

DIPLOMOVÝ ÚKOLpro Jaromíra Krápáčeodbor strojírenská technologie

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Studium základních mechanických a technologických vlastností sádrových formovacích směsí pro výrobu speciálních tenkostěnných a hladkých odlitků ze slitin hliníku

Pokyny pro vypracování:

- 1) Prostudujte dostupnou literaturu o vlastnostech sádrových formovacích směsí a o metodice používaných zkoušek slévárenských formovacích hmot (zkoušky keramických skořepin a běžné metody zkoušek form.hmot). Posuďte vhodnost aplikace těchto zkoušek pro zjišťování vlastností sádrových směsí. Vypracujte návrh na optimální metodiku zkoušek pevnosti v ohybu, pevnosti v tlaku a prodyšnosti.
- 2) Experimentálně ověřte metodiku zkoušek na výchozí sádrové směsi (složení: 30% křemenného písku, 5% mastku a zbytek alabastrová sádra) a ve spolupráci s diplomanty Vodičkou, Kopečkem a Turkem sledujte zmíněné vlastnosti u více druhů sádrových směsí (složení těchto směsí vyplyne z průběhu a výsledků zkoušek podle komplexního plánu úkolu) za definovaných podmínek přípravy vzorků, jejich tuhnutí, sušení a žihání.
- 3) Stanovte nejvhodnější žihací teploty a doby žihání pro zkoušené druhy sádrových směsí a to v souvislosti se zmíněnými vlastnostmi a s deformacemi a prasklinami forem při jejich přípravě, tepelném zpracování a při tuhnutí odlitků.
- 4) Podle návrhů vedoucího DP rozpracujte vhodné zkušební těleso pro zkoušení deformací a praskání při zpracování forem a proveďte příslušné zkoušky současně se zkouškami pevnosti a prodyšnosti.
- 5) Statisticky zhodnoťte výsledky provedených zkoušek a posuďte typické vlastnosti jednotlivých sádrových směsí s ohledem na výrobu forem.
- 6) V závěru ověřte zjištěné parametry při výrobě formy pro typický tenkostěnný odlitek a proveďte komplexní zhodnocení dosažených výsledků.

Autorské práce se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962. Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÁ A TEXTILNÍ
Ustřední knihovna
LIBEREC I. STUDENTSKÁ 5

V 33 / 72 S +

Rozsah grafických laboratorních prací: tabulky, diagramy, fotografie

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

- Hermáček, J.: Stavební hmoty I, Praha 1954
Galevič : Příručka pro laboratorní cvičení v keramice
Petržela, L.: Slévárenské formovací látky, SNTL Praha 1955
Baradanjanc, V.: Gipsovaja osnatka dlja točnogo litja, Moskva 1963
Mikulík, L.: Diplomová práce DP-ST 852/70
Šubrt, B.: Diplomová práce DP-ST 728/69
Dědek, J.: Diplomová práce DP-ST 885/70

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Konzultanti: Ing. Pavel Simon

Datum zahájení diplomové práce: 18.10.1971.

Datum odevzdání diplomové práce: 7.7.1972.



Václav Chaloupecký
Doc. Ing. Václav Chaloupecký CSc.
vedoucí katedry

F. Kotšmíd
Prof. Ing. Dr. techn. F. Kotšmíd
děkan

v Liberci

dne 18.10.1971.

196

ÚVOD	str.	1
I. TEORETICKÁ ČÁST		3
1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SÁDROVÝCH FORMOVACÍCH SMĚSÍ A JEJICH PŘÍPRAVA		3
1.1 Výroba sádry		3
1.2 Druhy sádry		4
1.3 Pevnost sádry		6
2 ZKOUŠKY SLÉVÁRENSKÝCH FORMOVACÍCH LÁTEK		7
2.1 Zkoušky slévárenských písků		7
2.1.1 Zkušební tělíska		7
2.1.2 Stanovení prodyšnosti		8
2.1.3 Stanovení pevnosti v tlaku		10
2.1.4 Stanovení pevnosti v ohybu		10
2.1.5 Zařízení pro zkoušky mechanických vlastností		11
2.2 Zkoušky keramických skořepin		12
2.2.1 Zkušební tělíska		12
2.2.2 Stanovení pevnosti v ohybu		13
2.2.3 Stažovení prodyšnosti		14
2.3 Zkoušky cementu		17
2.3.1 Zkušební tělíska		17
2.3.2 Stanovení pevnosti v tlaku		17
2.3.2.1 Zkoušky tělísek ze zavlhle malty		17
2.3.2.2 Zkoušky tělísek z plastické malty		17
2.3.3 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu		18
2.4 Zkoušky sádry		19
2.4.1 Zkušební tělíska		19
2.4.1.1 Postup přípravy vzorků		19
2.4.2 Stanovení pevnosti v ohybu		20
2.4.3 Stanovení pevnosti v tlaku		21
3 ZHODNOCENÍ ZKOUŠEK SLÉVÁRENSKÝCH FORMOVACÍCH LÁTEK		22
3.1 Hlediska pro volbu zkušební metody		22
3.2 Volba zkušební metody		23

VŠST Liberec - fakulta strojní	DIPLOMOVÁ PRÁCE 1972	DP-ST940/72
Katedra technologie a nauky o materiálu		List

II	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	str.25
4	PŘÍPRAVA VZORKŮ	25
4.1	Výběr směsí	25
4.2	Příprava suché směsi	26
4.3	Příprava sádrové kaše	26
4.4	Odlévání vzorků	27
4.5	Zpracování zkušebních vzorků	29
4.5.1	Autoklávování (Antioch-process).....	29
4.5.2	Žíhání	29
4.5.3	Dříve užívané postupy tepelného zpracová- ní vzorku	30
4.5.4	Způsoby zpracování vzorků ze sádrových směsí	31
5	ZKOUŠKY VLASTNOSTÍ SÁDROVÝCH FORMOVACÍCH SMĚSÍ	31
5.1	Měření pevnosti v ohybu	31
5.1.1	Destičky typu "K"	31
5.1.2	Hranoly 22,4x22,4x170 mm	39
5.2	Měření pevnosti v tlaku	43
5.3	Měření prodyšnosti	46
5.3.1	Destičky 25x5x120 mm	46
5.3.2	Válečky Ø 50x50 mm	49
6	STUDIUM DEFORMACÍ FOREM ZE SÁDROVÝCH SMĚSÍ	51
6.1	Nutnost zkoumání deformací	51
6.2	Návrh zkušebního vzorku pro zkoumání deformací	53
6.3	Forma pro zkušební vzorek	54
6.4	Odlévání zkušební vzorků	55
6.5	Zpracování zkušebních vzorků	56
6.6	Měření zkušebních vzorků	56

VŠST Liberec - fakulta strojní		DIPLOMOVÁ PRÁCE 1972	DP-ST940/72
Katedra technologie a nauky o materiálu			List
7	STANOVENÍ ŽÍHACÍHO CYKLU	str.	69
7.1	Účel žíhacího cyklu		69
7.2	Určení žíhacího cyklu		69
7.3	Použité zkušební vzorky a směsi		70
7.4	Naměřené hodnoty		71
8	VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK VLASTNOSTÍ SÁDRY A SÁDROVÝCH FORMOVACÍCH SMĚSÍ		76
8.1	Pevnost v ohybu		76
8.2	Pevnost v tlaku		77
8.3	Prodyšnost sádrových směsí		78
8.4	Deformace a praskavost		79
8.5	Žíhací cykly		83
9	KOMPLEXNÍ ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK A MĚŘENÍ		88
10	ZÁVĚR		89
11	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		91

Úvod

V současné době vzrůstá v mnoho odvětvích potřeba odlitek z neželezných slitin. Často se jedná o odlitky malých rozměrů, které jsou značně tvarově složité. Současně je požadavek na minimální (popř. vůbec žádné) přídavky na obrobení. Rovněž jakost povrchu musí odpovídat zvýšeným nárokům. Souhrně lze říci, že se jedná o složité tenkostěnné odlitky s vysokou rozměrovou přesností a dobrou jakostí povrchu.

Podobné odlitky se dosud vyráběly přesným litím do keramických forem nebo byly používány kokily nebo kovové formy pro lití pod tlakem. Tyto způsoby však nesplňovaly všechny požadavky na odlitky kladené. Zvláště dosažení dobré jakosti povrchu je problematické. Lze ji dosáhnout v kovových formách, zde jsou však potíže při konstrukci formy. Pro složité odlitky vychází samozřejmě složitá forma, často skládaná z mnoha dílů, které je třeba přesně opracovávat, tepelně zpracovávat apod. Tím cena formy velmi vzrůstá, takže její použití je vázáno podmínkami rentability. Pro použití v kusové nebo maloseriové výrobě potom kovová forma nepřipadá vůbec v úvahu.

Jinou slabinou kovových forem je vytváření dutin v odlitcích. V kovových formách je možné vyrábět pouze odlitky s dutinami jednoduchého tvaru. V současné době se provádějí odlitky se značně složitými dutinami, které není prakticky možné v kovové formě vyrobit. Při použití přesného lití do skořepin, keramických forem, atd. však zase nedosáhneme takové jakosti povrchu jako ve formách kovových.

Výraznou změnu této situace přineslo využití sádrových směsí pro výrobu netrvalých forem k odlévání slitin hliníku. Při výrobě odlitek v sádrových formách lze dosáhnout jakosti povrchu 1,6 - 3,2 μm a přesnosti 0,02 mm na délku 20 mm. Odlévat lze od-

litky o minimální tloušťce stěny 1,5 mm /12/.

Zvláště výborné vlastnosti vykazuje sádra při výrobě tvarově členitých odlitků. Sádra výborně kopíruje model a zachovává nejmenší podrobnosti. Další vlastnost, která stojí za povšimnutí je výborná rozpadavost sádry. Tato umožňuje konstruovat jádra nejrůznějších tvarů, které lze po stuhnutí kovů snadno z odlitku odstranit. Je tedy zřejmé, že používání sádrových forem v naznačených oblastech výroby odlitků je velmi perspektivní a bude tedy třeba technologii jejich výroby dobře propracovat.

Úkolem této diplomové práce bylo získat co možná ucelený obraz^o základních mechanických vlastnostech sádrových směsí v závislosti na jejich složení a tepelném zpracování, v oblasti tepelného zpracování pak sledovat deformace a praskliny zkušebních vzorků.

VŠST Liberec - fakulta strojní	DIPLOMOVÁ PRÁCE	DP-ST940/72
Katedra technologie a nauky o materiálu	1972	List 3

I. T E O R E T I C K Á Č Á S T

1. Základní vlastnosti sádrových formovacích směsí a jejich příprava

Při přípravě sádrových forem pro přesné lití neželezných kovů nepoužíváme jednotlivé druhy sádry samostatně. Samotná sádra totiž nemá pro přesné lití vyhovující vlastnosti. Pro sádrovou formu je důležité, aby měla především tyto vlastnosti:

1. dostatečnou prodyšnost
2. dostatečnou pevnost
3. minimální roztažnost
4. při ohřevu na vyšší teploty se nesmí tvořit praskliny

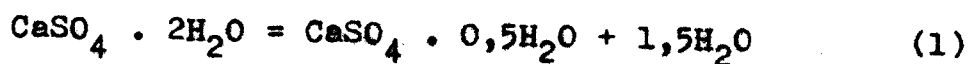
Těchto vlastností můžeme dosáhnout teprve kombinací různých druhů sádry a jiných přísad.

Sádrová kaše vytvořená rozmícháním práškové sádry ve vodě rychle tvrdne, je dosti lehká a dává lesklý a hladký povrch formy. Při tuhnutí sádra zvětšuje svůj objem, což má za následek lepší zaplnění formy a lepší kopírování modelu. Současně to však poněkud zhoršuje vyjímání modelu z formy. Na závadu je rovněž malá prodyšnost sádry a její sklon k navlhávání. Navlhnutí formy má za následek odvařování a tím podstatné zhoršení kvality povrchu odlitku. Proto byly nalezeny zvláštní přísady, které umožňují regulovat dobu tuhnutí, roztažnost při tuhnutí a tvrdnutí, zvyšovat prodyšnost atd. Tím se zlepšuje využití sádry jako materiálu pro zhotovování forem pro přesné lití.

1.1 Výroba sádry

Sádra se vyrábí vypalováním minerálu sádrovce $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Vypalováním sádrovce vznikají mo-

difikace sádry, které se od sebe liší krystalickou strukturou. Vypalováním v intervalu 107-130 °C se dihydrát $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ mění v polohydrát:



Dalším žiháním nad 150 °C se polohydrát mění v tzv. rozpustný anhydrid CaSO_4 , což je bezvodý síran vápenatý. Provádíme-li dehydrataci v prostředí bohatém na vodní páru (autokláv), vzniká α -modifikace polohydrátu. Dochází-li k dehydrataci v suchém prostředí v suchém prostředí (kotel, pec), je konečným produktem modifikace β . Je to tzv. vařená nebo pálená sádra. Žiháním na 200 - 300 °C přejde téměř všechny polohydrát na rozpustný anhydrid. Smísíme-li práškovitý anhydrid s vodou, slučuje se s ní okamžitě na polohydrát, který zvolna přijímá další vodu až přejde znovu v dihydrát.

Stavební (estrichová) sádra se připravuje žiháním sádrovce na teploty okolo 400 °C. Tím dojde k odštěpení části SO_3 , takže výsledkem je směs síranu vápenatého s určitým podílem kysličníku vápenatého $\text{CaSO}_4 \cdot \text{CaO}$. Po smíchání s vodou tato sádra tuhne pomalu a dává velmi tvrdou hmotu.

Žiháme-li sádru na teploty 300 - 450 °C, pak přechází v další modifikaci. Je to tzv. "na mrtvo žíhaná sádra". Jde o nerozpustný anhydrid, který téměř nevlhne.

1.2 Druhy sádry /1/

V praxi se rozlišuje sádra podle mnoha hledisek. Je to např. podle stupně pálení sádrovce - tedy podle mineralogického složení, dále podle doby tuhnutí, podle jemnosti mletí, bělosti, podle druhu pálení - rotační, vařidlová, kotlová, nebo podle účelu, ke kterému se používá - štukatérská, modelovací, štuková,

formová, sochařská, zubotechnická, obvazová, hnojivová atd. V podstatě však lze sádro rozdělit do tří skupin:

1. sádra rychle tuhne
2. sádra přepálená
3. sádra pomalu tuhne

Přechod mezi sádro rychle tuhne a přepálenou tvoří rozpustný anhydrid CaSO_4 . Tento se samostatně nevyskytuje, je však významnou složkou štukatérské rychletuhne sádry.

1. Sádra rychle tuhne

Tuto dostaneme pálením sádrovce v intervalu teplot 130 - 180 °C. Jde prakticky o polohydrát $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ obsahující až 1/3 rozpustného anhydridu, který způsobuje rychlé tuhnutí, nerozloženého sádrovce a cizích přísad. Jemnou a jakostní sádro dostaneme dle Budnikova autoklávováním sádrovce na 124,5 °C při tlaku 1,3 at. po dobu 7 - 8 hodin. Tímto pochodem vznikne v podstatě polohydrát modifikace α , zatímco suchým pálením na 170 °C vzniká polohydrát β a rozpustný anhydrid. Jemně mleté druhy sáder pálené z vybraného sádrovce se označují jako sádra formovaná, modelová, modelovací nebo alabastrová.

Rozpustný anhydrid vzniká v sádře při teplotách 180 - 200 °C. Obsahuje ještě asi 0,3 - 0,5 % vody. Ve vodě se více rozpouští než polohydrát, takže rychleji tuhne.

2. Sádra přepálená

Vzniká při žhání sádrovce na 400 - 750 °C. Jde prakticky o nerozpustný anhydrid, který se s vodou slučuje jen velmi málo. Je technicky neupotřebitelná. Podle některých pramenů však lze její hydratační vlastnosti obnovit přidávkou

různých solí.

3. Sádra pomalu tuhnoucí

Nazývá se též sádra stavební, estričová nebo potěrová, v zahraničních pramenech /USA, SSSR/ bývá též označována jako sádra hydraulická. Vyrábí se pálením sádrovce na 800 - 1000 °C, s příměsemi až na 1100 - 1300 °C. Jde v podstatě o síran vápenatý CaSO_4 s hydraulickými příměsemi.

V současnosti se ve slévárenské praxi používají dva druhy sádry - alabastrová a stavební. Vlastnosti sádry závisí na druhu a původu sádrovce, příměsích, době a způsobu pálení a na jemnosti mletí. Stavební sádra je méně čistá než alabastrová, což má za následek znatelné změny vlastností.

1.3 Pevnost sádry /1/

U běžných druhů sádry se dosahuje pevnost v tlaku 24 hodin po odlití 20 - 40 kp/cm^2 . U vysokopevnostních druhů sádry pak se pevnost zvyšuje až na 100 - 200 kp/cm^2 . S postupem času pak pevnost ještě pomalu vzrůstá až do 7 dne po odlití - u stavební a alabastrové sádry až na 70 kp/cm^2 .

Pevnost v tahu při vysušení do konstantní váhy je u stavební sádry 12 - 18 kp/cm^2 u vysokopevnostní 30 - 50 kp/cm^2 . Maximální pevnosti dosahuje sádra při sušení na 50 - 60 °C.

Zvýšení pevnosti sádry lze uskutečnit těmito způsoby:

1. změnou množství vody při přípravě sádrové kaše

Polohydrát sádry se skládá z 38,6 % CaO ; 55,16 % SO_3 a 6,24 % H_2O a pro vytvoření dihydrátu je

třeba dodat 15 % H₂O. Pro vytvoření tekuté směsi je nutné přidat ještě další - 15 - 17 %. Procenta jsou vztažena k váze práškovité sádry. Tato přebytečná voda zůstává při tvrdnutí sádry ve hmotě a po sušení nebo žíhání způsobuje pórovitost materiálu. Pórovitost je tím větší, čím větší množství vody jsme dodali. Při 30 % vody (pozn. váhová procenta) na 100 % polohydrátu se již začíná snižovat pevnost. Pro dosažení normální hustoty sádrové kaše se přidává 60 - 70 % vody, pro tekutou kaši pak 70 - 80 %. Při použití vysokopevnostní sádry stačí pro tentýž výsledek 32 - 42 % vody. Tvoření dihydrátu probíhá po smíchání s vodou značně dlouho, delší dobu než je třeba k vytvoření normální hustoty sádrové kaše. Proto je třeba sádrovou formu nejprve nechat ztvrdnout při pokojové teplotě (20 °C) a pak teprve žíhat.

2. Přidáním přísad do sádrové směsi

Užívají se močovino-formaldehydové pryskyřice nebo karbaminové pryskyřice.

3. Použitím zpomalovačů tuhnutí

Zpomalovače tuhnutí mají též účinek na malé zvýšení pevnosti.

2. Zkoušky slévárenských formovacích látek /3/

2.1 Zkoušky slévárenských písků

2.1.1 Zkušební tělíska

Pro technologické zkoušky formovacích směsí se připravují tato zkušební tělíska:

1. Váleček $\varnothing 50 \times 50 \pm 1,0$ (dle AFS $\varnothing 2'' \times 2''$)

Užívá se pro zkoušky pevnosti v tlaku za syrova i po vysušení, pro stanovení prodyšnosti, objemové váhy, po spěchování a tekutosti.

2. Osmička pracovního průřezu 25x25 mm - tedy $6,25 \text{ cm}^2$

Na osmičce stanovujeme pevnost v tahu. Dle ČSN má činná plocha rozměry 22,4x22,4 mm tedy 5 cm^2 .

3. Ohybový hranolek 1" x 1" x 8" (2,54x2,54x x20,3 cm - AFS). Podle ČSN má rozměry 22,4 x 22,4 x 170 mm. Účinná délka pro ohýbání je dle AFS 6" (15,2 cm), dle ČSN 15 cm.

Zkušební tělíska se pěchují na normalizovaném zkušebním přístroji. Písek se pěchuje do trubky o světlosti 50 mm (dle AFS 50,8 mm). Trubka má být uvnitř docela hladká, popř. cementovaná a broušená. Pro přípravu vzorků ze směsí s malou vazností nebo vysokou pevností se provádí trubka dělená na poloviny. Takto dělené trubky se však nesmějí užívat pro měření prodyšnosti.

Navážka pro vzorky se určuje zkusmo. Zkušební váleček se pro měření prodyšnosti ponechává v trubce, pro ostatní měření se vytlačuje dřevěným nebo kovovým trnem plynule a bez nárazu. Průměr trnu je stejný jako průměr pěchovadla a horní plocha trnu má být rovnoběžná s plochou vzorku. Je tomu tak proto, aby se při vytlačování neporušovaly hrany vzorku.

Ke zkoušení se používá jen tělísek bezvadných, stejnoměrně zhuštěných a s neporušenými hranami. Vzorky vždy pokládáme na rovnou plochu. Toto je zvláště důležité u málo vazných směsí.

2.1.2 Stanovení prodyšnosti

Prodyšnost je schopnost upěchované látky propouštět plyny a páry. Stanovuje se podle pro-

dyšnosti standartního zkušebního válečku \emptyset 50x50 mm. Je vyjádřena počtem krychlových centimetrů vzduchu, který proudí za 1 minutu částicí zkušební vzorku o průřezu 1 cm² a délce 1 cm při přetlaku vzduchu 1 cm vodního sloupce.

Prodyšnost se stanoví na přístroji, který umožňuje měřit přetlak vzduchu a jeho množství. Přístroj používaný pro běžná měření pracuje tak, že tlak vzduchu vyvozuje zvonem ponořeným zčásti do vody. Přetlak vzduchu lze takto vhodně regulovat přidavným závažím. Obvykle je přístroj upraven pro tlak 100 mm vodního sloupce.

Pro stanovení prodyšnosti existují 2 metody. Základní metoda spočívá v měření přetlaku vzduchu a času průchodu vzduchu tělískem. Prodyšnost se pak vypočte ze vzorce:

$$P = \frac{V \cdot h}{F \cdot p \cdot t} \quad /n.j.p/ \quad (2)$$

V ... objem vzduchu prošlého vzorkem /cm³/

h ... výška vzorku /cm/

F ... plocha vzorku /cm²/

p ... tlak vzduchu /cm.v.sl./

t ... čas průchodu vzduchu /min/

Od této metody je odvozena metoda zrychlená. Při ní dáváme před tělísko trysku (\emptyset 1,5 mm nebo 0,5 mm) a měříme pouze přetlak mezi tryskou a tělískem. Pro tuto metodu byly sestaveny tabulky, v nichž pro určitou hodnotu přetlaku čteme přímo hodnotu prodyšnosti. Prvá metoda je přesnější, druhá je časově úspornější, a proto vhodná pro provozní potřeby.

Měříme-li prodyšnost vzorků sušených nebo žíhaných, používáme přitom speciálních trubek, v nichž je vzorek utěšňován gumovou manžetou. Do ní se vhání pod tlakem vzduch. Po utěsnění se tyto trubky normálně nasazují na gumový trn přístroje a další průběh zkoušky je shodný se zkouškou výše uvedenou.

2.1.3 Stanovení pevnosti v tlaku

Pevnost v tlaku se stanovuje na válečcích $\varnothing 50 \times 50 \pm 1,0$ mm.

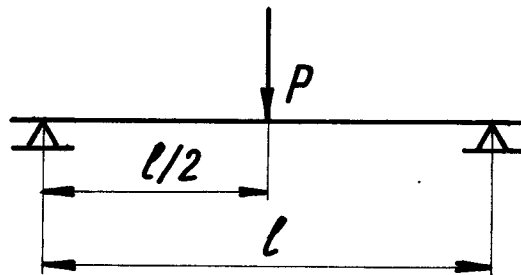
Pevnost v tlaku formovací směsi je nejvyšší zatížení zkušebního vzorku před zhroucením přepočtené na 1 cm^2 plochy vzorku.

$$\sigma_{Pd} = \frac{F}{S} \quad / \text{kp/cm}^2 / \quad (3)$$

F ... síla potřebná k rozdrčení válečku /kp/
S ... plocha válečku ($= 19,6 \text{ cm}^2$)

2.1.4 Stanovení pevnosti v ohybu

Pevnost v ohybu se měří na hranolcích $22,4 \times 22,4 \times 170$ mm. Hranolek se položí na podpory vzdálené od sebe 150 mm a zatěžuje se uprostřed osamělou silou.



Obr.1

Schema měření pevnosti v ohybu

Ohybová pevnost se vypočte ze vztahu:

$$\sigma_0 = \frac{F \cdot l}{4 \cdot W} \quad / \text{kp/cm}^2 / \quad (4)$$

F ... síla potřebná k přelomení vzorku /kp/

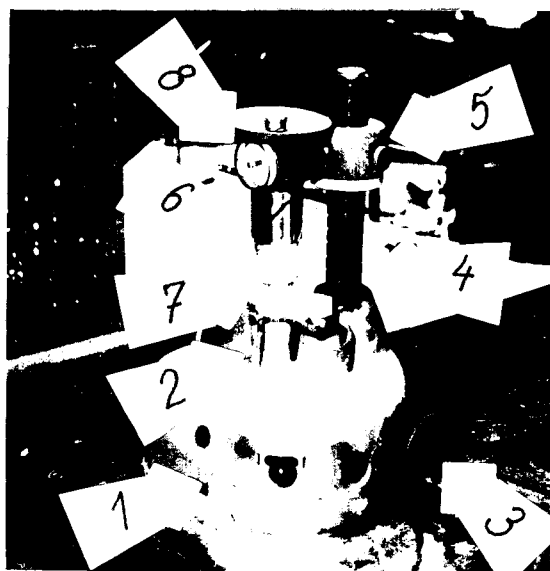
l ... vzdálenost podpor /cm/

W ... průřezový modul /cm³/ $W = \frac{a^3}{6} = 1,86 \text{ cm}^3$

a ... strana příčného průřezu vzorku /cm/
(a=22,4 mm)

2.1.5 Zařízení pro zkoušky mechanických vlastností /8/

Pevnost v tahu, tlaku, ohybu a stříhu se zkouší na univerzálním přístroji (viz obr.2)



Obr. 2

Přístroj pro zkoušení mechanických vlastností formovacích směsí

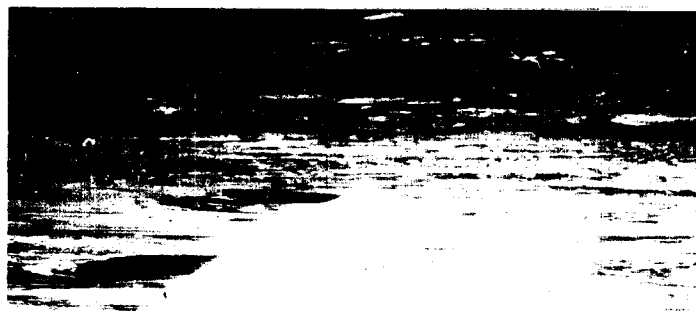
Ve stojanu 1 jsou upevněny vyměnitelné čelisti 2

a nástavce dle potřeby. Potřebného tlaku v přístroji se docílí otáčením ručního kolečka 3 nebo elektromotorem, jehož pohyb je přenášen na šroubové vřeteno 4, z něhož se přenesse pohyb vzhůru nebo dolů na rameno 5, v němž je uloženo odpružené pouzdro 6 s výměnnými čelistmi 7. Stlačením pružiny v pouzdře 6 se měří zatížení, které se sleduje hodinkovým indikátorem 8. Zkušební tělíska se zatěžují tak dlouho, až se rozpadnou.

2.2 Zkoušky keramických skořepin /9/

2.2.1 Zkušební tělíska

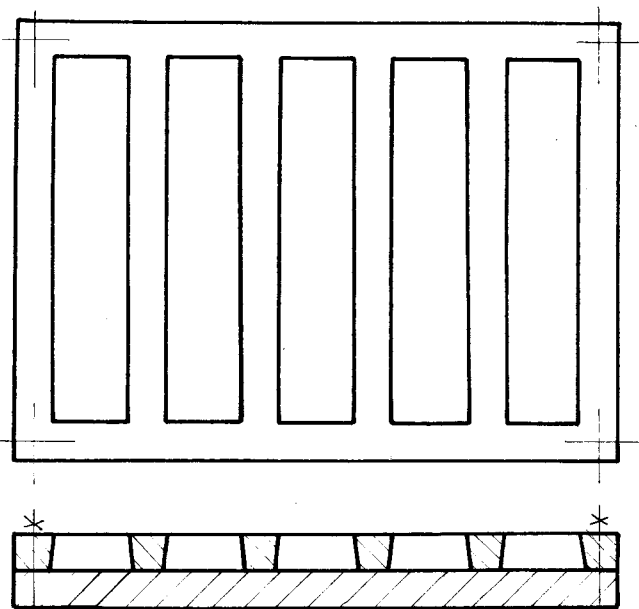
Pro sledování mechanických a fyzikálních vlastností keramických skořepin se užívá vzorků typu "K" (viz obr.3)



Obr. 3

Zkušební vzorky pro keramické skořepiny

Jde o destičky o rozměrech 120x25x5 mm. Jsou vyráběny buď pomocí speciálního voskového modelu nebo v rámečku (viz obr.4)



Obr. 4

Forma pro vzorky keramických skořepin

2.2.2 Stanovení pevnosti v ohybu

Zjištění síly potřebné k přelomení vzorků keramických skořepin bylo prováděno na automatické lapačce, kterou navrhl Prof. Ing. Bohumil Odstrčil a která byla vyrobena KSL VŠST v Liberci. Tento přístroj je opatřen výkyvnými podporami, takže v případě eventuální deformace vzorku se podpory přispůsobí a vzorek není namáhán přídatným krutem. Zatěžovací sílu vyvozuje elektromotor s plynulou změnou otáček. Rozsah přístroje lze měnit závažím na výkyvné páce. Odčítání síly potřebné ke zlomení destičky se provádí na

stupnici, která má hnací a vlečnou ručičku. Po přelomení vzorku se hnací ručky vrátí na 0 a vlečná fixuje naměřenou hodnotu.

