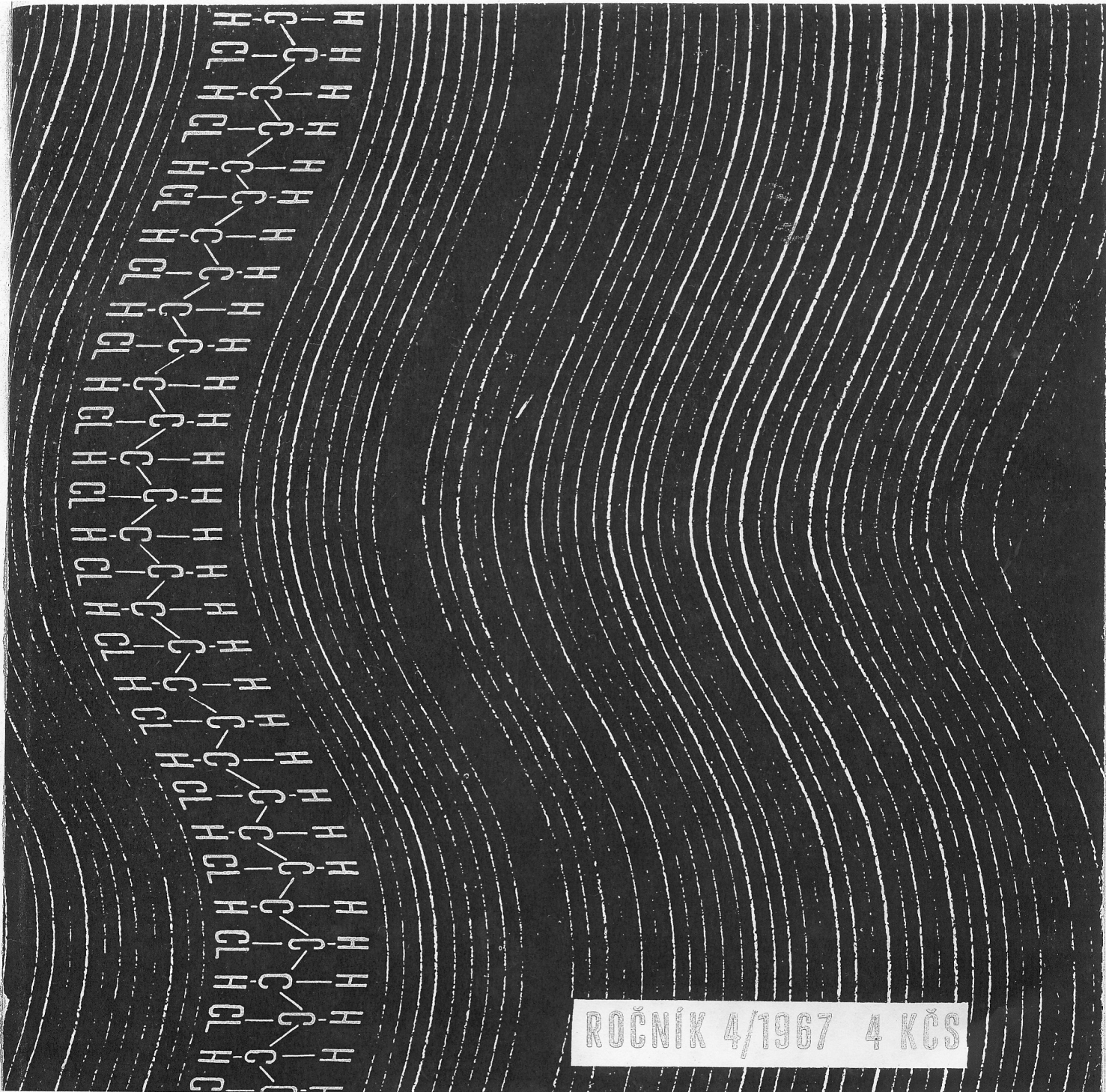


PLASTICKÉ HMOTY 7 A KAUCUK

SNTL - NAKLADATELSTVÍ TECHNICKÉ LITERATURY



ROČNÍK 4/1967 4 KčS

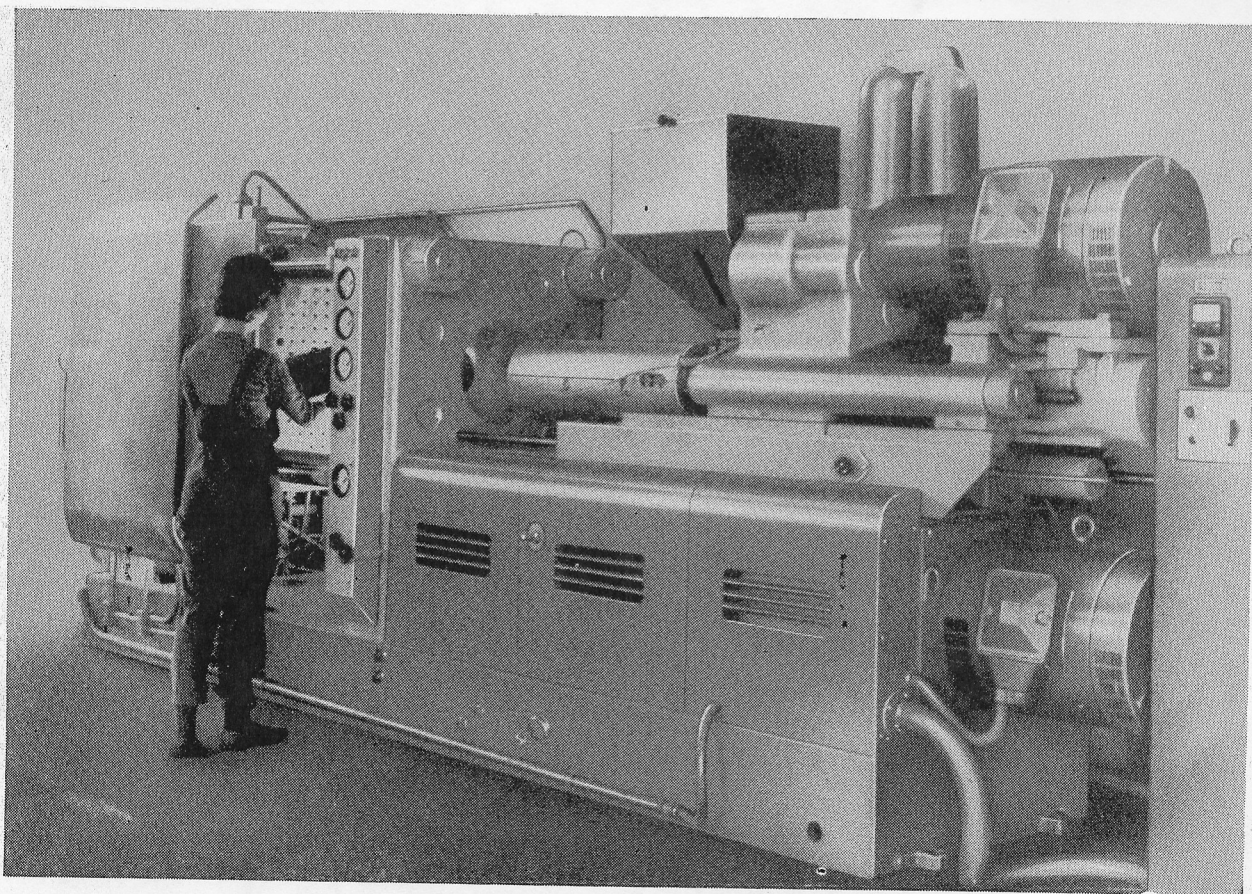
HYDRAULICKÉ LISY

na výrobky z termoplastů
ve velikostech 32, 63, 100, 250, 500, 1 000, 2 000, 3 150
a 4 000 cm³ na 1 vstřík.

na výrobky z termosetů
ve velikostech 45, 100, 160, 250 a 500 Mp.

dílenské montážní
ve velikostech 2, 10, 30 a 80 Mp.

Lisy na termoplastické hmoty pracují automaticky, popřípadě poloautomaticky a vyznačují se velkým výkonem. Spolehlivý chod při zpracování všech druhů plastických hmot zaručuje šneková plastikace, kloubový uzávěr a hydraulické prvky vlastní výroby, popřípadě prvky Vickers.



Vyrábí:
ŽĎÁRSKÉ STROJÍRNY A SLÉVARNY,
národní podnik,



závod
TOS RAKOVNÍK

PODKLADY PRO STATICKÝ NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ Z PVC

ZDENĚK P. BAZANT A LUMÍR SKUPÍN (Stavební ústav ČVUT, Praha)
(Redakci došlo 30. 8. 1967)

Mechanické a reologické vlastnosti PVC, potřebné pro návrh a statický výpočet nosných prvků, byly zjišťovány na vzorcích ze suspenzního PVC z VÚGPT v Gottwaldově. Rozborem výsledků zkoušek vyplývá, že na statické chování prvků mají nepříznivý vliv především dlouhodobé deformace suspenzního PVC, zvláště za vyšších teplot. O bezpečnosti a použitelnosti konstrukce rozhoduje proto převážně deformační stav a dlouhodobá stabilita, jen v málo případech stav napjatosti. Reologické chování různých druhů PVC je vzhledem k podobné struktuře makromolekul podobné, a to i přes někdy značné rozdíly v pevnosti, trvanlivosti a chemické odolnosti. Všeobecné konstrukční zásady, odvozené v článku při podrobném studiu jednoho typu PVC, proto platí i pro ostatní druhy PVC, vhodné k výrobě tuhých konstrukčních prvků.

