

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

35 302

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01B 11/24 (2006.01)

G06T 7/521 (2017.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-38885**
(22) Přihlášeno: **08.06.2021**
(47) Zapsáno: **03.08.2021**

- (73) Majitel:
Technická univerzita v Liberci, Liberec, Liberec I-
Staré Město, CZ
- (72) Původce:
Ing. Tomáš Martinec, Ph.D., Jablonec nad Nisou,
Mšeno nad Nisou, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing.
Dobroslav Musil, Zábrdovická 801/11, 615 00
Brno, Zábrdovice

- (54) Název užitého vzoru:
**Snímač kvality povrchu vytvořeného 3D
tiskem**

CZ 35302 U1

Snímač kvality povrchu vytvořeného 3D tiskem

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká snímače kvality povrchu vytvořeného 3D tiskem, který obsahuje generátor plochého laserového paprsku pro vytvoření laserové měřicí linky na měřeném povrchu a který dále obsahuje kameru uzpůsobenou pro sledování laserové měřicí linky vytvořené generátorem na měřeném povrchu, přičemž alespoň kamera je napojena na řídicí a vyhodnocovací zařízení opatřené řídicím a vyhodnocovacím programem pro triangulační princip snímání 3D profilu měřicí linky.

10

Dosavadní stav techniky

15

Při vytváření jakéhokoli výrobku nebo struktury technologií 3D tisku vhodného materiálu, ať již je to beton, plast, kov, směsný materiál, keramika a jiné materiály, které je možno použít pro výrobu předmětů 3D tiskem, je důležitým faktorem kontrola a ověření kvality 3D tisku, a to velmi často i v průběhu vytváření daného předmětu technologií 3D tisku, dále jen "3D tiskem" nebo "3D tisk".

20

V současné době se pro hodnocení kvality povrchu vytvářeného 3D tiskem v odborné i patentové literatuře uvádí řada řešení, které popisují různá provedení zařízení pro měření kvality, resp. profilu, povrchu, tzv. profilometrů.

25

Dobře známý je princip triangulace, který používá kameru a generátor měřicí linky laserového světla, který se využívá v různých konfiguracích i v řadě komerčně dostupných profilometrů. Známé systémy jsou případně opatřeny i pomocnými zrcadly nebo i polopropustnými zrcadly. Tento princip je např. popsán v dokumentu US 2005/0111009 A1 o názvu Laserový triangulační systém.

30

V patentové i odborné literatuře jsou také popsány i modifikované triangulační systémy využívající dvojice generátorů měřicí linky laserového světla, což je výhodné pro eliminaci "slepých míst" měřeného objektu sledovaného jednou kamerou. Typickým zástupcem této skupiny řešení je řešení popsané v dokumentu US 4741621 A.

35

Je také známo řešení, kdy se pro snímání větší plochy měřeného povrchu promítne na snímáný povrch síť laserových čar (rastr), díky čemuž je následně možno z jednoho snímku povrchu vyhodnotit celý měřený povrch v jednom kroku.

40

Z dokumentu CN 207662358 U je známo řešení, kdy je pro snímání povrchu objektu použit pouze jeden řádkový profilometr, pod kterým se snímáný objekt pohybuje definovanou rychlostí po definované trajektorii na lůžku měřicího zařízení a předpokládá se, že objekt má omezenou velikost a jeho tvar ani poloha se během snímání nemění.

45

Z dokumentu WO 2017/051096 A1 je známo řešení, ve kterém se snímáný objekt pohybuje pod snímanou laserovou linkou na kontinuálním pásu.

Z dokumentu US 10394202 A1 je známo řešení pro zpětnovazební řízení 3D tisku na základě dat z integrovaných senzorů, ve kterém se provádí korekce 3D tisku na základě snímání dvou předchozích vrstev 3D tisku. Dokument US 10394202 nepopisuje použitý snímač profilu povrchu 3D tisku. Z dokumentu US 10394202 A1 je známo řešení pro řízení 3D tisku na základě snímače vzdálenosti, přičemž profilometr je zde zmíněn jen jako jeden z použitelných senzorů.

50

Z dokumentu WO 2017/050382 A1 je známo řešení pro adaptivní tisk korigující chybu bez přerušení tisku.

