

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

23258

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01N 27/02 (2006.01)

G01N 27/12 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLUVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2011 - 24639**

(22) Přihlášeno: **26.07.2011**

(47) Zapsáno: **16.01.2012**

(73) Majitel:

Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:

Škramlík Jan Ing. Ph.D., Brno, CZ

Novotný Miloslav Doc. Ing. CSc., Brno, CZ

Fuciman Ondřej Ing. Ph.D., Brno, CZ

Šuhajda Karel Ing. Ph.D., Bílovice nad Svitavou, CZ

(74) Zástupce:

Patentová a známková kancelář, Ing. Jiří Malůšek, Mendlovo nám. 1a, Brno, 60300

(54) Název užitého vzoru:

Aparatura pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty

CZ 23258 U1

Aparatura pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty

Oblast techniky

Technické řešení se týká aparatury pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty, zvláště na principu využití elektromagnetického mikrovlnného záření.

5 Dosavadní stav techniky

Převážným typem realizovaných stěnových stavebních konstrukcí jsou zděné konstrukce z kusových staviv spojovaných maltou. Značná část stavebních poruch je zapříčiněna a provázena vlivem nežádoucího působení vlhkosti. Současné trendy ve stavebnictví jsou směřovány na využití nových, lehkých stavebních hmot a přitom jsou kladeny stále vyšší požadavky na bezporuchovou funkci stavebních konstrukcí, zejména na tepelně izolační schopnost obvodových plášťů. Stále nedostatečně vyřešeným tématem při studiu materiálových vlastností pórovitých staviv je zjišťování charakteristických materiálových parametrů pro posuzování vlhkostního stavu ve stavebních konstrukcích. Potřebnou veličinou je součinitel vodivosti kapilární vlhkosti, který se odvozuje z měření saturační a desaturační křivky (průběh navlhání a vysychání) podle pohybu polohy vlhkostního profilu v nestacionárním stavu (tj. před dosažením úplného provlhnutí) průběhu navlhání.

K tomuto účelu je běžně používána gravimetrická metoda, která je základním způsobem zjišťování obsahu vlhkosti v látce. Nevýhodou je vyjádření jedné křivky pro každý jeden vzorek a nepřesnosti výsledků vlivem manipulace se vzorkem a malá četnost zjišťovaných hodnot s ohledem na lámání vzorku materiálu (cca po 20 mm). Proto je možné gravimetrickou metodou uplatnit pouze metodu Matanovu.

Nedestruktivní metoda umožňuje získání podstatně vyšší četnosti přesnějších výstupů (cca po 3 mm) a vyloučení ztrát manipulací se vzorkem. Kromě toho jsou výstupy měření kontinuálně snímány a vyhodnocovány elektronicky bez vlivu chyby lidským faktorem.

25 Uplatněná nedestruktivní metoda pomocí elmg. záření je ve srovnání s metodou NMR (která se uplatňuje v medicíně) z hlediska porřízení dostupnější a také bezpečnější co do ochrany před nebezpečným zářením.

Vlhkostní vlastnosti pórovité hmoty jsou dosud ne zcela probádanou oblastí z hlediska jejich posuzování pro praktické účely stavební praxe. Problematikou se zabývá ČSN 15026 (2007), která vychází ze zjišťování rozdílu tlaků a ČSN EN ISO 15148 (2004), která uvádí pouze informativní zmínku vycházející z doporučení měření metodou NMR, bez bližšího stanovení způsobu zjišťování vstupních hodnot pro výpočet součinitele kapilární vodivosti. Navhací křivky získané nedestruktivní metodou na experimentálně sestavené měřicí aparatuře jsou použitelné pro stanovení součinitele kapilární vodivosti jako charakteristického vlhkostního parametru pro posuzování vyjádření vlhkostních vlastností pórovité hmoty pro zakomponování do posuzování stavebních materiálů z hlediska tepelně technických vlastností.

Způsob stanovení charakteristického vlhkostního parametru součinitele kapilární vodivosti vychází ze známých fyzikálních zákonů. Dosazením Lykovova vztahu pro hustotu toku vlhkosti do rovnice kontinuity dostaneme

$$40 \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\kappa(u) \frac{\partial u}{\partial x} \right)$$

kde

- u je funkce hmotnostní vlhkosti vzorku,
- x je souřadnice v délce vzorku,
- κ je hledaný součinitel kapilární vodivosti.

Na obr. 1a je navlhací křivka vytvářející vlhkostní čelo profilu šíření vlhkosti v materiálu.

Polopřímku s okrajovou podmínkou

$$u(0,t) = u_1$$

kde

- 5 u_1 je maximální vlhkost (pozn. maximálního nasycení není možné dosáhnout - zbytek je kostra),
a počáteční podmínkou

$$u(x,0) = u_2$$

kde

- 10 u_1 je vlhkost získaná v čase,
 u_2 je konstantní vlhkost (jako počáteční vlhkost za předpokladu, že materiál není zcela suchý),
lze pro $x > 0$ převést Boltzmannovou transformací, dosazením do původní diferenciální rovnice a postupným derivováním:

$$\kappa(\omega(x)) = \frac{1}{u'(x)2\sqrt{t}} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} \cdot \int_x^\infty u'(\xi) d\xi \quad [4]$$

kde

- 15 ω je nová proměnná,
 u je hmotnostní vlhkost materiálu vzorku,
 u_1 je relativní vlhkost materiálu vzorku,
 x je souřadnice v délce vzorku,
 t je časový interval měření,

- 20 a pro novou proměnnou ω platí:

$$\omega(0) = u_1$$

a

$$\omega(\infty) = u_2$$

když \sqrt{t} bude konvergovat k nule.

- 25 Výše uvedená metoda spočívá v tom, že se měřený vzorek o určité délce navlhčí na čele a voda se po určitou dobu nechá vzorkem vzlínat. Poté se vzorek rozdělí na několik segmentů - vzorků, které mají různou míru navlhčení. Změří se vlhkost v jednotlivých segmentech a na základě výsledku se stanoví křivka rozložení vlhkosti ve vzorku. Tato metoda obecně je zatížena nepřesnostmi při manipulaci se vzorkem a je prakticky nepoužitelná pro opakovaná měření na daném vzorku pro uplatnění integrální metody ke stanovení součinitele kapilární vodivosti.

Pro měření vlhkosti by bylo možno použít měřicí metodu absorpce neutronového záření, využívající principu jaderné magnetické rezonance. Tato metoda je ovšem velmi drahá a vyžaduje velké strojní vybavení a nároky na ochranu před nebezpečným zářením a proto ve stavební praxi nevhodná.

- 35 Ze spisu CZ 301475 B1 je znám způsob sledování šíření vlhkosti v pórovitých hmotách, kdy se po zavěšení vzorku na váhu pod něj přivede nádržka s kapalinou pomocí polohovacího mechanismu nádržky tak, aby bylo čelo vzorku smáčeno kontaktem s hladinou kapaliny, načež se přivede ke vzorku mikrovlnné záření pomocí vlnovodů a nechá se procházet vzorkem u jeho čela a po spuštění představovacího zařízení se vlnovody kontinuálně posunují směrem nahoru v délce sledovaného vzorku a měří kontinuálně vlhkost v saturované oblasti od čela vzorku nahoru, přičemž se měří změna procházejícího záření a změna hmotnosti vzorku v čase a výsledky jsou kvantifikovány a dále vyhodnocovány na připojeném počítači. Zařízení k provádění tohoto způ-

5 sobu sestává z polohovacího mechanismu pro přestavování výšky nádržky a tím i hladiny kapaliny, přičemž závěs je v horní části upevněn na digitální váze umístěné nad ním, přičemž nad nádržkou je uspořádán vysílací vlnovod mikrovlnného záření na jehož okraji odvráceném od nádržky je uspořádán zdroj mikrovlnného záření, přičemž z druhé strany je proti vysílacímu vlnovodu uspořádán ve stejné výšce přijímací vlnovod, přičemž oba vlnovody jako jedna jednotka jsou přestavitelně uspořádány na nosném rámu přes přestavovací zařízení, a vlnovody jsou provedeny z dutého kovového profilu a vzorek je uspořádán mezi vzájemně přivrácenými konci vlnovodů, přičemž na přijímacím vlnovodu je na odvrácené straně od nádržky uspořádán přijímač mikrovln, napojený na multimetr. Práce s tímto mechanismem se však ukázala jako nepřesná a výsledky nebyly vyhovující.

