

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 28 262

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

*G01L 5/16* (2006.01)  
*G01L 5/00* (2006.01)  
*G01M 13/00* (2006.01)  
*G01M 1/00* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2014-30170**  
(22) Přihlášeno: **27.10.2014**  
(47) Zapsáno: **02.06.2015**

(73) Majitel:  
Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:  
Ing. dipl. Ing. Michal Holub, Ph.D., Brno-  
Židenice, CZ  
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D., Kuřim, CZ  
Ing. František Bradáč, Ph.D., Brno- Stránice, CZ  
Ing. Jan Pavlík, Ph.D., Velká Bíteš- Janovice, CZ  
Ing. Jan Vetiška, Ph.D., Luková, CZ  
Ing. Lukáš Flekal, Jihlava, CZ

(54) Název užitného vzoru:  
**Zařízení pro měření přesnosti chodu vřetene  
pod statickým zatížením**

CZ 28262 U1

## Zařízení pro měření přesnosti chodu vřetene pod statickým zatížením

### Oblast techniky

5 Technické řešení se týká zařízení pro měření geometrické přesnosti chodu staticky zatíženého vřetene, sestávající ze zatěžovací části, části držáku měřicího artefaktu a měřicí a vyhodnocovací části. Zatížení má působiště v přední části měřicího trnu a je na trn přenášeno pomocí ložiska.

### Dosavadní stav techniky

U vřeten výrobních strojů je velice důležité sledovat výslednou geometrickou přesnost chodu vřetene výrobního stroje pod statickým zatížením (radiální a axiální házení, naklonění vřetene kolem os X a Y) v závislosti na otáčkách vřetene.

10 Současný trh nabízí řešení měření přesnosti chodu vřetene za pomoci velmi přesných referenčních artefaktů s bezkontaktními kapacitními snímači [1][2][3]. Pro měření posunutí jsou dále používány laserové systémy, popřípadě se používá zatěžování ve spodní části artefaktu s dynamickým buzením [4].

15 Dosud však nebylo možné provádět komplexní měření přesnosti chodu vřetene zahrnující možnosti plynulé změny statického zatížení, otáček, teploty na velikosti posunutí artefaktu. Na trhu v současné době není k dispozici žádné zařízení, které by umožňovalo zatěžovat a současně vyhodnocovat geometrickou přesnost chodu vřetene stroje.

### Reference:

- 20 [1] IBSPRECISIONENGINEERING. SPINDLE ANALYZER. [online]. 2014 Dostupné z: <http://www.ibspe.com/category/machine-tool-inspection-and-analyzer-solutions/spindle-analyzer.htm>.
- [2] AUTOMATEDPRECISIONINC. SpindleAnalyzer. [online]. 2014 Dostupné z: <http://www.apisensor.com/index.php/products-en/machine-tool-calibration-en/spindle-analyzer-en>.
- 25 [3] OKUYAMA, Eiki. Nayu NOSAKA and Jun AOKI. Radial motion measurement of a high-revolution spindle motor. *Measurement* [online]. January 2007, ro?. 40, ? 1, s. 64-74. [vid. 2. October 2014]. ISSN 02632241. doi 10.1016/j.measurement.2006.04.004. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224106000704>.
- 30 [4] MATSUBARA, Atsushi, Taku YAMAZAKI and Shinya IKENAGA. Non-contact measurement of spindle stiffness by using magnetic loading device. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* [online]. August 2013, ro?. 71, s. 20-25. [vid. 17. September 2014]. ISSN 08906955. doi 10.1016/j.ijmachtools.2013.04.003. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890695513000552>.

### Podstata technického řešení

35 Výše uvedený nedostatek řeší měřicí zařízení pro měření přesnosti chodu vřetene pod definovaným statickým zatížením podle technického řešení, sestávající ze zatěžovací části, části držáku měřicího artefaktu a měřicí a vyhodnocovací části. Součástí zatěžovací části je nejméně jedna kontaktní zatěžovací jednotka, dle požadavků zatížení, přičemž každá kontaktní zatěžovací jednotka obsahuje pohyblivý dotek pevně spojený s lineárním aktuátorem zatěžovací jednotky a ložiskem měřicího trnu, kde lineární aktuátor je pevně spojený s tenzometrickým snímačem. 40 Aktuátorem se rozumí část mechatronické soustavy (strojů kombinujících elektroniku a mechaniku), která převádí informační část procesu na technickou. Kontaktní zatěžovací jednotky jsou rozmístěny kolem ložiska měřicího trnu. Část držáku měřicího artefaktu se skládá z rozhraní pro uchycení měřicího trnu a rozhraní pro uchycení artefaktu, kde mezi rozhraním pro uchycení měř-

řícího trnu a rozhraním pro uchycení artefaktu se nachází ložisko měřícího trnu. Toto ložisko je spojeno pohyblivými doteky s kontaktními zatěžovacími jednotkami, obklopujícími toto ložisko. Měřicí a vyhodnocovací část je složena z měřícího zařízení pro sledování posunutí vřetene, kde toto měřicí zařízení je umístěno mezi artefaktem a kontaktní zatěžovací jednotkou, volitelně  
5 spojeno s artefaktem a alespoň jednoho teplotního čidla. Teplotní čidla mohou být umístěna na stojanu snímačů měřícího zařízení, na vřeteníku stroje nebo zavěšena volně v prostoru.