Dokument US 2017/050382 A1 využívá nespecifikovaný snímač povrchu 3D tisku.

5

Společnou nevýhodou dosavadního stavu techniky je, že snímání povrchu 3D tisku je prováděno v odstupu od tiskové hlavy, tj. od tiskové trysky, a navíc toto snímání probíhá jen v jednom směru.

Cílem technického řešení je navrhnout snímač povrchu vytvořeného 3D tiskem, který by umožňoval snímat vytvářený povrch v bezprostřední blízkosti tiskové trysky, a navíc by toto snímání bylo možné v celém okolí tiskové trysky.

10

Podstata technického řešení

15

Cíle technického řešení je dosaženo snímačem kvality povrchu vytvořeného 3D tiskem, jehož podstata spočívá v tom, že snímač obsahuje alespoň tři generátory a každému generátoru je přiřazena jedna kamera, přičemž generátory plochého laserového paprsku a kamery jsou uzpůsobeny pro nasměrování na měřený povrch do blízkosti cílové oblasti aplikace 3D tiskového materiálu z tiskové trysky tak, že měřicí linky vytvořené na měřeném povrchu každými dvěma sousedními generátory se alespoň ve svých koncových oblastech dotýkají nebo úplně kříží a řídicí a vyhodnocovací zařízení obsahuje řídicí a vyhodnocovací program pro triangulační princip snímání 3D profilu všech měřicích linek.

20

Výhodou snímače podle tohoto technického řešení je, že umožňuje snímat 3D (prostorový) tvar povrchu vytvářeného 3D tiskem v celém rozsahu okolo celé tiskové trysky, i když tisková tryska svojí orientací nekopíruje směr pohybu při tisku, takže je možno vyhodnotit kvalitu nanášené vrstvy v celém okolí tiskové trysky a ne jen u jedné délkově omezené linky laserového světla, jako je tomu u stavu techniky. Výhodou také je, že snímač podle technického řešení umožňuje snímat 3D (prostorový) tvar povrchu vytvářeného 3D tiskem nezávisle na směru pohybu tiskové trysky bez změny polohy snímače nebo jeho aktivních částí. Tisknutý objekt během tisku mění svůj tvar i velikost, ale díky průběžně nasnímaným profilům během tisku je možné rekonstruovat nejen výsledný tvar, ale i průběh tisku kterékoli vrstvy. Navíc díky umístění tiskové trysky se snímačem se třemi profilometry je možná velikost snímaného objektu prakticky neomezená, protože omezení je dáno pouze rozsahem pohybů pohybového členu 3D tiskárny, stejně jako samotný 3D tisk.

25

30

35

Technické řešení využívá triangulační princip snímání 3D profilu měřicí linky laserového světla promítané na měřený povrch, přičemž je využito minimálně 3 měřicích jednotek, z nichž každá obsahuje generátor laserové měřicí linky a kameru, přičemž měřicí jednotky jsou uspořádány kolem tiskové trysky, tj. po obvodu tiskové trysky, tak, že měřicí linky sousedních měřicích jednotek se alespoň ve svých koncových oblastech dotýkají nebo i kříží. Příkladem takového uspořádání je trojúhelníkové uspořádání tří měřicích jednotek po obvodu tiskové trysky, kdy měřicí linky jsou na měřeném povrchu uspořádány do trojúhelníku a koncové oblasti těchto měřicích linek se kříží. Dalším příkladem je čtvercové uspořádání 4 měřicích jednotek kolem tiskové trysky, přičemž měřicí linky na měřeném povrchu jsou uspořádány do čtverce nebo obdélníka a koncové oblasti těchto měřicích linek na měřeném povrchu se kříží. Tímto uspořádáním je umožněno dostatečné přizpůsobení snímače vůči konkrétní konstrukci tiskové trysky tak, aby bylo možné eliminovat vliv teploty tiskové trysky a současně zajistit, aby snímač samotný nebyl díky svému umístění a rozměrům ohrožen potenciálními kolizemi s 3D tisknutým předmětem během tisku nebo s okolními částmi 3D tiskárny.

40

45

50

Technické řešení také umožňuje implementaci snímače podle tohoto technického řešení do systémů 3D tiskárny, včetně případné implementace řídicího a vyhodnocovacího zařízení snímače do řídicího systému 3D tiskárny, využití snímaných dat pro různé scénáře řízení chování

3D tiskárny a průběhu 3D tisku, chování 3D tiskové trysky, různé scénáře hodnocení povrchu vytvořeného 3D tiskem, rekonstrukce průběhu tisku atd.