Pevnost v tahu

Zkoušky probíhaly na tělesech normalizovaného tvaru při různých teplotách a rychlostech deformace, protože oba faktory mají vliv na pevnost. Vliv rychlosti deformace $v = d\varepsilon/dt$ při základní teplotě $T = 20^\circ\text{C}$ na pevnost je uveden v tab. I, z níž je patrné, že při běžných rychlostech 1 až 5 %/min pevnost na rychlosti ještě mnoho nezávisí, takže menší odchylky od standardní zatěžovací rychlosti nebudou příčinou různých výsledků zkoušek.

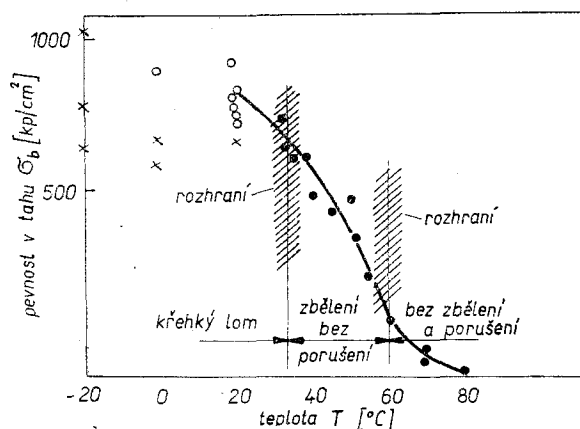
Tabulka I

Vliv rychlosti deformace v na pevnost v tahu σ_b

v_i (%/min)	$v_1 = 1,3$	$v_2 = 4,9$	$v_3 = 292$
v_i/v_1	1	3,75	225
σ_{bi} (kp/cm ²)	736	764	861
σ_{bi}/σ_{b1}	1	1,04	1,17

Vliv teploty na pevnost, jak ukazuje obr. 1, je mnohem výraznější. V grafu jsou vyznačena dvě rozhraní, při 30 až 36 °C a při 56 až 64 °C. Při teplotách nižších než první rozhraní nastane křehké porušení tělesa (obr. 2a); při teplotách mezi oběma rozhraními se nejprve projeví zbledení PVC, kterému odpovídá maximální dosažené napětí v průřezu. Těleso se však neporuší, ale zbledení se postupně rozšíří po pracovní části tělesa spolu se značným prodloužením (obr. 2b), kdežto při teplotách nad druhým rozhraním se po dosažení maximální nosnosti těleso protahuje bez zbledení (obr. 2c). Mezní poměrná prodloužení při vyšších teplotách jsou velmi vysoká (několik set %), pro statické posouzení nosných prvků nemají však velký význam.