Cílem technického řešení je představit aparaturu pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty, která by umožnila přesné, automatické, opakovatelné měření s možností programování průběhu měření ke stanovení součinitele kapilární vodivosti.

Podstata technického řešení

15 Výše uvedené nedostatky odstraňuje aparatura pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty, která nad známé zařízení dále sestává ze základní desky, na které je svisle upevněna dvojice svislých vodicích lišt, přičemž na vodicích lištách je kluzně uspořádán rám váhy, přičemž rám váhy je zezadu opatřen šroubovým pouzdrem, kterým je protažena závitová hnací tyč, uložená v motoru a hnací tyč je nahoře volně otáčivě uložena v horním pouzdru, přičemž od počítače k motoru vede motorový komunikační kabel a od počítače k vlnovodu vede reléový komunikační kabel opatřený relé pro spínání/vypínání záření. Taková aparatura umožní automatizované a velmi přesné měření.

Přehled obrázků na výkresech

25 Technické řešení bude dále přiblíženo pomocí výkresů, na kterých obr. 1a představuje navlhací křivku vytvářející vlhkostní čelo profilu šíření vlhkosti v materiálu, obr. 2 představuje aparaturu pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty podle technického řešení, obr. 2 až 16 znázorňují schematicky jednotlivé kroky způsobu měření podle technického řešení na aparatuře podle obr. 1, obr. 17 je grafické znázornění prvního kalibračního měření, obr. 18 je grafické znázornění vlastního měření, obr. 19 je grafické znázornění druhého kalibračního měření, obr. 20 znázorňuje grafický výstup výsledků zpracování hodnot jednotlivých měření ve zvolených časových intervalech jako prostorové trojrozměrné rozložení fyzikálních veličin, obr. 21 je grafické znázornění výsledného nárůstu hmotnostní vlhkosti vzorku v důsledku kontaktu s vodní hladinou jedné ze získaných navlhacích křivek, obr. 22 představuje vyobrazení výsledné matice trojrozměrného zobrazení šíření vlhkosti ve sledovaném vzorku materiálu na základě jednotlivých měření, obr. 23 představuje navlhací křivku v nestacionárním stavu navlhání v určitém čase od počátku navlhání, obr. 24 představuje průběh navlhání vzorku materiálu ve vybraném řezu. Je vyobrazeno grafické vyjádření rozložení hmotnostní vlhkosti v průběhu navlhání vzorku a obr. 25 je zobrazení funkční závislosti součinitele kapilární vodivosti na hmotnostní vlhkosti u konkrétního vzorku.

Příklad provedení technického řešení

45 Na obr. 1 je vidět z konstrukčního schématu, že aparatura 1 pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty podle technického řešení sestává ze základní desky 2, na které je upevněna dvojice vodicích lišt 3. Na vodicích lištách 3 se kluzně pohybuje rám 4 váhy 5. Rám 4 je zezadu opatřen šroubovým pouzdrem, kterým je protažena závitová tyč 16, uložená v motoru 6, kterým je hnaná a nahoře volně otáčivě uložena v horním pouzdru 24. Závitová tyč 16 představuje polohovací mechanismus, který slouží k přestavování výšky rámu 4 a tím i výšky zkušební vzorku 13. Zkušební vzorek 13 je zavěšený na závěsu 11, který je uchycen na digitální váze 5 nad ním a je uchycen v uchycení 12. Pod základní deskou je uspořádána nádržka 14 s vodou 15 a nad ná-

držkou 14 jsou ve spodní části desky 2 uspořádány vlnovody 8, 8a mikrovlnného záření. Na vysílacím vlnovodu 8 je na okraji zdroj 7 záření, což je v našem případě Gunnova dioda, napojený na zdroj napětí potřebného pro funkci Gunnovy diody. Před zdrojem 7 záření je uspořádána vysílací anténa 9 a na druhém, přijímacím vlnovodu 8a je uspořádána přijímací anténa 10. Oba vlnovody 8, 8a jakožto jedna jednotka jsou stabilně uspořádány na desce 2. Vlnovody 8, 8a jsou provedeny z dutého kovového profilu. Vzorek 13 je uspořádán mezi vzájemně přivrácenými konci vlnovodů 8, 8a. Na přijímacím vlnovodu 8a je uspořádán přijímač mikrovln 10, napojený na voltmetr 18, kde lze odečítat hodnoty změny intenzity záření na výstupu. Voltmetr 18 je připojený k počítači 23, kde lze pomocí odpovídajícího programu sledovat výsledky, např. ve formě křivek - o tom bude pojednáno později. K přenosu indikovaných veličin slouží také komunikační program k odečítání údajů na displeji digitální váhy a software programu k voltmetru 18. Od počítače 23 k motoru vede motorový komunikační kabel 19, od počítače 23 k váze 5 vede váhový komunikační kabel 22, od počítače 23 ke zdroji 7 záření vede reléový komunikační kabel 21 opatřený relé 17 pro spínání/vypínání záření a od počítače 23 ke zdroji 7 záření vede voltmetrový komunikační kabel 20, opatřený výše zmíněným voltmetrem 18.

Před dalším popisem funkce aparatury podle technického řešení je dobré připomenout obecné vlastnosti zkoušených materiálů. Při smáčení čela vzorku 13 kontaktem s hladinou vody 15 dojde v určitém časovém úseku k nasátí vlhkosti do určité výše vzorku. Jde o tzv. profil vlhkostního čela. Vlhkost je nejvyšší ve vzorku u hladiny kapaliny a směrem nahoru v délce vzorku jí ubývá. Tato měnící se vlhkost je předmětem zkoumání.

Cílem měření je zjistit gradient vlhkosti. Známe-li časové a prostorové rozložení vlhkosti, tedy tzv. gradient vlhkosti, je možné z naměřených hodnot vypočítat hodnoty součinitele kapilární vodivosti K .

Na obr. 1a je vyjádření parametrů potřebných pro stanovení součinitele kapilární vodivosti. Položka t je interval měření, gradient vlhkosti je poměr du/dx . Na ose x je délka vlhkostního čela a na ose u je hmotnostní vlhkost.

Při použití nestacionární metody pro určení součinitele kapilární vodivosti je vhodné znát několik křivek navlhání pro různé časy od začátku experimentu pro jeden stejný vzorek (metoda integrální).

Na obr. 2 až 15 je v jednotlivých krocích znázorněn způsob měření na aparatuře podle technického řešení. Ten probíhá následovně:

Obr. 2 - vážení vzorku 13,

obr. 3 - kalibrace polohy vzorku 13, který vyjede do horní krajní polohy HP a zapnutí mikrovlnného záření - paprsek z,

obr. 4 - rychlá jízda vzorku 13 dolů, vyhledání vlnovodů na základě změny napětí, jemný dojezd na paprsek z. Dochází k prvnímu kalibračnímu měření. Zde je znázorněn počátek průjezdu a vzorek pokračuje projetím přes paprsek z a dochází ke stanovení matice K_1^* ,

obr. 5 - vzorek projel paprskem a dochází k vypnutí záření.

