

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

35 414

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01N 23/046 (2018.01)

G01N 3/08 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-38338**
(22) Přihlášeno: **10.12.2020**
(47) Zapsáno: **21.09.2021**

(73) Majitel:
Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR,
v.v.i., Praha 9, Prosek, CZ

(72) Původce:
Ing. Tomáš Fíla, Zadní Třebaň, CZ
Ing. Václav Rada, Zborovy, CZ
Ing. Petr Zlámal, Ph.D., Praha 5, Stodůlky, CZ
Ing. Jan Šleichrt, Praha 4, Krč, CZ
doc. Ing. Daniel Kytýř, Ph.D., Nymburk, CZ

(74) Zástupce:
PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Okružní
2824, 370 01 České Budějovice, České Budějovice
3

(54) Název užitého vzoru:
**Univerzální zatěžovací zařízení pro použití v
CT skeneru**

Univerzální zatěžovací zařízení pro použití v CT skeneru

Oblast techniky

Technické řešení se týká univerzálního zatěžovacího zařízení pro mechanické zatěžování zkoumaného objektu v průběhu skenování jeho vnitřní struktury pronikavým zářením, zejména pro nasazení v tomografickém skeneru.

Dosavadní stav techniky

V současné době je velmi populární technikou používanou ve vědeckých studiích, v průmyslu a v medicíně metoda výpočtové tomografie (v odborných kruzích zastoupena zkratkou CT). Metoda CT umožňuje analyzovat vnitřní strukturu zkoumaného objektu na základě jeho zobrazování pomocí pronikavého (rentgenového) záření. Během tomografie jsou pořizovány tzv. projekce reprezentující snímky zkoumaného objektu z různých úhlů.

U industriální a laboratorní tomografie je zkoumaný objekt typicky umístěn na rotačním stolku a během tomografického skenování je otáčen, přičemž v definovaných úhlech rotace je pořízena rentgenová projekce zkoumaného objektu. Takto získaný soubor projekcí je následně zpracován výpočtovým algoritmem a zrekonstruován do podoby prostorového modelu (3D) vnitřní struktury zkoumaného objektu.

V posledních letech je využíváno kombinace metody výpočtové tomografie s jinými metodami analýzy zkoumaného objektu, např. s mechanickým zatěžováním. Tyto tzv. in-situ metody umožňují zkoumat za pomoci CT prováděného souběžně s mechanickým zatěžováním vývoj vnitřní struktury zkoumaného objektu, typicky např. vývoj deformace a poškození zkoumaného objektu během mechanického zatěžování v CT skeneru. Tato data jsou následně používána pro pokročilou analýzu chování materiálu, numerické simulace, diagnostiku vývoje poškození a podobně.

V současné době je k dispozici paleta in-situ zatěžovacích zařízení do CT skeneru, ať už na vědecké, nebo i komerční bázi. Pro představu uvádíme patenty US 20140161223 (A1), DE 102010033923 (A1), CN 202101953 (U), CN 104215526 (A), CN 102323279 (B).

Ve všech případech výše uvedených vynálezů se ale jedná o jednoúčelová zařízení neumožňující univerzální testování a variabilitu použití vyplývající ze širokých možností použití výpočtové tomografie. Typicky jsou tato zařízení určena pro testování specifických materiálů se specifickými rozměry zkoumaného objektu, které jsou navíc limitována rozměry tomografického skeneru, požadovaným rozlišením tomografické rekonstrukce, svou únosností, nebo módem testování.

Jedním z nejpodstatnějších limitů je zpravidla únosnost jednoúčelového zařízení při omezení jeho vnějších rozměrů a hmotnosti. Pro zvýšení únosnosti je třeba navrhovat zatěžovací zařízení s vyšší tuhostí a strojními prvky dimenzovanými pro vyšší únosnost (tedy většími a těžšími). Tento přístup je ovšem omezen rozměry tomografického skeneru a únosností jeho tomografického stolku.

Jiným známým přístupem, jak řešit problém s velikostí a únosností standardních tomografických skenerů, je integrace tomografického stolku do zatěžovacího zařízení. Známou nevýhodou takové konstrukce zatěžovacího zařízení je, že se jedná zpravidla o rozměrný rám, který je určen pro sálové tomografické skenery. Masivní rám má vysokou hmotnost, není univerzální a neumožňuje provádět mikro-testování s vysokým rozlišením tomografické rekonstrukce.

Jiným známým řešením konstrukce zatěžovacího zařízení do tomografického skeneru je vynález z dokumentu EP 3623802 (A1), který popisuje zatěžovací zařízení opatřené jedním tomografickým stolkem umístěným v rámu pro mechanické zatěžování. Nevýhody zařízení spočívají v tom, že

zatěžovací zařízení nemůže univerzálně fungovat dobře, protože postrádá druhý tomografický stolek. Absence druhého tomografického stolku zatěžuje zkoumaný objekt v průběhu měření krutem. Velikost krutu je tím větší, čím je větší tření ve spodním ložisku (tedy úměrně zatěžovací síle).

- 5 Podobně je tomu i u vynálezu z dokumentu CN 207850806 U, jehož uspořádání zatěžovacího stroje do rámu s příčnickem a dvěma sloupy je v praxi zavedenou konstrukcí.

10 Z dosavadního stavu techniky (US 5798463 (A), CN 210090161 (U), CN 206146725 (U), CN 207540922 (U)) jsou odborníky dobře známá řešení konstrukce zatěžovacích zařízení se dvěma sloupy i s jedním sloupem, dále s uzavřeným i otevřeným rámem, i s výměnnými moduly (např. pro ohybové testování v klasickém zatěžovacím stroji), a přesto dosud prakticky neexistuje modulární řešení univerzálního zatěžovacího zařízení, tím spíše použitelného do CT skeneru.

15 Výše uvedené dokumenty současného stavu techniky tak v podstatě představují rozebíratelná řešení pro přenositelnost, nebo dílčí modularitu, pro flexibilnější a rychlejší testování, ale vůbec neřeší návrh univerzálního zatěžovacího zařízení vhodného pro nasazení v CT skeneru.

20 Úkolem technického řešení je vytvoření univerzálního zatěžovacího zařízení pro mechanické zatěžování zkoumaného objektu v průběhu skenování jeho vnitřní struktury pronikavým zářením, zejména pro nasazení v tomografickém skeneru, které by bylo stavebnicové konstrukce pro přestavbu do několika, z pohledu CT i mechanického testování jiných systémů, umožňujících použití pro principiálně jiný druh aplikace s diametrálně odlišným zaměřením, a to zejména pro vysokokapacitní testování s nízkým rozlišením CT rekonstrukce a zároveň pro nízkokapacitní testování s vysokým rozlišením CT rekonstrukce.

25

Podstata technického řešení

30 Vytčený úkol je vyřešen vytvořením univerzálního zatěžovacího zařízení podle níže uvedeného technického řešení.

Univerzální zatěžovací zařízení pro mechanické zatěžování zkoumaného objektu v průběhu skenování vnitřní struktury zkoumaného objektu pronikavým zářením, zejména pro nasazení v tomografickém skeneru, zahrnuje alespoň jeden tomografický rotační stolek pro nesení zkoumaného objektu. Dále 35 zařízení zahrnuje nosič tomografického rotačního stolku a alespoň jedno vedení nosiče rotačního tomografického stolku. Další součástí zařízení je alespoň jeden silový zdroj pro silové působení na nosič tomografického rotačního stolku ve směru vedení.

40 Podstata technického řešení spočívá v tom, že univerzální zatěžovací zařízení je stavebnicové konstrukce. To znamená, že je tvořeno moduly, které lze skládat do různých konfigurací v závislosti na účelu testování, a proto je technické řešení univerzální. Vedení nosiče a silový zdroj tvoří integrální lineární podélný zatěžovací modul. Tomografický rotační stolek a nosič tvoří integrální příčnickový modul. Integrální příčnickový modul je na alespoň jednom svém konci opatřen prostředkem 45 pro rozebíratelné připojení k integrálnímu lineárnímu podélnému zatěžovacímu modulu. Univerzální zatěžovací zařízení tvoří minimálně jeden integrální lineární podélný zatěžovací modul a dva integrální příčnickové moduly.

50 Technické řešení do značné míry překonává omezení popsaná v dosavadním stavu techniky a přináší v jednom uceleném zařízení univerzální řešení umožňující jak testování velkých vzorků při vysokých zatěžovacích silách, tak testování menších vzorků při vysokém rozlišení tomografické rekonstrukce.

