

ПОБУДОВА КОМПОНОВКИ ШПИНДЕЛЯ ВЕРСТАТА З КАНАТНИМ ГАСІННЯМ ВІБРОКОЛИВАНЬ ДЛЯ ОБРОБКИ ТА РОЗПИЛЮВАННЮ КАМ'ЯНИХ ВИРОБІВ

(Представлено д.т.н. проф. Мельничуком П.П.)

Охарактеризовано особливості застосування в каменеобробних верстатах швидкісного діапазону шпинделя з робочим інструментом при обробці та розпилюванні кам'яних виробів. Визначено виникнення некерованих віброколиваний шпиндельного вузла з робочим інструментом в фазах його врізання та виходу з кам'яних заготовок, через що виникають певний брак кам'яних виробів та поломки деталей шпинделя або робочого інструменту. Запропонована ескізна компоновка технологічної системи шпинделя каменеобробного верстата знешкоджує негативну дію некерованих віброколиваний під час виконання операції шліфування, фрезерування або розпилювання кам'яних заготовок. Було виведено аналітичні залежності для розрахунку діаметра сталевого каната верстатного шпинделя з канатним гасінням віброколиваний. Також було запропоновано застосування в металообробних верстатах технологічної системи шпинделя з канатним гасінням віброколиваний. Було наведено приклад розрахунку діаметра каната для такого верстатного шпинделя з застосування формули Ейлера для визначення натягу каната за його контактним зчепленням з деталями верстатного шпинделя. Було представлено креслення ескізної компоновки верстатного шпинделя з канатним гасінням віброколиваний.

Ключові слова: верстатний шпиндель, віброколиваний, діаметр каната, ескізна компоновка.

Постановка проблеми. Технологічні системи сучасних каменеобробних та розпилювальних верстатів працюють в певному діапазоні швидкостей обертання шпинделя, і останнє залежить:

- 1) від фізико-механічних властивостей оброблюваної породи – подібно мармуру або граніту;
- 2) від виду застосованого робочого інструменту – з твердосплавними пластинами або алмазного.

Діапазон швидкостей обертання шпинделя [1] залежить від зовнішнього діаметра робочого інструменту і лежить в межах від 200 хв^{-1} (при діаметрі 3 м) до $4000\text{--}5000 \text{ хв}^{-1}$ (при діаметрі 20 мм).

В технологічних системах сучасних каменеобробних та розпилювальних верстатів широко застосовують традиційні компоновки шпиндельного вузла на підшипниках кочення [1] залежно від швидкості обертання робочого інструменту в процесі сталого його обертання під час розпилювання, фрезерування або шліфування кам'яної заготовки. При цьому шпиндель має сталі власні допустимі вібраційні коливання, які не впливають на якість оброблюваних кам'яних виробів. Але в процесі механічної обробки кам'яних заготовок робочий інструмент працює в фазах врізання та виходу з кам'яного виробу, в яких змінюється величина сили різання, що призводить до виникнення некерованих вібраційних коливань шпиндельного вузла з інструментом, що призводить до отримання певного браку кам'яних заготовок та поломок деталей шпиндельного вузла або робочого інструменту.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. В деяких компоновках шпиндельних вузлів металообробних верстатів застосовують гасіння цих віброколиваний за допомогою конструктивного вузла з еластичних матеріалів. В джерелах [3, 7, 8], як один з наукових напрямів вирішення проблеми гасіння верстатних коливань, пропонується застосування канатів для гасіння віброколиваний шпинделя верстата без наведення конкретних конструкторських розробок такої технологічної системи шпинделя. В країнах СНД не відомі публікації конструкторських рішень цієї проблеми, а закордонні аналоги технологічних систем верстатного шпинделя з канатним гасінням віброколиваний не сумісні з технологічними системами вітчизняних каменеобробних та розпилювальних верстатів. Разом із тим, недостатньо відомі технологічні системи шпинделів з канатним гасінням віброколиваний каменеобробних та розпилювальних верстатів.

Метою роботи є побудова компоновки шпиндельного вузла з канатним гасінням власних віброколиваний в процесі врізання та виходу робочого інструменту з кам'яної заготовки.

Викладення основного матеріалу. Розробка ескізної компоновки шпиндельного вузла з канатним гасінням віброколиваний каменеобробного верстата.

