

G01N 21/71 (2006.01)  
G01J 5/00 (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

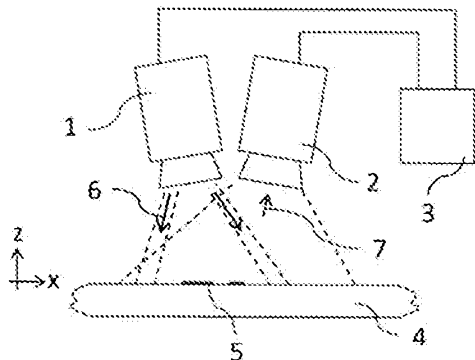
(21) Číslo přihlášky: 2020-629  
(22) Přihlášeno: 24.11.2020  
(40) Zveřejněno: 22.06.2022  
(Věstník č. 25/2022)  
(47) Uděleno: 11.05.2022  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 22.06.2022  
(Věstník č. 25/2022)

(56) Relevantní dokumenty:  
US 6343874 B1; CZ 2012-175 A3; WO 2010089627 A1.

(73) Majitel patentu:  
Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, Jižní  
Předměstí, CZ  
(72) Původce:  
doc. Ing. Milan Honner, Ph.D., Plzeň, Severní  
Předměstí, CZ  
Ing. Jiří Skála, Ph.D., Líně, CZ  
Ing. Jiří Tesař, Ph.D., Bdeněves, CZ  
(74) Zástupce:  
Čermák a spol., JUDr. Karel Čermák, Ph.D.,  
LL.M., advokát, Elišky Peškové 15/735, 150 00  
Praha 5

(54) Název vynálezu:  
**Způsob měření plošného rozložení emisivity  
povrchu materiálu**

(57) Anotace:  
Podstata vynálezu spočívá v tom, že se ohřívaná oblast materiálu ohřeje bezkontaktně působícím ohřívajícím tepelným tokem a po ukončení ohřevu se ve fázi chlazení v předem stanoveném čase homogenizace teploty povrchu v oblasti vyhodnocení emisivity v průběhu nestacionárního procesu změní plošné rozložení vyzařovaného tepelného toku z povrchu materiálu v měřené oblasti, a v jednotlivých místech oblasti vyhodnocení emisivity se stanoví emisivita výpočtem.



## Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu

### Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu určení plošného rozložení emisivity, jako opticko-tepelné vlastnosti povrchu materiálu charakterizující schopnost vyzařovat a pohlcovat tepelné záření. Plošné rozložení emisivity je vyžadováno jako vstupní údaj pro vyhodnocení teplotního pole povrchu materiálu při měření termokamerami, které jsou založeny na principu snímání plošného rozložení tepelného toku vyzařovaného měřeným povrchem. Ke změnám emisivity dochází působením tepelných anebo mechanických procesů na povrch materiálu. Stanovení plošného rozložení emisivity je proto jednou z metod kontroly kvality výroby, například pro bezkontaktní určení místa, kde a jakým způsobem proběhl předchozí technologický proces. Konkrétní využití je například pro termodiagnostiku technologií laserového nebo elektrického odporového svařování kovových materiálů.

15

### Dosavadní stav techniky

20

Hodnota emisivity je vyžadována při vyhodnocení výsledků měření bezkontaktními termodiagnostickými metodami. Vyjadřuje závislost mezi skutečnou teplotou povrchu materiálu a vyzařovaným tepelným tokem. Bezkontaktní teploměr snímá tepelný tok dopadající na jeho detektor. Emisivita je spolu s dalšími parametry zářivého procesu, jako odražená zdánlivá teplota, propustnost a teplota atmosféry, vyžadována pro správné vyhodnocení měřené teploty.

25

Vzájemný vztah mezi výše uvedenými veličinami je vyjádřen rovnicí

$$L = \tau \varepsilon L^0(T_0) + \tau(1 - \varepsilon)L^0(T_a) + (1 - \varepsilon)L^0(T_{atm})$$

30

kde  $L$  je detekovaný tepelný tok přicházející k měřicímu systému od měřeného povrchu,  $L^0(T)$  je intenzita tepelného záření ideálního černého tělesa při teplotě  $T$ ,  $\varepsilon$  je emisivita měřeného povrchu,  $T_0$  neznámá skutečná teplota měřeného povrchu,  $T_{atm}$  teplota atmosféry mezi měřeným povrchem a detektorem,  $T_a$  zdánlivá teplota radiačního okolí odrážejícího se od měřeného povrchu,  $\tau$  je propustnost atmosféry mezi měřeným povrchem a detektorem.

35

Metody měření emisivity jsou založené také na měření tepelného toku, pouze vyhodnocení je opačné. Z hodnoty měřeného tepelného toku je při znalosti teploty měřeného povrchu vyhodnocena neznámá hodnota emisivity.

40

Bodové metody měření emisivity využívají jeden infradetektor, který snímá tepelný tok z určité oblasti povrchu, jejíž teplota je známá. Tato teplota musí být odlišná od teploty okolí, čím větší rozdíl tím lépe. Metoda tedy vyžaduje provádět ohřev měřeného povrchu.

45

Metody měření plošného rozložení emisivity jsou založeny na tom, že tepelný tok je současně snímán z více míst povrchu. Používají se proto typicky maticové infradetektory a termokamery. Ohřev měřeného povrchu vyžaduje ohřát celou snimanou plochu homogenně na stejnou teplotu. Odlišnosti v měřeném tepelném toku jednotlivými infradetektory potom indikují odlišnou emisivitu příslušných oblastí povrchu, čím vyšší tepelný tok, tím vyšší hodnota emisivity. Dosažení homogenní teploty na celé analyzované ploše a přesná znalost skutečné teploty povrchu v okamžiku měření tepelného toku jsou klíčové pro změření skutečného plošného rozložení emisivity.

50

Pro dosažení homogenní teploty povrchu je používáno více technických způsobů, v principu jsou buď kontaktní nebo bezkontaktní. Všechny jsou však založeny na stacionárním principu. Zdroj

tepla působí tak, aby v ustáleném stavu došlo na celé analyzované oblasti k dosažení stejné teploty. Obecnou nevýhodou všech těchto metod je relativně dlouhá doba, kterou vyžaduje dosažení ustáleného stavu.

