

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЛЬНОГО ГАЗОВОГО ПІДВІСУ З СХІДЧАСТИМИ ПОЗДОВЖНИМИ КАНАВКАМИ ПРИ РАДІАЛЬНОМУ ЗОВНІШНЬОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В статті розглянуто радіальну газову опору з поздовжніми канавками різної глибини, досліджується вплив східчастої форми канавок на характеристики (радіальну навантажувальну здатність, жорсткість та витрати газу) опори. З'ясувалося, що запропонована форма поздовжніх канавок радіальної газової опори, порівняно з опорою з канавками сталої глибини і оптимальними конструктивними параметрами, має більшу безрозмірну радіальну жорсткість (на 20%). Витрати газу через робочі зазори опор не залежать від профілю канавок.

Ключові слова: радіальна газова опора, східчасті канавки, радіальна жорсткість, навантажувальна здатність, витрати газу.

Abstract

In the article the radial gas bearing with longitudinal grooves of varying depths, investigated the impact of stepped form of grooves on the characteristics (radial load capacity, rigidity and gas consumption) of bearing. It turned out that the proposed form of longitudinal grooves radial gas bearing, compared with support of sustainable grooves depth and optimum design parameters has a higher dimensionless radial stiffness (20%). The gas flow through the working gap bearing is not dependent on the shape and profile grooves.

Keywords: radial gas bearing, stepped grooves, radial stiffness, load capacity, the cost of gas.

Вступ

Газові підвіси в шпindelних вузлах використовуються в сучасному вітчизняному на закордонному виробництві через здатність працювати відносно надійно при досить великій швидкості обертання валу та мають цілу низку переваг серед інших видів опор при незначних зовнішніх динамічних навантаження та зміні статичних в межах заданих параметрів.

Серед різного типу радіальних газових підвісів найбільш технологічними та простими за конструкцією є опори з поздовжніми канавками. Але вони мають відносно невелику навантажувальну здатність в радіальному напрямі порівняно з підвісами з зовнішніми дроселями: отвори малого діаметру, щілини для подачі стиснутого газу, пористі вставки.

Для підвищення характеристики підвісів з поздовжніми канавками необхідно зменшити колові перетікання газу з зони де мінімальний радіальний робочий зазор в сторону максимального. Конструктивно це можливо досягти використанням в підвісах східчастих поздовжніх канавок.

Результати досліджень

Метою роботи є дослідження характеристик радіального газового підвісу з поздовжніми канавками нанесеними на вал (рис. 1) із різним профілем східців (рис. 1 а, б).

Газ від джерела живлення (компресора) під тиском P_H подається в робочий зазор (рис. 1) і послідовно протікає через зони профільовані поздовжніми канавками глибиною σ та σ_l , гладеньку ділянку та витікає в навколишнє середовище. Якщо вал зміщується із співвісного з корпусом положення радіально на величину e (радіальний ексцентриситет), то опора (рис. 1) буде симетрична відносно площини, що проходить через точку O перпендикулярну осі z , і тому для визначення статичних характеристик (навантажувальна здатність та витрат газу) достатньо розглянути одну половину опори, а отримані результати подвоїти.