55 Je výhodné, pokud je integrální lineární podélný zatěžovací modul na alespoň jednom svém konci opatřen prostředkem pro rozebíratelné připojení dalšího integrálního lineárního podélného zatěžovacího modulu. To umožňuje postavit ze stavebnice konfiguraci především pro dlouhé zkoumané objekty.

S výhodou je integrální lineární podélný zatěžovací modul opatřen alespoň jedním fixačním prvkem pro rozebíratelné spojení s podložkou. Fixace k podložce je důležitá, aby po celý čas měření byla zachována neměnná pozice vůči tomografickému skeneru.

- 5 Je rovněž výhodné, pokud je integrální příčnickový modul uzpůsoben pro připojení alespoň jednoho specializovaného modulu pro provádění únavového testování, mikro-testování, testování dlouhých vzorků, testování v řízeném prostředí, či testování ohybovým momentem. Připojení specializovaného modulu rozšiřuje paletu aplikací pro zkoumání vnitřní struktury a vlastností zkoumaného objektu.
- 10 V neposlední řadě je výhodné, pokud je nosník tomografického rotačního stolku na příčniku polohovatelný pro pozicování i mimo osy lineárních podélných modulů. Takové uspořádání snižuje počet přestaveb technického řešení v rámci jedné sady měření, neboť tomografické rotační stolky vyčnívají před lineární moduly, což umožňuje dosáhnout vysokého rozlišení tomografických snímků.
- 15 Z hlediska realizovaných aplikací pomocí technického řešení je výhodné, pokud je jeden integrální příčnickový modul fixní, a tím tvoří pevnou základnu, vůči které se vynalezené zařízení kalibruje, a druhý integrální příčnickový modul je polohovatelný pro unášení podélnými lineárními moduly za účelem přenosu testovací síly na vzorek.
- 20 Technické řešení překonává nedostatky známých řešení a umožňuje provádět jak testování velmi malých vzorků ve vysokém rozlišení, tak vysokokapacitní testování. Využití přídavných specializovaných modulů pro specializované testování navíc umožňuje zařízení využívat jako univerzální in-situ zařízení určené např. pro únavové testování vzorků, testování v řízeném prostředí a ohybové testování.

25

Objasnění výkresů

Uvedené technické řešení bude blíže objasněno na následujících vyobrazeních, kde:

- 30 obr. 1 znázorňuje tandemové uspořádání integrálních lineárních podélných zatěžovacích modulů orientovaných vertikálně pro intenzivní silové působení na zkoumaný objekt,
- obr. 2 znázorňuje jednostranné uspořádání s jedním integrálním lineárním podélným zatěžovacím modulem pro zvýšení rozlišení tomografického skenování,
- 35 obr. 3a znázorňuje pozici zdroje rentgenového záření ke zkoumanému objektu v tandemové konfiguraci zatěžovacího zařízení,
- obr. 3b znázorňuje konfiguraci z obr. 3a v pohledu shora,
- 40 obr. 3c znázorňuje pozici zdroje rentgenového záření ke zkoumanému objektu v jednostranné konfiguraci zatěžovacího zařízení, kde zdroj je velice blízko zkoumaného objektu,
- obr. 3d znázorňuje konfiguraci z obr. 3c v pohledu shora
- 45 obr. 4 znázorňuje jednoosé uspořádání integrálních lineárních podélných zatěžovacích modulů pro zkoumání dlouhých zkoumaných objektů,
- obr. 5 znázorňuje tandemové uspořádání integrálních lineárních podélných zatěžovacích modulů orientovaných horizontálně,
- 50 obr. 6a znázorňuje konkrétní příklad uskutečnění integrálního lineárního podélného zatěžovacího modulu,

- obr. 6b znázorňuje vyobrazený naležato příklad uskutečnění integrálního lineárního podélného zatěžovacího modulu,
- obr. 7 znázorňuje konkrétní příklad uskutečnění integrálních příčnickových modulů,
- obr. 8 znázorňuje řez detailním zobrazením tomografických rotačních stolků,
- obr. 9 znázorňuje konkrétní příklad zařízení s vysunutými tomografickými rotačními stolky pro CT s vysokým rozlišením mimo osy lineárních podélných modulů,
- obr. 10 znázorňuje konkrétní příklad zařízení s tomografickými rotačními stolky v rámu pro CT při vysokém zatížení,
- obr. 11 znázorňuje konkrétní příklad zařízení s jedním integrálním lineárním podélným modulem pro CT s vysokým rozlišením,
- obr. 12 znázorňuje řez příkladem zařízení s tomografickými rotačními stolky v rámu pro CT při vysokém zatížení,
- obr. 13 znázorňuje konkrétní příklad zařízení pro zkoumání dlouhých objektů podle konceptu z obr. 4.

Příklad uskutečnění technického řešení

Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění technického řešení jsou představovány pro ilustraci, nikoliv jako omezení technického řešení na uvedené příklady. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zajistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním technického řešení, která jsou zde popsána.

Zařízení dle technického řešení je primárně tvořeno dvojicí integrálních lineárních podélných zatěžovacích modulů 1 a dvojicí integrálních příčnickových modulů 2, na nichž jsou pevně uspořádány (tvoří integrální celek) instrumentované tomografické rotační stolky 3. Instrumentované tomografické rotační stolky 3 v uvedeném příkladu uskutečnění technického řešení zahrnují přesný rotační stolek, snímač síly, přesný snímač polohy a sběrací kroužek pro přívod měřicí kabeláže při libovolném počtu otáček během tomografie. Zatěžovací zařízení je řízeno plně elektronicky, a i během zatěžování a tomografického skenování může být ovládáno v reálném čase vzdáleně, bez vystavení operátora pronikavému záření.

V první standardní konfiguraci, viz obr. 1, jsou integrální lineární podélné zatěžovací moduly 1 uspořádány tandemově a jsou spojeny pomocí integrálních příčnickových modulů 2. K instrumentovaným tomografickým rotačním stolům 3 je montován zkoumaný objekt 4 testovaného materiálu. Zařízení dle technického řešení umožňuje zkoumaný objekt 4 uni-axiálně zatěžovat ve směru f a zároveň otáčet okolo osy x . Objekt 4 je ozařován pomocí zdroje 6 rentgenového záření (RTG) a během otáčení objektu 4 jsou pořizovány tomografické projekce na detektor rentgenového záření.

Ve druhé konfiguraci, viz obr. 2, je použit pouze jeden integrální lineární podélný zatěžovací modul 1, na kterém jsou souose uspořádány integrální příčnickové moduly 2 s instrumentovanými tomografickými rotačními stolky 3. Podobně jako v předchozím případě je k instrumentovaným tomografickým rotačním stolům 3 fixován testovaný objekt 4. Toto uspořádání umožňuje provádět testování ve vysokém rozlišení tomografické rekonstrukce při snížené kapacitě zatěžování.

Rozlišení tomografické rekonstrukce je dáno poměrem vzdálenosti zdroje 6 rentgenového záření od zkoumaného objektu 4 a detektoru rentgenového záření. Čím menší je vzdálenost mezi zdrojem 6 rentgenového záření a osou rotace skenovaného objektu 4, tím je rozlišení vyšší. Vzhledem k rozměrovému uspořádání některých rentgenek, které neumožňuje přiblížit se kvůli tandemovému

uspořádání rámu, viz obr. 1, co nejbliže k objektu 4, je možné použít uspořádání s jedním integrálním zatěžovacím modulem 1 a orientovat objekt 4 výhodněji vůči rentgence. Tato situace je zobrazena na obr. 3a až obr. 3d.

5 V další variantě, viz obr. 4, jsou oba integrální lineární zatěžovací moduly 1 uspořádány na společné ose a na každé z nich je uspořádán integrální příčnickový modul 2 s instrumentovaným tomografickým rotačním stolcem 3. Na jednom nebo obou instrumentovaných tomografických rotačních stolcích 3 jsou uspořádány specializované moduly 5 pro testování ve specializovaném módu. V příkladu znázorněném na obr. 4 je zařízení osazeno specializovanými moduly 5 pro testování vzorku čtyřbodovým ohybem, 10 přičemž specializované moduly 5 jsou opatřeny zatěžovacím mechanismem s podporou pro zatížení objektu 4 ohybovým momentem m . Pohyb integrálních příčnickových modulů 2 v integrálních lineárních zatěžovacích modulech 1 může být využit pro nastavení geometrie testování. Konkrétní příklad uskutečněného technického řešení je vyobrazen na obr. 13, přičemž byla použita stavebnice, jenž je 15 použita v ostatních příkladech. Odborník – konstruktér bude schopen nakreslit další varianty stavebnice, avšak podstata technického řešení se nezmění.