- 5      Kontaktní způsoby ohřevu, které předávají teplo dotykem, mají výhodu v tom, že předávají teplotu přímo, velkou nevýhodou v případě plošného ohřevu jsou obvykle nehomogenity v kontaktu a tím pádem v intenzitě přenosu tepla. Výsledkem jsou pak odchylky teploty na analyzované oblasti, které se projevují nepřesnostmi stanovení emisivity.
- 10     Bezkontaktní způsoby ohřevu, předávají teplo měřenému povrchu zářením. To je jejich výhoda. Pokud tepelný tok působí přímo na měřený povrch (zepředu) vyvstává velký problém v tom, že jednotlivé části analyzované oblasti jsou zahřívány nehomogenně, protože pohltivost není ve všech místech stejná. Předpokládáme plošně nehomogenní emisivitu a hodnota pohltivosti je shodná s hodnotou emisivity. Pokud působí ohřev na opačnou stranu materiálu (zezadu), je výhodně možné
- 15     zajistit pomocí homogenní pohltivosti homogenní ohřev. Nevýhodou je ale nutnost volného přístupu k zadní straně materiálu a požadavek na omezenou tloušťku materiálu.

- 20     Způsobů jak stanovit skutečnou teplotu měřeného povrchu v analyzované oblasti je více. Měření se provádí lokálně v určitém místě analyzované oblasti využitím kontaktního teplotního čidla, úpravou povrchu prostředky zajišťující vysokou známou emisivitu anebo je na části analyzované oblasti povrch, jehož emisivita byla předtím zjištěna jinou metodou. Metody stanovení plošného rozložení emisivity pak předpokládají, že na zbytku analyzované oblasti je teplota stejná.

## 25      Podstata vynálezu

- Podstata vynálezu spočívá v tom, že se ohřívající oblast materiálu ohřeje bezkontaktně působícím ohřívajícím tepelným tokem a po ukončení ohřevu se ve fázi chladnutí v stanoveném čase plošně homogenizace teploty povrchu v oblasti vyhodnocení emisivity v průběhu nestacionárního procesu
- 30     změří plošné rozložení měřeného tepelného toku z povrchu materiálu v měřené oblasti, a v jednotlivých místech oblasti vyhodnocení emisivity se stanoví emisivita výpočtem.

- Ohřívajícím tepelným tokem se výhodně působí bezkontaktně ze stejné strany povrchu materiálu, ze které probíhá měření plošného rozložení měřeného tepelného toku.

- 35     Ohřívající oblastí může být nejbližší uzavřená plocha, která obklopuje oblast vyhodnocení emisivity a jejíž optické vlastnosti povrchu nejsou dotčeny předchozím tepelným nebo mechanickým zpracováním a je výhodné, když vnitřní kružnice uzavřené plochy je vzdálena od vnější hranice oblasti vyhodnocení emisivity v rozpětí 0,5 až 100 mm.

- 40     Ohřívající oblastí může být také nejbližší neuzavřená plocha, jejíž optické vlastnosti povrchu nejsou dotčeny předchozím tepelným nebo mechanickým zpracováním, přičemž tato neuzavřená plocha obklopuje více než 270 stupňů kruhu se středem v oblasti vyhodnocení emisivity. Neuzavřená ohřívající oblast může sestávat z nejméně dvou částí.

- 45     Vyzařovaný tepelný tok se měří v průběhu chladnutí průběžně s periodou 0,01 až 10 vteřin a k vyhodnocení emisivity se využije ten záznam, který je časově nejbližší času plošné homogenizace teploty.

- 50     Čas plošné homogenizace teploty může být určen předem měřením nebo počítačovou simulací tepelného procesu ohřevu a chladnutí na materiálovém etalonu.

- Čas plošné homogenizace teploty se určuje ze zaznamenaného časového průběhu plošného rozložení měřeného tepelného toku jako čas, kdy jsou rozdíly v tepelném toku na oblasti
- 55     vyhodnocení emisivity minimální.

Čas plošné homogenizace teploty se určuje ze zaznamenaného časového průběhu plošného rozložení měřeného tepelného toku jako čas, kdy ve zvoleném místě, kterým je nejméně jeden bod z měřené oblasti povrchu, neovlivněném předchozím technologickým procesem, dosáhne teplota povrchu referenční hodnoty.

Základní výhodou způsobu měření plošného rozložení emisivity podle vynálezu je to, že využívá k dosažení homogenní teploty analyzované oblasti povrchu neustálený tepelný proces, ke kterému dochází ve fázi chladnutí, zpravidla v rozmezí do 60 vteřin po ukončení předchozího působení ohřívajícího tepelného toku na ohřívanou oblast.

Tento nestacionární proces taktéž vedoucí ke stavu, kdy je stejná teplota na celé oblasti vyhodnocení emisivity, nastane pouze v jednom čase během průběhu chladnutí, když stávající metody využívají k ustálení teploty až dobu na konci ohřevu, takže využitím vynálezu je možné podstatným způsobem zkrátit čas měření emisivity.

Další výhodou způsobu měření plošného rozložení emisivity podle vynálezu je to, že ohřev probíhá v té části povrchu materiálu, která není ovlivněna předchozím technologickým procesem. Tím je zajištěn v rámci jednoho měřeného vzorku prostorově homogenní ohřev a v rámci řady různých vzorků stejného typu opakovatelnost pohlceného výkonu.

V rámci stávajícího stavu techniky se plošně ohřívala i plocha zahrnující oblast, kde působením technologických procesů docházelo ke změnám pohltivosti a tím k významné nerovnoměrnosti a neopakovatelnosti prohrátí analyzované oblasti.

Tím, že se proces ohřevu vyhybá povrchu v místech ovlivnění předchozím technologickým procesem, je významně zjednodušen proces automatizace měření stejného typu vzorků.

Výhodou způsobu měření plošného rozložení emisivity podle vynálezu je možnost definovat odlišné výkonové, časové a prostorové působení bezkontaktního zdroje tepla a řešit tím optimální parametry analýzy plošného rozložení emisivity na vzorcích různých materiálů, různých tvarů a různých velikostí.