Pevnost v ohybu se vypočte ze vzorce:

$$\sigma_0 = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad / \text{kp/cm}^2 / \quad (5)$$

P ... síla potřebná k přelomení destičky /kp/

l ... vzdálenost podpor /cm/

b ... šířka destičky /cm/

h ... tloušťka destičky /cm/

2.2.3 Stanovení prodyšnosti

Pro měření prodyšnosti byla na KSL vyvinuta speciální metoda, která pracuje na tomto principu: Měří se čas, za který projde vzorkem o ploše 2 cm^2 množství 100 cm^3 vzduchu při přetlaku 10 cm vodního sloupce. Z těchto hodnot se vypočte prodyšnost podle již uvedeného vzorce (2).

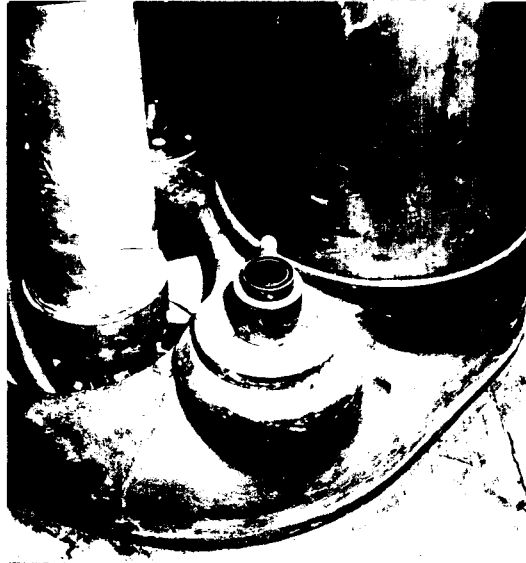
Hodnoty dosazované do vzorce:

$V = 100 \text{ cm}^3$; $F = 2 \text{ cm}^2$; $p = 10 \text{ cm v.sl.}$

h ... změřená tloušťka vzorku /cm/

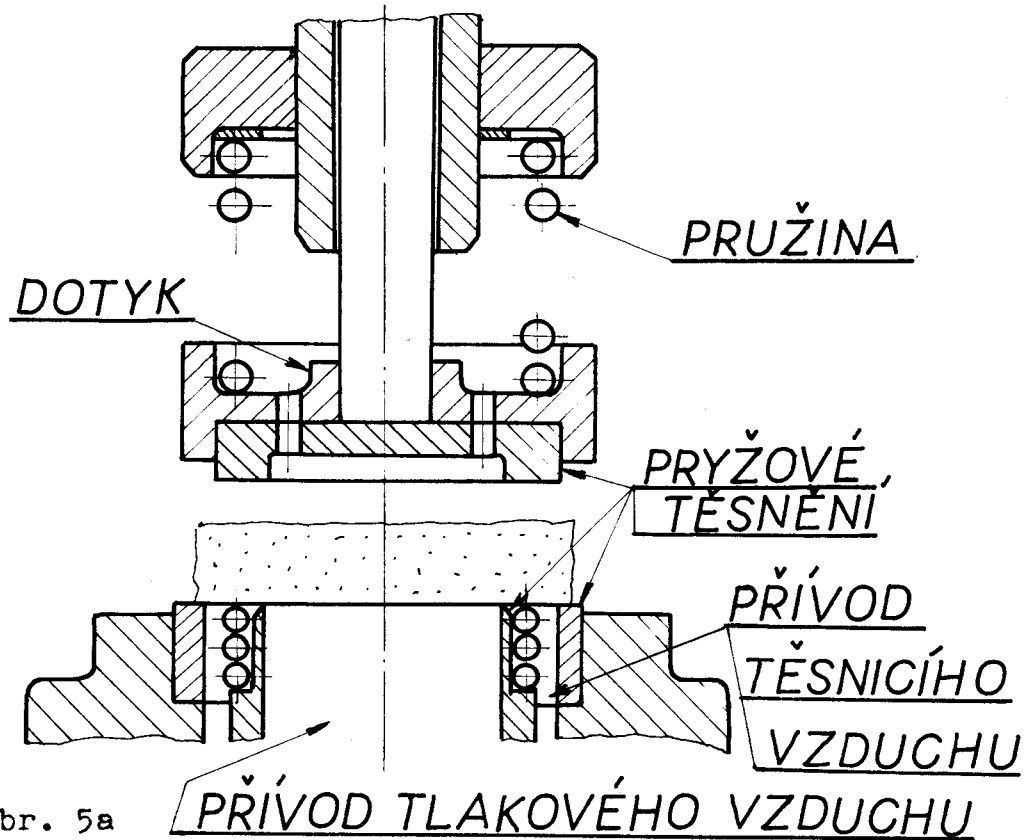
t ... doba průchodu vzduchu /min/

Pro zkoušku se používají úlomky destiček, které byly před tím použity pro ohybovou zkoušku. Při měření se používá zvláštního čidla (viz obr.5). Původně byly vzorky na toto čidlo lepeny benzolovým roztokem gumy. Podle novější úpravy je čidlo opatřeno gumovým těsněním a vzorek je na něj přitlačován odpruženým dotykem. Výhodou tohoto uspořádání je okamžité upnutí a dobrá těsnost. Odpadá použití lepidla, které byla hlavním



Obr. 5

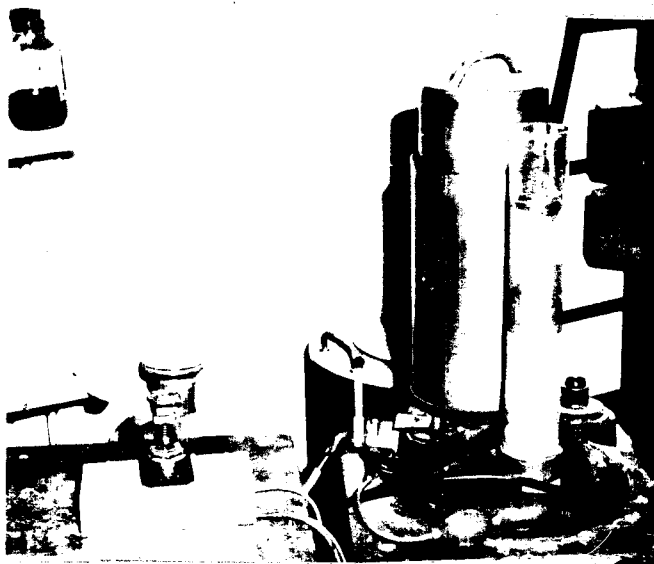
Přvodní čidlo přístroje pro měření prodyšnosti



Obr. 5a

Nové čidlo přístroje pro měření prodyšnosti

zdrojem prostožů.



Obr. 6

Zařizování pro měření prodyšnosti

Měřicí čidlo má vnitřní průřez 2 cm^2 . Mezi-kruhovou plochou čidla proudí vzduch o stejném tlaku, jaký má vzduch tekoucí akčním průřezem a má za účel zajistit osový proud vzduchu vzorkem. Měřenou plochou se prohání vzduch z malého zvonu 1 (obr.6), který má objem 100 cm^3 . Původní zvon slévarenského zkušebního přístroje slouží jako zdroj tlakového vzduchu pro mezikruží. Objem vzduchu, který projde mezikružím, se však nemění.

2.3 Zkoušky cementu /10/

2.3.1 Zkušební tělíska

Pro zkoušku pevnosti v tlaku zavlhle malty se používají vzorky ve tvaru krychlových kostek o straně $70,7 \begin{matrix} + 0,1 \\ - 0,2 \end{matrix}$ mm. Pro zkoušky pevnosti v tlaku plastické malty se používají zlomky vzorků pro zkoušky pevnosti v tahu za ohybu. Při těchto zkouškách se užívají hranoly o rozměrech 40x40x160 mm.

2.3.2 Stanovení pevnosti v tlaku

2.3.2.1 Zkoušky tělísek ze zavlhle malty

Před zkoušením krychle na pevnost v tlaku se krychle umístí na spodní čelist lisu tak, aby směr tlaku lisu byl kolmý na směr pýchování vzorku. Zatížení při zkoušce má rovnoměrně vzrůstat asi o 500 kp za 1 vteřinu. Pevnost v tlaku každé zkoušené krychle vyjádřená v kp/cm^2 se vypočte dělením celkového tlaku plochou jedné tlačné krychle v cm^2 tedy 50. Střední hodnota pevnosti v tlaku se vypočte tak, že z pěti zkoušek se vyberou tři nejbližší hodnoty, z nich se vypočítá průměr a zaokrouhlí se na celé kp/cm^2 . Při kontrolních zkouškách výrobních se zkouší jen tři krychle a střední hodnota pevnosti se vypočítá ze všech tří hodnot. Liší-li se však některá z nich od vypočteného průměru o více než 20 %, vyloučí se a aritmetický průměr se vypočte znovu ze zbývajících dvou hodnot.

2.3.2.2 Zkoušky tělísek z plastické malty

Pro tuto zkoušku se užívá zlomků vzorků pro zkoušku v tahu za ohybu. Tyto zlomky se vkládají mezi destičky o rozměrech 40x62,5 mm (plocha 25 cm^2).

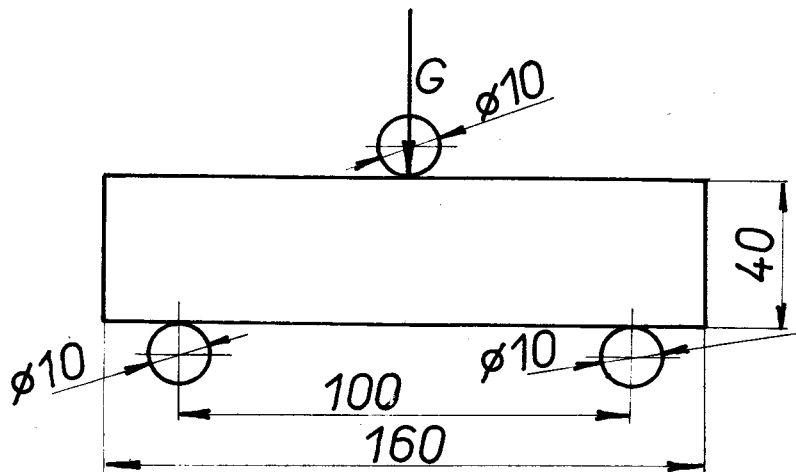
Poté se podrobí zkoušce tlakem na hydraulickém liše. Rovněž zde je nutno dbát, aby směr tlaku byl kolmý na směr dusání vzorku. Při zkoušce se zatěžuje plocha 25 cm^2 vzorku až do porušení vzorku tak, aby tlak vzrůstal rovnoměrně o $15 \div 20 \text{ kp/cm}^2$ za vteřinu.

Pevnost v tlaku $[\text{kp/cm}^2]$ se vypočte jako podíl celkového zatížení $[\text{kp}]$ tlačnou plochou $[\text{cm}^2]$ tedy 25 cm^2 .

Střední hodnota pevnosti v tlaku se vypočte ze šesti měření. Liší-li se jedna nebo dvě hodnoty od vypočteného aritmetického průměru o víc než 5 %, vyloučí se a aritmetický průměr se vypočte ze zbývajících čtyř nebo pěti hodnot. Odchylují-li se však od vypočteného průměru tři hodnoty, musí se měření opakovat.

2.3.3 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu

Tato zkouška se provádí u vzorků z plastické malty. Vzorky jsou hranoly o rozměrech $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$, které se podrobují zatížení na upraveném Michaelisově přístroji (viz obr.7)



Obr. 7

Schema měření pevnosti v tahu za ohybu na upraveném Michaelisově přístroji

Směr působení síly má být vždy kolmý na směr dusání trámečků a zatěžování má vzrůstat rovnoměrně o 100 g za vteřinu.

Pevnost v ohybu se vypočte ze vztahu

$$\sigma_0 = \frac{3 \cdot G \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad /kp/cm^2/ \quad (6)$$

G ... síla potřebná ke zlomení trámečku /kp/

l ... vzdálenost podpor /cm/

b ... šířka trámečku /cm/

h ... výška trámečku /cm/

Střední hodnota pevnosti v ohybu se vypočte jako aritmetický průměr ze tří měření. Liší-li se jedna ze zjištěných hodnot o více než 15 % od vypočteného průměru, vyloučí se a průměr se znovu vypočte ze zbývajících dvou hodnot.

2.4 Zkoušky sádry /11/

2.4.1 Zkušební tělíska

Zkušební vzorky pro sádro jsou shodné se vzorky pro cement. Jsou jimi hranoly o rozměrech 40x40x160 mm pro zkoušku ohybem, jejichž zlomky se opět používají pro zkoušku tlakem. Hranoly se vyrábějí po třech ve trojdílné formě.

Zkoušení vzorků ze sádrové kaše se provádí za 1 hodinu po rozmíchání a po vysušení.

2.4.1.1 Postup přípravy vzorků

Pro zkoušku pevnosti v ohybu a tlaku po jedné

hodině a po vysušení se připraví 6 hranolů. Současně se připravují tři hranoly.

Do nádoby s oblým dnem se odměří určené množství vody. Odvážené množství sádry se nasy-pává do vody rovnoměrně lžičkou po dobu 1 minu-ty. Nechá se 1/2 minuty provlhčit. Potom se směs lžičkou rozmíchá po dobu 1 minuty na homogenní kaši. Případné hrudky se při míchání rozemnou.

Homogenní sádrová kaše se leje do třídílné formy tak, že se nádoba pohybuje nade všemi tře-mi díly formy. Bubliny se po nalití odstraní nad-zvednutím krátké strany formy do výšky 1 cm a spuštěním zařízení na stůl, toto se opakuje cel-kem pětkrát. Nalití sádrové kaše a odvzdušnění má proběhnout nejdéle do 3 minut \pm 5 vteřin od za-čátku sypání sádry do vody. Sádrová kaše má pře-sahovat horní plochu formy o 3 mm. Při začátku tuhnutí se přebytek kaše seřízne do roviny for-my. Povrch hranolů se neuhlazuje ani nestlačuje.

Odformování rámečků se provádí 1/2 hodiny od počátku sypání sádry do vody. Všechny hranoly se po odformování nechají 1/2 hodiny na vzduchu v laboratoři. Tři z nich se podrobí zkoušce pev-nosti v ohybu a tlaku po 1 hodině. Zbývající hra-noly se vloží po 1 hodině od začátku sypání sádry do vody do elektrické sušárny s automatickou re-gulací teploty. Hranoly se suší při 45 ± 50 °C do doby, kdy úbytek hmotnosti každého hranolu za posledních 24 hodin je menší než 0,5 g.

2.4.2 Stanovení pevnosti v ohybu

Zkušební hranol se umístí delšími bočními plo-chami symetricky na opěrné válce dle obr. Potom se provede postupné zatěžování. Narůstání síly působí-

cí na tlačný válec musí být 3 ± 1 kp/sec až do okamžiku zlomu. Celkově však nesmí být zatěžování ukončeno dříve než za 10 vteřin. Podle povahy zkušebního stroje se celkové zatížení odečte nebo se zjistí vážením.

Pevnost v ohybu se vypočte ze vzorce:

$$\sigma_0 = 0,234 \cdot F \quad /kp/cm^2/ \quad (7)$$

F ... síla vynaložená na zlomení hranolu

Podle povahy některých zkušebních zařízení je možno odečíst pevnost v ohybu přímo ze škály přístroje. U Michaelizova přístroje s brokovou zátěží s převodem 1:50 se vypočte pevnost v ohybu empiricky z hmotnosti nádoby s broky /kg/ násobené 11,7 (při převodu 1:10 násobené 2,34).

Pevnost v ohybu se vyjadřuje průměrem pevnostních hodnot, zjištěných na třech zkušebních hranolech v /kp/cm²/ se zaokrouhlením na první desetinné místo.

2.4.3 Stanovení pevnosti v tlaku

Pevnost v tlaku se zkouší na zlomcích trámečků. Očištěné zlomky jsou vloženy delšími bočními plochami mezi čelisti, přičemž se jako u vzorků cementových. Vzrůst síly při zatěžování může být nejvýše 200 kp/sec na plochu zlomku. Celkově však zatěžování nesmí být ukončeno dříve než za 10 vt.

Pevnost v tlaku se vypočte ze vzorce

$$\sigma_{Pd} = \frac{F}{25} \quad /kp/cm^2/ \quad (8)$$

F ... síla potřebná k rozdrčení vzorku /kp/

Pevnost v tlaku se vyjadřuje průměrem pevnostních hodnot v /kp/cm²/, zjištěných na šesti zlomcích hranolů, zaokrouhlených na celé číslo.

3. Zhodnocení zkoušek slévárenských formovacích látek

3.1 Hlediska pro volbu zkušební metody

Vhodnost výše uvedených zkoušek slévárenských formovacích hmot pro zkoušení mechanických vlastností sádrových formovacích hmot je možno posuzovat podle těchto hledisek:

- 1) Příprava vzorků
- 2) Časová náročnost
- 3) Použité přístroje
- 4) Ekonomika

ad 1) Příprava vzorků sádrových směsí se provádí odléváním do forem. Vzhledem k požadavku statistického vyhodnocení výsledků je nutno připravovat současně více vzorků, tedy používat vícedílných forem. S tím úzce souvisí velikost vzorků. Čím větší vzorky, tím složitější, větší a těžší formy. Současně velké vzorky znamenají velkou spotřebu materiálu. Při výrobě vzorků u rychleji tuhajícího materiálu pak velké množství materiálu znamená obtíže při odlévání vzorků.

K dokonalému rozmíchání většího množství materiálu je třeba delší čas. Tím se stává, že materiál začíná tuhnout již při odlévání, z čehož plyne špatná zabíhavost, nutnost roztírání sádry ve formě atd. Ve snaze zabránit tomuto jevu, snažili jsme se urychlit míchání kaše, to však znamená zvý-

šenou tvorbu bublinek, které se z kaše velmi obtížně odstraňují.

Je také nutno uvážit tvar a velikost vzorku tak, aby co nejlépe charakterizoval formu, která má být z daného materiálu vyrobena. Vzhledem k tomu, že sádrová forma má charakter silnostěnné kokily, je zřejmě lepší použít vzorky s větší tloušťkou - tedy např. ohybové hranoly podle článku 2.1.1 a válečky dle článku 2.1.1. Naproti tomu však destičky podle článku 2.2.1 jsou univerzálnější, protože umožňují měřit jak ohybovou pevnost tak i prodyšnost.

ad 2) Týká se hlavně zkoušek prodyšnosti, při nichž se měří doba průtoku vzduchu. Čím větší je tloušťka vzorku, tím delší je doba zkoušky.

ad 3) Je vhodné navrhovat takové metody, které používají normalizované přístroje. Těmito přístroji jsou vybaveny všechny zkušebny, takže při zavedení nové metody nehraje roli otázka finanční. Z tohoto hlediska je pak výhodné používat vzorků a přístrojů pro zkoušení slévárenských písků.

ad 4) Po stránce ekonomické posuzujeme zkoušky hlavně podle množství materiálu pro výrobu vzorků. Velká množství materiálu znamenají značnou finanční zátěž. Je tedy tendence volit zkoušky s minimální spotřebou materiálu - tedy destičky podle článku 2.2.1, popř. hranoly podle článku 2.1.1.

3.2 Volba zkušební metody

Podle výše uvedených hledisek jsme se rozhodli použít tyto metody a druhy vzorků pro zkoušky jednotlivých vlastností:

1) Měření ohybové pevnosti

Použili jsme jednak destičky 25x5x120 mm, jednak hranoly 22,4x22,4x160 mm. Destičky byly zkoušeny

na lamače pro keramické skořepiny, hranoly
na běžné pískové lamače.

2) Měření tlaku

Zde jsme použili původních vzorků pro písky -
válečky \varnothing 50x50 mm. Zkoušky byly prováděny na
hydraulickém trhacím stroji.

3) Měření prodyšnosti

Zde jsme použili jak válečky \varnothing 50x50 mm tak
destičky 25x5x120 mm.

Volbou těchto metod a vzorků jsme sledova-
li možnost porovnání výsledků zkoušek na různých
vzorcích.

II. Experimentální část

Obsahem této části diplomové práce jsou údaje o druzích a přípravě zkušebních vzorků, jejich úpravách a zpracování. Obsahuje rovněž výčet použitých sádrových směsí, popisy zkoušek, jímž byly podrobeny a výsledky zkoušek.

4. Příprava vzorků

4.1 Výběr směsí

Sortiment sádrových směsí pro zkoušky mechanických vlastností byl volen tak, aby bylo možno získat ucelený obraz o vlastnostech tohoto druhu formovacích materiálů. V průběhu zkoušek byl proveden výběr směsí, které měly vhodné vlastnosti. Kromě vlastních směsí pak byly prováděny zkoušky i na vzorcích z čisté alabastrové a stavební sádry.

Materiály pro zkoušky

- 1) Alabastrová sádra - ozn. "A"
- 2) Stavební sádra - ozn. "B"
- 3) Standartní směs - ozn. "S":

- alabastrová sádra	65 %
křemenná moučka	30 %
mastek mletý	5 %

- 4) Směs "SK 2":

- alabastrová sádra	65 %
křemenná moučka	28 %
mastek mletý	5 %
křemelina	2 %

- 5) "V"- směs :

- alabastrová sádra	65 %
karbid křemíku SiC	30 %
mastek mletý	5 %

- 6) Směs "VK 2"
- 98 % "V" + 2 % křemeliny
- 7) Směs "BS":
- | | |
|------------------|------|
| - stavební sádra | 65 % |
| křemenná moučka | 30 % |
| mastek mletý | 5 % |

Pro přípravu sádrové kaše k odlévání vzorků byl stanoven přídavek vody ve výši 70%/objemových/. Kromě shora uvedených směsí byly též zkoušeny alternativní směsi s přídavkem 0,4 % kamence, který byl dodáván ve vodném roztoku. Hlavním důvodem těchto zkoušek bylo zjistit vliv kamence rozpuštěného v rozdělovací vodě na vlastnosti směsí.

4.2 Příprava suché směsi

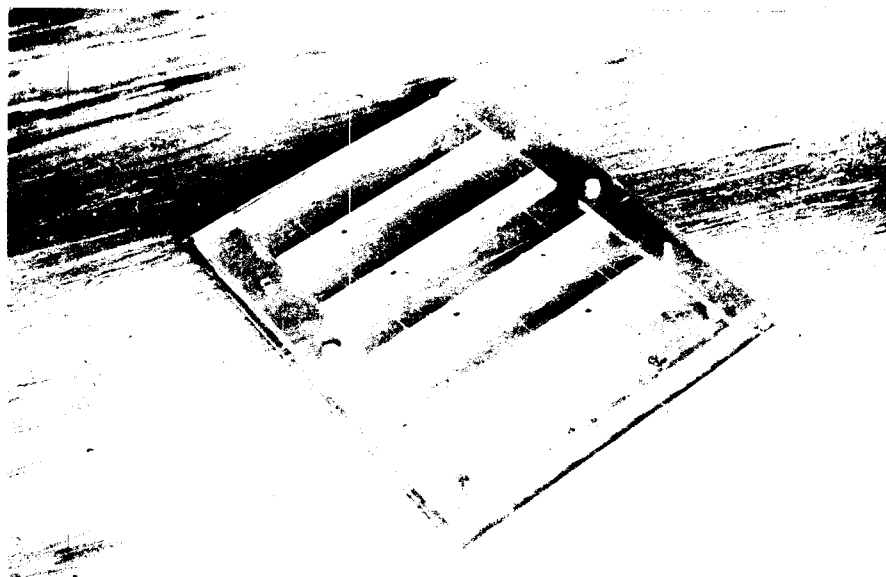
Jednotlivé složky směsi byly přesně odváženy a promíseny. Mísení směsi bylo prováděno ručně. Dříve používaný postup mísení v kulovém mlýnku jsme nepoužili, neboť kuličky mlýnku se obtížně čistily, čímž byl provoz značně prodlužován. Také množství směsi, které mlýnek pojme, bylo vzhledem k potřebám provozu nedostatečné. Kromě toho bylo zjištěno, že ručním promísením se dosáhne stejných výsledků jako při použití mlýnku.

4.3 Příprava sádrové kaše

Pro přípravu sádrové kaše byly používány nádoby z umělých hmot. Do nádoby jsme nalili přesně odměřené množství vody, načež jsme za stálého míchání přisypávali sádrovou směs. Po nasypání celého objemu jsme směs ve vodě rozmíchali na homogenní kaši, kterou jsme lili do forem. Čas pro mísení musel být volen tak, aby vzorky byly odli-ty ještě před počátkem tuhnutí sádrové kaše.

4.4 Odlévání vzorků

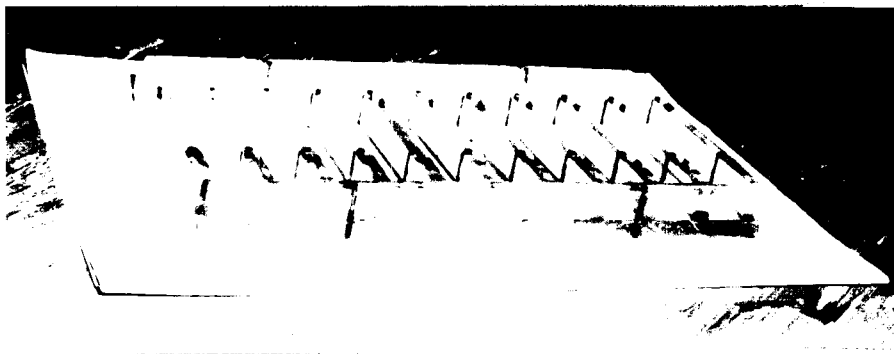
Pro odlévání destiček 25x5x120 mm jsme použili rozkládací rámečkovou formu (obr. 8), která byla již na katedře používána. Forma je vyrobena z plexiskla, které má tu výhodu, že se nemusí natírat žádným separačním prostředkem, čímž je dosaženo vysoce kvalitního povrchu vzorků (zrcadlový lesk).



Obr. 8

Forma pro výrobu destiček 25x5x120 mm

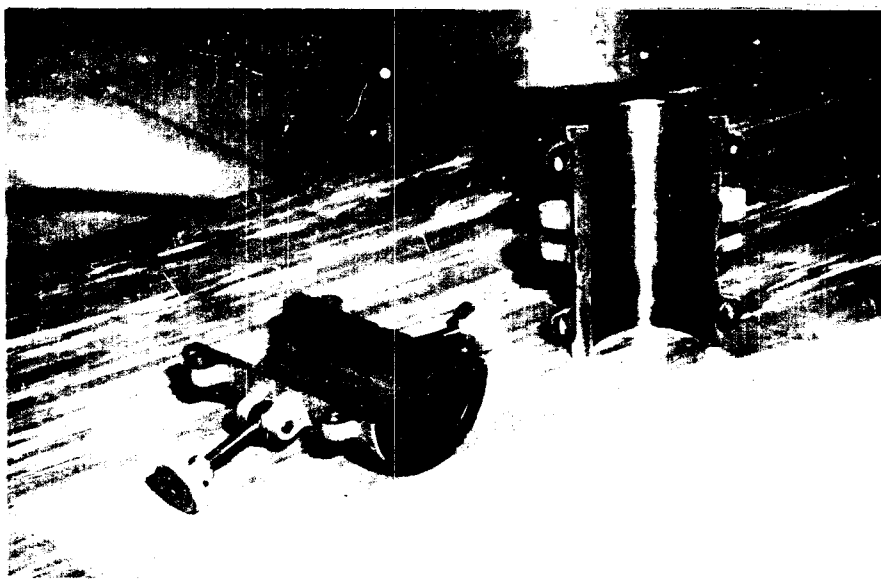
Odlévání ohybových hranolů 22,4x22,4x170 mm bylo prováděno ve formě, která byla navržena a vyrobena na KTM. Jde opět o rozkládací formu z plexiskla, ve které lze vyrobit najednou 10 vzorků (viz obr. 9).