Na obr. 5 je znázorněna varianta univerzálního zatěžovacího zařízení, kdy jsou integrální lineární zatěžovací moduly 1 uspořádány tandemově a v CT skeneru jsou orientovány horizontálně. Zařízení je navíc opatřeno specializovaným modulem 5. Obr. 5 je použit pro demonstraci variability a univerzálního uspořádání zařízení, kdy je možné jednotlivé lineární zatěžovací moduly 1 libovolně 20 kombinovat s integrálními příčnickovými moduly 2, na nichž jsou uspořádány instrumentované tomografické rotační stolky 3, a dále je možné stavebnicovou konstrukci kombinovat s přídatnými specializovanými moduly 5 pro rozšíření oblasti použití celého zatěžovacího zařízení.

25 Univerzální zatěžovací zařízení navíc může být orientováno v CT skeneru libovolně, což významně rozšiřuje jeho kompatibilitu, variabilitu a oblast použití. Podstatná je tak možnost univerzálního uspořádání a všestrannost systému. Díky tomu je možné sdružit řadu jednotlivých specializovaných in-situ zatěžovacích zařízení do jednoho univerzálního modulárního a kompaktního stavebnicového systému.

30 Univerzální zatěžovací zařízení může být kromě CT skeneru použitelné i v synchrotronu.

Co se týče příkladu uskutečnění konkrétní konstrukce integrálního lineárního zatěžovacího modulu 1, tak může být odborníkem vytvořena následovně, jak je vyobrazena na obr. 6a a na obr. 6b.

35 Lineární zatěžovací modul 1 slouží pro lineární polohování integrálních příčnickových modulů 2 a je realizován jako kompaktní a robustní lineární aktuátor vybavený servopohonem a planetovým pohybovým šroubem. Rám modulu 1 je tvořen dvojicí přesných profilů z hliníkové slitiny uspořádaných paralelně. Na hliníkových profilech je montován systém přesného lineárního vedení tvořeného dvojicí 40 ocelových kolejnic a čtveřicí pojezdových vozíků. Vzájemné spojení profilů rámu je provedeno pomocí příčných vložek, na nichž jsou zároveň upevněny prvky polohovacího systému: servomotor s harmonickou převodovkou a hřídelovou spojkou, axiálně-radiální ložisková jednotka a radiální ložisková jednotka pro uchycení pohybového šroubu. Pohybový šroub je pomocí pružné hřídelové spojky axiálně spojen se servopohonem a fixován pomocí dvou ložiskových jednotek. Vozíky lineárního 45 vedení a matice pohybového šroubu jsou pevně spojeny s pojezdovou deskou vybavenou prostředky pro rozebíratelné spojení lineárního zatěžovacího modulu 1 s integrálním příčnickovým modulem 2.

Celý modul 1 je rovněž vybaven příslušenstvím sestávajícím se z absolutního optického enkodéru pro odměřování polohy pojezdové desky, energetického řetězu pro přívod kabeláže do dalších částí zařízení, 50 bezpečnostních koncových snímačů a konektorové desky pro připojení modulu 1 k dalším periferiím. Díky použití přesného servopohonu a přesné harmonické převodovky s vysokým převodovým poměrem, vysoce únosného planetového šroubu a robustní konstrukci rámu dosahuje zatěžovací kapacita jednoho modulu 1 v axiálním směru více než 35 kN.

55 Ukázky konkrétních řešení příčnickových integrálních modulů 2 jsou zobrazeny na obr. 7.

Integrální příčnickový modul 2 je realizován ve dvou variantách: polohovatelný integrální příčnickový modul 2 a fixní integrální příčnickový modul 2. Polohovatelný integrální příčnickový modul 2 je montován na pojezdové desky lineárních zatěžovacích modulů 1, zatímco fixní integrální příčnickový modul 2 je montován na profily rámu lineárních zatěžovacích modulů 1. Obě verze integrálního příčnickového modulu 2 mají shodnou koncepci konstrukce, která je tvořena příčným nosníkem sestaveným z desek z hliníkové slitiny. Na příčném nosníku je pomocí šroubů uspořádána deska s přesným tvarovým spojením pro montáž tomografického stolku 3 (realizováno prostým osazením viz text níže). Tuto desku je při prvotní montáži zařízení možno ustavovat v obou příčných směrech a pomocí přesného trnu (viz text níže) nastavit vzájemnou polohu obou tomografických rotačních stolků 3 tak, aby měly stejnou osu rotace. Oba příčné nosníky mají dvě montážní polohy tomografických rotačních stolků 3: polohu koaxiální s osou pohybového šroubu lineárního zatěžovacího modulu 1 a polohu vysunutou před osu pohybového šroubu lineárního zatěžovacího modulu 1. Koaxiální poloha slouží pro použití rámu pro vysoká zatížení. Vysunutá poloha je určena pro snímání vzorku 4 ve vysokém rozlišení (případně pro současné snímání vzorku 4 z několika směrů). Vysunutá poloha umožňuje využít pouze sníženou zatěžovací kapacitu zařízení.

Jak už bylo výše v textu opakovaně zmíněno, celé zařízení dle technického řešení je koncipováno jako modulární, přenosné a rozebíratelné. Zařízení je proto demontovatelné na následující hlavní celky: 2x lineární zatěžovací moduly 1, 1x polohovatelný integrální příčnickový modul 2, 1x fixní integrální příčnickový modul 2 a 2x tomografické rotační stolky 3. Tyto celky jsou opatřeny prvky pro univerzální montáž tvořenými vždy přesným tvarovým spojením.

Spojení integrálního příčnickového modulu 2 s tomografickým rotačním stolem 3 je provedeno pomocí přesného kruhového osazení a zajištěno šrouby. Vzájemnou polohu tomografických rotačních stolků 3 v zařízení je možné přesně ustavovat pomocí přípravku, přesného trnu, který se zasune do axiálních děr obou tomografických rotačních stolků 3.

Rozebíratelné spojení lineárního zatěžovacího modulu 1 a integrálního příčnickového modulu 2 je tvořeno pevnými kluzáky uspořádanými na rámu lineárního zatěžovacího modulu 1 a na jeho pojezdových deskách. Do kluzáků se při montáži zasouvají v příčném směru celé integrální příčnickové moduly 2. Poloha integrálních zatěžovacích modulů 1 vůči kluzákům je zajištěna pomocí přesných kolíků, kterými jsou části vzájemně spojeny během montáže. Nasunutím integrálních příčníků do kluzáků, a jejich zajištěním pomocí kolíků, přesně a plně definuje vzájemnou polohu jednotlivých celků při současné snadné a rychlé manipulaci. Po zajištění vzájemné polohy všech celků je následně celé zařízení smontováno pomocí šroubů sloužících pro tuhé spojení a přenos zatížení.

Na obr. 8 je vyobrazeno konkrétní uskutečnění tomografických rotačních stolků 3 v zařízení. Oba tomografické rotační stolky 3 uspořádané v zařízení jsou identické a jsou tvořeny přesným direct-drive servopohonem, harmonickým ozubeným soukolím a křížovým radiálně-axiálním ložiskem. Použitím vysokokapacitního křížového ložiska řazeného před harmonickým soukolím je dosaženo přibližně dvojnásobné axiální zatěžovací kapacity v porovnání s lineárním zatěžovacím modulem 1. Díky tomu tomografický rotační stolek 3 nepředstavuje limitující prvek z hlediska únosnosti pro použití zařízení v konfiguraci s dvojicí lineárních zatěžovacích modulů 1, což výrazně zvyšuje zatěžovací kapacitu zařízení. Tomografický rotační stolek 3 je vybaven průchozí dírou, ve které je umístěna kabeláž vedoucí do otočné části tomografického rotačního stolku 3. Kabeláž je v těchto místech vedena sběracím kroužkem, čímž je umožněn neomezený počet otáček tomografického rotačního stolku 3, aniž by došlo k poškození kabeláže. Na rotační části tomografického rotačního stolku 3 je uspořádán konektor pro připojení měřicích prvků, např. snímačů síly, zatěžovacích čelistí nebo specializovaných modulů 5. Válcový rám tomografického rotačního stolku 3 je vybaven přírubou s přesným osazením pro montáž do obou variant integrálního příčnickového modulu 2.