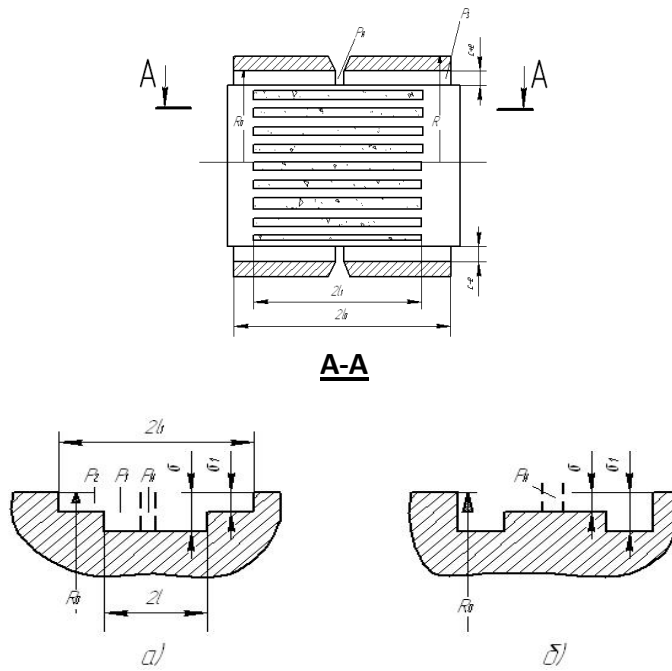


Рис. 1 Радіальний газовий підвіс зі східчастими а) та б) поздовжніми канавками

газу, що подається в робочий зазор; $P=p/p_a$ – безрозмірний тиск; $U=P^2$ – квадрат безрозмірного тиску; U_1, U_2, U_3 – квадрат безрозмірного тиску газу в профільованих (U_1, U_2) та гладенькій зоні (U_3) опори; $F=4p_a R_0^2 F^*$ – радіальна навантажувальна здатність опори; F^* – безрозмірна радіальна навантажувальна здатність опори; $K = \frac{4p_a R_0^2}{c} K_\varepsilon^*$ – радіальна жорсткість опори; $K_\varepsilon^* = \frac{dF^*}{d\varepsilon}$ – безрозмірна радіальна жорсткість; k – відношення густини газу до тиску при даній температурі шару; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості; $Q = \frac{\pi k p_a^2 c^2}{12\mu} Q^*$ – витрати газу; Q^* – безрозмірні витрати.

Безрозмірна навантажувальна здатність F^* радіальної газового підвісу зі східчастими поздовжніми канавками

$$F^* = \lambda \left(\int_0^{\alpha_1} d\xi \int_0^\pi \sqrt{U_1} \cos \varphi d\varphi + \int_{\alpha_1}^1 d\xi \int_0^\pi \sqrt{U_2} \cos \varphi d\varphi + \int_\alpha^1 d\xi \int_0^\pi \sqrt{U_3} \cos \varphi d\varphi \right).$$

$$\text{Безрозмірні витрати газу } Q^* \text{ при } \varepsilon=0: Q^* = \frac{\tau(P_H^2 - 1)}{\lambda(\alpha_2 v^3 - \tau(1 - \alpha))}.$$

Розрахунки показали, що якщо глибина поздовжньої канавки на вході у робочий зазор менша, а збільшується глибина канавки при $0,4 \leq \alpha_1 \leq \alpha$, то безрозмірна радіальна жорсткість та навантажувальна здатність $F^* = \varepsilon \cdot K_\varepsilon^*$ починає зростати тільки при $v \geq 0,35$ (рис. 2, а), а якщо глибина поздовжніх канавок в напрямку течії газу по робочому зазору зменшується, то опора буде працездатною при $v \geq 0,17$ ($\sigma \approx 4,9c$) (рис. 2, б). На практиці глибина канавок при оптимальних параметрах змінюється в межах $\sigma = (0,7 \dots 1,5) c$ [1]. Безрозмірні витрати газу однакові при різних профілях східчастих поздовжніх канавок і однакової глибини східців.

При збільшенні лише відносної довжини східця, без зміни глибини поздовжніх канавок, безрозмірна радіальна жорсткість опори зростає для профілю канавок, у яких глибина східця зменшується в напрямку течії газу (рис. 3), для профілю у якого на вході в робочий зазор глибина