Obr. 9

Forma pro odlévání hranolů 22,4x22,4x170 mm

Zkušební válečky \varnothing 50x50 mm jsme odlévali do kovové dvojdílné formy (obr. 10).



Obr. 10

Forma pro zkušební válečky \varnothing 50x50 mm

Všechny formy byly před odléváním dokonale očištěny a kovová forma pro výrobu válečků byla opatřena slabým filmem separátoru. Jako separátoru jsme použili minerálního oleje, který osvědčil výhodné vlastnosti.

Odlévání sádrové kaše jsme prováděli ihned po rozmíchání. Odlévali jsme opatrně, aby pokud možno nevznikaly bublinky. Případně vzniklé bublinky jsme odstraňovali tím způsobem, že jsme formu několikrát (4-5x) pustili z výšky asi 2 cm na desku stolu.

4.5 Zpracování zkušebních vzorků

4.5.1 Autoklávování (Antioch-process)

Tento způsob zpracování se užívá pro dosažení vyšší prodyšnosti sádrových forem, které dosáhneme následujícím postupem: sádrovou formu po odlití částečně dehydratujeme v autoklávu a potom ji znovu navlhčíme, takže krystaly sádry překrystalují do granulí o velikosti pískových zrn. Tato rekrystalizace neprobíhá na povrchu formy, kde není dostatek vody a povrch proto zůstává hladký. Navlhčování probíhá při pokojové teplotě po dobu 12 - 14 hodin. Dále se forma suší, popř. žihá na vyšší teplotu. Proti jiným způsobům zpracování lze takto dosáhnout značně vyšší prodyšnosti (až 20 n.j.p.). Nevýhodou je však poměrně značné zmenšení pevnosti.

4.5.2 Žihání

Žihání je běžný způsob zpracování forem ze sádrových směsí. Jeho účelem je odstranit ze ztuhlé sádrové směsi volnou vodu (sušení) a z části nebo úplně vodu vázanou (vlastní žihání). Dosud užívané teploty žihání používané na

KSL byly podle /7/: 200 °C; 400 °C; 600 °C.

4.5.3 Dříve užívané postupy tepelného zpracování vzorků /7/

I. Odlití vzorků

Tvrdnutí 3 hodiny

Autoklávování 2 atp/3 hod.

Vlhčení na vzduchu 12 hodin

Žihání 200 °C/12 hodin

II. Odlití vzorků

Tvrdnutí 3 hodiny

Autoklávování 2 atp/3 hod.

Vlhčení na vzduchu 12 hodin

Žihání 400 °C/2 hodiny

III. Odlití vzorků

Tvrdnutí 3 hodiny

Autoklávování 2 atp/3 hod.

Vlhčení na vzduchu 12 hodin

Žihání 600 °C/2 hodiny

IV. Odlití vzorků

Tvrdnutí 3 hodiny

Žihání 200 °C/12 hodin

V. Odlití vzorků

Tvrdnutí 3 hodiny

Žihání 400 °C/2 hodiny

VI. Odlití vzorků

Tvrdnutí 3 hodiny

Žihání 600 °C/2 hodiny

VII. Odlití vzorků

Tvrdnutí 3 hodiny

Autoklávování 2 atp/3 hodiny

Vlhčení v exikátoru/12 hodin

Žíhání 200 °C/12 hodin

4.5.4 Způsoby zpracování vzorků ze sádrových směsí

Z rozborů výsledků zkoušek mechanických vlastností vzorků, které byly zpracovávány postupy dle článku 4.5.3, vyplynuly tyto závěry:

- a) Autoklávované směsi jsou z pevnostního hlediska nevyhovující.
- b) Žíháním vzorků na 200 °C dosáhneme maxima pevnosti v ohybu, při zvyšující se teplotě pevnost klesá.

Respektující tyto závěry, zvolili jsme pro zkušební vzorky sádrových směsí tyto způsoby zpracování:

- X. Tuhnutí směsi na vzduchu po dobu 1 hodiny (měřeno od počátku sypání práškovité směsi do vody)
- Y. Žíhací cyklus: Tuhnutí na vzduchu 1 hodinu
Sušení 60 °C/24 hodiny
Sušení 200 °C/24 hodiny
Žíhání 400 °C/3 hodiny

Těmito způsoby byly zpracovávány všechny druhy směsí, které byly zkoušeny. Upřesnění žíhacího cyklu ve smyslu zkrácení jednotlivých časů bylo zkoumáno zvlášť a bude uvedeno dále jako samostatný oddíl.

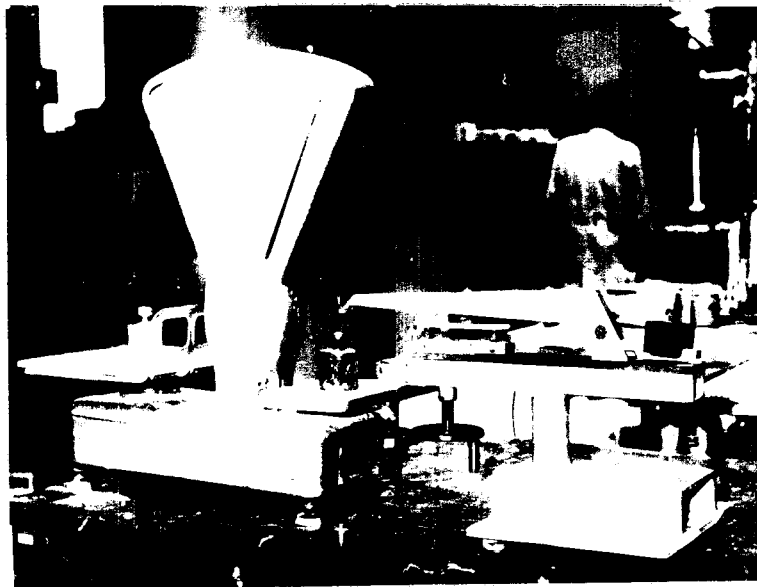
5. Zkoušky vlastností sádrových formovacích směsí

5.1. Měření pevnosti v ohybu

5.1.1 Destičky typu "K"

Velikost síly F potřebné k přelomení destičky 25x5x120 mm jsme stanovovali na ruční lamače (viz obr. 11) spojené s automatickými vahami. Ab-

solutní hodnota síly F byla odečítána podle maximální výchylky ručky automatických vah s dostatečnou přesností.



Obr. 11
Ruční lamačka

Naměřené hodnoty ohybové síly a z ní dle vzorce (5) vypočtené pevnosti v ohybu jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Pozn. Směsi s přísávkem 0,4 % kamence jsou označeny symbolem +K za základní značkou.

Tabulka I. Zpracování X.

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
A	1	5	10	0,400	9,60	10,34
	2		10	0,410	9,84	
	3		5	0,840	10,10	
	4		10	0,455	10,90	
	5		10	0,400	9,60	
	6		10	0,430	10,30	
	7		10	0,420	10,10	
	8		5	0,920	11,05	
	9		5	0,916	10,86	
	10		5	0,920	11,05	
B	1	5	10	0,200	4,80	5,09
	2		10	0,200	4,80	
	3		10	0,200	4,80	
	4		5	0,430	5,15	
	5		5	0,430	5,15	
	6		5	0,440	5,28	
	7		5	0,445	5,33	
	8		5	0,440	5,28	
	9		5	0,430	5,15	
	10		5	0,431	5,16	
S	1	5	10	0,184	4,38	4,39
	2		10	0,170	4,08	
	3		10	0,175	4,20	
	4		5	0,400	4,79	
	5		5	0,360	4,32	
	6		5	0,375	4,50	
	7		5	0,380	4,56	
	8		5	0,380	4,56	
	9		5	0,370	4,43	
	10		5	0,340	4,08	
V	1	5	10	0,260	6,14	6,69
	2		10	0,260	6,14	
	3		10	0,255	6,12	
	4		5	0,580	6,96	
	5		5	0,580	6,96	
	6		5	0,590	7,07	
	7		5	0,560	6,72	
	8		5	0,595	7,13	
	9		5	0,580	6,96	
	10		5	0,560	6,72	
VK2	1	5	10	0,273	6,55	
	2		10	0,240	5,75	
	3		10	0,240	5,75	

VŠST Liberec - fakulta strojní	DIPLOMOVÁ PRÁCE 1972	DP-ST940/72
Katedra technologie a nauky o materiálu		List 39

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\phi \sigma$ /kp/cm ² /
SK2+K	1	5	10	0,140	3,36	3,13
	2		10	0,120	2,88	
	3		5	0,260	3,12	
	4		5	0,260	3,12	
	5		5	0,250	3,00	
	6		5	0,280	3,36	
	7		5	0,260	3,12	
	8		5	0,260	3,12	
	9		5	0,260	3,12	
	10		5	0,260	3,12	
BS+K	1	5	10	0,095	2,28	2,26
	2		10	0,090	2,16	
	3		10	0,090	2,16	
	4		5	0,190	2,28	
	5		5	0,190	2,28	
	6		5	0,190	2,28	
	7		5	0,190	2,28	
	8		5	0,190	2,28	
	9		5	0,190	2,28	
	10		5	0,190	2,28	

5.1.2 Hranoly 22.4x22.4x170

Měření síly potřebné k přelomení hranoly jsme prováděli na pískové lamače (viz obr.2). Hodnoty naměřené a vypočtené dle vzorce (4) jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka III. Zpracování X.
(Vzdálenost podpor lamačky je 15 cm)

Složení směsi	Číslo měření	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\phi \sigma$ /kp/cm ² /
A	1	7,25	14,50	
	2	7,25	14,50	
	3	7,40	14,80	

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	σ /kp/cm ² /		
VK2	4		5	0,570	6,84	6,34		
	5		5	0,540	6,48			
	6		5	0,560	6,72			
	7		5	0,550	6,60			
	8		5	0,540	6,48			
	9		5	0,540	6,48			
	10		5	0,480	5,75			
	BS	1	5	10	0,160		3,84	3,86
		2		10	0,155		3,72	
		3		10	0,155		3,72	
4			5	0,330	3,96			
5			5	0,327	3,80			
6			5	0,330	3,96			
7			5	0,330	3,96			
8			5	0,325	3,90			
9			5	0,320	3,84			
10			5	0,325	3,90			
SK2	1	5	10	0,250	6,00	6,3		
	2		10	0,245	5,86			
	3		10	0,240	5,75			
	4		5	0,560	6,72			
	5		5	0,565	6,78			
	6		5	0,560	6,72			
	7		5	0,486	5,84			
	8		5	0,541	6,49			
	9		5	0,540	6,48			
	10		5	0,530	6,36			
A+K	1	5	10	0,430	10,30	11,16		
	2		10	0,430	10,30			
	3		10	0,450	10,80			
	4		5	0,900	10,80			
	5		5	0,950	11,40			
	6		5	0,900	10,80			
	7		5	0,930	11,16			
	8		5	0,1000	12,00			
	9		5	0,1000	12,00			
	10		5	0,1000	12,00			
B+K	1	5	10	0,280	6,72	6,79		
	2		10	0,280	6,72			
	3		5	0,578	6,71			
	4		5	0,580	6,96			
	5		5	0,560	6,72			
	6		5	0,560	6,72			
	7		5	0,570	6,84			
	8		5	0,580	6,96			
	9		5	0,560	6,72			
	10		5	0,570	6,84			

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
V+K	1	5	10	0,252	6,04	6,28
	2		10	0,250	6,00	
	3		5	0,530	6,36	
	4		5	0,530	6,36	
	5		5	0,520	6,24	
	6		5	0,540	6,48	
	7		5	0,530	6,36	
	8		5	0,520	6,24	
	9		5	0,530	6,36	
	10		5	0,530	6,36	
S+K	1	5	10	0,250	6,00	5,92
	2		10	0,230	5,51	
	3		10	0,250	6,00	
	4		5	0,500	6,00	
	5		5	0,506	6,07	
	6		5	0,500	6,00	
	7		5	0,500	6,00	
	8		5	0,480	5,75	
	9		5	0,480	5,75	
	10		5	0,510	6,12	
VK2+K	1	5	10	0,220	5,28	5,64
	2		10	0,233	5,57	
	3		5	0,470	5,64	
	4		5	0,480	5,75	
	5		5	0,490	5,88	
	6		5	0,480	5,75	
	7		5	0,480	5,75	
	8		5	0,480	5,75	
	9		5	0,480	5,75	
	10		5	0,440	5,28	
SK2+K	1	5	10	0,290	6,96	7,29
	2		10	0,300	7,24	
	3		10	0,320	7,56	
	4		5	0,650	7,80	
	5		5	0,580	6,96	
	6		5	0,610	7,32	
	7		5	0,630	7,55	
	8		5	0,580	6,96	
	9		5	0,580	6,96	
	10		5	0,630	7,55	

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
BS+K	1	5	10	0,160	3,84	4,04
	2		10	0,155	3,72	
	3		10	0,155	3,72	
	4		5	0,340	4,08	
	5		5	0,360	4,32	
	6		5	0,360	4,32	
	7		5	0,340	4,08	
	8		5	0,350	4,20	
	9		5	0,330	3,96	
	10		5	0,350	4,20	

Tabulka II. Zpracování Y.

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
A	1	5	10	0,280	6,72	6,80
	2		10	0,270	6,48	
	3		10	0,270	6,48	
	4		10	0,280	6,72	
	5		5	0,580	6,96	
	6		5	0,610	7,32	
	7		5	0,590	7,07	
	8		5	0,560	6,72	
	9		5	0,560	6,72	
	10		5	0,570	6,84	
B	1	5	10	0,180	4,32	4,51
	2		10	0,180	4,32	
	3		10	0,180	4,32	
	4		5	0,380	4,56	
	5		5	0,410	4,92	
	6		5	0,350	4,20	
	7		5	0,370	4,43	
	8		5	0,400	4,80	
	9		5	0,400	4,80	
	10		5	0,370	4,43	
V	1	5	10	0,190	3,12	
	2		10	0,190	3,12	
	3		10	0,120	2,88	
	4		5	0,260	3,12	
	5		5	0,250	3,00	
	6		5	0,260	3,12	
	7		5	0,250	3,00	
	8		5	0,280	3,36	

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	σ /kp/cm ² /
V	9 10		5 5	0,270 0,250	3,24 3,00	3,1
S	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	5	10 10 10 10 5 5 5 5 5 5	0,150 0,150 0,140 0,150 0,300 0,300 0,280 0,290 0,280 0,270	3,60 3,60 3,36 3,60 3,60 3,60 3,36 3,48 3,36 3,22	3,49
VK2	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	5	10 10 5 5 5 5 5 5 5 5	0,140 0,140 0,260 0,270 0,250 0,260 0,260 0,270 0,270 0,250	3,36 3,36 3,12 3,24 3,00 3,12 3,12 3,24 3,24 3,00	3,19
SK2	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	5	10 10 10 5 5 5 5 5 5 5	0,170 0,180 0,180 0,360 0,370 0,340 0,340 0,320 0,320 0,320	4,08 4,32 4,32 4,32 4,44 4,08 4,08 3,84 3,84 3,84	4,12
BS	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	5	10 10 10 5 5 5 5 5 5 5	0,130 0,130 0,130 0,250 0,250 0,280 0,230 0,240 0,260 0,260	3,12 3,12 3,12 3,00 3,00 3,36 2,76 2,88 3,12 3,12	3,06
A+K	1 2 3 4 5	5	10 10 5 5 5	0,190 0,180 0,390 0,390 0,400	4,56 4,32 4,67 4,67 4,80	

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	σ /kp/cm ² /
A+K	6		5	0,370	4,43	4,69
	7		5	0,410	4,92	
	8		5	0,410	4,92	
	9		5	0,410	4,92	
	10		5	0,390	4,67	
B+K	1	5	10	0,180	4,32	4,14
	2		10	0,170	4,08	
	3		10	0,170	4,08	
	4		5	0,350	4,20	
	5		5	0,350	4,20	
	6		5	0,350	4,20	
	7		5	0,350	4,20	
	8		5	0,330	3,96	
	9		5	0,340	4,08	
	10		5	0,340	4,08	
S+K	1	5	10	0,110	2,64	2,64
	2		10	0,110	2,64	
	3		10	0,110	2,64	
	4		5	0,220	2,64	
	5		5	0,220	2,64	
	6		5	0,220	2,64	
	7		5	0,220	2,64	
	8		5	0,220	2,64	
	9	5	5	0,210	2,52	
	10		5	0,230	2,76	
V+K	1	5	10	0,100	2,40	2,56
	2		10	0,100	2,40	
	3		10	0,110	2,64	
	4		5	0,200	2,40	
	5		5	0,210	2,52	
	6		5	0,220	2,64	
	7		5	0,200	2,40	
	8		5	0,230	2,76	
	9		5	0,230	2,76	
	10		5	0,220	2,64	
VK2+K	1	5	10	0,140	3,36	3,07
	2		10	0,130	3,12	
	3		10	0,130	3,12	
	4		5	0,250	3,00	
	5		5	0,270	3,24	
	6		5	0,240	2,88	
	7		5	0,250	3,00	
	8		5	0,250	3,00	
	9		5	0,260	3,12	
	10		5	0,240	2,88	

Složení směsi	Číslo měření	h /mm/	l /cm/	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\phi \sigma$ /kp/cm ² /
SK2+K	1	5	10	0,140	3,36	
	2		10	0,120	2,88	
	3		5	0,260	3,12	
	4		5	0,260	3,12	
	5		5	0,250	3,00	
	6		5	0,280	3,36	
	7		5	0,260	3,12	
	8		5	0,260	3,12	
	9		5	0,260	3,12	
	10		5	0,260	3,12	
BS+K	1	5	10	0,095	2,28	
	2		10	0,090	2,16	
	3		10	0,090	2,16	
	4		5	0,190	2,28	
	5		5	0,190	2,28	
	6		5	0,190	2,28	
	7		5	0,190	2,28	
	8		5	0,190	2,28	
	9		5	0,190	2,28	
	10		5	0,190	2,28	

5.1.2 Hranoly 22.4x22.4x170

Měření síly potřebné k přelomení hranolu jsme prováděli na pískové lamačce (viz obr.2). Hodnoty naměřené a vypočtené dle vzorce (4) jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka III. Zpracování X.
(Vzdálenost podpor lamačky je 15 cm)

Složení směsi	Číslo měření	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\phi \sigma$ /kp/cm ² /
A	1	7,25	14,50	
	2	7,25	14,50	
	3	7,40	14,80	

Složení směsi	Číslo měření	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
A	4	7,40	14,80	14,42
	5	7,15	14,30	
	6	7,00	14,00	
	7	7,00	14,00	
	8	7,25	14,50	
B	1	7,95	15,90	17,42
	2	8,20	16,40	
	3	7,95	15,90	
	4	8,90	17,80	
	5	8,75	17,50	
	6	8,50	17,00	
	7	7,95	15,90	
	8	8,10	16,20	
S	1	3,85	7,70	8,31
	2	4,35	8,70	
	3	4,50	9,00	
	4	3,85	7,70	
	5	4,25	8,50	
	6	4,00	8,00	
	7	4,10	8,20	
	8	4,35	8,70	
SK2	1	3,40	6,80	6,34
	2	3,30	6,60	
	3	3,20	6,40	
	4	3,05	6,10	
	5	3,05	6,10	
	6.	3,05	6,10	
	7	3,30	6,60	
	8	3,40	6,80	

Složení směsi	Číslo měření	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
V	1	3,40	6,80	6,60
	2	3,30	6,60	
	3	3,40	6,80	
	4	3,20	6,40	
	5	3,40	6,80	
	6	3,20	6,40	
	7	3,30	6,60	
	8	3,20	6,40	
VK2	1	4,75	9,50	8,95
	2	4,60	9,20	
	3	4,10	8,20	
	4	4,25	8,50	
	5	4,60	9,20	
	6	4,75	9,50	
	7	4,50	9,00	
	8	4,25	8,50	
BS	1	4,35	8,70	8,97
	2	4,50	9,00	
	3	4,75	9,50	
	4	4,25	8,50	
	5	4,75	9,50	
	6	4,35	8,70	
	7	4,35	8,70	
	8	4,60	9,20	

Tabulka IV. Zpracování Y.

Složení směsi	Číslo měření	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
A	1	1,95	3,90	4,03
	2	2,00	4,00	
	3	2,00	4,00	
	4	2,05	4,10	
	5	2,10	4,20	
	6	2,00	4,00	
	7	1,95	3,90	
	8	2,10	4,20	
B	1	2,30	4,60	4,86
	2	2,30	4,60	
	3	2,55	5,10	
	4	2,50	5,00	
	5	2,40	4,80	
	6	2,30	4,60	
	7	2,50	5,00	
	8	2,60	5,20	
S	1	2,15	4,30	4,27
	2	2,20	4,40	
	3	2,10	4,20	
	4	2,05	4,10	
	5	2,10	4,20	
	6	2,20	4,40	
	7	2,15	4,30	
	8	2,15	4,30	
SK2	1	2,05	4,10	
	2	2,05	4,10	
	3	2,05	4,10	
	4	2,00	4,00	
	5	1,95	3,90	

Složení směsi	Číslo měření	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\bar{\sigma}$ /kp/cm ² /
SK2	6	2,10	4,20	4,07
	7	2,05	4,10	
	8	2,05	4,10	
V	1	1,85	3,70	3,60
	2	1,75	3,50	
	3	1,95	3,90	
	4	1,75	3,50	
	5	1,75	3,50	
	6	1,85	3,70	
	7	1,75	3,50	
	8	1,75	3,50	
VK2	1	2,05	4,10	3,90
	2	1,85	3,70	
	3	2,00	4,00	
	4	2,00	4,00	
	5	1,95	3,90	
	6	1,95	3,90	
	7	1,80	3,60	
	8	2,00	4,00	

5.2 Měření pevnosti v tlaku

Tato měření byla prováděna na hydraulickém trhacím stroji ZDM - 50, výrobce WPM Leipzig, DDR (býv. fa Schopper). Naměřené hodnoty sil potřebných k rozdrčení zkušebního válečku $\varnothing 50 \times 50$ mm a z nich dle vztahu (3) vypočtené hodnoty pevnosti v tlaku jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka V. Zpracování X.

Složení směsi	Číslo měření	$\varnothing d$ /mm/	S /cm ² /	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\varnothing \sigma$ /kp/cm ² /
A	1	50	19,6	780	39,9	36,4
	2			770	39,3	
	3			600	30,6	
	4			750	38,2	
	5			670	34,1	
B	1	50	19,6	435	22,1	22,4
	2			480	24,5	
	3			400	20,4	
	4			450	22,9	
	5			435	22,1	
S	1	50	19,6	300	15,3	16,6
	2			310	15,8	
	3			350	17,8	
	4			320	16,3	
	5			350	17,8	
V	1	50	19,6	270	13,75	14,88
	2			310	15,80	
	3			300	15,30	
	4			300	15,30	
	5			280	14,25	
SK2	1	50	19,6	325	16,6	15,9
	2			300	15,3	
	3			340	17,3	
	4			280	14,3	
	5			310	15,8	
VK2	1	50	19,6	260	13,2	14,2
	2			270	13,7	
	3			280	14,2	
	4			300	15,3	
	5			290	14,8	

Tabulka VI. Zpracování Y.

Složení směsi	Číslo měření	$\varnothing d$ /mm/	S /cm ² /	F /kp/	σ /kp/cm ² /	$\varnothing \sigma$ /kp/cm ² /
A	1	50	19,6	195	9,9	10,4
	2			220	11,2	
	3			215	10,8	
	4			205	10,4	
	5			190	9,7	
B	1	50	19,6	375	19,1	17,4
	2			320	16,3	
	3			340	17,3	
	4			350	17,8	
	5			365	18,6	
S	1	50	19,6	130	6,63	6,27
	2			125	6,37	
	3			120	6,12	
	4			125	6,37	
	5			115	5,87	
V	1	50	19,6	90	4,60	4,55
	2			95	4,84	
	3			90	4,60	
	4			80	4,10	
	5			90	4,60	
SK2	1	50	19,6	165	8,45	8,91
	2			175	8,90	
	3			175	8,90	
	4			180	9,40	
	5			175	8,90	
VK2	1	50	19,6	135	6,90	7,34
	2			135	6,90	
	3			145	7,40	
	4			150	7,65	
	5			155	7,90	

5.3 Měření prodyšnosti5.3.1 Destičky 25x5x120 mm

Pro tuto zkoušku jsme používali zlomky destiček, které zůstaly po měření ohybové pevnosti. Zkouška byla prováděna postupem dle čl. 2.2.3 na přístroji obr. 6. Hodnoty naměřené a vypočtené dle vztahu (2) jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka VII. Zpracování X.

Složení směsi	Číslo měření	h /cm/	t /min/	P /n.j.p/	$\bar{\sigma}_P$ /n.j.p/
A	1	0,5	84,07	0,0298	0,0303
	2		82,20	0,0304	
	3		80,20	0,0312	
	4		83,53	0,0300	
	5		81,37	0,0308	
	6		84,33	0,0297	
	7		83,90	0,0299	
	8		82,10	0,0305	
B	1	0,5	76,13	0,0329	0,0307
	2		89,40	0,0280	
	3		85,63	0,0292	
	4		85,87	0,0282	
	5		78,60	0,0328	
	6		80,40	0,0312	
	7		83,90	0,0315	
	8		78,47	0,0319	
S	1	0,5	77,07	0,0325	
	2		65,80	0,0380	
	3		72,10	0,0347	
	4		68,83	0,0364	
	5		70,40	0,0356	
	6		75,53	0,0331	

Složení směsi	Číslo měření	h /cm/	t /min/	P /n.j.p/	Ø P /n.j.p/
V	7	0,5	72,27	0,0347	0,0352
	8		70,50	0,0365	
	1		90,87	0,0275	
	2		77,40	0,0323	
	3		82,07	0,0305	
	4		78,03	0,0321	
	5		80,17	0,0312	
	6		85,87	0,0282	
	7	79,93	0,0314	0,0304	
	8	82,53	0,0303		
SK2	1	0,5	90,00	0,0278	0,0282
	2		85,03	0,0293	
	3		90,10	0,0277	
	4		86,13	0,0290	
	5		90,07	0,0277	
	6		88,90	0,0281	
	7		87,60	0,0285	
	8		90,00	0,0278	
VK2	1	0,5	80,53	0,0311	0,0289
	2		89,50	0,0280	
	3		85,40	0,0293	
	4		86,70	0,0289	
	5		88,90	0,0281	
	6		87,47	0,0287	
	7		89,45	0,0280	
	8		84,07	0,0298	

Tabulka VIII. Zpracování Y.

Složení směsi	Číslo měření	h /cm/	t /min/	P /n.j.p/	Ø P /n.j.p/
A	1	0,5	12,70	0,197	0,183
	2		14,90	0,168	
	3		13,83	0,181	
	4		12,50	0,200	
	5		13,43	0,186	
	6		13,30	0,188	
	7		14,93	0,167	
	8		14,20	0,176	
B	1	0,5	5,16	0,485	0,444
	2		5,38	0,465	
	3		5,37	0,466	
	4		5,28	0,475	
	5		6,18	0,405	
	6		6,25	0,401	
	7		6,13	0,408	
	8		5,63	0,445	
SK2	1	0,5	7,03	0,356	0,345
	2		6,97	0,358	
	3		6,93	0,362	
	4		7,27	0,344	
	5		7,37	0,340	
	6		7,50	0,334	
	7		7,50	0,334	
	8		7,40	0,338	
V	1	0,5	6,90	0,343	0,334
	2		7,45	0,336	
	3		7,83	0,320	
	4		6,84	0,366	
	5		7,79	0,321	
	6		8,00	0,313	
	7		7,54	0,332	
	8		7,67	0,326	

Složení směsi	Číslo měření	h /cm/	t /min/	P /n.j.p/	Ø P /n.j.p/
S	1	0,5	8,00	0,313	0,309
	2		8,17	0,306	
	3		8,40	0,298	
	4		7,83	0,320	
	5		7,83	0,320	
	6		7,93	0,316	
	7		8,07	0,310	
	8		8,53	0,293	
VK2	1	0,5	7,65	0,327	0,352
	2		7,13	0,351	
	3		7,17	0,349	
	4		7,43	0,337	
	5		6,90	0,363	
	6		7,13	0,351	
	7		7,03	0,356	
	8		6,50	0,385	

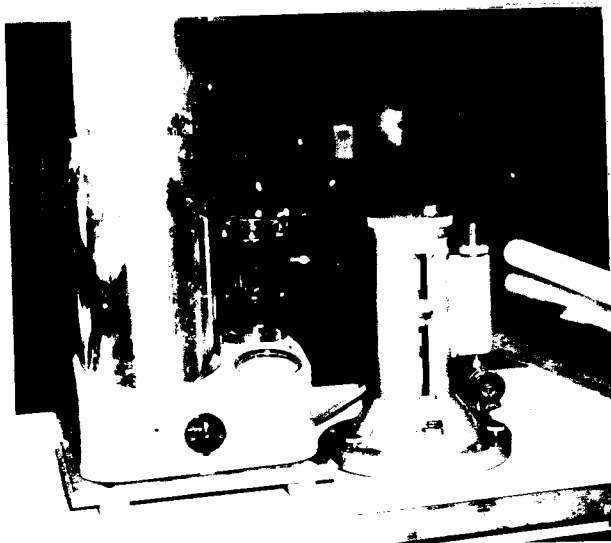
5.3.2 Válečky Ø 50x50 mm

Tato zkouška byla prováděna na běžném přístroji pro měření prodyšnosti slévárenských písků (obr. 12). Bylo použito metody dle článku 2.1.2, při níž se měřil tlak vzduchu před vzorkem a množství vzduchu prošlé vzorkem. Pro zvětšení citlivosti přístroje nebyl použit vestavěný ručkový tlakoměr, ale k přístroji byl připojen přesný U-manometr. Naměřené hodnoty a dle vztahu (2) vypočtené výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka IX. Zpracování Y.