Zatěžovací část slouží k vyvození definované statické síly zatěžující držák měřícího artefaktu. Testovat je možné jednoosé zatížení až po prostorové, kde jsou zapotřebí alespoň tři zatěžovací jednotky. Zatěžovací jednotky jsou rozmístěny kolem ložiskové části tak, aby co nejvíce odpovídaly typu zatížení, např. prostorovému zatížení Lineární aktuátor zatěžovací jednotky je výhodně  
10 mechanický, elektromechanický, pneumatický nebo hydraulický člen pro vyvození zatěžující síly. Vyvozená síla je regulována manuálně tenzometrickým snímačem na zatěžovací jednotce. Síla je potom přenášena přes pohyblivý dotek na ložisko měřícího trnu.

Část držáku měřícího artefaktu představuje rozhraní sloužící k uchycení měřícího trnu do vřetene stroje. Tato část se skládá z koncového kužele (rozhraní) pro uchycení měřícího trnu se zakončením např. SK, HSK, Capto, ISO, atd. a rozhraní pro uchycení měřícího artefaktu, sloužící k přesnému uchycení a zaploštění příslušného měřícího artefaktu. Mezi rozhraním k uchycení měřícího trnu a rozhraním pro uchycení měřícího artefaktu se nachází ložisko měřícího trnu. Celek s ložiskem je částí pro přenos silového zatížení; definovaných statických sil vyvozených zatěžovací částí na vřeteno stroje vyvozující sledované chyby na stroji. Část držáku slouží pro přenos  
20 definované statické síly na vřeteno stroje a současně k přesnému uchycení měřícího artefaktu.

Tato část je navržena tak, aby byla schopna přenášet požadované zatížení při maximálním možném rozsahu otáček sledovaného vřetene. Část pro přenos silového zatížení je umístěna nad upínacím trnem artefaktu, čímž se zpřístupní prostor pro měřicí skupinu zařízení.

25 Velikost a tvar příslušného artefaktu závisí na charakteru měření. Může se jednat o artefakt typu měřicí válec, nebo jednu či více kulových ploch, atd. Uchycení artefaktu je možné sledovat parametry chyb ve všech osách bez omezení délky artefaktu.

Měřicí a vyhodnocovací část slouží pro měření přesnosti chodu vřetene za definovaných podmínek. Je složena z jednoho a více měřících zařízení pro sledování posunutí vřetene a alespoň jednoho teplotního čidla pro měření teploty vzduchu. Jako měřícího zařízení může být využito kontaktní nebo bezkontaktní měřicí zařízení, které bude vyhovovat požadavkům přesnosti chodu vřetene. Druh a počet použitých teplotních čidel závisí na použitém měřícím zařízení. Teplotní čidla je možné umístit dle dostupnosti na vybraných místech stroje.  
30

Zařízení pro měření přesnosti chodu vřetene pod statickým zatížením v horní části měřícího trnu přes ložisko umístěné na měřícím trnu, poskytuje možnost využít celou spodní část stroje pro měření chyb chodu vřetene a dále poskytuje dostatečný prostor pro umístění zatěžovacích jednotek. Další výhodou tohoto typu zatěžování je možnost vyvození velkých rozsahů silového zatížení s možností sledování posunutí samotné zatěžovací jednotky dalším délkovým měřícím zařízením.  
35

Zařízení podle technického řešení umožňuje vyhodnocení geometrické chyby vřetene výrobního stroje (radiální a axiální házení, naklopení vřetene kolem os X a Y) v závislosti na otáčkách vřetene a statickém jedno- či víceosém zatížení. Je také možné sledovat změnu geometrické přesnosti chodu vřetene výrobního stroje v závislosti na teplotě vřeteníku, související s velikostí statického jedno- či víceosého zatížení a také plynule měnit zatěžovací podmínky v průběhu měření geometrické přesnosti chodu vřetene s použitím konvenčních měřících zařízení a teplotních čidel.  
40  
45

Vyvozením definovaného statického zatížení je možné sledovat nejen měřící se výslednou přesnost chodu vřetene, ale také sledovat teplotní zatížení na vřetení a vřeteníku v závislosti na měnících se otáčkách při různých provozních režimech. Tyto informace potom slouží k popisu chování vřetene výrobního stroje.  
50

Objasnění výkresu

Obr. 1: Schéma zařízení pro měření přesnosti chodu vřetene pod statickým zatížením se dvěma zatěžovacími jednotkami; pohled zepředu a shora.