5 Objasnění výkresů

Technické řešení je schematicky znázorněno na obrázcích, kde ukazuje obr. 1 prostorový pohled z boku na příklad trojúhelníkového uspořádání snímače kvality povrchu vytvořeného 3D tiskem, a obr. 2 půdorys uspořádání z obr. 1.

10

Příklady uskutečnění technického řešení

Technické řešení bude popsáno na příkladu uskutečnění snímače 1 kvality povrchu 6 vytvořeného 3D tiskem v trojúhelníkovém uspořádání trojice měřících jednotek 3 kolem tiskové trysky 2 neznázorněné 3D tiskárny.

15

Snímač 1 obsahuje alespoň trojici měřících jednotek 3, které jsou uspořádány kolem tiskové trysky 2, tj. po obvodu tiskové trysky 2.

20

Každá měřící jednotka 3 obsahuje generátor 32 plochého laserového paprsku 30, který při dopadu na měřený povrch 6 vytváří na měřeném povrchu 6 laserovou měřící linku 300. V konkrétním příkladu uskutečnění je generátor 32 plochého laserového paprsku 30 tvořen modrým laserem s tenčenou linkou, přičemž laser má výkon 20 mW, což vyhovuje jak z hlediska funkce, tak z hlediska bezpečnosti.

25

Každá měřící jednotka 3 dále obsahuje kameru 31 uzpůsobenou pro sledování laserové měřící linky 300 na měřeném povrchu 6. Kamera 31 a generátor 32 jsou napojeny na neznázorněný zdroj energie. Kamery 31 jsou v neznázorněném příkladu uskutečnění opatřeny objektivem a případně i barevným filtrem, např. filtrem pro dosažení lepšího kontrastu nastaveným na vlnovou délku plochého laserového paprsku 30 produkovaného generátorem 32. Kamery 31 jsou příkladně v konstrukci každé měřící jednotky 3 nebo celého snímače 1 uspořádány přestavitelně za účelem umožnění variace jak vzdálenosti od měřeného povrchu 6, tak i úhlu vůči měřenému povrchu 6.

30

Měřící jednotky 3 jsou v konstrukci snímače 1 kolem tiskové trysky 2, tj. po obvodu tiskové trysky 2, uspořádány např. na společném držáku, nebo jsou uspořádány na součástech tiskové trysky 2 nebo jejího neznázorněného držáku.

35

Každá měřící jednotka 3 nasměrována svým generátorem 32 plochého laserového paprsku 30 a svojí kamerou 31 na měřený povrch 6 do blízkosti cílové oblasti 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2, přičemž toto nasměrování je provedeno tak, že měřící linky 300 vytvořené na měřeném povrchu 6 plochými laserovými paprsky 30 každých dvou sousedních měřících jednotek 3 se alespoň ve svých koncových oblastech dotýkají nebo úplně kříží, na obrázcích jsou znázorněny body X3 křížení, takže cílová oblast 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2 je zcela obklopena uzavřenou soustavou měřících linek 300.

45

Ve znázorněném příkladu uskutečnění obsahuje snímač 1 kvality povrchu 6 vytvořeného 3D tiskem tři měřící jednotky 3, které jsou svým generátorem 32 plochého laserového paprsku 30 a svojí kamerou 31 nasměrovány na měřený povrch 6 do blízkosti cílové oblasti 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2 tak, že jimi na měřeném povrchu 6 vytvářené měřící linky 300 vytvářejí na měřeném povrchu 6 uzavřený trojúhelník obklopující cílovou oblast 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2.

50

V neznázorněném příkladu uskutečnění obsahuje snímač 1 kvality povrchu 6 vytvořeného 3D tiskem čtyři měřící jednotky 3, které jsou svým generátorem 32 plochého laserového paprsku

55

5 30 a svojí kamerou 31 nasměrovány na měřený povrch 6 do blízkosti cílové oblasti 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2 tak, že jimi na měřeném povrchu 6 vytvářené měřicí linky 300 vytvářejí na měřeném povrchu 6 uzavřený čtverec nebo obdélník nebo kosočtverec nebo jiný čtyřúhelník, který obklopuje cílovou oblast 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2.