Výška vzorku $h = 5 \text{ cm}$

Plocha vzorku $F = 19,6 \text{ cm}^2$



Obr. 12

Přístroj pro měření prodyšnosti slévárenských písků

Složení směsi	Číslo měření	p /mm.H ₂ O/	t /min/	P /n.j.p/	Ø P /n.j.p/
A	1	95,30	77,00	0,346	0,330
	2	95,30	84,00	0,317	
	3	95,30	81,00	0,329	
S	1	96,50	65,00	0,405	0,395
	2	95,80	59,00	0,424	
	3	96,00	73,00	0,358	
SK2	1	97,10	69,40	0,378	0,408
	2	95,60	54,20	0,428	
	3	95,80	50,00	0,420	

Složení směsi	Číslo měření	p /mm.H ₂ O/	t /min/	P /n.j.p/	Ø P /n.j.p./
V	1	95,70	38,00	0,696	
	2	94,40	33,00	0,816	
	3	95,30	36,50	0,730	0,747

6. Studium deformací forem ze sádrových směsí

6.1 Nutnost zkoumání deformací

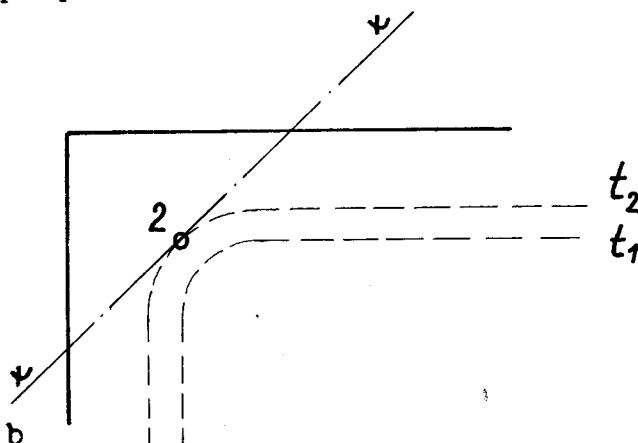
V minulosti byly zjištěny případy, že se formy při tepelném zpracování samovolně deformovaly, popř. praskaly. Deformace nastávaly nejen při tepelném zpracování forem, ale i při vlastním lití, tedy následkem vnitřního pnutí při změnách teploty. Zvláště významnou úlohu zde hraje rychlost ohřevu. Při velké rychlosti ohřevu dochází při malé tepelné vodivosti sádry k nerovnoměrnému prohřátí kusu. To je zdrojem vnitřního pnutí, které může znamenat i porušení povrchu. Typické pro tento případ je odpadávání hran v intervalu teplot 60 - 200 °C. (viz obr. 13a). Náchylnost různých směsí k odpadávání hran je různá. Největší je podle dosavadních pozorování u čistých sáder. Velmi důležitá je též skutečnost, že k odtrhávání hran dochází v uvedeném intervalu jen tehdy, byli-li zkušební kus vysušen při nižší teplotě (v našem případě 60 °C) a potom teprve bylo uskutečněno rychlé najíždění na teplotu vyšší (v našem případě 200 °C). Byl-li vzorek vložen do pece ještě vlhký brzy po odlití a ztuhnutí a byla-li teplota rychle zvýšena přímo na 200 °C, nedošlo k poškození vzorku. O tom, jaké rychlosti ohřevu snese vlhký materiál svědčí tento případ: Čerstvě vyrobená forma byla nedlouho po ztuhnutí sádrové kaše vložena do pece vyhřáté na 500 °C. Přes tento obrovský tepelný ráz nedošlo k poškození formy. V tomto případě

hraje zřejmě úlohu výparné teplo vody obsažené ve vzorku. Výparné teplo způsobuje, že teplota povrchu vzorku nestoupne během vypařování vody příliš nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při postupujícím vypařování vody se potom teplota zvyšuje avšak tak pomalu, že rychlost ohřevu se nestane kritickou pro vznik trhlin.



Obr. 13 a

Typický případ odtržené hrany



Obr. 13 b

Průběh teplot v hraně formy

Jak ukazuje obr. 13 b, dochází v rohu součásti ke zvětšování vzdálenosti mezi povrchem a izotermami. Aby tepelné poměry byly vyrovnané, měl by bod 2 mít teplotu t_1 . Skutečná teplota bodu 2 je však t_2 , která je větší než t_1 . Rozdíl teplot t_1 a t_2 způsobuje pnutí, které při dostatečně velkém rozdílu teplot způsobí odtržení hrany ve směru přímky x-x. Přitom platí, že čím větší rychlost ohřevu, tím větší je rozdíl teplot.

Dalším důležitým faktorem je tloušťka stěny formy. Při malých tloušťkách dojde k prohřátí celého objemu, projeví se deformace, ale nedojde k popraskání. Tento jev jsme pozorovali při tepelném zpracování zkušebních destiček typu "K" (25x5x120 mm). Destičky se při ohřevu zřetelně deformovaly, ale nikdy nebyly porušeny. Naproti tomu ohybové hranoly 22,4x22,4x170 mm zpracovávané současně s těmito destičkami, vykazovaly často větší porušení hran. Šířka tohoto porušení byla asi 3 mm, tedy o něco menší než tloušťka destičky typu "K". Z toho je vidět, že při větší tloušťce již vnitřní pnutí může dosáhnout kritických hodnot.

Jiným místem, kde se vnitřní pnutí a jeho vlivem vzniklé deformace projevují, jsou přechody mezi stěnami různých tloušťek, zvláště v rozích formy. Zde vykazuje teplotní poše formy největší nerovnoměrnosti, a proto je třeba se při výzkumu na ně zaměřit.

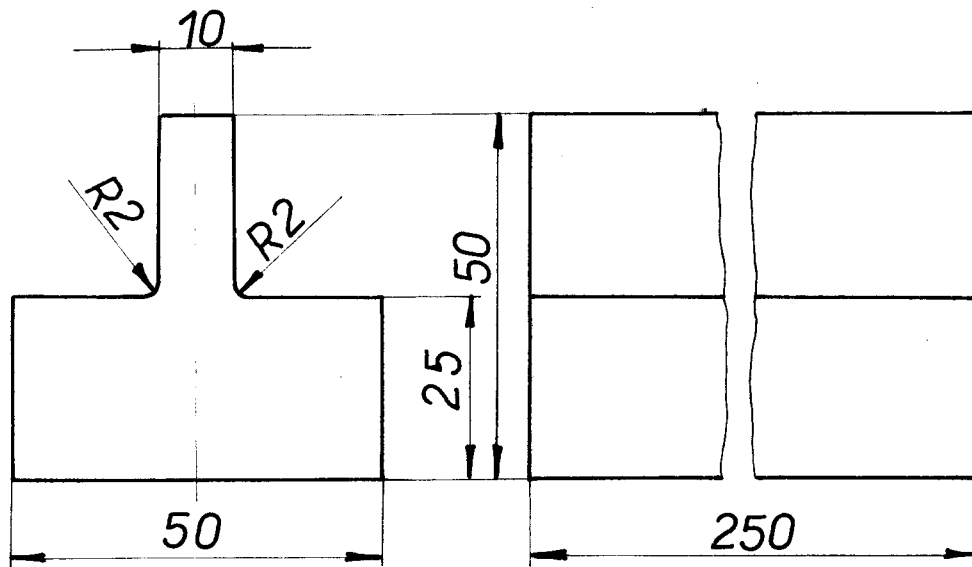
6.2 Návrh zkušebního vzorku pro zkoumání deformací

Z výše uvedeného rozboru je zřejmé, že vzorek pro zkoumání deformací forem ze sádrových směsí v závislosti na tepelném zpracování musí splňovat tyto požadavky:

1. Musí obsahovat přechody mezi stěnami různých tloušťek.

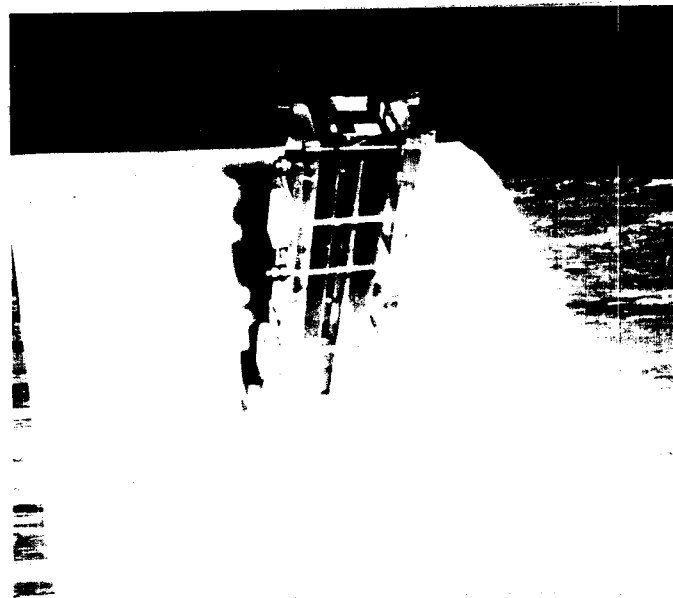
2. Musí se velikostí blížit reálné formě.

Podle těchto hledisek jsme navrhli vzorek tohoto tvaru a rozměrů:



6.3 Forma pro zkušební vzorek

Zkušební vzorky byly vyráběny ve formě (obr. 14) - příloha č. 1. Tato forma byla původně navržena z plexiskla. U tohoto materiálu může postupem času dojít ke zborcení, což by zde bylo na závadu, neboť činné plochy vzorků musí zůstat rovinné. Proto části formy, které vytvářejí činné plochy, byly vytvořeny ze skla a ze siluminu. Části ze siluminu jsou na bočnici z plexiskla přichyceny šrouby. Jednotlivé díly formy byly po složení staženy pryžovými kroužky.



Obr. 14

Forma pro vzorky pro deformační zkoušky

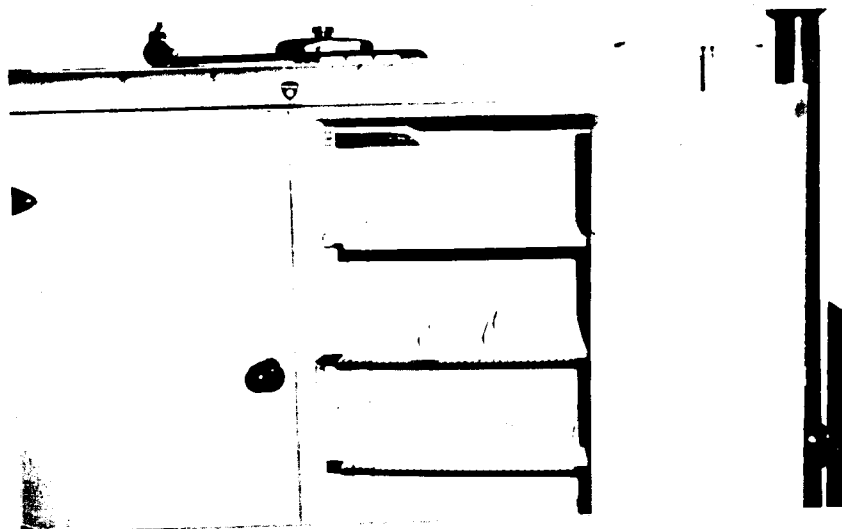
6.4 Odlévání zkušebních vzorků

Před vlastním složením bylo nutno formu opatřit filmem separátoru z důvodu snadnějšího uvolnění vzorku. Separátorem byl opět minerální olej a byl jím opatřen celý vnitřní povrch formy s výjimkou skleněných desek na činných částech vzorku. Tyto části nebyly separovány z důvodu přesnosti pozdějšího měření.

Odlévání vzorků do formy muselo být prováděno velmi opatrně. Proud sádrové kaše bylo nutno směřovat tak, aby stékal po stěně formy. Jinak by se totiž při dopadu proudu na dno při tak vysoké formě tvořily vzduchové bublinky, které by nebylo možno odstranit.

Po ztuhnutí směsi (asi za 20 minut po odlití) byly vzorky opatrně odformovány, uloženy na rovnou podložku a ponechány hodinu na vzduchu. Potom

byly přeneseny do sušky (obr. 15).



Obr. 15
Elektrická suška

6.5 Zpracování zkušebních vzorků

Všechny vzorky byly podrobeny žíhacímu cyklu Y. dle čl. 4.5.4. Sušení na teploty 60°C a 200°C bylo prováděno v sušce obr. 15 (rychlost ohřevu $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$), žíhání na 400°C , pak v komorové peci obr. 16. Nevýhodou této pece byla velká rychlost ohřevu ($5^{\circ}\text{C}/\text{hod}$). Proto bylo nutno na teplotu 400°C najíždět postupně.

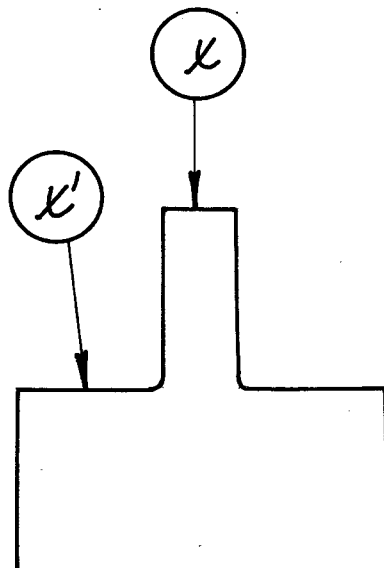
6.6 Měření zkušebních vzorků

Zjišťování deformací zkušebních vzorků jsme prováděli proměřováním ohybové čáry vzorku na plochách (n) dle obr. 17.

Pro přesné zajištění polohy vzorku jsme volili uložení vzorku na dvou válečcích $\varnothing 12$ mm.



Obr. 16
Komorová pec

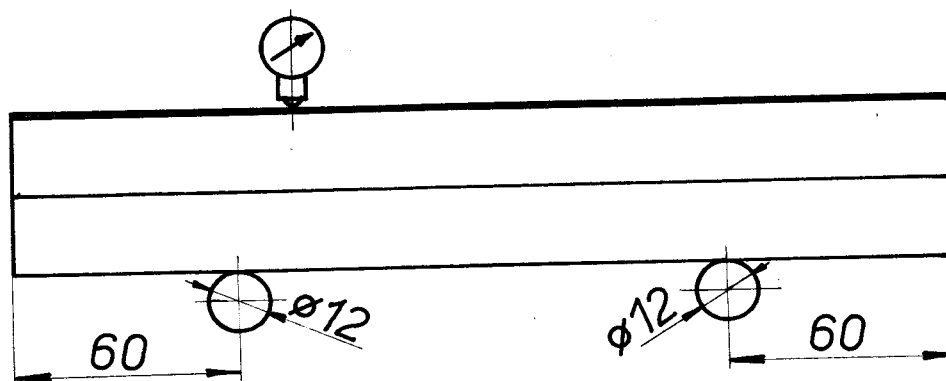


Obr. 17
Měřené plochy vzorku

Ohybovou čáru jsme proměřovali číselní kovým úchylkoměrem s přesností na 0,001 mm. Vzhledem k tomu, že dotyk úchylkoměru se zabořoval do materiálu, volili jsme měření přes žiletkovou planžetu tloušťky 0,1 mm. Na této planžetě bylo současně zakresleno měřítko rozteče měřených bodů, která činila 10 mm.

Ohybová čára tedy byla měřena v 25 bodech, při čemž počáteční bod byl označen 0 a indikátor byl vynulován.

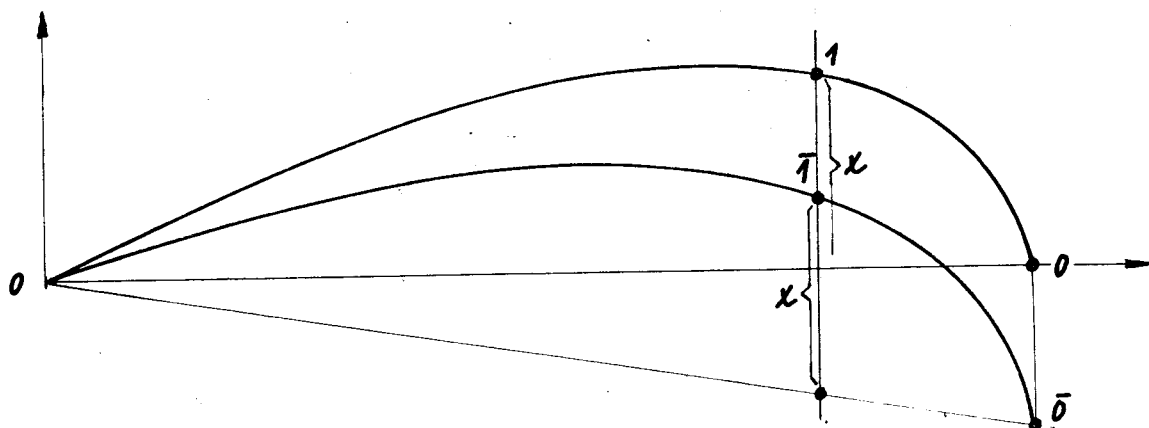
Celkové schema měření viz obr. 18.



Ob r. 18

Schema měření deformací

Válečky $\varnothing 12$ byly umístěny ve vzdálenosti 60 mm od krajů vzorku, aby byl zajištěn minimální průhyb od vlastní váhy. Takto získané souřadnice bodů ohybové čáry jsou zaznamenány v tabulkách dále uvedených. Vzhledem k nerovnoměrnému prohnutí vzorků se stalo, že rovina bodu 0 nebyla totožná při uložení na válečkách s rovinou bodu 25. Proto bylo při vynesení naměřených hodnot do grafu obtížné porovnávat jednotlivé křivky. Proto jsme při konstrukci grafů provedli posunutí křivek tak, aby počátky i konce křivek ležely na ose x:



Tabulka X. Alabastrová sádra - graf č. 1
Pro zajímavost byl proměřen a v tabulce uveden
vzorek s prasklinami na 91,5 mm a 190 mm.

Bod	Naměřené hodnoty / .0,001 mm/					
	1	1'	2	2'	3	3'
0	0	0	0	0	0	0
1	1	123	16	1	0	-22
2	35	265	-6	1	6	7
3	157	415	6	11	23	62
4	215	526	25	15	54	87
5	305	628	35	21	91	120
6	373	716	53	29	110	137
7	435	770	56	35	137	164
8	503	833	49	36	180	174
9	570	865	66	38	189	176
10	538	870	76	51	195	184
11	513	855	80	51	210	184
12	482	823	72	51	223	186
13	457	754	83	60	229	206
14	434	673	95	60	232	206
15	429	625	95	50	232	201
16	428	672	95	40	232	193
17	456	672	95	21	232	178
18	472	672	95	5	230	148
19	574	658	95	-17	215	122
20	511	618	87	-32	200	96
21	483	582	21	-68	184	45

Bod	Naměřené hodnoty / .0,001 mm/					
	1	1'	2	2'	3	3'
22	478	545	0	-103	154	3
23	465	484	-13	-135	112	-44
24	465	333	-39	-162	76	-111
25	440	300	-5	- 50	65	-132

Tabulka XI. Stavební sádra - graf č. 2

Bod	Naměřené hodnoty / .0,001 mm/			
	1	1'	2	2'
0	0	0	0	0
1	50	78	29	65
2	161	258	118	157
3	284	418	207	256
4	410	572	307	376
5	548	655	407	463
6	671	760	456	547
7	691	852	449	602
8	724	917	539	623
9	752	960	634	651
10	779	992	603	671
11	787	999	604	672
12	790	999	605	672
13	790	999	588	672
14	790	998	582	661
15	783	998	557	619
16	776	971	512	549
17	763	918	459	497
18	732	847	460	444
19	670	771	403	342
20	614	677	328	252
21	534	559	232	131
22	436	442	126	-11

Bod	Naměřené hodnoty / .0,001 mm/			
	1	1'	2	2'
23	358	319	17	-155
24	276	177	-82	-257
25	189	97	-169	-351

Tabulka XII. Směs S - graf č. 3

Bod	Naměřené hodnoty / .0,001 mm/					
	1	1'	2	2'	3	3'
0	0	0	0	0	0	0
1	33	64	-30	0	-20	15
2	76	125	-35	58	-20	74
3	103	193	-25	110	0	125
4	136	254	-16	169	42	180
5	178	248	-10	227	61	231
6	214	337	-14	277	93	273
7	238	349	-14	311	100	300
8	259	362	7	342	122	328
9	274	390	20	378	139	350
10	295	400	28	391	154	360
11	312	416	39	438	166	366
12	317	423	58	464	178	374
13	329	418	55	510	188	374
14	329	407	56	498	200	366
15	328	390	45	486	201	354
16	311	349	22	447	180	319
17	298	330	9	424	175	294
18	270	304	-13	384	166	267
19	248	265	-16	342	144	231
20	232	212	-50	285	125	160
21	198	148	-72	223	104	112
22	174	89	-108	156	84	55
23	146	0	-147	62	65	-12
24	105	-63	-147	-18	36	-48
25	76	-120	-150	-68	17	-48

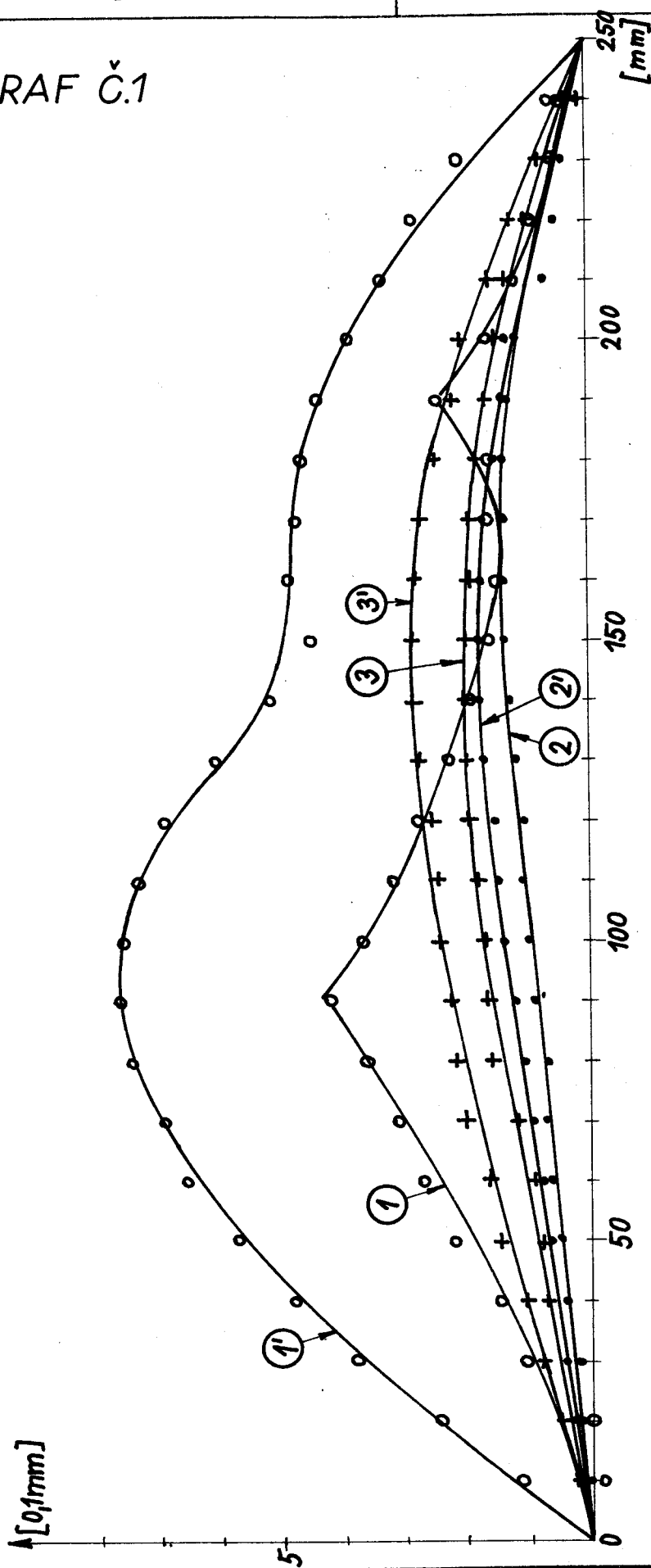
Tabulka XIII. Směs SK2 - graf č. 4

Bod	Naměřené hodnoty / .0,001 mm/					
	1	1'	2	2'	3	3'
0	0	0	0	0	0	0
1	58	89	32	3	4	2
2	152	247	113	72	40	71
3	238	380	167	150	90	120
4	353	490	239	221	132	177
5	450	607	289	292	174	221
6	533	702	332	346	203	258
7	611	698	379	375	228	294
8	682	777	421	386	271	302
9	739	848	460	422	288	319
10	782	900	488	441	298	332
11	827	940	502	442	310	342
12	836	957	520	443	313	342
13	838	957	521	443	315	342
14	833	920	521	443	315	342
15	812	887	521	442	315	335
16	782	850	517	422	315	319
17	738	797	498	404	302	296
18	680	698	471	362	291	266
19	613	606	428	296	268	218
20	536	520	391	238	239	171
21	436	407	351	177	212	120
22	336	280	310	100	184	64
23	230	140	266	40	164	12
24	110	-30	212	40	135	-48
25	0	-125	163	40	97	-79

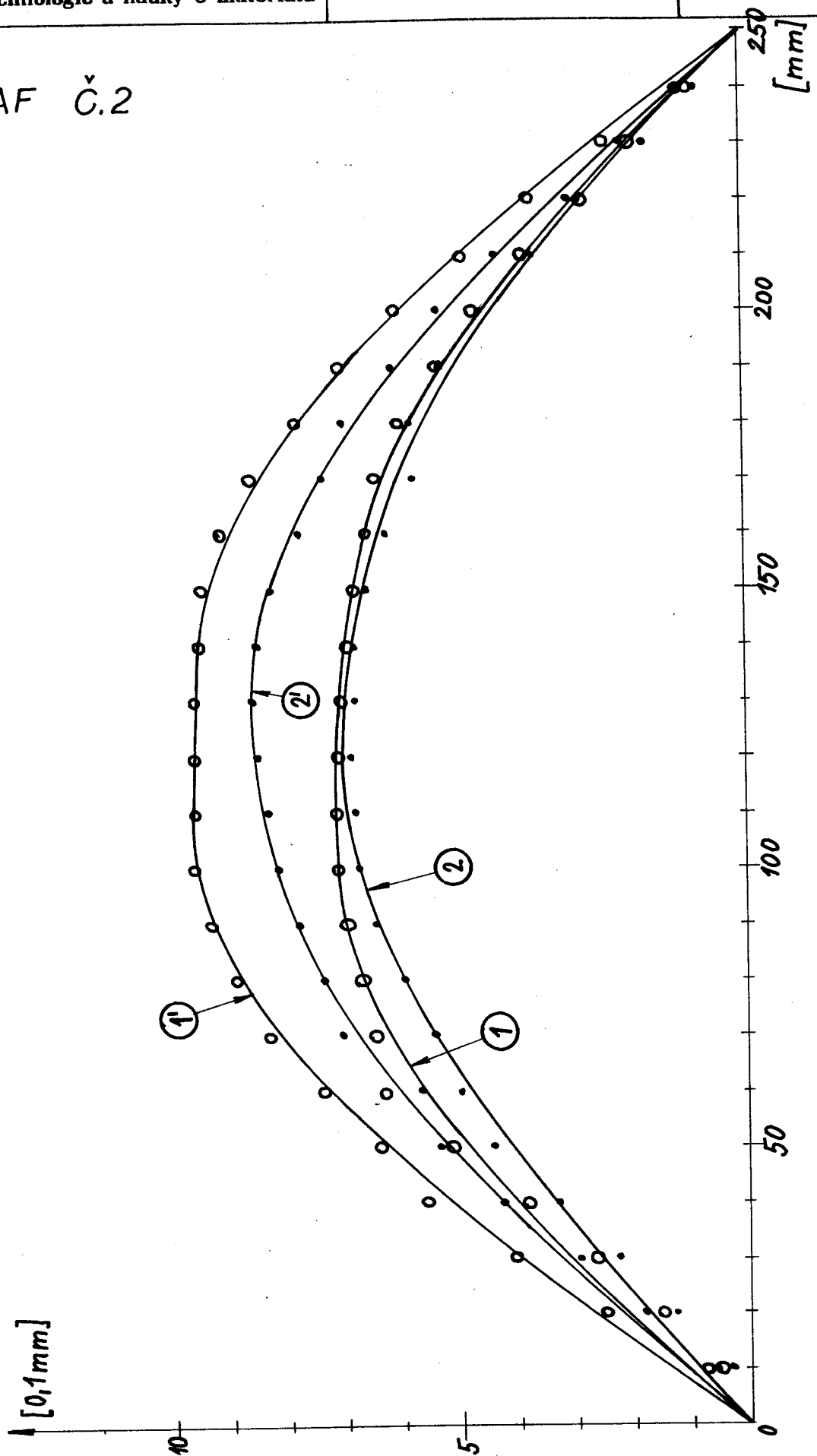
Tabulka XIV. Směs V - graf č. 5

Bod	Naměřené hodnoty /0,001 mm/					
	1	1'	2	2'	3	3'
0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	5	-23	43	10
2	-14	5	54	28	110	129
3	-34	45	110	80	160	232
4	-28	65	149	118	240	336
5	-28	73	168	161	305	421
6	-28	84	194	200	355	498
7	-30	85	215	229	401	576
8	-50	96	231	239	447	626
9	-60	96	236	241	478	674
10	-68	96	248	269	498	699
11	-76	85	251	269	516	719
12	-88	72	255	277	530	734
13	-105	65	255	278	529	734
14	-120	47	256	278	507	736
15	-144	9	256	278	479	712
16	-183	-25	254	275	430	656
17	-218	-62	235	245	380	607
18	-262	-92	231	217	320	540
19	-310	-135	214	191	265	470
20	-350	-202	198	140	210	387
21	-405	-265	178	100	132	295
22	-475	-320	116	74	50	188
23	-535	-415	93	23	-30	71
24	-590	-490	3	-23	-138	-50
25	-645	-540	48	-25	-198	-110