### Objasnění výkresů

Příkladné provedení vynálezu je znázorněno na přiložených obrázcích, kde obr. 1 znázorňuje schematicky zařízení k provádění způsobu měření plošného rozložení emisivity a tepelné toky související s ohřevem a měřením teplotní odezvy, obr. 2 znázorňuje půdorys měřeného povrchu materiálu s vyznačením oblastí zájmu, obr. 3 znázorňuje plošné rozložení ohřívajícího tepelného toku, obr. 4 znázorňuje časový průběh ohřívajícího tepelného toku s vyznačením času homogenizace teploty, obr. 5 znázorňuje plošné rozložení teploty v řezu měřenou oblastí, obr. 6 znázorňuje časové průběhy teploty v měřené oblasti, obr. 7 znázorňuje plošné rozložení měřeného tepelného toku v řezu měřenou oblastí, obr. 8 znázorňuje plošné rozložení emisivity v řezu měřenou oblastí, obr. 9 znázorňuje schematicky realizaci termodiagnostického systému technologie laserového svařování, obr. 10 znázorňuje schematicky realizaci termodiagnostického systému kontroly bodových svarů.

### Příklady uskutečnění vynálezu

Stanovení plošného rozložení emisivity podle vynálezu se může provádět na zařízení, které je schematicky znázorněno na obr. 1. Ohřev je zajišťován laserovým systémem 1, který umožňuje časově měnit výkon a plošně polohovat laserový paprsek. Měření plošného rozložení vyzařovaného tepelného toku 7 je zajišťováno termokamerou 2. Řízení, komunikaci, vyhodnocení

a zobrazení zajišťuje řídící jednotka 3. Plošné rozložení emisivity je zjišťováno na povrchu základního materiálu 4 v oblasti, kde se nachází část 5 povrchu s odlišnou emisivitou. Ohřívající tepelný tok 6 působí v místech dopadu laserového paprsku mimo části 5 povrchu s odlišnou emisivitou. Vyzařovaný tepelný tok 7 z povrchu základního materiálu 4 včetně části 5 povrchu s odlišnou emisivitou je snímán termokamerou 2 pro vyhodnocení emisivity.

Měření plošného rozložení vyzařovaného tepelného toku 7 probíhá paralelně z velkého počtu míst povrchu základního materiálu 4 uvnitř měřené oblasti 9, které odpovídají zorným polím jednotlivých infradetektorů termokamery 2.

Oblasti působení ohřevu a měření tepelného toku v půdorysu znázorňuje obr. 2. Ohřívající tepelný tok 6 působí v ohřívané oblasti 8, která obklopuje část 5 povrchu s odlišnou emisivitou.

Vyzařovaný tepelný tok 7 je snímán z měřené oblasti 9, která obsahuje oblast vyhodnocení emisivity 10, na níž je vyhodnoceno plošné rozložení emisivity.

Plošné rozložení tepelného toku  $P_{IN}$  je schematicky ukázáno na obr. 3 v řezu měřenou oblastí 9. Ohřívající tepelný tok 6 působí v ohřívané oblasti 8 a jeho intenzita  $P_1$  je pomocí měření nebo počítačové simulace tepelných procesů na materiálovém etalonu nastavena tak, aby ve fázi 12 chladnutí po vypnutí ohřevu došlo v minimálně jednom časovém okamžiku k homogenizaci teploty v oblasti 10 vyhodnocení emisivity. Zvolená velikost ohřívané oblasti 8 a zvolená intenzita ohřívajícího tepelného toku 6 tak zohledňují procesy vedení tepla uvnitř materiálu i jevy přenosu tepla z povrchu materiálu do okolí, které jsou ovlivněny tepelnými vlastnostmi materiálu, jeho tloušťkou i přítomností okrajů. Na ostatních místech je intenzita tepelného toku  $P_0$  mnohem nižší a povrch zde není ohříván.

Časový průběh tepelného toku  $P_{IN}$  působení laserového zdroje je patrný z obr. 4. Je rozdělen na fázi 11 ohřevu, která začíná v čase  $t_0$  a končí v čase  $t_p$  a kdy na povrch základního materiálu dopadá laserový paprsek a povrch je intenzitou tepelného toku  $P_1$  ohříván, a na fázi 12 chladnutí, kdy povrch materiálu chladne po vypnutí působícího laserového zdroje a intenzita tepelného toku je  $P_0$ . Působením procesů přenosu tepla uvnitř základního materiálu 4 dojde samovolně po ukončení fáze 11 ohřevu v čase 13 plošné homogenizace teploty, který je na obr. 4 označen  $t_T$ , ke stavu, kdy na oblasti 10 vyhodnocení emisivity bude konstantní teplota. Čas 13 plošné homogenizace teploty může být určen teoreticky pomocí počítačové simulace tepelných procesů nebo měřením na materiálovém etalonu.

Plošné rozložení teploty povrchu  $T$  v řezu měřenou oblastí 9 je schematicky ukázáno na obr. 5. V průběhu fáze 11 ohřevu působí ohřívající tepelný tok 6 tak, že v ohřívané oblasti 8 je mnohem vyšší teplota než teplota uvnitř oblasti, kterou obklopuje. Plošné rozložení 14 teploty na konci ohřevu v čase  $t_p$  je takové, že v oblasti 10 vyhodnocení emisivity je nehomogenní teplota, u okrajů je teplota vyšší, uprostřed je nižší. Ve fázi 12 chladnutí dojde působením procesů přenosu tepla k přerozdělení tepla a v plošném rozložení 15 teploty v čase homogenizace nastane stav, kdy na oblasti 10 vyhodnocení emisivity je konstantní teplota 30 homogenizace. V jiném například referenčním místě 29 uvnitř měřené oblasti 9 může být v čase 13 plošné homogenizace teploty jiná hodnota teploty, která však může být jako referenční teplota 25 výhodně využita pro určení časového okamžiku, kdy skutečně dojde při měření konkrétního vzorku materiálu k homogenizaci teploty na celé oblasti 10 vyhodnocení emisivity.

Časový průběh procesu ukazuje obr. 6. Měření vyzařovaného tepelného toku 7 termokamerou 2 probíhá ve fázi 12 chladnutí a obvykle i ve fázi 11 ohřevu průběžně s periodou 0,01 až 10 vteřin. Výsledkem je časový záznam měření sestávající z většího počtu zaznamenaných časových hladin 27, ve kterých je změřeno plošné rozložení 16 měřeného tepelného toku z měřené oblasti 9. Časová hladina 28 použitá pro vyhodnocení emisivity je ta časová hladina, která byla uložena v čase, který je nejbližší času 13 plošné homogenizace teploty, označené na obr. 6 jako  $t_T$ .

