

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

36 253

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01N 23/223 (2006.01)

G01B 15/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-39804**
(22) Přihlášeno: **14.04.2022**
(47) Zapsáno: **09.08.2022**

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

(72) Původce:
Ing. Daniel Vavřík, Ph.D., Praha 8, Libeň, CZ
Ing. Tomáš Fíla, Zadní Třeboň, CZ
Ing. Petr Zlámal, Ph.D., Praha 5, Stodůlky, CZ

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

(54) Název užitého vzoru:
**Stratigrafický skener pro zkoumání
vrstevnatých struktur, zejména pro
zkoumání obrazů nebo fresek**

CZ 36253 U1

Stratigrafický skener pro zkoumání vrstevnatých struktur, zejména pro zkoumání obrazů nebo fresek

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení, které umožňuje bezkontaktně a nedestruktivně in-situ zkoumat vrstevnaté struktury na svislých plochách, a to především malby obrazů a fresek, ale i jiné další vrstevnaté struktury vytvořené na svislých nosných podkladech.

10

Dosavadní stav techniky

15 Nedestruktivní zkoumání vrstevnaté struktury (tzv. stratigrafie) se provádí na vrstevnaté struktuře, která pokrývá masivní a nehomogenní substrát, jako je například malba na dřevě, nebo na plátně, či na omítce atp. Vzhledem ke značnému nepoměru mezi tloušťkou zkoumané vrstevnaté struktury a nehomogenního substrátu není reálné běžnou metodou počítačové tomografie popsat vrstevnaté složení vrstevnaté struktury s dostatečným rozlišením.

20 Celková tloušťka vrstevnatého povlaku může být měřena na vybraném místě pomocí ultrazvuku, jak uvádí dokument DOI: 10.4067/S0718-221X2018005041301 (HYSEK Štěpán et al., Ultrasound measurement of exterior wood coating thickness), avšak stratigrafická data nejsou tímto způsobem získána.

25 Stratigrafie se běžně provádí pomocí techniky konfokální rentgenové fluorescence za pomoci kapilární rentgenové optiky, jak je uvedeno v dokumentu DOI: 10.1016/j.radphyschem.2019.05.005 (YUFEI Li et al., Quantitative analysis of the elemental composition of ion liquid with confocal X-ray fluorescence based on peak to background ratio). Tato metoda je poměrně časově náročná a je určena především pro měření pouze na vybraných
30 místech zkoumaného objektu, zatímco průzkum větších ploch zkoumaného objektu je z hlediska celkové doby měření problematický.

Další možnou technikou pro zkoumání stratigrafie je takzvaná Comptonova zobrazovací tomografie, o které je psáno např. v přihlášce vynálezu CZ 2015-623 A3, a dále v článku autora K. Osterloh et. al., X-RAY backscatter imaging with a novel twisted slit collimator (In. ECNDT 2012, NDT.net, 2010). Comptonova zobrazovací tomografie využívá zpětně rozptýlené fotony, pocházející z oblasti ozařované tenkým a rovinným rentgenovým svazkem. Tato metoda byla vyvinuta pro kontrolu dílů, které jsou přístupné pouze z jedné strany, s rozlišením typicky na
35 úrovni stovek mikrometrů. Princip je následující: objekt je ozařován rovinným svazkem rentgenového záření, který prochází povrchem objektu pod zvoleným úhlem dopadu (obvykle 45°);
40 rentgenová kamera sleduje zkoumaný řez ze strany – kolmo k rovině rovinného svazku, čímž se získají informace o struktuře objektu v jednom řezu. Trojrozměrná data se zaznamenávají skenováním zkoumaného objektu řez po řezu s ekvidistantním krokem.