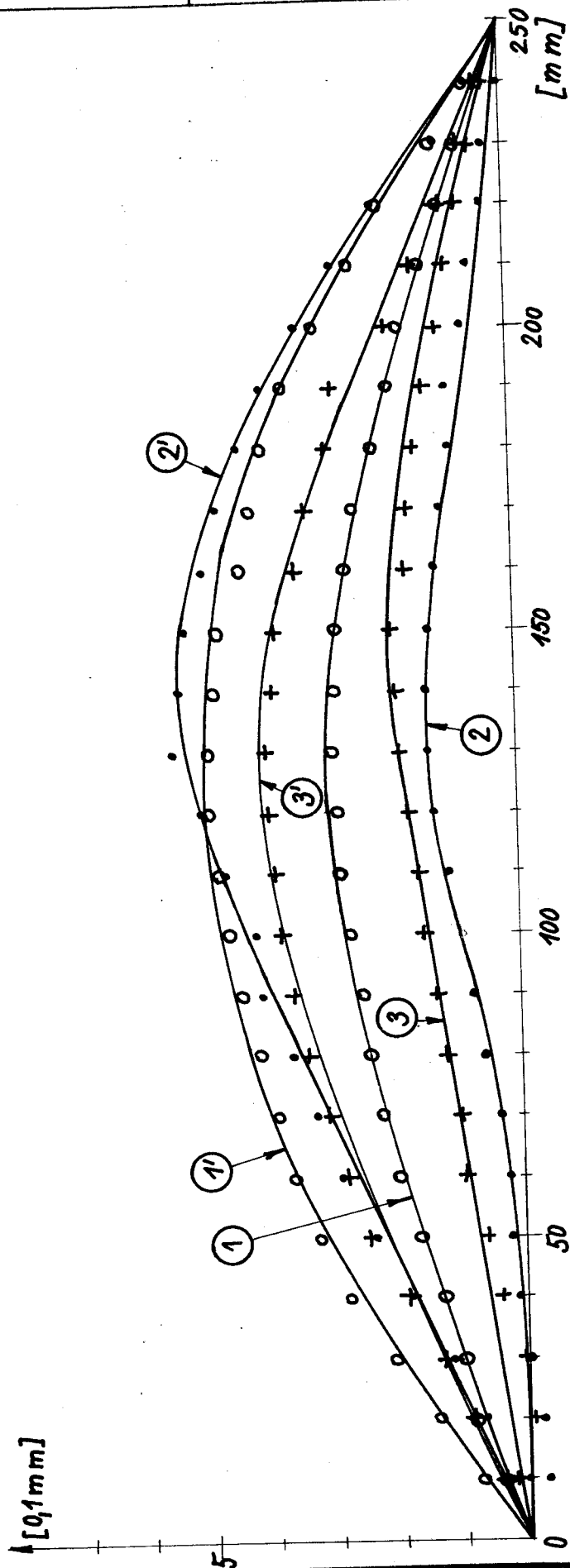
GRAF Č.1



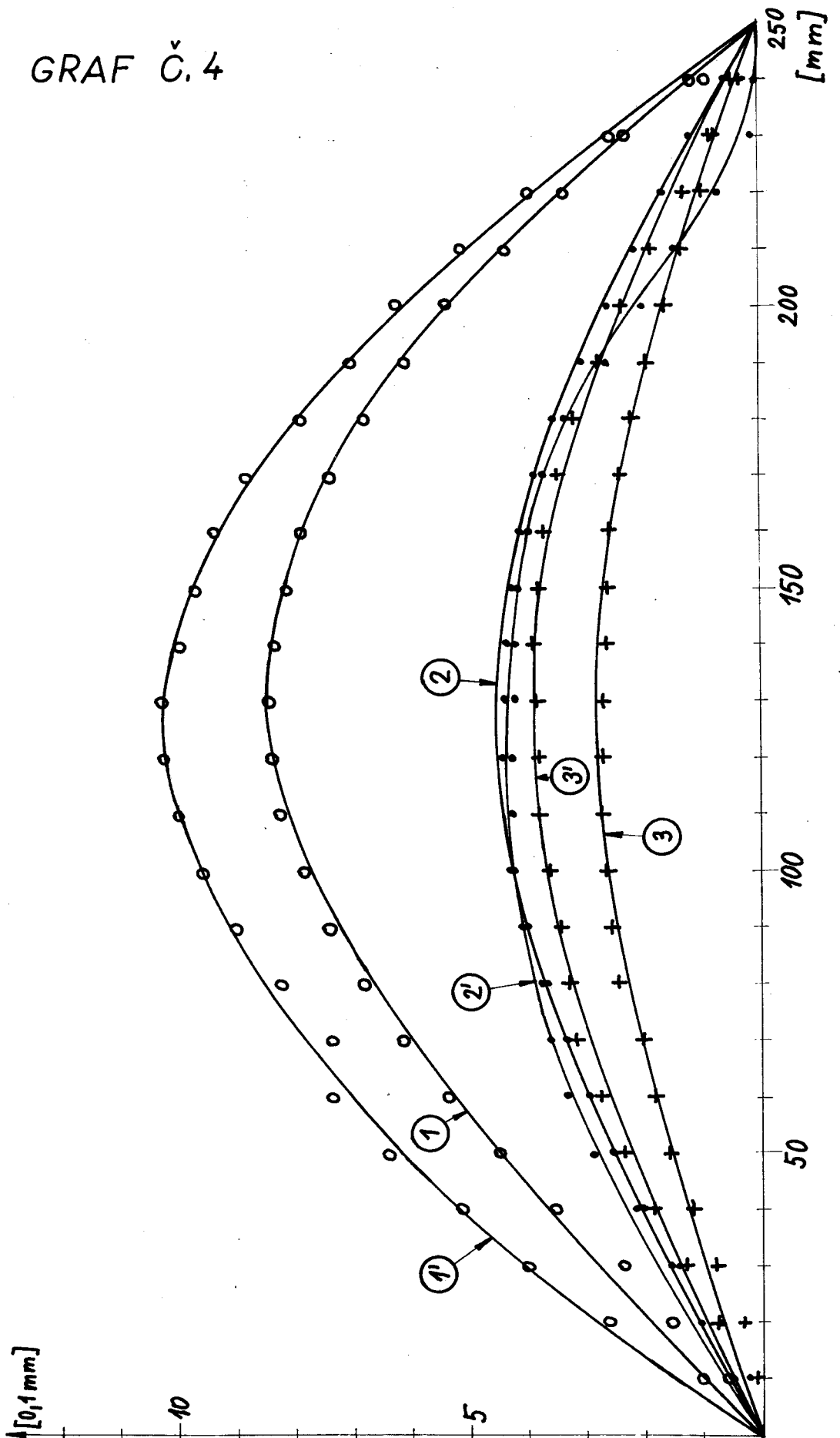
GRAF Č.2



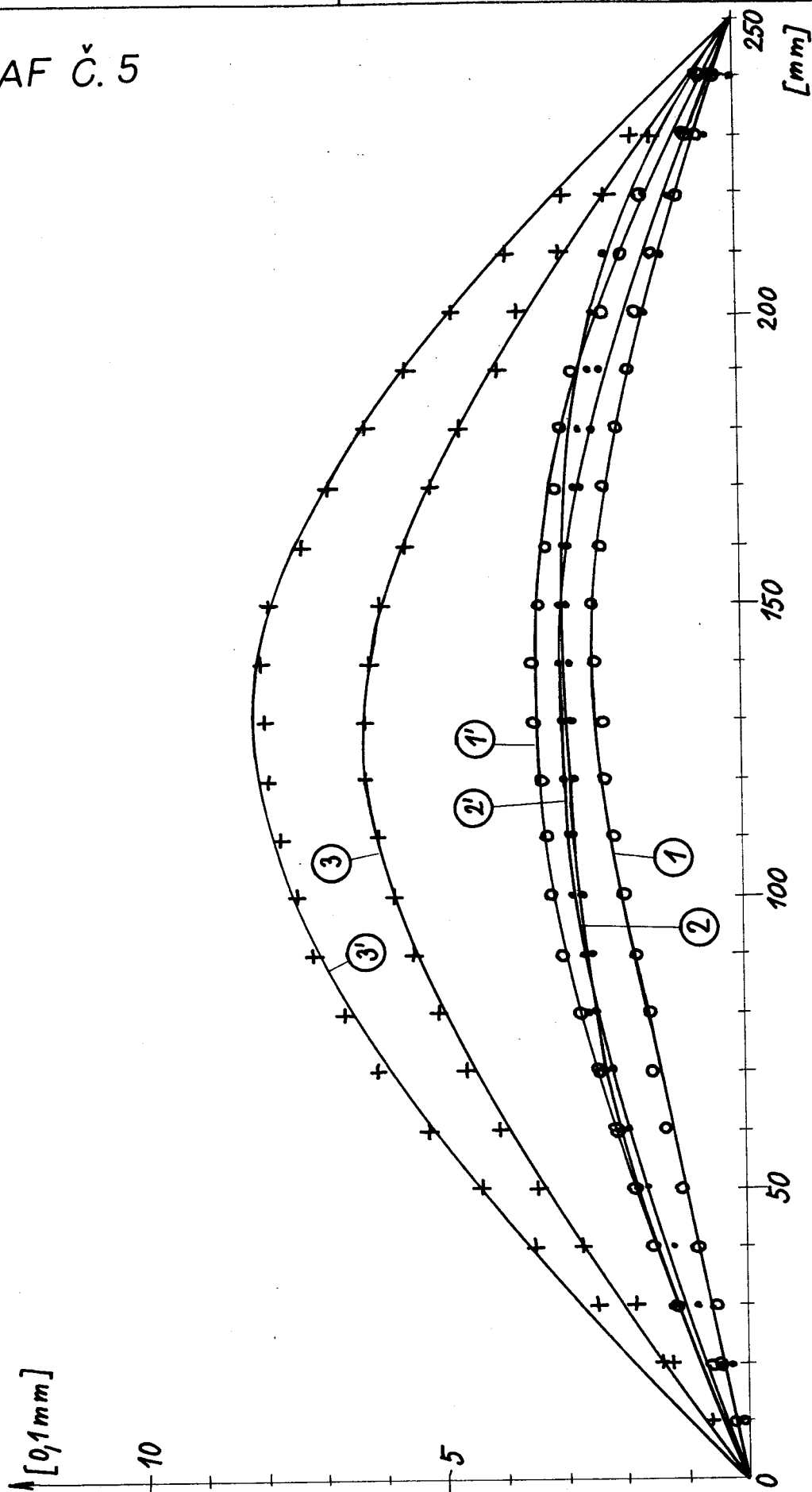
GRAF Č. 3



GRAF Č. 4



GRAF Č. 5



7. Stanovení žíhacího cyklu

7.1 Účel žíhacího cyklu

Čerstvě vyrobená forma ze sádrové směsi není vhodná pro okamžité odlévání, neboť obsahuje značné množství vody. Jde jednak o vodu volnou, jednak o vodu vázanou v dihydrátu $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Kdybychom odlévali do čerstvé formy, došlo by vlivem roztaveného kovu k intenzivnímu odpařování této vody. Vodní pára by však z formy nemohla uniknout, protože sádra má malou prodyšnost. Výsledkem by byla značná tvorba odvaření na odlitku. To je ovšem nežádoucí, a proto je třeba vodu z hotové formy odstranit, což je úkolem tepelného zpracování.

Rozeznáváme tyto druhy tepelného zpracování:

- 1) Urychlené tvrdnutí - ohřev a výdrž na teplotě 50 - 70 °C
- 2) Sušení (odstranění volné vody) - 100 - 200 °C
- 3) Žíhání (odstranění vázané vody) -
- 200 - 300 °C

Bývá obvykle zvykem tyto druhy zpracování kombinovat a potom hovoříme o žíhacím cyklu.

7.2 Určení žíhacího cyklu

Pro určení žíhacího cyklu je třeba znát teplotu zpracování a dobu jejího působení. V naší práci jsme vycházeli ze žíhacího cyklu Y:

Tvrdnutí 60 °C/24 hodiny

Sušení 200 °C/24 hodiny

Žíhání 400 °C/3 hodiny

Pro tento cyklus jsme hledali optimální doby pro jednotlivé části cyklu. Zkoumání jsme prováděli tak, že jsme vzorky vložili do sušky a udržovali na teplotě 60 °C. Přitom jsme každou hodinu

zjišťovali úbytky váhy pomocí automatických vah. Pracovali jsme s odhadem na desetiny gramu. Jakmile váha přestala ubývat, přerušili jsme vážení a po době stanovené cyklem Y jsme zvýšili teplotu na 200 °C. Zde jsme opakovali tento postup, stejně tak při teplotě 400 °C. Výsledkem této části zkoumání byly křivky úbytku váhy během celého cyklu. Současně jsme po každé části cyklu změřili ohybovou pevnost na vybraných destičkách typu "K" (25x5x120mm) a ohybovou pevnost na hranolcích 22,4x22,4x170mm.

7.3 Použité zkušební vzorky a směsi

Zkoušky úbytku váhy byly prováděny na těchto zkušebních vzorcích:

- 1) 3 vzorky pro zkoumání deformací a prasklin - označení D
- 2) 3 válečky \varnothing 50x50 mm - označení T
- 3) 4 destičky typu "K" (25x5x120 mm) - označení K
- 4) 10 hranolů 22,4x22,4x170 mm - označení H

Pro výzkum byly vybrány směsi S a SK2 a čistá alabastrová sádra (A). Směsi S a SK2 byly vybrány z toho důvodu, že výsledky dosažené při lití do forem z těchto směsí byly dosud nejlepší a alabastrová sádra z důvodů porovnání výsledků.

VŠST Liberec - fakulta strojní	DIPLOMOVÁ PRÁCE 1972	DP-ST940/72
Katedra technologie a nauky o materiálu		List 71

7.4 Naměřené hodnoty

Tabulka XV. Alabastrová sádra -

Hod.	D 60 °C		T 60 °C		K 60 °C		H 60 °C	
	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/	Ø/g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/
0	560,0	100,0	151,0	100,0	14,9	100,0	128,2	100,0
1,5	549,0	98,2	135,0	89,4	12,7	85,0	121,8	95,0
2,5	539,5	96,4	130,0	87,0	11,1	74,9	117,2	91,4
3	531,0	94,6	126,0	83,5	11,0	73,8	112,2	87,5
4	518,4	92,6	122,6	81,1	10,8	71,9	107,3	83,6
5	501,8	89,6	116,3	77,0	10,7	71,6	100,4	78,1
6	485,3	86,6	110,8	73,8	10,6	71,4	97,0	75,5
7	465,8	83,2	104,3	69,2	10,5	71,1	90,5	70,5
8	447,4	80,1	100,3	66,5	-	-	87,2	68,0
9	428,9	78,5	97,7	64,6	10,4	70,9	86,3	67,3
10	415,5	73,0	96,3	63,7	-	-	86,1	67,0
11	404,8	72,3	95,3	63,1	10,4	70,9	86,1	67,0
12	393,0	70,1	95,0	62,9	-	-	86,1	67,0
13	387,8	69,0	94,8	62,8	10,4	70,9	86,1	67,0
14	385,3	68,8	94,8	62,8	-	-	86,1	67,0

23	381,3	68,1	94,5	62,6	10,4	70,9	86,1	67,0
24	381,3	68,1	94,5	62,6	10,4	70,9	86,1	67,0
25	381,3	68,1	94,5	62,6	10,4	70,9	86,1	67,0

200 °C								
26	341,0	60,9	83,5	55,3	8,25	55,3	72,2	56,3
27	323,2	57,6	78,8	52,2	8,29	55,0	71,1	55,5
28	320,0	57,2	77,8	52,2	8,29	55,0	70,6	55,2
29	319,9	57,1	77,8	52,2	8,29	55,0	70,6	55,2
30	319,9	57,1	77,8	52,2	8,29	55,0	70,6	55,2
31	319,9	57,1	77,8	52,2	8,29	55,0	70,6	55,2

47	319,9	57,1	77,8	52,2	8,29	55,0	70,6	55,2
48	319,9	57,1	77,8	52,2	8,29	55,0	70,6	55,2

Hod.	D		T		K		H	
	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/
400 °C								
49	318,0	56,9	77,1	51,1	8,17	54,9	70,5	55,0
50	317,0	56,7	76,7	50,9	8,14	54,6	70,1	54,7
51	317,0	56,7	76,7	50,9	8,14	54,6	70,1	54,7
52	317,0	56,7	76,7	50,9	8,14	54,6	70,1	54,7
	graf č.6		graf č.7		graf č.8		graf č.9	

Tabulka XVI. Směs S

Hod.	D		T		K		H	
	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/
60 °C								
0	582,0	100,0	151,0	100,0	22,0	100,0	136,4	100,0
0,5	571,0	98,1	145,0	96,0	19,3	87,6	126,4	93,3
1,5	561,5	96,5	140,5	93,1	16,4	74,5	117,0	86,3
2	552,0	94,6	137,0	90,6	15,1	68,6	108,3	80,0
3	540,0	92,8	134,3	88,9	13,6	61,8	99,0	73,0
4	526,2	90,5	129,0	85,4	13,3	59,9	87,3	64,5
5	509,4	87,5	123,4	81,6	13,1	59,0	86,2	63,5
6	489,8	84,1	118,2	78,3	13,1	58,8	84,0	62,0
7	469,9	80,6	112,3	74,3	-	-	83,8	61,8
8	448,5	77,1	105,8	70,1	12,9	58,6	83,5	61,6
9	429,3	73,7	101,0	66,9	-	-	83,5	61,6
10	412,1	72,4	97,5	64,6	12,9	58,6	83,5	61,6
11	392,0	67,4	95,9	63,5	-	-	83,5	61,6
12	383,2	65,8	95,0	62,9	-	-	83,5	61,6
13	375,5	64,5	94,5	62,6	-	-	83,5	61,6
22	369,5	63,5	94,2	62,4	12,9	58,6	83,2	61,4
23	369,0	63,4	94,2	62,4	-	-	83,2	61,4
24	369,0	63,4	94,2	62,4	12,9	58,6	83,2	61,4

VŠST Liberec - fakulta strojní	DIPLOMOVÁ PRÁCE 1972	DP-ST940/72
Katedra technologie a nauky o materiálu		List 73

Hod.	D		T		K		H	
	∅ /g/	∅ /%/	∅ /g/	∅ /%/	∅ /g/	∅ /%/	∅ /g/	∅ /%/
200 °C								
25	336,5	57,8	84,5	55,9	11,46	52,2	72,7	53,3
26	333,5	57,3	82,0	53,3	11,36	51,6	72,3	53,0
27	333,0	57,2	81,9	53,2	11,34	51,5	72,3	53,0
28	333,0	57,2	81,9	53,2	11,33	51,4	72,3	53,0
29	333,0	57,2	81,9	53,2	11,33	51,4	72,3	53,0
30	333,0	57,2	81,9	53,2	11,33	51,4	72,3	53,0

46	333,0	57,2	81,9	53,2	11,33	51,4	72,3	53,0
47	333,0	57,2	81,9	53,2	11,33	51,4	72,3	53,0

400 °C								

48	331,0	56,9	79,6	52,8	11,20	51,0	71,6	52,7
49	330,0	56,7	79,1	52,5	11,18	50,9	71,5	52,5
50	330,0	56,7	79,1	52,5	11,18	50,9	71,5	52,5
51	330,0	56,7	79,1	52,5	11,18	50,9	71,5	52,5
	graf č.6		graf č.7		graf č.8		graf č.9	

Tabulka XVII. Směs SK2

Hod.	D		T		K		H	
	∅ /g/	∅ /%/	∅ /g/	∅ /%/	∅ /g/	∅ /%/	∅ /g/	∅ /%/
60 °C								
0	570,0	100,0	148,0	100,0	21,2	100,0	130,3	100,0
1	551,5	96,6	137,0	92,5	14,9	70,1	123,6	94,5
2	523,7	93,6	131,8	89,0	13,2	62,3	111,2	85,3
3	494,5	86,7	123,1	83,1	12,5	58,3	102,4	78,5
4	470,2	82,8	115,3	77,8	12,4	58,2	89,7	68,7
5	443,9	77,9	106,5	71,9	12,4	58,2	84,1	64,5
6	420,8	73,7	100,7	68,0	-	-	79,0	60,5
7	394,3	68,2	97,3	65,7	12,4	58,2	78,2	59,9
8	377,3	66,2	95,6	64,6	-	-	77,9	59,6
9	367,1	64,4	94,8	64,1	12,4	58,2	77,9	59,6
10	364,3	63,9	94,5	63,9	-	-	77,8	59,5

Hod.	D		T		K		H	
	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/	Ø /g/	Ø /%/
11	361,0	63,4	94,5	63,9	-	-	72,7	59,4
12	359,8	63,1	94,5	63,9	-	-	77,5	59,3
21	359,0	63,0	94,1	63,6	12,3	58,0	77,2	59,1
22	358,7	62,9	94,1	63,6	-	-	77,0	59,0
23	358,7	62,9	94,1	63,6	12,3	58,0	77,0	59,0
200 °C								
24	330,0	57,9	84,0	56,7	11,18	52,7	69,1	53,0
25	322,0	56,5	82,8	56,0	11,14	52,5	68,3	52,3
26	321,9	56,4	82,7	55,9	11,14	52,5	68,3	52,3
27	321,9	56,4	82,5	55,7	11,14	52,5	68,3	52,3
28	321,9	56,4	82,5	55,7	11,14	52,5	68,3	52,3
29	321,9	56,4	82,5	55,7	11,14	52,5	68,3	52,3
45	321,9	56,4	82,5	55,7	11,14	52,5	68,3	52,3
46	321,9	56,4	82,5	55,7	11,14	52,5	68,3	52,3
400 °C								
47	320,0	56,3	82,1	55,5	11,08	52,3	67,8	52,1
48	319,5	56,2	82,0	55,4	11,05	52,2	67,7	52,0
49	319,5	56,2	82,0	55,4	11,05	52,2	67,7	52,0
50	319,5	56,2	82,0	55,4	11,05	52,2	67,7	52,0
graf č.6		graf č.7		graf č.8		graf č.9		

Naměřené hodnoty ohybové pevnosti měřené na destičkách typu K a hranolech (ozn. H) a hodnoty prodyšnosti naměřené na destičkách typu K jsou uvedeny v tabulce XVIII.

Tabulka XVIII. Materiálové hodnoty naměřené v průběhu žíhacího cyklu

Destička	č. měř.	F /kp/	σ /kp/cm ² /	t/min/	P/n.j.p./	Trámeček /hranol/	F/kp/	σ /kp/cm ² /
A1 60 °C	1	1,50	18,0	27,0	0,0926	A1	5,7	11,4
	2	1,55	18,6	25,6	0,0977		6,0	12,0
	3	1,60	19,2	27,9	0,0896		5,6	11,2
			\emptyset 18,6		\emptyset 0,0933			\emptyset 11,5
S1 60 °C	1	1,180	14,15	13,9	0,180	S1	3,6	7,2
	2	1,20	14,40	14,8	0,169		3,5	7,0
	3	1,10	13,20	14,4	0,173		3,3	6,6
			\emptyset 13,91		\emptyset 0,174			\emptyset 6,8
SK2-1 60 °C	1	0,96	11,5	13,6	0,184	SK2-1	2,8	5,6
	2	1,00	12,0	14,8	0,169		2,8	5,6
	3	0,95	11,4	15,2	0,164		2,7	5,4
			\emptyset 11,6		\emptyset 0,172			\emptyset 5,5
A2 200 °C	1	0,56	6,72	21,0	0,119	A2	7,4	14,8
	2	0,61	7,32	21,6	0,115		8,3	16,6
	3	0,62	7,44	20,0	0,125		7,5	15,8
			\emptyset 7,12		\emptyset 0,119			\emptyset 15,3
S2 200 °C	1	0,30	3,60	14,0	0,178	S2	1,2	2,4
	2	0,26	3,12	14,4	0,173		1,1	2,2
	3	0,31	3,62	13,2	0,189		1,3	2,6
			\emptyset 3,44		\emptyset 0,180			\emptyset 2,4
SK2-2 200 °C	1	0,250	3,00	11,2	0,223	SK2-2	1,5	3,0
	2	0,245	2,94	10,8	0,231		1,7	3,4
	3	0,250	3,00	12,4	0,202		1,6	3,2
			\emptyset 2,98		\emptyset 0,218			\emptyset 3,2

8. Vyhodnocení zkoušek vlastností sádry a sádrových formovacích směsí

8.1 Pevnost v ohybu

Výsledky zkoušek pevnosti v ohybu jsou zaznamenány v čl. 5.1.1 (tabulka I a II). Pro destičky typu K (25x5x120 mm) a v čl. 5.1.2 (tab. III) a IV) pro hranoly 22,4x22,4x170 mm. Maximální hodnoty pevnosti v ohybu byly naměřeny u vzorků jednu hodinu po odlití (zpracování X.). Po tepelném zpracování pevnost v ohybu poklesla. Maximální pokles byl při zkoušce na destičkách naměřen u vzorku ze směsi V (53 %) a VK2 (49,5 %). Minimální pokles byl zjištěn u vzorků ze stavební sádry (11 %), směsi S (20,5 %) a směsi BS (20,6 %). U zkoušky na hranolech byly tyto poměry: maximální pokles u stavební sádry (72,1 %), alabastrové sádry a směsi VK2 (56,5 %). U alabastrové sádry činil pokles 64,4 %. Minimální pokles byl zaznamenán u směsi SK2 (35,7 %) a V (45,5 %). U směsí z kamence, které byly zkoušeny při zkoušce na destičkách, bylo snížení pevnosti v ohybu zvláště výrazné. U alabastrové sádry a směsí S, SK2 a VK2 činil úbytek více než 50 % a u ostatních materiálu byl větší než 38 %. Tento pokles byl důvodem, pro který jsme směsi s kamencem nadále přestali používat.

Při porovnání obou typů zkoušek jsou patrné určité rozdíly jak v absolutních hodnotách pevnosti v ohybu, tak v hodnotách jejího poklesu. Domnívám se, že tyto rozdíly jsou způsobeny celým komplexem příčin, které mají svůj počátek v samotném procesu přípravy vzorků. Základní podmínkou kvalitního vzorku je jeho homogenita. Tato je určována stejnorodostí a stejnoměrnou hustotou sádrové kaše, která je dána rozmícháním práškové sádry ve vodě. Pro do-

konalé promísení a vytvoření stejnoměrné hustoty sádrové kaše, je třeba určitá doba. Další časový úsek potřebujeme na odlití kaše do formy. Je-li však čas na rozmíchání a odlití menší než doba počátku tuhnutí sádrové kaše, kaše houstne již při lití a špatně vyplňuje formu. Urychlení procesu rozmíchání a odlití sádrové kaše lze uskutečnit zvýšením rychlosti míchání. Bylo však zjištěno, že i rychlost míchání má vliv na vlastnosti vzorků, nehledě k tomu, že při příliš rychlém míchání vznikají bublinky vzduchu, které se ze sádrové kaše velmi obtížně odstraňují. Jiným vlivem, který zde určitě hraje značnou roli, je složení sádry používané pro přípravu směsí. Při zkouškách na KTM bylo zjištěno, že se složením od sebe liší nejen sádra pocházející od různých výrobců, ale v některých případech též i sádra z různých dodávek téhož výrobce. Zvláště velké rozdíly v tomto směru byly zjištěny ze sádry stavební. Proto byla při zkouškách dáвана přednost směsem na základě alabastrové sádry.

