



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

258251

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.⁴

G 01 N 17/00

(22) Přihlášeno 24 05 82

(21) PV 3793-82

(40) Zveřejněno 17 12 87

(45) Vydáno 14 04 89

(75)

Autor vynálezu

CZERNÝ JIŘÍ ing. CSc., PONĚŠICKÝ JIŘÍ ing., PRAHA

(54) Způsob provádění zkoušek tepelně oxidačního a atmosférického stárnutí polymerů

Způsob provádění zkoušek tepelně-oxidačního a atmosférického stárnutí polymerů, zkoušek koroze a ostatních vlivů vnějšího prostředí na vzorcích podrobených rázovým zkouškám při víceosé napjatosti za použití padostrojí pro vyvolání nárazu trnem na stěnu zkoušených vzorků. Ze zkoušených vstříkovacích typů polymerů se vstříkují modelové výrobky tvaru destiček s filmovým vtokem rozměrů 50 x 50 mm nebo se vytlačené desky větších rozměrů rozřežou na destičky 50 x 50 mm, potom se tyto modelové výrobky vystaví v sériích od 5 do 25 kusů vždy na stejné straně působení různých vnějších prostředí v různých časových intervalech, po expozici se destičky umístí na podpěru s kruhovým otvorem o min. průměru 40 mm a podrobí nárazu trnem na střed exponované strany a stanoví se energie k porušení vlivem lomu nebo trhlin ve zkoušené destičce. Průměrná energie k porušení jednotlivých sériích exponovaných destiček se vyhodnotí v % vzhledem k hodnotě průměrné energie k porušení neexponované série destiček.

Vynález se týká způsobu provádění zkoušek tepelně-oxidačního stárnutí polymerních materiálů v teplovzdušných sušárnách, zkoušek atmosférického stárnutí polymerů v klimatických stanicích, zkoušek koroze materiálů v různých prostředích, zkoušek vlivu ionizujícího záření a jiných vlivů vnějšího prostředí na různé nekovové, zejména polymerní materiály.

Účelem těchto zkoušek je zjišťování změn mechanického chování polymerů v závislosti na době a podmínkách působení vnějších vlivů, stanovení odolnosti a životnosti výrobků z těchto materiálů v různých prostředích a určování podmínek zpracování a použití materiálů. Převážná většina dosud používaných zkoušek tepelně-oxidačního a atmosférického stárnutí, zkoušek koroze a ostatních vlivů vnějšího prostředí na různé, zejména polymerní materiály je založena na sledování nevratných změn základních mechanických a chemicko-fyzikálních vlastností, změřených na zkušebních tělesech pro zkoušku tahem a pro stanovení rázové nebo vrubové houževnatosti, např. metodou Charpy, Izod, Dynstat, příp. tahu rázem v závislosti na době a podmínkách působení vnějšího prostředí.

Při měření standardních mechanických vlastností jsou příslušná zkušební tělesa podrobena jednoosé napjatosti, tzn. v tělesech vznikají jednoosá tahová nebo ohybová napětí. Je rovněž známo, že pro případ zkoušek stárnutí, koroze a jiných vlivů vnějšího prostředí patří stanovení změn tažnosti a změn vrubové a rázové houževnatosti nebo změn energie k porušení mezi nejcitlivější zkušební metody, které poskytují základní kritéria pro hodnocení životnosti a odolnosti materiálů vůči působení různých vnějších prostředí.

Přitom je jako životnost materiálu v příslušném prostředí nejčastěji definována doba v hodinách nebo v rocích, po níž dochází k definované změně, např. k 50% poklesu tažnosti, vrubové nebo rázové houževnatosti nebo jiné vlastnosti exponovaných materiálů vzhledem k výchozím neexponovaným materiálům. Tyto hodnoty životnosti jsou nejčastěji zjišťovány z grafických závislostí změn výše uvedených mechanických vlastností materiálů na době expozice v příslušném vnějším prostředí.

Základním nedostatkem dosud používaných způsobů provádění zkoušek stárnutí, koroze, vlivu ionizujícího záření a ostatních vlivů vnějšího prostředí na polymerní materiály je skutečnost, že nejčastěji používané sledování mechanického chování materiálů a jejich životnosti v různých vnějších prostředích, odpovídajících prostředím aplikační praxe, je založeno na provádění standardních zkoušek, při kterých je materiál ve tvaru zkušebního tělesa podroben jednoosému mechanickému namáhání. Přitom výrobky z polymerních materiálů se vyskytují v praxi nejčastěji ve tvaru tenkostěnných skořepin, podrobených víceosé napjatosti. Namáhání takových výrobků při jednoosé napjatosti se v praxi vyskytuje jen výjimečně.