Skutečnost tepelných procesů při měření plošného rozložení 17 emisivity povrchu materiálu na konkrétním vzorku se může lišit od teoretického předpokladu zjištěného počítačovou simulací nebo měřením na materiálovém etalonu. Pro takové případy je vhodné pro vyhodnocení plošného rozložení 17 emisivity využít plošné rozložení 16 měřeného tepelného toku z časové hladiny, která je určena z aktuálního časového záznamu průběhu chladnutí.

Časová hladina 28 použitá pro vyhodnocení emisivity nejbližší okamžiku, kdy skutečně dojde k plošné homogenizaci teploty v celé oblasti 10 vyhodnocení emisivity, může být například určena jako ta, ve které jsou rozdíly ve vyzařovaném tepelném toku 7 na oblasti 10 vyhodnocení emisivity minimální. Vyhodnocení může být provedeno například pomocí průměrné hodnoty a směrodatné odchylky ze všech míst plošného rozložení 16 měřeného tepelného toku v oblasti 10 vyhodnocení emisivity nebo jen z vybrané podoblasti tvořené zorným polem jednoho nebo více infradetektorů termokamery 2.

Případně může být ze zaznamenaných časových hladin 27 plošného rozložení 16 měřeného tepelného toku pro vyhodnocení plošného rozložení 17 emisivity zvolena ta časová hladina, kdy ve zvoleném referenčním místě 29 povrchu neovlivněném předchozím technologickým procesem, tedy se známou hodnotou emisivity, bude dosažena určitá referenční teplota 25, označená na obr. 6 jako  $T_R$ . Zvoleným referenčním místem 29, které je na obr. 6 označeno jako  $x_R$  může být jedno místo z měřené oblasti 9 odpovídající vybranému infradetektoru anebo oblast tvořená zorným polem více infradetektorů. Referenční teplota 25, označená na obr. 6 jako  $T_R$  nemusí být svojí hodnotou totožná s teplotou 30 homogenizace, která je na obr. 6 označená jako  $T_H$  v oblasti 10 vyhodnocení emisivity, ale lépe určuje časový okamžik, kdy v celé oblasti 10 vyhodnocení emisivity dojde skutečně k plošné homogenizaci teploty.

Vyhodnocení plošného rozložení emisivity je schematicky znázorněno na obr. 7 v řezu měřenou oblastí 9. K vyhodnocení je využito plošné rozložení 16 měřeného tepelného toku změřené termokamerou 2 za předpokladu konstantního plošného rozložení 15 teploty v čase homogenizace v celé oblasti 10 vyhodnocení emisivity. K tomuto vyhodnocení jsou dále využity parametry zářivých procesů jako odražená zdánlivá teplota, propustnost a teplota atmosféry, emisivita základního materiálu, které jsou zjištěny jinými metodami.

Výsledné vyhodnocení emisivity  $\varepsilon$  je schematicky znázorněno na obr. 8. Výsledné plošné rozložení 17 emisivity je v oblasti 10 vyhodnocení emisivity takové, že v části 5 povrchu s odlišnou emisivitou je stanovena skutečná hodnota emisivity odlišná od hodnoty emisivity základního materiálu  $\varepsilon_0$ .

Technická realizace zařízení provádějící způsob měření plošného rozložení emisivity podle vynálezu může být provedena různými způsoby, jak ukazují obr. 9 a obr. 10. Termokamera 2 měřící vyzařovaný tepelný tok 7 může být umístěna na rameno průmyslového robota 23 spolu se skenovací hlavou 19, která zajišťuje polohování laserového paprsku vycházejícího z laserového zdroje 18 a vytváří tím žádané plošné působení ohřívajícího tepelného toku 6. K tomuto účelu může být využit stejný laserový systém, který prováděl předchozí technologické působení na materiál např. svařování. Vyhodnocené plošné rozložení 17 emisivity může být v tomto případě využito pro vyhodnocení záznamu technologického procesu pořízeného termokamerovým systémem, určení časového průběhu a plošného rozložení teploty při procesu s respektováním plošného rozložení 17 emisivity a tím ke spolehlivé termodiagnostice nepravidelností procesu svařování v rámci kontroly kvality výroby. Měřený a předtím svařovaný díl se v takovém případě skládá z horního plechu 20, spodního plechu 21 a v určitých místech jsou na něm vytvořeny svary 22. K uchycení dílu je v takových případech obvykle využit manipulátor 24.

Opačný způsob z pohledu zajištění vzájemné polohy je také technicky proveditelný. Termokamera 2 a skenovací hlava 19 jsou umístěny stacionárně na manipulátoru 24. Kontrolovaný svařený díl může být polohován průmyslovým robotem tak, aby bylo možné postupně zkontrolovat více vytvořených svarů na jednom svařeném dílu. Plošné rozložení 17 emisivity může být v tomto

- 5      případě využito například k určení polohy svaru, neboť v místě svaru dochází při bodovém odporovém svařování ke změně optických vlastností povrchu. Plošné rozložení 17 emisivity může být využito také ke zpřesnění metod infračerveného nedestruktivního testování svarů, které využívají termokamerové měření průběhu teploty povrchu materiálu vybuzené působením tepelného zdroje.

