

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

306 556

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G01N 3/42

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLICA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2015-420**
(22) Přihlášeno: **23.06.2015**
(40) Zveřejněno: **04.01.2017**
(Věstník č. 1/2017)
(47) Uděleno: **25.01.2017**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **08.03.2017**
(Věstník č. 10/2017)

(56) Relevantní dokumenty:
Puchnin, M., et al: COMAT 2012, 21. – 22. 11. 2012.
RU 100 261 U1; US 5 490 416.

(73) Majitel patentu:
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta
strojní, Ústav materiálového inženýrství, Praha 6,
CZ

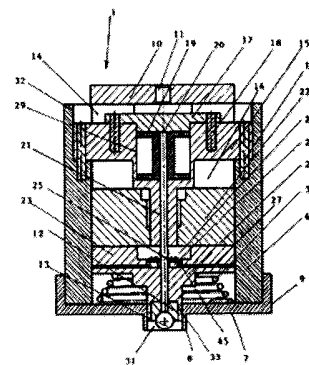
(72) Původce:
Mgr. Maxim Puchnin, Praha 2, CZ
Mgr. Evgeniy Anisimov, Ph.D., Praha 4, CZ
prof. Ing. Františka Pešlová, Ph.D., Česká Třebová,
CZ

(74) Zástupce:
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2086/22, 158 00
Praha 13

(54) Název vynálezu:
**Indentační hlavice, instrumentovaný měřicí
systém a způsob stanovení mechanických
vlastností materiálů indentační metodou**

(57) Anotace:
Instrumentovaný měřicí systém zahrnuje indentační
hlavici (1), zatěžovací mechanismus (2), stolec (3) pro
vzorek, analogově-digitální převodník (4) a počítač (5).
Podstata indentační hlavice (1) spočívá v tom, že uvnitř
pouzdra (6) je uspořádán držák (15) snímače (19) posuvu,
pevně spojený s pouzdem (6), ve kterém je posuvně
uložena tyč (20) posuvu procházející ke snímači (19)
posuvu uspořádanému v držáku (15) v ose indentoru (13).
Pohyblivý tlačný segment (10) v horní části pouzdra (6)
je opatřen podpěrami, procházejícími kolem držáku (15)
a zabírajícími se střední tlačnou deskou (23),
uspořádanou v pouzdu (6) posuvně a nesoucí alespoň
jeden první siloměr (25) s deformovatelnými výstupky
(26). Tyto výstupky (26) přes mezeru (27) dosedají na
spodní tlačnou desku (28), uspořádanou v pouzdu (6)
posuvně a spojenou s držákem (12) indentoru (13),
příčemž mezi spodní tlačnou deskou (28) a čelem (7) je
uspořádán první pružný člen (30), a střední tlačná deska
(23) a spodní tlačná deska (28) jsou opatřeny otvory pro
průchod tyče (20) posuvu do držáku (15). Indentační

hlavice (1) je vytvořena ve dvou výhodných provedeních
pro použití s jakýmkoliv zatěžovacím mechanismem (2) a
pro použití bez zatěžovacího mechanismu (2), při
manuální aplikaci. Konstrukce indentační hlavice (1)
umožňuje přesné měření posuvu indentoru (13) bez
deformačního ovlivnění měřících součástí, a to
s dostatečnou přesností v širokém rozsahu zatížení.
Zařízení je odolné, umožňující jeho venkovní použití,
jakož i použití pro měření v agresivním prostředí.



CZ 306556 B6

Indentační hlavice, instrumentovaný měřicí systém a způsob stanovení mechanických vlastností materiálů indentační metodou

5 Oblast techniky

Vynález se týká oblasti zkoušení a měření mechanických vlastností materiálů nedestruktivní metodou, konkrétně indentační hlavici, s využitím instrumentované měřicí soustavy.

10

Dosavadní stav techniky

Existuje několik principiálně odlišných způsobů zkoumání mechanických vlastností materiálů a to již od návrhu designu až po konečnou kontrolu kvality a životnosti součástí strojů a konstrukcí. Z metodologického přístupu lze takové zkoumání provádět nedestruktivním nebo destruktivním způsobem. Nedestruktivní metody nacházejí alternativní uplatnění k standardně zavedeným destruktivním metodám, neboť umožňují provedení zkoušek i bez zvlášť vyrobených vzorků, přímo na konstrukční součásti případně i za provozu, což je časově a energeticky velmi výhodné. Toto může být umožněno díky vysoké citlivosti, rozlišovací schopnosti a stabilitě prvků testovacího zařízení, spolu s kompaktním provedením a pokročilou automatizací na hardwarové i softwarové úrovni. Výhodou je neporušení zkoumaného tělesa a mobilita zařízení, umožňující jednoduché provedení komplexních testů s vysokou přesností, bez nutnosti přípravy speciálních vzorků s možností získání širokého spektra materiálových veličin, jako jsou hodnoty tvrdosti, meze pevnosti, meze kluzu, modulu pružnosti, energie elastické a plastické deformace, exponentu zpevnění a velikosti zrna.

Měření tvrdosti se provádí tzv. indentací, kdy indentor s definovanými geometrickými parametry vniká do povrchu zkušební vzorku. Tvrdost se určuje na základě měření geometrie vtisku provedeného indentací. Měří se např. průměr nebo hloubka vtisku, posuv indentoru a dané zatížení. Následně lze získat další hodnoty mechanických vlastností, které se odvodí z naměřených číselných tvrdostí, pomocí známých a standardizovaných korelačních vztahů.

V instrumentovaných měřicích systémech, založených na indentační metodě, je důležitá přesnost měření lineárního posuvu indentoru neboli hloubka vnikání indentoru. Tato přesnost závisí na citlivosti konstrukce, umístění snímače posuvu a na jeho rozlišení a možnosti záznamu určitého počtu měřených hodnot při daném posuvu. U malých posuvů se obvykle využívají laserové, tenzometrické nebo elektromagnetické snímače. Přesnost, chyba měření a reprodukovatelnost výsledků je přitom ovlivněna řadou faktorů. Může to být např. umístění snímače v zatěžovém mechanismu, vzdálenost snímače od indentoru a počet vložených prvků mezi snímačem a indentorem, jejichž napětově – deformační stavy mohou také ovlivnit měření v závislosti na zatěžovacích silách, počtech cyklů a atmosférických podmínkách. V případě použití větších zatížení pro měření vyšších hodnot indentace jsou známá zařízení s pomocnými pružnými nebo pákovými rameny, která slouží k eliminaci zatížení ze součástí tvořících toto měřicí zařízení.

Nevýhody běžně používaných instrumentovaných zařízení pro indentační metody, pokud mají zaručit vysokou přesnost a reprodukovatelnost měření, tkví v tom, že zařízení jsou velkých rozměrů a navíc bývá problém s dostupností použitelných limitovaných rozměrů indentorů.

Patent CZ 304 637 popisuje indentační hlavici obsahující pouzdro, ve kterém je uložen adaptér s pružinou, snímač posuvu a snímač zatížení. Snímač posuvu je opatřen tenzometrem a deformačním páskem, snímač zatížení je opatřen deformačními páskami, válcem a tyčí procházející od indentoru umístěného v držáku ke snímači posuvu. Výhodou snímače posuvu je jeho tvar, který je vytvořen jako vyměnitelná kapsle, která má několik možných provedení. Mohou být s pákovým násobičem, s deformačním můstkem nebo s deformačním páskem, vždy s kulovou miskou pro uložení tyče a s možností připojení tenzometrických snímačů. Snímač zatížení je vytvořen

s výhodným vyměnitelným dynamometrem, který je opatřen deformačními páskami s tenzometrickými snímači pro měření malých hodnot zatížení. Dále s pohybovým válcem s tenzometrickými snímači, přičemž tenzometrické snímače jsou propojeny se zesilovačem analogového signálu a s počítačem. Adaptér lze použít k připojení měřící hlavice k různým zatěžovacím mechanismům jako např. k tvrdoměru, trhacímu stroji, pákovému mechanismu aj. Měřicí systém zahrnuje kromě indentační hlavice a zátěžového mechanismu i analogově digitální převodník, počítač a softwarový modul, pomocí kterého se realizuje záznam měřených parametrů z vtlačování indentoru, a výpočet mechanických a fyzikálních vlastností. Nevýhody tohoto zařízení spočívají v tom, že indentační hlavice je většího rozměru, vyžaduje nasazení mechanických zatěžovacích zařízení, z čehož vyplývá, že není možná např. její manuální aplikace při měření a také přesnost a reprodukovatelnost měření není v dostatečném širokém měřicím rozsahu.

Pouze obecně je zmíněna možnost počítání mechanických vlastností materiálu jako modulu pružnosti, meze kluzu atd. s naměřených dat hloubky vnikání indentoru a působící síly, bez stanovení konkrétní metody.

Dokument US 6 718 820 popisuje několik měřicích systémů, včetně přenosných systémů s možností připojení k měřenému tělesu, nebo k systému s pohyblivým stolkem, nebo k sestavě s vlastním zatěžujícím mechanismem, kde se snímač posuvu indentoru nachází vedle indentoru a jejich geometrické osy, které jsou navzájem paralelní. Toto řešení může být zatížené chybou měření z pohybu indentoru, zejména při velkém zatížení, např. 3000 kgf, jelikož dochází k ovlivnění deformací sousedních komponentů indentační hlavice. Může to být indentor, držák indentoru atd., čímž se snižuje přesnost měření. Maximální zatížení siloměru je 300 kgf s rozptylem 2,5 až 5,6 g. Tato malá zatěžující síla limituje použití větších indentorů, např. s průměrem 10 mm a větším.

V patentové přihlášce US 2011/0 174 036 je popsáno měřicí zařízení pro zakřivené vzorky, kde se mezi stolek a vzorek vkládá koule s příslušným průměrem, aby se během indentace vzorek nenarovnával a byly měřené skutečné hodnoty. Přesnost měření pohybu je podmíněna použitím až tří snímačů posuvu umístěných kolem indentoru s odstupem po 120° , kde konečný signál je zprůměrován. Toto řešení neřeší otázku deformace okolních komponentů indentoru. Použití tří senzorů výrazně prodražuje a komplikuje konstrukci a zvyšuje nároky na manipulaci.

Patentová přihláška US 2012/0 304 750 popisuje přenosný miniaturní měřicí systém, který má minimální velikost, vejde se do dlaně, kde zatížení může být vyvolané rukou, robotem, či manipulátorem. Senzory pohybu jsou rozmístěny stejným způsobem jako u US 2011/0 174 036.