Na obr. 17 je grafické znázornění, pomocí obr. 4 a 5 popsaného, prvního kalibračního měření - stanovení matice K_1^* při pomalém posuvu vzorku mezi vlnovody, kdy $*$ je označení trojrozměrné matice. Jedná se o proměření vzorku ve vysušeném stavu v jeho délce. Je to grafické vyjádření změny intenzity elektrického napětí detekovaného přijímací anténou po průchodu vzorkem materiálu v závislosti na obsahu vlhkosti v délce od jeho spodního konce.

Na vodorovné ose je vyznačen čas pojezdu vzorku mezi vlnovody v sekundách, na svislé ose jsou uvedeny hodnoty snímaného elektrického napětí v milivoltech.

Z grafu je zřejmé, že v celé délce vzorku jsou hodnoty snímaného elektrického napětí prakticky neměnné, rozptyl snímaných hodnot elektrického napětí v délce vzorku je zanedbatelný „šum při

snímání měření“, který je zapříčiněn strukturou materiálu vzorku. Tato „kalibrace“ představuje základní podklad pro vyhodnocení následných měření.

V grafu (v čase 0 až 4 sekundy) je zaznamenán počáteční úsek a křivky, což je „náběh vzorku mezi vlnovody“, kdy je detekováno vysílané záření bez vzorku, a úsek b (v čase 4 až 16 sekund), kdy se vzorek dostává mezi vlnovody. Tyto počáteční úseky nejsou pro další zpracování směrodatné. Rozhodující je úsek c.

Obr. 6 - hrubé vyhledání hladiny rychlou jízdou dolů a to na základě změny hmotnosti vzorku v důsledku kontaktu jeho čela s vodou.

Obr. 7 - příprava jemného vyhledání hladiny rychlým zvednutím vzorku nad hladinu, aby nestihl nasávat vlhkost.

Obr. 8 - jemné vyhledání hladiny h na základě změny hmotnosti vzorku - pomalá jízda až na hladinu

Obr. 9 - ukončení kalibrace, rychlý výjezd nad hladinu

obr. 10 - jemné vyhledání hladiny na základě hrubého vyhledání z kalibrace (znázorněno na obr. 6)

obr. 11 - příprava měření - rychlý výjezd nad vlnovody

obr. 12 - zapnutí mikrovlnného záření z, probíhá vlastní měření (tedy průjezd vzorku Gunnovou diodou), stanovení matice A_n^* , pomalá jízda dolů při průjezdu.

Následuje opakování měření, tedy opět jemné vyhledání hladiny (obr. 10), rychlý výjezd nad vlnovody, zapnutí mikrovlnného záření z (obr. 11), vlastní měření, stanovení matice A_n^* pomalá jízda dolů (obr. 12) - každý průjezd znamená získání navlhací křivky NK.

Na obr. 18 je grafické znázornění vlastního měření - stanovení matice A_n^* při pomalém posuvu vzorku 13 mezi vlnovody 8, 8a - viz situace popisovaná na obr. 10 až 12. Jedná se o proměření vzorku v průběhu navlhání kontaktem spodní plochy jeho průřezu s vodní hladinou ve zvolených časových intervalech kde * je označení trojrozměrné matice. Jedná se o grafické vyjádření naměřených hodnot detekované změny intenzity elektrického napětí v závislosti na vlhkosti vztlínající do vzorku materiálu v čase pojezdu vzorku mezi vlnovody v jeho délce.

Vodorovná osa znázorňuje zaznamenaný čas pojezdu vzorku jednotlivých měření v sekundách, přičemž každé měření začíná v čase „nula“ (jedná se tedy o čas relativní). Každé měření však vzhledem k absolutnímu času probíhá až po stanovených časových intervalech navlhání vzorku (například po 15 minutách) - viz obr. 4.

Na svislé ose jsou vyznačeny hodnoty naměřeného elektrického napětí jednotlivých měření v milivoltech. Na obrázku je znázorněno deset postupných měření, avšak lze provést počet libovolný.

Jedná se o proměření vzorku v průběhu jeho navlhání.

V grafu jsou ponechány u křivek počáteční úseky a (v čase 0 až 4 sekundy), kdy probíhá prozařování bez vzorku, a náběhové úseky b (v čase 4 až cca 16 sekund), kdy se vzorek postupně posouvá mezi vlnovody. Tyto počáteční úseky nejsou pro další zpracování využity. Rozhodující je úsek c. Naměřené hodnoty jsou podkladem pro další zpracování výpočtem.

Obr. 13 - ponoření vzorku, pomalá jízda celého vzorku pod hladinu, navlhání, čekání se vzorkem pod hladinou po stanovenou dobu

obr. 14 - příprava druhého kalibračního měření, rychlá jízda vzorku nad vlnovody

obr. 15 - zapnutí záření z, probíhá druhé kalibrační měření, zde je znázorněn vzorek nad paprskem před počátkem průjezdu a vzorek pokračuje projetím přes paprsek z do spodní polohy na tomto obrázku a dochází ke stanovení matice K_2^* .

Na obr. 19 je grafické znázornění druhého kalibračního měření - stanovení matice K_2^* - pomalý posuv vzorku mezi vlnovody - viz popis děje zobrazeného na obr. 14 a 15. Výstup měření vzorku materiálu po navlhnutí jeho ponořením pod hladinu po určitou dobu kde * je označení trojrozměrné matice.

5 Je zde znázorněno grafické vyjádření hodnoty detekovaného elektrického napětí v závislosti na změně intenzity elektromagnetického mikrovlnného záření v čase posuvu vzorku mezi vlnovody v jeho délce. Vodorovná osa znázorňuje měřený čas posuvu vzorku v sekundách, na svislé ose jsou vyznačeny hodnoty snímaného elektrického napětí v milivoltech. Jedná se o proměření vzorku ve vlhkém stavu po jeho ponoření po určitou dobu pod hladinu vody - obr. 13 - Ponoření vzorku 13 pod hladinu a čekání vzorku pod hladinou.

V grafu je ponechán počáteční úsek a (v čase 0 až 4 sekundy), kdy probíhá prozařování bez vzorku, a náběhový úsek b (v čase 4 až 16 sekund), kdy se vzorek postupně dostává mezi vlnovody. Tyto počáteční úseky nejsou pro další zpracování využity. Rozhodující je úsek c.

15 Obr. 16 - vzorek je opět vážen, aby se zjistil přírůstek hmotnosti, což je poslední parametr, který je třeba zjistit - je to analogická situace jako na obr. 2. Může začít nový cyklus se vzorkem, který má přírůstek hmotnosti vlivem nasáknuté kapaliny z předchozího cyklu.

Vyhodnocení:

Zpracování matic ($K_1, A_1, A_2 \dots, A_n, K_2$)

Vykreslení grafů - viz obr. 17 až 22

20 Stanovení součinitele kapilární vodivosti při gradientu vlhkosti κ - viz obr. 23

* trojrozměrná matice:

1. čas

2. poloha vzorku

25 Na obrázku 20 je znázorněn grafický výstup výsledků zpracování hodnot jednotlivých měření ve zvolených časových intervalech jako prostorové trojrozměrné rozložení fyzikálních veličin.

První horizontální osa znázorňuje čas, tedy dobu měření v sekundách (jedná se o čas absolutní). Druhá horizontální osa znázorňuje délku měřeného vzorku v milimetrech. Na vertikální ose jsou vyneseny hodnoty hmotnostní vlhkosti v závislosti na čase navlhání a pozici profilu vlhkosti měřeného vzorku. Uvedený trojrozměrný graf lze zobrazit prostřednictvím libovolných řezů do dvojrozměrné podoby, jako podkladů pro výpočet součinitele kapilární vodivosti - viz následující grafy.

35 Na obr. 21 je grafické znázornění výsledného nárůstu hmotnostní vlhkosti vzorku v důsledku kontinuálního navlhání při kontaktu spodní plochy jeho průřezu s vodní hladinou. Vodorovná osa znázorňuje čas měření (v tomto případě čas absolutní). Na svislé ose jsou vyznačeny hodnoty hmotnostní vlhkosti vzorku. Hodnoty jsou stanoveny na základě odečtu hmotnosti vzorku v příslušném měření (částečné navlhnutí vzorku) od hmotnosti vzorku v suchém stavu - viz obr. 2: Stanovení hmotnosti suchého vzorku - vážení.