Příklad uskutečnění technického řešení

5 Zařízení pro měření přesnosti chodu vřetene pod statickým zatížením (obr. 1) sestává ze zatěžovací části, části držáku měřicího artefaktu a měřicí a vyhodnocovací části. Součástí zatěžovací části jsou dvě kontaktní zatěžovací jednotky 6, přičemž každá kontaktní zatěžovací jednotka 6 obsahuje pohyblivý dotek 7 pevně spojený s lineárním aktuátorem 6.1 zatěžovací jednotky 6, přičemž lineární aktuátor 6.1 je pevně spojený s tenzometrickým snímačem 6.2. Lineární aktuátor 6.1 slouží k vyvození zatěžující síly a zajišťuje nastavení požadované velikosti síly. Vyvozená síla je regulovatelná na základě informací z tenzometrického snímače 6.2 umístěného na zatěžovací jednotce 6. Síla je potom přenášena přes pohyblivý dotek 7 na ložisko 2 měřicího trnu.

15 Kontaktní zatěžovací jednotky 6 jsou rozmístěny kolem ložiska 2 měřicího trnu. Část držáku měřicího artefaktu 3 se skládá z rozhraní 1 pro uchycení měřicího trnu a rozhraní 8 pro uchycení artefaktu 3, kde mezi rozhraním 1 pro uchycení měřicího trnu a rozhraním 8 pro uchycení artefaktu 3 se nachází ložisko 2 měřicího trnu. Toto ložisko 2 je spojeno pohyblivými doteky 7 s kontaktními zatěžovacími jednotkami 6, obklopujícími ložisko 2. Část držáku měřicího artefaktu 3 představuje rozhraní 1 sloužící k uchycení měřicího trnu do vřetene stroje.

20 Celek s ložiskem 2 je částí pro přenos silového zatížení; definovaných statických sil vyvozených zatěžovací částí na vřeteno stroje vyvolující sledované chyby na stroji. Část držáku slouží pro přenos definované statické síly na vřeteno stroje a současně k přesnému uchycení měřicího artefaktu.

25 Měřicí a vyhodnocovací část, sloužící pro měření přesnosti chodu vřetene za definovaných podmínek, je složena z měřicího zařízení 4, kde toto měřicí zařízení 4 je umístěno mezi artefaktem 3 a kontaktní zatěžovací jednotkou 6, bezkontaktně spojeno s artefaktem 3 a teplotních čidel 5, umístěných na stojanu snímačů měřicího zařízení 4 pro sledování posunutí. Pomocí zařízení je možné získat průběh zatěžovací síly F, změnu teploty T a posunutí v osách X, Y, Z (F-X-T, F-Y-T, F-Z-T).

30 Průmyslová využitelnost

Měření přesnosti chodu vřetene pod statickým zatížením pomocí zařízení podle technického řešení může přinést výrobcům i uživatelům výrobních zařízení informace o chování vřetene a vřeteníku stroje za podmínek blízkých se reálnému provozu. Z provedených měření mohou být odhalena slabá místa vřeteníků strojů vedoucí k dalším zlepšením v konstrukci, popř. volbě pracovního režimu stroje.