Uvedený nedostatek odstraňuje způsob provádění zkoušek tepelně-oxidačního a atmosférického stárnutí polymerů, zkoušek koroze a ostatních vlivů vnějšího prostředí na vzorcích podrobených rázovým zkouškám při víceosé napjatosti za použití padostrojů a vysokorychlostních trhacích strojů pro vyvolání nárazu trnem na stěnu zkoušených vzorků podle vynálezu. Podstata způsobu spočívá v tom, že se ze vstřikovacích polymerů vstřikují modelové výrobky tvaru destiček s filmovým vtokem o minimálních rozměrech 50 x 50 mm a z vytlačovacích polymerů se vytlačují desky, které se rovněž rozřežou na destičky rozměrů 50 x 50 mm. Tyto modelové výrobky se pak vystaví v sériích od 5 do 25 kusů vždy na stejné straně působení různých vnějších prostředí v různých časových intervalech.

Po expozici se modelové výrobky umístí na podpěru s kruhovým otvorem o minimálním průměru 40 mm a podrobí se nárazu trnem na střed exponované strany. Stanoví se tak energie potřebná k porušení vlivem lomu nebo trhlin ve zkoušené destičce. Průměrná energie k porušení jednotlivých sérií exponovaných destiček se pak vyhodnotí v % vzhledem k hodnotě průměrné energie k porušení neexponované série destiček, zkoušených na stejné straně jako destičky exponované.

Způsob provádění zkoušek tepelně-oxidačního a atmosférického stárnutí a ostatních vlivů vnějšího prostředí na polymery byl vypracován a ověřen na základě zkoušek různých polymerů

např. typu polyetylen, polypropylen, polystyren, houževnatého polystyrenu, ABS-polymeru, strukturně lehčeného polypropylen plněného uhlíčitánem vápenatým, polyesterových skelných laminátů aj. Z provedených zkoušek vyplynulo, že způsob podle vynálezu je vhodný i pro zkoušky koroze, vlivu ionizujícího záření a jiných vnějších vlivů na různé kovové i nekovové materiály např. na bázi ocele nerez, hliníku, duralu, obkladových materiálů, střešních krytin aj.

Z odzkoušených základních typů modelových výrobků tvaru desek různé tloušťky, U-profilů a dutých válců se nejvíce osvědčily destičky rozměrů 50 x 50 mm o tloušťce 4 mm, vyráběné vstřikováním polymerů filmovým vtokem do vstřikovací formy. Tento druh modelových výrobků má výhodu v tom, že je v něm nejlépe reprodukována složitá nadmolekulární struktura vstřikovaných polymerů, která se vyskytuje ve zcela obdobném stavu u většiny různě tvarovaných vstřikovaných výrobků z polymerů. Destičky s optimální tloušťkou 4 mm umožňují kromě modelování struktury skutečných výrobků i snadné porovnání průběhu stárnutí a koroze polymerů za použití standardních tahových, vrubových nebo rázových zkušebních těles, jejichž standardní tloušťka je 4 mm.

Výše uvedené modelové výrobky tvaru destiček, které jsou připravovány za obdobných technologických podmínek jako při vstřikování skutečných výrobků se pak podrobují v sériích po asi 25 kusech působení příslušného vnějšího prostředí. V předem zvolených časových intervalech se jednotlivé série exponovaných modelových výrobků odeberou ze zkoušeného prostředí a po kondicionaci např. při teplotě 50 °C po dobu 48 hodin se podrobí rázovým zkouškám při víceosé napjatosti. Princip takové zkoušky spočívá v nárazu trnu na výrobek a vyhodnocení energie potřebné k jeho porušení lomem, vznikem trhliny apod.

Náraz trnu směřuje kolmo na povrch výrobku, ve směru normály v místě dopadu. Ve stěně výrobku v okolí místa dopadu vznikne v průběhu nárazu víceosá napjatost. Zkouška se provádí jako pasivní pádová zkouška, při níž na výrobek dopadá trn s polokulovou dopadovou pracovní plochou volným pádem. Zkouška probíhá na vertikálním nebo kyvadlovém padostroji. Lze použít i vysokorychlostní trhací stroj či jiné zařízení. Padostroj nebo obdobné zařízení zajišťuje vzájemnou polohu výrobku a trnu při nárazu. Výrobek je předem nárazem vhodně uložen nebo upnut v přípravku na základové desce padostroje. Velikost energie trnu dopadajícího na výrobek se reguluje změnou hmotnosti trnu nebo změnou jeho pádové výšky, příp. kombinací obou.

Ke stanovení energie k porušení lze použít různých metod, popsanych v literatuře. Výrobky lze zkoušet při normální nebo jiné vhodné teplotě, odpovídající praxi.