На основі аналізу типових конструктивних схем шпиндельних вузлів на підшипниках кочення [1] сформульовано основні вимоги до технологічних систем шпинделів:

- 1) передача на заготовку або інструмент розрахункових режимів для заданих технологічних операцій;
- 2) точність обертання, яка оцінюється радіальним та осьовим биттям переднього кінця шпинделя;

- 3) жорсткість (радіальна та осьова), яка визначається за деформацією шпинделя під навантаженням;
- 4) високі динамічні якості (вібростійкість), що визначаються амплітудою коливань переднього кінця шпинделя та частотою власних коливань, які, бажано, повинні бути більшими за 500–600 Гц;
- 5) мінімальні тепловіддача та температурні деформації шпиндельного вузла;
- 6) довговічність шпиндельного вузла, яка не регламентується та її визначають за втомленістю, зносом деталей підшипника або втратою властивостей мастила;
- 7) швидке та точне кріплення інструмента;
- 8) мінімальні витрати на виготовлення, збирання та експлуатацію шпиндельного вузла; за умови задоволення решти усіх вимог було розроблено компоновку шпиндельного вузла з канатним гасінням віброколивань (рис. 1, 2, 3), принцип дії якого описаний в заявці на винахід [2].

Суттєвою відмінністю такого шпинделя (рис. 1, 2, 3) є введення до його конструкції одного або декількох сталевих дротяних канатів (7) діаметром до 8 мм, що пружно з'єднують зафіксований на валу (1) шпонкою (3) фланець (5) з поворотною опорою (6), що виконана із зовнішньою шліцевою поверхнею (Д) і встановлена через паронітові прокладки (11) на дві закриті опори (14) кочення або ковзання з фіксацією на нарізному кінці вала (1) шайбою (8) та круглою гайкою (9). Завдяки введенню працюючих на розтягування одного або декількох сталевих дротяних канатів (7) обертання вала (1) передається від фланця (5) на поворотну опору (6), на якій встановлено і зафіксовано робочий інструмент.

При частковому розтягуванні (при передачі крутного моменту) одного або декількох сталевих дротяних канатів (7) між дротиками в зоні їх сумісного контакту миттєво виникають значні за величиною сили контактної тертя [3], завдяки яким майже миттєво гасяться шкідливі вібраційні коливання процесу фрезерування або шліфування особливо під час врзання або виходу робочого інструменту з кам'яної заготовки, чим забезпечується суттєве зменшення виходу браку поверхонь оброблюваних заготовок та скорочення поломок робочого інструмента, верстата та його вузлів. Також таку технологічну систему шпинделя (компоновку шпиндельного вузла) можливо застосовувати в металообробних верстатах.

Нижче за текстом наведено аналітичні залежності необхідні для побудови технологічної системи та розрахунку деталей шпиндельного вузла з канатним гасінням віброколивань.

Розрахунок діаметра d_k дротяного каната (7) наведено в таблиці 1.

З таблиці 1 обираємо більший за величиною діаметр сталевого каната $d_k = 12$ мм.

Якщо $d_k > 8$ мм, тоді беремо декілька канатів з $d_k = 8$ мм, але які сумарною площею поперечного перерізу дорівнюють розрахунковій площі поперечного каната з $d_k = 12$ мм. Максимальний діаметр одного каната $d_k = 8$ мм обираємо через значне зростання жорсткості канатів більшого діаметра, що призведе до неможливості гасіння віброколивань і значного збільшення розміру D шпинделя.

Враховуючи наведене вище, після виконання простих розрахунків отримаємо, що в нашому випадку необхідно обрати два сталеві дротяні канати діаметром $d_k = 8$ мм.

Таблиця 1

Результати розрахунків діаметра каната

№ з/п	Вихідні дані								Примітка
	параметр								
	діаметр D_1 , АПР, м	допустима межа міцності каната на розривання, n/M^2 [σ] р.к	потужність електродвигуна N , кВт	кількість обертів АПР n , хв. ⁻¹	коефіцієнт тертя f	кут α охоплення шпинделя канатом	кут між векторами сил R_1 та P_{21}	сила різання R_1 , н	P_{21} - горизонтальна складова (сила подачі) сили; R_1 - джерело [4]; Розрахунок сили різання R_1 - джерело [4]; АПР – алмазний профільний ролик
1	0,36	$1,8 \cdot 10^8$	37	2120	0,1	2π	$54^\circ 30'$	4620	
Визначення величини діаметра каната d_k на розривання за умовою дії максимального пускового моменту електродвигуна									