#### Průmyslová využitelnost

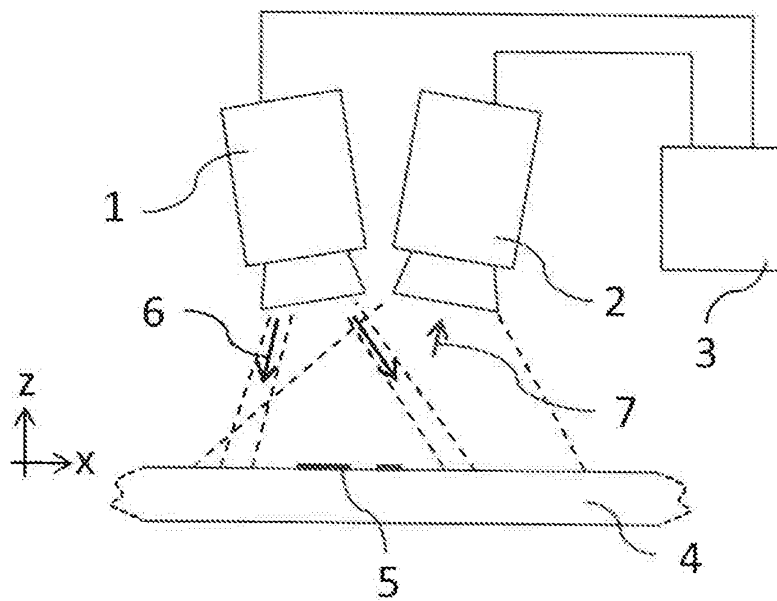
- 10      Vynález lze využít zejména pro pracoviště, kde dochází v rámci sériové výroby k technologickým procesům, které se projevují změnou opticko-tepelných vlastností ovlivněných povrchů, a kde je třeba rychle a účinně kontrolovat kvalitu technologických tepelných procesů anebo nedestruktivně testovat kvalitu výrobků například svarů.

## PATENTOVÉ NÁROKY

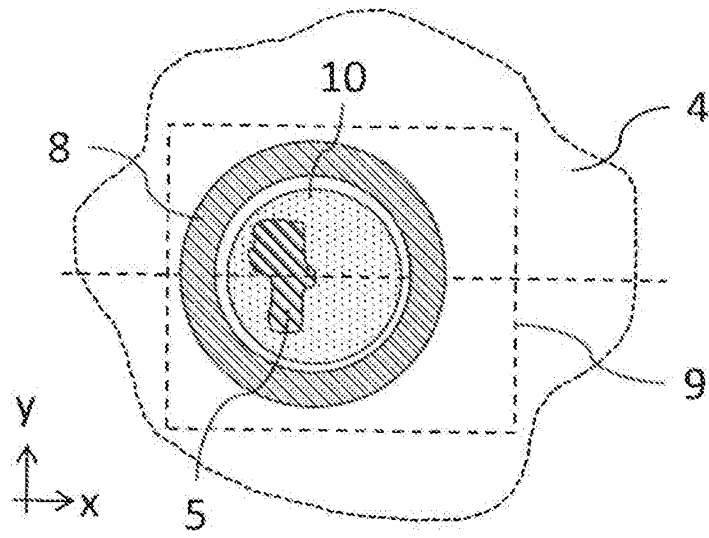
1. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu, **vyznačující se tím**, že se ohřívána oblast materiálu ohřeje bezkontaktně působícím ohřívajícím tepelným tokem a po ukončení ohřevu se ve fázi chladnutí v stanoveném čase plošné homogenizace teploty povrchu v oblasti vyhodnocení emisivity v průběhu nestacionárního procesu změří plošné rozložení měřeného tepelného toku z povrchu materiálu v měřené oblasti, a v jednotlivých místech oblasti vyhodnocení emisivity se stanoví emisivita výpočtem.
2. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se ohřívajícím tepelným tokem působí bezkontaktně ze stejné strany povrchu materiálu, ze které probíhá měření plošného rozložení měřeného tepelného toku.
3. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že ohřívanou oblastí je nejbližší uzavřená plocha, která obklopuje oblast vyhodnocení emisivity a jejíž optické vlastnosti povrchu nejsou dotčeny předchozím tepelným nebo mechanickým zpracováním.
4. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že ohřívanou oblastí je nejbližší mezikruží, jehož optické vlastnosti povrchu nejsou ovlivněny předchozím tepelným nebo mechanickým zpracováním a jehož vnitřní kružnice je vzdálena od vnější hranice oblasti vyhodnocení emisivity v rozpětí 0,5 až 100 mm.
5. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že ohřívanou oblastí je nejbližší neuzavřená plocha, jejíž optické vlastnosti povrchu nejsou dotčeny předchozím tepelným nebo mechanickým zpracováním, přičemž tato neuzavřená plocha obklopuje více než 270 stupňů kruhu se středem v oblasti vyhodnocení emisivity.
6. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že neuzavřená ohřívána oblast sestává z nejméně dvou částí.
7. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vyzařovaný tepelný tok se měří v průběhu chladnutí průběžně s periodou 0,01 až 10 vteřin a k vyhodnocení emisivity se využije ten záznam, který je časově nejbližší času plošné homogenizace teploty.
8. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že čas plošné homogenizace teploty je určen předem měřením nebo počítačovou simulací tepelného procesu ohřevu a chladnutí na materiálovém etalonu.
9. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že čas plošné homogenizace teploty se určuje ze zaznamenaného časového průběhu plošného rozložení měřeného tepelného toku jako čas, kdy jsou rozdíly v tepelném toku na oblasti vyhodnocení emisivity minimální.
10. Způsob měření plošného rozložení emisivity povrchu materiálu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že čas plošné homogenizace teploty se určuje ze zaznamenaného časového průběhu plošného rozložení měřeného tepelného toku jako Čas, kdy ve zvoleném místě, kterým je nejméně jeden bod z měřené oblasti povrchu, neovlivněným předchozím technologickým procesem, dosáhne teplota povrchu referenční hodnoty.