Přestože rázové zkoušky při víceosé napjatosti se používají již řadu let ke zkoušení různě tvarovaných výrobků, nebylo dosud popsáno využití těchto zkoušek k hodnocení životnosti a odolnosti materiálů vůči vlivům vnějšího prostředí, např. při zkouškách stárnutí. Výhodou nového způsobu provádění těchto zkoušek podle vynálezu je podstatně větší citlivost než u dosud používaných standardních způsobů zkoušek stárnutí. Změny v materiálu modelového výrobku vzniklé v důsledku expozice ve vnějších prostředích se na výsledcích rázových zkoušek při víceosé napjatosti projevují totiž mnohem výrazněji než u standardních zkoušek při napjatosti jednoosé.

Jinou výhodou je to, že způsob zkoušek podle vynálezu poskytuje v přiblížení skutečnou životnost, tj. dobu použitelnosti reálných výrobků za podmínek podobnosti vnějších prostředí. V praxi jsou totiž skutečné výrobky ve většině případů podrobeny víceosé napjatosti. Další výhodou je pak to, že velikost variačního koeficientu do asi 20 % je u zkoušek podle vynálezu srovnatelná s variačním koeficientem u standardních zkoušek rázové a vrubové houževnatosti exponovaných zkušebních těles při jednoosé napjatosti.

Způsob provádění zkoušek tepelně-oxidačního a atmosférického stárnutí polymerů podle vynálezu je blíže osvětlen na následujících příkladech.

P ř í k l a d 1

Tepelně-oxidační stárnutí polypropylenu. Zkoušky byly prováděny na tepelně stabilizovaném polypropylenu MOSTEN 52 522 ve formě granulátu s indexem toku 1,98 g/10 min a indukční periodou 207 min. Z polypropylenu byly vstřikováním filmovým vtokem vyrobeny modelové výrobky tvaru destiček 50 x 50 mm o jmenovité sloušťce 1, 2 a 4 mm. Technologické podmínky vstřikování: teplota taveniny 230 °C, teplota formy 60 °C, vstřikovací tlak 80 MPa, dotlak 70 MPa. Ze stejného materiálu byla za obdobných podmínek vyrobena i zkušební tělesa pro zkoušku tahem typu II podle ČSN 64 0605 a pro stanovení vrubové houževnatosti metodou Charpy č. 2 podle ČSN 64 0612.

Vyrobené destičky v počtu 25 kusů na každý z plánovaných odběrů pro různé časové intervaly byly spolu se standardními tělesy pro zkoušku tahem a stanovení vrubové houževnatosti, po 10 ks na každý odběr, umístěny v teplovzdušných sušárnách a podrobeny stárnutí při teplotách 130, 110 a 90 °C. Po uplynutí zvolených časových intervalů v násobcích tisíců hodin byly z jednotlivých sušáren odebírány exponované destičky a exponovaná zkušební tělesa. Po jejich vychladnutí v exsikátoru nad silikagelem byly při normální teplotě změřeny jejich základní mechanické a chemicko-fyzikální vlastnosti.

Tahové zkoušky byly provedeny rychlostí 5 m.min⁻¹. Stárnuté i nestárnuté destičky všech tloušťek byly na vertikálním padostroji podrobeny pasivní pádové zkoušce. Uspořádání zkoušky je patrné na obr. 1a, 1b a 1c. Zkušební destička 1 byla uložena na ocelovém hranolu 3 s kruhovým otvorem ø 40 mm. Poloha hranolu 3 na základové desce 6 fixována čepem 5, poloha destičky 1 na ocelovém hranolu 3 byla fixována kolíky 4. Tak bylo zaručeno, že nárazník trnu 2 dopadal na střed destičky 1, a osa otvoru procházela bodem dopadu nárazníku trnu 2 na destičku a těžištěm trnu. Trn 2 byl opatřen nárazníkem s polokulovou dopadovou plochou poloměru 5 mm se zakaleným povrchem, aby v průběhu zkoušek nedošlo k její trvalé deformaci. Změna energie dopadajícího trnu byla prováděna změnou pádové výšky.

Bylo použito tzv. stupňovité zkušební metody, která spočívá v tom, že série 25 kusů destiček se postupně vystaví nárazu trnu který padá volným pádem. Energie trnu je dána součinem hmotnosti trnu a pádové výšky. V případě porušení první destičky lomem, příp. vznikem trhliny se energie trnu dopadajícího na následující destičku o předem určenou velikost např. o jeden stupeň, sníží, nedojde-li k poruše destičky, energie se o jeden stupeň zvýší. Tento postup se opakuje pro celou sérii destiček. Každá destička se podrobí nárazu pouze jedenkrát. Velikost stupně se během zkoušky nemění.