45 Nevýhody výše uvedené metody spočívají v tom, že pro mikrometrické rozlišení musí být rovinný svazek velmi tenký, zatímco prostorový krok mezi řezy musí být minimalizován. Přesněji musí být tloušťka svazku a velikost obrazových pixelů použité rentgenové kamery srovnatelné s požadovaným rozlišením. To vede k neúnosnému prodloužení celkové doby měření, aby bylo možné analyzovat přiměřeně velkou plochu zkoumaného objektu. Navíc intenzita původního
50 divergentního rentgenového svazku z rentgenky tím dramaticky klesá, když je původní rentgenový svazek přetvořen na tenký rovinný svazek.

V jiném vynálezu, známém z přihlášky vynálezu CZ 2015-27 A3, je pro zkoumání vrstevnaté struktury na uměleckých dílech použit rovinný svazek rentgenového záření, který proniká
55 zkoumanou oblastí zkoumaného objektu pod ostrým úhlem dopadu. Současně s průnikem

rentgenového svazku je zaznamenáván vystupující rentgenový svazek (transmisní měření), a dále je snímáno fluorescenční záření vystupující z ozařovaného materiálu zkoumané oblasti dvěma způsoby, a to nezakrytým detektorem pro analýzu prvkového složení, a současně zakrytým detektorem, jehož kryt je opatřen dírkou pro geometricky popsatelný prostup a dopad fluorescenčního záření na citlivou plochu detektoru.

Nevýhody výše uvedeného řešení spočívají v tom, že je vynalezený způsob komplikovaný, neboť floušťka použitého rovinného svazku musí být pro rozlišení v mikrometrech rovněž v mikrometrech, čímž je rovinný svazek velmi utlumen, a dále že je potřeba analyzovat data ze třech detektorů, načež je nezbytné dílčí výsledky složit do výsledného výstupu. Komplikovaný způsob měření vyžaduje komplikované zařízení k jeho provádění, což zvyšuje cenu vynálezu, zvyšuje pravděpodobnost poškození, či výpadku funkčnosti.

V neposlední řadě je nevýhodné to, že výše uvedená známá řešení jsou určena pro laboratoř, tzn., že se jedná o statické přístroje, takže je nutné zkoumaný objekt, resp. umělecké dílo do laboratoře převézt. Transport uměleckých děl je velký problém, ať už z hlediska bezpečnosti uměleckého díla před krádeží, tak z hlediska obezřetné logistiky před náhodným poškozením. Dosavadní stav techniky postrádá řešení, které by bylo transportovatelné na místo, aby mohla být provedena stratigrafie in-situ. Ideálně, aby zůstal zkoumaný objekt na svém místě. Navíc v případě fresek vytvořených na fasádách a zdech, transport fresky ani nepřichází v úvahu.

Úkolem technického řešení je vytvoření stratigrafického skeneru pro zkoumání vrstevnaté struktury, zejména pro zkoumání obrazů a fresek, který by dosahoval vysokého rozlišení, který by byl konstrukčně jednoduchý pro transport a použití in-situ u vrstevnatých struktur ležících na svislých plochách, a který by optimalizoval rychlost realizace měření do přijatelných hodnot, oproti známým řešením.

Podstata technického řešení

Vytčený úkol je vyřešen pomocí stratigrafického skeneru vytvořeného podle následujícího technického řešení.

Podstata stratigrafického skeneru pro zkoumání vrstevnatých struktur, zejména pro zkoumání obrazů a fresek, spočívá v tom, že je tvořen měřicí hlavou pro realizaci stratigrafického měření, dále skenovacím rámem pro polohování měřicí hlavy vůči zkoumanému objektu, přičemž je měřicí hlava ke skenovacímu rámu odnímatelně připevněna pro rozebírání a transport vyvinutého skeneru, a současně je skenovací rám svislý a dvouosý pro zkoumání svislých plochu zabírajících zkoumaných objektů, a dále je skenovací rám opatřen pojízdným podstavcem pro snadné ustavení stratigrafického skeneru vůči zkoumanému objektu.