Na obr. 9 je vyobrazeno, že jsou nosiče tomografických rotačních stolků 3 příčnickových modulů 2 vysunuty mimo osy lineárních podélných modulů 1.

55

Jedním z příkladů uskutečnění specializovaného modulu 5 pro mikrotestování je jeden z modulů 5, který je možno montovat na rotační části tomografického rotačního stolku 3 a rozšířit tak testovací možnosti zatěžovacího zařízení. Modul 5 pro mikrotestování je tvořen vysoce přesným polohovacím zařízením, kterým je možné provádět zatěžovací testy s přesností posunu řádově ve stovkách nanometrů. Vysoce přesné polohovací zařízení je realizováno pomocí přímo-řízeného aktuátoru s kmitající cívkou, optickým enkodérem a vysoce přesným lineárním vedením s kuličkovým řetězem. Na vrchní část polohovacího zařízení je uspořádán miniaturní siloměr se zatěžovací čelistí. Další zatěžovací čelist je montována na druhý tomografický rotační stolek 3. Lineární zatěžovací moduly 1 jsou použity na posun celého specializovaného modulu 5 a zatěžovacích čelistí do požadované vzájemné polohy. Mikrotestování je následně prováděno pomocí specializovaného modulu 5. Tomografii je možno provádět díky rotaci celého specializovaného modulu 5 a zatěžovacích čelistí s využitím tomografických rotačních stolků 3. Oblast aplikace modulu 5 zahrnuje mikrotestování např. tkáňových nosičů, monitorování růstu krystalů solí, in-situ mikroindentací a únavové testy nebo dynamické a vibrační zatěžování materiálů.

Dalším příkladem specializovaného modulu 5 je specializovaný modul pro ohybové testování, který je tvořen dvojicí identických rotačních aktuátorů, přičemž rotační aktuátory jsou montovány na rotační části tomografických rotačních stolků 3 kolmo k jejich ose rotace. Rotační aktuátory se sestávají ze servomotoru a harmonického soukolí, na jehož rotační části je uspořádán senzor momentu a dvojice podporových vidlic. Vzorek 4 je zasunut mezi podporové vidlice. Otáčením vidlic pomocí rotačních aktuátorů dochází k zatěžování vzorku 4 ohybovým momentem. Tomografii je možno provádět díky rotaci celého specializovaného modulu 5 s využitím tomografických rotačních stolků 3.

Průmyslová využitelnost

Univerzální zatěžovací zařízení pro mechanické zatěžování zkoumaného objektu podle technického řešení nalezne uplatnění ve výzkumu při studiu přírodních materiálů, tak i při vývoji nových člověkem vytvořených materiálů. Dále je možné ho využívat pro detekci a nedestruktivní testování např. ve výrobních provozech.

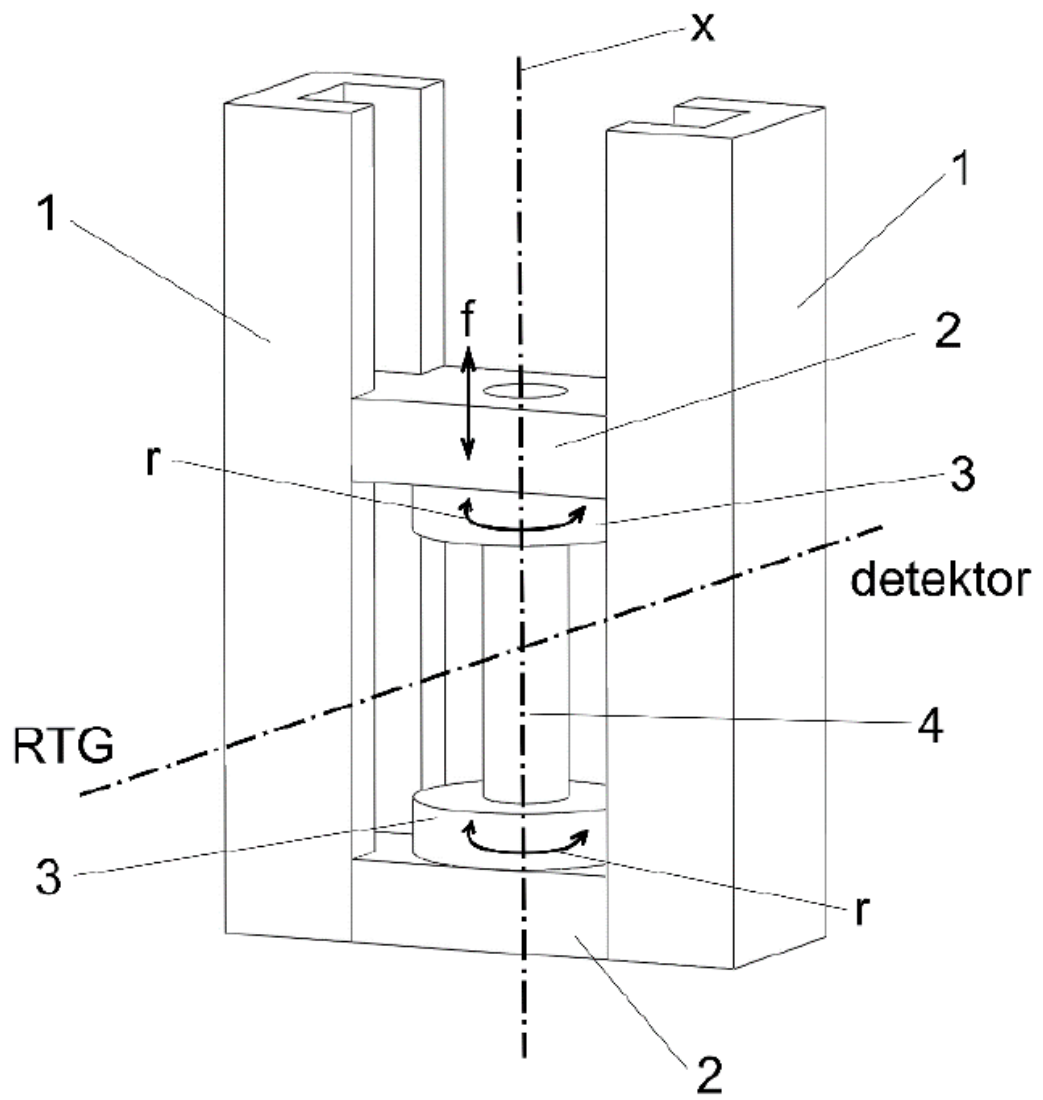
NÁROKY NA OCHRANU

- 5 1. Univerzální zatěžovací zařízení pro mechanické zatěžování zkoumaného objektu (4) v průběhu skenování vnitřní struktury zkoumaného objektu (4) pronikavým zářením, zejména pro nasazení v tomografickém skeneru, zahrnující alespoň jeden tomografický rotační stolek (3) pro nesení zkoumaného objektu (4), nosič tomografického rotačního stolku (3), alespoň jedno vedení nosiče tomografického stolku (3), a alespoň jeden silový zdroj pro silové působení na nosič tomografického rotačního stolku (3) ve směru vedení osy „x“, **vyznačující se tím**, že univerzální
- 10 zatěžovací zařízení je modulární stavebnicové konstrukce, ve které vedení nosiče a silový zdroj tvoří integrální lineární podélný zatěžovací modul (1), a dále ve které tomografický rotační stolek (3) a nosič tvoří integrální příčnickový modul (2), přičemž je integrální příčnickový modul (2) na alespoň jednom svém konci opatřen prostředkem pro rozebíratelné připojení k integrálnímu lineárnímu podélnému zatěžovacímu modulu (1), a současně univerzální zatěžovací zařízení je
- 15 tvořeno minimálně jedním integrálním lineárním podélným zatěžovacím modulem (1) a dvěma integrálními příčnickovými moduly (2).
2. Univerzální zatěžovací zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že integrální lineární podélný zatěžovací modul (1) je na alespoň jednom svém konci opatřen prostředkem pro
- 20 rozebíratelné připojení dalšího integrálního lineárního podélného zatěžovacího modulu (1).
3. Univerzální zatěžovací zařízení podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že integrální lineární podélný zatěžovací modul (1) je opatřen alespoň jedním fixačním prvkem pro
- 25 rozebíratelné spojení s podložkou.
4. Univerzální zatěžovací zařízení podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že integrální příčnickový modul (2) je uzpůsoben pro připojení alespoň jednoho specializovaného modulu (5) pro provádění testování ze skupiny únavové testování, mikro-testování, testování dlouhých vzorků, testování v řízeném prostředí, ohybové tetování, testování ohybovým
- 30 momentem.
5. Univerzální zatěžovací zařízení podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že jeden integrální příčnickový modul (2) je fixní a druhý integrální příčnickový modul (2) je polohovatelný.
- 35 6. Univerzální zatěžovací zařízení podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že nosič tomografického rotačního stolku (3) je v integrálním příčnickovém modulu (2) polohovatelný pro nesení tomografického rotačního stolku (3) mimo osy lineárních podélných zatěžovacích modulů (1).