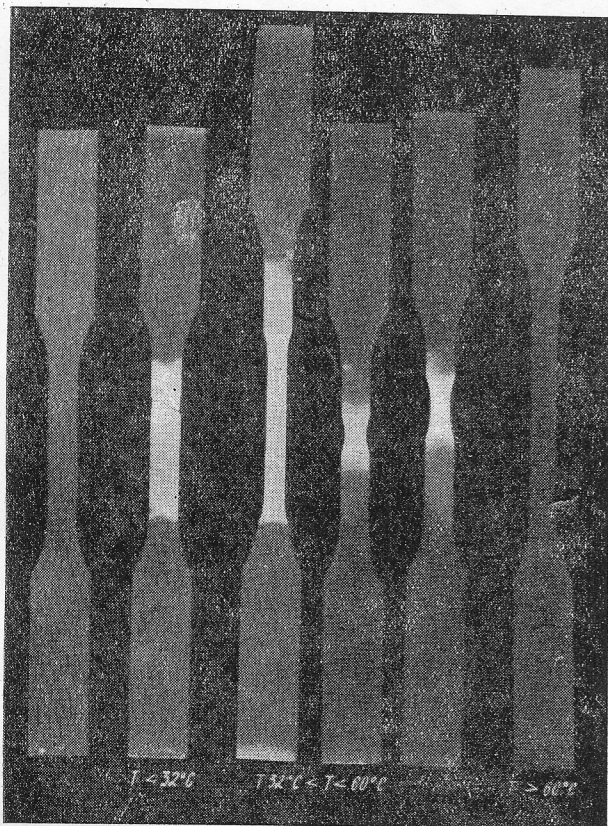
Bylo zjišťováno, zdali zbledení, kterým se opticky projevují poruchy ve struktuře, má vliv na pevnost materiálu, a stejně tak, zdali protažení za teploty nad druhým rozhraním má vliv na pevnost. Tělesa byla zahřata na teplotu 45 a jiná na 70 °C



Obr. 1. — Pevnost v tahu v závislosti na teplotě a vliv předtažení za zvýšené teploty na způsob porušení ● bez předtažení; × tělesa předtažena při 45 °C (tělesa se porušila); ○ tělesa předtažena při 70 °C (protahování bez porušení a zbledění); vyznačené body jsou průměry tří až šesti těles

(na obr. 1 vyznačeno kroužky a křížky), pak byla protažena o 10 až 15 % v jednom směru, ochlazená na základní teplotu 20 °C a vyzkoušena. Z výsledků na obr. 1 je patrné, že deformaci, kterou provází zbledení, se pevnosti mírně sníží, kdežto předtažením při teplotách nad druhým rozhraním se pevnost nezmění.

Důležitým poznatkem však je, že předtažením při teplotách nad prvním, lépe nad druhým rozhraním se odstraní křehké porušení — tříštivost suspenzního PVC při normálních i nízkých teplotách. Tento jev by se dal vysvětlit určitou orientací makromolekul ve směru protahování. Zajímavé však je, že křehké porušení se odstraní také ve směru kolmém na směr předtažení. Tento jev byl pozorován na mnoha vzorcích, nepodařilo se nám jej však vysvětlit. Předtažení by snad bylo možno využít k odstranění tříštivosti suspenzního PVC a



Obr. 2. — Deformace a porušení těles při různé teplotě
a) $T < 32^\circ\text{C}$; b) $32^\circ\text{C} < T < 60^\circ\text{C}$; c) $T > 60^\circ\text{C}$

s vyloučením křehkého lomu by také bylo možno hospodárněji navrhovat nosné prvky.

Pevnost v tlaku

Stejně jako u tahu jsou také pevnosti v tlaku závislé na rychlosti zatěžování a teplotě (tab. II). Pevnost v tlaku byla stanovena na válečkách $\varnothing 12$ mm a délky 24 mm, vyřezaných z tyčí PVC. K dosažení osově symetrické příčné deformace válečků bylo nutno zhotovit zvláštní zařízení.

Tabulka II

Vliv rychlosti deformace v' na pevnost v tlaku σ'_b

v'_i (‰/min)	$v'_1 = 1,66$	$v'_2 = 8,32$	$v'_3 = 41,65$
v'_i / v'_1	1	5	25
σ'_{bi} (kp/cm ²)	600	650	710
$\sigma'_{bi} / \sigma_{b1}$	1	1,08	1,18

Vliv vrubů

Vliv vrubů byl zkoušen na tahových tělesech při rychlosti deformace $v_2 = 4,9$ ‰/min a teplotě 20°C . Tvary vrubů, postup šíření poruch charakterizovaných zblžením a pevnosti (průměry z šesti těles) jsou patry v tab. III. Z uvedených výsledků plyne, že suspenzní PVC při laboratorní teplotě a poměrně velké zatěžovací rychlosti není na vruby citlivý. Za vyšších teplot a nižších rychlostí deformace je citlivost polymerů k vrubům vlivem relaxace napětí všeobecně nižší.

Zvětšení pevnosti ze 764 kp/cm² u tělesa bez vrubu na 803 kp/cm² u tělesa s oblým vrubem je způsobeno nestejnorodostí materiálu. Délka části

Tabulka III
Vliv vrubu na pevnost v tahu

tvar vrubu				
postup šíření mikrotrhlin				
σ_b [kp/cm ²]	764	803	724	716
$\sigma_{bi} / \sigma_{b1}$	1	1,05	0,95	0,94

tělesa bez vrubu, ve které se může porušit, je 5 cm, kdežto u tělesa s oblým vrubem to je prakticky jediný průřez, proto se uplatní statické hledisko.