10 V jiném neznázorněném příkladu uskutečnění obsahuje snímač 1 kvality povrchu 6 vytvořeného 3D tiskem pět nebo i více měřicích jednotek 3, které jsou svým generátorem 32 plochého laserového paprsku 30 a svojí kamerou 31 nasměrovány na měřený povrch 6 do blízkosti cílové oblasti 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2 tak, že jimi na měřeném povrchu 6 vytvářené měřicí linky 300 vytvářejí na měřeném povrchu 6 uzavřený pěti-, šesti-, atd. až n- úhelník, který obklopuje cílovou oblast 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2.

15 Pro konkrétní uskutečnění snímače 1 kvality povrchu 6 vytvořeného 3D tiskem, při kterém jsou předpokládáné rozměry tisknuté linky 3D tiskového materiálu 2 mm x 1 mm, požadované rozlišení obrazu 0,1 mm, snímaná šířka 10-20 mm, výška pracovní oblasti přibližně 10 mm nad měřeným povrchem 6, počet snímků pořízených každou kamerou 31 je 20 až 50 za sekundu, teplota tiskové trysky 2 (extrudéru) až 200 °C. Ploché laserové paprsky 30 jsou na měřený povrch 6 promítány
20 kolmo, přičemž každá kamera 31 je vůči měřenému povrchu 6 skloněna pod úhlem 45 stupňů pro snímání příslušné měřicí linky 300 na měřeném povrchu 6.

25 Každá měřicí jednotka 3 je napojena na řídicí a vyhodnocovací zařízení 4, které je opatřeno prostředky pro řízení činnosti a vzájemnou synchronizaci měřicích jednotek 3 a pro vyhodnocování laserových měřicích linek 300 od všech měřicích jednotek 3. V neznázorněném příkladu uskutečnění je každá měřicí jednotka 3 opatřena vlastní řídicí jednotkou, která je sprážená s řídicím a vyhodnocovacím zařízením 4.

30 Řídicí a vyhodnocovací zařízení 4 je tvořeno buď univerzálním počítačem se softwarem pro řízení a vyhodnocování měření, např. typu PC s vhodným operačním systémem a příslušným aplikačním softwarem, tj. řídicím a vyhodnocovacím programem pro triangulační princip snímání 3D profilu všech měřicích linek 300 kolem cílové oblasti 60 aplikace 3D tiskového materiálu 5 z tiskové trysky 2, nebo je tvořeno jednoúčelovým zařízením s touto funkcí atd.

35 Řídicí a vyhodnocovací zařízení 4 obsahuje neznázorněný řídicí modul pro ovládání a vzájemnou synchronizaci měřicích jednotek 3, zejména jejich generátorů 32 a kamer 31, zejména pro jejich spínání pouze po dobu měření, aby se snímání jednotlivými měřicími moduly 3 provádělo cyklicky tak, že v jednom okamžiku je aktivní pouze jeden měřicí modul 3, tj. jeho generátor 32 a kamera 31. Díky tomu je v obraze snímaném příslušnou kamerou 31 vždy vidět jen jedna měřicí linka 300 od
40 generátoru 32 této měřicí jednotky 3.

45 Řídicí a vyhodnocovací zařízení 4 je dále opatřeno neznázorněnou přípojkou na řídicí a odměřovací systém 3D tiskárny, a to zejména pro synchronizaci snímače 1 s aktuální polohou tiskové trysky 2, z čehož lze získat kompletní informaci o kvalitě vytvářeného povrchu v konkrétním místě během 3D tisku, včetně možností průběžné kontroly aktuálního stavu 3D tisknutého objektu a porovnání s očekávaným tvarem a kvalitou měřeného povrchu 6 v konkrétním místě atd., včetně možnosti včasné detekce případných defektů a reakce na ně, včetně možnosti pozdější rekonstrukce vnitřní struktury objektu po jednotlivých vrstvách pro dokončení 3D tisku atd. V neznázorněném příkladu uskutečnění je řídicí a vyhodnocovací zařízení 4 opatřeno expertní systémem, který je uzpůsoben
50 pro včasnou detekci poruch a problémů 3D tisku a je opatřen prostředky pro zastavení procesu 3D tisku, případně i prostředky pro automatickou korekci procesu 3D tisku, jako je např. teplota tiskové trysky 2 (extrudéru), tlak tisknutého materiálu 5 v tiskové trysce 2, rychlost pohybu tiskové trysky 2, množství tisknutého materiálu 5.