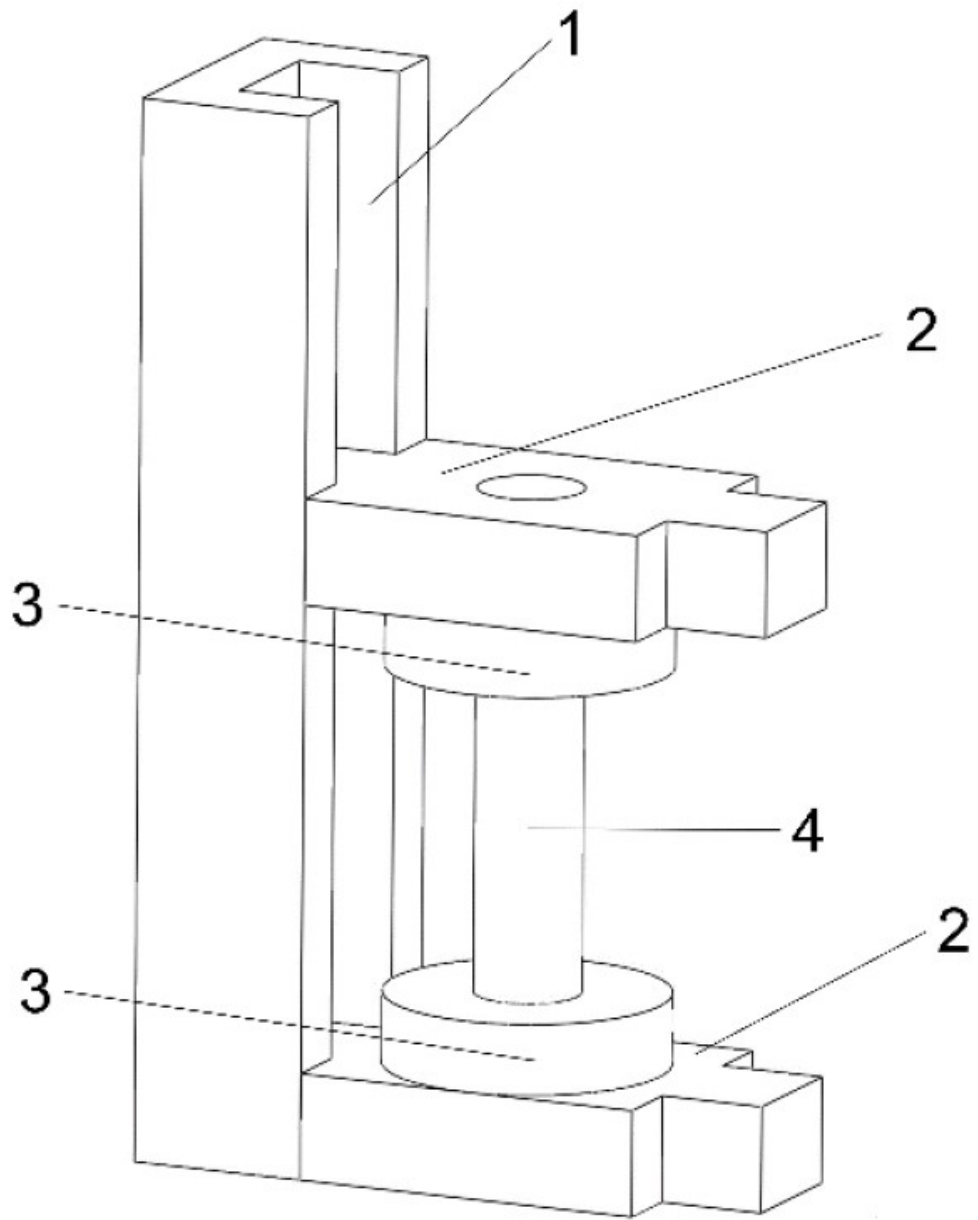
40 12 výkresů

Seznam vztahových značek:

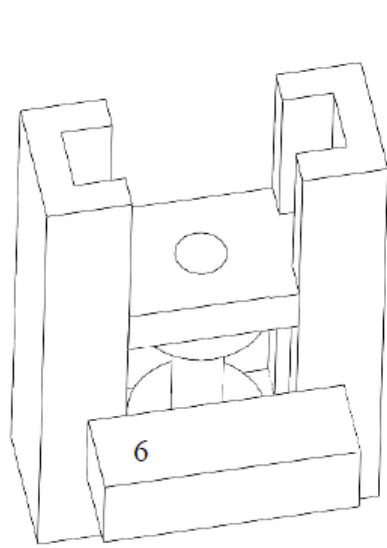
- 1 integrální lineární podélný zatěžovací modul
- 2 integrální příčnickový modul
- 3 tomografický rotační stolek
- 4 zkoumaný objekt
- 5 specializovaný modul
- 6 zdroj rentgenového záření.



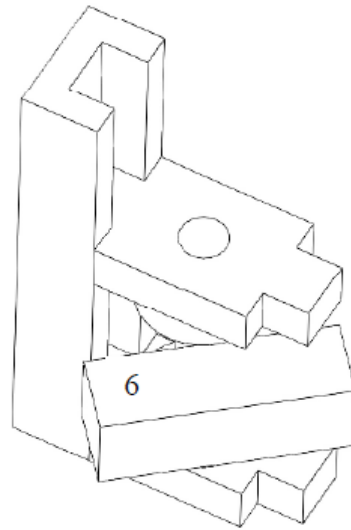
Obr. 1



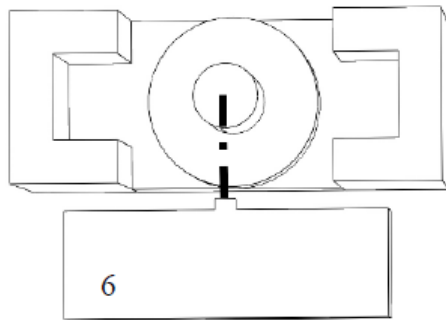
Obr. 2



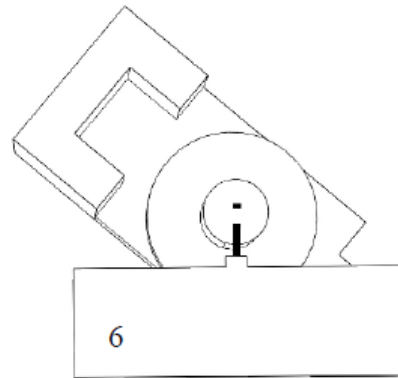
(a)



(c)

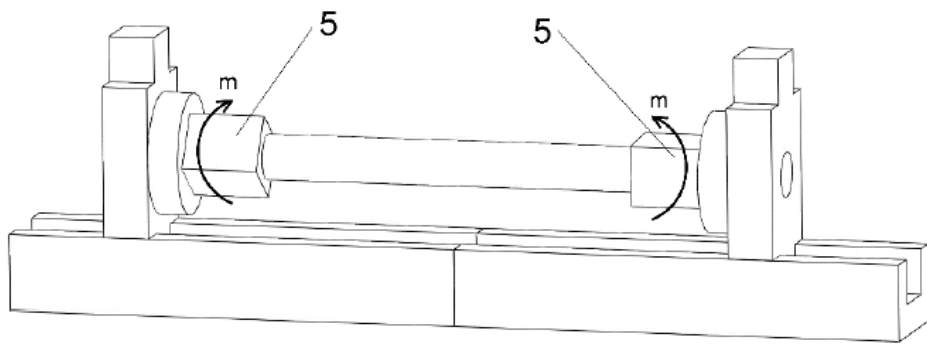


(b)