Statistické vyhodnocení pevnosti

Ke statistickému pozorování byl vybrán soubor 50 normálních tahových těles a 25 podobných těles, jejichž pracovní část byla místo 5 cm pouze 2 cm dlouhá. Tělesa byla zkoušena při rychlosti $v_2 = 4,9$ ‰/min a teplotě 20°C . Výsledky jsou v tab. IV.

Tabulka IV

Statistické parametry pevnosti v tahu

Délka namáhané oblasti	5 cm	2 cm
Průměrná pevnost σ_b (kp/cm ²)	699*	724
Směrodatná odchylka s (kp/cm ²)	19,5	18,97
Variační součinitel v (‰)	2,79	2,62
Šikmost a	-0,38	+0,20

*) Hodnota se liší od pevnosti při v_2 v tab. I pravděpodobně tím, že tělesa byla vyřezána z jiného kusu materiálu.

Ze statistických hodnot pro různě dlouhé namáhané oblasti (2 a 5 cm) lze podle [1] určit vliv velikosti namáhané oblasti na průměrnou pevnost σ_b . Pro nulovou šikmost statistického rozdělení jsou průměrné pevnosti suspenzního PVC při různě dlouhé namáhané oblasti uvedeny v tab. V.

Tabulka V

Vliv délky l namáhané oblasti na průměrnou pevnost v tahu σ_b

l (cm)	2	5	10	20	50	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵
σ_b (kp/cm ²)	724	699	684	671	658	650	633	623	618

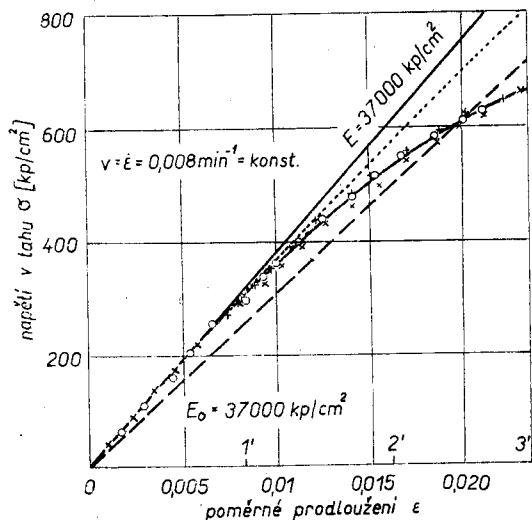
Provádějí-li se normalizované zkoušky na tělesech s pracovní částí dlouhou 5 cm a uvažuje-li se např. max. nosná délka konstrukčního prvku z PVC 100 cm, pak podle tab. V bude průměrná pevnost tohoto prvku o 7 ‰ nižší než pevnost zjištěná normalizovanou zkouškou (variační součinitel pevnosti se však zmenší).

Krátkodobé deformace

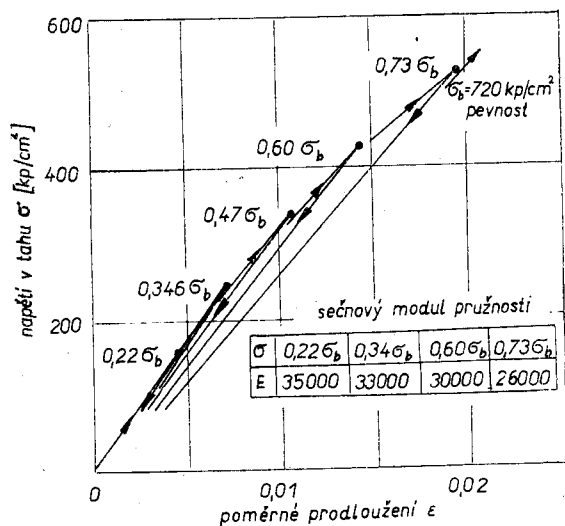
Pod konvenčním pojmem krátkodobé deformace zde rozumíme deformace při zatížení působícím několik minut za laboratorní teploty, tedy dobu poměrně krátkou proti běžnému statickému působení sil na nosný prvek. Proti tomu za dlouhodobé považujeme deformace při zatížení působícím

více hodin, dnů, měsíců, nebo roků za laboratorní teploty. Toto dělení má pouze praktický význam, protože veškeré deformace polymerů jsou časově závislé a teoreticky proto nemá smysl je dělit podle trvání.

Tahové zkoušky probíhaly pouze za teploty 20 °C při rychlosti zatěžování $v_1 = 1,3 \text{ } \%/ \text{min}$. Průměrná závislost poměrného prodloužení na napětí při plynulém zatěžování až do porušení je na obr. 3, při zatěžování po stupních a odlehčování na obr. 4.



Obr. 3. — Závislost poměrného protažení na napětí při 20 °C a konstantní rychlosti deformace $v = \dot{\epsilon} = 0,008 \text{ min}^{-1}$ (čárkovaně — závislost odpovídající lineárnímu dotvarování pro $E_0 = 33\,000 \text{ kp/cm}^2$, $E = 0,85 E_0$, tečkovaně pro $E_0 = 37\,000 \text{ kp/cm}^2$, $E = 0,85 E_0$)

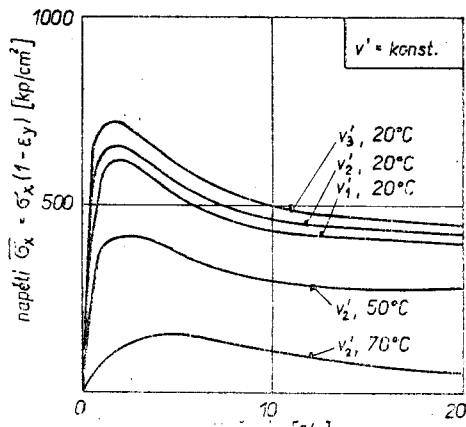


Obr. 4. — Závislost poměrného prodloužení na napětí při postupném zatěžování a odlehčování

Zakřivení grafu je zčásti projevem fyzikální nelinearity pružné deformace, hlavně však je způsobeno dlouhodobou deformací (tečením), které je značné i při krátké relaxační době. Po odlehčení jsou deformace plně vratné.