Matematickým zpracováním výsledků pádové zkoušky např. podle DIN 53 443 aj. byla pak vypočtena energie k porušení v joulech. Je to kinetická energie padajícího trnu potřebná k porušení zkušební destičky. Zároveň byla vypočtena směrodatná odchylka a variační koeficient této energie. Pro srovnání energie k porušení destiček o různých tloušťkách byly zjištěné hodnoty děleny střední tloušťkou destiček, a byla tak vypočtena energie k porušení na 1 mm tloušťky v J.mm⁻¹.

Naměřené výsledky jsou znázorněny v grafech na obr. 2 až obr. 4. Hodnoty změny energie k porušení exponovaných destiček jsou zde vyjádřeny v % vzhledem k energii k porušení výchozích, neexponovaných destiček, jejíž hodnota je položena rovna 100 %. Na obr. 2 jsou výsledky stárnutí při 130 °C, na obr. 3 při 110 °C a na obr. 4 při 90 °C. Pro srovnání jsou na stejných grafech uvedeny i procentuální změny tahových vlastností standardních zkušebních těles na době stárnutí, závislost hustoty ρ a roztokové viskozity η polymeru. Z grafů je zřejmé, že změny zjištěné způsobem podle vynálezu se vyznačují větší citlivostí než standardní tahové zkoušky, protože změny energie k porušení modelových výrobků činily při teplotě stárnutí 130 °C asi 1 200 %, při 110 °C asi 900 % a při 90 °C asi 500 %. Oproti tomu změny tahových vlastností: meze kluzu σ_{Kt} , prodloužení na mezi kluzu ϵ_{Kt} , tažnosti delta, napětí k dosažení 220% prodloužení $\sigma_{220\%}$ a modulu E u standardních zkušebních těles zkoušených standardním způsobem při jednoosé napjatosti nepřesahují při teplotě stárnutí 130 °C asi 150 %, při 110 °C 70 % a při 90 °C 30 %.

Vyšší citlivost způsobu podle vynálezu je dále dokumentována grafy na obr. 5, na němž je porovnání výsledků měření na modelových výrobcích způsobem podle vynálezu a na standardních tělesech při jednoosé napjatosti.

Na obr. 6 jsou graficky znázorněny závislosti energie k porušení stárnutých destiček různých tloušťek na době stárnutí při různých teplotách stárnutí přepočtené na 1 mm tloušťky. Z grafu je patrné, že největší změny energie k porušení vykazují destičky o největší tloušťce, tj. 4 mm, což souvisí se zjištěným mechanismem porušení stárnutých desek.

Z grafů na obr. 2 až 4 lze prokázat, že počáteční nárůst energie k porušení stárnutých modelových destiček o tloušťce 4 mm na maximum ležící zhruba u 4 000 hodin je způsoben převládajícím zpevněním polypropylenu vlivem jeho dodatečné krystalizace při zvýšených teplotách stárnutí. Tomu nasvědčuje obdobný nárůst hustoty s obdobně situovaným maximem. Při dalším stárnutí nad 4 000 až 8 000 hodin dochází k postupnému poklesu energie k poškození stárnutých vzorků, přičemž tento pokles je způsoben převládajícím oxidačním štěpením polymeru spojeném s tvorbou pórů a trhlin. Tomu nasvědčuje i postupný pokles hustoty polymeru pod její výchozí hodnotu a další pokles logaritmu viskozitního čísla polymeru, který si v celém průběhu stárnutí zachovává lineární nezesíťnou strukturu.

P ř í k l a d 2

Zkoušky tepelně-oxidačního stárnutí ABS-polymeru. Bylo použito ABS-polymeru FORSAN 548 z produkce k. p. Chemopetrol o indexu toku 1,99 g/10 min. Postup výroby zkušebních destiček byl stejný jako v příkladu 1. Technologické podmínky: teplota taveniny 212 °C, teplota formy 66 °C, vstřikovací tlak 80 MPa, dotlak 80 MPa. Vzorky byly stárnuty 20 000 hodin při 70 °C.

Výsledky měření jsou graficky znázorněny na obr. 7 jako závislosti procentuálních změn energie k poškození modelových výrobků na době stárnutí v tisících hodin. Pro srovnání jsou v grafu uvedeny i změny mechanických vlastností naměřené na standardních zkušebních tělesech: meze kluzu σ_{kt} , protažení na mezi kluzu ϵ_{kt} , pevnosti tahu σ_{pt} , tažnosti delta, modulu E, vrubové houževnatosti a_K , tvrdosti dle Brinella T_V a hustoty ρ .

