

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

28 310

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C21D 1/62 (2006.01)
C21D 1/63 (2006.01)
C21D 1/64 (2006.01)
C21D 1/56 (2006.01)
G01N 25/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2014-30387**
(22) Přihlášeno: **04.12.2014**
(47) Zapsáno: **16.06.2015**

- (73) Majitel:
Technická univerzita v Liberci, Katedra strojírenské
technologie, Liberec, CZ
- (72) Původce:
Ing. Jaromír Moravec, Ph.D., EWE, Minkovice, CZ
Ing. Iva Nováková, Ph.D., Liberec, CZ
- (74) Zástupce:
RETROPATENT s.r.o., Mgr. Kamil Kolátor,
Dobiášova 1246/29, 460 06 Liberec VI

- (54) Název užitého vzoru:
**Zařízení ke stanovení ochlazovací
schopnosti média pro konkrétní
zpracovávané materiály včetně možnosti
simulace tepelného zpracování rozměrných
dílů**

CZ 28310 U1

Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média pro konkrétní zpracovávané materiály včetně možnosti simulace tepelného zpracování rozměrných dílů

Oblast techniky

- 5 Technické řešení se týká konstrukčního řešení simulátoru tepelného zpracování ke stanovení ochlazovací schopnosti média pro konkrétní zpracovávané materiály.

Dosavadní stav techniky

- V současné době existují dílčí řešení umožňující získávat vstupní data potřebná pro simulace tepelného zpracování s větší či menší vypovídající hodnotou. U každého z těchto řešení však existuje řada omezujících předpokladů pro zamýšlené použití, snižujících výslednou přesnost.
- 10 Mezi tato řešení patří například stanovení ochlazovací rychlosti kalícího média, nebo stanovení křivky prokalitelnosti materiálu. U technických řešení v oblasti stanovení ochlazovací rychlosti kalícího média je princip založen na ponoření v peci ohřáté inconelové měřicí sondy do testovaného kalícího média a snímání ochlazovacích křivek po definovanou dobu 60 sekund. K válečku zhotovenému z Inconelu je připojen oddělený termočlánek typu K s izolovaným teplým spojem.
- 15 Je snímán ochlazovací cyklus měřicí sondy a na základě znalosti závislosti teploty na čase je pomocí derivace podle času stanovena rychlost ochlazování (ochlazovací schopnost) testovaného média. Tento způsob je používán především pro testování změny ochlazovací schopnosti média při dlouhodobém použití, nebo jsou kvantifikovány případné rozdíly mezi různými druhy kalících médií. Souhrnně řečeno, jde o stanovení posloupnosti jednotlivých médií v intenzitě ochlazování. Bude-li však takovýto postup aplikován například na vytvrditelné slitiny hliníku, nebo na vysokolegované austenitické materiály, bude (z důvodu rozdílné tepelné vodivosti zpracovávaného dílu) pro stejné ochlazovací médium intenzita ochlazování velice rozdílná. Navíc tento způsob testování neumožňuje simulaci pohybu ochlazovaného dílu v médiu (proces, při němž je například snaha o odtržení parního polštáře atd.).
- 20 Také zde není žádným způsobem zohledněn rozměr zpracovávaného dílu a údaje se týkají pouze teplosměnné plochy.

- Další dílčí technická řešení se týkají přístrojů a postupů stanovujících prokalitelnost materiálu. Tato oblast vychází z Jominyho zkoušky prokalitelnosti. Nevýhodou těchto řešení je však definování zkoušky pouze pro jeden typ ochlazovacího média, neznalost teplotních polí a ochlazovacích křivek testovaného vzorku. Navíc je typ testování vhodný pouze pro materiály s malou prokalitelností, protože u materiálů s velkou prokalitelností budou tvrdosti v celé kontrolní délce tělesa téměř identické.
- 30

- Související oblast technických řešení se také zabývá například postupy k dosažení požadované mikrostruktury zmrazováním (patent 290414), nebo stanovení mikrostruktury v neutralizačním činidle a snímáním ochlazovací rychlosti ve středu vzorku (patent 288665). Je také používáno různé rozmístění induktorů, například pro kalení oběžných ploch a přechodových zaoblení na klikových hřídelích (patent 296831), nebo indukční ohřev pod hladinou kalícího média (patent 283745).
- 35