Modul průtažnosti při napětích kolem 1/3 pevnosti (obor dovolených namáhání konstrukcí) je 26 000 kp/cm^2 , počáteční 33 000 kp/cm^2 a modul pružnosti při odlehčení z 1/3 na 1/10 pevnosti je 33 000 kp/cm^2 (rozumí se při uvedené rychlosti a teplotě).

Tlakové zkoušky probíhaly na válečcích, stejných jako u zkoušek pevnosti. Rychlosti zatěžování byly 1,66, 8,32 a 41,65 $\%/ \text{min}$, tedy v poměru 1:5:25, a teploty 20, 50 a 70 °C. Na obr. 5, kde jsou vyneseny závislosti stlačení na napětí, je patrný menší vliv rychlosti zatěžování na tvar křivek, zato však značný vliv teploty. Modul stlačitelnosti při napětích kolem 1/3 pevnosti při 20 °C byl 29 000 kp/cm^2 , modul pružnosti při odlehčení 32 000 kp/cm^2 .

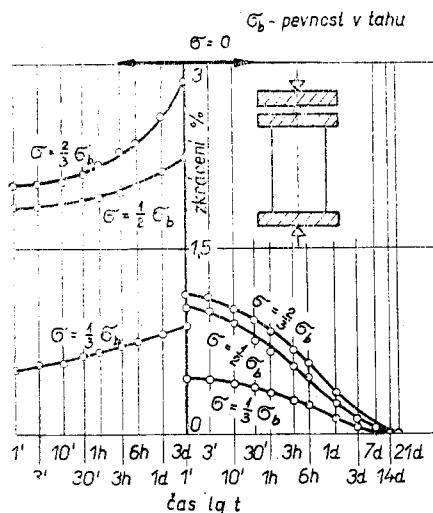


Obr. 5. — Závislost stlačení na napětí při různých teplotách a různých rychlostech deformace

Poissonův poměr je závislý na napětí a teplotě, za běžných podmínek ($\sigma = 1/3 \sigma_b$, 20 °C) je 0,28 až 0,30 a stejný ve všech směrech v rovině desky i ve směru kolmém k rovině. Objemová stlačitelnost PVC při přesnosti měření poměrných deformací $1 \cdot 10^{-4}$ nebyla měřitelná, vyplývá však z Poissonova poměru.

Dlouhodobé deformace

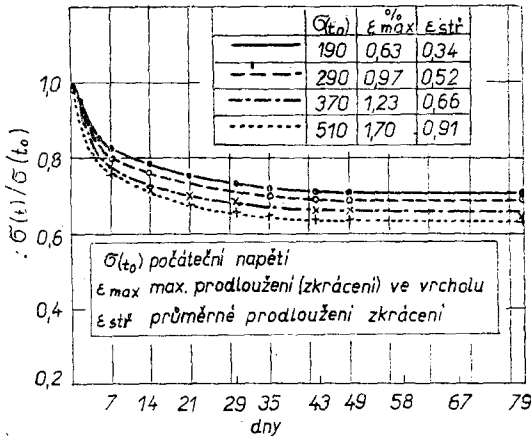
Dotvarování při stálém napětí v tlaku (obr. 6) bylo sledováno za různých teplot na válečcích výšky 24 mm, \varnothing 12 mm, zatížených závažím přes páku; dotvarování při stálém napětí v tahu bylo měřeno na páscích $210 \times 20 \times (1,5 \text{ až } 2) \text{ mm}$ ve zkušebním stroji.



Obr. 6. — Dotvarování při stálém napětí v tlaku a zotavení za různých teplot a různého napětí

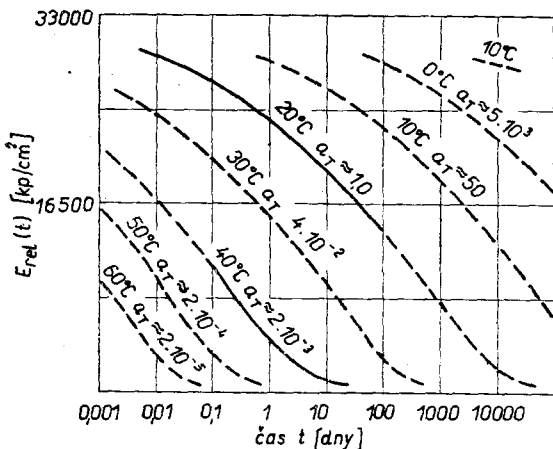
K rozsáhlejšímu měření parametrů dotvarování jsou vhodné relaxační zkoušky na ohnutých pás-

cích (viz [2], [3], přihláška vynálezu autorů PV-6350/65), v nichž síla byla měřena vážením kompenzační metodou. Zkoušky probíhaly na vzduchu (obr. 7) za různých teplot, ve vodě a ve veterometru se skrápěním vodou a s UV-zářením, a při různé velikosti deformace.