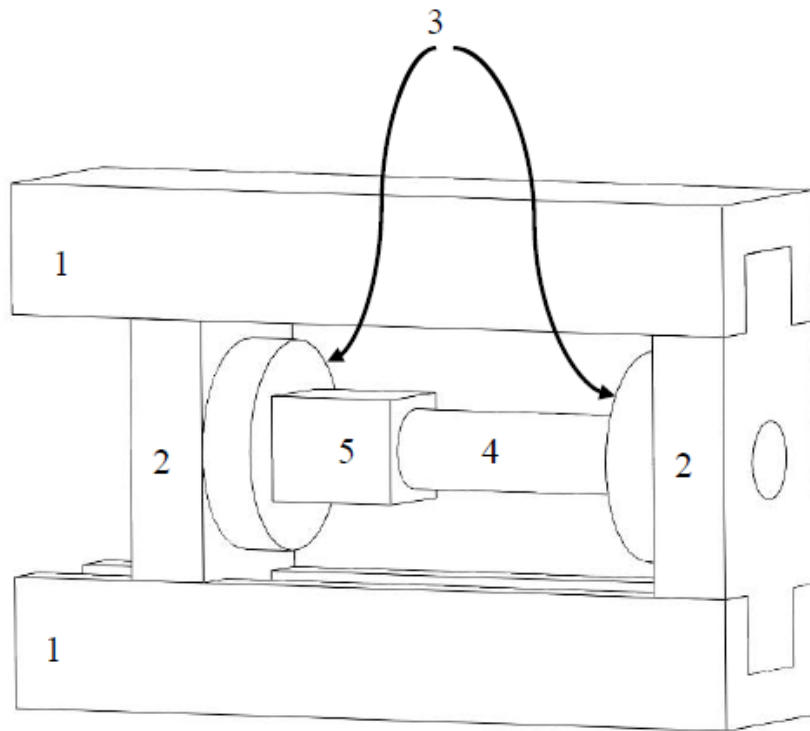


(d)