Druhy sádry používané pro přípravu směsí na KTM:

- 1) Čistá alabastrová sádra - Modellgips MG 11, výrobce Gipswerke Stadtoldendorf, DDR
- 2) Stavební sádra - výrobce SCSD n.p. Ostrava, závod Kobeřice u Opavy

8.2 Pevnost v tlaku

Výsledky zkoušek pevnosti v tlaku prováděných na válečcích $\varnothing 50 \times 50$ mm jsou uvedeny v čl. 5.2 (tab. V a VI). Maximální hodnoty pevnosti v tlaku dosahuje alabastrová sádra, za ní následuje sádra stavební a směs S. Mezi nimi je však značný rozdíl: pevnost sádry alabastrové je 1,62x větší než

pevnost sádry stavební a 2,19x větší než pevnost směsi S. Rovněž pevnost v tlaku vyžiháním klesá. Maximální pokles byl zaznamenán u alabastrové sádry (71,4 %) a u směsi V (69,4 %). Minimální pokles má sádra stavební (22,4 %). Úbytky pevnosti v tlaku u směsí S, SK2 a VK2 se nalézají v intervalu 44 - 63 %. Lze však říci, že i přes tyto značné úbytky, dosahují pevnosti uvedených směsí i po vyžihání přijatelných hodnot.

8.3 Prodyšnost sádrových směsí

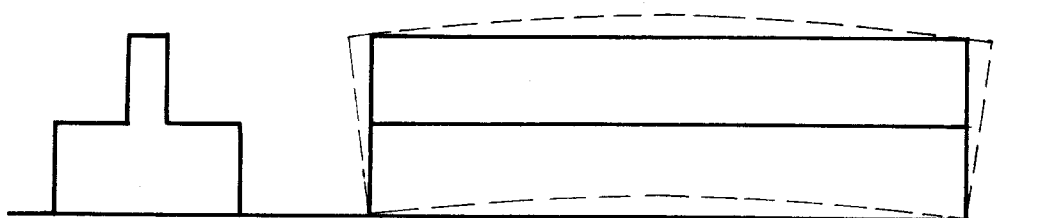
Výsledky zkoušek prodyšnosti sádrových směsí jsou uvedeny v čl. 5.3.1 (tab. VII a VIII) pro destičky typu K (25x5x120 mm) a v čl. 5.3.2 (tab. IX) pro válečky \varnothing 50x50 mm. Minimální hodnoty prodyšnosti byly naměřeny u vzorku 1 hodinu po odlití. V průměru činí hodnoty prodyšnosti při zkoušce na destičkách 0,0306 n.j.p. Zkouška na válečkách \varnothing 50x50 mm nebyla v tomto případě prováděna neboť byla velice zdlouhavá. Časy při ní měřené byly řádově několik hodin. Vyžiháním prodyšnost sádry značně stoupá. Při zkouškách na destičkách byly zjištěny maximální hodnoty u stavební sádry (0,444 n.j.p.) a u směsi SK2 (0,345 n.j.p.). Minimálních hodnot dosahuje alabastrová sádra (0,183 n.j.p.) a směs V (0,334 n.j.p.). Vzestup prodyšnosti po žihání je maximální u stavební sádry (14x) a u směsi SK2 (12,24x). Nejmenší vzestup byl zaznamenán u alabastrové sádry (6,05x). Po dříve uvedeném vyloučení stavební sádry lze tedy říci, že směs SK2 je z hlediska prodyšnosti nejvýhodnější.

Porovnáme-li zkoušku na destičkách a zkoušku na válečkách, vidíme určitý rozdíl v naměřených hodnotách. Toto kolísání je snad možné vysvětlit rozdílným uspořádáním obou zkoušek.

U zkoušek na destičkách máme čidlo o malé stykové ploše. Na toto čidlo je vzorek přitlačován dotykem prostřednictvím silné pružiny. Obě plochy jak čidla tak dotyku jsou opatřeny pryžovým těsněním, proud vzduchu vzorkem je navíc usměrňován proudem vzduchu z mezikruží čidla. Naproti tomu při zkoušce na válečcích používáme těsnění ve formě pryžové manžety obepínající obvod válečku. Do této manžety se pod tlakem vhání vzduch. Mám za to, že toto těsnění není tak dokonalé jako v předešlém případě. Na obvodě vzorku se mohou vyskytnout nerovnosti, manžeta nemusí dokonale přilehnout a na velké ploše, kterou utěsňuje se snáze najdou netěsnosti než na malé ploše pryžového dotyku. Rovněž není zcela prokázáno, zda pryžová manžeta ve spojení s běžným cyklistickým ventilkem udrží konstantní tlak vzduchu po dobu zkoušky, která je značná. Zde by též mohl být důvod eventuální netěsnosti. Z těchto důvodů, především vzhledem k dlouhé době, bych doporučoval používat pro stanovení prodyšnosti sádrových směsí metodu, při které se jako zkušební vzorek používá zlomků, destiček 25x5x120 mm.

8.4 Deformace a praskavost

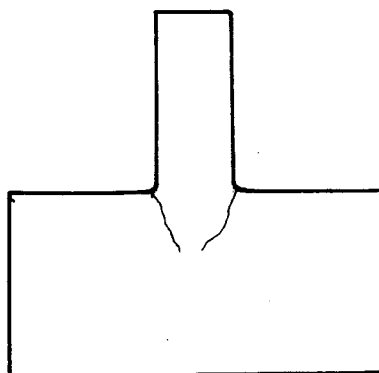
U všech vzorků bylo zjištěno prohnutí tohoto typu:



Maximum průhybové čáry leží téměř u všech směsí zhruba uprostřed. Největší průhyb byl naměřen u vzorků z čisté stavební sádry, nejmenší u alaba-

strové sádry a směsi S. O něco vyšší průhyb mají směsi SK2 a V. Hodnoty průhybu těchto směsí si vcelku dobře odpovídají. Nerovnoměrnosti (u V čára 3 a 3', u SK2 čára 1 a 1') jsou podle mého názoru způsobeny různými vlastnostmi alabastrové sádry použité při přípravě směsí. Vzorky, jejichž čáry se takto více liší, byly připravovány později než vzorky ostatní. Je tedy možné, že vlastnosti sádry se změnilы vlivem skladování nebo šlo o zcela jinou dodávku sádry než byla původní.

Při porovnání hodnot průhybu naměřených v místech x a x' bylo zjištěno, že horní tenká část vzorku se prohnula méně než spodní silná část. Znamená to, že v přechodu mezi silnou a slabou částí musí vznikat tahové vnitřní pnutí. Toto pnutí může dosahovat až takových hodnot, že se vzorek rozruší. Typickým projevem tahového pnutí na přechodu stěn jsou trhliny naznačené na obr. 19.

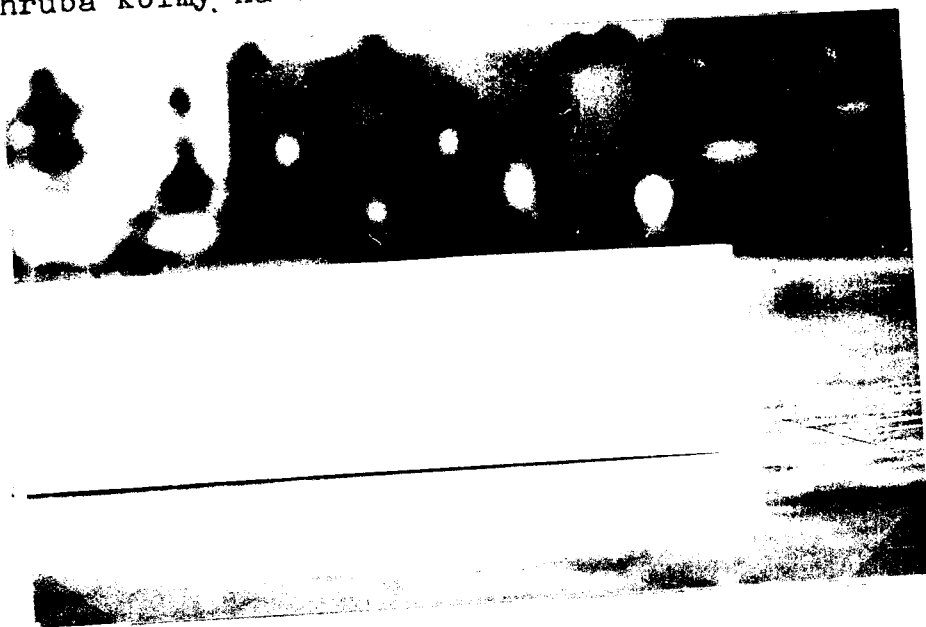


Obr. 19

Porušení odlitku vlivem tahových deformací

Vznik trhlin na některých vzorcích tak jak byl zaznamenán na našich vzorcích zpracovaných stejným způsobem znamená, že některé druhy směsí mají zvětšenou náchylnost^k praskání, jsou křehčí a jejich elasticita je malá. Zvláště výrazný je vznik trhlin u čisté alabastrové sádry - zde se tvoří dobře viditelné praskliny, které postupují po délce vzorku. Mnohem méně choulostivé jsou v tomto směru směsi, zvláště směsi s přísadou křemenné moučky. Zatímco u alabastrové sádry byly trhliny takřka pravidlem, u směsi S byly ojedinelé a u směsi SK2 nebyly pouhým okem viditelné trhliny vůbec zjištěny.

Jiným druhem trhlin, které vznikají při tepelném zpracování vzorků ze sádrových směsí byly trhliny ve slabší části vzorku, jejichž směr je zhruba kolmý na základnu vzorku.



Obr. 20

Porušení vzorku vlivem tahového napětí ve svislé části

Tyto trhliny vznikaly vlivem tahového pnutí ve stojině vzorku při ohýbání. Rovněž tyto trhliny se v hojné míře vyskytovaly u alabastrové sádry, u směsí pak celkem výjimečně.

Oba druhy trhlin výše uvedené jsou charakteristické tím, že vznikají při ohřevu (zvláště při rychlém ohřevu) podobně jako odpadávání hran podrobně popsané v čl. 6.1. Typickou vadou, která vzniká při rychlém ochlazení vzorku jsou mapovité prasklinky vznikající nahodile po celém povrchu vzorku. Tyto prasklinky výrazně snižují mechanické vlastnosti formy. Při našich pokusech jsme chtěli ověřit vznik těchto prasklin, a proto jsme vzorek vyžíhaný při teplotě 500 °C vyňali z pece a nechali chladnout na vzduchu. Během několika málo vteřin se za slyšitelného praskání pokryl sítí trhlinek, jejichž tvorbu jsme mohli dobře sledovat a jimiž byl vzorek naprosto znehodnocen. Tyto praskliny vznikají u všech sáder a směsí bez rozdílu.

Souhrně lze o tepelném zpracování forem ze sádrových směsí říci asi toto: Žíhání vzorku ze sádrových směsí je doprovázeno deformacemi, které jsou závislé na velikosti a rychlosti ohřevu. Podle mých měření je kritická rychlost ohřevu asi 5 °C/min., potom vznikají trhliny a odpadávají hrany u vzorků předem již sušených. U vzorků čerstvých (vlhkých) tyto poměry neplatí, jak bylo rozvedeno v čl. 6.1. Zvláště nebezpečné pro sádrové směsi je rychlé ochlazení, při němž vzhikají mapovité prasklinky. Pro tepelné zpracování forem a jader ze sádrových směsí nám tedy vycházejí tyto zásady:

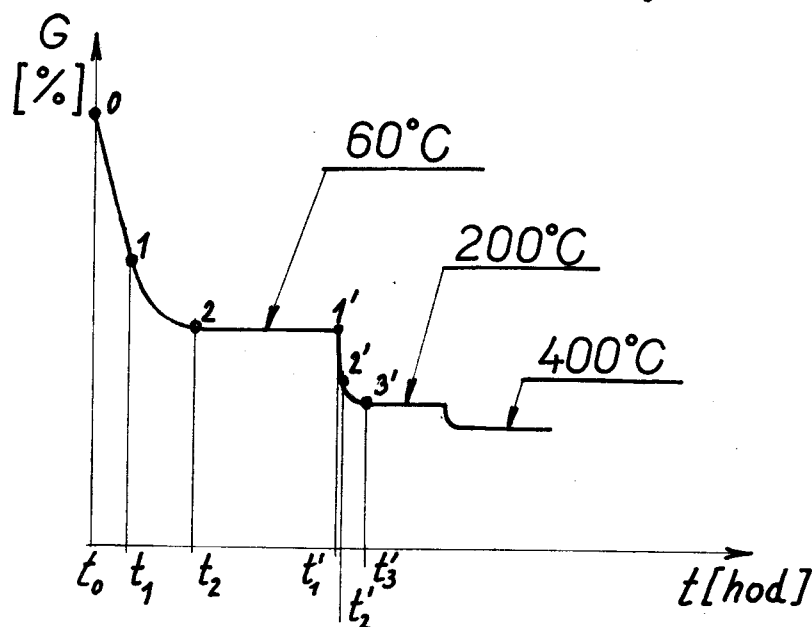
- 1) Pomalý ohřev s rychlostí ohřevu menší než 5 °C/min.
- 2) Výdrž na teplotě zpracování bez velkých výkyvů.

3) Pomalé ochlazování v chladnoucí peci na normální teplotu.

Jsem přesvědčen, že při dodržení těchto zásad budou deformace forem minimální a k porušení celistvosti přitom nedojde.

8.5 Žíhací cykly

Účelem našich zkoušek bylo stanovit optimální doby tepelného zpracování sádrových forem v jednotlivých oblastech žíhacího cyklu Y.



Obr. 21

Průběh vysušování sádrové formy v průběhu žíhacího cyklu Y.

Graf závislosti ubývající váhy vzorku na čase můžeme rozdělit do tří částí:

- 1) Část 0 - 1: oblast velké rychlosti vysušování
- 2) Část 1 - 2: rychlost ubývání se snižuje
- 3) Část 2 - 1': váha je již konstantní - za dané teploty se již více vody neodpaří

Analogicky můžeme rozdělit i další části diagramu, které platí pro vyšší teploty.

Z průběhu křivek (graf č. 6-9) je zřejmé, že sušením na teplotu 60°C po dobu $(t_2 - t_0)$ se dosáhne maximálního úbytku vody při této teplotě. Protože od doby t_2 je úbytek vody již nulový, nemá smysl již dále setrvávat na této teplotě a lze přepnout na další teplotu žíhacího cyklu (200°C). Přestane-li váha ubývat, přepneme na 400°C .

Oblast 60°C

V této oblasti nastává u všech směsí a vzorků značný úbytek vody z celkového množství, které vzorek obsahoval. Absolutní hodnoty úbytku jsou u různých směsí různé. Obecně lze říci, že nejmenší úbytek má alabastrová sádra. Největší úbytek má obvykle směs SK2. Rovněž doba, po které přestane váha ubývat, se u jednotlivých směsí liší. Maximální čas byl naměřen u alabastrové sádry, v případě vzorku pro praskavost byl stejný čas naměřen i u směsi SK2. Z hlediska zkušebních vzorků vypadá situace následovně: Úbytky vody se nalézají v intervalu 29 - 41 %. Nejrychleji přitom klesá váha u destiček, nejpomaleji u vzorků Q (kvádr $40 \times 115 \times 175$ mm) - tabulka XIX (graf č. 10), které byly do programu měření zařazeny dodatečně.

Oblast 200°C

Úbytek vody v této oblasti je menší než v oblasti 60°C . Počáteční úseky křivek jsou již velmi strmé - rychlost odpařování vody je značná. K dosažení nulového úbytku váhy vzorku je v této oblasti třeba zhruba 3-6x menší doba než v oblasti 60°C . Doby během, nichž se přestane váha vzorku zmenšovat, jsou v této oblasti takřka vyrovnány, rovněž celko-

Tabulka XIX. Hodnoty váhy v průběhu žíhacího cyklu na zkušebních vzorcích 40x115x175 mm (ozn. Q) - graf č. 10

Směs hod.	A		S		SK2		Teplota
	g	%	g	%	g	%	
0	1213	100,0	1205	100,0	1191	100,0	60 °C
1	1195	98,4	1189	98,5	1177	98,6	
2	1169	96,1	1167	96,5	1155	96,0	
3	1142	94,0	1138	93,3	1127	94,5	
7	1040	85,5	1035	85,8	1027	86,0	
17	843	69,5	812	67,3	806	67,6	
18	837	68,9	804	66,6	787	66,0	
19	831	68,5	789	65,5	779	65,4	
20	826	68,0	783	65,0	772	64,8	
21	823	67,8	779	64,6	766	64,3	
22	821	67,7	777	64,5	763	64,0	
23	819	67,5	776,5	64,5	761	63,8	
24	818,5	67,5	776	64,4	761	63,8	
25	818,5	67,5	776	64,4	761	63,8	
26	726	60,3	757	62,4	715	60,0	
27	697	57,9	717	58,0	686	57,6	
28	690	57,3	687	56,5	676	56,6	
29	686	57,0	679	55,9	675	56,5	
32	686	57,0	676	55,6	674,5	56,5	
41	686	57,0	676	55,6	674,5	56,5	
42	684	56,6	674	55,5	671	56,3	400 °C
43	683	56,5	672	55,3	671	56,3	
44	683	56,5	672	55,3	671	56,3	
45	683	56,5	672	55,3	671	56,3	

vé váhy vzorku z různých směsí se sobě dosti přibližují.

Oblast 400 °C

V této oblasti jsou úbytky vody již velmi malé. Jejich velikost je řádově desetiny procenta. Rovněž doby vyrovnání váhy se zde zkracují. Tyto doby však nemohly být přesně zjištěny neboť interval jedné hodiny mezi jednotlivými měřeními se ukázal jako příliš velký. U většiny vzorků došlo k vyrovnání váhy po jedné hodině působení teploty 400 °C. Pro dobré proměření úbytků váhy a potřebných časů by bylo potřeba provádět měření častěji. Zde však narážíme na potíže při manipulaci se vzorky. Vzhledem k přesnému měření je třeba zacházet se vzorky velmi opatrně, aby nedošlo k nežádoucímu otěru, jímž by byly váhové poměry zkresleny. Otěr zde může být způsoben velmi snadno, neboť vyžíhaná sádra je poměrně křehká. Navíc zde přistupuje praskání vzorků vlivem rychlého ochlazení při vážení - známé odpadávání hran. Na závalu častějšího měření je též značný únik tepla při otvírání pece. Proto je potřeba po vytažení vzorku zavřít a po zvažení znovu otevřít pro vložení vzorku a vytažení nového. Z tohoto důvodu si toto měření vyžaduje součinnosti dvou osob. Podle mého názoru by tuto situaci mohlo vyřešit kontinuální sledování váhy vzorku při žíhání. Toto měření však je náročné na použité zařízení a uspořádání a v našich podmínkách je nebylo možno realizovat.

Jak ukazují výsledky našich pokusů, je vysušování závislé na objemu vzorku - tedy objemu vody, kterou obsahuje a dále na ploše povrchu vzorku, kterou vlhkost odchází. Uspořádáním hod-

not času, za který dojde k vysušení vzorku v závislosti na objemu, získáme určité závislosti, které nám eventuálně mohou umožnit stanovení potřebné doby tepelného zpracování / tab. XX - graf č. 11 - $T_u = f(V)$ /. Obdobnou závislost můžeme stanovit tak, že hodnoty času vyneseme v závislosti na parametru S/V , čímž do této závislosti zavedeme vliv povrchu vzorku / tab. XI - graf č. 12 - $T_u = f(S/V)$ /. Grafy, které jsme takto sestavili nejsou pochopitelně přesné neboť nemáme dostatečný počet bodů pro přesné určení křivek času. Mám však za to, že při podrobném proměření uvedených závislostí lze dojít k použitelným výsledkům. Je možné např. uvažovat o sestrojení nomogramu, který by sloučil oba grafy, takže pro určitý druh směsi a určitou teplotu sušení by bylo možno odečíst přímo optimální dobu sušení. Při našich pokusech nebylo možno jít natolik do hloubky, takže výsledky, které zde uvádím jsou pouze určitým základem, z něhož by bylo možno vycházet při dalším výzkumu.

Tabulka XX - graf č. 11 - $T_u = f(V)$

t /°C/	Vzorek	K	H	T	D	Q
	V/cm ³ /					
	Směs	15	85	98,1	375	805
60°C	A	7	10	12	14	23
	S	6	8	13	14	22
	SK2	4	8	10	12	23
200°C	A	2	3	2	3	4
	S	2	2	3	2	6
	SK2	2	2	3	3	4

Tabulka XXI - graf č. 12 - $T_u = f(S/V)$

t /°C/	Vzorek	Q	T	D	H	K
		S/V				
	Směs	0,788	1,2	1,412	1,91	4,96
60	A	23	12	14	10	7
	S	22	13	14	8	6
	SK2	23	10	12	8	4
200	A	4	2	3	3	2
	S	6	3	2	2	2
	SK2	4	3	3	2	2

9. Komplexní zhodnocení výsledků zkoušek a měření

Účelem našich zkoušek a měření bylo stanovit optimální metodiku zkoušek mechanických vlastností sádrových formovacích směsí. Dalším úkolem bylo navrhnout vzorek pro měření deformací, proměřit deformace a stanovit optimální žíhací cyklus.

Z výsledků mechanických zkoušek sádrových směsí je zřejmá vcelku dobrá shoda ve výsledcích zkoušek ohybové pevnosti prováděných na destičkách 25x5x120 mm a hranolech 22,4x22,4x170 mm. Rovněž při zkouškách prodyšnosti existuje shoda mezi výsledky zkoušky prováděné na destičkách a výsledky zkoušky na válečcích \varnothing 50x50 mm. Znamená to tedy, že zkoušku na destičkách lze v obou těchto případech s úspěchem použít. Z hlediska spotřeby materiálu pak lze říci toto: Při váze destičky 20 g a váze hranolku 130 g ušetříme na 1 vzorku 110 g směsi, což představuje úsporu asi 84 %, popř. 87 % při srovnání váhy válečku \varnothing 50x50 mm (150 g) a des-

tičky 25x5x120 mm (20 g). Převedeno na Kčs náhraha ohybových hranolů destičkami přináší úsporu 0,1 Kčs /1 zkušební vzorek (0,117 Kčs/1 zkušební vzorek) u alabastrové sádry popř. 0,077 Kčs/1 zkušební vzorek (0,091 Kčs/1 zkušební vzorek) u sádry stavební.

Tepelné zpracování výrobků ze sádrových směsí je časově náročná záležitost. To ovšem znamená značné ztráty elektrické energie potřebné k vytápění sušících a žíhacích pecí. Je proto snaha dosáhnout optimálních hodnot, tedy prakticky co nejkratších časů. V naší práci jsme se zabývali úpravou žíhacího cyklu Y., který byl navržen empiricky. Stanovili jsme žíhací cykly pro všechny druhy vzorků tak, jak jsou uvedeny v tabulce XX a XXI. Na základě těchto cyklů jsme pak navrhli diagramy - graf č. 11 a 12, z nichž je možno pro danou směs, teplotu a dané parametry vzorku stanovit optimální dobu žíhání.

Při zkouškách deformací sádrových směsí jsme sledovali vliv složení směsi na deformace při tepelném zpracování Y. Při porovnání výsledků těchto zkoušek a zkoušek mechanických vlastností jsme dospěli k názoru, že nejvhodnější pro výrobu forem je směs SK2. Určitým potvrzením našeho názoru může být ta skutečnost, že směs SK2 byla již na KTM s úspěchem použita pro odlévání tenkostěnných odlitků ze slitin hliníku.

10. Závěr

Zkoušky popsané v této práci, ačkoliv jsme se snažili je provádět co nejpřesněji, svým rozsahem zdaleka nepostihují problematiku uvedených vlastností sádrových formovacích směsí do všech podrobností. Bude třeba ještě dalších zkoušek k tomu, aby

zde uvedené závěry mohly být postaveny s konečnou platností.

V naší práci jsme prostudovali vlastnosti celkem pěti druhů sádrových formovacích směsí a dvou druhů čisté sádry. Postupně jsme pak prováděli výběr směsí podle jejich vlastností. U všech těchto směsí bylo zjištěno, že mechanické vlastnosti značně závisí na tepelném zpracování. Z hlediska deformací forem a porušení jejich povrchu byla u sádrových směsí zjištěna značná citlivost na změny teploty. Zvláště rychlé ochlazení se projevuje velmi nepříznivě. Tato skutečnost je zvláště důležitá při aplikaci žíhacích cyklů. V oblasti žíhacích cyklů jsme dospěli ke stanovení cyklů tepelného zpracování pro všechny námi používané vzorky, jakož i závislostí, jichž bude možno použít jako podkladu v dalším výzkumu této problematiky.

Závěrem bych chtěl touto cestou poděkovat s. Prof. Ing. B. Odstrčilovi za odborné vedení diplomové práce, s. Ing. P. Simonovi za praktickou pomoc při řešení a s. Ing. F. Beranovi a s. Ing. J. Bachtíkovi za ochotu při poskytnutí podkladů a srovnávacích materiálů.