Параметр	Формула розрахунку	Результат розрахунку, $\times 10^{-3}$ м	Примітка
2 d_k – розрахунковий діаметр каната, мм	$d_k = \sqrt{\frac{N \cdot 55 \cdot 10^4}{D_1 \cdot n[\sigma]_{p.k}}}$	12	
Визначення величини діаметра d_k з умови дії натягу каната за зчепленням з деталями шпинделя і одночасно з дією на канат горизонтальної сили P_{21} (сили подачі)			
3 d_k – розрахунковий діаметр каната, мм	$d_k = \sqrt{\frac{2R_1 \cdot \cos \gamma \left(\frac{1}{e^{f\alpha}} + 1 \right)}{\Pi[\sigma]_{p.k}}}$	5	Запропоновано застосування формули Ейлера для визначення натягу каната за зчепленням, а саме: $F_c = P_{Г1} / e^{f\alpha} = R_1 \cdot \cos \gamma / e^{f\alpha}$

Примітка: за [4, 5, 6, 9]:

$$R_1 = \frac{D_1}{2} \int_0^{H_\phi} \int_\phi^{\phi+\Delta\phi} \ell \Delta \cdot c \cdot t \cdot \phi \cdot \sin \alpha \varphi \cdot dH_\phi \cdot d\phi$$

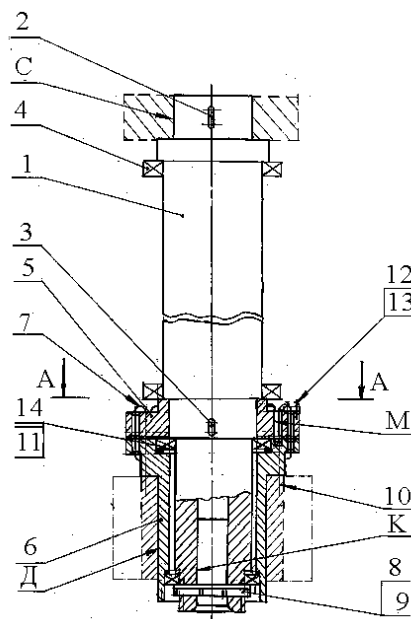


Рис. 1. Верстатний шпиндель з гасінням віброколивань:
1 – вал; 2, 3 – шпонка; 4, 14 – опора підшипникова; 5 – фланець; 6 – опора; 7 – канат сталевий; 8 – шайба; 9 – гайка круга; 10, 13 – болт; 11 – прокладка; 12 – планка

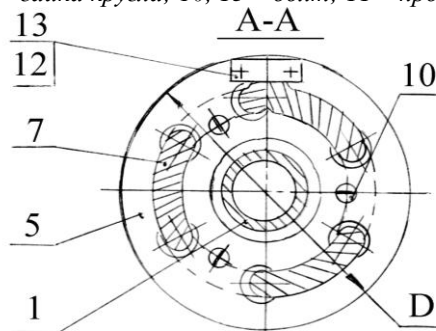


Рис. 2

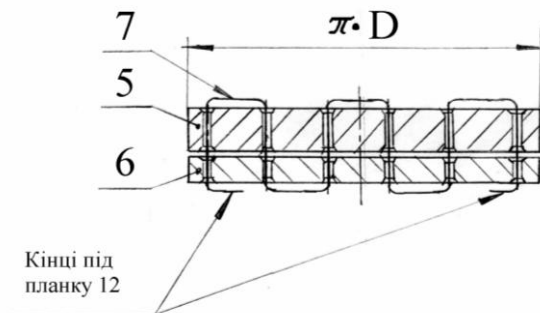


Рис. 3

Висновки:

1. Виведено аналітичні залежності визначення величини діаметра сталевого дротяного каната шпинделя з канатним гасінням віброколивань.
2. Побудовано компоновку технологічної системи шпиндельного вузла з канатним гасінням віброколивань.
3. Після проведення експериментальних досліджень шпиндельного вузла з канатним гасінням віброколивань необхідно побудувати математичну модель динамічної системи шпинделя, а далі отримати математичну модель шпиндельного вузла.