Spodní vodorovná čárkovaná přímka vyznačuje poloviční, tj. 50% pokles sledovaných vlastností. Průsečík této přímky s křivkou časové závislosti příslušné vlastnosti pak vyznačuje na časové ose životnost při dané teplotě stárnutí z hlediska oné vlastnosti. Tak např. z obr. 7 vyplývá, že

životnost $D_{\delta/2}$, tj. doba pro poloviční pokles tažnosti delta standardních zkušebních těles je asi 1 500 h,

životnost $D_{E/2}$, tj. doba pro poloviční pokles energie k porušení modelových výrobků podle vynálezu je asi 13 000 h,

životnost $D_{aK/2}$, tj. doba pro poloviční pokles vrubové houževnatosti a_K standardních zkušebních těles je asi 17 000 h.

Z obr. 7 dále vyplývá, že pro případ tepelně-oxidačního stárnutí ABS-polymeru při 70 °C nastává od samého začátku zkoušek stárnutí relativně rychlé křehnutí polymeru, které se projevuje náhlým poklesem tažnosti delta standardních těles, postupným poklesem energie k poškození modelových výrobků a pomalejším poklesem vrubové houževnatosti a_K standardních těles. Toto křehnutí ABS-polymeru, které je doprovázeno tvorbou trhlin a pórů v polymeru, jak na to ukazuje pokles hustoty polymeru s dobou stárnutí, je způsobeno oxidačním štěpením polybutadienové složky v ABS-polymeru, což bylo prokázáno z paralelních měření infračervených spekter stárnutých vzorků.

P ř í k l a d 3

Porovnání atmosférického stárnutí různých polyolefinů a styrenových hmot a kopolymerů.

Jako výchozích polymerů bylo použito:

1. Polyetylenu PE zn. LITEN MT 62, světelně stabilizovaný, index toku 5,62 g/10 min.
2. Polypropylenu PP zn. MOSTEN 52 532, světelně stabilizovaný, index toku 1,71 g/10 min.
3. Kopolymeru propylen-etylen CEP zn. MOSTEN 55 235, stabilizovaný sazemi, index toku 0,36 g/10 min.
4. Polystyren PS zn. KRASTEN 127, čirý, index toku 4,63 g/10 min.
5. Houževnatého polystyrenu hPS zn. KRASREN 552, bílý, index toku 1,76 g/10 min.
6. ABS-polymeru zn. FORSAN 548, stabilizovaný sazemi, index toku 1,47 g/10 min.

Způsobem popsaným v příkladu 1 byly z výše uvedených polymerů připraveny zkušební destičky a standardní vzorky. Technologické podmínky vstřikování jsou v následující tabulce 1.

T a b u l k a 1

Čís.	Typ polymeru	Teplota tavniny formy °C		Vstřikovací tlak MPa
1	PE	206	61	80
2	PP	212	61	80
3	CPE	218	62	80
4	PS	211	62	80
5	hPS	215	64	80
6	ABS	219	63	80

Modelové výrobky - destičky - i standardní zkušební tělesa byly upnuty ve speciálních držácích, v hliníkových fixačních panelech podle čs. AO 220 633 o rozměrech 550 x 330 x 2 mm. Tyto panely byly pak upevněny v expozičních stojanech v klimatické stanici v Praze-Letňanech a v normalizované poloze, ve sklonu 135° k jihu ve výšce 1 m nad zemí byly vystaveny vlivu povětrnosti. Jednotlivé fixační panely byly pak v 3měsíčních intervalech odebírány, destičky a zkušební tělesa byly uvolněny, omyty vodou, otřeny a vysušeny při 50 °C po dobu 48 h. Poté byly na vzorcích měřeny vlastnosti jako v příkladu 2. Výsledky vlivu povětrnosti po 3 letních měsících v % změny jsou uvedeny v tabulce 2. Hodnota 100 % odpovídá výchozím neexponovaným vzorkům.

T a b u l k a 2

Měřená vlastnost	% změny po 3 měsících atmosfér. stárnutí					
	PE	PP	CPE	PS	hPS	ABS
energie k proužení	x/1	66,3	73,1	81,3	10,7	20,7
mez kluzu b_{Kt}	102,4	112,3	102,8	-	95,3	100,4
protažení na mezi kluzu ϵ_{Kt}	109,3	83,7	106,8	-	101,5	108,6
pevnost v tahu b_{pt}	-	-	-	101,9	79,5	91,3
tažnost δ	x/2	x/2	x/2	112,5	32,7	43,7
modul E	112,7	103,8	93,2	207,1	99,6	105,2
vzrubová houževna- tost a_K	88,9	102,7	97,2	102,6	90,8	91,9