## Seznam vztahových značek:

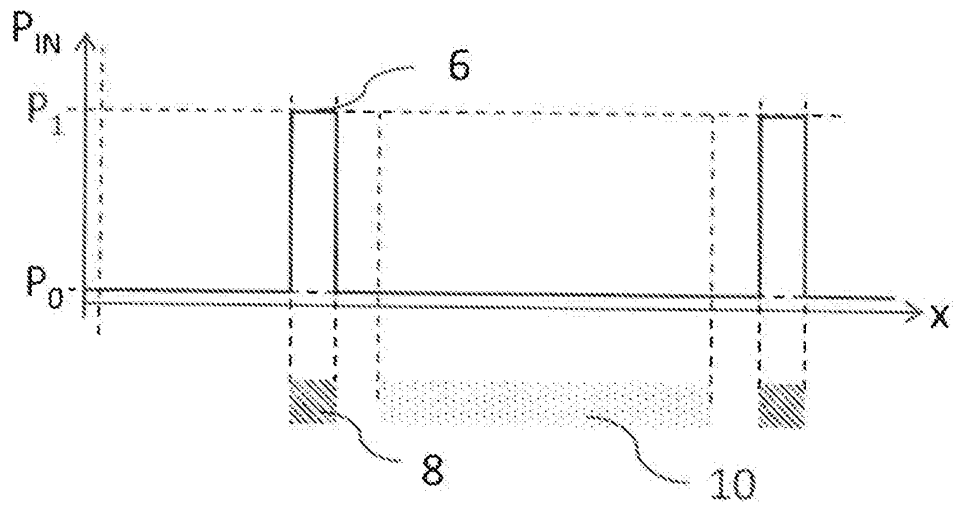
|    |                                                       |
|----|-------------------------------------------------------|
|    | 1 - laserový systém                                   |
|    | 2 - termokamera                                       |
|    | 3 - řídicí jednotka                                   |
| 5  | 4 - základní materiál                                 |
|    | 5 - část povrchu s odlišnou emisivitou                |
|    | 6 - ohřívající tepelný tok                            |
|    | 7 - vyzařovaný tepelný tok                            |
|    | 8 - ohřívaná oblast                                   |
| 10 | 9 - měřená oblast                                     |
|    | 10 - oblast vyhodnocení emisivity                     |
|    | 11 - fáze ohřevu                                      |
|    | 12 - fáze chladnutí                                   |
|    | 13 - čas plošné homogenizace teploty                  |
| 15 | 14 - plošné rozložení teploty na konci ohřevu         |
|    | 15 - plošné rozložení teploty v čase homogenizace     |
|    | 16 - plošné rozložení měřeného tepelného toku         |
|    | 17 - plošné rozložení emisivity                       |
|    | 18 - laserový zdroj                                   |
| 20 | 19 - skenovací hlava                                  |
|    | 20 - horní plech                                      |
|    | 21 - spodní plech                                     |
|    | 22 - svar                                             |
|    | 23 - robot                                            |
| 25 | 24 - manipulátor                                      |
|    | 25 - referenční teplota                               |
|    | 26 - čas dosažení referenční teploty                  |
|    | 27 - zaznamenané časové hladiny                       |
|    | 28 - časová hladina použita pro vyhodnocení emisivity |
| 30 | 29 - referenční místo                                 |
|    | 30 - teplota homogenizace                             |