Список використаної літератури:

1. Металлорежущие станки : учебник / Под ред. В.Э. Пуша. – М. : Машиностроение, 1985. – 256 с.
2. Верстатний шпиндель з гасінням віброколивань. Реєстраційний номер заявки α 201306826, дата подання 31.05.2013 р.
3. Металлорежущие станки : учеб. пособие / Н.С. Колев, Л.В. Красниченко, Н.С. Никулин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 500 с.
4. Чемоданов П.А. Дослідження силових параметрів процесу фрезерування алмазним профільним роликом складнопрофільної поверхні великогабаритного виробу з граніту / П.А. Чемоданов, В.І. Сідорко // Вісник ЖДТУ ; Серія : Технічні науки. – № 1 (60). – 2012. – 156 с.
5. Исполнительные органы очисных комбайнов для тонких пологих пластов / Н.Г. Бойко, А.В. Болтян, В.Г. Шевцов и др. – Донецк : Донеччина, 1996. – 223 с.
6. Бойко М.Г. Навантаження вугілля очисними комбайнами / М.Г. Бойко. – Донецьк : РВА Дон НТУ, 2002. – 157 с.
7. Кудинов В.А. Динамика станков / В.А. Кудинов. – Машиностроение, 1967. – 360 с.
8. Орликов М.Л. Динамика станков : учебн. Пособие / М.Л. Орликов. – К. : Вища школа. Головне вид-во, 1980. – 256 с.
9. Zeng I. An investigation of material in polishing fixed abrasives pocendings of inecheme / Zeng I., Tam H.Y. // Journal of Engineering Manufacture. – Vol. 216. – 2002.

ЧЕМОДАНОВ Петро Арисович – старший викладач кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. М.Т. Бакка Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- каменеобробні верстати.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014

Чемоданов П.А. Побудова компоновки шпинделя верстата з канатним гасінням віброколивань для обробки та розпилювання кам'яних виробів.

Чемоданов П.А. Построение компоновки шпинделя станка с канатным гашением виброколебаний для обработки и распиловки каменных изделий.

Chemodanov P. Construction of the machine spindle composition with a rope blanking of oscillations and cutting of stone products.

УДК 621.9.06:679.8.051

Построение компоновки шпинделя станка с канатным гашением виброколебаний для обработки и распиловки каменных изделий / П.Чемоданов

Охарактеризованы особенности применения в камнеобрабатывающих станках скоростного диапазона шпинделя с рабочим инструментом при обработке и распиловке каменных изделий. Показано возникновение неуправляемых виброколебаний шпиндельного узла с рабочим инструментом в фазах его врезания и выхода из каменных заготовок, из-за чего возникает определенный брак каменных изделий и поломки деталей шпинделя или рабочего инструмента. Предложенная эскизная компоновка технологической системы шпинделя камнеобрабатывающего станка устраняет негативное действие неуправляемых виброколебаний во время выполнения операций шлифования, фрезерования или распиловки каменных заготовок. Были выведены аналитические закономерности для расчета диаметра стального каната станочного шпинделя с канатным гашением виброколебаний. Также было предложено применение в металлообрабатывающих станках технологической системы шпинделя с канатным гашением виброколебаний. Был приведен пример расчета диаметра каната для такого станочного шпинделя с применением формулы Эйлера для определения натяжения каната за его контактным сцеплением с деталями станочного шпинделя. Были представлены чертежи эскизной компоновки станочного шпинделя с канатным гашением виброколебаний.

Ключевые слова: станочный шпиндель, виброколебания, диаметр каната, эскизная компоновка.

УДК 621.9.06:679.8.051

Construction of the P.machine spindle composition with a rope blanking of oscillations and cutting of stone products / Chemodanov

There are describing features of the spindle speed range application in the stone processing machines within stone cutting and processing. The spindle with tool has control vibrations on the intel and outlet phases in stone purveyances. That's the reason of stone wares shortage and breakage of shpindel details or tool. Preliminary arrangement of the technological spindle system of the stone processing machines offer the negative influence of control vibrations during polishing, milling or sawing of stone. There are shown of the analytical dependences for the calculation of steel rope diameter used in the spindle with the vibration extinguishing. Also the example calculation of rope diameter for the shpindel with Evler eqvation for the rope tension determination by its contact tripping with spindle details. The drawings of the arrangement of spindle with the vibrations rope extinguishing are shown.

Keywords: machine spindele, vibration, rope diameter, arrangement.