**N Á R O K Y   N A   O C H R A N U**

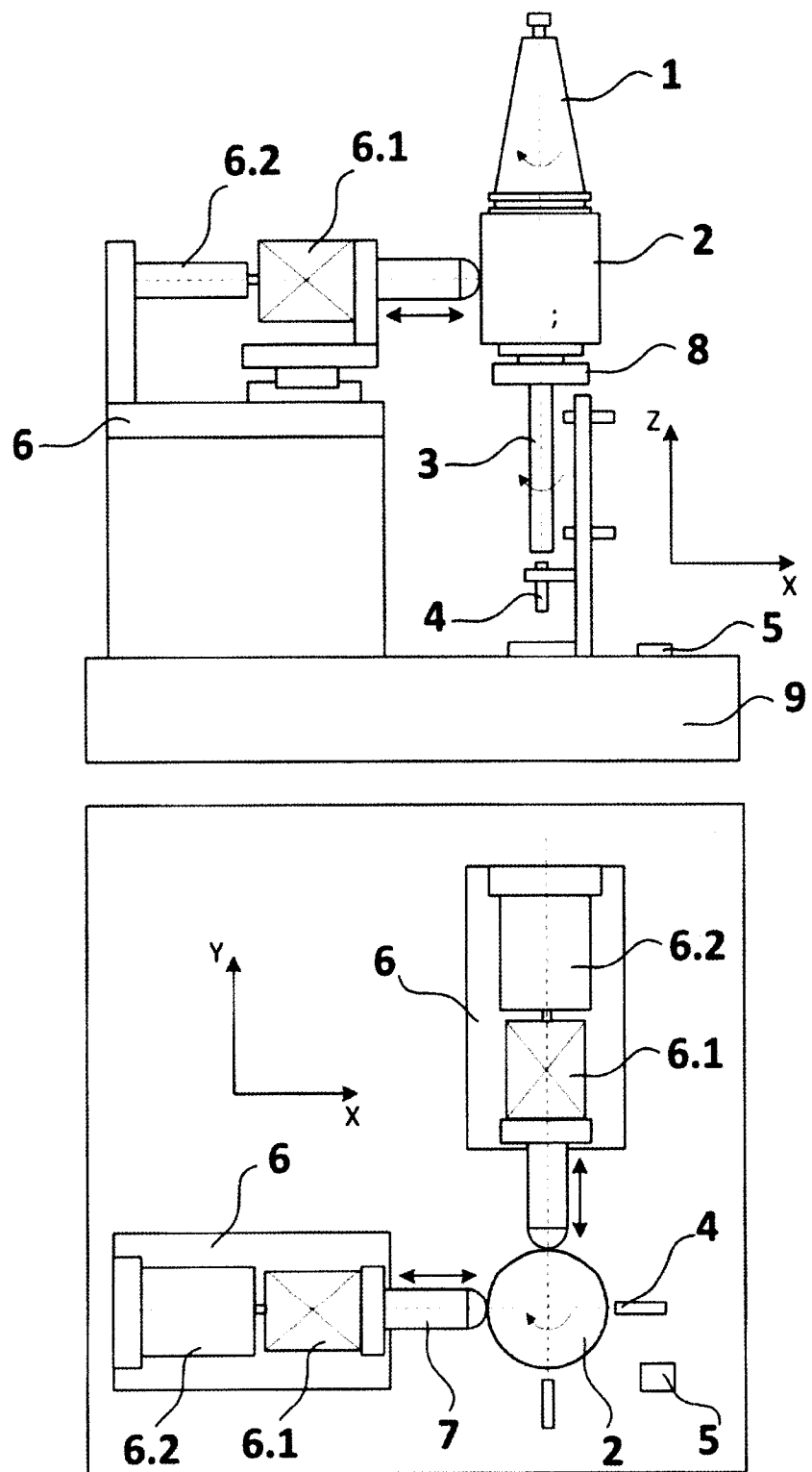
1. Zařízení pro měření přesnosti chodu vřetene pod statickým zatížením obsahující měřicí zařízení (4) pro sledování posunutí vřetene a teplotní čidlo (5), **vyznačující se tím**, že sestává ze zatěžovací části, části držáku měřicího artefaktu a měřicí a vyhodnocovací části, kde zatěžovací část tvoří nejméně jedna kontaktní zatěžovací jednotka (6), přičemž každá kontaktní zatěžovací jednotka (6) obsahuje pohyblivý dotek (7) pevně spojený s lineárním aktuátorem (6.1) zatěžovací jednotky a ložiskem (2) měřicího trnu, přičemž lineární aktuátor (6.1) je pevně spojený s tenzometrickým snímačem (6.2) kontaktní zatěžovací jednotky (6), část držáku

měřicího artefaktu se skládá z rozhraní (1) pro uchycení měřicího trnu a rozhraní pro uchycení artefaktu (8), kde mezi rozhraním (1) pro uchycení měřicího trnu a rozhraním (8) pro uchycení artefaktu se nachází ložisko (2) měřicího trnu, přičemž je toto ložisko (2) spojeno pohyblivými doteky (7) s kontaktními zatěžovacími jednotkami (6), obklopujícími toto ložisko (2), měřicí a  
5 vyhodnocovací část je složena z měřicího zařízení (4) pro sledování posunutí vřetene, umístěného mezi artefaktem (3) a kontaktní zatěžovací jednotkou (6), volitelně spojeného s artefaktem (3) a alespoň jednoho teplotního čidla (5).

**2. Zařízení podle nároku 1, vyznačující se tím, že lineární aktuátor (6.1) zatěžovací jednotky (6) je mechanický, elektromechanický, pneumatický nebo hydraulický.**

10

1 výkres



Obr. 1

Konec dokumentu