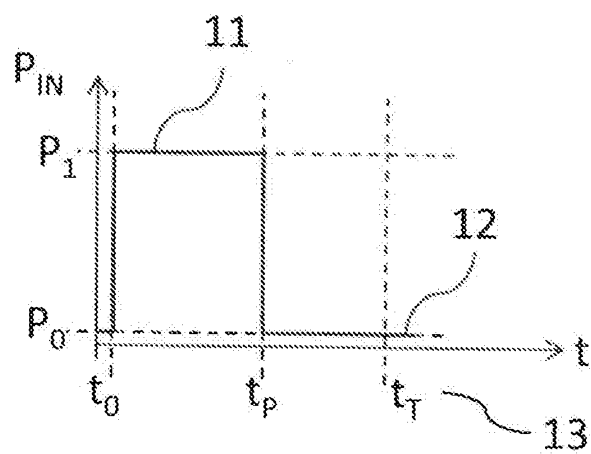
Obr. 1



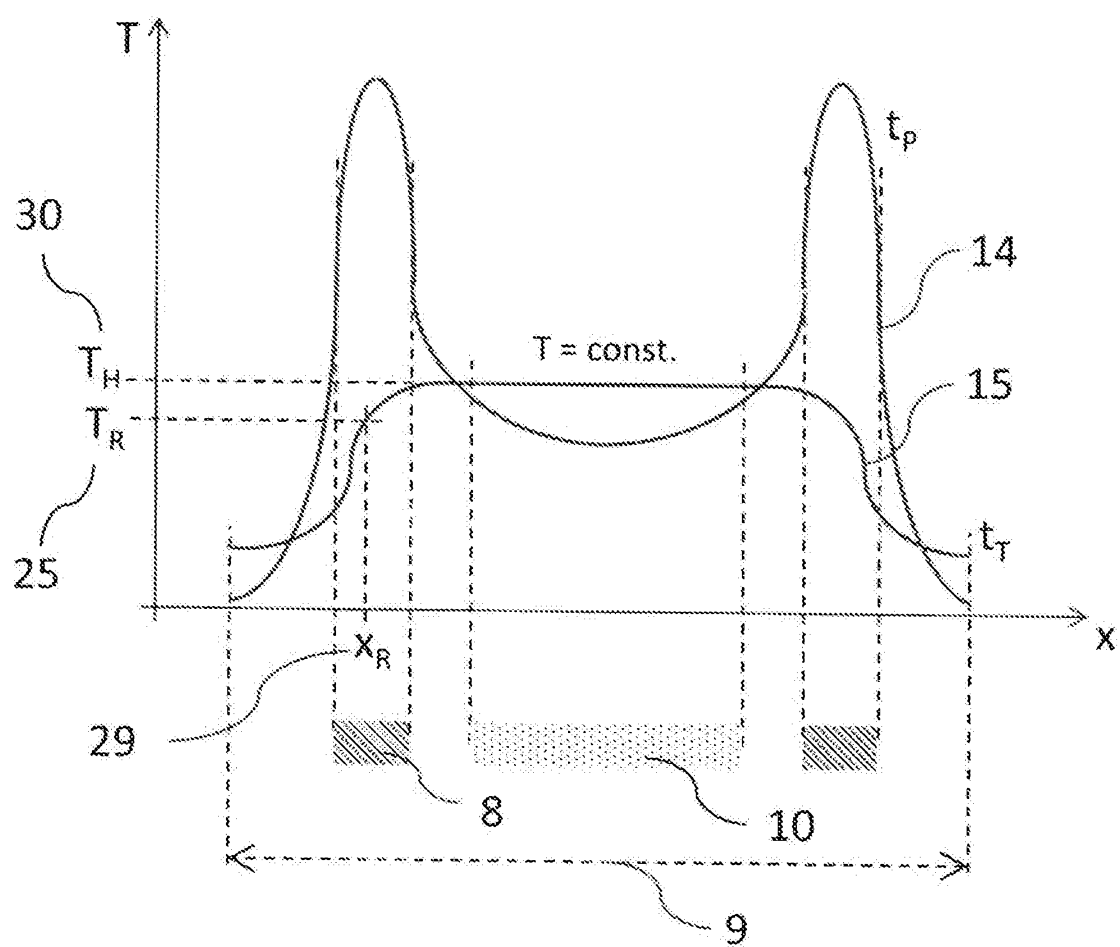
Obr. 2



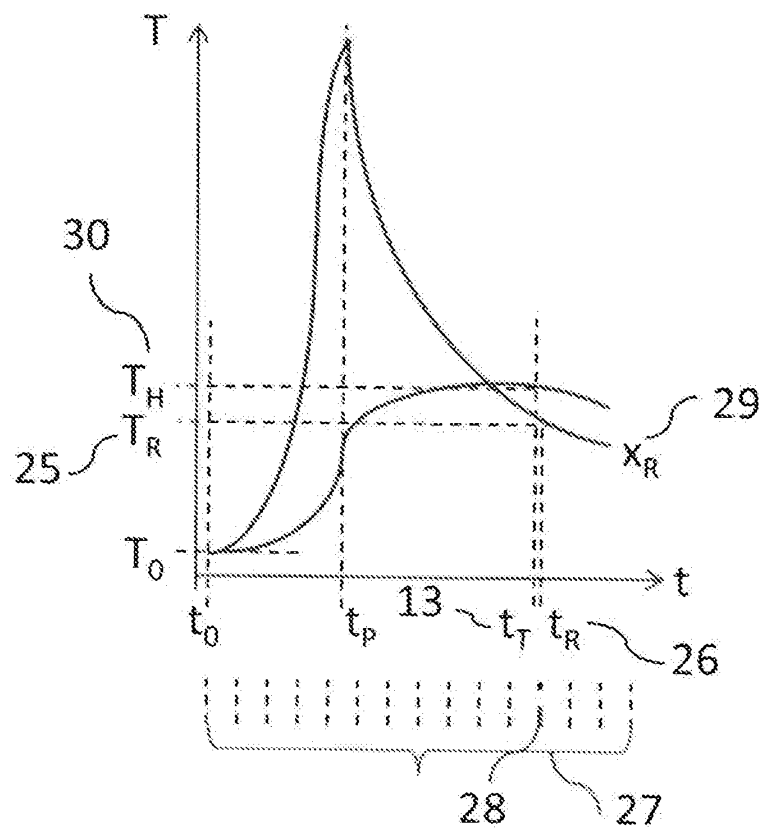
Obr. 3



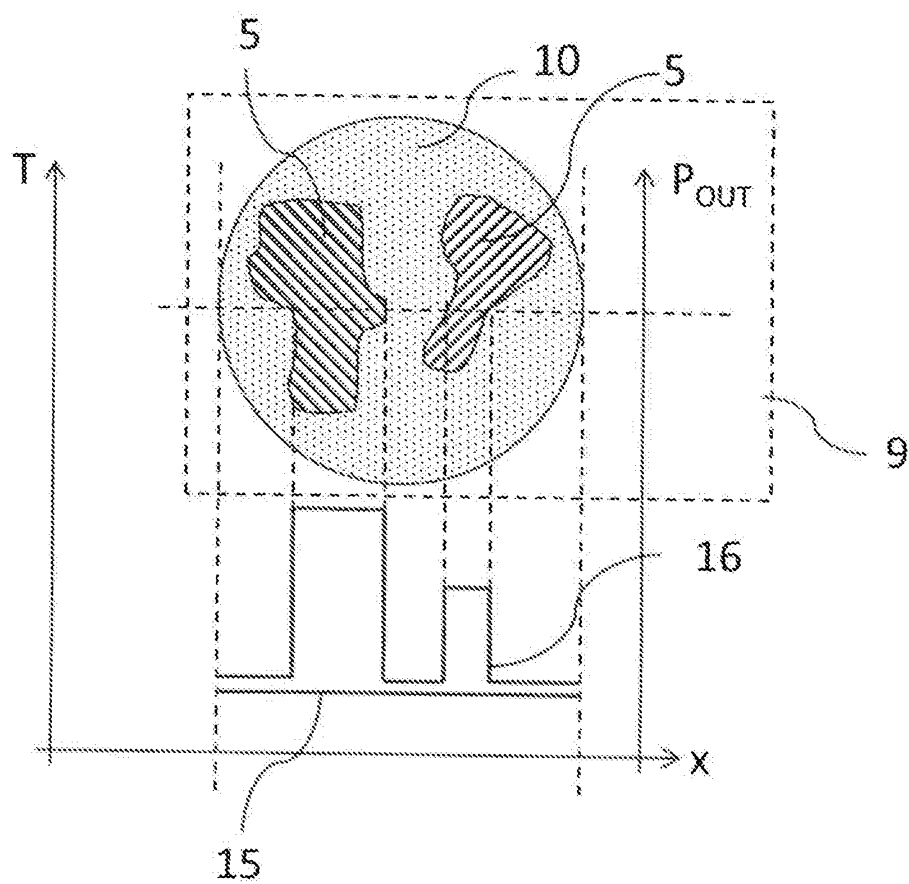
Obr. 4