Zařízení podle patentu US 4 852 397, má oproti jiným řešením navíc ultrazvukový senzor pro měření velikosti trhlin v okolí vtisku a také popisuje vlastní metodologii výpočtu zbytkového napětí. Snímač posuvu je stejný jako u ostatních systémů, je umístěn vedle indentoru, přičemž ultrazvukový senzor, indentor a snímač posuvu jsou v jedné linii. Tím se výrazně zvyšuje minimální rozměr měřitelného vzorku, poněvadž se těchto prvků musí dotýkat svou měřenou plochou. Další nevýhodou je, že se senzor může poškodit nevhodnou manipulací se vzorkem. V patentu je uvedena vlastní metodologie výpočtu mechanických vlastností materiálů a reprodukce napětíově - deformačního diagramu.

Patent US 6 134 954 popisuje indentační hlavici, která se skládá ze dvou částí. V horní části je siloměr, indentor a snímač posuvu. V dolní části je držák vzorku a zrcadlo snímače posuvu. Dolní část je umístěná na pohyblivém stolkem pro nájezd indentoru ke vzorku. Části indentační hlavice mohou být přišroubované k zatěžujícímu mechanismu. Snímač posuvu je umístěn mimo osu zatížení a jeho vzdálenost od indentoru je příliš velká, takže toto řešení je rovněž nepřesné, s malým měřicím rozsahem do 500 N s přesností 0,02 až 0,1 N, s přesností měření hloubky v rozsahu 0,1 až 0,5 μm . V patentu je popsána i vlastní metodologie výpočtu mechanických vlastností materiálů a reprodukce napětíově - deformačního diagramu.

55

Indentační zařízení ZWICK založené na patentu GB 2 161 279 A a dalších patentových dokumentech, má indentační hlavici, která je integrální součástí vlastního zatěžovacího mechanismu, a na jejím krytu je snímač posuvu který tvoří digitální systém měření hloubky s rozlišením 0,02 μm . Měří se posuv indentoru vůči krytu s použitím stupnice, která je umístěna na indentační ploše. Měření geometrie vtisku zabezpečuje optický systém v kombinaci s manuálním nebo motorizovaným stolem. Elastické deformace způsobené zařízením, které jsou vyvolané v průběhu měření, negativně ovlivňují přesnost odečítání stupnice. Přesnost siloměru je 1 % s dvěma měřicími rozsahy 2 až 200 N a 5 až 2500 N. Zařízení umožňuje použití různých indentorů, je plně automatizované, ale kromě hodnot tvrdosti a indentační křivky se zde nepočítají žádné další mechanické parametry. Zařízení je rozměrné, s výškou cca 1 m a hmotností cca 100 kg.

V dokumentu US 4 435 976 je popsáno zařízení pro měření tvrdosti materiálu s indentační hlavici, která je spojena s operačním členem pro aplikaci první přednastavené menší zatěžovací síly s následnou aplikací druhé přednastavené větší zatěžovací silou. Středová tyč snímače posuvu indentoru je dělená a elektronické tenzometrické snímače jsou nastavené v ose tyče. Tyč je uložena v ložiskách umožňujících její pohyb v axiálním směru a shora na ní tlačí hydraulické písty s různými přednastavenými zatěžovacími silami. Nevýhoda tohoto řešení spočívá v nutnosti použití speciálního hydraulického okruhu pro vyvození zatěžovací síly a v tom, že tyč snímače posuvu je ovlivněna zatěžující silou.

Z dokumentu WO2013/135 026 A1 je dále známé přenosné digitální zařízení pro měření tvrdosti materiálu, které má nosné sedlo, tlačnou hlavu, elektronický obvod, digitální display a zařízení pro měření tlaku a hloubky indentace. Toto zařízení sestává z ručně otočného kola, rotačního enkodéru, objímky, mikrometru tvořeného maticí a šroubem. Rotační enkodér je upevněn na nosném sedle. Rotační hřídel rotačního enkodéru je připojen k šroubu mikrometru a otáčí se spolu s ním. Horní konec šroubu mikrometru je připojen k otočnému kolu, spodní konec je připojen k tlakoměru, přičemž spodní část tlakoměru je připojena k tlakové hlavě. Otočné kolo, šroub mikrometru, zařízení pro měření tlaku a tlaková hlava jsou vzájemně propojeny, mají společnou podélnou osu a pohyb se zabezpečuje pomocí rotace otočného ručního kola v axiálním směru. Výhodou zařízení je jednoduchá konstrukce s ovládáním a vysoká přesnost měření. Zařízení umožňuje pouze měření hodnoty tvrdosti a to s malou přesností.

Nevýhody známých indentačních hlavic a instrumentovaných měřicích systémů využívaných na měření mechanických vlastností materiálů indentační metodou, spočívají především v tom, že není k dispozici zařízení, které by zcela odstranilo vliv deformace součástí z měření posuvu vyvolané působením zatěžující síly, také které by s dostatečnou přesností a reprodukovatelností výsledků umožnilo zkoušení materiálů výrobků nedestruktivní metodou ve velkém rozsahu zatěžovací síly, např. od 1 N do 35 kN, které by mělo malé rozměry a hmotnost a zároveň by umožňovalo připojení k různým zatěžovacím mechanismům i s ruční aplikací, a bylo by kompaktní s účinnou ochranou všech citlivých senzorů tak, aby zařízení bylo využitelné i v agresivních prostředích a odolávalo nešetrnému zacházení.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky známých řešení odstraňuje indentační hlavice, s instrumentovaným měřicím mechanismem a s možností využití různých způsobů pro měření mechanických vlastností materiálů indentační metodou, podle předloženého vynálezu.

Předmětem vynálezu je indentační hlavice pro měření mechanických vlastností materiálů, sestávající z pouzdra opatřeného čelem s otvorem, držákem indentoru uloženým v otvoru čela s možností posuvu tyče dosedající na indentor. Dále je vybaven snímačem posuvu, snímačem zatížení a tlačným segmentem pro zatížení držáku indentoru. Podstata vynálezu spočívá v tom, že uvnitř pouzdra je s přesným uložením uspořádán držák snímače posuvu, který je pevně spojený s pouzdrem, v němž je posuvně uložena tyč posuvu procházející ke snímači posuvu zakotvenému

držákem v ose indentoru. Pohyblivý tlačný segment v horní části pouzdra je opatřen minimálně jednou podpěrou, procházející v blízkosti držáku, která je v záběru se střední tlačnou deskou, přesně uloženou posuvně v pouzdru. Střední tlačná deska nese alespoň jeden siloměr s deformovatelnými výstupky. Deformovatelné výstupky dosedají přes mezeru na spodní tlačnou deskou, uloženou v pouzdru posuvně a spojenou s držákem indentoru, přičemž mezi spodní tlačnou deskou a čelem je zařazen první pružný člen. Střední tlačná deska a spodní tlačná deska jsou opatřeny otvory pro průchod tyče posuvu do držáku.

Další výhodné provedení vynálezu spočívá v tom, že pouzdro válcového tvaru má shora vytvořené vnitřní osazení, ve kterém je pomocí šroubů upevněn držák, v jehož středu je otvor pro tyč posuvu s přesně uloženým snímačem posuvu, přičemž otvor je na horní straně držáku překryt víkem upevněným šrouby k držáku.

V dalším výhodném provedení vynálezu má pohyblivý tlačný segment se dvěma podpěry, které dosedají na střední tlačnou deskou přes v pořadí druhý siloměr, vycentrovaný na střední tlačné desce, přičemž přesnost druhého siloměru je minimálně 10x menší než maximální zatěžovací síla prvního siloměru. Hodnota maximální deformace deformovatelných výstupků prvního siloměru při maximálním zatížení odpovídá šířce mezery. S výhodou je možno využít měřicího rozsahu prvního siloměru do 150 N a měřicího rozsahu druhého siloměru do 35 kN.

V dalším výhodném provedení vynálezu má držák snímače na spodní části středící vodící tubus, uložený uprostřed otvoru druhého siloměru, kde střední tlačná deska je opatřena osovým vybráním, ve kterém jsou uloženy dva první siloměry u tyče posuvu, která tímto vybráním prochází a je posuvně uložena ve vodícím tubusu.

V dalším výhodném provedení vynálezu má čelo obvodový lem, ve kterém je osazeno pouzdro a středový opěrný segment s otvorem, ve kterém je posuvně uložen vodící nákržek spodní tlačné desky, ve kterém je upevněn držák indentoru a první pružný člen je tvořen tlačnou pružinou uloženou mezi spodní tlačnou deskou a čelem.

S výhodou tyč posuvu prochází středovým otvorem snímače posuvu, který je dotykový nebo magnetický.

V dalším výhodném provedení vynálezu je tlačný segment opatřen otvorem se závitem pro připojení k zatěžovacímu mechanismu.

Další výhodné provedení vynálezu je určeno pro měření ve speciálních prostředích, kde délka opěrného segmentu je větší než délka držáku indentoru.

V dalším výhodném provedení vynálezu indentační hlavice zahrnuje externí komoru pro měření vzorků materiálu v simulovaném prostředí, komora je uzavřena odnímatelným víkem s otvorem pro indentor, uvnitř komory jsou posuvné čelisti pro upnutí vzorku, které jsou spojeny s mikrometrickými šrouby vystupujícími z tělesa komory, a komora je dále opatřena okénkem z průhledného materiálu pro pozorování vzorku.

V jiném výhodném provedení je tlačný segment upraven pro manipulaci bez zatěžovacího mechanismu, první pružný člen je tvořen pryžovou podložkou, mezi tlačným segmentem a pouzdrum je uspořádán druhý pružný člen tvořený rovněž pryžovou podložkou a vratná pružina.

Ve výhodném provedení snímače posuvu je tyč posuvu v horní části čtyřúhelníková, je opatřena magnetickou páskou, a je uložena posuvně ve čtyřúhelníkovém otvoru v držáku snímače posuvu, přičemž proti magnetické pásce je v držáku uspořádán snímač posuvu tvořený magnetickým senzorem.

V jiném výhodném provedení vynálezu určeného pro ruční měření je pouzdro s čelem tvoří integrální celek, spodní podstava čela je rovná, horní plocha tlačného segmentu je vypouklá, a spodní tlačná deska má vodící nákržek, ve kterém je upevněn držák indentoru, který je posuvně uložen v otvoru čela. Ruční indentační hlavice může mít integrovaný display pro zobrazení průběhu měření.