Pozn.: x/1 = bez lomu při 23 a při -40 °C

x/2 = tažnost větší než 220 % ležící mimo měřicí rozsah trhacího stroje

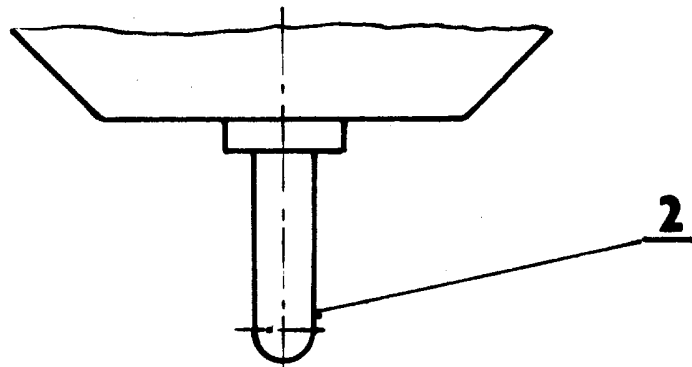
Z tabulky vyplývá, že již po 3 měsících atmosférického stárnutí světelně stabilizovaných polyolefinů a polystyrenů je možno způsobem dle vynálezu zjistit výrazné změny, tj. pokles energie k porušení modelových výrobků z původních 100 % pro výchozí nestárnutý stav vzorků na např. 66,3 % pro polypropylen nebo 20,7 % pro ABS-polymer. Pouze u polyetylenu PE, který se vyznačuje mimořádně vysokou tažností a houževnatostí nemohly být ani po 3měsíčním stárnutí změřeny příslušné hodnoty energie k porušení destiček jak při normální teplotě, tak i při -40 °C, poněvadž zkoušené destičky se při pádových zkouškách pouze plasticky deformují bez tvorby křehkých trhlin a bez lomu. Teprve po delší době atmosférického stárnutí nastává křehnutí tohoto typu polyetylenu a stárnuté destičky se při pádových zkouškách porušují křehkým způsobem. Jejich energie k porušení se postupně snižuje se zvyšující se dobou atmosférického stárnutí.

Z tabulky 2 je zřejmá i vysoká citlivost zkoušek atmosférického stárnutí podle vynálezu, značně přesahující citlivost standardních zkoušek stárnutí.

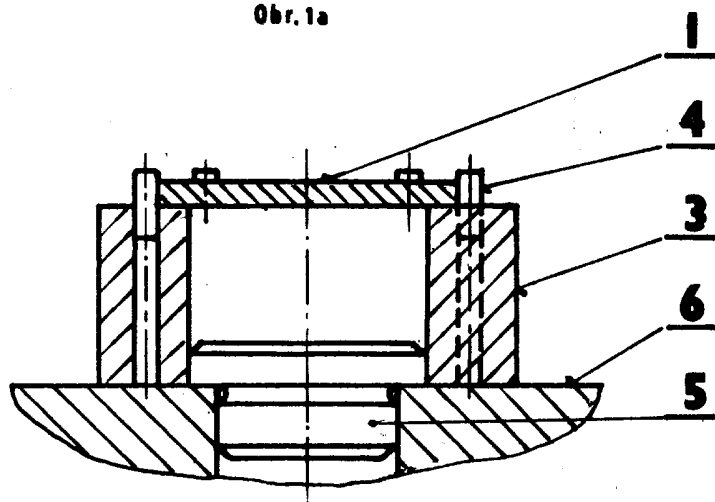
P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

Způsob provádění zkoušek tepelně-oxidačního a atmosférického stárnutí polymerů, zkoušek koroze a ostatních vlivů vnějšího prostředí na vzorcích podrobených rázovým zkouškám při víceosé napjatosti za použití padostrojů a vysokorychlostních trhacích strojů pro vyvolání nárazu trnem na stěnu zkoušených vzorků, vyznačující se tím, že se ze vstřikovacích typů polymerů vstřikují modelové výrobky tvaru destiček s filmovým vtokem o minimálních rozměrech 50 x 50 mm, a z vytlačovacích polymerů se vytlačují desky, které se rovněž rozřežou na destičky o minimálních rozměrech 50 x 50 mm, načež se tyto modelové výrobky vystaví v sériích od 5 do 25 kusů vždy na stejné straně působení různých vnějších prostředí v různých časových intervalech, po expozici se modelové výrobky umístí na podpěru s kruhovým otvorem o minimálním průměru 40 mm a podrobí nárazu trnem na střed exponované strany, a stanoví se energie k porušení vlivem lomu nebo trhlin ve zkoušené destičce, přičemž se průměrná energie k porušení jednotlivých sérií exponovaných destiček vyhodnotí v % vzhledem k hodnotě průměrné energie k porušení neexponované série destiček, zkoušených na stejné straně jako destičky exponované.