- Při technických návrzích jsou používány snímače a měřidla pro stanovení poměrné spotřeby tepla (patent 278581), nebo pro stanovení viskozity. Značná část řešení se také věnuje konstrukci testovacích boxů, termokomor a klimakomor pracujících na principu výměníků (patent 1411338 a další zveřejněné přihlášky). Obsáhlou kapitolou řešení jsou návrhy přípravků eliminujících deformace při kalení u rozměrných dílů s jedním značně převažujícím rozměrem (např. kolejnice patent 299001).
- 40

Podstata technického řešení

- 45 Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny nově navrženým zařízením simulujícím průběh reálného kalení, kdy jsou pro malý testovací díl/zkušební těleso navozeny stejné podmínky jako pro reálný rozměrný tepelně zpracovávaný díl.

Cíle se dosáhne stanovením ochlazovací schopnosti konkrétního ochlazovacího média ve směru délky zkušební tělesa pro konkrétní tepelně zpracováváný materiál. Díky tomu je možné pomocí řídicího software stanovit teplotní závislost součinitele přestupu tepla do kaliciho média pro konkrétní systém zpracováváný materiál – ochlazovací médium, včetně všech definovaných okrajových podmínek. Přesným definováním zkoušky je tak možné zjištěné údaje aplikovat na libovolně velký tepelně zpracováváný díl, přičemž musí platit podmínka, že délka zkušební tělesa musí odpovídat nejméně polovině maximální tloušťky tepelně zpracovávaného reálného dílu.

Přehled obrázků na výkresech

Technické řešení bude blíže popsáno pomocí schematických obrázků na příložených výkresech, kde je na obr. 1 znázorněno zkušební těleso včetně izolace, naznačení umístění teplotních čidel a očka pro uchycení na pohyblivém držáku. Na obrázku 2 je schematicky znázorněna vodící tyč, včetně pohyblivého držáku a stavitelných dorazů s dosedacím čepem. Na obrázku 3 je schéma prostorového uspořádání simulátoru tepelného zpracování a na obrázku 4 je schematicky znázorněn zásobník ochlazovacího média se snímačem teploty a nástavcem a tryskou. Schéma cirkulačního okruhu, včetně odbočky pro nastavení požadovaného průtoku, je pro kapalná ochlazovací média na obrázku 5A a pro plynná ochlazovací média na obrázku 5B.

Příklad provedení technického řešení

Jako zkušební těleso 1, je pro tepelně zpracovávané díly s maximální tloušťkou stěny do 300 mm, doporučeno používat válcová tělesa o průměru 30 mm a délce 150 mm. Pro větší tloušťky stěny tepelně zpracovávaného dílu pak tělesa o průměru 50 mm a délce v rozmezí 150 mm až polovina maximální tloušťky tepelně zpracovávaného dílu v mm. Zkušební těleso 1 je ze všech stran, vyjma čelní plochy, izolováno pomocí nenasákavé tepelně izolační hmoty 2 o tloušťce nejméně 30 mm, využitelné pro vysoké teploty (do 1200 °C). Díky tomu je možný odvod tepla pouze čelní plochou zkušební tělesa 1 a může tak být na tomto tělese 1 simulován vliv tloušťky materiálu tepelně zpracovávaného dílu. V případě popsaného uspořádání také nezáleží (při uvažování nulových ztrát vedením tepla přes izolační vrstvu) na velikosti čelní plochy zkušební tělesa 1, protože při zvětšení čelní plochy zkušební tělesa 1 úměrně roste množství akumulovaného tepla ve zkušebním tělese 1.