40 Na obr. 22 je vyobrazeno vykreslení výsledné matice trojrozměrného zobrazení šíření vlhkosti ve sledovaném vzorku materiálu na základě jednotlivých měření. Je to znázornění grafického výstupu výsledků zpracování hodnot jednotlivých měření ve zvolených časových intervalech jako prostorové trojrozměrné rozložení fyzikálních veličin. První horizontální osa znázorňuje čas, tedy dobu měření v sekundách (jedná se o čas absolutní). Druhá horizontální osa znázorňuje délku měřeného vzorku v milimetrech. Na vertikální ose jsou vyneseny hodnoty hmotnostní vlhkosti v závislosti na čase navlhání a pozici profilu vlhkosti měřeného vzorku. Uvedený trojrozměrný graf lze zobrazit prostřednictvím libovolných řezů do dvojrozměrné podoby, jako podkladů pro výpočet součinitele kapilární vodivosti - viz následující grafy.

45 Obr. 23 představuje navlhací křivku v nestacionárním stavu navlhání v určitém čase od počátku navlhání. Je vyobrazena jedna ze získaných navlhacích křivek jako grafické vyjádření rozložení

hmotnostní vlhkosti v délce vzorku. Jedná se o časový řez předchozího grafu na obr. 22, v tomto případě byla za konstantní čas vybrána hodnota 24 minut a 22 sekund. Graf znázorňuje profil vlhkostního čela ve zvoleném konkrétním čase.

5 Obr. 24 představuje průběh navlhání vzorku materiálu ve vybraném řezu. Je vyobrazeno grafické vyjádření rozložení hmotnostní vlhkosti v průběhu navlhání vzorku. Jedná se o délkový řez z grafu na obr. 22, v tomto případě byla za konstantní pozici ve vzorku vybrána hodnota 50 mm. Tento graf vyjadřuje průběh změny hmotnostní vlhkosti ve stanoveném konkrétním místě ve vzorku v průběhu navlhání při kontaktu jeho spodní plochy s vodní hladinou.

Průmyslová využitelnost

10 Na obr. 25 je zobrazena funkční závislost součinitele kapilární vodivosti na hmotnostní vlhkosti u materiálu keramický pálený střep, jehož charakteristika byla následující:

rozměry vzorku: délka 250 mm, šířka 60 mm, tloušťka 20 mm

navlhací médium: voda

teplota vody: 22 °C

15 teplota v místnosti: 22 °C

počáteční hmotnost: 668,9 g

počet cyklů: 10

interval mezi cykly: 15 min.

délka ponoření mezi cykly: 15 min.

20 konečná hmotnost: 702,2 g.

Aplikací výše uvedeného postupu a naměřených hodnot lze získat funkční závislost součinitele kapilární vodivosti na hmotnostní vlhkosti u různých materiálů.

V tepelně technických výpočtech se součinitel kapilární vodivosti běžně vyskytuje jako vstupní parametr. Zjištění jeho hodnoty pro konkrétní materiál však bývá často problematické. Pokud jej lze stanovit například z tabulek, bývá uveden pouze svou jedinou hodnotou, a to hodnotou v suchém stavu. Na základě výše uvedeného postupu je možné parametr součinitele kapilární vodivosti dosadit do tepelně technických výpočtů jako funkční závislost na hmotnostní vlhkosti, což tyto výpočty jednoznačně zpřesňuje.

N Á R O K Y N A O C H R A N U

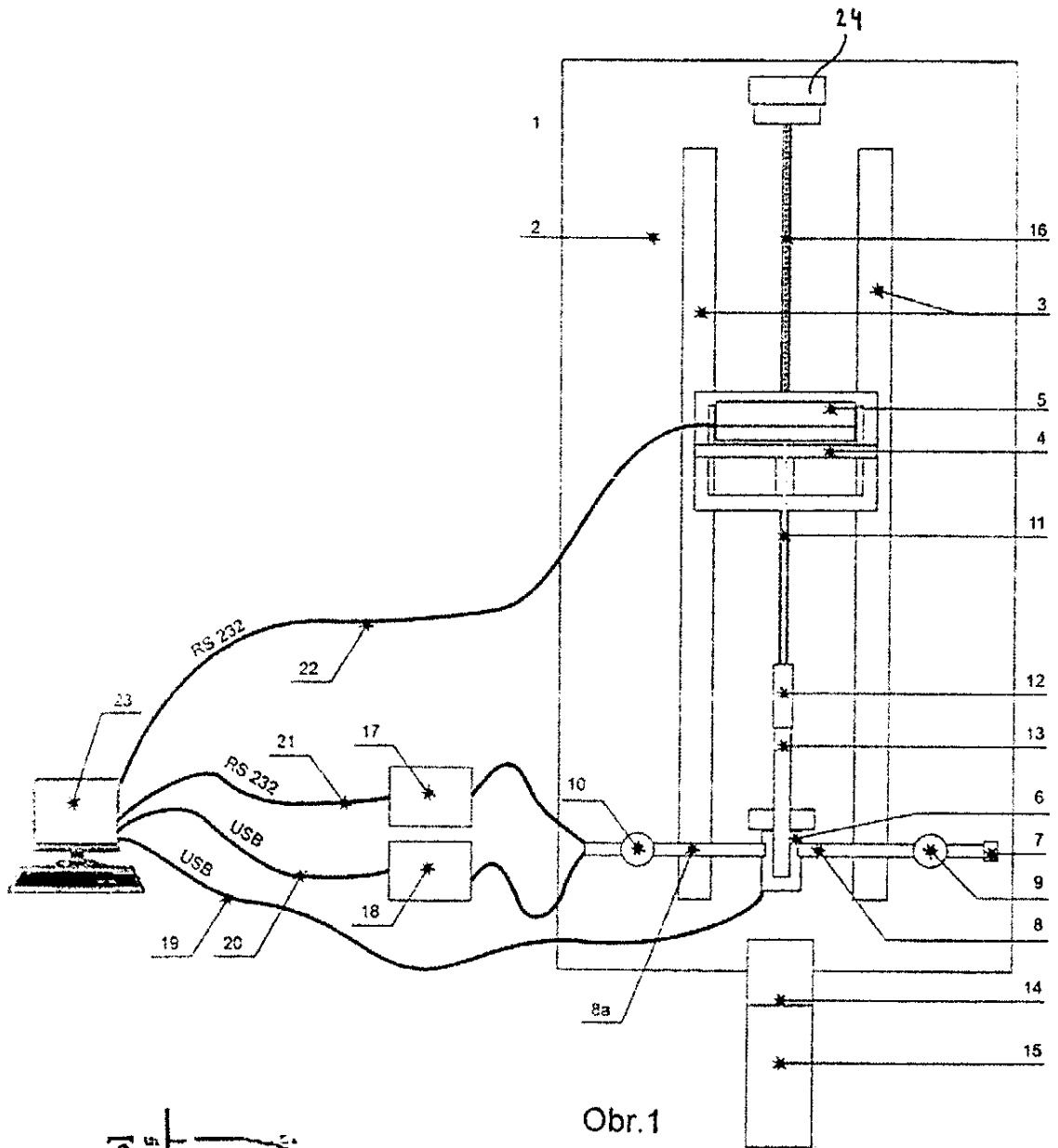
30 1. Aparatura pro měření vlhkostních parametrů pórovité hmoty obsahující závěs (11), pro zkušební vzorek, přičemž závěs je uchycen na digitální váze (5) nad ním, pod závěsem je uspořádána nádržka (14) s vodou (15) a nad nádržkou (14) jsou pod závěsem uspořádány vlnovody (8, 8a) mikrovlnného záření, přičemž na jednom vlnovodu (8) je na okraji zdroj (7) záření, provedený jako Gunnova dioda, napojený na zdroj napětí, přičemž před zdrojem (7) záření je uspo-