Zejména pro ukládání dat pro zpětnou analýzu provedeného 3D tisku je výhodné, je-li řídicí a vyhodnocovací zařízení 4 dále opatřeno neznázorněnou datovou pamětí.

- 5 Technické řešení není omezeno na zde výslovně popsané nebo zobrazené příklady uskutečnění, ale je v rámci odborné dovednosti aplikovatelné i na další konkrétní uskutečnění.

NÁROKY NA OCHRANU

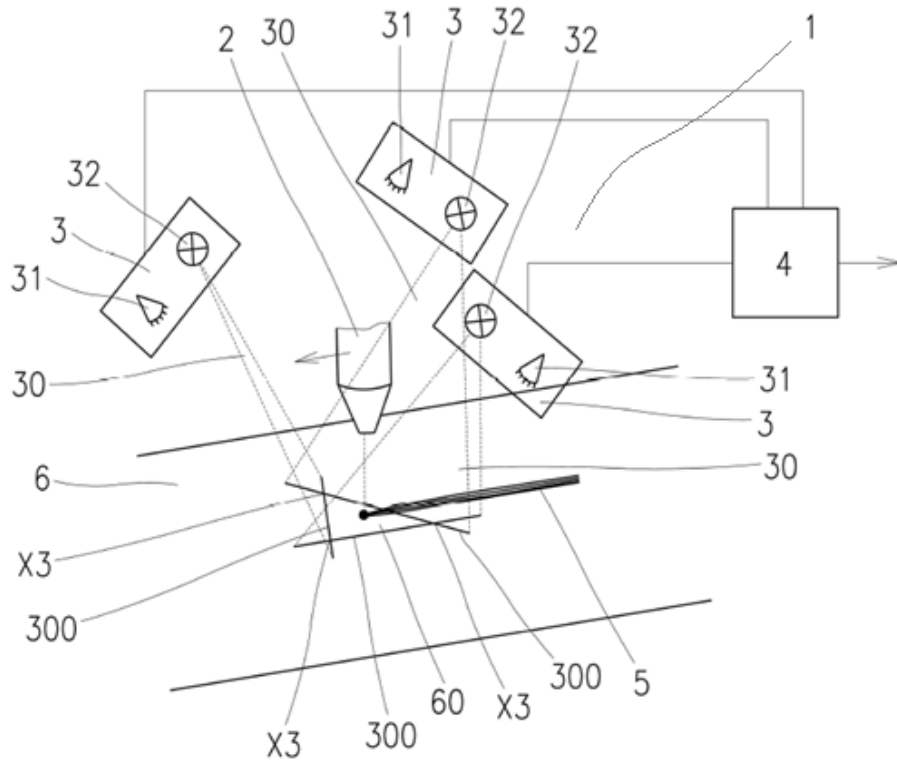
- 5 1. Snímač (1) kvality povrchu vytvořeného 3D tiskem, který obsahuje generátor (32) plochého laserového paprsku (30) pro vytvoření laserové měřicí linky (300) na měřeném povrchu (6), a který dále obsahuje kameru (31) uzpůsobenou pro sledování laserové měřicí linky (300) vytvořené generátorem (32) na měřeném povrchu (6), přičemž alespoň kamera (31) je napojena na řídicí a vyhodnocovací zařízení (4) opatřené řídicím a vyhodnocovacím programem pro triangulační princip snímání 3D profilu měřicí linky (300), **vyznačující se tím**, že obsahuje alespoň tři
- 10 generátory (32) a že každému generátoru je přiřazena jedna kamera (31), přičemž generátory (32) plochého laserového paprsku (30) a kamery (31) jsou uzpůsobeny pro nasměrování na měřený povrch (6) do blízkosti cílové oblasti (60) aplikace 3D tiskového materiálu (5) z tiskové trysky (2) tak, že měřicí linky (300) vytvořené na měřeném povrchu (6) každými dvěma sousedními generátory (32) se alespoň ve svých koncových oblastech dotýkají nebo úplně kříží a řídicí
- 15 a vyhodnocovací zařízení (4) obsahuje řídicí a vyhodnocovací program pro triangulační princip snímání 3D profilu všech měřicích linek (300).
2. Snímač (1) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že generátory (32) a kamery (31) jsou uloženy na společném držáku.
- 20 3. Snímač (1) podle některého z nároků 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že generátory (32) a kamery (31) jsou směrově přestavitelné.
4. Snímač (1) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že každá jedna dvojice generátoru (32) a jemu přiřazené kamery (31) je uspořádána v jedné měřicí jednotce (3).
- 25 5. Snímač (1) podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že měřicí jednotky (3) jsou uloženy na společném držáku.
- 30 6. Snímač (1) podle nároku 4 nebo 5, **vyznačující se tím**, že měřicí jednotky (3) jsou směrově přestavitelné.
7. Snímač (1) podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že řídicí a vyhodnocovací zařízení (4) obsahuje řídicí modul pro ovládání a vzájemnou synchronizaci generátorů (32) a kamer (31).
- 35 8. Snímač (1) podle kteréhokoli z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že řídicí a vyhodnocovací zařízení (4) je opatřeno pamětí pro ukládání dat.