Každé zkušební těleso 1 je osazeno nejméně šesti teplotními snímači 3, 4, 5, 6, 7, 8 pro mapování teplotního pole ve směru délky, přičemž platí následující rozmístění: První snímač teploty 3 je umístěn uprostřed čelní plochy zkušební tělesa 1, tedy v místě styku tělesa 1 a ochlazovacího média 9, 10. Ostatní snímače teploty jsou rozmístěny ve zkušebním tělese 1 ve vrtaných otvorech, v různých vzdálenostech od ochlazované plochy, na roztečné kružnici odpovídající 0,7násobku průměru zkušební tělesa 1 a vzájemně od sebe pootočených o 90°. Díky tomu je okolo každého snímače teploty rovnoměrně rozloženo stejné množství hmoty tělesa. Teplotní snímače 4, 5, 6, 7, 8 mohou být libovolně rozmístěny ve směru délky zkušební tělesa, přičemž jsou doporučeny následující vzdálenosti: Druhý snímač 4 teploty je od ochlazovaného čela zkušební tělesa 1 vzdálen 0,07násobek délky zkušební tělesa 1, třetí snímač 5 teploty 0,18násobek délky zkušební tělesa 1, čtvrtý snímač 6 teploty 0,4násobek délky zkušební tělesa 1, pátý snímač 7 teploty 0,7násobek délky zkušební tělesa 1 a šestý teplotní snímač 8 je umístěn uprostřed izolované zadní plochy zkušební tělesa 1.

Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti zkušební tělesa 1 sestává ze speciálně konstruované vertikální muflové pece 30, kde je zkušební těleso 1 zahřáto na požadovanou teplotu (50 až 80 °C nad Ac3), nebo na technologicky požadovanou teplotu ohřevu, při technologicky definované rychlosti ohřevu. Pracovní prostor pece 30 je orientován vertikálně, s dělenými otvíracími dvířky umožňujícími horizontální posun do strany. Dvířka jsou v dělicí rovině opatřena otvory pro snímače teploty 3, 4, 5, 6, 7, 8 vedoucí ke komunikační sběrnici vzdáleného modulu 70 a řídicí jednotce 72 se softwarem. Po ohřevu na požadovanou teplotu (kontrola teplotním snímačem 8) a případně předepsané technologické výdrži, je zkušební těleso 1 zavěšeno pomocí zá-

věsného očka 40 na posuvný držák 15 umístěný na horizontální vodící tyči 16. Posunem pohyblivého držáku 15 po vodící tyči 16 vzhůru a pootočením o příslušný úhel je zkušební těleso 1 přemístěno nad jeden ze zásobníků 41, 42, 43 s ochlazovacím médiem. Pohyblivý držák 15 je dále opatřen dosedací plochou 50 s otvorem, umožňujícím při pootočení o požadovaný úhel a vertikálním pohybu dolů dosednutí plochy 50 na dosedací kónický čep 51 stavitelného dorazu 52. Tím je jednoznačně definována poloha čelní plochy zkušební tělesa 1 jak vůči zásobníku 41, 42, 43, tak především vůči koncové trysce 14. Výšku dorazu je možné jednoduše měnit pomocí závitů a polohu zajistit pomocí kontra matky. Stavěcí doraz 52 je před vlastním testem nastaven tak, aby bylo izolované zkušební těleso 1 po dosednutí pohyblivého držáku 15 na kónický dosedací čep 51 ponořeno 3 mm pod hladinu kapalného ochlazovacího média. Celá manipulace je jednoduchá a velice rychlá, takže doba od otevření ohřívací pece po ponoření čelní plochy zkušební tělesa nepřesáhne 6 sekund.

Zásobník s kapalným ochlazovacím médiem 41 je mobilní a umožňuje jednoduchou a rychlou výměnu při požadavku na jiný typ ochlazovacího média. Zásobník je opatřen snímačem teploty média 18 a ve spodní stěně v rozích zásobníku dvěma nátrubky se závitěm opatřených ventily 63 pro vstup a případnou cirkulaci ochlazovacího média. Ventily 63 lze taktéž využít při vypouštění chladicího média 41 ze zásobníku. Cirkulační okruh 60 je osazen rychlospojkami 64 pro připojení hadic, uzavíracími ventily 62 a 63, filtrem 65 nečistot, čerpadlem 66 a chladičem 61. Objem ochlazovacího média v zásobníku (80 l) je dostatečný pro zpracování všech typů zkušebních těles 1 do průměru 30 mm. U zkušebních těles 1 větších průměrů jsou cirkulace a chlazení cirkulovaného média spuštěny automaticky po dosažení předdefinované teploty média zjištěné teplotním čidlem 18 média umístěným v boku zásobníku.