35 řádána vysílací anténa (9) a na druhém, přijímacím vlnovodu (8a) je uspořádána přijímací anténa (10) a oba vlnovody (8, 8a) jakožto jedna jednotka jsou stabilně uspořádány na rámu a od vlnovodů i od váhy jsou instalovány kabely k počítači, přičemž mezi vlnovodem a počítačem je uspořádán voltmetr, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že dále sestává ze základní desky (2), na které je svisle upevněna dvojice svislých vodicích lišt (3), přičemž na vodicích lištách (3) je kluzně uspo-

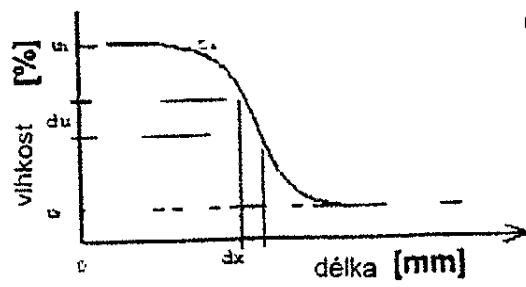
40 řádán rám (4) váhy (5), přičemž rám (4) váhy (5) je zezadu opatřen šroubovým pouzdem, kterým je protažena závitová hnací tyč (16), uložená v motoru (6) a hnací tyč (16) je nahoře volně otáčivě uložena v horním pouzdru (24), přičemž od počítače (23) k motoru (6) vede motorový komunikační kabel (19) a od počítače (23) ke zdroji (7) záření vede reléový komunikační kabel (21) opatřený relé (17) pro spínání/vypínání záření.

45

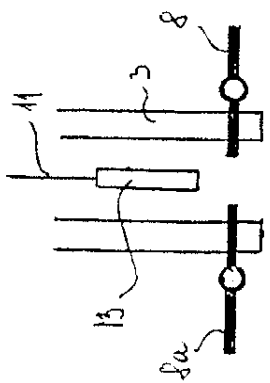
9 výkresů



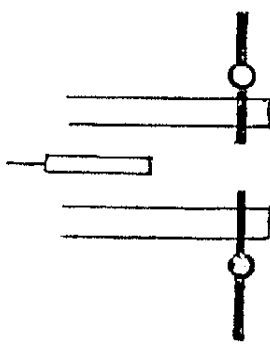
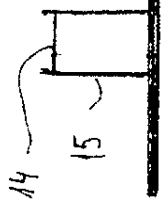
Obr. 1



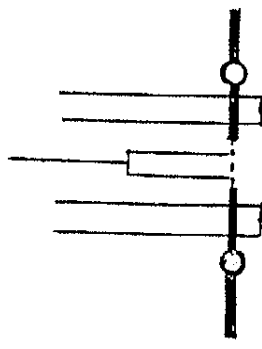
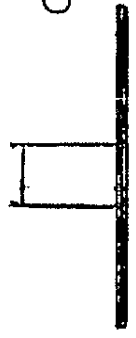
Obr. 1a



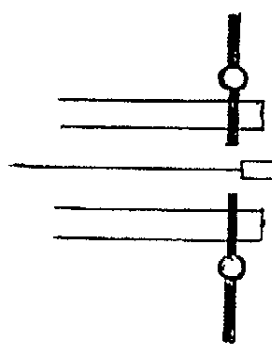
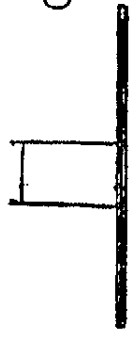
Obr.2



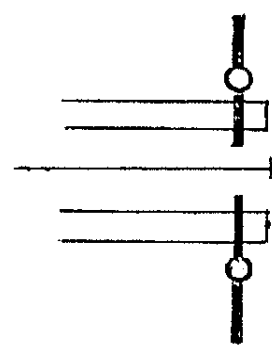
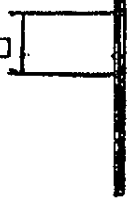
Obr.3



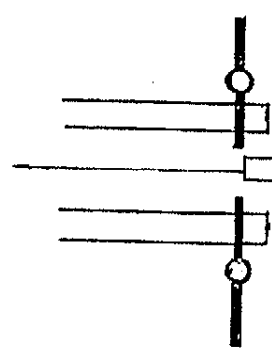
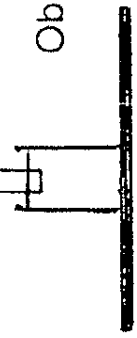
Obr.4



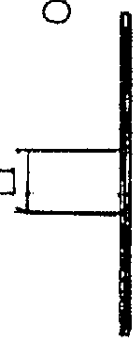
Obr.5

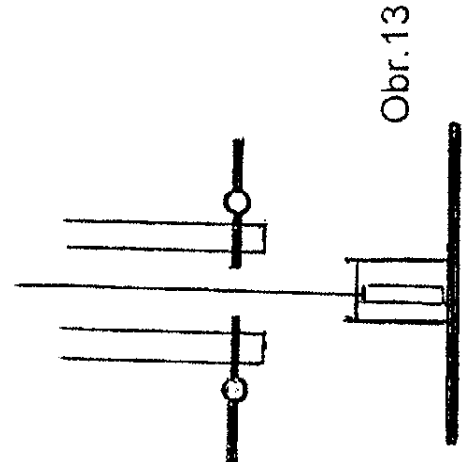
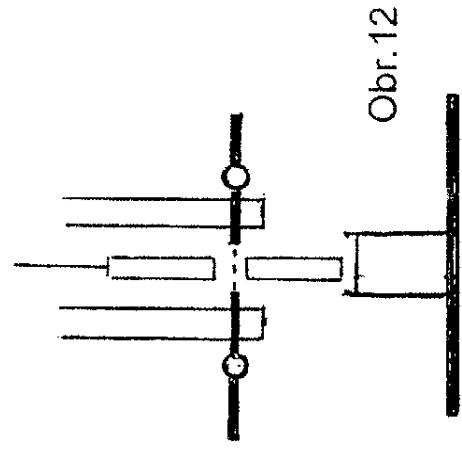
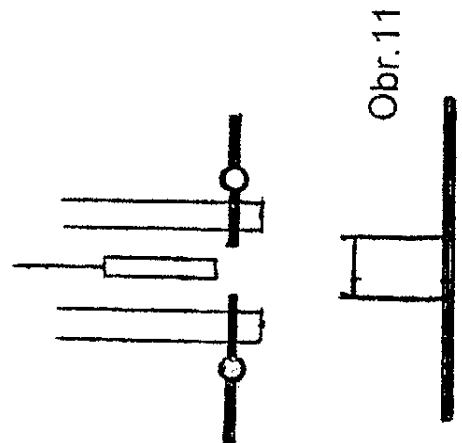
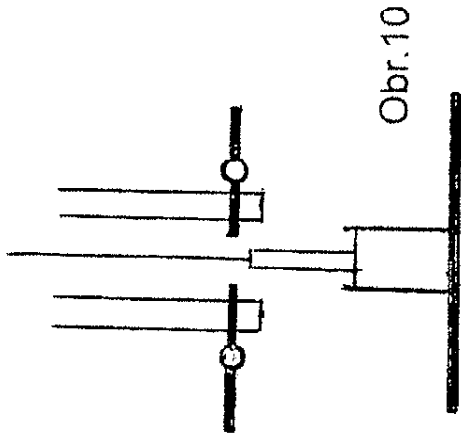
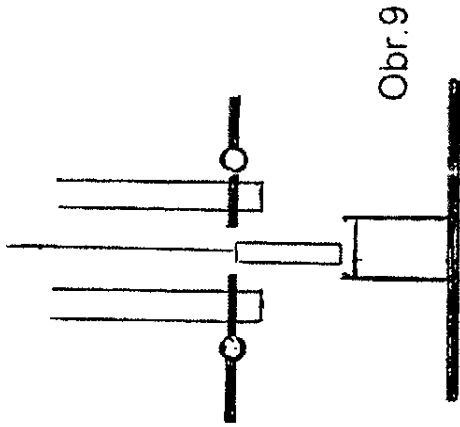
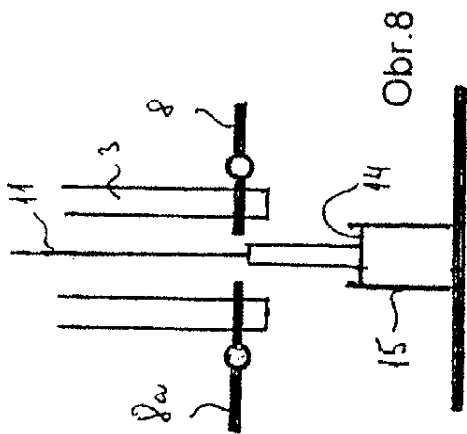