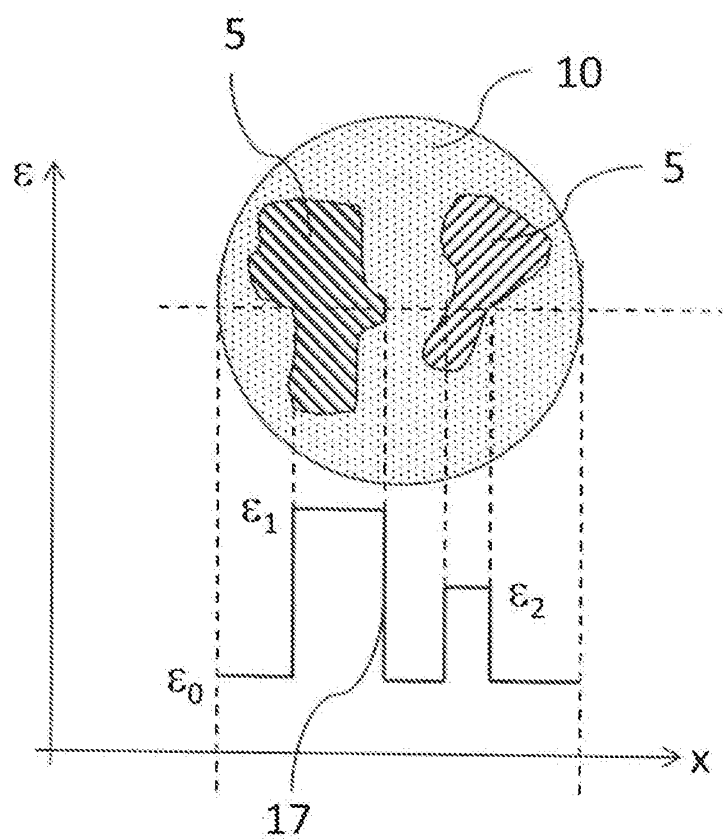
Obr. 5



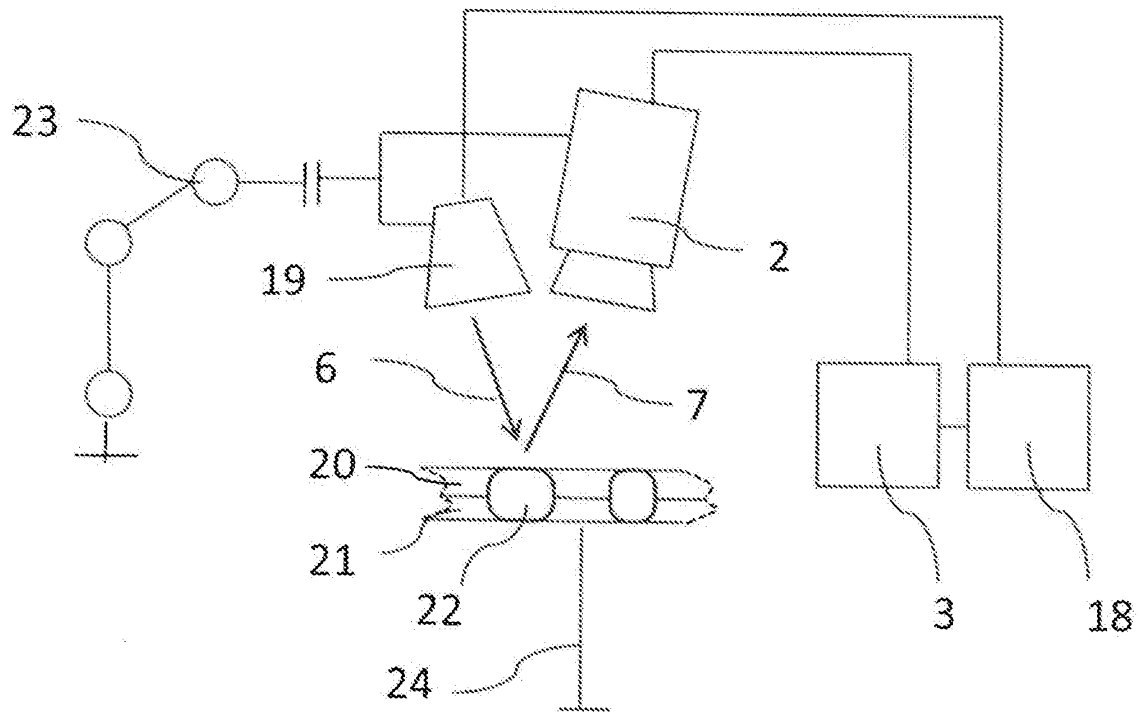
Obr. 6



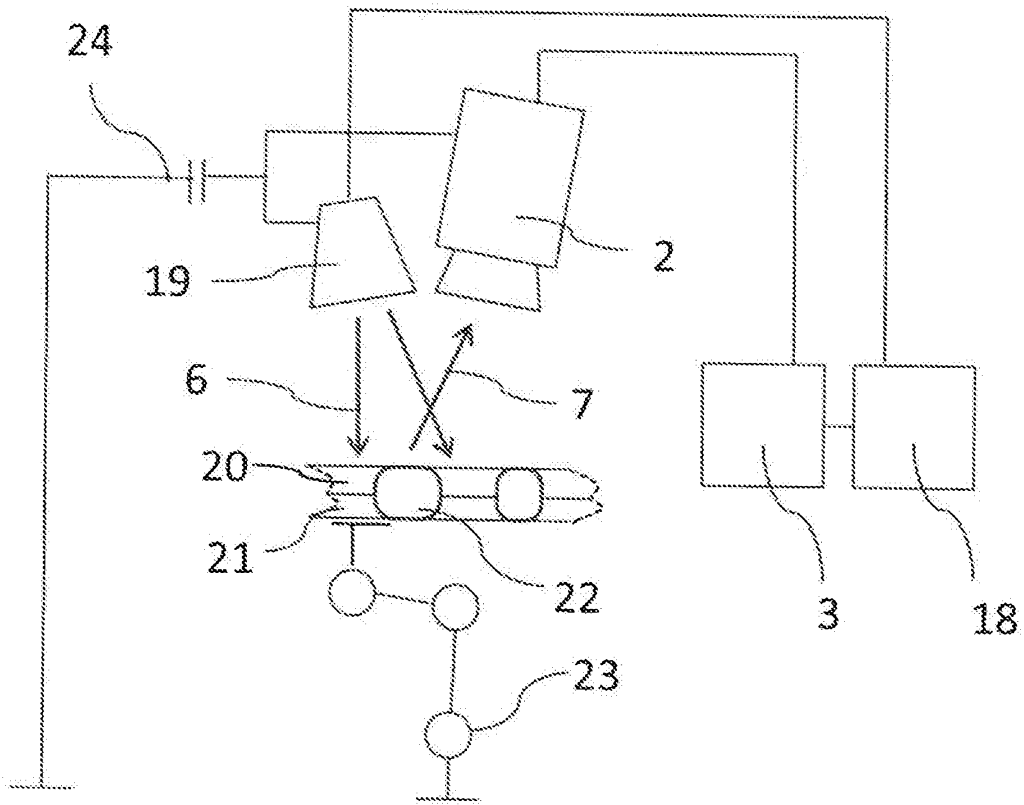
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10