Hlavní výhoda indentační hlavice a instrumentovaného měřicího systému podle vynálezu spočívá v tom, že konstrukce umožňuje přesné měření posuvu indentoru bez deformačního ovlivnění relevantních součástí, a to v širokém rozsahu zatížení, s výbornou nebo postačující přesností v celém rozsahu zatěžujících sil díky odstranění veškerých deformací komponentů spojených s měřícím pohybem. V provedení s kombinací dvou siloměrů je možné měřit v rozsahu sil od 0,01 N do 35 N. Měření pohybu se uskutečňuje v ose zatěžování, bezprostředně od indentoru pro eliminaci deformace držáku indentoru a dalších okolních komponentů, přičemž se eliminuje výskyt odchylky signálu, tzv. tečení. Zařízení umožňuje hodnocení mechanických vlastností strojírenských a stavebních materiálů, kovů, keramiky, plastů, kompozitů, betonu, atd. Jednoduchý princip zařízení a jeho odolnost umožňují jeho venkovní použití např. pro spolehlivou, přesnou a opakovatelnou kontrolu materiálu konstrukcí a energetického zařízení, svarových spojů apod., a také použití v agresivním prostředí.

Konstrukce je provedená tak, že veškeré senzory jsou umístěny uvnitř indentační hlavice, aby byly chráněné před poškozením při manipulaci se vzorkem či prostředím. Zařízení lze obsluhovat i zaškoleným pracovníkem. Toto zařízení je možné, bez problému přišroubovat k jinému zatěžujícímu mechanismu, opatřit ho vlastním zatěžovacím mechanismem, nebo využít variantu pro ruční měření.

Na základě metodiky podle vynálezu lze výpočtem určit z měření: tvrdost dle Brinella HB, tvrdost dle Martensa HM, tvrdost dle Vickerse HV, tvrdost HRC, HRA, HK, kontaktní poloměr vtisku a , koeficient zpevnění materiálu n , modul pružnosti v tahu E , mez kluzu $R_{p0,2}$, mez pevnosti R_m , poměrnou deformaci v tlaku e , poměrnou deformaci v tahu ε , faktor intenzity napětí K , energie elastické W_e a plastické W_p deformace.

Metodika měření podle vynálezu je využitelná univerzálně pro ruční, stolní i laboratorní provedení instrumentačního systému.

Indentační hlavici je možné použít pro rychlou kontrolu mechanických vlastností materiálů přímo na místě, např. potrubí plynovodu, ocelové konstrukce apod., a to v provedení indentační hlavice s vlastním zatěžujícím mechanismem či ruční indentační hlavice s jednoduchým ručním zatěžujícím mechanismem.

Pro měření mechanických vlastností materiálu vzorků v agresivním prostředí jako je např. zvýšená a snížená teplota, agresivní nebo vlhké prostředí, či jiné je vyvinuta modifikace indentační hlavice s prodlouženým indentorem a miskou s držákem vzorků uvnitř.

Navrhovaná indentační hlavice je díky své jednoduchosti také cenově dostupná pro širokou škálu použití v různých odvětvích průmyslu – od malé dílny až po mezinárodní průmyslové společnosti. Také je dostupná miniaturní ve velikosti přenosné indentační „tužky“.

Objasnění výkresů

Vynález je blíže objasněn pomocí výkresů, na nichž jsou znázorněny:

obr. 1 pohled na instrumentovaný měřicí systém, s indentační hlavici upnutou v zatěžovacím mechanismu, s počítačem a AD převodníkem,

- obr. 2 řez indentační hlavicí se zatěžovacím mechanismem, v kombinaci dvou siloměrů různých rozsahů,
- 5 obr. 3 řez indentační hlavicí s ručním zatěžováním,
- obr. 4 perspektivní pohled na tlačný segment s dvěma podpěrami,
- obr. 5 perspektivní pohled na držák prvních siloměrů pro indentační hlavicí dle obr. 2,
- 10 obr. 6 perspektivní pohled na tyč posuvu s horní čtyřúhelníkovou částí opatřenou magnetickou páskou a optickým snímačem posuvu,
- obr. 7 řez čelem s prodlouženým opěrným segmentem pro měření v agresivním prostředí,
- 15 obr. 8 pohled na měřicí komoru pro měření vzorků v simulovaném prostředí,
- obr. 9 výstup instrumentovaného měřicího systému po ukončení měření, s indentační křivkou získanou měřením pomocí indentační hlavice dle obr. 2,
- 20 obr. 10 výstupní protokol instrumentovaného měřicího systému, s indentační křivkou, napět'ově – deformačním diagramem a s výsledky výpočtu mechanických hodnot, při měření indentační hlavicí dle obr. 2,
- obr. 11 indentační křivka z měření indentační hlavicí dle obr. 2,
- 25 obr. 12 napět'ově – deformační diagram z měření indentační hlavicí dle obr. 2,
- obr. 13 soustava pro výpočty metodou konečných prvků se zesíťováním,
- 30 obr. 14 povrchová funkce $F(P, E, \Delta)$ kde P značí zatížení, E je modul pružnosti materiálu vzorku a Δ je hodnota elastické deformace indentoru,
- obr. 15 graf znázorňující distribuci napětí,
- 35 obr. 16 graf znázorňující distribuci plastické deformace,
- obr. 17 CrAlN povlak na substrátu z Cr – Ni oceli,
- obr. 18 poškozená oblast s trhlinami při daném zvětšení.
- 40

Příklady uskutečnění vynálezu

45 Rozumí se, že dále popsané konkrétní příklady uskutečnění vynálezu jsou představovány pro ilustraci, nikoli jako omezení příkladů provedení vynálezu na uvedené případy. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zjistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním vynálezu, která jsou zde speciálně popsána.

50 Instrumentovaný měřicí systém pro měření a určování mechanických vlastností materiálů indentační metodou, je schematicky znázorněn na obr. 1. Indentační hlavice 1 je připojena k zatěžovacímu mechanismu 2 a to například ke stávajícímu tvrdoměru, vlastnímu mechanismu atd. Zatěžovací mechanismus 2 je opatřen stolcem 3 pro vzorek. K indentační hlavicí 1 je přes analogově-digitální převodník 4 připojen počítač 5, který přes USB rozhraní také napájí indentační hlavicí 1.

55

Na obr. 2 je příklad uskutečnění indentační hlavice 1 určené pro měření s maximálním zatížením až do 35 kN s vysokou přesností a reprodukovatelností měření. Indentační hlavice 1 sestává z pouzdra 6, které je na spodní straně uloženo v čele 7 s obvodovým lemem 9, ze kterého vystupuje opěrný segment 8 s otvorem 31. V otvoru 31 je výměnný indentor 13 uložený v držáku 12.
 5 Na horní straně pouzdra 6 je tlačný segment 10, opatřený otvorem 11 se závitem pro upnutí do tvrdoměru nebo jiného zatěžovacího mechanismu 2.

Zatěžující síla působící na tlačný segment 10 se přenáší na držák 12 indentoru 13 přes dvě podpěry 14, které dosedají na druhý siloměr 22 s otvorem uprostřed (např. typu „Donut“), uspořádaný posuvně ve střední části pouzdra 6. Druhý siloměr 22 je určen pro větší zatížení až do 35 kN. Druhý siloměr 22 tlačí na střední tlačnou desku 23, která má středové vybrání 24, ve kterém jsou upevněny dva první siloměry 25, s deformovatelnými výstupky 26 vystupujícími ze spodní strany střední tlačné desky 23. Výška výstupků 26 vymezuje známou mezeru 27 mezi střední tlačnou deskou 23 a spodní tlačnou deskou 28, která má vodící nákržek 33, ve kterém je uložen držák 12 indentoru 13, a který se posouvá v otvoru 31 opěrného segmentu 8 při zatížení tlačného segmentu 10 zatěžující silou, přičemž indentor 13 vystupuje z opěrného segmentu 8 a vtlačuje se do povrchu měřeného vzorku, na který dosedá opěrný segment 8. Vratný pohyb celého mechanismu zajišťuje první pružný člen 30 tvořený tlačnou pružinou mezi spodní tlačnou deskou 28 a čelem 7.
 10
 15
 20

K měření zatěžovací síly do 150 N se využívají první siloměry 25, jejichž deformovatelné výstupky 26 přes mezeru 27 dosedají na střední tlačnou desku 23. Po dosažení maximální zatěžovací síly 150 N se první siloměry 25 resp. jejich deformovatelné výstupky 26 prohnu, přičemž hodnota průhybu je známá a odpovídá šířce mezery 27. Po deformaci a eliminaci mezery 27 dosedne střední tlačná deska 23 přímo na spodní tlačnou desku 28. Zatěžovací síla již nepůsobí přes první siloměry 25, ale přes druhý siloměr 22 s velkým měřicím rozsahem. První siloměry 25 jsou upevněny v držáku 45, který je upevněn ve středovém vybrání 24 střední tlačné desky 23. Také může existovat varianta zařízení bez prvních siloměrů 25, když přesnost druhého siloměru 22 bude postačující pro výpočty buď omezeného počtu mechanických vlastností, nebo celkového rozsahu s malou odchylkou.
 25
 30

Tělo držáku 45 malých siloměrů 25 je z pevnostního hlediska navrženo tak, aby i při maximálním zatížení jeho průhyb neovlivnil funkčnost prvních siloměrů 25.

Přesnost druhého siloměru 22 musí být alespoň 10x menší než maximální zatěžovací síla prvních siloměrů 25. V daném příkladu je maximální zatěžovací síla prvních siloměrů 25 150 N, přesnost druhého siloměru 22 tedy musí být menší, než 15 N. Tím je dosaženo překryvu měřených dat u obou typů siloměrů 22, 25 na stejném rozsahu. Například je-li přesnost druhého siloměru 22 4N, pak při zatížení 200 N bude na indentační křivce do 150 N s 15000 body získanými z prvních siloměrů 25 po kroku 0,01 N uspořádáno 150/4 bodů připadajících na signál z druhého siloměru 22 a na úseku od 150 do 200 N bude (200 až 150)/4 dalších bodů pouze z druhého siloměru 22.
 35
 40

Poloha špičky indentoru 13 neboli hloubka vtláčování se měří pomocí snímače 19 posuvu, na který se pohyb indentoru 13 přenáší pomocí tyče 20 posuvu, která dosedá na indentor 13 a prochází posuvně součástmi zařízení až k dotykovému snímači 19 posuvu, uspořádanému v horní části pouzdra 6. Dotykový snímač 19 posuvu, jehož přesnost je minimálně 1 μm , má otvor uspořádaný v ose indentoru 13, kterým prochází tyč 20 posuvu a zaznamenáním jejího posuvu se měří hloubka vniknutí indentoru 13. Snímač 19 posuvu může být také magnetický, případně jiného typu s přesností v desítkách μm .
 45
 50

Aby součásti přenášející posuv indentoru nebyly ovlivněny zatěžující silou, přičemž by jejich deformace negativně ovlivnila přesnost a reprodukovatelnost měření je snímač 19 posuvu uložen ve speciálním držáku 15, který je upevněn k tělesu pouzdra 6. Pouzdro 6 je válcové, v horní části má vnitřní osazení 32. Do tohoto osazení 32 je uložen a pomocí šroubů 16 upevněn držák 15.
 55

V držáku 15 je středový otvor 29, ve kterém je uspořádán snímač 19 posuvu, a který je shora zakrytý víkem 17 upevněným šrouby 18 k držáku 15. Spodní část držáku 15 má osazení, ze kterého vystupuje vodicí tubus 21. Ten je uložen ve středovém otvoru druhého siloměru 22, a má vnitřní válcovou díru, kterou je vedena tyč 20 posuvu do snímače 19 posuvu.

5

Při zatížení indentační hlavice 1 silou působící na tlačný segment 10 se tato síla přenáší pomocí podpěr 14 kolem držáku 15 snímače 19 posuvu přímo na druhý siloměr 22. Poloha snímače 19 posuvu v držáku 15 jakož i poloha držáku 15, vůči pouzdru 6 je zcela neměnná. Tyč 20 posuvu prochází volně v ose indentoru 13 přímo do snímače 19 posuvu, a také není ovlivněna žádnou deformací, kterou by vyvolávala zatěžující síla. Ta je přenášena výše popsaným mechanismem přímo na držák 12 indentoru 13.

10

Mezi držákem 12 indentoru 13 a opěrným segmentem 8 čela 7 je v otvoru 31 uspořádáno nezobrazené těsnění, které je odolné vůči agresivnímu prostředí, a zároveň nedovolí nečistotám a vlhkosti dostat se dovnitř indentační hlavice 1. Tím jsou senzory chráněné před poškozením a před vlivy ovlivňujícími měření. Těsnění může být vloženo do spodního víka 14 nebo může být tvořeno samotným spodním víkem 14. Otvory pro výstup kabeláže a pro našroubování hlavice 1 na zatěžovací mechanismus 2 jsou rovněž utěsněné. Pouzdro 6, které není pevnostně namáháno zatěžovací silou, je vyrobeno z teplotně a korozně odolného materiálu.

15

Poněvadž indentační hlavice 1 podle obr. 2 umožňuje přesné měření v širokém rozsahu zatížení až do 35 kN, je možné ji použít pro měření se všemi standardními indentory 13, či jinými vnikacími tělisky, jako jsou např. indentory 13, Vickers, Knoop, Brinell s průměry 1 mm, 2,5 mm, 5 mm, 10 mm, Berkovič, nebo indentory 13 pro stavební materiály.

20

Na obr. 3 je znázorněn příklad uskutečnění indentační hlavice 1 pro měření bez zatěžovacího mechanismu 2, kde zatěžovací síla je vyvozována ručně nebo prostřednictvím lineárního posuvu motoru či manipulátoru na výrobní lince. Na rozdíl od předchozího příkladu, ruční indentační hlavice 1 má pouzdro 6 s čelem 7 v jediném integrálním celku, čelo 7 nemá opěrný segment 8, ale je ploché se středovým otvorem 31, ze kterého vystupuje indentor 13, zasazený do držáku 12, který je zasazen ve vodicím nákrůžku 33 spodní tlačné desky 28 a pohybuje se spolu s ním v otvoru 31. Mezi spodní tlačnou deskou 28 a čelem 7 je první pružný člen 30 tvořený pryžovou podložkou. Tlačný segment 10 v horní části pouzdra 6 má v ručním provedení vypouklý ergonomický tvar, a dosedá na pouzdro 6 přes druhý pružný člen 30, tvořený rovněž pryžovou podložkou, a také přes tlačnou pružinu 34. Dvě podpěry 14 prochází kolem držáku 15 snímače 19 posuvu a působí přímo na střední tlačnou desku 23, která nese dva první siloměry 25 s deformovatelnými výstupky 26, které přes mezeru 27 působí na spodní tlačnou desku 28 a dále na držák 12 indentoru 13. Měření hloubky vtisku se provádí principiálně stejně jako u prvního příkladu uskutečnění, a to pomocí tyče 20 posuvu, která je uspořádána v ose indentoru 13 a bez ovlivnění zatěžující silou přenáší pohyb indentoru 13 do snímače 19 posuvu uspořádaného v držáku 15 spojeném s pouzdrům 6. Tyč 20 posuvu má v horní části 36 čtyřúhelníkový průřez, a je vedena ve čtyřúhelníkovém otvoru 29' v držáku 15. Na hranaté části tyče 20 je magnetická páska 35, proti které je v držáku 15 uspořádán magnetický snímač 19 posuvu. V jiném příkladu provedení může jít také o optický nebo jiný senzor. Digitalizace měřeného signálu se provádí pomocí malého analogově-digitálního převodníku a smartphonu nebo notebooku s příslušným softwarem. Pro vizuální kontrolu aktuální hodnoty zatěžující síly ručního zatížení je na pouzdru 6 malý display.

30

35

40

45

Výhodou ruční indentační hlavice 1 je její přesnost a možnost kombinace různých měřících prvků, což umožňuje rozšířit oblast využití zařízení.

50

Na obr. 4 je znázorněn příklad uskutečnění tlačného segmentu 10 pro zašroubování do hlavy tvrdoměru nebo jiného zatěžovacího mechanismu 2. Tlačný segment 10 má dvě podpěry 14, které u indentační hlavice 1 dle obr. 2 tlačí přímo na druhý siloměr 22 typu „Donut“. V drážce mezi podpěrami je držák 15 snímače 19 posuvu.

55

Na obr. 5 je znázorněn držák 45 prvních siloměrů 25 včetně samotných siloměrů 25 uspořádaných v jedné rovině pro záznam malých zatížení do 150 N s krokem 0,01 N. Siloměry 25 jsou připevněny k držáku 45 uloženému ve střední tlačné desce 23, a dosedají přes deformovatelné výstupky 26 v mezeře 27 na spodní tlačnou desku 28.

5

Na obr. 6 je znázorněn příklad uskutečnění optického snímače 19 posuvu pro indentační hlavici 1 znázorněnou na obr. 3.

Tyč 20 posuvu má horní čtyřúhelníkovou část 36, na které je magnetická páska 35. Z optického snímače 19 posuvu se naměřené hodnoty vedou vodičem 43 přes analogově-digitální převodník 4 do počítače 5 nebo smartphonu. V jiných příkladech provedení mohou být použity i jiné známé a vhodné snímače pohybu.

10

Na obr. 7 je příklad uskutečnění čela 7 s prodlouženým opěrným segmentem 8 pro indentační hlavici 1 dle obr. 2. Délka opěrného segmentu 8 je několikanásobně větší než rozměr indentoru 13. Opěrný segment 8 je na boku opatřen vybráním 44. Obdobně je prodloužen i vodičí nákrček 33 spodní tlačné desky 28, který není na obr. 7 znázorněn. Prodloužený opěrný segment 8 je určen pro měření v agresivním prostředí, kde by např. zvýšená teplota nebo chemikálie mohly ovlivnit samotnou indentační hlavici 1.

15

20

V některých případech je potřeba při měření simulovat provozní podmínky testované součásti. K tomu je jako příslušenství indentační hlavice 1 určena komora 37 pro měření vzorků v simulovaném prostředí, znázorněná na obr. 8. Komora 37 je opatřena víkem 38 upevněným na šroubech 41, s otvorem 39 pro průchod indentoru 13 v prodlouženém opěrném segmentu 8 dle obr. 7. Uvnitř komory 37 jsou čelisti 42 pro upnutí vzorku, posuvné ve dvou směrech a ovládané zvenku mikrometrickými šrouby 41. Ve stěně komory 37 je okénko 40 z plexiskla pro pozorování měření.

25

Na obr. 9 je znázorněna indentační křivka získaná při měření s indentační hlavici 1 podle obr. 2. Software, který zpracovává data z analogově-digitálního převodníku 4, zobrazuje velice přesnou křivku získanou z hodnot prvních siloměrů 25, a pak následuje zobrazení hodnot z druhého siloměru 22 typu „Donut“. Díky této konstrukci se získává velice přesná závislost při malém zatížení, zejména v elastické oblasti, ve které se vypočítává modul pružnosti E a mez kluzu $R_{p0,2}$.

30

Na Obr. 11 je zobrazen protokol s indentační křivkou, diagramem závislosti napětí-deformace a vypočítanými mechanickými parametry. Protokol se ukládá do formátu *.pdf nebo se exportuje do *.xls souboru.

35

Na Obr. 12. je znázorněna indentační křivka. Na svislé ose je zatížení v N, na vodorovné ose je hloubka v mm. Pro celkovou kvalitu a přesnost naměřené indentační křivky i spočítaných parametrů je důležitá přesnost snímání dat z obou siloměrů 25, 22 snímače 19 posuvu, aby se poměr měřících bodů na ose síly a hloubky, zejména při malém zatížení, blížil ideálně k jedné. V případě, že na malém úseku křivky bude z dat siloměrů 22, 25 získáno 100 bodů a z dat snímače 19 posuvu 3 body, bude ovlivněna přesnost siloměrů 22, 25, která v tomto případě bude zanedbatelná.

40

45

Pro vlastní stanovení mechanických vlastností materiálu z naměřených hodnot tvrdosti je počítač 5 vybaven měřícím software. Aplikace se spustí ověřením „.exe“ souboru. V softwarovém rozhraní je možné na začátku měření zvolit typ indentoru 13 a další parametry, jako typ převodníku 4, čas experimentu, zkušební materiál, počet cyklů, maximální zatížení, rychlost seřízení (posuvu) atd. Po spuštění měření je možné v grafické oblasti pozorovat průběžné vykreslování indentační křivky od začátku do konce měření. Po ukončení aplikace měření se automaticky vytvoří aproximací indentační křivky dle Obr. 11, spočítají se hodnoty mechanických a fyzikálních vlastností (E , HB , $R_{p0,2}$, R_m , K , n , W_e , W_p) a taktéž se na jejich základě vykreslí diagram napětí –

50

deformace. Průběh lze sledovat a pozorovat otevřením záložky „Stress – strain curve“. Záložka „Report“ dovoluje uložit naměřené hodnoty a křivky do „.pdf“ nebo „.xls“ souboru.