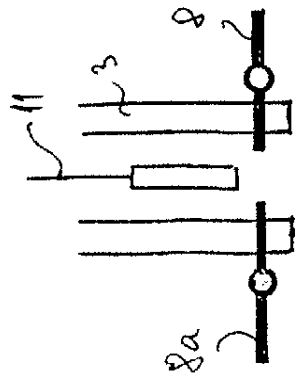
Obr.6



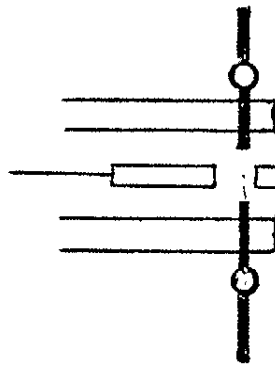
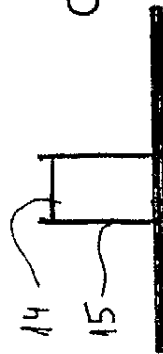
Obr.7



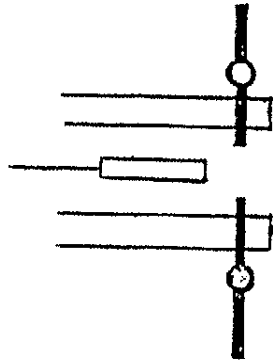




Obr. 14

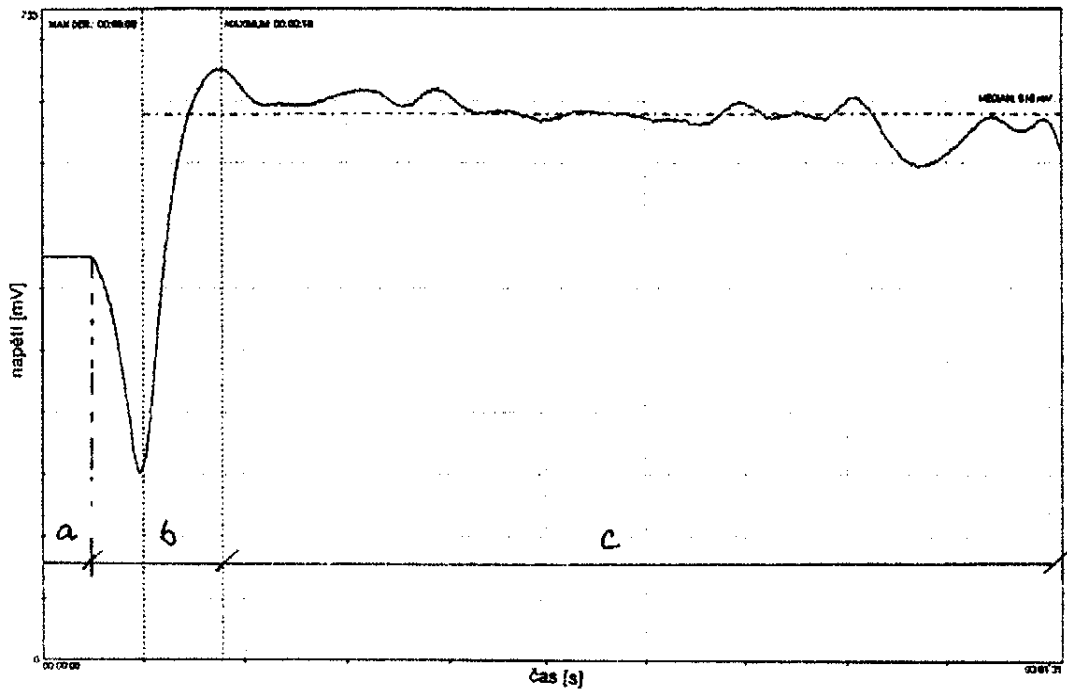


Obr. 15

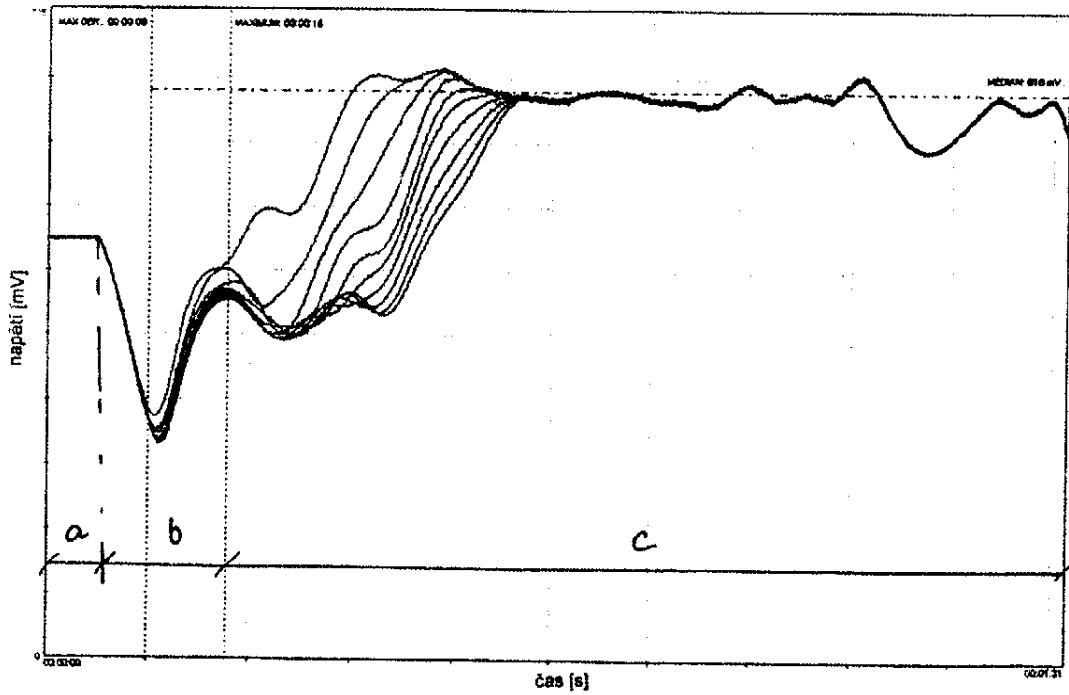


Obr. 16

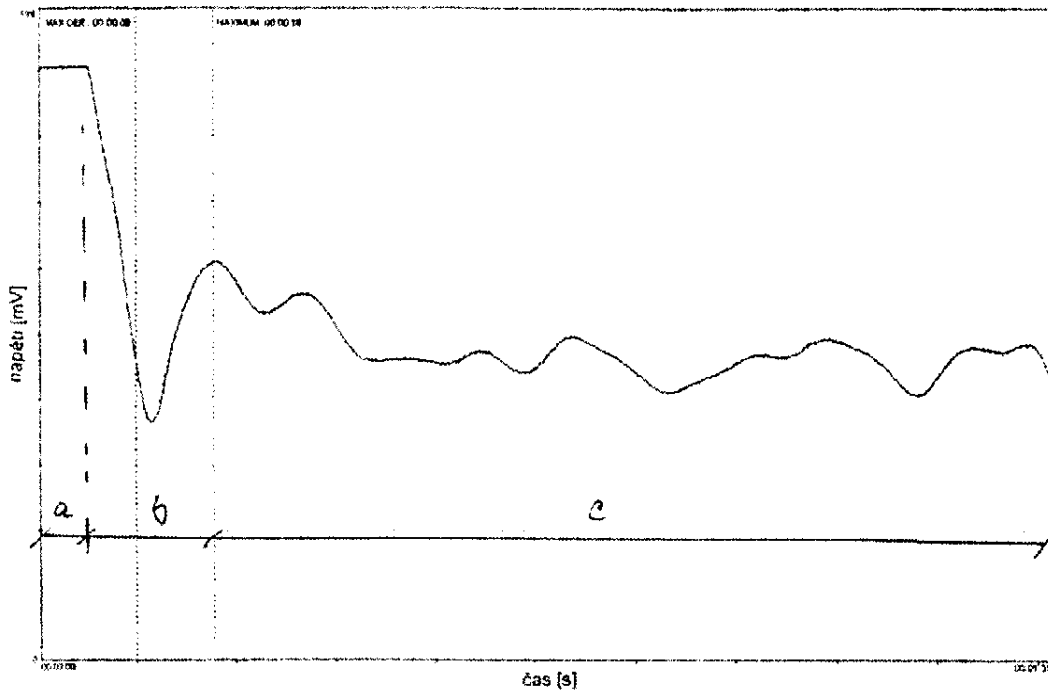




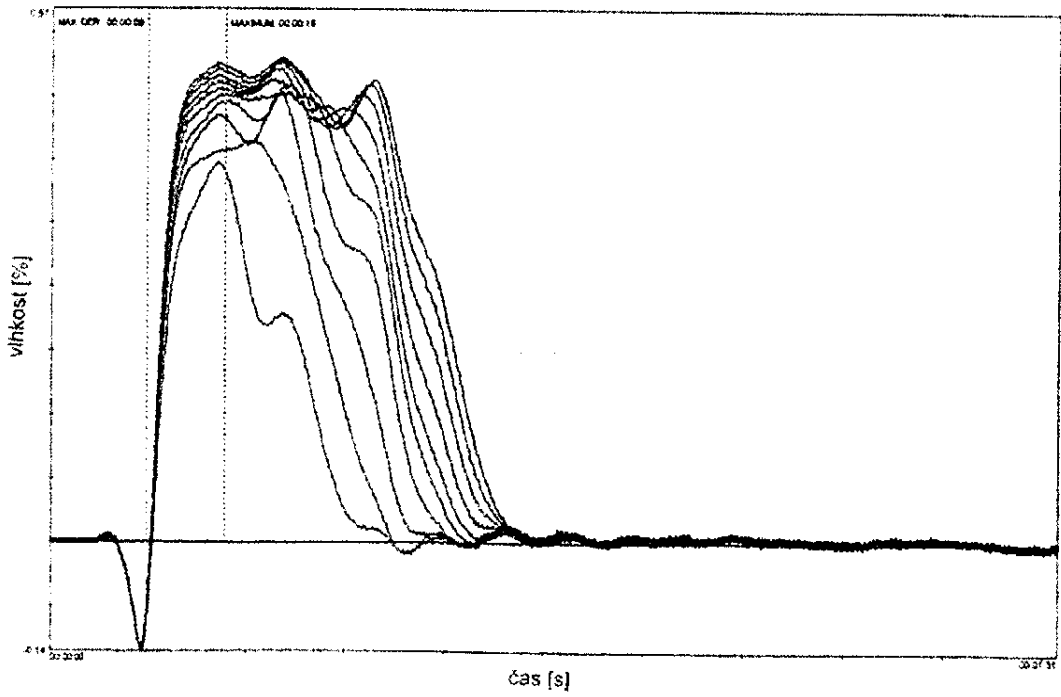
Obr.17



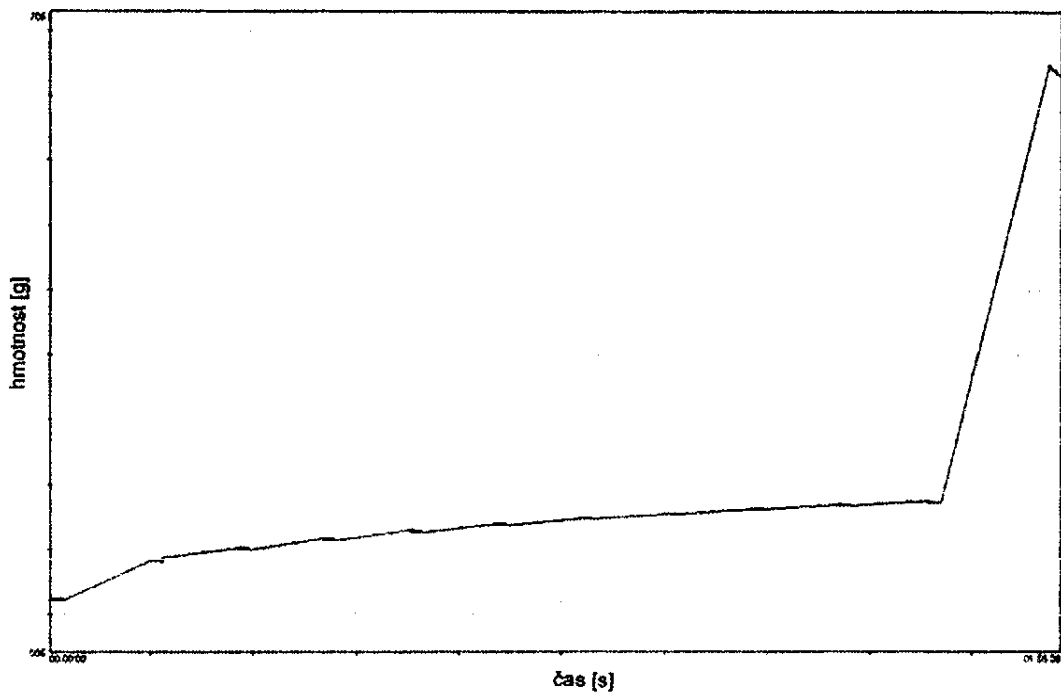
Obr.18