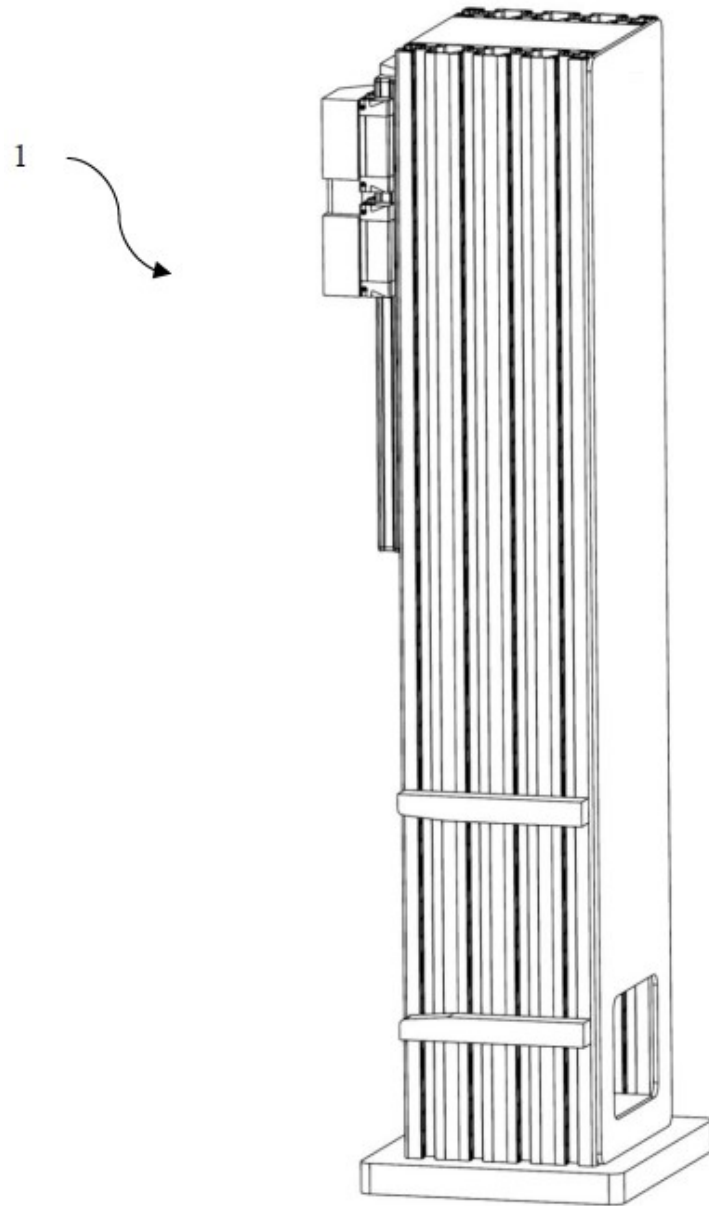
Obr. 3



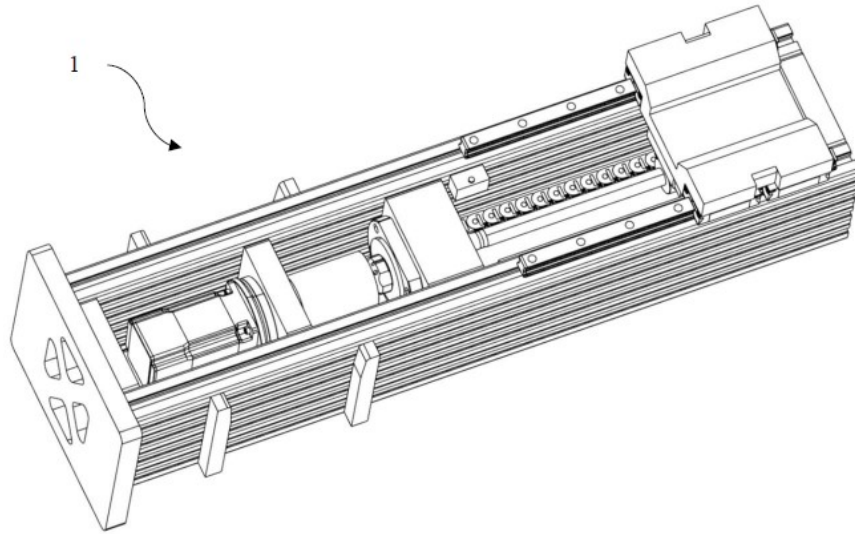
Obr. 4



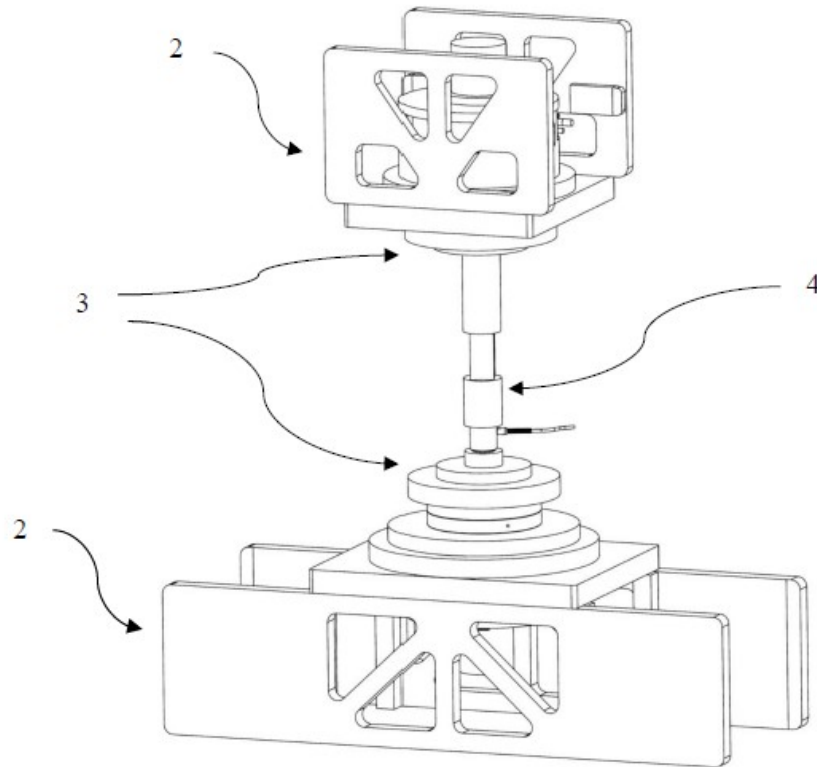
Obr. 5



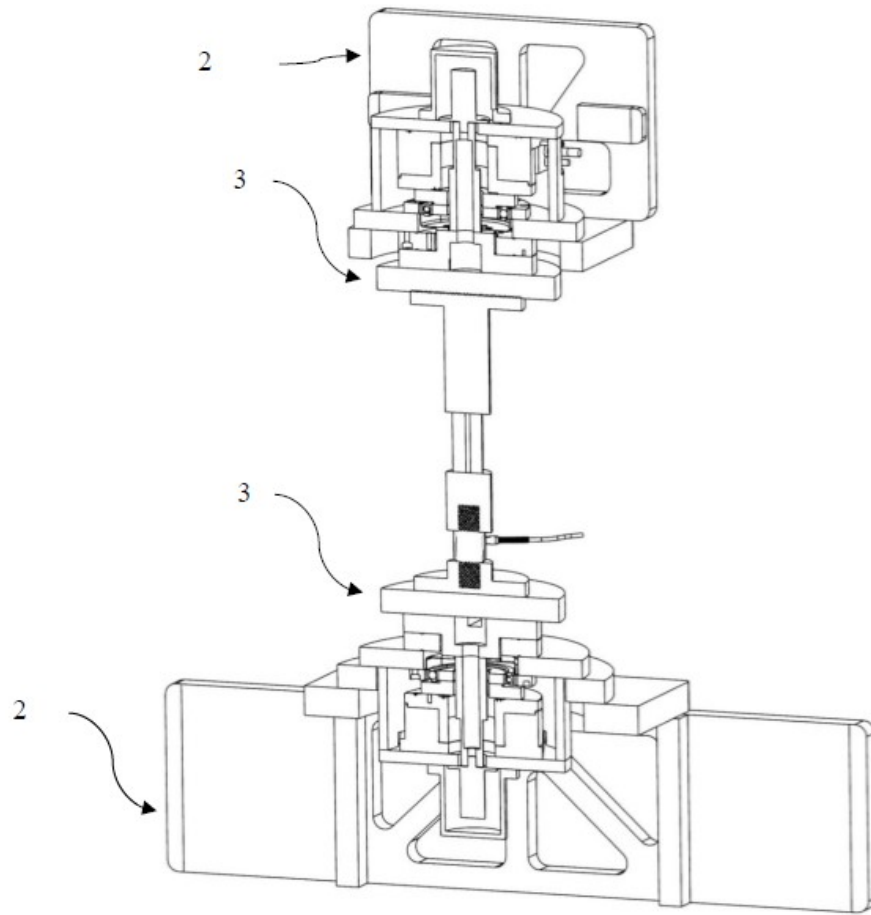
Obr. 6a



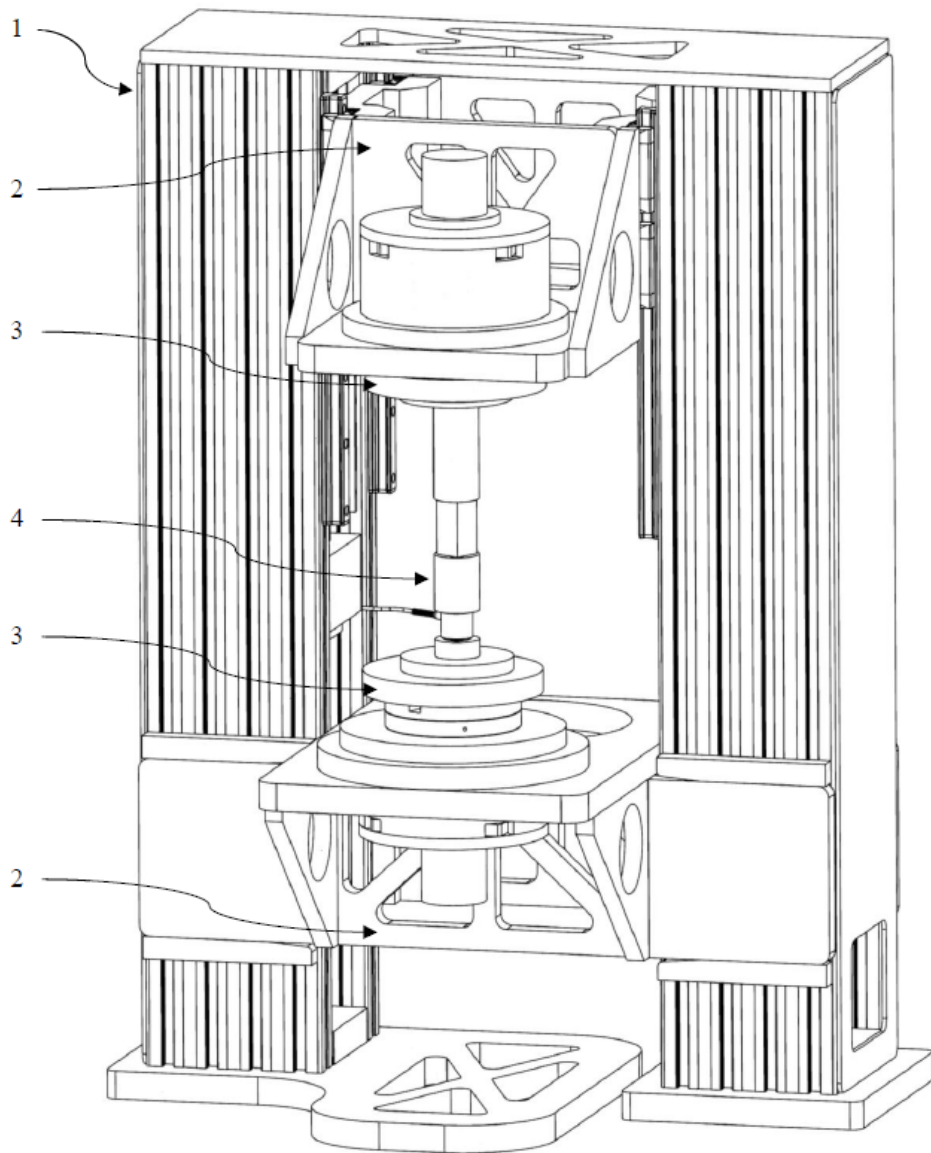
Obr. 6b