5 Pro vlastní stanovení mechanických vlastností se použijí algoritmy a postupy popsané níže. V těchto postupech jsou použity následující značky, symboly a zkratky:

- HB – tvrdost dle Brinella
 HM – tvrdost dle Martensa
 HV – tvrdost dle Vickerse
 10 $P_{1...m}$ – maximální hodnota zatížení v cyklu
 $h_{1...m}$ – hloubka vtisku po odlehčení
 D – průměr indentoru Brinella (1; 2,5; 5; 10)
 a – kontaktní poloměr vtisku
 n – koeficient zpevnění materiálu
 15 E – modul pružnosti v tahu
 $R_{0,2}$ – mez kluzu
 R_m – mez pevnosti
 e – poměrná deformace v tlaku
 ε – poměrná deformace v tahu
 20 $C = 2,8 \dots 3,2$ koeficient stlačování
 K – faktor intenzity napětí
 W_e – energie elastické deformace
 W_p – energie plastické deformace
 h_s – hloubka plastické zóny pod indentorem
 25 σ_T – mez kluzu,
 d – průměr vtisku
 σ_i – intenzita napětí
 ε_i – intenzita deformace
 u_p – měrná energie
 30 K_I – faktor intenzity napětí
 K_{IC} – lomová houževnatost

35 Stanovení mechanických vlastností materiálů indentační metodou podle vynálezu se provádí následujícím způsobem. V první řadě se provede výpočet hodnoty tvrdosti dle Brinella v každém cyklu:

$$HB_{1...m} = \frac{P_{1...m}}{\pi \cdot D \cdot h_{1...m}} \quad (1),$$

40 kde $P_{1...m}$ je maximální hodnota zatížení v cyklu, $h_{1...m}$ je hloubka vtisku po odlehčení, D – průměr indentoru 13 (1; 2,5; 5; 10). Pak pomocí těchto hodnot se spočítá koeficient zpevnění materiálu n , podle následujícího vzorce (2)

$$n = \frac{HB_2 - HB_1}{(HB_m - HB_{m-1}) \cdot (m-1)} \quad (2).$$

45 Výpočet modulu pružnosti E a meze kluzu Re se provede v oblasti elastické deformace od θ do P_i . Kontaktní poloměr a dle vzorců (3)

$$a = \sqrt{2 \cdot R \cdot h - h^2} = \sqrt{D \cdot h - h^2} \quad (3)$$

a deformaci e a ε dle (4)

$$e = 0,2 \frac{a}{D}; \varepsilon = \frac{h}{D} \quad (4).$$

5 Tvrdost dle Martensa se počítá pomocí vzorce (5)

$$HM = \frac{P}{\pi \cdot a^2} \quad (5).$$

Pak, analogicky na základě Hookova zákona, lze spočítat modul pružnosti E [MPa]

10

$$E = \frac{HM}{e} \quad (6).$$

Je třeba počítat s tím, že získané hodnoty budou mít určitou odchylku, proto přesnou hodnotu bude nutné volit s ohledem na typ zkoušeného materiálu (např. pro ocel 210 GPa, hliník 70 GPa atd.). Stejným způsobem se počítá modul pružnosti E tenkých vrstev na části indentační křivky do prolomení povlaku (např. PAPVD/CVD atd.) do substrátu. Prolomení povlaku lze detekovat výrazným poklesem hodnoty modulu pružnosti E , což je vidět na závislosti $F(a)=E$ na obr. 18 a obr. 19.

20 Pro výpočet meze kluzu je zapotřebí získat hodnotu HM , při které $\varepsilon_{0,2} \approx 0,002$. Tato hodnota se označuje $HM_{0,2}$, pak se

$$R_{p0,2} = C \cdot HM_{Y0,2} \quad (7) \text{ v některých případech se dá nahradit } R_{p0,2} = E \cdot \varepsilon_{0,2} \quad (8)$$

25 $C = 2,8 \dots 3,2$ koeficient stlačování.

Hodnota meze pevnosti R_m se počítá dle vzorce (9)

$$R_m = C \cdot HB_1 \quad (9).$$

30

Hodnotu faktoru intenzity napětí K je možné spočítat dle vzorce (10)

$$K = R_{0,2} \left(\frac{\varepsilon_{0,2}}{R_{0,2}} \right)^n \quad (10).$$

35 Křivku „napětí – deformace“ dle obr. 10 lze získat z výpočtu podle systému rovnic (11)

$$\begin{cases} R = E \cdot \varepsilon, R < R_{p0,2}, (I) \\ R = K \cdot \varepsilon^n, R \geq R_{p0,2}, (II) \end{cases} \quad (11).$$

40 Energie elastické W_e a plastické W_p deformace se počítá klasickým způsobem, jako plocha pod indentační křivkou. Při cyklickém měření to bude první úsek do zatížení P_1 .

Při stanovení mechanických vlastností u stavebních materiálů je postup stejný, ale je výhodné použití ultrazvukové sondy, pro kontrolu pórovitosti vnitřního objemu materiálu.

45 Pro určení elastické (pružné) deformace indentoru 13 v držáku 12 se provádí výpočty metodou konečných prvků v programu ANSYS. Z těchto výpočtů byly získané hodnoty elastické deformace Δ indentoru 13 při různých hodnotách modulu pružnosti vzorku E s působícím zatížením P . Tyto hodnoty se zadávají do matematického softwaru např. Maple, kde je provedená jejich aproximace kubickými „splainy“ v závislosti na elastické deformaci. Dále je zpracovaná povrchová funkce $F(P, E, \Delta)$. Z této funkce lze stanovit hodnotu elastické deformace indentoru 13 pro různé kombinace hodnot modulu pružnosti vzorku a zatížení.

50

Při stanovení lomové houževnatosti lze vycházet z metody odhadu lomové houževnatosti oceli na základě kontaktní deformace. Nejdřív se spočítá hloubka plastické zóny pod indentorem podle vztahu:

5

$$h_s = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T} - 1,2 \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (12),$$

kde P – hodnota zatížení, σ_T – mez kluzu, d – průměr vtisku.

10 Potom se spočítá intenzita napětí σ_i a deformace ε_i dle známých vzorců z kontaktní mechaniky, nebo bude následovat výpočet pomocí modelování metodou konečných prvků.

Dále se počítá energie plastické deformace, dle vzorce:

15
$$u_i = \frac{\sigma_T + \sigma_i}{2} \times \varepsilon_i \quad (13).$$

Po integrování u_i od 0 do h_s získáme u_p :

20
$$u_p = \int_0^{h_s} u_i dx \quad (14),$$

kde u_p je celková energie.

Hodnota lomové houževnatosti K_{IC} a $\sqrt{u_p}$ jsou lineárně závislé.

25 Při stanovení lomové houževnatosti povlaku se postupuje následovně. Hustotu trhlin, které vznikají po vtisku indentoru lze označit jako hustotu porušení. Na základě metalografického rozboru se tato hodnota stanoví mřížkovou metodou. Energie poškození se rovná hustotě poškození (hustota lomových ploch) krát energie lomové plochy. K_I^2 se rovná energii lomové plochy G , krát modul pružnosti E .

30

$$K_I^2 = G \cdot E \quad (15).$$

Průmyslová využitelnost

35

Indentační hlavici, instrumentovaný měřicí systém a způsob měření podle vynálezu lze využít všude tam, kde je potřeba měřit nebo kontrolovat mechanické vlastnosti materiálů indentační metodou. Indentační hlavici je možné použít s vlastním zatěžovacím mechanismem, případně ji našroubovat na daný trhací stroj na místě, na tvrdoměr nebo jiný zatěžovací mechanismus, které tak získají nové využití. Na výrobní lince najde indentační hlavice uplatnění při rychlé kontrole kvality výrobků nebo polotovarů. Výhodou tohoto zařízení je i jeho využití při hodnocení zbytkové životnosti, na základě změn mechanických vlastností, u plynových, vodních, ropných a dalších potrubí, a jiných konstrukcí s nekonečným délkovým rozměrem. Indentační hlavici je možné využít jako samostatné a kompaktní mobilní měřicí zařízení, nebo v kombinaci s manipulátorem, 45 lineárním motorem či robotem.

PATENTOVÉ NÁROKY

5

1. Indentační hlavice (1) pro měření mechanických vlastností materiálů, zahrnující pouzdro (6) opatřené čelem (7) s otvorem (31), držákem (12) indentoru (13) uloženým a s možností posuvu v otvoru (31) čela (7), tyčí (2) posuvu dosedající na indentor (13) snímačem (19) posuvu, snímačem zatížení a tlačným segmentem (10) pro zatížení držáku (12) indentoru (13), uvnitř pouzdra (6) je uspořádán držák (15) snímače (19) posuvu, pevně spojený s pouzdrům (6), ve kterém je posuvně uložena tyč (20) posuvu procházející ke snímači (19) posuvu uspořádanému v držáku (15) v ose indentoru (13), pohyblivý tlačný segment (10) v horní části pouzdra (6) je opatřen alespoň jednou podpěrou (14), procházející kolem držáku (15) a zabírající se střední tlačnou deskou (23), uspořádanou v pouzdru (6) posuvně a nesoucí alespoň jeden první siloměr (25), **vyznačující se tím**, že alespoň jeden první siloměr (25) je opatřen deformovatelnými výstupky (26), které přes mezeru (27) dosedají na spodní tlačnou desku (28), uspořádanou v pouzdru (6) posuvně a spojenou s držákem (12) indentoru (13), přičemž mezi spodní tlačnou deskou (28) a čelem (7) je uspořádán první pružný člen (30), a střední tlačná deska (23) a spodní tlačná deska (28) jsou opatřeny otvory pro průchod tyče (20) posuvu do držáku (15) a alespoň jedna podpěra (14) dosedá na střední tlačnou desku (23) přes alespoň jeden druhý siloměr (22), uspořádaný na střední tlačné desce (23), přičemž přesnost druhého siloměru (22) je alespoň 10x menší než maximální zatěžovací síla prvního siloměru (25), a hodnota maximální deformace deformovatelných výstupků (26) prvního siloměru (25) při maximálním zatížení odpovídá známé šířce mezery (27).

25

2. Indentační hlavice podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pouzdro (6) je válcového tvaru se shora vytvořeným vnitřním osazením (32), ve kterém je pomocí šroubů (16) upevněn držák (15), v jehož středu je vytvořen otvor (29) pro tyč (20) posuvu, ve kterém je uspořádán snímač (19) posuvu, přičemž otvor (29) je na horní straně držáku (15) překryt víkem (17) upevněný šrouby (18) k držáku (15).

30

3. Indentační hlavice podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že měřicí rozsah prvního siloměru (25) je do 150 N a měřicí rozsah druhého siloměru (22) je do 35 kN.

35

4. Indentační hlavice podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že držák (15) snímače (19) má na spodní části středový vodící tubus (21), uložený ve středovém otvoru druhého siloměru (22) a střední tlačná deska (23) je opatřena středovým vybráním (24), ve kterém jsou uspořádány dva první siloměry (25), kolem tyče (20) posuvu, která prochází vybráním (24) a je posuvně uložena ve vodícím tubusu (21).

40

5. Indentační hlavice podle některého z nároků 2 až 4, **vyznačující se tím**, že čelo (7) má obvodový lem (9), ve kterém je osazeno pouzdro (6), a středový opěrný segment (8) s otvorem (31), ve kterém je posuvně uložen vodící nákržek (33) spodní tlačné desky (28), ve kterém je upevněn držák (12) indentoru (13), a první pružný člen (30) je tvořen tlačnou pružinou uspořádanou mezi spodní tlačnou deskou (28) a čelem (7).

45

6. Indentační hlavice podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že tyč (20) posuvu prochází středovým otvorem snímače (19) posuvu, který je dotykový, magnetický, nebo jiného typu s přesností v desítkách μm .

50

7. Indentační hlavice podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že tlačný segment (10) je opatřen otvorem (11) se závitem pro připojení k zatěžovacímu mechanismu (2).

8. Indentační hlavice podle některého z nároků 5 až 7, **vyznačující se tím**, že délka opěrného segmentu (8) je větší než délka držáku (12) indentoru (13) a opěrný segment (8) je opatřen bočním vybráním (44).
- 5 9. Indentační hlavice podle některého z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že zahrnuje externí komoru (37) pro měření vzorků materiálu v simulovaném prostředí, komora (37) je uzavřena odnímatelným víkem (38) s otvorem (39) pro indentor (13), uvnitř komory (37) jsou posuvné čelisti (42) pro upnutí vzorku, které jsou spojeny s mikrometrickými šrouby (41) vystupujícími z tělesa komory (37), a komora (37) je dále opatřena okénkem (40) z průhledného materiálu pro sledování vzorku.
- 10 10. Indentační hlavice podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že tlačný segment (10) je upraven pro manipulaci bez zatěžovacího mechanismu (2), první pružný člen (30) je tvořen pryžovou podložkou, mezi tlačným segmentem (10) a pouzdem (6) je uspořádán druhý pružný člen (30') tvořený rovněž pryžovou podložkou a vratná pružina (34).
- 15 11. Indentační hlavice podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že tyč (20) posuvu je v horní části (36) čtyřúhelníková, je opatřena magnetickou páskou (35), a je uložena posuvně ve čtyřúhelníkovém otvoru (29') v držáku (15) snímače (19) posuvu, přičemž proti magnetické páске (35) je v držáku (15) uspořádán snímač (19) posuvu tvořený magnetickým senzorem.
- 20 12. Indentační hlavice podle nároku 10 nebo 11, **vyznačující se tím**, že pouzdro (6) s čelem (7) tvoří integrální celek, spodní podstava čela (7) je rovná, horní plocha tlačného segmentu (10) je vypouklá, a spodní tlačná deska (28) má vodící nákržek (33), ve kterém je upevněn držák (12) indentoru (13), který je posuvně uložen v otvoru (31) čela (7).
- 25 13. Instrumentovaný měřicí systém pro měření mechanických vlastností materiálů, zahrnující indentační hlavici (1), zatěžovací mechanismus (2), stolek (3) pro vzorek, analogově-digitální převodník (4) a počítač (5), **vyznačující se tím**, že indentační hlavice (1) je vytvořena podle některého z nároků 1 až 12.
- 30

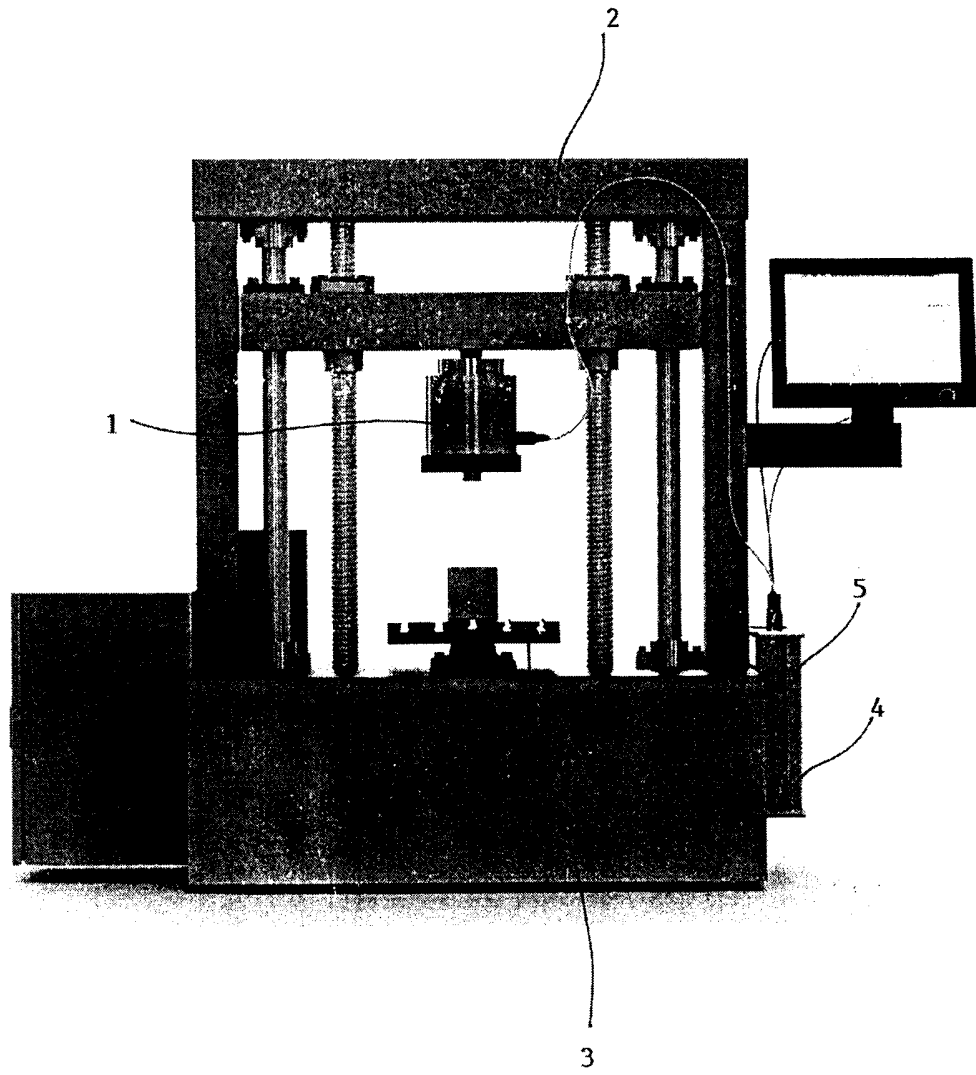
35

7 výkresů

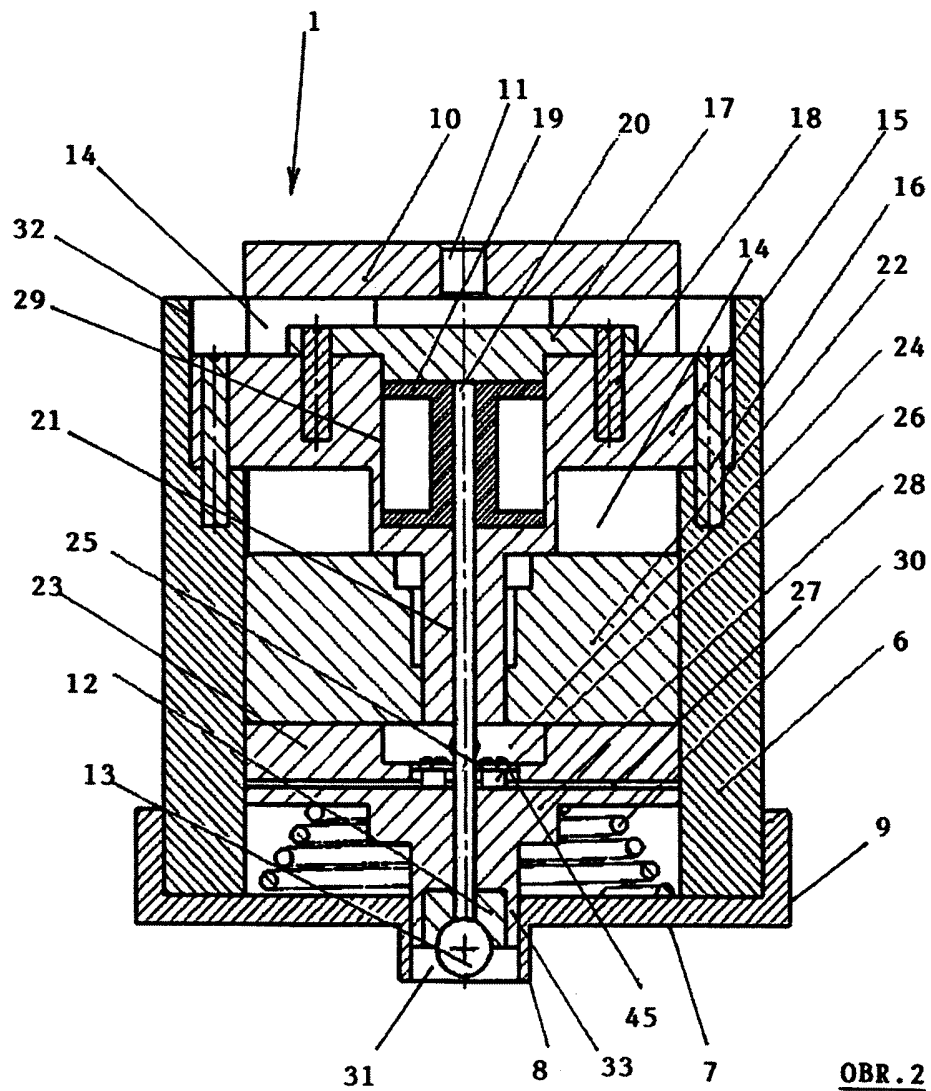
Seznam vztahových značek:

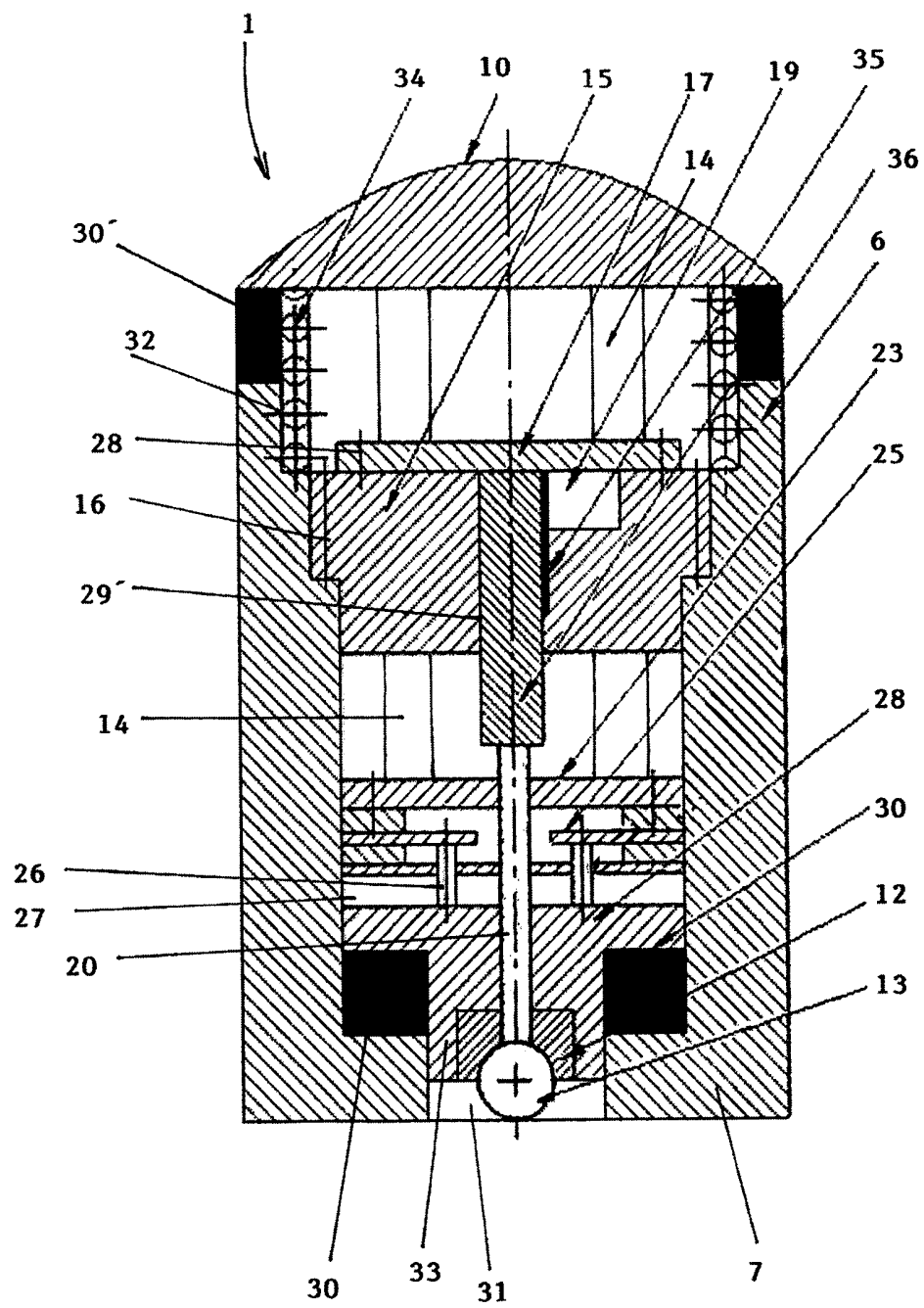
40	1	indentační hlavice
	2	zatěžovací mechanismus
	3	stolek pro vzorek
	4	analogově – digitální převodník
	5	počítač
45	6	pouzdro
	7	čelo
	8	opěrný segment čela
	9	obvodový lem
	10	tlačný segment
50	11	otvor se závitem
	12	držák indentoru
	13	indentor
	14	podpěra
	15	držák snímače posuvu
55	16	šroub držáku snímače posuvu
	17	víko držáku snímače posuvu

	18	šroub víka
	19	snímač posuvu
	20	tyč posuvu
	21	vodící tubus
5	22	druhý siloměr
	23	střední tlačná deska
	24	vybrání střední tlačné desky
	25	první siloměr
	26	deformovatelný výstupek prvního siloměru
10	27	mezera
	28	spodní tlačná deska
	29, 29'	otvor v držáku snímače posuvu
	30, 30'	pružný člen
	31	otvor v čele
15	32	vnitřní osazení
	33	vodící nákržek
	34	tlačná pružina
	35	magnetická páska
	36	horní čtyřúhelníková část tyče posuvu
20	37	komora pro měření vzorků v simulovaném prostředí
	38	víko komory
	39	otvor pro indentor
	40	okénko
	41	šroub
25	42	posuvná čelist
	43	vodič
	44	vybrání
	45	držák prvních siloměrů

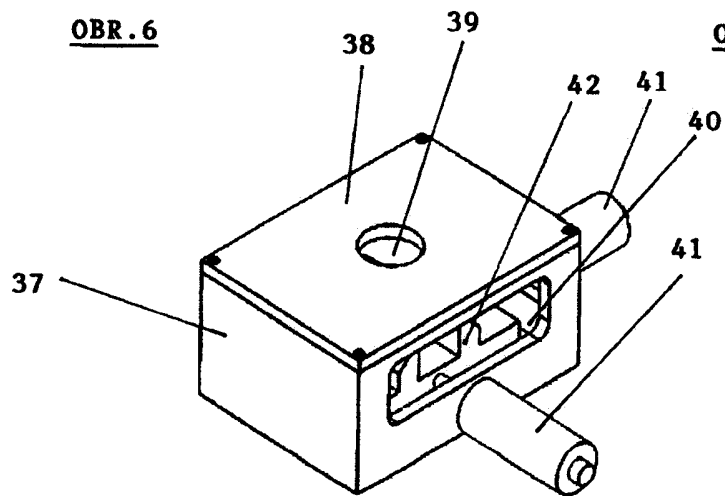
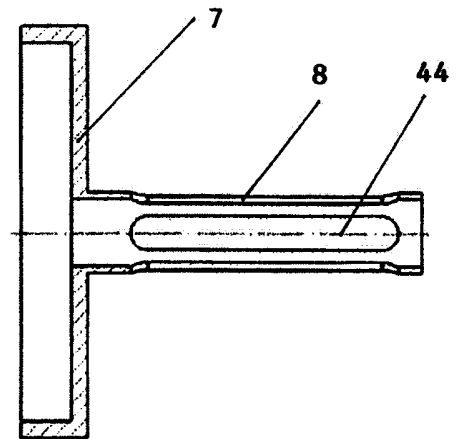
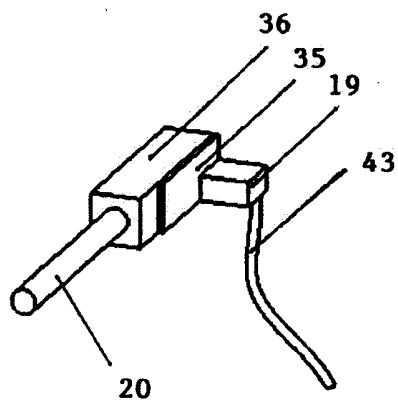
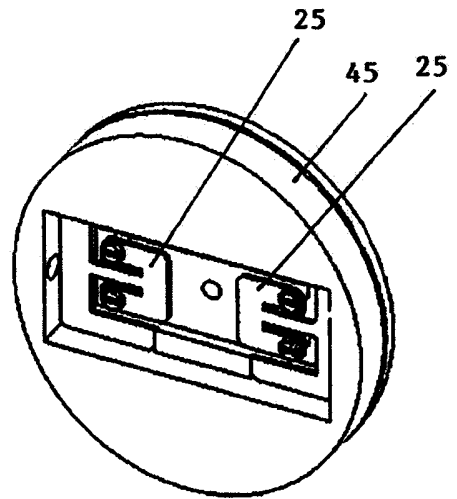
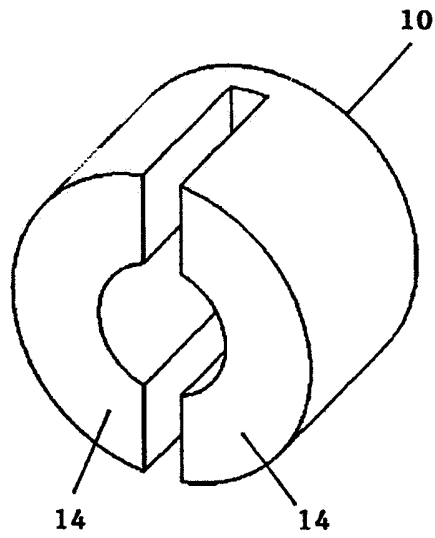