Pro možnost simulace podmínek pohybu tepelně zpracovávaného dílu v kalicí lázni je zásobník chladicího média uprostřed dna opatřen nástavcem trysky 11 a tryskou definovaného průřezu 14, jejíž konec je umístěn 50 mm pod ochlazovanou čelní plochou zkušební tělesa 1. Uvedený cirkulační okruh 60 je za chladičem 61 osazen trojcestným ventilem 62 a čidlem 12 snímajícím průtok chladicího média. Díky tomu je možné nastavit konstantní průtok chladicího média tryskou a definovat tak rychlost pohybu média vůči tepelně zpracovávanému dílu, čímž je simulován pohyb zpracovávaného dílu v kalicím médiu. Nástavec trysky 11 ve formě trubky na konci osazený tryskou 14, může mít jakýkoliv prostorový tvar, takže v případě potřeby je možné definovat jakýkoliv směr proudění ochlazovacího média vůči čelní ochlazované ploše zkušební tělesa 1.

Analogickým řešením využitelným zejména pro samokalitelné Cr oceli je použití klidného nebo proudícího vzduchu, případně jiného plynu. V tomto případě je použit zásobník bez ochlazovacího média 42, opatřený pouze nástavcem trysky 11 a tryskou definovaného průřezu 14, jejíž konec je umístěn 50 mm pod ochlazovanou čelní plochou zkušební tělesa 1. Na nástavec je připojen tlakový vzduch (nebo plyn), který je regulován vzduchovým ventilem 67 a snímán čidlem průtoku 13. Také zde je možné přesně definovat průtok ochlazovacího plynného média tryskou, a tedy přesně definovat okrajové podmínky proudění ochlazovacího média. Do nástavce s tryskou může být vložena topná spirála 68 přehřívající plynné médium, z důvodu dalšího snížení rychlosti ochlazování. V takovém případě bude snímána teplota plynného média teplotním čidlem 69 na výstupu z trysky.

U zásobníku s teplou lázní 43 je na dno zásobníku přidělena vyhřívací deska 21. Tento zásobník je použit v případě stanovení teplotní závislosti součinitele přestupu tepla při kalení do teplých lázní. Jedná se především o solné lázně a lázně tvořené nízkotavitelnými kovy v rozmezí teplot lázně 160 až 280 °C. Teplota lázně je zde kontrolována platinovým teplotním čidlem 20, propojeným s regulátorem výkonu topné desky 21. Při použití teplých lázní není předpokládána cirkulace ochlazovacího média.

Uspořádání zařízení je možné uzpůsobit tak, že jednotlivé zásobníky budou vůči sobě pootočený o 90°, přičemž poslední pozice bude osazena vertikální pecí 30. Při této konfiguraci bude před každým ze tří zásobníků stavitelný doraz 52 s dosedacím kónickým čepem 51, umožňujícím nad každým boxem přesně definovat polohu čela zkušební tělesa 1 v prostoru. Díky tomu je mož-

né provádět kombinované ochlazovací cykly v různých médiích. Například ochlazení v teplé solné lázni a následné dochlazení v proudícím vzduchu.

Údaje o teplotě v jednotlivých místech zkušební tělesa, teplotě a průtoku chladicího média jsou přes komunikační sběrnici ukládány v řídicím počítači se zvolenou frekvencí záznamu. Vytvořený software na základě znalosti časového průběhu změny teplot v přesně definovaných vzdálenostech od čelní ochlazované plochy a znalosti teplotní závislosti měrného tepla ve zpracovávaném materiálu stanoví teplotní závislost součinitele přestupu tepla z konkrétního materiálu do konkrétního ochlazovacího média při přesně definovaných okrajových podmínkách. Díky tomu je možné získat představu o chování skutečného rozměrného tepelně zpracovávaného dílu v průběhu jeho zpracování. Velice výhodné je použít naměřená data pro simulační výpočty tepelného zpracování a získat tak nejen představu o časovém průběhu teplotních polí ve zpracovávaném dílu, ale také představu o fázových transformacích, napětích a deformacích ve zpracovávaných dílech.

Zkušební těleso je zároveň tělesem verifikačním, díky čemuž je možné na zkušebním tělese měřit tvrdost ve směru předpokládané tloušťky reálného dílu a po metalografickém vyhodnocení i stanovení struktury v libovolném místě zkušební vzorku. Předpokládá se v místě termoclánků.

Průmyslová využitelnost

Toto řešení je využitelné v provozech tepelného zpracování, ale také ve slévárnách a kovárnách zejména orientovaných na energetický sektor, kde je předpoklad zpracování rozměrných dílů. Druhou oblastí využitelnosti je oblast simulačních výpočtů pracujících s teplotním gradientem (svařování a tepelné zpracování, nebo případně i simulace gravitačního lití).

N Á R O K Y N A O C H R A N U

1. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média pro konkrétní zpracovávané materiály včetně možností simulace tepelného zpracování rozměrných dílů, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že obsahuje kapalně (9) nebo plynně (10) ochlazovací médium, s přesně definovaným směrem proudění daným nástavcem (11) a průtokem definovaným průtokovým čidlem (12, 13) a koncovou tryskou (14), do kterého je pomocí polohovacího zařízení (15, 16) ponořeno zkušební těleso (1), usazené do přesně definované polohy, opatřené izolací (2) pro odvod tepla pouze čelní plochou, kdy tato plocha je osazena nejméně 6 teplotními čidly (3 až 8), přičemž teplota ochlazovacího média je stanovena pomocí cirkulačního okruhu s chladičem (61) pro chlazení nebo vyhřívací deskou (21) pro ohřev a snímána pomocí čidla (18, 20).

2. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zkušební těleso (1) vyrobené z testovaného materiálu a izolované nenasákavým izolačním pouzdrům (2) tak, že je možný odvod tepla pouze čelní plochou umístěnou do libovolného ochlazovacího média (9, 10).

3. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle nároku 1 a 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zkušební těleso (1) je vytvořeno a izolováno (2) tak, aby nezáleželo na průměru zkušební tělesa (1) a přitom aby délka zkušební tělesa (1) simulovala maximální tloušťku reálně tepelně zpracovávaného dílu.

4. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle jednoho z nároků 1 až 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zkušební těleso (1) je osazeno nejméně 6 teplotními čidly (3 až 8) tak, aby bylo mapováno teplotní pole zkušební tělesa (1), přičemž teplotní čidla (3) a (8) jsou umístěna uprostřed čelní a zadní plochy zkušební tělesa (1) a teplotní čidla (4, 5, 6 a 7) jsou

umístěna v různých vzdálenostech od čelní plochy tělesa (1) na roztečné kružnici odpovídající 0,7násobku průměru zkušební tělesa (1).

5 5. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle jednoho z nároků 1 až 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zkušební těleso (1) má na zadní straně izolace (2) úchytové závěsné očko (40), pro zavěšení tělesa na posuvný držák (15).

6. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle jednoho z nároků 1 až 5, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že rozměrově definované izolované a teplotními čidly osazené zkušební těleso (1) je umístěno do vertikální pece (30) s dělenými a horizontálně posuvnými dvířky osazenými v místě dělicí roviny otvory pro teplotní čidla (3 až 8) a úchytové závěsné očko (40).

10 7. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle nároku 6, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že v celém objemu ohřáté (kontrola teplotním čidlem 8) a izolované zkušební těleso (1) je pomocí závěsného očka (40) zavěšeno na posuvný držák (15), vertikálně posunuto vzhůru po vodící tyči (16), pootočeno o příslušný úhel nad jeden ze zásobníků s ochlazovacím médiem (41, 42, 43) a vertikálním pohybem dolů pomocí otvoru v dosedací ploše (50) posuvného držáku (15) a kónického dosedacího čepu (51) na stavitelném dorazu (52) vystředěno a prostorově definováno.

20 8. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle jednoho z nároků 1 až 7, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že tvar zásobníku a objem ochlazovacího média (41, 42, 43) vůči objemu zkušební tělesa (1), jakož i tvar zkušební tělesa, je upraven v libovolném poměru tak, aby byly simulovány poměry a podmínky nastávající při reálném ochlazování rozměrných dílů.

