного привода.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пестунов В. М. Використання методів вібраційного свердління в сільськогосподарському машинобудуванні / 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=FILA=&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=FILA=&S21STR=Zmntz_2010_40(2)_33). – Назва з екрана
2. Существующие методы обеспечения низкочастотных вибраций инструмента с целью дробления стружки при сверлении глубоких отверстий / 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 доступу: <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 – №2, 2015. – 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. – Insttute of Materials Engineering Australasia Ltd, Materials forum volume 28 – Published 2004.
5. Обертюх Р. Р. Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.

Обертюх Роман Романович – к.т.н., доцент, професор кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет.

Слабкий Андрій Валентинович – к.т.н., доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет.

Музичук Святослав Дмитрович – студент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет

Свящук Юрій Андрійович – студент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет