

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

33 442

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

F16F 15/02 (2006.01)
F16S 3/04 (2006.01)
G05B 5/00 (2006.01)
G05B 6/00 (2006.01)
G05G 3/00 (2006.01)
G01M 7/02 (2006.01)
B23Q 1/72 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2019-36316**
(22) Přihlášeno: **19.06.2019**
(47) Zapsáno: **03.12.2019**

- (73) Majitel:
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,
Dejvice, CZ
- (72) Původce:
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc., Praha 4, CZ
Ing. Martin Nečas, MSc.Ph.D., Praha 4, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Karel Novotný, Žufanova 1099/2, 163 00
Praha 6

- (54) Název užitého vzoru:
**Zařízení pro změnu dynamické tuhosti
portálové nebo letmo uložené konstrukce**

CZ 33442 U1

Zařízení pro změnu dynamické tuhosti portálové nebo letmo uložené konstrukce

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce s portálem nebo stojanem suvně vedeným na rámu, přičemž portál nebo stojan je pohyblivě spojen s alespoň jedním dalším pohyblivým prvkem.

10

Dosavadní stav techniky

Tuhost spolu s tlumením vibrací je jeden z nejdůležitějších požadavků na konstrukce. Zvláště důležitá je vysoká dynamická tuhost spojená s vysokým tlumením vibrací konstrukce. Tuhost spolu s tlumením vibrací je základ snižování kmitání konstrukcí a zvyšování přesnosti polohování a pohybu strojů. Rozlišuje se (statická) tuhost určená z poměru statického zatížení a vzniklé deformace konstrukce a dynamická tuhost určená z poměru dynamického zatížení a vzniklé časově proměnné deformace (kmitání) konstrukce. Dynamická tuhost se skládá ze statické tuhosti a tlumení vibrací konstrukce.

20

Tuhost se pasivně zvyšuje zvětšováním profilů nosných prvků konstrukce, užitím různých materiálů a různými strukturálními modifikacemi pomocí rozsáhlých optimalizací. Zvláště výhodná je kombinace materiálů s vysokou tuhostí a s malou hustotou, vedoucí k malé hmotnosti výsledné konstrukce a vhodné strukturální modifikace.

25

Ve strojírenství jsou tak hledány stále další a další prostředky k dosažení co největší tuhosti a co největšího mechanického tlumení kmitů konstrukcí a dílů vykonávajících pohyby s velkým zrychlením. Jedná se zejména o konstrukce, jako jsou nosníky výrobních strojů, manipulátorů a robotů, kde existují nejnaléhavější požadavky na co největší statickou i dynamickou tuhost, na co nejmenší teplotní deformace i na dlouhodobou stabilitu tuhosti při co nejmenší vlastní hmotnosti. Požadavky vycházejí z ekonomické nutnosti ještě dále zvyšovat produktivitu strojírenské výroby, přesnost výrobků a jejich reprodukovatelnost.

Je celá řada používaných řešení. Z pasivních řešení to jsou příhradové konstrukce, tenkostěnné konstrukce, lanové konstrukce aj. užívající titanové, hliníkové nebo kompozitní materiály. Příkladem je nosník ve tvaru trubky s použitím uhlíkových kompozitů z vysokomodulových uhlíkových vláken a polymerního pojiva, přičemž jejich maximálního materiálového tlumení lze dosáhnout integrováním tlumících vrstev z materiálu s velmi vysokým tlumením do vnitřní struktury kompozitu. Aktivním mechatronickým řešením se většinou ovlivňuje přímo jen tlumení vibrací nebo deformace, tuhost se tak ovlivňuje jen nepřímo. Do struktury konstrukce se umísťují aktivní prvky, většinou piezoelektrické aktuátory, ale také elektrodynamické, magnetostrikční, hydraulické nebo magnetorheologické, případně iontové polymery. Aktivní prvky jsou umístěny do prvků konstrukce, prutů příhradové konstrukce, na povrchu nosníků nebo skořepin jako piezoelektrické aktuátorové záplaty nebo celé aktivní vrstvy, do aktuátorů lan spojujících části konstrukce nebo jako připevňovací prvky přídavných hmot.

Mechanismy řízeného tlumení vibrací jsou založeny na přídavném tlumení, vibroizolaci, vibrokompenzaci nebo vibroabsorpci. Dále rozlišujeme aktivní (s možným přívodem energie) a poloaktivní (jen s odvodem energie disipací) řízení tlumení vibrací. Aplikace sahají od křidel letadel, konstrukcí antén, radarů a teleskopů, vyvrtávacích tyčí po konstrukce lanových mostů.

Struktury mají obecně nekonečně mnoho stupňů volnosti, a tak struktury s aktivním řízením tlumení vibrací jsou v nebezpečí vzniku jevu destabilizace přeléváním energie, tzv. spillover. Bylo ukázáno, že toto nebezpečí nehrozí při kolokovaném řízení tlumení vibrací. Většinou dynamickou tuhost potřebujeme v místě konstrukce, které nelze přímo a nejkratší cestou připojit

na rám, podepřít z rámu, a tak zvýšit její tuhost. Dalším problémem je, že aktivní prvky umístěné do konstrukce (například na stěně nosníku ve tvaru trubky) mají malý převod silového působení ve směru deformace konstrukce vlivem vnější zátěžné síly, a tak aktivní prvky musejí působit velkou silou pro kompenzaci nepoměrně menší zátěžné síly. Pro to je obtížné nalézt dostatečně silné pohony.

Dosavadní mechanismy řízení tlumení vibrací působí většinou na relativních souřadnicích konstrukce, případně například aktivním lanem z rámu. Otevřeným problémem je, zda lze analogický účinek od rámu přivést i do nepřístupných míst konstrukce a přímo ovlivnit zpětnovazebním řízením dynamickou tuhost konstrukcí.

Dále mezi aktivní řešení patří koncept mechatronické tuhosti (PV 2006-123, resp., patent CZ 304667), který zvyšuje (případně i upravuje a snižuje) dynamickou tuhost konstrukcí, a tak i zvyšuje poměr tuhosti a hmotnosti konstrukce vedoucí ke zvýšení jejich vlastních frekvencí.

Tento koncept s aktuátorem řízeného zdroje síly odstraňuje shora uvedené problémy ve velkém rozsahu. Pro jeho praktickou realizaci se hledá kompaktní řešení, které nezvětšuje a nezvyšuje hmotnost dosavadních řešení. Výhodné je řešení trubka v trubce. Bylo vytvořeno i kompaktní řešení, kde pohon je umístěn mimo trubku pomocí táhel.

Popisovaná řešení se však většinou týkají nepohyblivých konstrukcí. I když rameno robota se pohybuje, tak vlastní rameno má konstantní rozměry. Otevřeným problémem je změna tuhosti a tlumení vibrací u konstrukcí s časově proměnnými rozměry při jejich pohybu. Takové konstrukce jsou často letmo uložené.

Cílem tohoto technického řešení je vytvořit řešení takového zařízení, kterým lze změnit dynamickou tuhost (tuhost a tlumení vibrací) konstrukce s proměnnými rozměry při jejich pohybu, zvláště pohyblivých portálových a letmo uložených konstrukcí.

Podstata technického řešení

Podstata zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce s portálem nebo stojanem suvně vedeným na rámu, přičemž portál nebo stojan je pohyblivě spojen s alespoň jedním dalším pohyblivým prvkem, spočívá podle tohoto technického řešení v tom, že mezi rámem a portálem nebo stojanem, nebo dvěma pohyblivými částmi konstrukce jsou uspořádána lana alespoň jedním koncem připojená pevně k první části a alespoň jedním druhým koncem ke druhé části portálové nebo letmo uložené konstrukce. Alespoň jedno lano je vedeno od portálu ve směru jeho pohybu a alespoň jedno lano je vedeno od portálu proti směru jeho pohybu. Lana jsou jedním koncem pevně uchycena k portálu nebo stojanu a druhým koncem připojena ke kladce s pohonem nebo lana jsou jedním koncem pevně uchycena k portálu nebo stojanu a jsou vedena přes alespoň dvě kladky bez pohonu k některému pohyblivému prvku konstrukce, přičemž alespoň dvě kladky bez pohonu jsou uspořádány na opačné straně pohyblivého prvku konstrukce. Lana jsou případně uspořádána mezi plošinou suvně uloženou na stojanu zakladače a vozíkem suvně uloženým na rámu. Lana mohou být mezi jejich konci propojena s přídavným pohonem. Konstrukce je opatřena čidlem polohy nebo zrychlení jejich pohyblivých prvků.

Objasnění výkresů

Na přiložených obrázcích 1 až 14 je schematicky znázorněno možné provedení zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení vibrací pohybující se portálové nebo letmo uložené konstrukce.

Příklady uskutečnění technického řešení

Na obr. 1 je schematicky znázorněno zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení pohybující se konstrukce portálového typu. Jde o obráběcí stroj s portálem 1 pojíždějícím po rámu 8. Po portále 1 pojíždějí saně 3 a z nich se vysouvá vřeteník 2 opatřený dole naklápěcí hlavou s obráběcím nástrojem. Portál 1 je veden v rámu 8, který zde představuje podpůrný prvek pro portál 1, a portál 1 je spojen s rámem 8 pomocí lan 10. Lana 10 umožňují respektovat změnu polohy portálu 1 na rámu 8 způsobené jeho pohybem po rámu 8. Lana 10 mohou přenést jen tahové síly, a tak je s výhodou užito dvojice lan 10, přičemž jedno lano 10 je vedeno v opačném směru než druhé lano 10. Uspořádání upevnění lan 10 na podpůrném prvku (zde rámu 8) a případně jejich pohonů je podrobněji popsáno na dalších obrázcích 8 až 14.

Na obr. 2 je schematicky znázorněno zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení pohybující se konstrukce portálového typu v alternativním uspořádání. Jde o obráběcí stroj s portálem 1 tvořeným jen příčnicí pojíždějícím po rámu 8. Po portále 1 pojíždějí saně 3 a z nich se vysouvá vřeteník 2 opatřený dole naklápěcí hlavou s obráběcím nástrojem. Portál 1 je veden po rámu 8, který zde představuje podpůrný prvek rámové konstrukce pro portál 1, a portál 1 je spojen s rámem 8 pomocí lan 10. Lana 10 jsou vedena přes kladky 11 upevněné na rámu 8 ke kladkám 12 s pohonem upevněným na rámu 8. Lana 10 umožňují respektovat změnu polohy portálu 1 na rámu 8 způsobené jeho pohybem po rámu 8. Také zde je užito dvou dvojic lan 10. Uspořádání upevnění lan 10 na podpůrném prvku (zde rámu 8) a případně jejich pohonů je podrobněji popsáno na dalších obrázcích 8 až 14.

Na obr. 3 je schematicky znázorněno zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení pohybující se konstrukce letmo uloženého vřeteníku 2 (stejně jako na obr. 1 a 2). Jde o obráběcí stroj s portálem 1 pojíždějícím po rámu 8. Po portále 1 pojíždějí saně 3 a z nich se vysouvá letmo uložený vřeteník 2 opatřený dole naklápěcí hlavou s obráběcím nástrojem. Vřeteník 2 je připojen k portálu 1, který zde představuje podpůrný prvek pro vřeteník 2, pomocí lan 10. Lana 10 umožňují respektovat změnu polohy vrcholu vřeteníku 2 způsobené pohybem vřeteníku 2 a saněmi 3 po portálu 1. Lana 10 jsou uspořádána ve dvojici. Uspořádání upevnění lan 10 na podpůrném prvku (zde portálu 1) a případně jejich pohonů je podrobněji popsáno na dalších obrázcích 8 až 14.

Na obr. 4 je schematicky znázorněno zařízení z obr. 3 v přímém průmětu.

Na obr. 5 je schematicky znázorněno zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení pohybující se konstrukce letmo uloženého vřeteníku 2. Jde o obráběcí stroj s portálem 1 pojíždějícím po rámu 8. Po portále 1 pojíždějí saně 3 a z nich se vysouvá letmo uložený vřeteník 2 opatřený dole naklápěcí hlavou s obráběcím nástrojem. Vřeteník 2 je připojen k saním 3, které zde představují podpůrný prvek pro vřeteník 2, pomocí lan 10. Lana 10 umožňují respektovat změnu polohy vřeteníku 2 vůči saním 3 způsobené pohybem vřeteníku 2. Lana 10 jsou uspořádána ve dvojici. Uspořádání upevnění lan 10 na podpůrném prvku (zde saně 3) a případně jejich pohonů je podrobněji popsáno na dalších obrázcích 8 až 14.

Na obr. 6 je schematicky znázorněno zařízení z obr. 5 v přímém průmětu.

Na obr. 7 je schematicky znázorněno zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení pohybující se konstrukce letmo uloženého stojanu 5 zakladače, po kterém se pohybuje plošina 6. Jde o skladový (regálový) zakladač na pojezdovém vozíku 4 se stojanem 5 zakladače pojíždějícím po rámu 8. Po stojanu 5 zakladače dále pojíždí plošina 6 nesoucí paletu nebo jiný předmět do požadované polohy dané pojezdem vozíku 4 a plošiny 6. Stojan 5 zakladače je letmo uchycen k vozíku 4 a plošina 6 je letmo uchycena ke stojanu 5 zakladače. Plošina 6 je připojena přes stojan 5 zakladače k vozíku 4, který zde představuje podpůrný prvek pro stojan 5 zakladače a plošinu 6, pomocí lan 10. Lana 10 umožňují respektovat proměnnou polohu plošiny 6 vzhledem

k patě stojanu 5 zakladače způsobené pohybem plošiny 6 po stojanu 5 zakladače. Lana 10 jsou uspořádána ve dvojici. Uspořádání upevnění lan 10 na podpurném prvku (zde vozík 4) a případné jejich pohonů je podrobněji popsáno na dalších obrázcích 8 až 14.

- 5 Na obr. 8 je schematicky znázorněno vedení lan 10 z portálu 1 na podpurný prvek, zde tvořený rámem 8, a uspořádání jejich pohonů. Lana 10 jsou vedena na kladky 12 opatřené pohony M1 a M2. Kladky 12 s pohony M1 a M2 jsou upevněny na rámu 8. Portál 1 je opatřen čidlem 9 polohy portálu 1 rámu 8 nebo zrychlení pohybu portálu 1. Signál z čidla 9 je užít pro zpětnovazební řízení pohonů M1 a M2 a v důsledku toho sil v lanech 10, jednak pro řízení dynamické tuhosti a/nebo tlumení vibrací portálové konstrukce a/nebo polohy konce portálu 1.
10 Toto uspořádání zvláště odpovídá zařízení na obr. 1. Toto uspořádání také odpovídá zařízení na obr. 3 a 4, pokud na obr. 8 portál 1 zaměníme vřeteníkem 2 a rám 8 portálem 1. Toto uspořádání dále odpovídá zařízení na obr. 5 a 6, pokud na obr. 8 portál 1 zaměníme vřeteníkem 2 a rám 8 saněmi 3. Toto uspořádání konečně odpovídá zařízení na obr. 7, pokud na obr. 8 portál 1
15 zaměníme plošinou 6 a rám 8 pojezdovým vozíkem 4.

- Na obr. 9 je schematicky znázorněno vedení lan 10 z portálu 1 na podpurný prvek, zde tvořený rámem 8, a uspořádání jejich pohonů pro zařízení na obr. 2. Lana 10 jsou vedena přes kladky 11 upevněné na rámu 8 na kladky 12 opatřené pohony M1 a M2. Kladky 12 s pohony M1 a M2 jsou
20 upevněny na rámu 8. Portál 1 je opatřen čidlem 9 polohy portálu 1 rámu 8 nebo zrychlení pohybu portálu 1. Signál z čidla 9 je užít pro zpětnovazební řízení pohonů M1 a M2 a v důsledku toho sil v lanech 10, jednak pro řízení dynamické tuhosti a/nebo tlumení vibrací portálové konstrukce a/nebo polohy konce portálu 1.

- 25 Vedle aktivního zpětnovazební řízení síly v lanech 10 je možné užít jen síly v lanech 10 pro jejich pasivní předepnutí podle polohy. U schematicky znázorněného uspořádání lan 10 na obr. 10 nedochází při změně polohy portálu 1 k navíjení nebo odvíjení lan 10 na kladky 11 bez pohonů, nebo z nich, lana 10 jsou těmito kladkami 11 pouze vedena. Uspořádání kladek 11 bez
30 pohonů na obr. 10 je možné v provedení znázorněné vlevo a vpravo, obě provedení je možno použít u jedné portálové konstrukce. Výhoda je, že délka lan 10 i při pohybu portálu 1 je neproměnná. Takto toto uspořádání lan 10 lze s výhodou užít pro zařízení na obr. 2.

- Konstrukce pro upevnění levé a pravé horní kladky 11 bez pohonů je však nevýhodná, pokud
35 zařízení neobsahuje přímo rámovou konstrukci jako na obr. 2, neboť kladky 11 lze obtížně upevnit v prostoru.

- Praktické řešení obdobného uspořádání lan 10 na obr. 10 je znázorněno na obr. 11. Délka lan 10 v částech od jejich konců k první kladce 11 bez pohonu je při pohybu portálu 1 po rámu 8 sice
40 proměnná, ale nepříznivý vliv této proměnnosti je možné kompenzovat předpětím lan 10, nebo uspořádáním kladek 11 bez pohonů spojením uspořádání vlevo a vpravo do jednoho zařízení, jak je schematicky znázorněno na obr. 12.

- Je-li pojezd portálu 1 po rámu 8 delší, pak pro kompenzaci proměnné délky lan 10 je vhodné užít
45 přidavné pohony 13 schematicky znázorněné na obr. 13. Zde přidavné pohony 13 zkracují nebo prodlužují lana 10 tak, aby jejich předpětí bylo konstantní bez ohledu na polohu portálu 1 na rámu 8 právě podle této polohy. Přidavné pohony 13 lze však užít i pro aktivní zpětnovazební řízení jako na obr. 8, ale oproti obr. 8 není nutné na kladky navíjet lana 10. Uspořádání
přidavných pohonů 13 toto řeší při spojení uspořádání vlevo a vpravo do jednoho zařízení. Takto
50 spojené zařízení je schematicky znázorněno na obr. 14. Toto zařízení může užít přidavné pohony 13 jen pro udržování konstantního předpětí lan 10 nebo i pro aktivní zpětnovazební řízení, kde je však nutné umístit i čidlo 9 jako na obr. 8, na tomto obrázku není čidlo 9 znázorněno.

- Na obr. 8 až 14 je znázorněno jen řešení uspořádání upevnění lan 10 na podpurném prvku
55 a případně jejich pohonů pro portálové konstrukce 1. Tato řešení je možné obdobně užít i pro letmé výsuvné konstrukce zobrazené na obr. 3 až 6, nebo pro letmo uloženou plošinu 6 zakladače

zobrazenou na obr. 7. Protože lana 10 přenášejí jen tahové síly, jsou lana 10 uspořádána ve dvojicích, aby působily v obou směrech, neboť tah pro jedno lano ve dvojici je tlak pro druhé lano ve dvojici.

- 5 Výhodou vynálezu je možnost docílení díky lanům proměnné dynamické tuhosti konstrukce, tedy přidavnou statickou tuhost a/nebo přidavné tlumení vibrací v závislosti na poloze pohyblivé konstrukce.

- 10 Všechny popsané varianty uspořádání lan se mohou vzájemně kombinovat. Počty lan mohou být v různých počtech. Jednotlivé ovládací prvky zařízení jsou s výhodou řízeny počítačem.

NÁROKY NA OCHRANU

15

1. Zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce s portálem (1) nebo stojanem (5) suvně vedeným na rámu (8), přičemž portál (1) nebo stojan (5) je pohyblivě spojen s alespoň jedním dalším pohyblivým prvkem, **vyznačené tím**, že
20 mezi rámem (8) a portálem (1) nebo stojanem (5), nebo dvěma pohyblivými částmi konstrukce jsou uspořádána lana (10) alespoň jedním koncem připojena pevně k první části a alespoň jedním druhým koncem ke druhé části portálové nebo letmo uložené konstrukce.

2. Zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce podle nároku 1, **vyznačené tím**, že alespoň jedno lano (10) je vedeno od portálu (1) ve směru jeho pohybu a alespoň jedno lano je vedeno od portálu (10) proti směru jeho pohybu.

3. Zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce podle nároku 1 nebo 2, **vyznačené tím**, že lana (10) jsou jedním koncem pevně
30 uchycena k portálu (1) nebo stojanu (5) a druhým koncem připojena ke kladce (12) s pohonem.

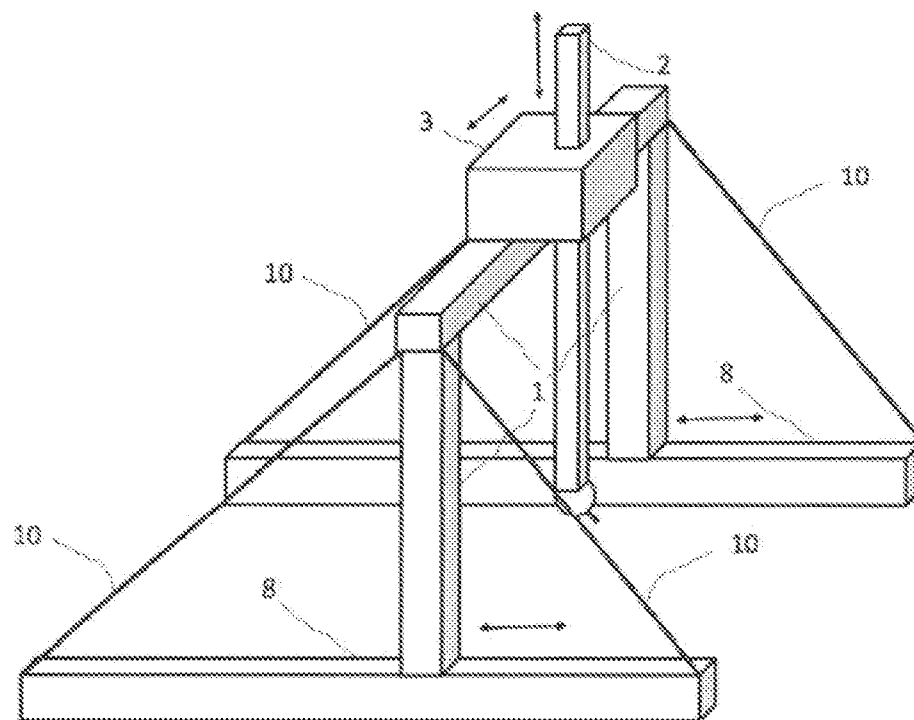
4. Zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce podle nároku 1 nebo 2, **vyznačené tím**, že lana (10) jsou jedním koncem pevně uchycena k portálu (1) nebo stojanu (5) a jsou vedena přes alespoň dvě kladky (11) bez pohonu
35 k některému pohyblivému prvku konstrukce, přičemž alespoň dvě kladky (11) bez pohonu jsou uspořádány na opačné straně pohyblivého prvku konstrukce.

5. Zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce podle nároku 1 nebo 2, **vyznačené tím**, že lana (10) jsou uspořádána mezi plošinou
40 (6) suvně uloženou na stojanu (5) zakladače a vozíkem (4) suvně uloženým na rámu (8).

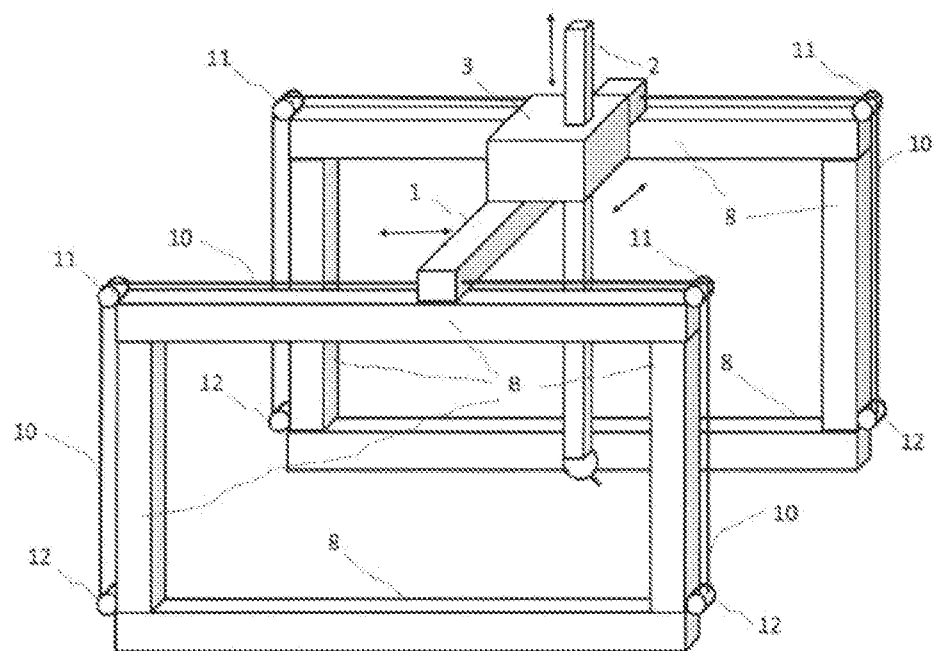
6. Zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce podle některého z předešlých nároků 1 až 5, **vyznačené tím**, že lana (10) jsou mezi
45 jejich konci propojena s přidavným pohonem (13).

7. Zařízení pro změnu dynamické tuhosti a/nebo tlumení portálové nebo letmo uložené konstrukce podle některého z předešlých nároků 1 až 5, **vyznačené tím**, že konstrukce je opatřena čidlem (9) polohy nebo zrychlení jejích pohyblivých prvků.

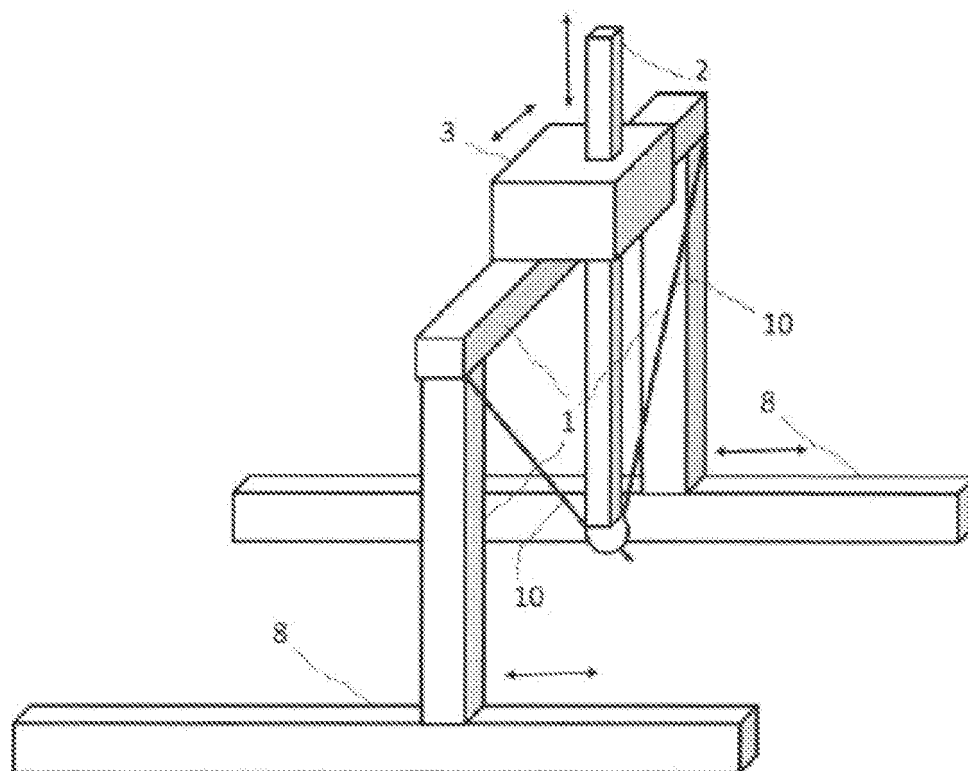
7 výkresů



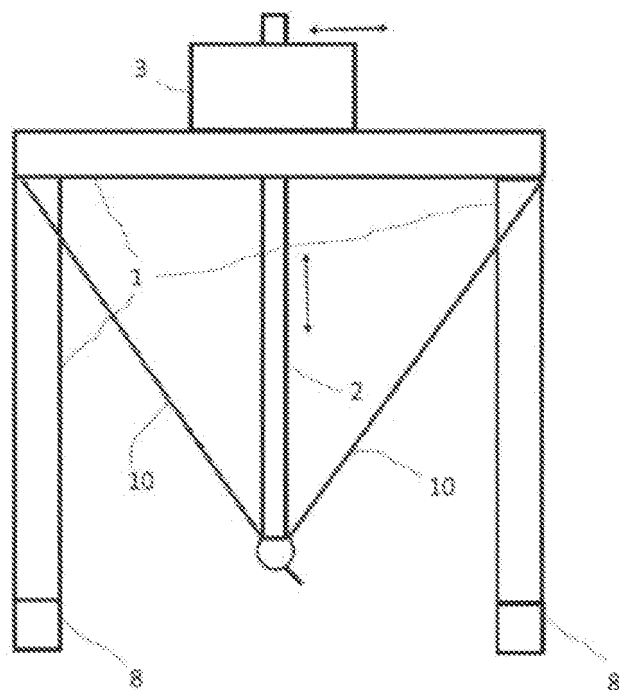
Obr. 1



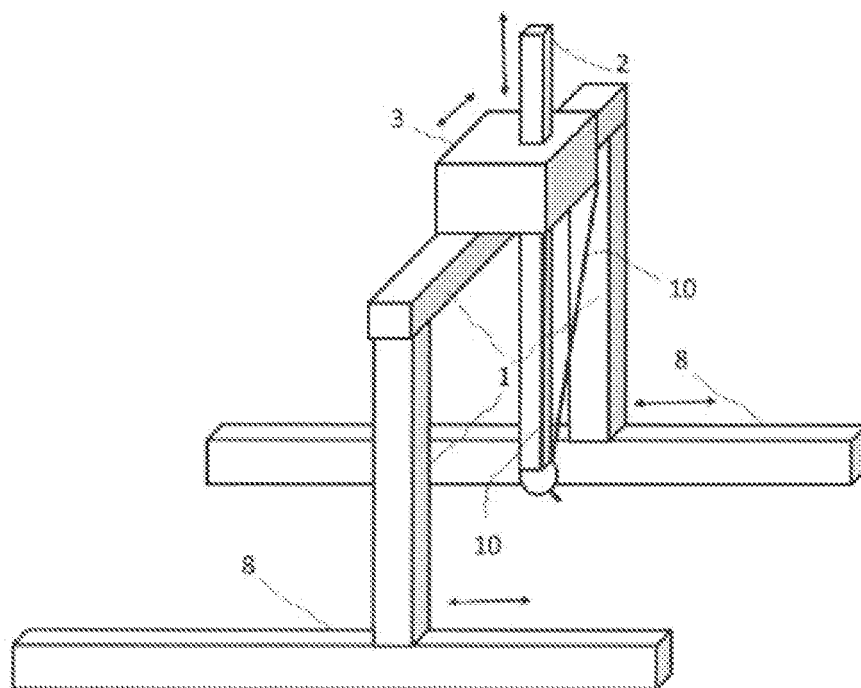
Obr. 2



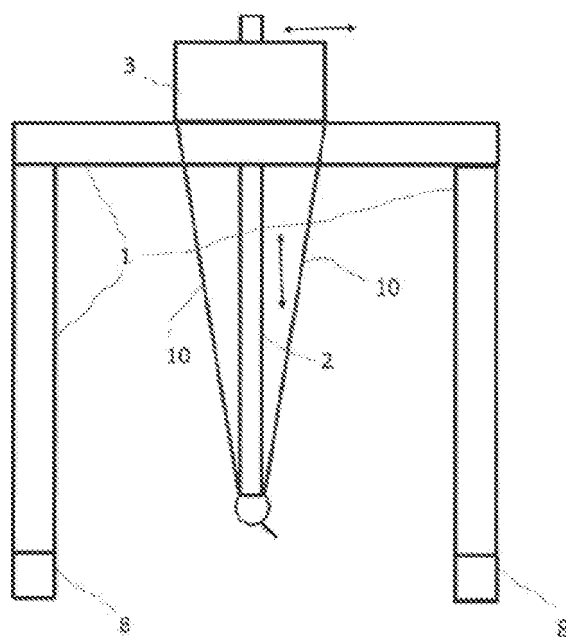
Obr. 3



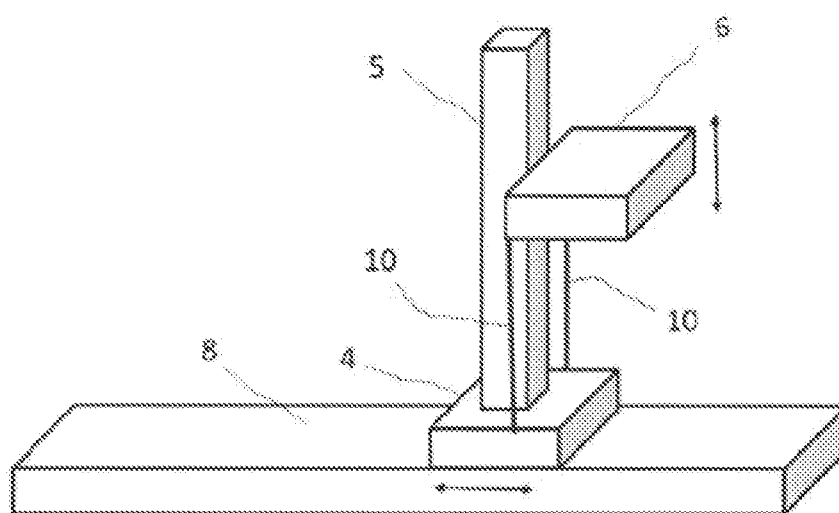
Obr. 4



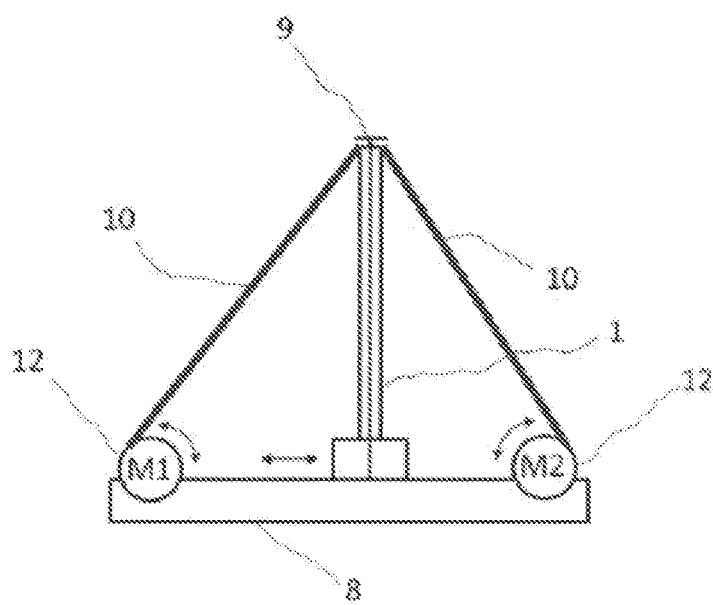
Obr. 5



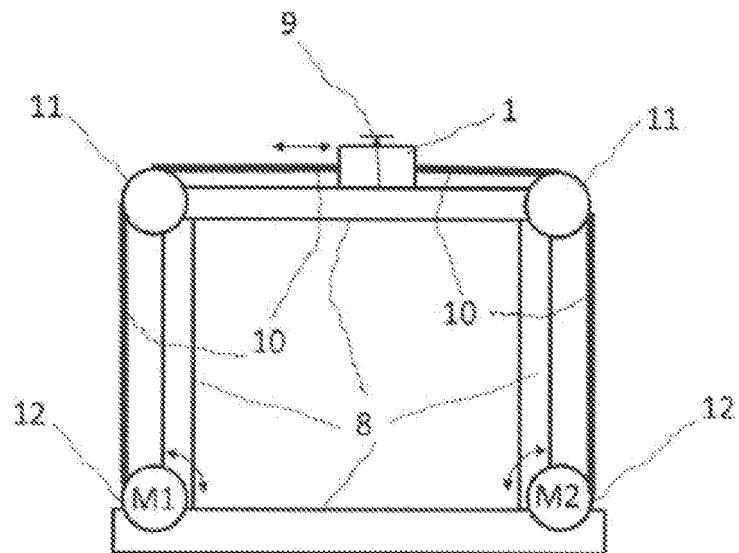
Obr. 6



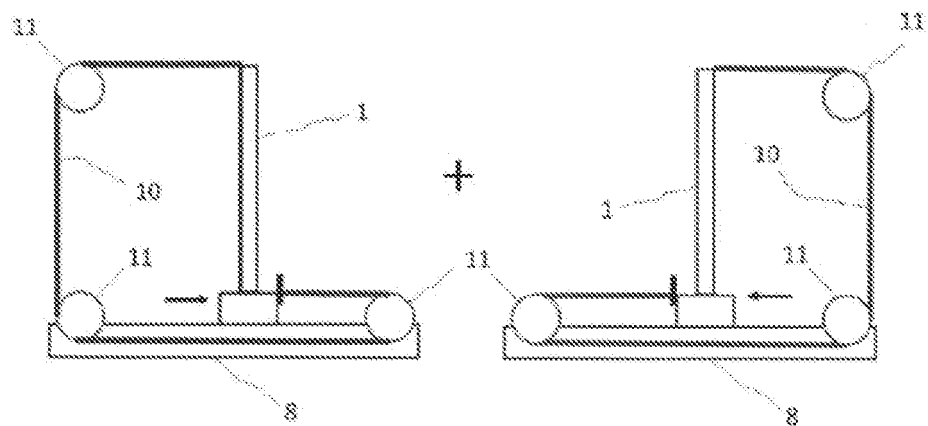
Obr. 7



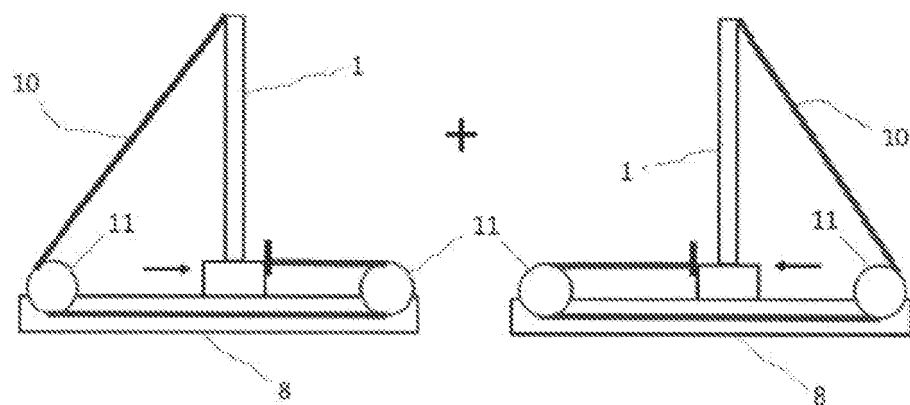
Obr. 8



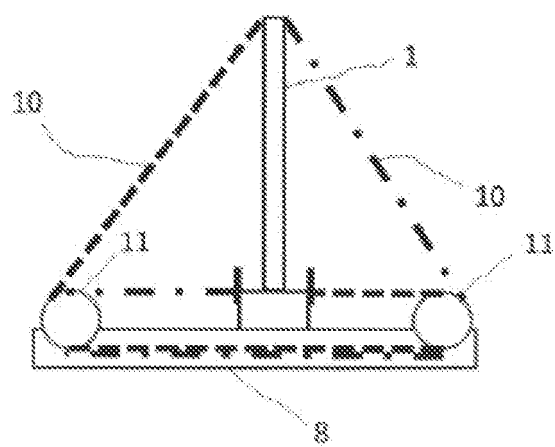
Obr. 9



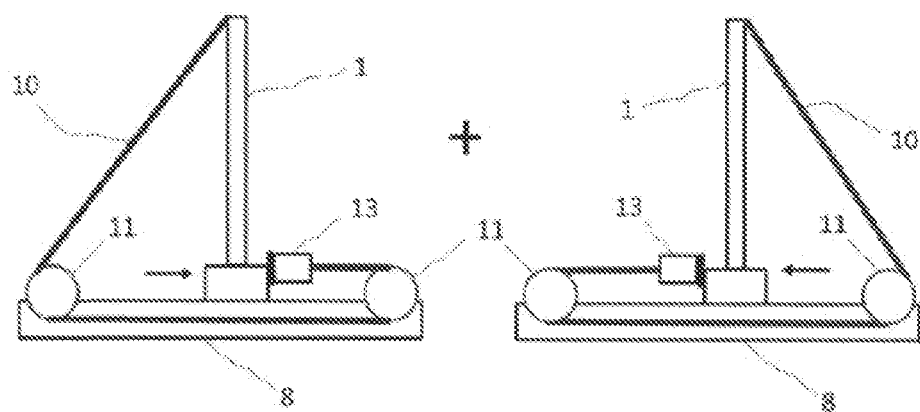
Obr. 10



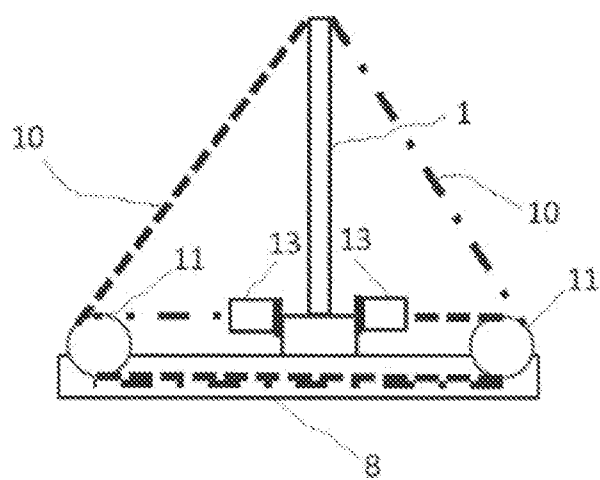
Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13



Obr. 14