V Liberci 30. června 1972

.....
Jaromír Krapáč

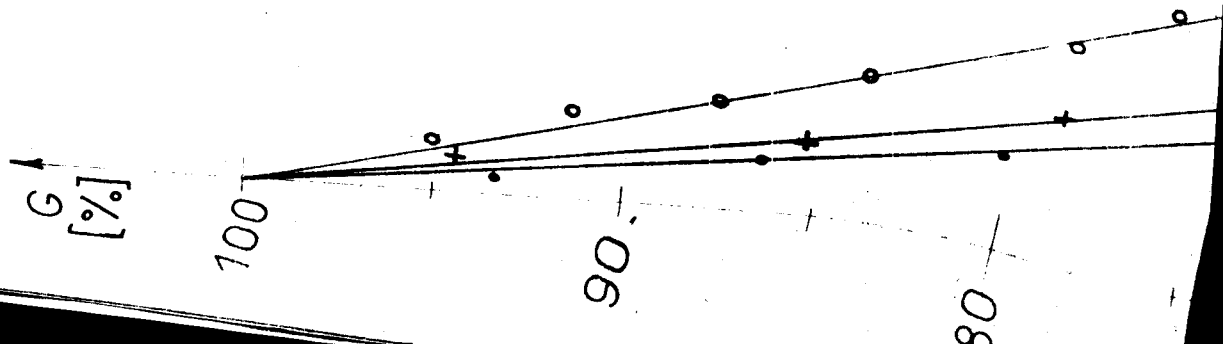
VŠST Liberec - fakulta strojní	DIPLOMOVÁ PRÁCE 1972	DP-ST940/72
Katedra technologie a nauky o materiálu		List 91

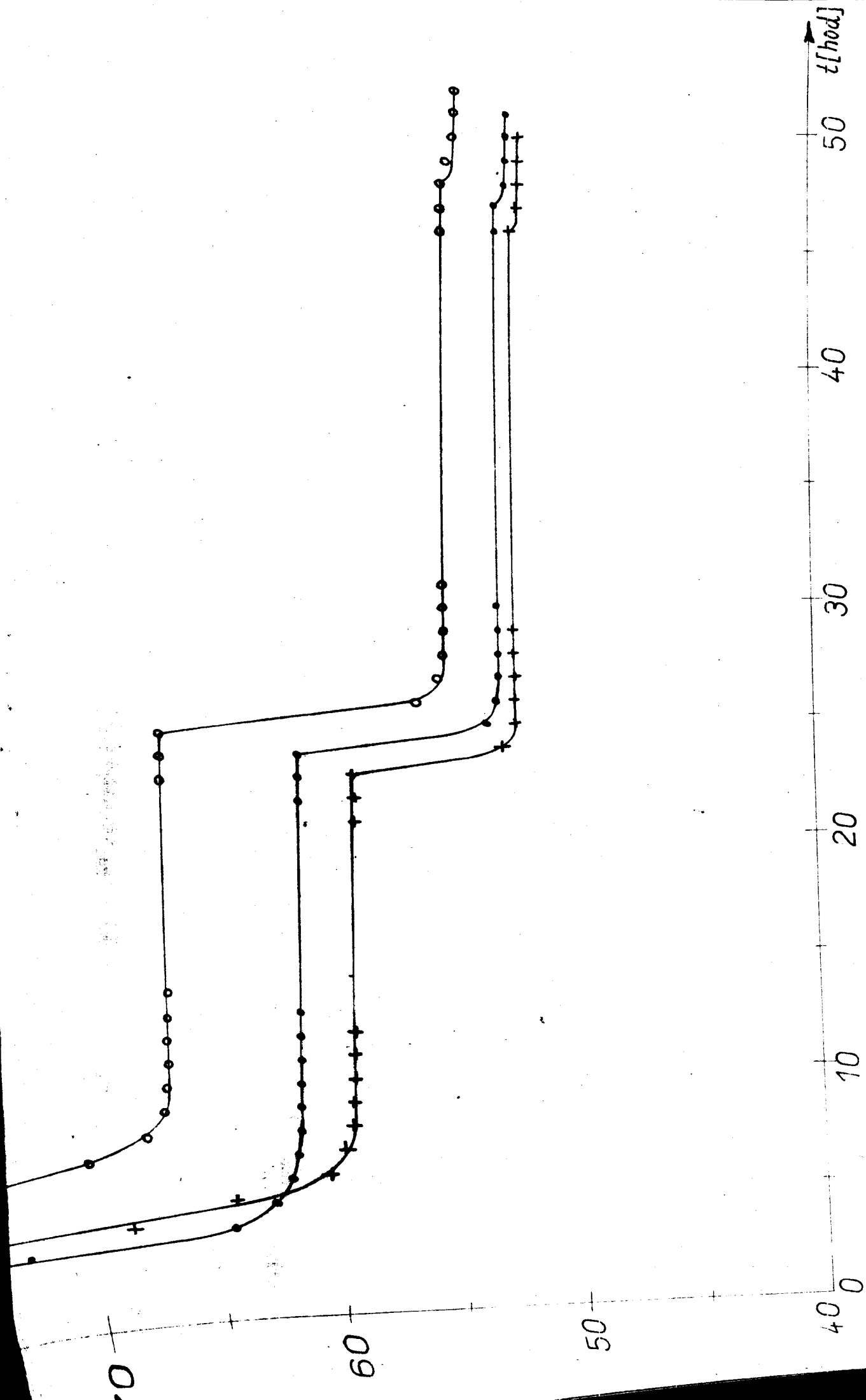
11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- /1/ Harmáček, J.: Stavební hmoty I, Praha 1954
- /2/ Galevič; Příručka pro laboratorní cvičení v keramice
- /3/ Petržela, L.: Slévárenské formovací látky, SNTL Praha 1955
- /4/ Baradjan'janc, V.: Gipsovaja osnastka dlja točnogo lit'ja. Moskva 1963
- /5/ Mikulík, L.: Diplomová práce DP-ST-852/70
- /6/ Šubrt, B.: Diplomová práce DP-ST-728/69
- /7/ Dědek, J.: Diplomová práce DP-ST-885/71
- /8/ Čabelka, J.: Mechanické technológie, SAV Bratislava 1967
- /9/ Bradáč: Diplomová práce DP-ST-714/69
- /10/ ČSN 72 2110 Fyzikální a mechanické zkoušky cementu
- /11/ ČSN 72 2301 Stavební sádra rychle tuhnoucí
- /12/ Metals Handbook - Forging and Casting, Eight Edition, American Society for Metals

GRAF Č.9

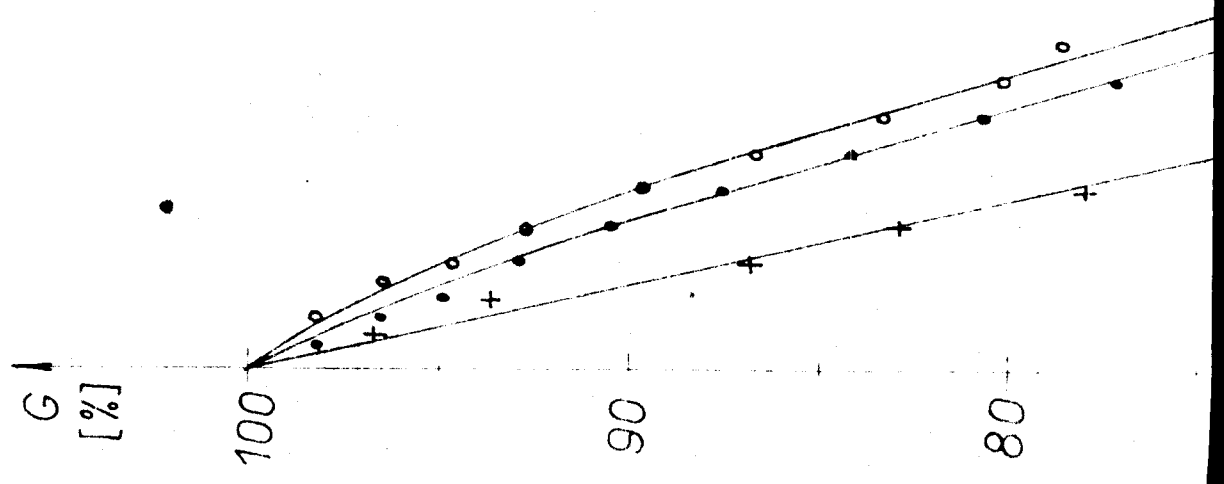
○ A
● S
+ SK2

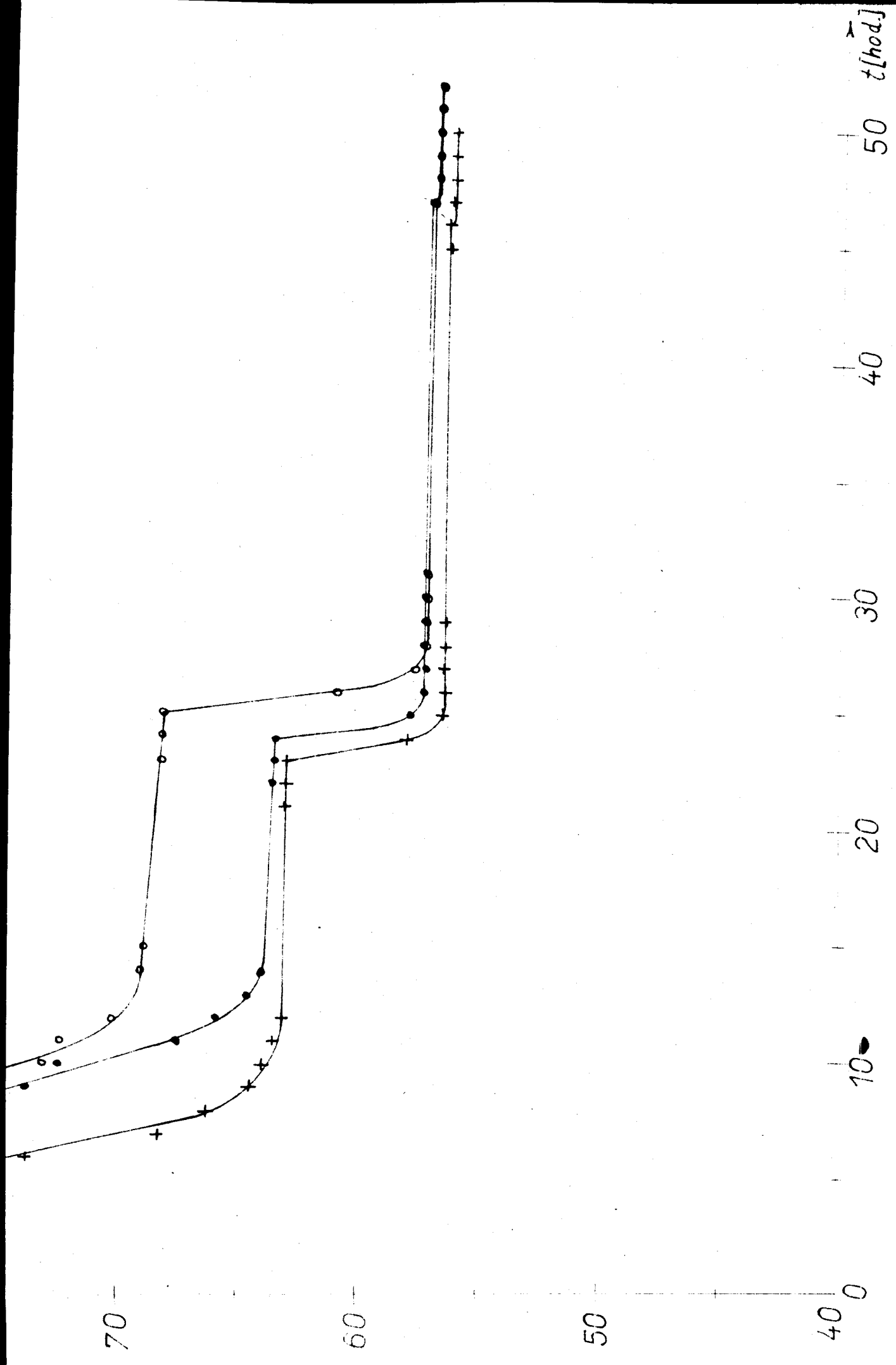




GRAF Č.6

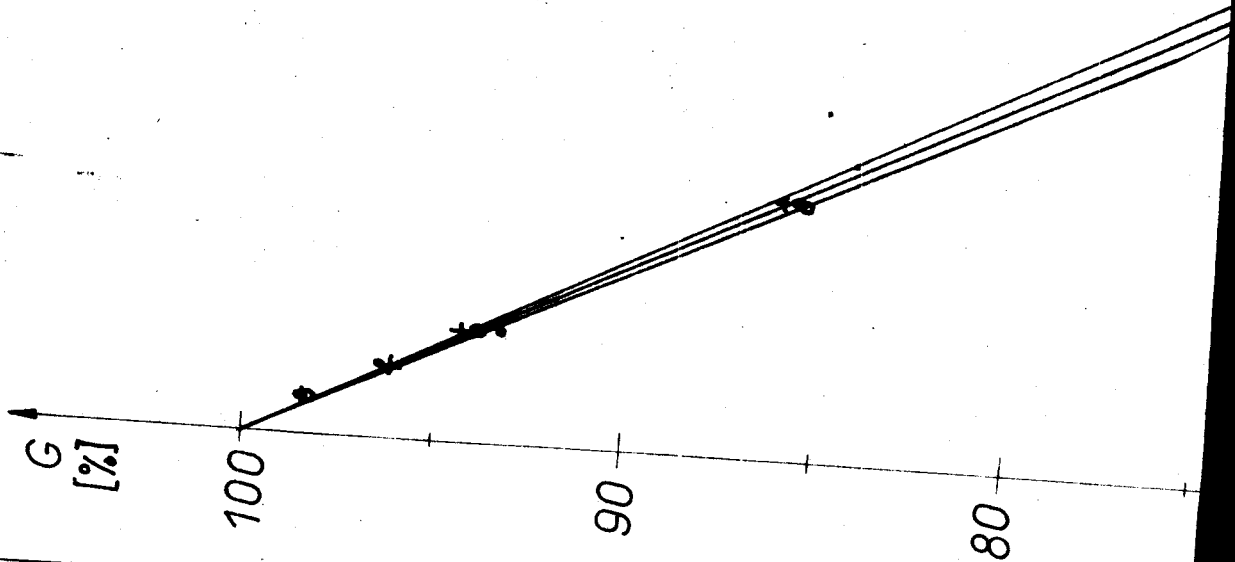
- A
- S
- + SK2

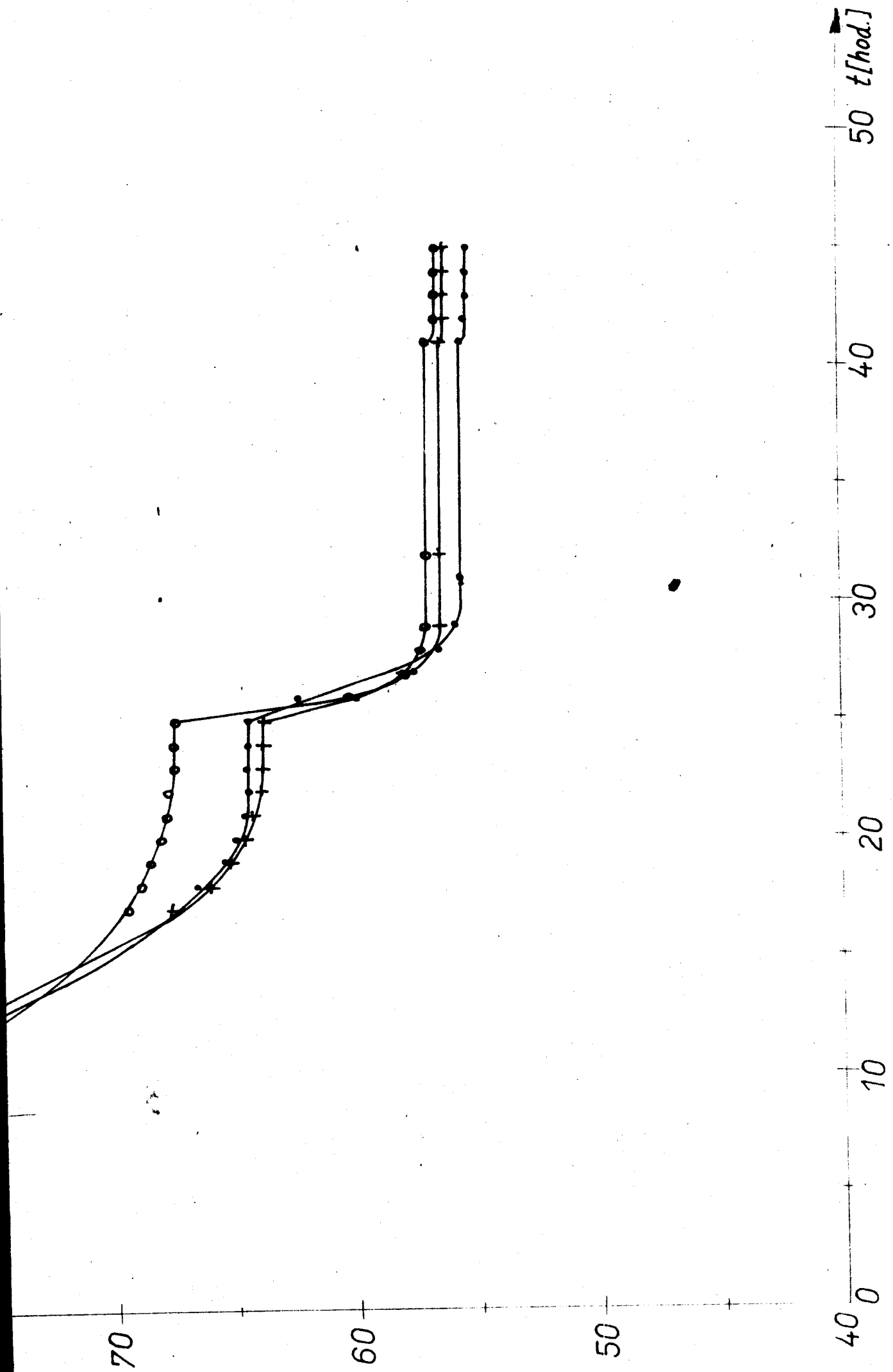


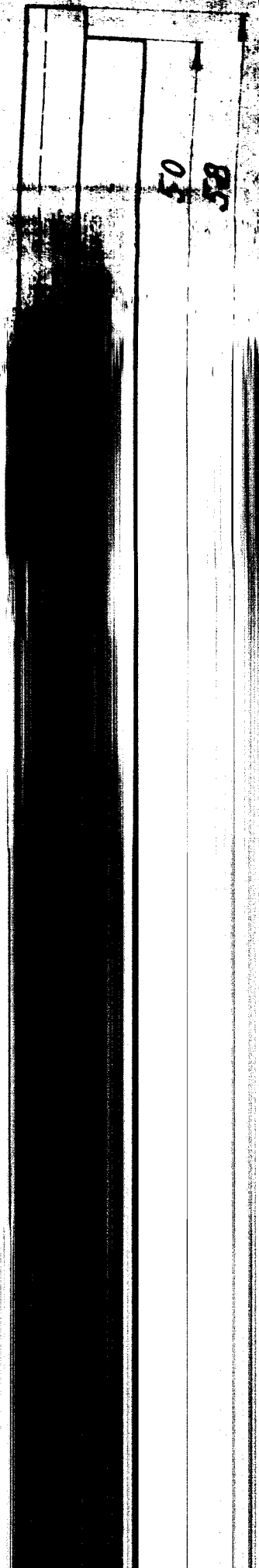
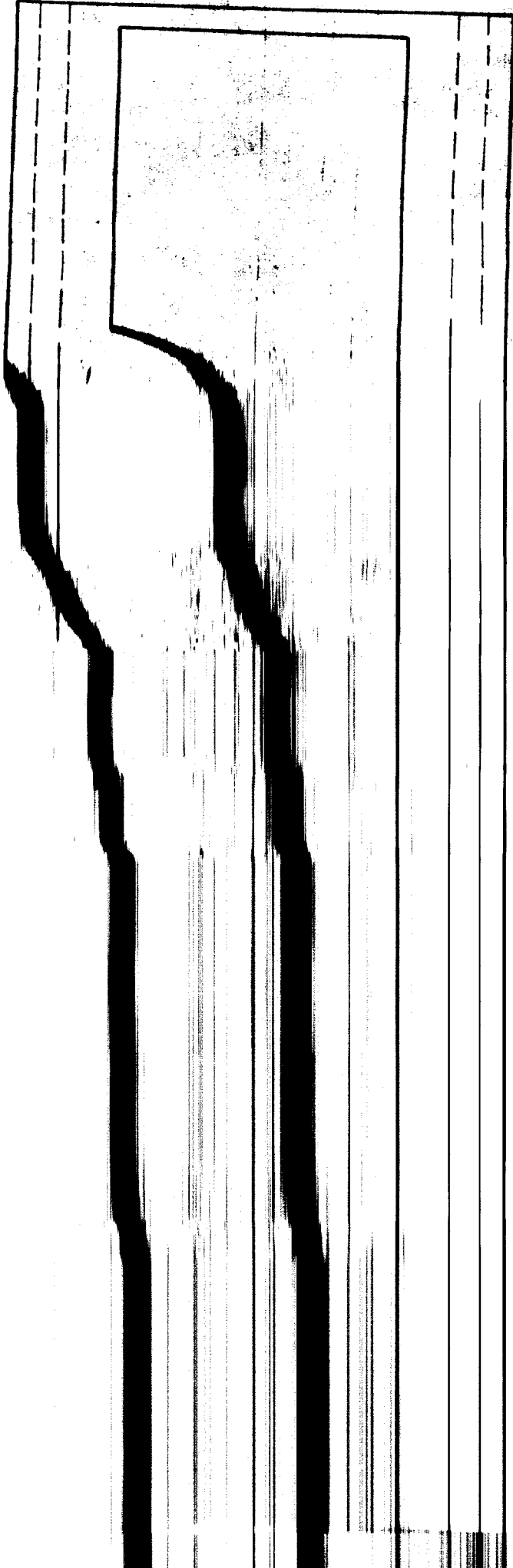


GRAF Č.10

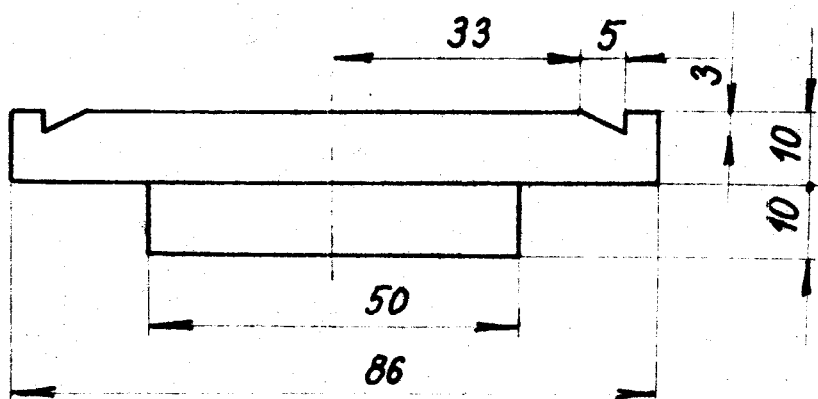
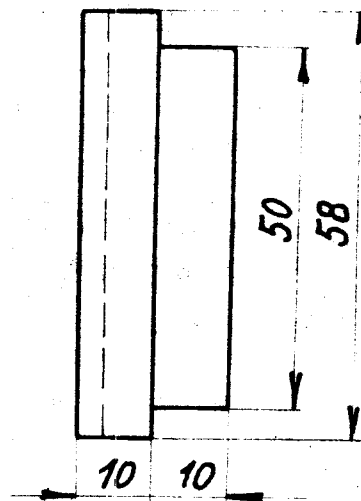
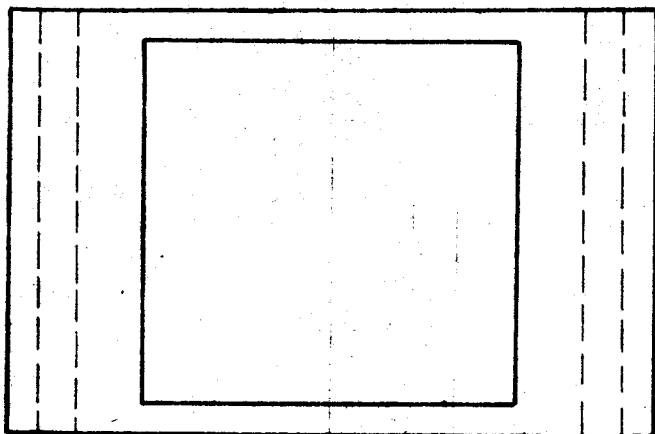
- A
- S
- + SK2







50
58



1	90x60x20		PLEXI							8
Číslo	Název	Koordinát	Prostředí	Materiál	Velikost	Průměr	Číslo	Číslo	Číslo	Číslo
	<i>J. Knapic</i>									
1:1		2.7.1972								
DNO FORMY					PŘÍLOHA 1f					

0

LEPENO

9

5

7

8

9

4	SROUB M4x18	ČSN 02 1101							3
2	HRANOL	265x25x30	Al-Si 13					PŘÍLOHA 1b	2
2	STĚNA FORMY	280x60x10	PLEXI					PŘÍLOHA 1a	1

Krapáč Jan.

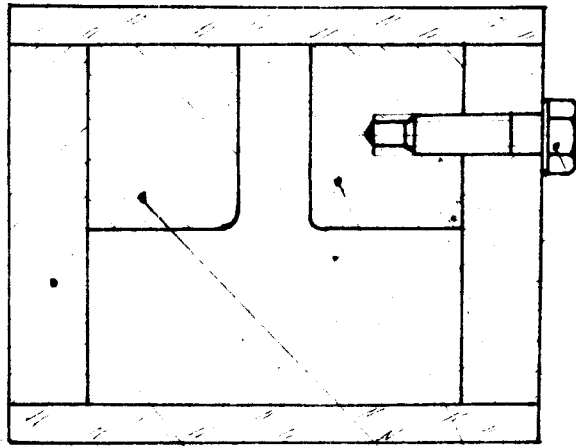
1:1

2. 7. 1972

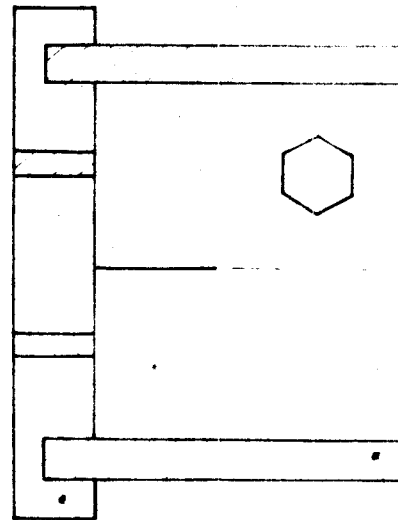
FORMA

PŘÍLOHA 1

ŘEZ C-C' A|

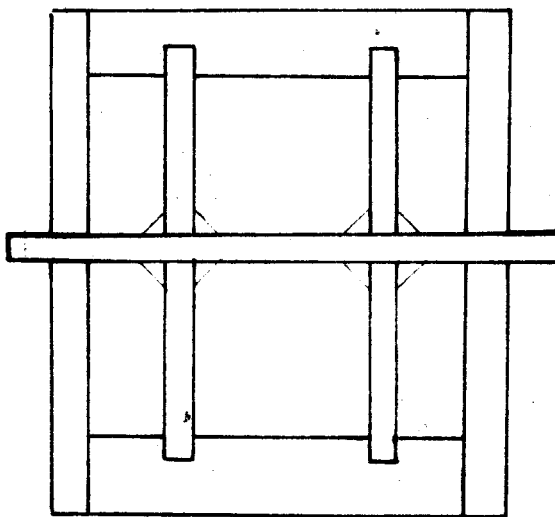


ŘEZ A-A'

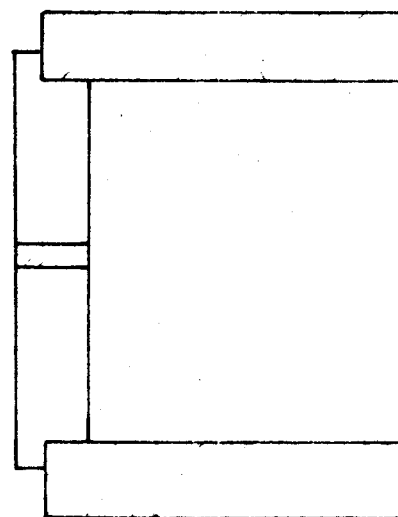


A| 1 2 3 4

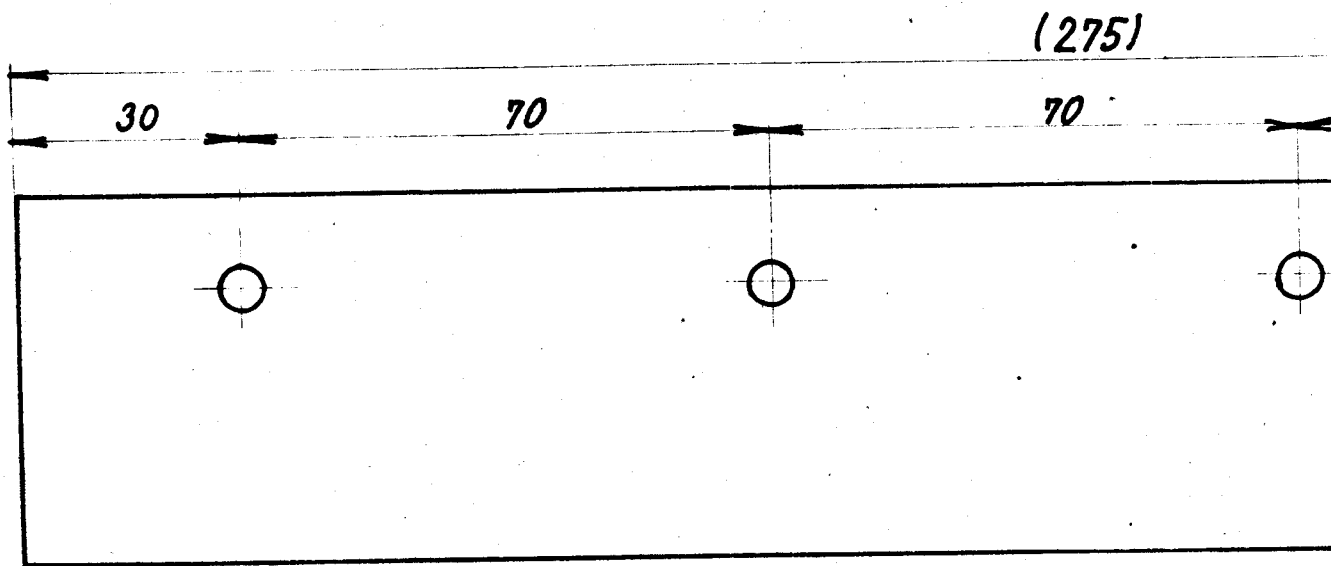
POHLED SMĚREM P'