Mezi výhody vyvinutého řešení patří modulární skladba, kdy je možné stratigrafický skener jednoduše rozebrat na tři části, které je možné ručně ve dvou lidech přenést na místo určení, nebo zpět do transportního vozidla. Vyvinutý skener je možné transportovat na místo výskytu zkoumaných objektů, jedná-li se o obrazy, tak přímo do galerie, či muzea, takže bezpečí zkoumaných děl není ohroženo. Navíc není nutné, jakkoliv se zkoumanými cennými díly nakládat. V případě zkoumání vrstevnatých struktur na zdech, zejména fresek, je opět výhodné, že je možné vyvinutý skener přivést na místo, bez vynaložení většího úsilí, či dokonce bez zásahu do prostoru historické památky, který by např. vyžadoval vestavbu složitých podobných zařízení, či dočasné rozebrání části stavby atp.

V rámci vyvinutého skeneru je výhodné, pokud je pojízdný podstavec opatřen pojezdovými kolečky a aretačními šroubovacími patkami. Pomocí pojezdových kol je možné po podlaze vyvinutý skener dotlačit na místo určení, následně nenáročnou manipulací vůči zkoumanému objektu přesně ustavit a aretovat šroubovacími patkami.

Rovněž je výhodné, pokud je skenovací rám opatřen plošinou pro umístění měřicí hlavy. Měřicí hlava je vybavena mechanicky citlivými komponenty, proto je výhodné, pokud se jednoduše položí na plošinu skenovacího rámu, a poté se upevní, než aby se upevňovala napřímo ke svislému skenovacímu rámu a hrozilo, že by se s měřicí hlavou bouchlo, či by dokonce při nešťastné náhodě v průběhu fixace upadla.

Dále je výhodné v rámci vyvinutého skeneru, pokud měřicí hlava zahrnuje voštinovou desku, dále zahrnuje stíněný detektor uspořádaný na voštinové desce, dále zahrnuje rentgenku uspořádanou na voštinové desce, a dále zahrnuje kolimátor rentgenového svazku uspořádaný na voštinové desce. Voštinová deska vykazuje v rámci své struktury uspořádané pole otvorů, které jsou ideální pro vkládání kotvících prostředků jednotlivých komponentů měřicí hlavy, přičemž uspořádané pole umožňuje uspořádání komponentů měřicí hlavy vůči sobě a eventuálně i zkoumanému objektu přesně podle potřeb měření.

Jako další je výhodné provedení vyvinutého skeneru, ve kterém je stíněný detektor upevněn pomocí držáku na polohovací lineární osu, přičemž je polohovací lineární osa připevněna na polohovací podélnou osu, která je upevněna k voštinové desce. Díky uvedené sestavě komponentů je zajištěna správná poloha stíněného detektoru v závislosti na aktuální vzdálenosti sledované plochy zkoumaného objektu od stíněného detektoru. Jelikož je během měření poloha rentgenky a kolimátoru fixní, reaguje na změnu vzdálenosti zkoumaného objektu změnou polohy stíněný detektor, tzn., že když se zkoumaný objekt vzdaluje, stíněný detektor udržuje konstantní vzdálenost pomocí polohovací lineární osy, a zároveň se stíněný detektor vzdaluje od rentgenky pomocí polohovací podélné osy a naopak.

V dalším výhodném provedení vyvinutého detektoru je rentgenka upevněna na konzoli, přičemž je konzole uchycena ke sloupku, a současně je sloupek upevněn k voštinové desce. Polohu rentgenky je díky uvedeným komponentům možné ustavit podle potřeby, neboť je možné ji na sloupku zvedat, či snižovat, a současně natáčet okolo obvodu sloupku.

Za další v řadě je výhodné provedení vyvinutého skeneru, ve kterém je kolimátor upevněn v držáku, který je nesen dvousým stolkem, jenž je unášen lineárním stolkem upevněným k voštinové desce. Díky uvedené sestavě komponentů je možné s velkou volností nastavovat podle potřeby úhlové nastavení kolimátoru a příčnou pozici kolimátoru.