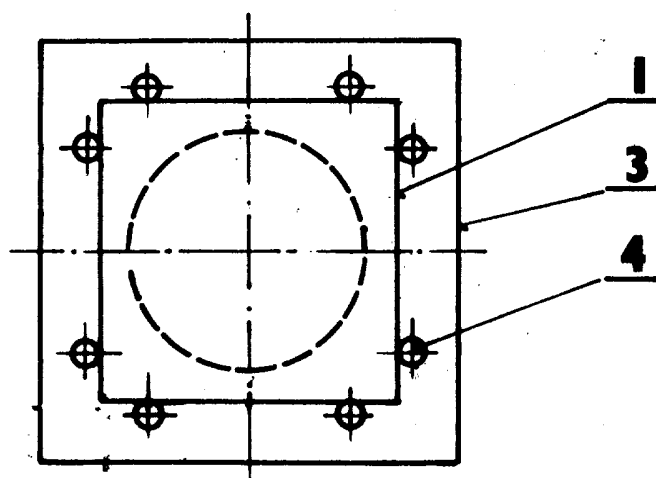
258251



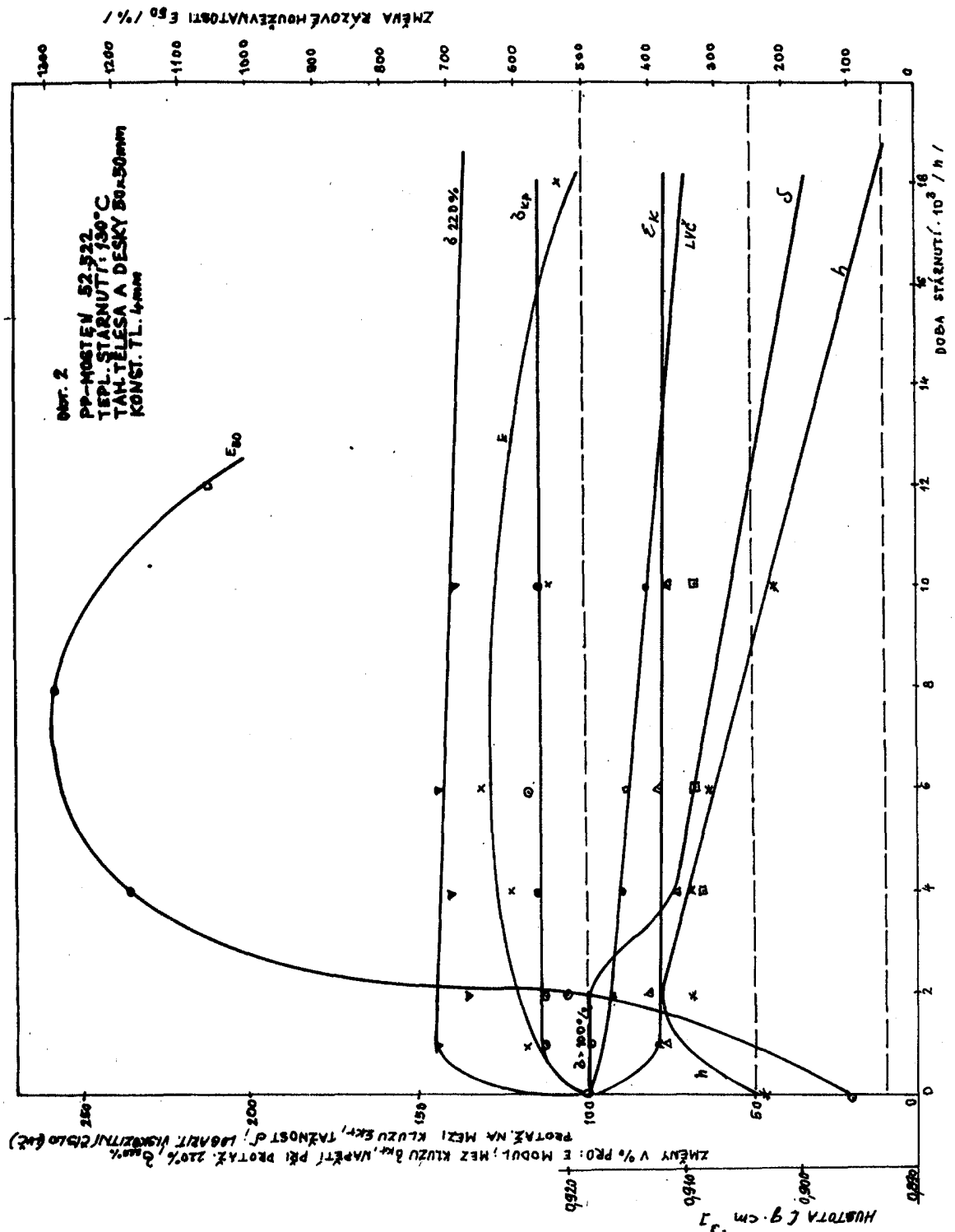
Obr. 1a



Obr. 1b

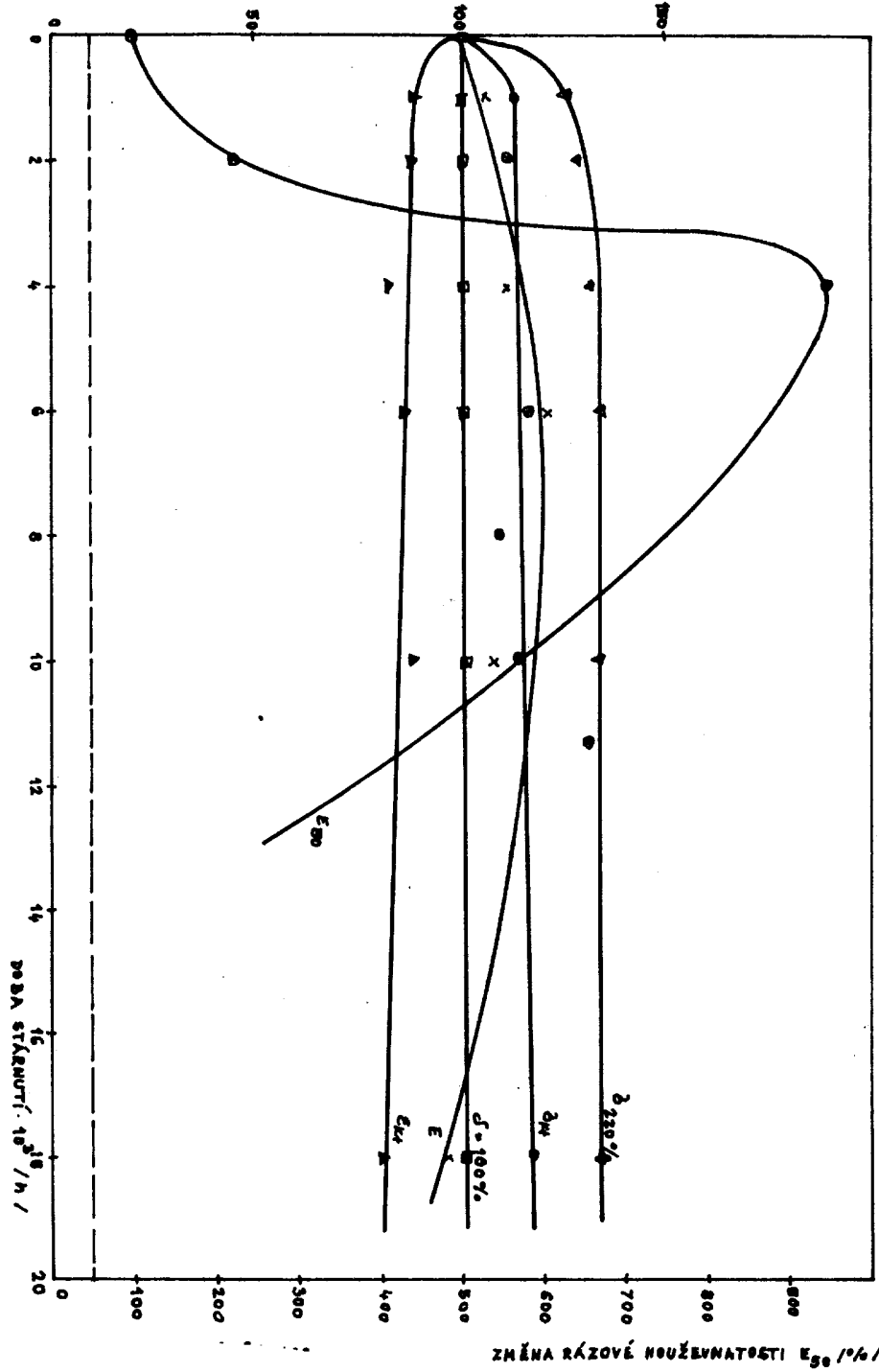


Obr. 1c



258251

ZMĚNY V % PRO: E MODUL-MEZ KLUZU δ_L , NAPĚTÍ PŘI PROTAŽENÍ δ_{220} , $\delta_{220\%}$
 PROTAŽENÍ MEZI KLUZU δ_L , TAŽNOST σ



Obt. 3
 PP-NOSTEN 52.572
 TEPL. STÁRNUTÍ: 110°C
 TAHL. TEL. A DESKY 50x50mm
 KONST. TL. 4mm

Obr. 4
 PP-MOSTEN 52.522
 TEPL. STARNUTÍ: 80°C
 TAH. TEL. A DESKY 50x50mm
 KONST. TL. 4mm