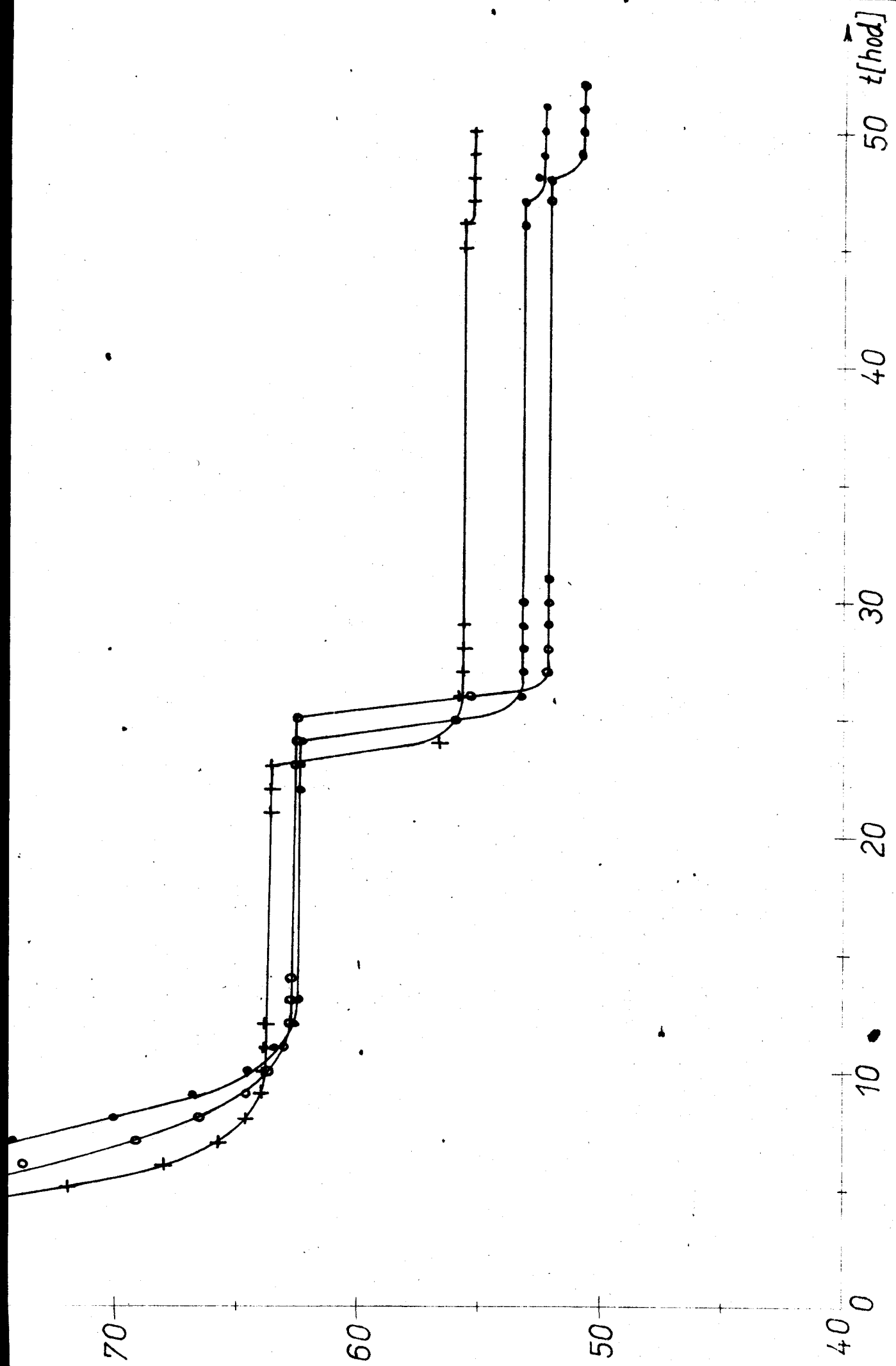


"P" →

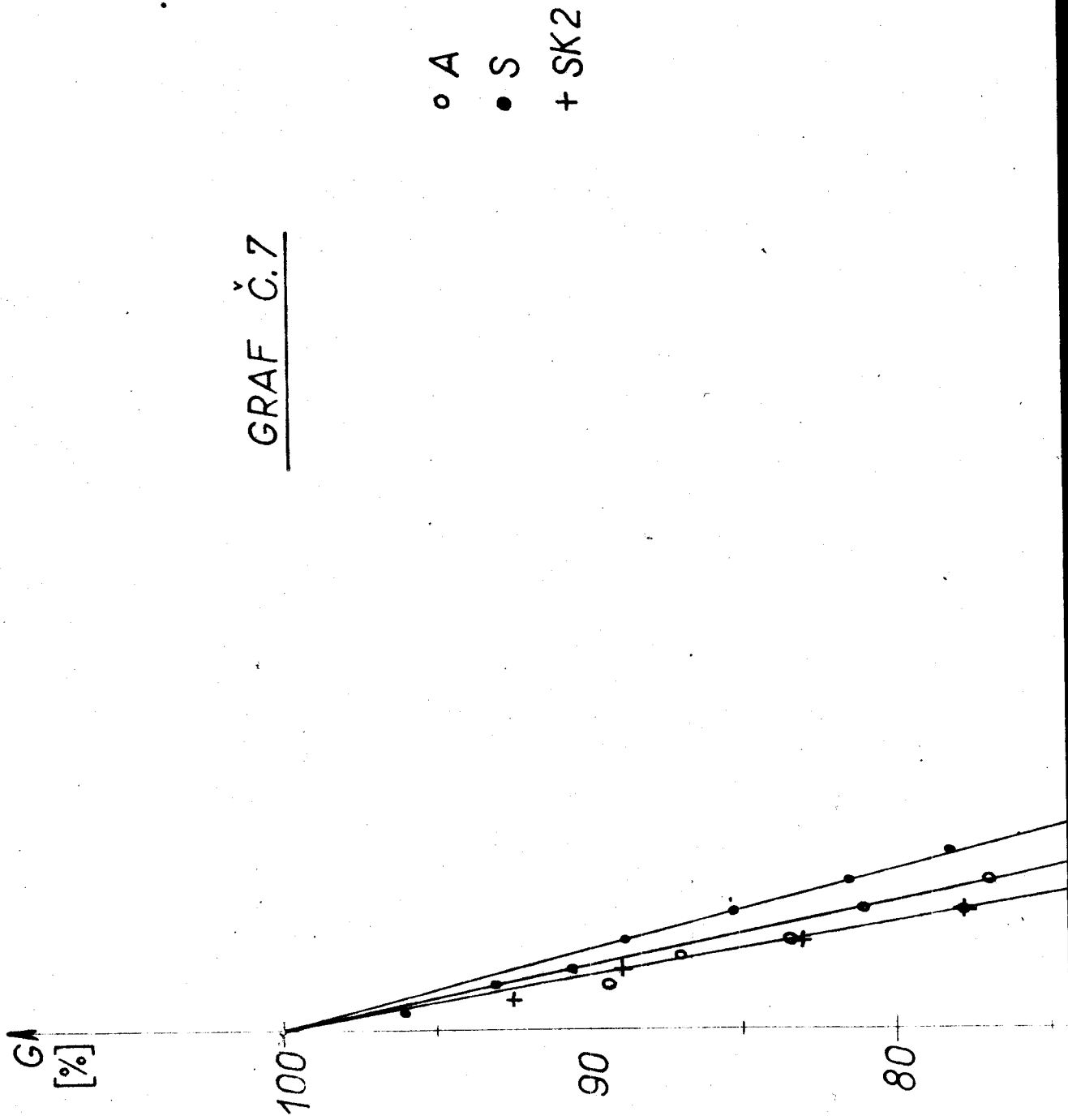


8	PRYZ. KROUZKY					9
1	DNO FORMY	90x60x20	PLEXI			PŘÍLOHA 1f 8
2	PRÍCHYTKA	50x20x10	PLEXI			PŘÍLOHA 1e 7
						6
2	STĚNA FORMY	280x75x4	SKLO			PŘÍLOHA 1d 5
1	MŘÍŽKA	56x56x1	ČSN 42 5350	11370		PŘÍLOHA 1c 4



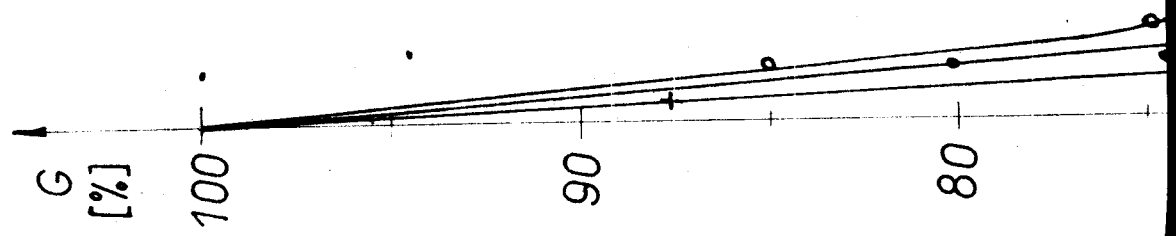


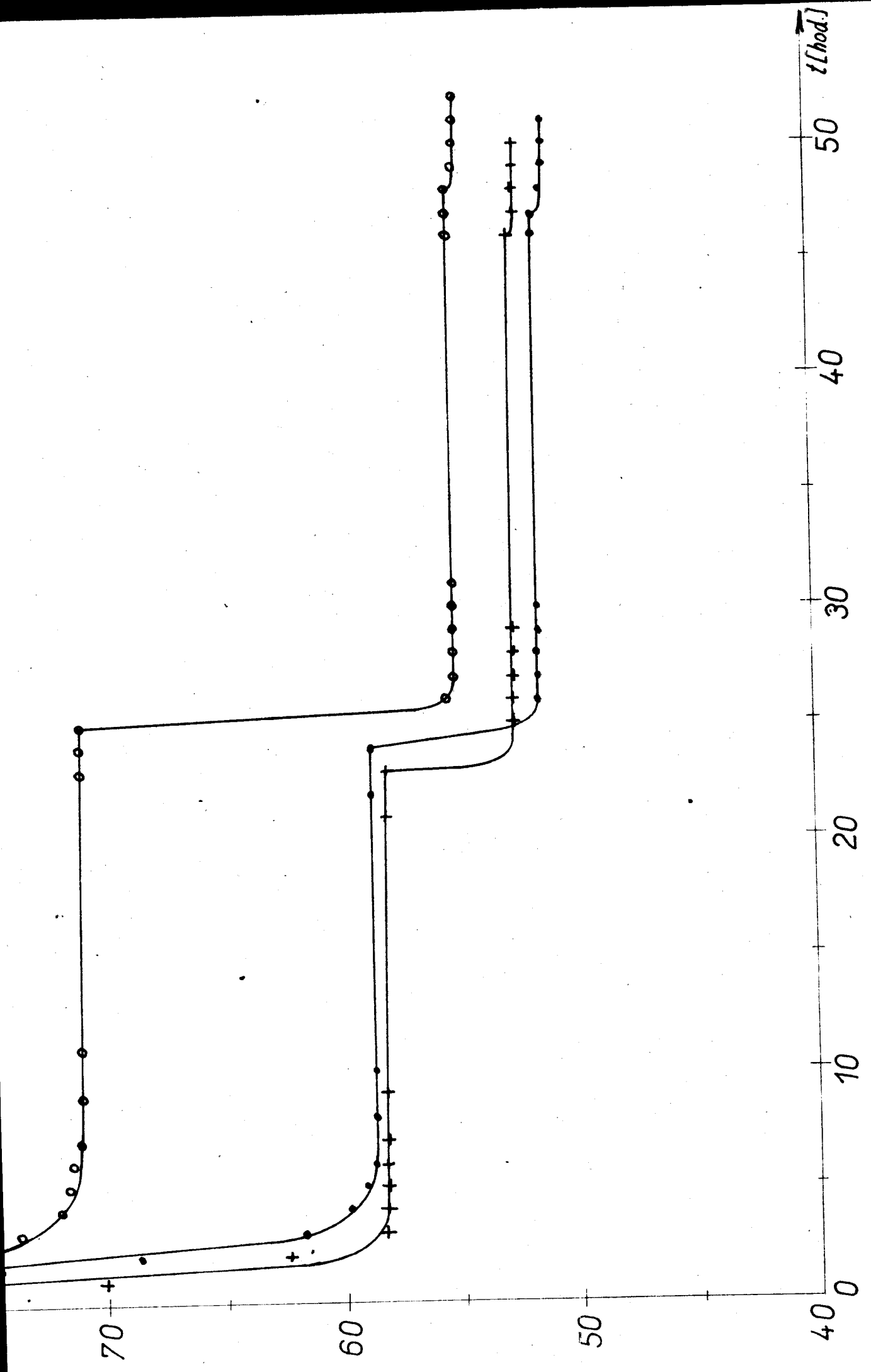
GRAF Č.7



GRAF Č. 8

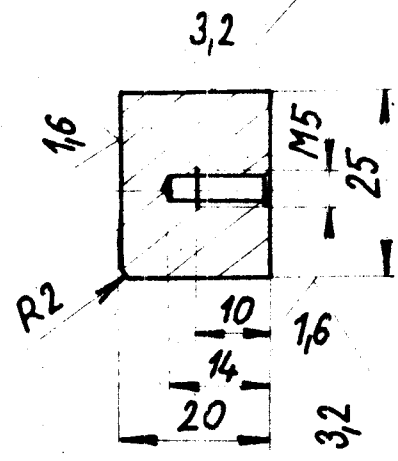
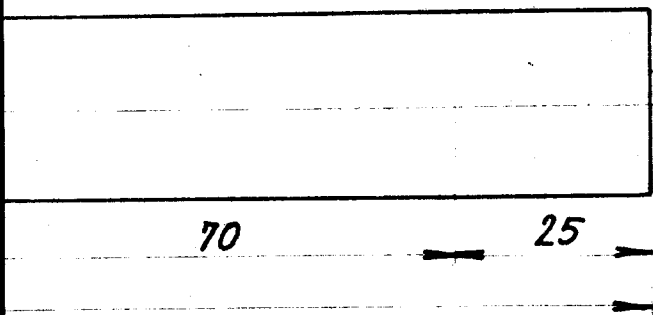
- A
- S
- + SK2





3,2

1,6



1 265 x 25 x 30

Al-Si 13

J. Krapáč

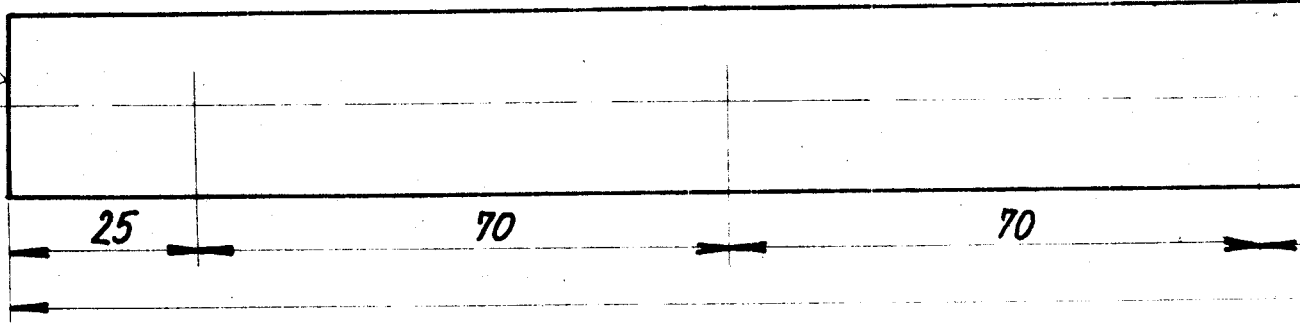
1:1

2.7.1972

HRANOL

PŘÍLOHA 1b

3,2

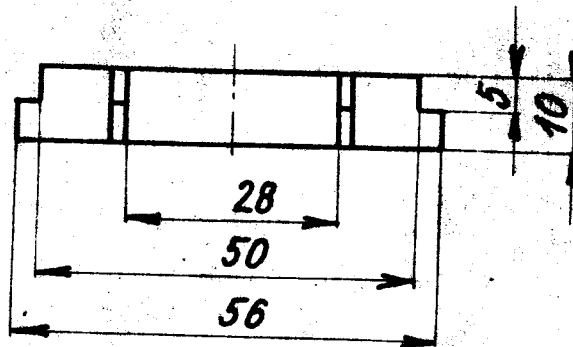
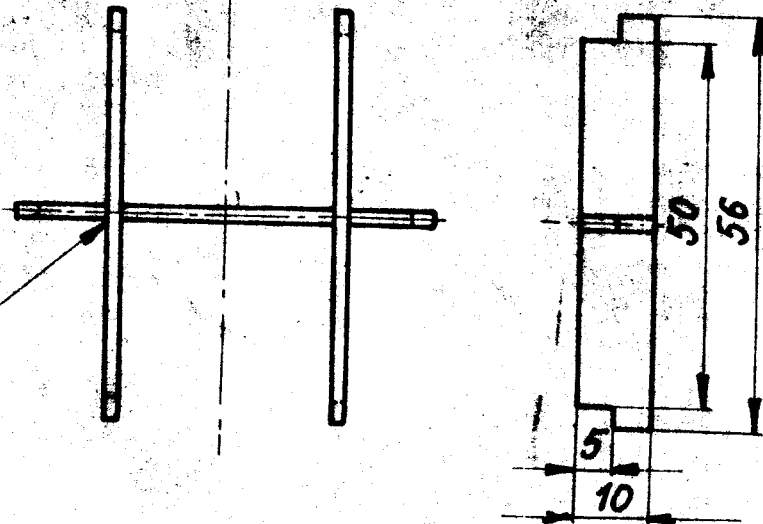


25

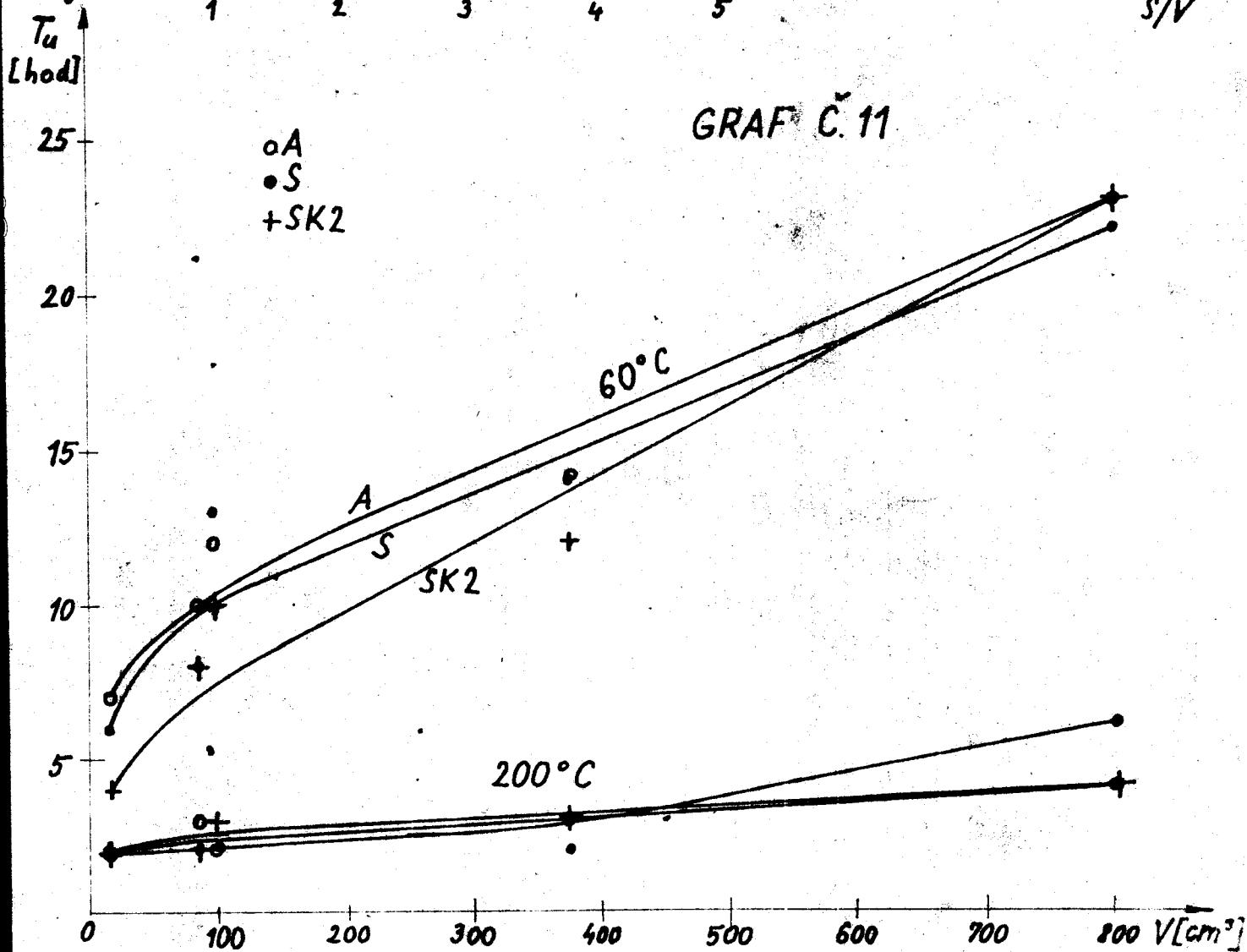
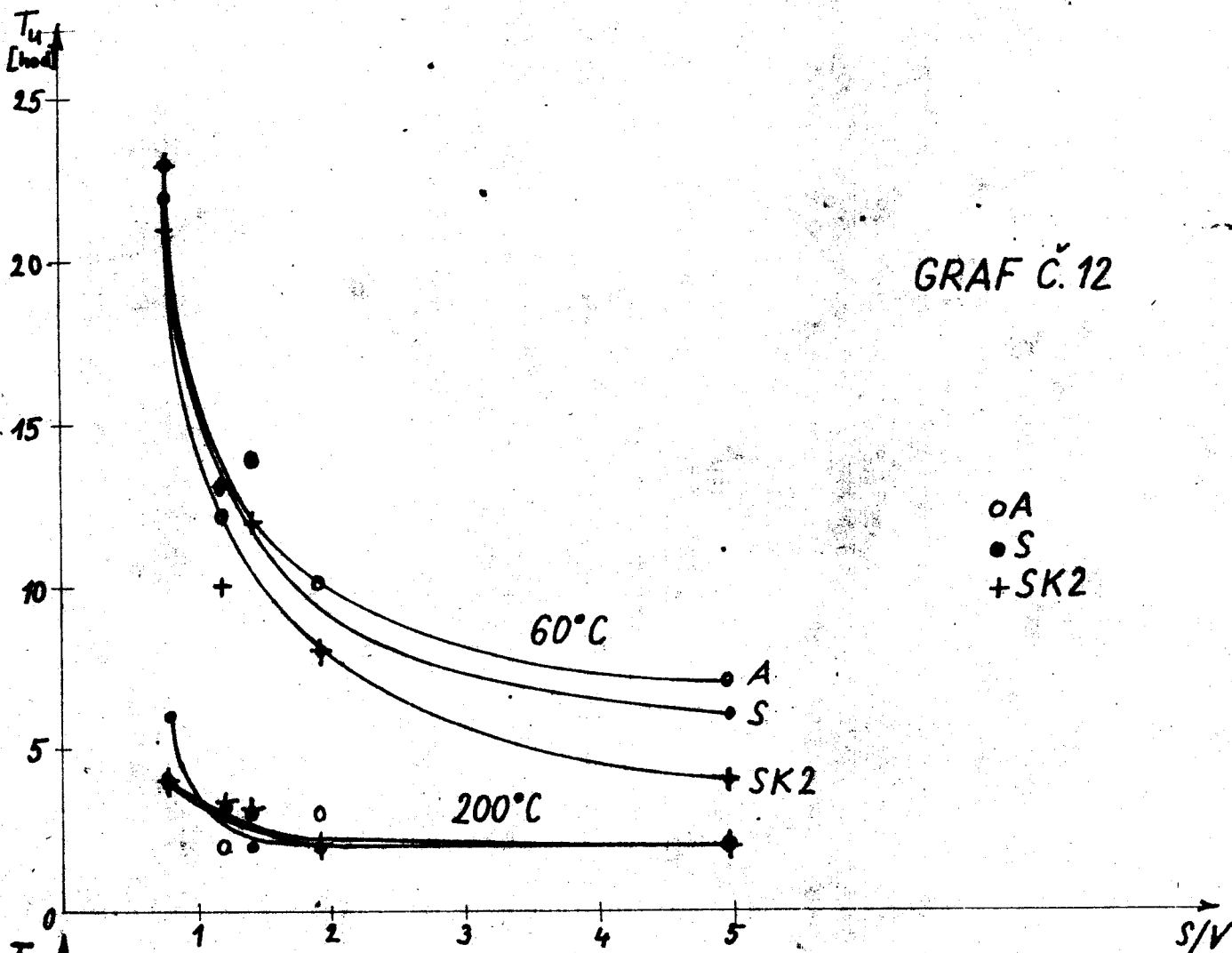
70

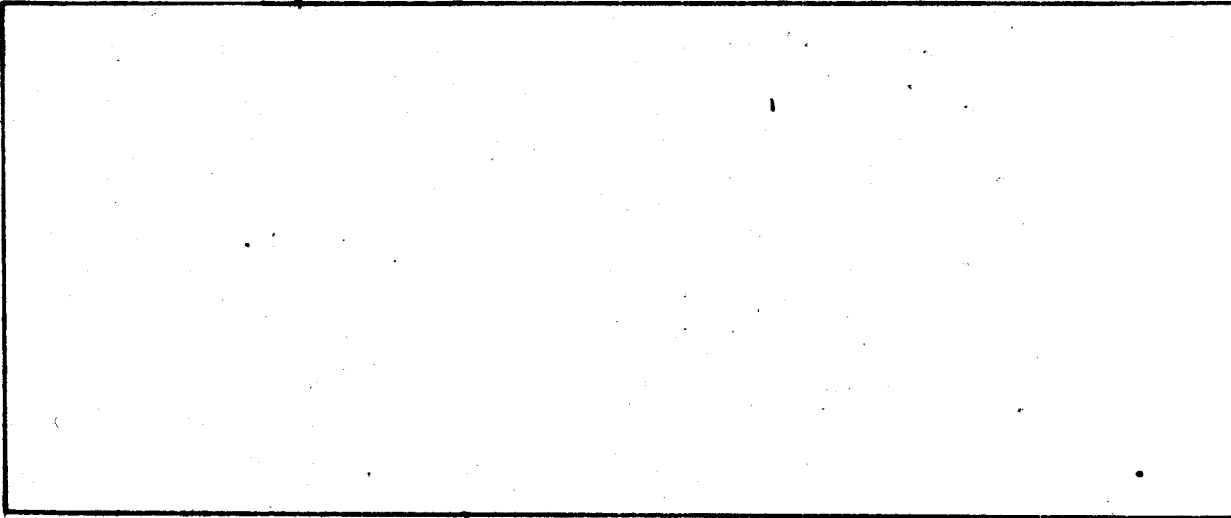
70

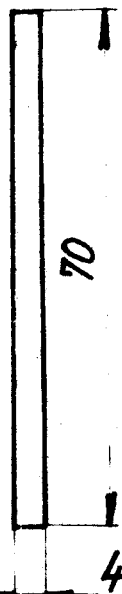
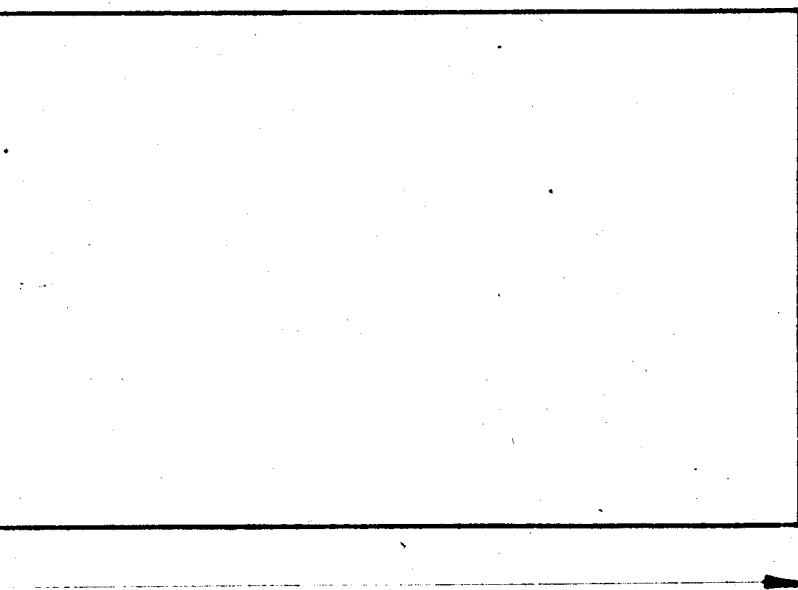
PAJENO



1	56x56	ČSN 425350	11370						4
Podřad. číslo	Název - Rozměr	Podstavce	Mat. katečny	Mat. výchozí	Průřez	Č. vřadka	řř. vřadka	Islo vřř. azu	Pos.
Měřítko	Kreslí <i>J. Krapáček</i>		Čís. sním.						
1:1	Prozkoušel								
	Norm. ref.		Č. vřadka						
	Vřř. projedn.	Schválil							
		Dne 2.7.1972							
	Typ	Skupina	Starý výkres						
	Název								
	MŘIŽKA		PŘÍLOHA 1c						







2	285 x 75 x 4		SKLO						5
Název	Průřez - Rozměr	Podstava	Mat. kategorie	Mat. výška	Č. vlna	H. vlna	Číslo výroky	Pos.	
1:1	<i>J. Krapč</i>		Čís. výroky						
			Č. výroky						
			2.7.1972						
Název					PŘÍLOHA 1d				
STĚNA FORMY									