Jako poslední, ale neméně výhodné provedení vyvinutého skeneru je takové, ve kterém je kolimátor tvořen zabroušeným olovnatým sklem. Olovnaté sklo vykazuje dostatečnou schopnost stínění pronikavého záření – rentgenového záření. Díky jeho přesnému zbroušení je možné v jinak kónickém svazku rentgenového záření vymodelovat ostrou hranu, která je nezbytná pro přesné stratigrafické měření.

Mezi výhody technického řešení patří modulová konstrukce, která umožňuje transport a použití stratigrafického skeneru in-situ. Tím není nutné nijak ohrožovat, či ovlivňovat zkoumané objekty, zvláště jedná-li se o cenná historická díla (obrazy a fresky). Rovněž je možné použít technické řešení, například při analýze kvality povrchové úpravy, jako může být třeba zkoumání kvality nátěrů trupů lodí, které mohou v podstatě zůstat v docích bez jediného destruktivního zásahu atp.

Objasnění výkresů

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

obr. 1 znázorňuje stratigrafický skener ve složeném stavu připravený k měření,

obr. 2 znázorňuje stratigrafický skener v rozloženém stavu na jeho tři základní moduly,

obr. 3 znázorňuje skladbu měřicí hlavy stratigrafického skeneru.

5 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.

10 Vyvinutý stratigrafický skener s výhodou využívá patentovaný způsob měření uvedený v uděleném patentu publikovaným pod číslem CZ 308 631 B.

15 Uvedený příklad umožňuje skenovat v ploše až 2 metry (výška) na 1 metr (šířka). Odborník pouhým dimenzováním může zařízení uzpůsobit podle potřeby měření. Uskutečněný stratigrafický skener dosahuje ve složeném stavu hmotnosti cca 350 kg, avšak v rozebraném stavu je nejtěžším komponentem měřicí hlava 1, která atakuje hranici 150 kg i se stíněním. Stínění je možné odejmout
20 pro snazší manipulaci s měřicí hlavou 1. Pro obsluhu čítají alespoň dvě osoby je technické řešení relativně dobře transportovatelné, oproti vynálezům uvedeným v kapitole dosavadní stav techniky. Zařízení musí být robustní, protože konstrukce musí být maximálně nehybná v průběhu prováděných měření, jehož výsledky může zkreslit i pouhé vychýlení o několik desetin milimetrů.

25 Technické řešení umožňuje nejenom stratigrafické měření, ale při volbě vhodného stíněného detektoru 6 i měření fluorescenčního záření emitovaného materiálem zkoumaného objektu v rámci reakce na dopadající rentgenové záření. Takovým vhodným stíněným detektorem 6 může být například pixelová kamera citlivá na dané pronikavé záření, o čemž se píše podrobněji ve výše citovaném uděleném patentu.

30 Na obr. 1 je znázorněn stratigrafický skener ve složeném stavu. Z obrázku je dobře rozeznatelná měřicí hlava 1, dále skenovací rám 2, pojezdový podstavec 3 a plošina 4 pro nesení měřicí hlavy 1. Na obr. 2 je stejné zařízení vyobrazené v rozloženém stavu po jednotlivých modulech.

35 Skenovací rám 2 vykazuje svislou a vodorovnou polohovací osu. Vodorovný i svislý pohyb os skenovacího rámu 2 je zajištěn prostřednictvím přesných kuličkových šroubů (na obrázcích zakrytých protiprachovými měchy) poháněných krokovými motory přes planetové převodovky s převodem 1:16. Díky tomu je zajištěna opakovatelná přesnost polohování v ploše lepší než 5 mikrometrů.

40 Pojezdový podstavec 3 je opatřen čtyřmi kolečky a šroubovacími patkami. Jakmile se vyvinutý skener ustaví vůči zkoumanému objektu, tak se šroubováním šroubovacích patek aretuje na místě. Šroubovací patky nadzvednou kolečka od podlahy.

45 Plošina 4 skenovacího rámu 2 je v podstatě vodorovná plocha s dostatečnou nosností, která je upevněná k osám skenovacího rámu 2, na kterou se položí měřicí hlava 1, načež se měřicí hlava 1 zafixuje, aby držela na místě.

50 Měřicí hlava 1 je vyobrazena v detailu na obr. 3. Součástí měřicí hlavy 1 je voštinová deska 5, která vykazuje uspořádané pole otvorů, do kterých se vkládají fixační prostředky jednotlivých komponentů měřicí hlavy 1.

55 Součástí měřicí hlavy 1 je stíněný detektor 6 (např. pixelová kamera), který je v tomto konkrétním příkladě uskutečnění uložen pomocí držáku 9 na polohovací lineární ose 10 (mechanické vedení opatřené krokovým elektromotorem), která je uložena na polohovací podélné ose 11 (mechanické

vedení opatřené krokovým elektromotorem). Polohovací podélná osa 11 je fixovaná k voštinové desce 5.

5 Další základní komponentou měřicí hlavy 1 je rentgenka 7. Rentgenka 7 je pomocí konzole 12 vytvořené ze svařených kovových dílů upevněna ke sloupku 13, který je tvořen běžnou trubkou. Sloupek 13 je upevněn k voštinové desce 5. Rentgenkou 7 je možné rotovat okolo sloupku 13 a rovněž měnit výšku jejího upevnění od úrovně voštinové desky 5.

10 Poslední komponentou měřicí hlavy 1 je kolimátor 8. Kolimátor 8 je tvořen broušeným olovnatým sklem, které dokáže v kónickém rentgenovém svazku vystupujícím z rentgenky 7 vymodelovat ostrou hranu. Kolimátor 8 je pomocí držáku 14 kolimátoru 8 upevněn k dvouosému stolku 15, který je opatřen polohovacími krokovými motory. Tento stolec 15 je unášen lineárním stolcem 16, který je tvořen mechanickým vedením opatřeným krokovým elektromotorem.

15 Pohyblivé mechanické součásti stratigrafického skeneru jsou nastavovány buď ručně, nebo pomocí elektromotorů a sensorů polohy. Komunikace a přenos energie probíhá pomocí kabelů, přičemž jsou kabely svedeny do sběrnice připojené k řídicí jednotce, která je opatřena datovým úložištěm se softwarovým modulem s programy pro nastavení pohyblivých součástí ovládaných chodu krokových motorů. Řídicí jednotka může být například přenosný počítač.

20

Průmyslová využitelnost

25 Stratigrafický skener pro zkoumání vrstevnatých struktur, zejména pro zkoumání obrazů nebo fresek, vytvořený podle technického řešení nalezne uplatnění ve výzkumu uměleckých děl, při jejich restaurování, dále technické řešení nalezne uplatnění v oblasti zkoušení a měření.