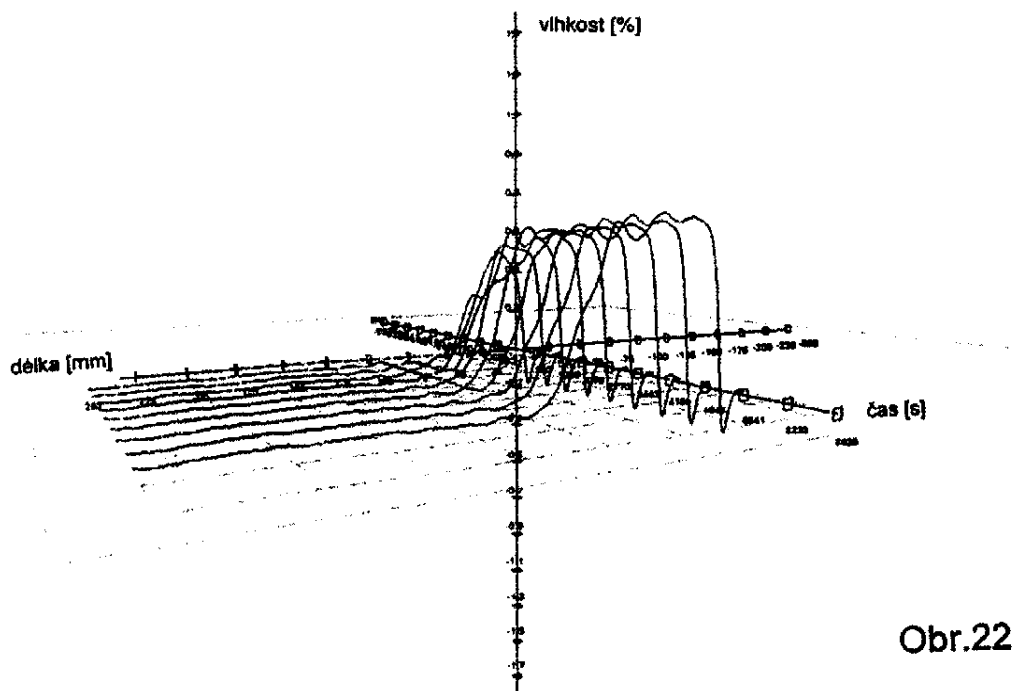
Obr.19



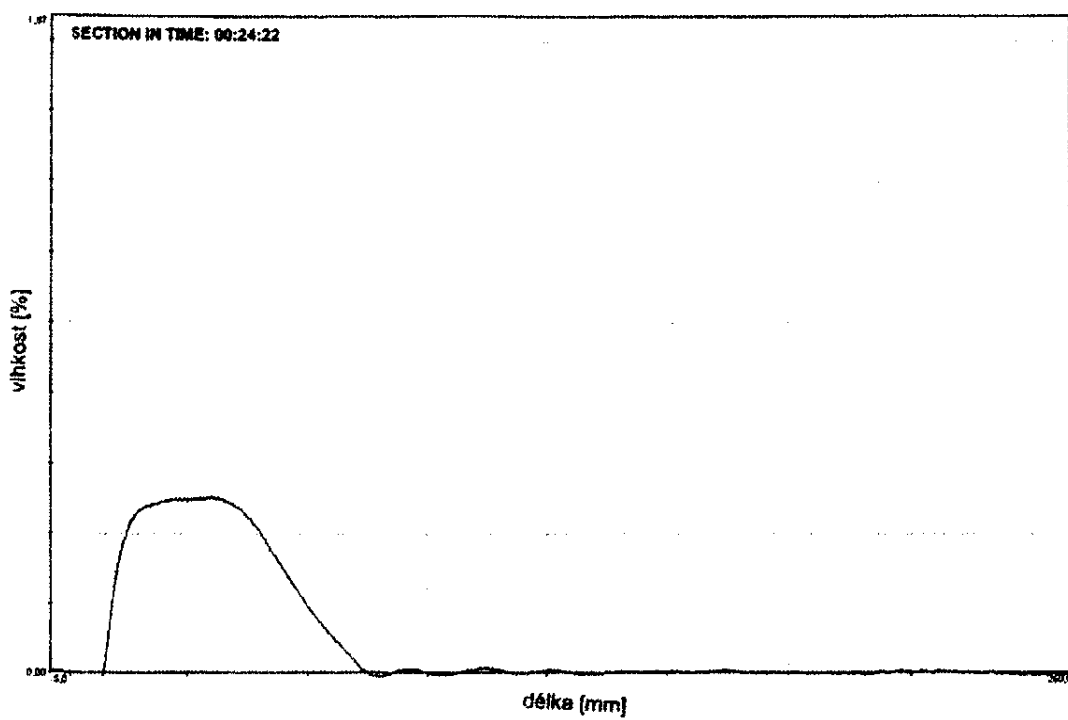
Obr.20



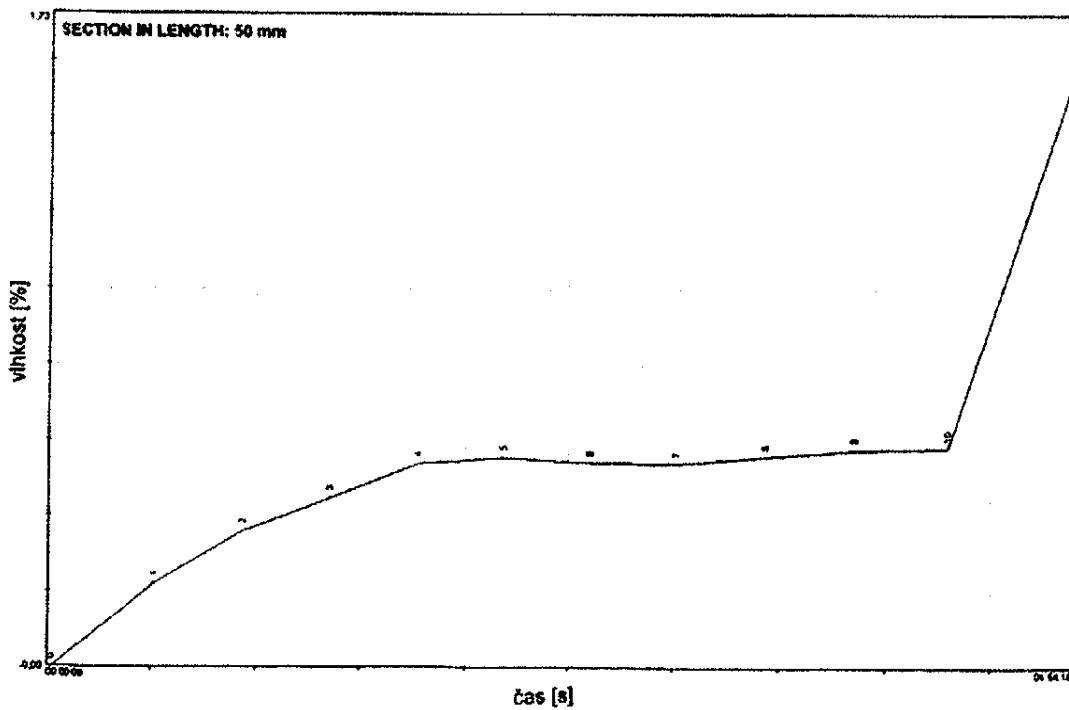
Obr.21



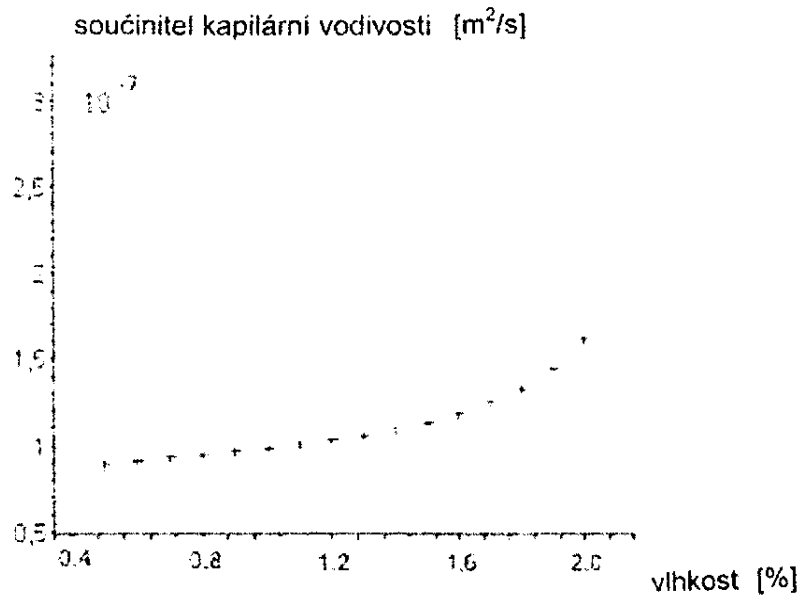
Obr.22



Obr.23



Obr.24



Obr.25

Konec dokumentu