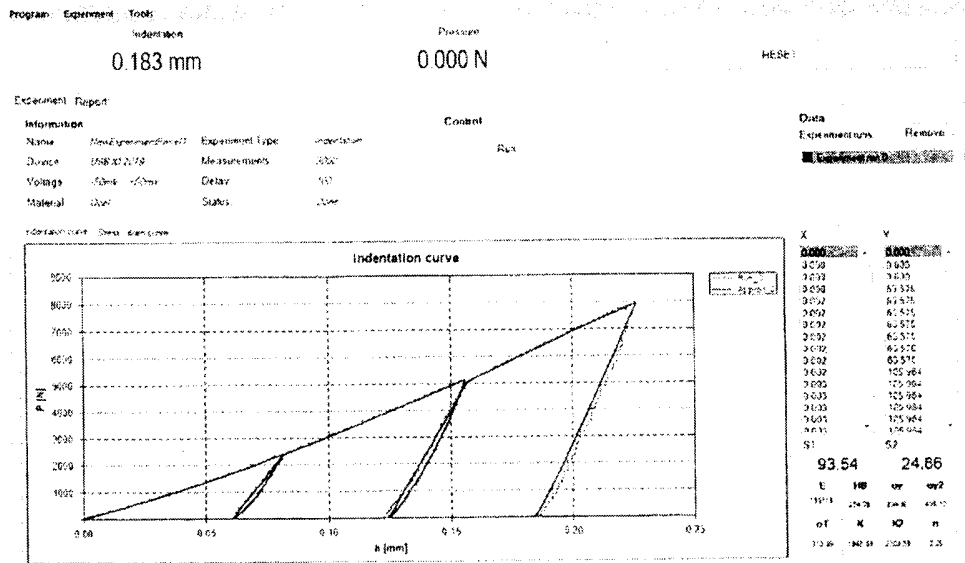
OBR. 1



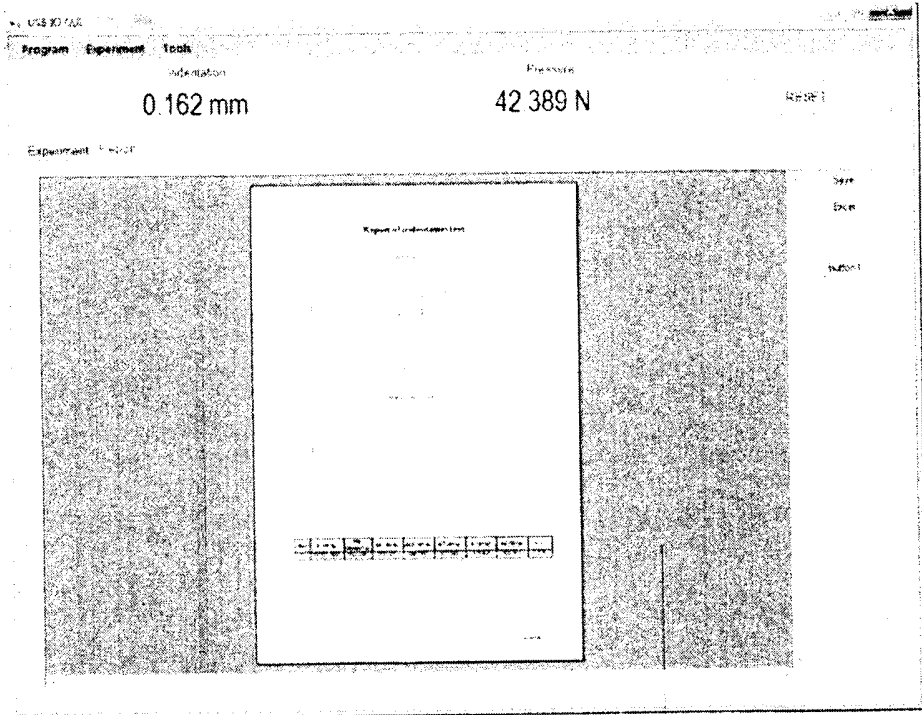


OBR. 3

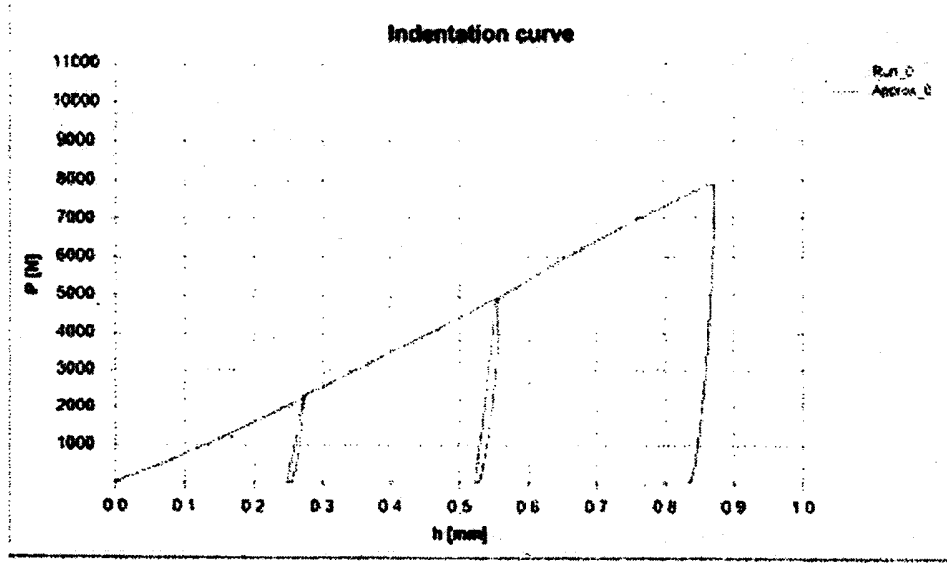




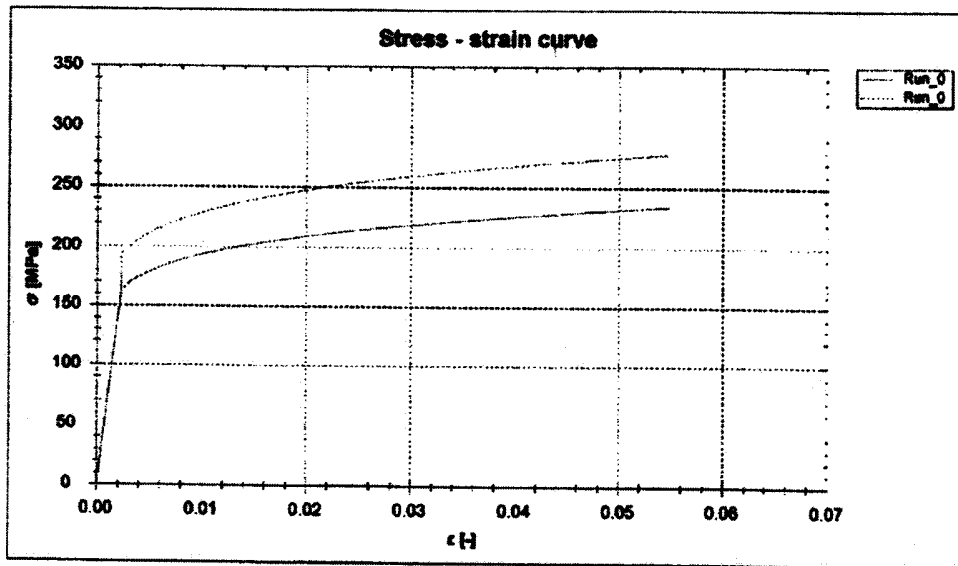
OBR . 9



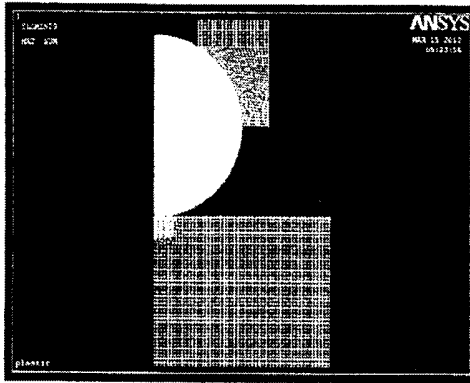
OBR . 10



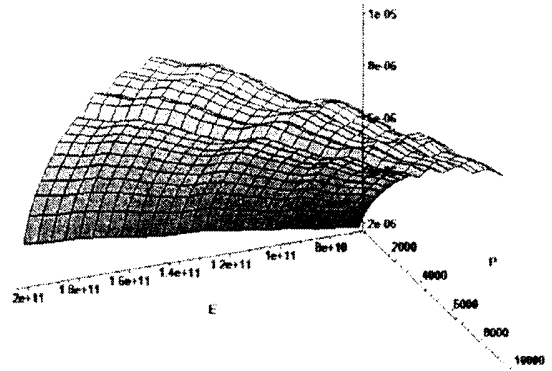
OBR. 11



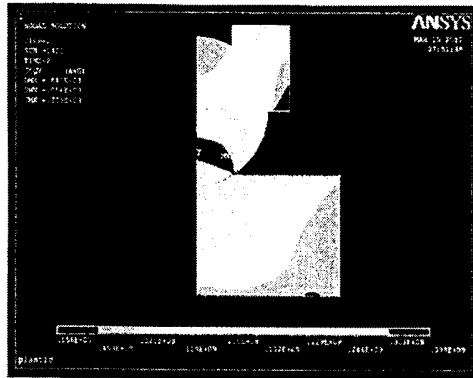
OBR. 12



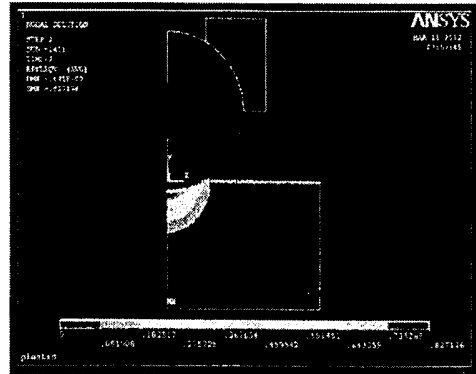
OBR. 13



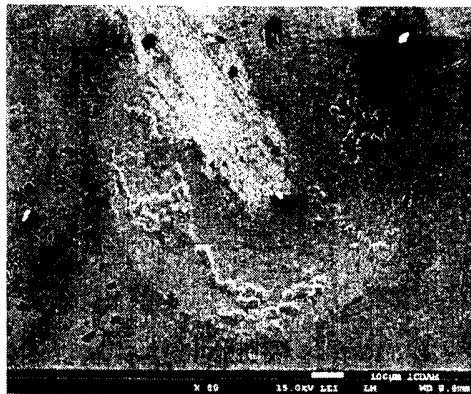
OBR. 14



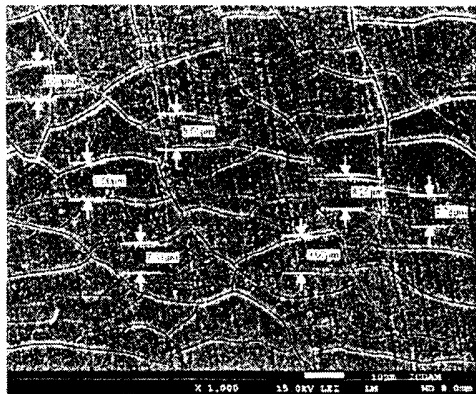
OBR. 15



OBR. 16



OBR. 17



OBR. 18

Konec dokumentu