NÁROKY NA OCHRANU

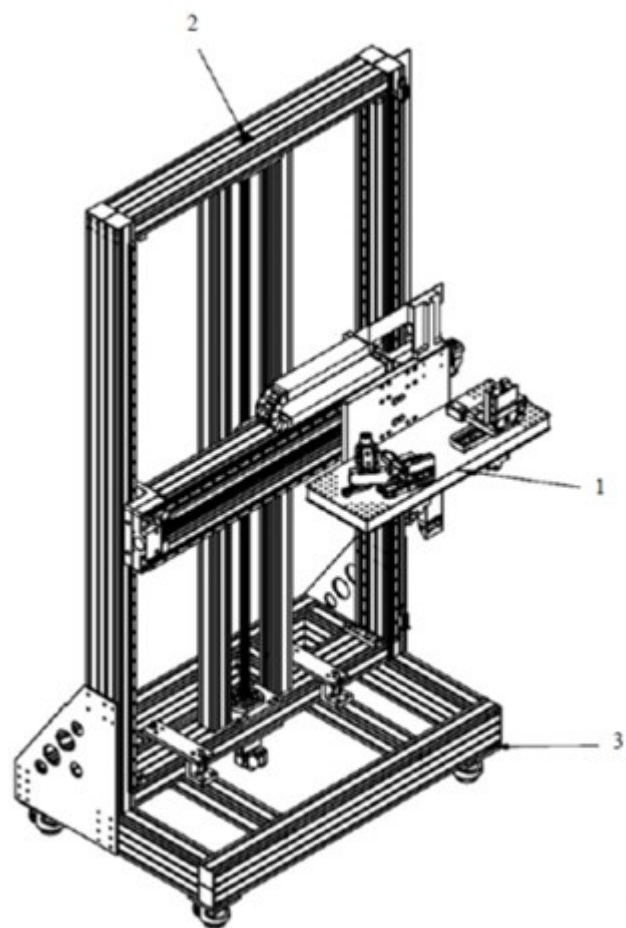
- 5 1. Stratigrafický skener pro zkoumání vrstevnatých struktur, zejména pro zkoumání obrazů a fresek, **vyznačující se tím**, že je tvořen měřicí hlavou (1) pro realizaci stratigrafického měření, skenovacím rámem (2) pro polohování měřicí hlavy (1), přičemž je měřicí hlava (1) ke skenovacímu rámu (2) odnímatelně připevněna, a současně je skenovací rám (2) svislý a dvouosý, a dále je skenovací rám (2) opatřen pojízdným podstavcem (3).
2. Stratigrafický skener podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pojízdný podstavec (3) je opatřen pojezdovými kolečky a aretačními šroubovacími patkami.
- 10 3. Stratigrafický skener podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že skenovací rám (2) je opatřen plošinou (4) pro umístění měřicí hlavy (1).
- 15 4. Stratigrafický skener podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že měřicí hlava (1) zahrnuje voštinovou desku (5), dále zahrnuje stíněný detektor (6) uspořádaný na voštinové desce (5), dále zahrnuje rentgenku (7) uspořádanou na voštinové desce (5), a dále zahrnuje kolimátor (8) rentgenového svazku uspořádaný na voštinové desce (5).
5. Stratigrafický skener podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že stíněný detektor (6) je upevněn pomocí držáku (9) na polohovací lineární osu (10), přičemž polohovací lineární osa (10) je připevněna na polohovací podélnou osu (11), která je upevněna k voštinové desce (5).
- 20 6. Stratigrafický skener podle nároku 4 nebo 5, **vyznačující se tím**, že rentgenka (7) je upevněná na konzoli (12), přičemž konzole (12) je uchycena ke sloupku (13), a současně je sloupek upevněn k voštinové desce (5).
7. Stratigrafický skener podle některého z nároků 4 až 6, **vyznačující se tím**, že kolimátor (8) je upevněn v držáku (14), který je pohyblivě upevněn k dvouosému stolku (15), jenž je pohyblivě upevněn k lineárnímu stolku (16) upevněným k voštinové desce (5).
- 25 8. Stratigrafický skener podle některého z nároků 4 až 7, **vyznačující se tím**, že kolimátor (8) je tvořen zabroušeným olovnatým sklem.