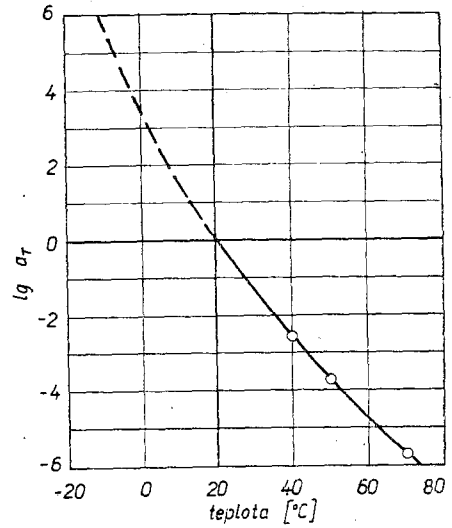
Obr. 7. — Relaxace napětí v ohnutých páscích při různých deformacích (na vzduchu, teplota 21 °C; body jsou průměry tří těles)

Z hlediska vlivu teploty jsou výsledky ve shodě s hypotézou redukce času (princip časové teplotní superpozice [4–6]), podle níž všechny parametry dotvarování při teplotě T jsou stejné jako při zvolené základní teplotě T_0 , jestliže je vyneseme v časové stupnici o redukovaných časových intervalech $\Delta t' = \Delta t/a_T$, kde t je skutečný čas a a_T koeficient redukce času. V soulase s touto hypotézou byly pro hodnoty relaxačního modulu $E_{rel}(t) = \delta(t)/\epsilon_0$ získány křivky na obr. 8 a pro koeficient a_T diagram na obr. 9, který je ve shodě s Arrheniovým vztahem $\lg a_T = -(T - T_0)^{-1} \cdot konst.$ [5] pro polymery. Výraz pro a podle Williamse, Landela a Ferryho [5] s konstantami stejnými pro většinu polymerů nemá pro konstrukce z PVC význam, neboť platí jen nad teplotou skelného přechodu $T_g \approx 82$ °C [5, 6].



Obr. 8. — Relaxační modul v závislosti na čase při různých teplotách (plně — změřeno přímo, čárkovaně — odvozeno)

Dále bylo sledováno, jak velká část dlouhodobé deformace je vratná (zpožděná pružná deformace), a to jednak po předchozím dotvarování za stálého napětí (obr. 6), nebo po relaxaci ohnutých pásků. Za nižších teplot je určitá malá část deformace nevratná a teprve při zvýšení teploty asi na 60 °C jsou veškeré deformace dokonale vratné, a to i ty, které proběhly při nižší teplotě.



Obr. 9. — Koeficient redukce času a_T v závislosti na teplotě (od 20 do 40 °C odvozeno z relaxačního měření, od 40 do 70 °C z měření dotvarování ve zkušební stroji, pod 20 °C extrapolace ověřená jedním měřením při -20 °C)

Závislost dlouhodobých deformací je přibližně lineární a lze ji matematicky formulovat podle teorie lineární viskoelastivity lineárními integrálními rovnicemi nebo obyčejnými diferenciálními rovnicemi v čase, které odpovídají modelům složeným z pružin a tlumičů. Pro výpočet konstrukcí lze se přibližně omezit na tříprvkový (Boltzmannův) model, ovšem v omezeném časovém intervalu asi od 1/5 do 5násobku dané retardační (relaxační) doby, i když ve skutečnosti je retardační (relaxační) spektrum spojitě. Nevratné deformace lze nejjednodušeji znázornit zapojením dalších prvků v modelu západkou [7].

Pro dlouhodobě zatížené elementy (i když jen slabě, vlastní vahou) má význam znát mez vnitřního tření, pod níž se dotvarování prakticky neprojevuje. Byla zjištěna pozorováním ohybu zatížených pásků uprostřed rozpětí za různých teplot. Je velmi nízká — viz tab. VIII. Vnitřní tření je též důvodem nevratnosti deformací.

Při vysokých napětích se objevuje *nelinearity* závislosti deformace a napětí. Plyne to jednak z toho, že podle parametrů zkoušek dotvarování nebo relaxace by zakřivení pracovního diagramu na obr. 3 bylo asi poloviční, jednak z křivek relaxace na obr. 7. Při nelinearitě lze závislost poměrného prodloužení ϵ a normálního napětí σ v čase t psát s ohledem na princip superpozice v tvaru

$$\sigma(t) = E F[\epsilon(t)] + \int_{\tau=0}^t E f[\epsilon(\tau)] R(t-\tau) d\tau \quad (1)$$

jehož parametry byly určeny ze zkoušek relaxace na obr. 7 a pracovního diagramu na obr. 3 — viz tab. IX. Tyto číselné hodnoty odpovídají teplotě 21 °C a časovému rozmezí od několika dnů do několika měsíců. Dále se určitá nelinearita též projevuje v časové superpozici při změnách deformace nebo napětí, což je patrné z křivek zotavení. Tak při lineární superpozici by zotavení na obr. 6 aj. mělo probíhat stejně rychle jako fáze zatížení, probíhá však značně pomaleji. Lineární superpozici v čase lze tedy uvažovat jen s výjimkou případů většího odlehčení.

Navrhování nosných prvků z PVC

Vzhledem k nízkému modulu pružnosti a jeho silnému poklesu s teplotou (nad 40 °C), velkému dotvarování a křehkému porušení (tříštivost) lze PVC používat jen pro podružné nosné prvky, např. potrubí, krytiny, střešní dílce a fólie. Další aplikací jsou modely konstrukcí. Určitého zlepšení vlastností lze dosáhnout např. vyzlužením desek ocelovou sítí. Tříštivost suspenzního PVC naší výroby lze odstranit mírným předtažením při zvýšené teplotě.

Minimální pevnosti a krátkodobý modul pružnosti (pro dobu zatěžování do 1 min.) jsou uvedeny v tab. VI, dlouhodobý modul pružnosti E_{cr} (tj. krípvový modul) v tab. VII. Vliv vrubů je zanedbatelný, stačí vzít do počtu skutečnou oslabenou plochu průřezu.