40

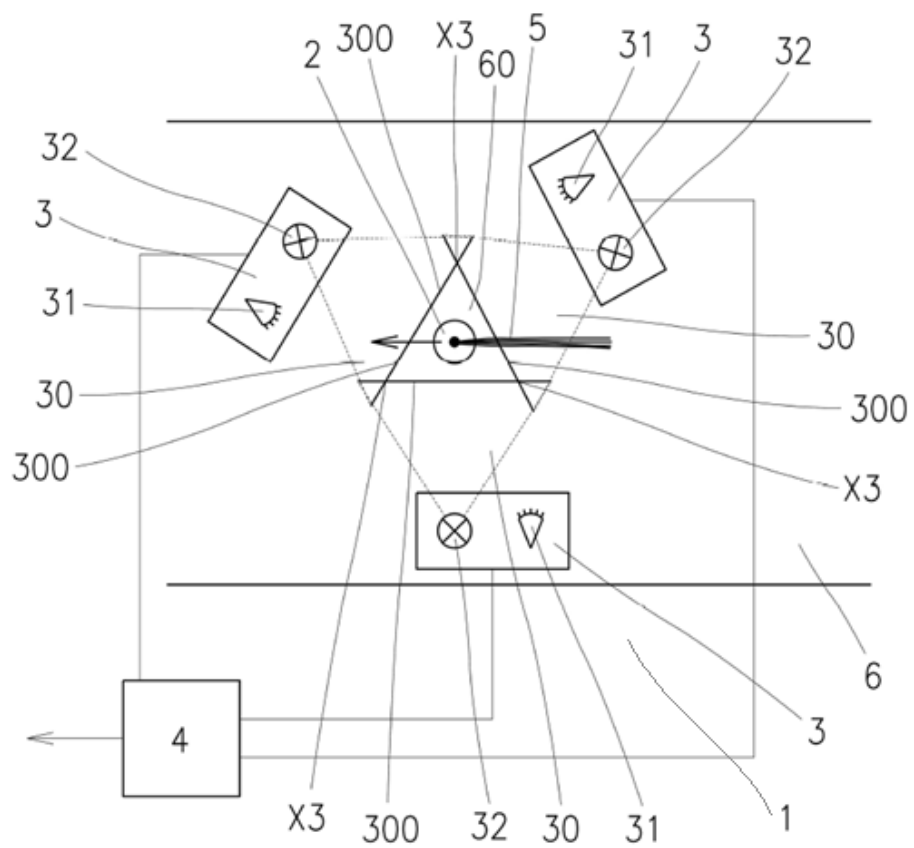
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

- 1 snímač kvality povrchu
- 2 tisková tryska
- 3 měřicí jednotka
- 30 plochý laserový paprsek
- 300 laserová měřicí linka
- 31 kamera
- 32 generátor plochého laserového paprsku
- 4 řídicí a vyhodnocovací zařízení
- 5 tiskový materiál
- 6 povrch
- 60 cílová oblast na vytvářeném povrchu
- X3 bod křížení laserových měřicích linek.



Obr. 1



Obr. 2