9. Zařízení ke stanovení ochlazovací schopnosti média podle jednoho z nároků 1 až 8, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že k modulu (70) vzdálených vstupů je připojeno alespoň sedm teplotních čidel a k modulu (71) vzdálených vstupů je připojeno alespoň jedno teplotní čidlo (3).

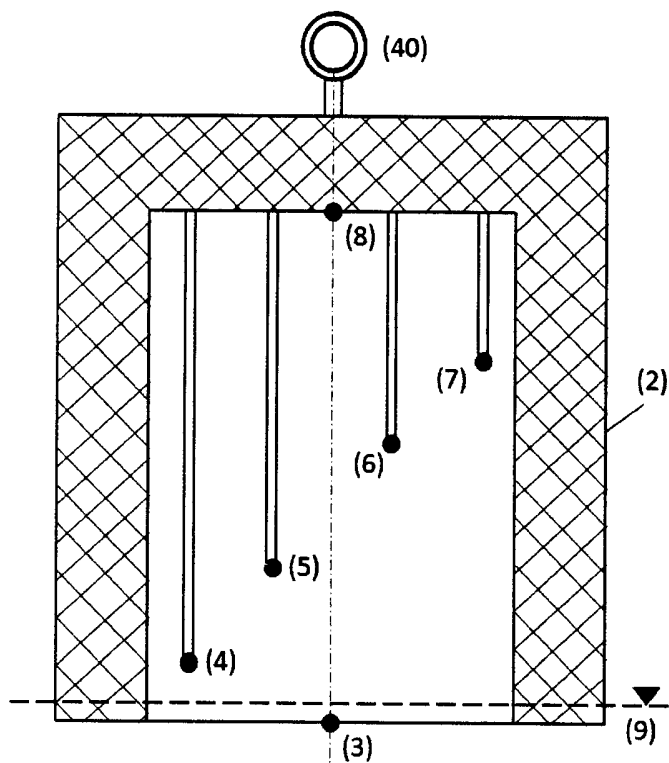
25

3 výkresy

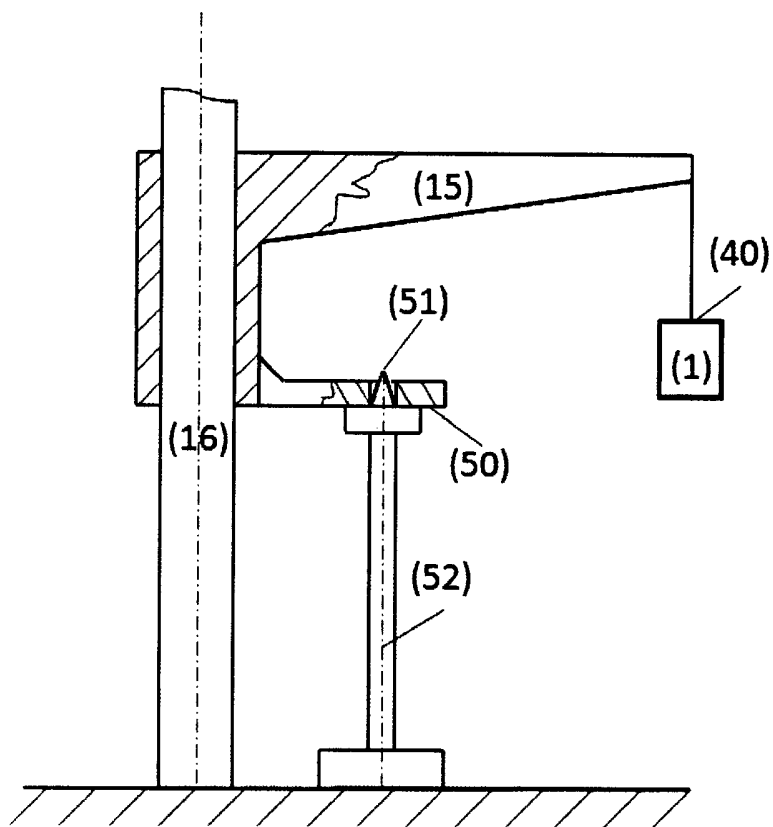
Seznam vztahových značek:

	1	– zkušební těleso,
	2	– izolace,
	3	– čelní plocha testovacího tělesa
30	3 až 8	– teplotní čidla osazená na zkušebním tělese,
	9	– kapalně ochlazovací médium,
	10	– plynně ochlazovací médium,
	11	– nástavec trysky,
	12	– průtokové čidlo kapalného média,
35	13	– průtokové čidlo plynného média,
	14	– koncová tryska,
	15	– posuvný držák,
	16	– vodící tyč,
	18	– teplotní čidlo kapalného média,
40	20	– platinové teplotní čidlo teplé lázně,
	21	– vyhřívaná deska,
	30	– vertikální pec,
	40	– závěsné očko,
	41	– zásobník s kapalným ochlazovacím médiem (voda, olej),
45	42	– zásobník s plynným ochlazovacím médiem,
	43	– zásobník s teplou lázní (soli, nízkotavitelné kovy),
	50	– dosedací plocha posuvného držáku,
	51	– kónický dosedací čep,
	52	– stavitelný doraz,
50	60	– cirkulační okruh,

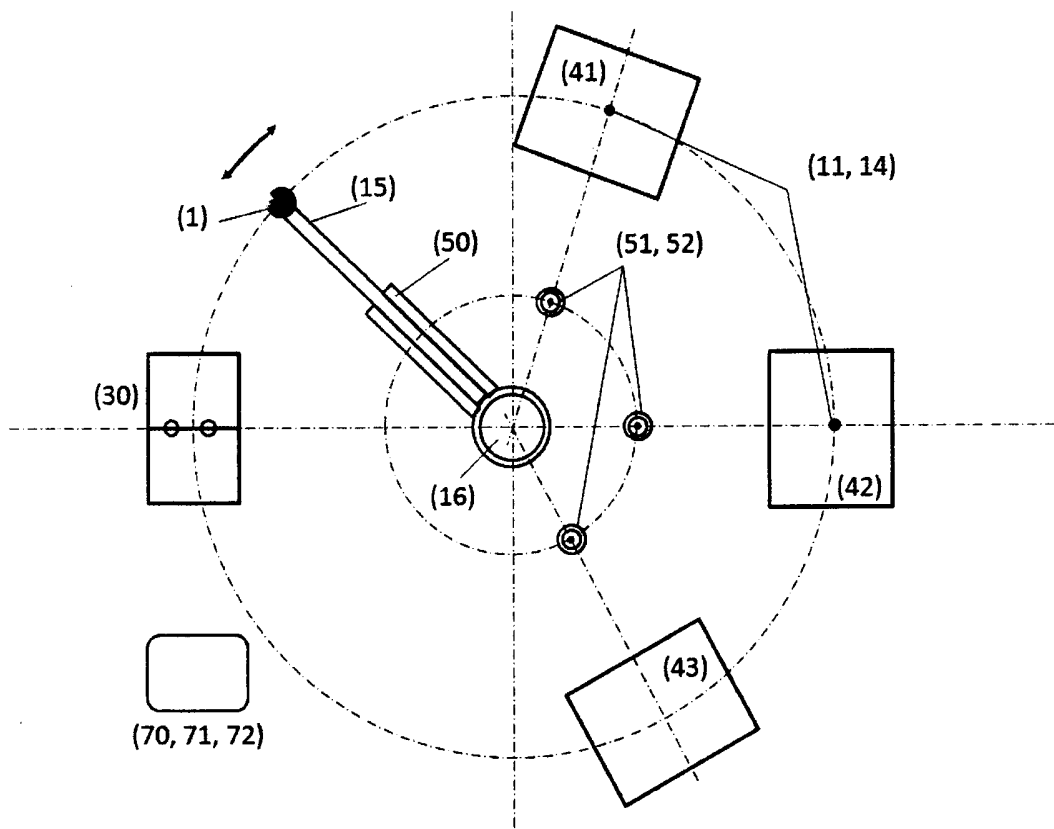
	61	– chladič,
	62	– trojcestný ventil,
	63	– dvojcestný ventil,
	64	– rychlospojky,
5	65	– filtr nečistot,
	66	– čerpadlo,
	67	– vzduchový ventil,
	68	– topná spirála,
	69	– čidlo teploty plynného média,
10	70	– modul vzdálených vstupů pro teplotní čidla,
	71	– modul vzdálených vstupů pro průtoková čidla,
	72	– řídicí jednotka se software.