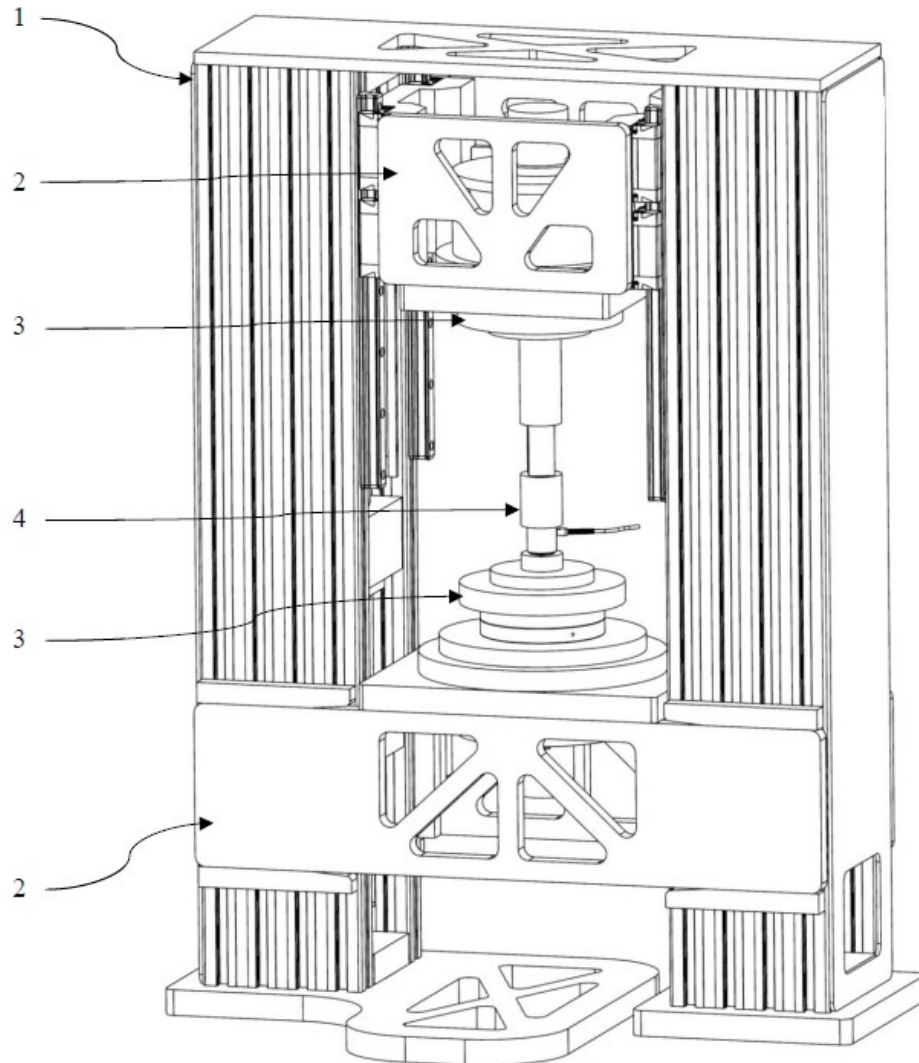
Obr. 7



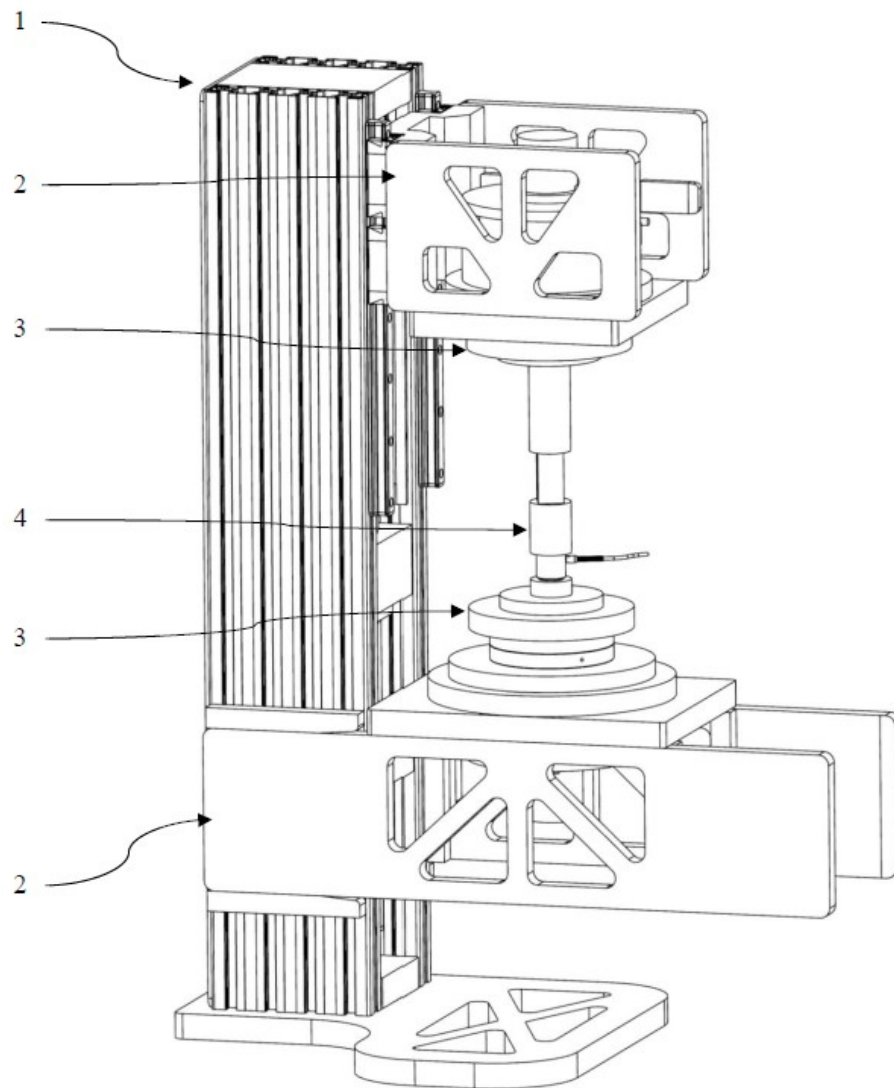
Obr. 8



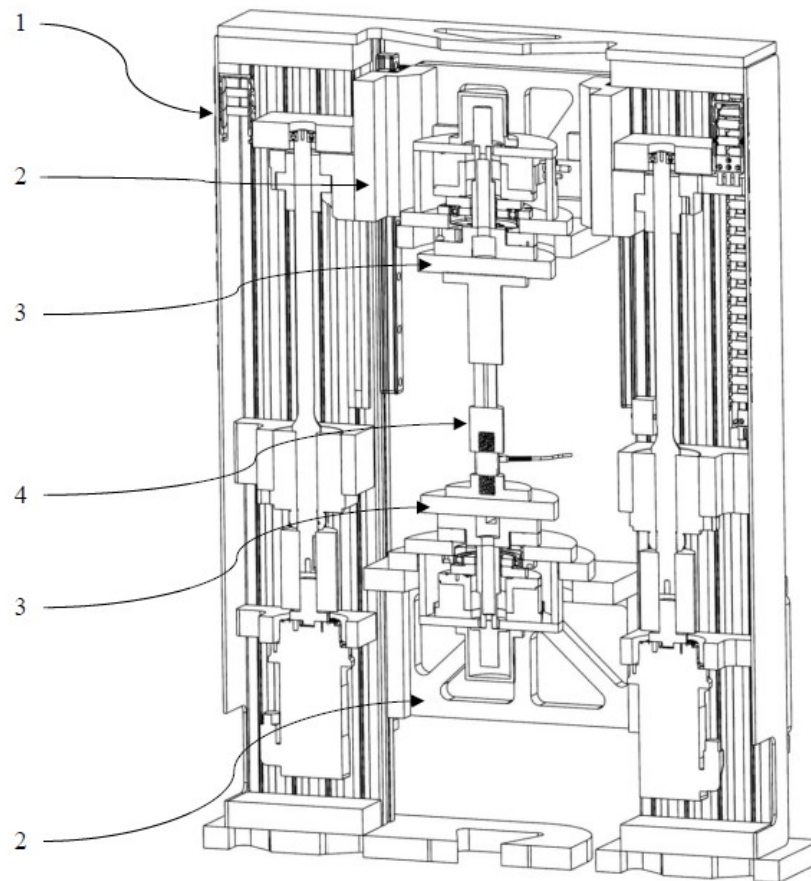
Obr. 9



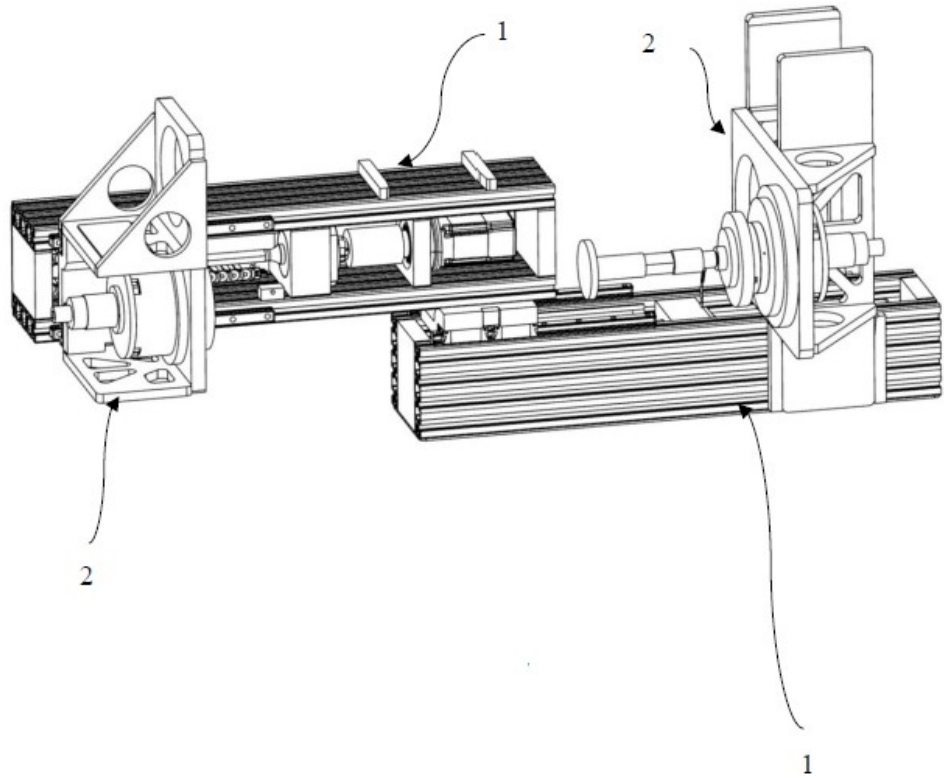
Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13