3 výkresy

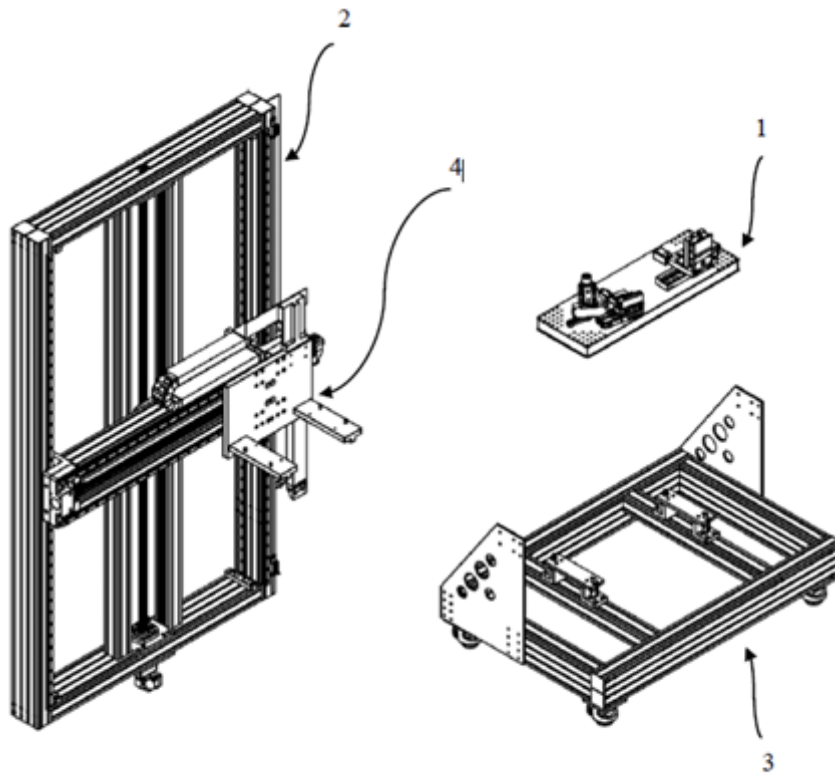
Seznam vztahových značek:

- 1 měřicí hlava
- 2 skenovací rám
- 3 pojízdný podstavec
- 4 plošina
- 5 voštinová deska
- 6 stíněný detektor
- 7 rentgenka
- 8 kolimátor
- 9 držák detektoru
- 10 polohovací lineární osa
- 11 polohovací podélná osa
- 12 konzole
- 13 sloupek
- 14 držák kolimátoru

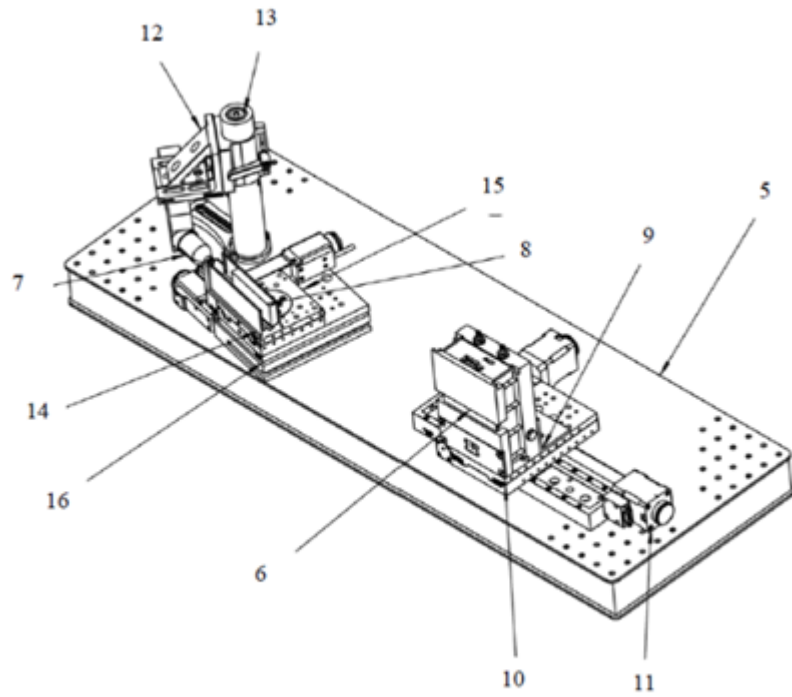
15 dvouosý stolek
16 lineární stolek



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3