Основні позначення: c – робочий зазор між валом і корпусом опори при їх співвісному положенні; $\varepsilon=e/c$ – відносний радіальний ексцентриситет; $\lambda=l_0/R_0$ – відносна довжина опори; $\xi=z/l_0$ – безрозмірна осьова координата; σ, σ_1 – глибина поздовжніх канавок; $v=c/(c+\sigma), v_1=c/(c+\sigma_1)$ – параметр зміни зазору, внаслідок нанесення канавок; $\alpha_1=l/l_0$ – відносна довжина східця; $\alpha=l_1/l_0$ – відносна довжина канавок; p_a – тиск навколишнього середовища; p_H – тиск газу від зовнішнього джерела стиснутого газу (на вході в робочий зазор опори); $P_H=p_H/p_a$ – безрозмірний тиск

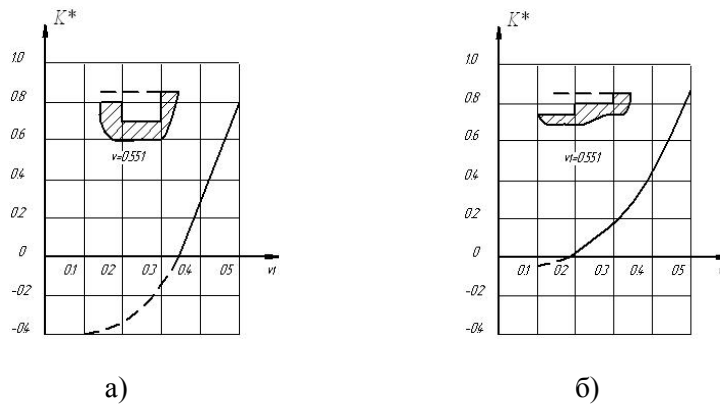


Рис. 2 Залежність безрозмірної радіальної жорсткості газостатичної опори від відносної глибини канавок v_l (а) та v (б) при різних профілях східчастих поздовжніх канавок ($P_H=5,0$; $\lambda=2,0$; $\alpha=0,5$; $\alpha_l=0,4$; $\alpha=0,669$)

поздовжніх канавок менша ніж в межах від l_l до l (рис. 1), то від $\alpha_l=0,3$ до $\alpha_l=0,45$ газовий підвіс непрацездатний (зона нестійкості).

Висновки

1.Радіальний газовий підвіс зі східчастими поздовжніми канавками глибина яких збільшується в напрямку течії газу (рис. 1, а), має значно більшу безрозмірну радіальну жорсткість, радіальну навантажувальну здатність та практичну відсутність зон непрацездатності порівняно з опорою поздовжні канавки якої мають профіль приведений на рис. 1, б.

2.Газовий підвіс зі східчастими поздовжніми канавками (рис. 1, а) має більшу безрозмірну радіальну жорсткість (на 20%) та відношення K^*/Q^* порівняно з підвісом, у якої канавки сталої глибини і конструктивні параметри оптимальні (максимум K^*/Q^*).

3. Щодо витрат газу, то зі збільшенням відносної довжини східця витрати газу зростають для підвісу у якого глибина канавок зменшується в напрямку течії газу та зменшуються, якщо глибина канавок менше на вході в робочий зазор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Федотов В. О. Газові підвіси шпindelьних вузлів : монографія / В. О. Федотов, І. В. Федотова. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 244 с.

2.Патент №102619, F16C 32/06 (2006.01). Електрична машина на газостатичному підвісі / І. В. Віштак, В. О. Федотов. – №U 2015 04323; заявл. 05.05.2015; опубл. 10.11.2015р., Бюл. №21. – 4 с.

3.Віштак І. В. Вплив східчастих поздовжніх канавок на характеристики радіальних газостатичних опор. /І. В. Віштак, В. О. Федотов // Вісник ВПІ. – 2016. – № 5(128) – С. 110 – 116.

Віштак Інна Вікторівна – канд. техн. наук, старший викладач кафедри Безпеки життєдіяльності, Вінницький національний технічний університет, тел.: (097)-896-61-13, e-mail: innavish322@gmail.com

Vishtak Inna Viktorivna – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Department of Life Safety, the Vinnytsya National Technical University, tel.: (097)-896-61-13; e-mail: innavish322@gmail.com