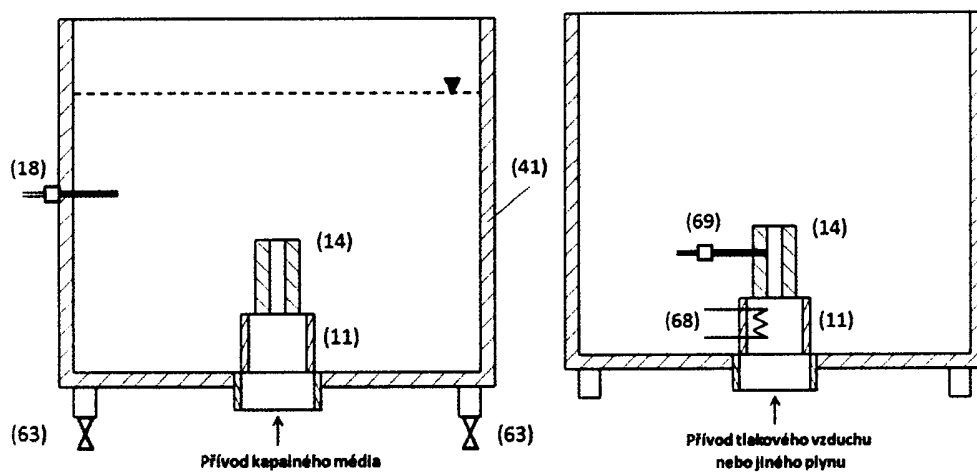
Obr. 1



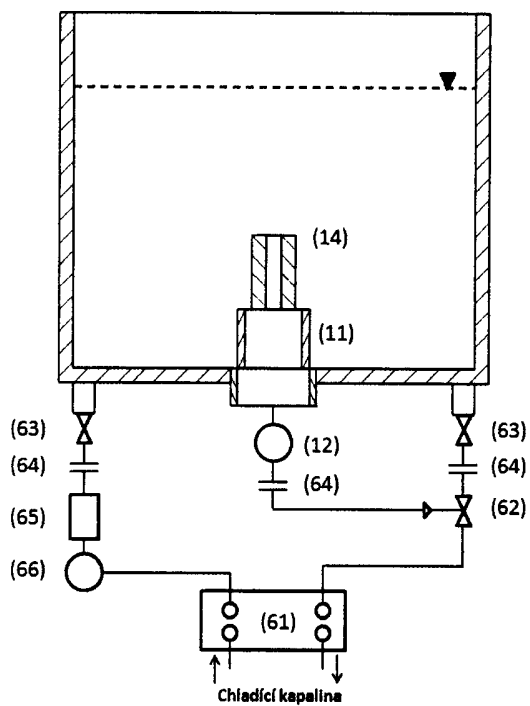
Obr. 2



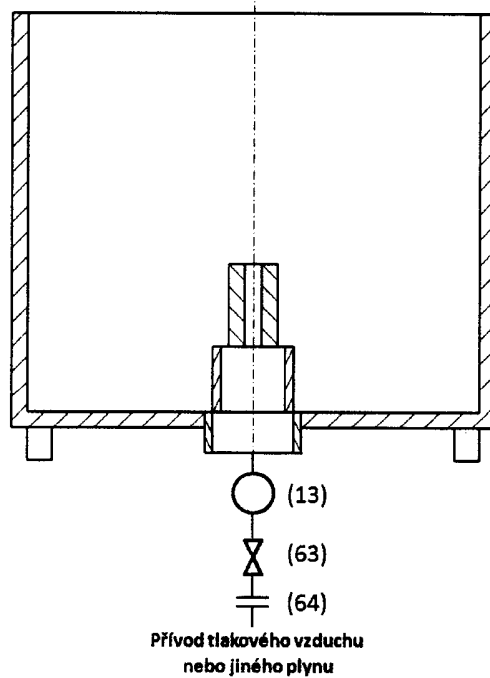
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5A



Obr. 5B