Tabulka VI

Minimální pevnosti v tahu a tlaku a moduly pružnosti při různých teplotách

Teplota (°C)	-20	0	+20	+30	+40	+50
Tah σ_b (kp/cm ²)	600	660	660	550	490	330
Tlak σ'_b (kp/cm ²)	550	550	550	490	450	370
Modul pružnosti E_0 (kp/cm ²)	33 000	33 000	33 000	27 000	23 000	15 000

Minimální pevnosti byly stanoveny ze vzorce

$$\sigma_{b \text{ min}} = \sigma_b - 3s$$

kde σ_b — je průměrná pevnost

s — je směrodatná odchylka

s pravděpodobností překročení 0,001 při Gaussově normálním rozdělení pevností.

Tabulka VII

Dlouhodobý modul pružnosti — hodnoty E_{cr}/E_0 při různých teplotách

Teplota	1 den	10 dní	100 dní	3 roky	30 let
-10 °C	—	—	—	—	0,88
20 °C	0,72	0,68	0,44	0,24	0,05
50 °C	0,02	—	—	—	—

Pro bezpečnost prvků je vzhledem k nízkému modulu a dotvarování rozhodující spíše deformace než napětí. Neuvažujeme-li případ nestability, jsou mezní deformace a průhyby dány provozními a konstrukčními podmínkami. Zároveň přípustné namáhání σ_a podle našich zkušeností musí splňovat podmínku: $\sigma_{a \text{ min}}/\sigma_a \geq 2$. U důležitějších prvků součinitel 2 uvažujeme jen pro krátkodobé zatížení a pro dlouhodobé zatížení zavedeme součinitel bezpečnosti 3. Má-li být návrh, např. krytiny, hospodárný, je nutno připustit dostatečně velké deformace. V případech, kdy působí dlouhodobé zatížení a mohou se vyskytnout vyšší teploty, není však často možno těchto přípustných napětí ani zdaleka využít, neboť by deformace dotvarováním byly obrovské. V takových případech, např. u střešní krytiny, jež se může ohřát na 50 °C, je nutno navrhnout prvek tak (o tak malém rozpětí), aby nebyla překročena mez vnitřního tření (viz tab. VIII),

pod níž je dotvarování zanedbatelné, což je v daném případě asi 2 kp/cm².

Tabulka VIII

Mez vnitřního tření pro dotvarování

T (°C)	35	45	50	53	55
σ_t (kp/cm ²)	7	4	2	1	0,4

Tabulka IX

Parametry nelineárního dotvarování a krátkodobé deformace

ϵ	0,0034	0,0052	0,0066	0,0091	0,010	0,020
$f(\epsilon)/F(\epsilon)$	1,00	1,04	1,13	1,20		
$F(\epsilon)/\epsilon$			1,00		0,98	0,88

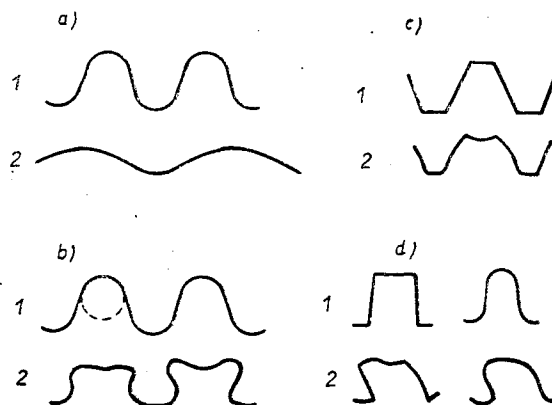
Nosné prvky je možno vytvářet jako pruty nebo prvky plošné. Pro nízký modul přicházejí v úvahu pouze pruty uzavřeného průřezu, nejlépe trubky. Při návrhu je třeba se snažit, aby byly namáhány pokud možno tahem, případně též tlakem, ale nikoliv ohybem.

U plošných prvků — skořepin, např. pro střešní světlíky, je nejvýhodnějším tvarem membránová plocha, již je možno pro daný obrys a namáhání vypočítat jako plochu, kterou by zaujala pružná membrána. Nejvhodnějším užitím PVC ve stavebnictví je vlnitá krytina. Napětí lze v ní ve směru povrchových přímek (při rovnoměrném zatížení) počítat podle hypotézy zachování rovinných průřezů (vyjma lokálních napětí pod břemeny). Pro lomené (hranaté) vlnovky je známé i přesné řešení napjatosti (podle teorie I. řádu) [8—10].

Vzhledem k nízkému modulu a dotvarování je hlavním problémem nosnosti stabilita. Přesné řešení stability vlnitých skořepin je patrně dosud neznámé, je však možné přibližné řešení. V zásadě lze rozlišit dvojí druh ztráty stability:

- Celková ztráta stability se projeví tím, že vlnovka se roztáhne do šířky a zploští (obr. 10a), čímž se zmenší moment setrvačnosti průřezu a deformace proto pokračuje (podobně jako nestabilita nosníku při sklopení za ohybu). Tento druh ztráty stability je rozhodující u vlnovek, které nejsou k vaznicím připevněny v každé vlně (obvyklý případ); připevněním v každé vlně lze stabilitu značně zlepšit.
- Lokální ztráta stability, tj. v rozsahu jediné vlny, při neměnné vzdálenosti vln.

U obličných vlnovek je zde možno přibližně řešit kritické napětí v tlaku v krajních vlákních tím, že vlnovku nahradíme dotýkající se trubkou (obr. 10b), která je namáhána ohybem a tlakem tak, že průběh



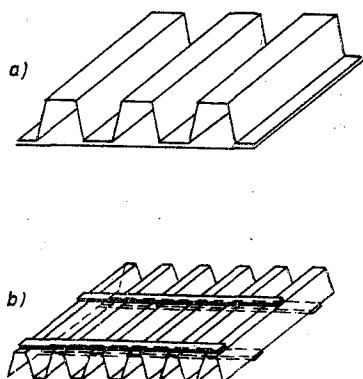
Obr. 10. — Schéma hlavních tvarů deformace příčného řezu vlnitých desek při ztrátě stability za ohybu

napětí ve vrcholu vlny je stejný. (Teorii stability trubky viz [11–14], obr. 10c.)

Jsou-li vlny vysoké a úzké, je nutno řešit i nesymetrické vybočení vln sklopením na stranu (obr. 10d).

Přibližně je možno tyto druhy ztráty stability řešit variační metodou podle energetického kritéria stability [15]. Řešení podle teorie skořepin viz též [16].

Snížit možnost vybočení podle tvarů na obr. 10, zvláště a a c , a zvýšit kritické napětí bylo by možné přidáním horní a dolní desky jako pláště, tj. vytvořením sendvičové desky. To však je pro výrobu nevhodné, desky je nutno spojovat lisováním za tepla. Navrhujeme proto vyrábět *vlnovky s jednostranným pláštěm* (obr. 11) nebo *vlnovky vyztužené střídavě* na obou stranách příčnými pásky, neboť u nich je možné spojování lisováním za tepla



Obr. 11. — Návrh na vyztužení vlnité desky s vytvořením uzavřených komůrek, umožňující lisování za tepla

a vytvořením uzavřených komůrek se stabilita značně zlepšuje.

Podrobně jsou uvedené výsledky popsány v práci autorů [17].

Literatura

1. Vorlíček M.: The effect of the extent of stressed zone upon the strength of material. Acta technica CSAV, č. 5 (1963)
2. Bažant Z. P., Skupin L.: Prüfung der Relaxation und Dauerfestigkeit unter Spannung. II. Intern. Tagung über GFK u. Giessharze, Berlin, 1967
3. Bažant Z. P.: Plast. hmoty a kaučuk 4, 199 (1967)
4. Williams M. Z.: The structural analysis of viscoelastic materials. AIAA Summer Meeting, Los Angeles (1963)
5. Ferry J. D.: Viscoelastic properties of polymers. New York, 1961
6. Tobolsky A. V.: Properties and structure of polymers. New York, Wiley, 1960
7. Bažant Z. P.: Plaste und Kautschuk 12, č. 10, 592 (1965)
8. Příručka pro stavební inženýry, díl I. Praha, SNTL, 1960
9. Flüge W.: Stresses in shells. Berlin, Springer, 1960.
10. Martinček G.: Prizmatické lomenice a válcové škrupiny. Bratislava, VSAV, 1958
11. Timoshenko S. P., Gere J. M.: Theory of elastic stability, 2nd ed. New York, McGraw-Hill, 1961
12. Volmir A. S.: Ustojčivost uprugich oboloček. Moskva, Fizmatgiz, 1963
13. Gerard G.: Introduction to structural stability theory. New York, McGraw-Hill, 1962
14. Bleich F.: Buckling strength of metal structures. New York, McGraw-Hill, 1952
15. Bažant Z. P.: Bulletin RILEM, č. 35, červen 1967
16. Pogorelov A. V.: Geometričeskaja teorija ustojčivosti oboloček. Moskva, Nauka, 1966
17. Skupin L., Bažant Z. P., Daňková J.: Mechanické vlastnosti suspenzního PVC. Zpráva Stavebního ústavu ČVUT v Praze, č. 72/66 (1966)

ZNÁŠANLIVOSŤ SVETELNÝCH STABILIZÁTOROV S POLYPROPYLENOM. II. VÝZNAM HODNÔT POVRCHOVEJ ENERGIE

A. MARCINČIN, ALEXANDER PIKLER (Chemickotechnologická fakulta SVŠT, katedra chemickej technológie vlákien, Bratislava)
(Redakci došlo 30. 8. 1967)

V práci sa stanovili hodnoty voľných povrchových energií svetelných stabilizátorov pre polypropylén. Zistilo sa, že so znížením počtu hydroxylových skupín v molekule derivátov hydroxybenzofenónu a so zvýšením počtu uhlíkov v alkoxyretazci voľná povrchová energia klesá. Polárnejšie stabilizátory vykazujú vyššie hodnoty voľnej povrchovej energie. Na základe výsledkov možno predpokladať, že difúzia a vyprateľnosť stabilizátorov z polypropylénu bude menšia u alkoxyderivátov s dlhším retazcom na štvrtom uhlíku.

Medzi vhodné svetelné stabilizátory pre polypropylénové vlákna patria deriváty hydroxybenzofenónu [1, 2]. Tieto môžu byť v polypropyléne dispergované do rôzneho stupňa a veľkosti častíc — mikrofáz. Jedným z hlavných problémov pri riešení svetelnej stability polypropylénu okrem optimálnej dispergovateľnosti svetelného stabilizátora je tiež otázka jeho vyprateľnosti a difúzie z polyméru.

Hydroxybenzofenóny sú za normálnej teploty tuhé kryštalické látky. Pri prudkom ochladiení ich tavením však dostaneme amorfnú látku, ktorá postupne kryštalizuje. K podobnému javu dochádza i pri procese tvorby polypropylénových vlákien za prítomnosti uvedených stabilizátorov. Svetelné stabilizátory, ako je známe, po určitom čase difundujú na povrch polypropylénových vlákien vo forme kryštalického prášku.

Difúzia svetelných stabilizátorov z polypropylénu závisí od teploty, viskozity polyméru, stupňa ich disperzie, hlavne však od veľkosti kohéznych a adhézných síl týchto látok v systéme. Stanovením hodnôt uvádzaných síl je možné usúdiť na vzájomnú znášanlivosť polypropylénu a svetelných stabilizátorov.

Na veľkosť kohéznych a adhézných síl pevných látok usudzujeme z veličín, ktoré sú ich funkciou. Medzi tieto patrí aj hodnota voľnej povrchovej energie látky [3, 4].

Voľná povrchová energia pevnej látky sa môže stanoviť z uhla zmáčania jej hladkého povrchu a hodnoty povrchového napätia zmáčajúcej kvapaliny. Rovnovážny uhol zmáčania pevnej látky kvapalinou je daný Youngovou rovnicou [5, 6]: