

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 — 07 — 8

strojírenská technologie

zaměření

strojírenská metalurgie

Katedra materiálů a strojírenské metalurgie

KINETIKA VÝVINU PLYNU Z JÁDROVÝCH SMĚSÍ

PŘI ODLÉVÁNÍ ŠEDÉ LITINY

KMM — 209

J i ř í Š p i c a r

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jana Kulhánková

/VŠST Liberec/

Konzultant

: s. Vladimír Baar /AZNP Ml. Boleslav/

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 90

Počet tabulek: 34

Počet obrázků: 10

Počet příloh: 6

Počet výkresů: —

23. května 1986

strojní a textilní
Vysoká škola: v Liberci..... Fakulta:strojní.....
Katedra: materiálu a strojírenské..... Školní rok: 1985/86
metalurgie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Jiří Š P I C A R
obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Kinetika vývinu plynů a jádrových směsí při odlévání
šedé litiny

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení s výrobou odlitků ze šedé litiny v AZNP Mladá Boleslav, zejména se zaměřením na výrobu jader, druhy a složení jádrových směsí.
2. Seznámení s metodami měření množství a rychlosti vývinu plynů z jádrových směsí při ohřevu.
3. Rozbor možností a návrh přístrojového vybavení pro stanovení kinetiky vývinu plynů ze směsí, ověření, případně porovnání navržené metodiky.
4. Měření kinetiky vývinu plynů z vybraných jádrových směsí používaných ve slévárně AZNP.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení dosažených výsledků, doporučení pro provozní praxi.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

V 217/86 S

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy. schemata

Rozsah průvodní zprávy: asi 50 stran textu

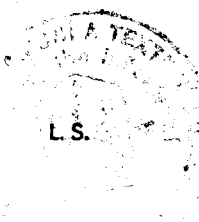
Seznam odborné literatury:

- /1/ PÍŠEK, F., PLEŠINGER, A.: Slévárenství I. SNTL Praha, 1974.
- /2/ MEDVEDEV, J.I.: Gazy v litějnoj formě. Mašinostrojenije, Moskva 1965.
- /3/ PAVLU : Diplomová práce 1983, VŠST Liberec.
- /4/ Podklady ze závodu AZNP Mladá Boleslav

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jana Kulhánková
Konzultant : s. Baar Vladimír - AZNP Ml. Boleslav

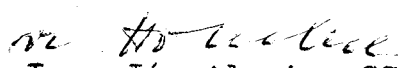
Datum zadání diplomové práce: 9.9.1985

Termín odevzdání diplomové práce: 23.5.1986




Doc.Ing. Ján Alaxin, CSc

.....
Vedoucí katedry


Doc.Ing. Ján Alaxin, CSc

.....
Děkan

V Liberci 3.9. 85
..... dne 19.....

"Místopřisežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury".

V Liberci 23. května 1986

...*Michal Jůl*...

	strana
1. ÚVOD	1
2. Výroba šedé litiny a slévárna šedé litiny v AZNP Mladá Boleslav	2
2.1. Šedá litina	2
2.2. Příčiny a rozbor jednotlivých vad odlitků	3
2.3. Odstraňování plynů z lázně šedé litiny	3
2.4. Slévárna v Mladé Boleslavi	4
3. Vzájemné působení taveniny a formy	7
3.1. Struktura formy	7
3.2. Penetrace taveniny do formy	7
3.3. Difuze v povrchových vrstvách	9
4. Plyny v kovech	11
4.1. Pohlcování plynů v kovech	11
4.2. Odvádění plynů z jader	11
4.3. Vlivy působící na intenzitu vývinu plynů	12
4.4. Plynotvornost jádrových směsí	13
4.4.1. Vypařování vody	15
4.4.2. Spalování organických látek	15
4.4.3. Termický rozpad organických látek	16
4.4.4. Disociace plynů	16
4.4.5. Vyločení vody z minerálů	16
4.4.6. Rozpínání vzduchu obsaženého v pórech a dutině formy	17
5. Zkoušky a druhy jádrových a formovacích směsí	18
5.1. Technologické zkoušky směsí	18
5.2. Používané druhy pojiv	20
5.2.1. Vodní sklo	20
5.2.2. Pojiva odvozená od umělých pryskyřic	21

	strana
5.2.3. Pryskyřice pro směsi na sušení	22
5.2.4. Pryskyřice pro skořepinové formování	24
5.2.5. Pojiva pro samovolně tvrdnoucí směsi	24
5.2.6. Pojiva pro horké jaderníky	25
5.2.7. Pojiva pro studené jaderníky	26
6. Jádrové směsi používané pro výrobu zkušebních vzor- ků podle AZNP	30
6.1. Metoda CROWNING — suroviny	30
6.2. Metoda HOT — BOX — suroviny	31
6.3. Zahraniční směsi	40
7. Metody měření plynotvornosti	42
7.1. Metody přímé — provozní	42
7.1.1. Metoda Spaského	42
7.1.2. Metoda Jašina	43
7.1.3. Metoda P.Perga	43
7.1.4. Metoda Piščeva	43
7.2. Metody nepřímé — laboratorní	43
7.2.1. Měření na přístroji Ströhlein	44
7.2.2. Měření na přístroji PGD fy Georg Fischer +GF+	44
7.2.3. Měření podle AZNP	45
8. Zařízení použité k měření plynotvornosti	46
8.1. Polykondenzace fenolformaldehydové pryskyřice	46
8.2. Princip, činnost aparatury a její obsluha	46
8.3. Příprava vzorků	48
8.4. Výhody a nevýhody použité metody	49
8.4.1. Nevýhody	49
8.4.2. Výhody	49
8.5. Postup vyhodnocení naměřených výsledků	51
8.6. Regresní analýza	51

	strana
9. Výsledky měření — tabulky	52
9.1. Diskuze k naměřeným výsledkům	88
10. ZÁVĚR	89

1. Úvod

Rozvoj strojírenského průmyslu v posledních letech nese mimo jiné, zvýšené nároky na nové materiály, na jejich vlastnosti a také snížení energetické náročnosti.

Tato fakta byla konstatována i v politické zprávě ÚV Komunistické strany Československa na XVII. sjezdu. ČSSR se účastní na realizaci programu vědeckotechnického pokroku členských zemí RVHP do roku dva tisíce. Tento program je také mimo jiné zaměřen na výrobu nových materiálů a uplatnění nových technologií a techniky plně odpovídající československým podmínkám.

Také na XXVII. sjezdu KSSS bylo konstatováno, že je nutný rozvoj odvětví náročných na vědecké poznatky.

Ve Zprávě o hlavních směrech hospodářského rozvoje a sociálního rozvoje v SSSR bylo uvedeno, že jedním z nejdůležitějších směrů vědeckotechnického pokroku je rozsáhlé zavádění progresivních technologií. Ve 12. pětiletce se má uplatnění progresivních technologií pro každé odvětví zvýšit o 50-100 %. Významné místo zaujmou zásadně nové technologie a rozsah jejich využití se násobně zvýší, což bude mít bezpochyby velký hospodářský efekt.

Také ve slévárenství by mělo dojít k zavádění nových materiálů a technologií do výroby. Při zavádění nových jadrových směsí pro odlévání je důležitým faktorem kinetika vývoje plynů, která má zásadní vliv na užitkové vlastnosti odlitků, resp. kvalitu povrchových a podpovrchových vrstev. Množství vyvíjených plynů z jadrové směsi při formování a odlévání, které se dostane do ovzduší, má vliv na hygienické podmínky pracujících, obsluhujících tyto stroje.

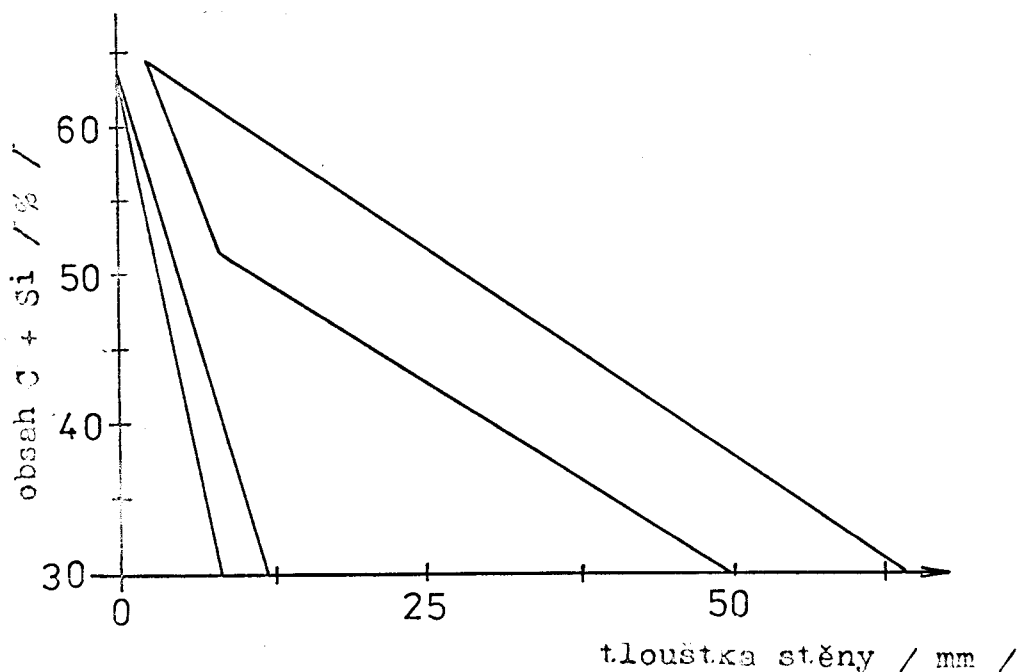
K řešení těchto problémů by měla přispět i tato práce, jejímž cílem je měření množství plynů v závislosti na čase.

2. Výroba šedé litiny a slévárna šedé litiny v AZNP Mladá Boleslav

2.1. Š e d á l i t i n a

Šedá litina se vyrábí přetavováním surového železa a odpadového materiálu převážně v kuplovných nebo elektrických pecích. Je to vícesložková slitina železa s uhlíkem, křemíkem, manganem, fosforem, sírou a dalšími prvky. Obsah uhlíku je obvykle 2,8 až 4,0 % - Šedá litina krystalizuje přibližně podle stabilní / grafitové/ soustavy rovnovážného diagramu Fe-C. Skutečný průběh krystalizace je však odlišný především vlivem většího obsahu křemíku.

Výsledná struktura šedé litiny závisí především na chemickém složení litiny a na rychlosti ochlazování. Nejdůležitější přísadou šedé litiny je křemík, který umožňuje grafitizaci litiny i při vyšší rychlosti ochlazování. Příliš velký obsah křemíku je však nežádoucí, neboť vede ke vzniku velmi hrubého grafitu a často i k úplné grafitizaci perlitu. Stejně nepříznivě působí na strukturu šedé litiny i příliš pomalé ochlazování odlitků. Společný vliv obsahu uhlíku, křemíku a rychlosti ochlazování znázorňují diagramy Klingensteinův nebo Uhlitzův-Weichtův.



2.2. Příčiny a rozbor jednotlivých vad odlitků

Bubliny.

Bubliny jsou charakteristické vady odlitků z oceli, šedé litiny i z neželezných slitin. Vytvářejí v odlitku otevřené / povrchové / nebo uzavřené /vnitřní/ dutiny, zpravidla s čistým a hladkým, někdy okysličeným povrchem. Jsou obvykle uspořádány v nejvyšších částech odlitků v důsledku uzavření plynů mezi kov a formu. Mohou se vytvořit jednotlivě nebo v hnízdech.

Bublinatost možno očekávat při nadměrném vývoji plynů z vnějšku, t.j. z formy, při nevhodné formovací směsi vyvíjející velké množství plynů nebo při navlhle formě nebo navhlém jádru. Tlak plynů vzrůstá především při začátku odlévání formy a je vyvolán okamžitým vývojem páry z vody obsažené ve formovacím písku, jakož i vývinem plynů při reakcích / rozkladu / pojiv a přísad za vysoké povrchové teploty po styku taveniny s formou.

Bublinatost mohou však vyvolat i plyny obsažené / rozpuštěné / v tavenině. Plyny s menším poloměrem atomů se mohou vtěsnat do mřížky základního kovu / interstiticky /. Takto je zachycen např. vodík. Plyny s vyznačenou afinitou k některé složce slitiny vytvářejí s ní chemickou sloučeninu. Takto vznikají především kysličníky / FeO /, z nichž některé s nižším mocenstvím tvoří samostatnou fázi. Při každé teplotě mohou slitiny rozpouštět jen určité množství plynů. Čím vyšší je teplota slitiny, tím větší množství plynů může být obvykle v tavenině rozpouštěno. Proto nesprávný způsob tavení, špatná dezoxydace nebo odplynění kovů může vyvolat nepříznivé

poměry, které se projevují při ochlazování taveniny ve formě, kdy s poklesem teploty se vylučují plyny a asociují v polekulární podobu, čímž nabývají plynného charakteru.

Také při styku taveniny s určitými tělesy ve formě, jako podpěrkami, chladítky a pod., zvláště pokud jsou okysličená, může dojít k vývinu plynů v důsledku chemických reakcí, nejčastěji typu $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$.

Pro zamezení bublinatosti je samozřejmě důležitá dokonalá prodyšnost formy nebo jadre, čistota průduchů a je jejich správné dimenzování, jakož i správné umístění vtokové soustavy.

2.3. Odstraňování plynů z lázně šedé litiny.

V kovové lázni jsou vždy v určitém množství plyny přítomny. Jde především o kyslík, dusík a vodík, které jsou v tekutém kovu rozpuštěny buď ve formě elementární nebo ve sloučeninách. Obsah plynu v kovu se nejčastěji udává buď ve hmotnostních procentech nebo v mililitrech plynu na 100 g kovu / tento způsob je běžný u vodíku /.

Přítomnost dostatečného množství kyslíku při tavení je nutná k oxidaci doprovodných prvků v lázni. Způsob odstraňování kyslíku z lázně při dokončení tavby je v deoxidaci.

Dusík se dostává do roztaveného kovu jednak vsázkou, která obsahuje dusík, jednak z pecní atmosféry / zejména u elektrických pecí, kde lázeň v místě oblouku není dostatečně kryta struskou a při vysokých teplotách v místě oblouku nastává disociace vzdušného dusíku. / Rozpustnost dusíku

v kovu závisí na teplotě a tlaku a je v tekutém kovu mnohem vyšší než v tuhém kovu. To má za následek, že při tuhnutí se přebytečný dusík vylučuje z roztoku a tvoří bubliny, které většinou uváznou v kovu, část dusíku zůstává ve formě tuhého interstitického roztoku a část ve formě nitridu. Dusík je považován za původce stárnutí a poklesu tažnosti, kontrakce a vrubové houževnatosti.

Vodík se dostává do litiny vsázkou ve formě rzi, která se při ohřevu rozkládá a uvolňující se vodík difunduje do litiny vlhkou rudou, vlhkými feroslitinami a dalšími přísadami z pecní atmosféry. Hlavním zdrojem vodíku bývá vlhké vápno. Vodík se rozpouští atomárně ve formě interstitického roztoku. Jeho rozpustnost je značná. S klesající teplotou rozpustnost klesá. Jestliže se během tavení nepodaří snížit obsah vodíku pod 0,007 %, objeví se ve ztuhlém kovu bubliny. Vodík je příčinou poklesu pevnosti v tahu, tažnosti, kontrakce a vrubové houževnatosti. Při tavení litiny je proto nutno před vypouštěním z pece snížit obsah plynu v tavenině na minimum. Jediná cesta, jak snížit obsah vodíku a dusíku v tavenině, neuvážujeme-li vakuování, je živý a dostatečně dlouhý tvar lázně, způsobený uhlíkovou reakcí. V bublinkách CO je parciální vodík a dusík nulový, proto tyto plyny difundují do bublin CO a jsou jimi unášeny do pecní atmosféry.

2.4. Slévárna v Mladé Boleslavi

Slévárna šedé litiny byla postavena podle projektu z národního podniku Kovoprojekta Brno. Její výstavba začala

v létě roku 1962. Jako první byla do zkušeniho provozu uvedena tavírna a soupecí a to 30. 6. 1963. Další část, která byla dána do provozu 15. 7. 1963 byla temperována. Celkový zkušební provoz malého komplexu začal 14. 5. 1964 a vlastní náběh provozu 1. 1. 1966.

Slévárna vyrábí ročně 12 500 t šedé litiny a 6 000 t temperované litiny. Temperovaná litina se vyrábí jako bílá s 2,6 % C a z ní se temperováním vyrábí perlitická litina.

Slévárna se skládá z pěti základních lodí o rozměrech 18 x 90 m a šesté lodi na tyto kolmé, což je materiállová loď. Slévárna obsahuje rovněž sociální přístavky, kanceláře a v prvním patře jemetalografická laboratoř. V provozech pracuje asi 480 dělníků a 20 techniků.

Slévárna je rozdělena do jednotlivých technologických

oddělení :

- vstupní surovinová hala,
- přípravná písku,
- jaderna,
- tavírna,
- 2 formovací linky / ruční /
- kusové lití + linka pro skořepinové formy,
- cídírna a temperovna,
- pracoviště kontroly OTK,
- expedice.

Jednotlivá oddělení jsou vybavena následující stroji a zařízením :

tavírna	-	tavicí pece Brown Bowery Švýcarsko
	-	dopravník Übel Francie
formovna	-	automatické a poloautomatické formovací zařízení Stonne Walworke Velká Británie

- jaderna - vstřelovací stroj AVS 16,6 ČSSR
- stroj na jádra Shalco U 180 Velká Británie
- stroj na jádra Loramendi 200 A Španělsko
- přípravná- 2 stroje Speedmullor Švédsko
písku
 - mísení písku pro formy
 - 750 kg směsi na 1 mísení
- stroj pro obalovanou směs Fodarth 750 Velká Británie
- mísič písku Sutter USA
- temperovna - temperovací pece AB Birlec Ludwig Velká Británie
- cidírna - tryskací stroj Vogel Schneemann NSR
- jednoúčelový brusný stroj Kunz Italie
- tvrdoměr Brinnell
- pásová doprava slévárny - gumové a ocelové pásy Centrozap BPE PLR.

3. Vzájemné působení taveniny a formy

3.1. Struktura formy

Ke sledování fyzikálněchemických jevů na povrchu formy je nutné si objasnit strukturu formy. Volný prostor mezi zrny je charakterizován velikostí jednotlivých zrn a těsností jejich styku podle intenzity spěchování. V mezerách mezi zrny je kapilárními silami držena volná voda a ve volných prostorech je vzduch. K teoretickému průzkumu volných prostorů mezi zrny písku vycházíme z tzv. ideální pískové formy. Je to forma upěchovaná ze zrn ideálního tvaru / kulových o poloměru R /, stejného $\emptyset$ s nulovou roztažností. Zrna nejsou pokryta vrstvou pojiva. Různou intenzitou upěchování lze dosáhnout změny vzájemného uspořádání zrn. V případě upěchování nejmenší intenzitou pěchování můžeme předpokládat, že dochází ke styku 4 kulových zrn. Velikost dutin mezi zrny má velký význam pro rozbor vnikání kovu mezi zrna.

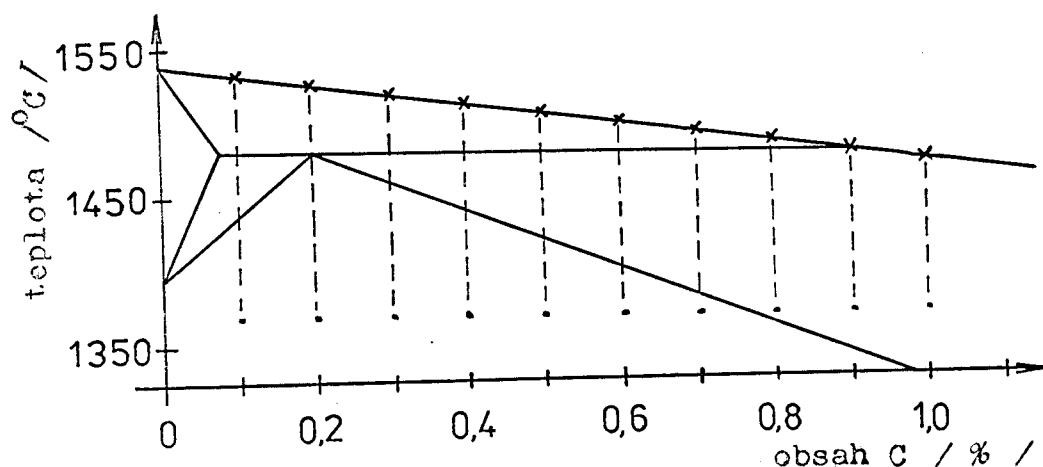
Druhy průduchů se dají pozorovat ve svislé rovině procházející osou zrn, v rovinách odkloněných od svislého směru o 30° . V tomto případě se volný prostor mezi zrny rovná 39,6 % celkového prostoru formy. Při nejtěsnějším uspořádáním je volný prostor mezi zrny 25,9 %.

3.2. Penetrace taveniny do formy

/ Chemické a fyzikální působení /

Je známo, že prvky vyvolávající zvýšení tekutosti taveniny současně usnadňují její penetraci do formy, a to při

nižší teplotě než bez jejich přísady. Ukazuje se, že pokud je teplota na povrchu odlitku nad teplotou solidu, což je umožněno u oceli s vyšším obsahem uhlíku, může nastat penetrace kovu do formy, proto také může dojít k místnímu zvýšení penetrace, je-li na povrchu formy přítomna na uhličující látka, která místně rozšíří interval tuhnutí a zpozdí vytvoření ztuhlé kůry, která by se bránila penetraci



Po odlití a vychladnutí odlitku je možné pozorovat v určité vrstvě písku přilehlé k povrchu odlitku zcela změněné vlastnosti. Vytvořená souvislá masa je typické šedé barvy a lesklého povrchu. V některých případech je tato vrstva pevně spojena s povrchem odlitku. Chemický rozbor odloupnuté vrstvy ukázal toto složení : 88 % SiO_2 1,6 % Fe_2O a 9,2 % FeO . Dále se zde tvoří za vysoké teploty fyalit / 2 $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ /, mulit / 3 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$ /. Z uvedeného rozboru vyplývá, že spékání křemenných zrn písku může pokračovat až do poměrně nízkých teplot. Průběh penetrace může být

rovněž ovlivněn obsahem manganu v odlévaném kovu.

Účinek atmosféry ve formě.

Při rozboru reakcí na povrchu formy po vlití kovu je nutné brát v úvahu účinek atmosféry ve formě, především je důležitý poměr CO k CO_2 . Zvýší-li se koncentrace CO_2 dochází k výraznému okysličování kovu, uplatňuje se tu i molekulární kyslík ze vzduchu nebo atmosféry z bezprostřední atmosféry odlitku. K zábraně povrchových fyzikálněchemických reakcí je vhodné snižovat rovnovážný uhlíkový potenciál legováním. Proti okysličování a oduhličování působí rovněž zvýšená rychlost chlazení odlitku.

Je několik teorií k vysvětlení mechanismu pronikání taveniny do formy. Podle jedné se předpokládá expanse kovových par do pórů formovacího materiálu a jejich následující kondenzace. Ukázalo se však na základě výpočtů, že množství kondenzovaného kovu by bylo příliš malé, než aby mohlo vyvolat penetraci kovu. Proti této teorii mluví i to, že chemické složení pronikajícího kovu je stejné jako v odlitku. Z hlediska velkých rozdílů tlaku par různých prvků v kovu by takto předpokládaná kondenzace nemohla proběhnout.

Při styku taveniny s formou mohou nastat tyto dva případy :

- 1/ tavenina nevniká do porů mezi zrny

- 2/ tavenina vniká do pórů mezi zrny formovacích směsí a prosakuje jimi hlouběji.

3.3. Difuze v povrchových vrstvách

Dosud málo propracovaným odvětvím je povrchové legování

odlitků. Jsou však známy některé práce, které ukazují, že nátěr formy, obsahující legující prvek, může za určitých podmínek působit na vlitý kov a povrchově ho nalegovat. Výklad kinetiky tohoto děje se opírá jednak o postupné natavování vrstvy legující nátěru, jednak o difuzi, která může proběhnout mezi tekutou legující vrstvou a tuhou povrchovou vrstvou odlitku.

Difuze nastává obecně při koncentračním spádu $\frac{dc}{dx}$, kdy určité množství látky m difunduje v jednotce času plochou řezu S . Podmínky difuze je možno stanovit prvním Fickovým zákonem :

$$m = S \cdot D \cdot \frac{dc}{dx} \quad , \quad D \dots \text{součinitel difuze} \\ x \dots \text{dráha difuze} \quad /m/$$

Změna koncentrace s časem v určitém bodě difusní plochy je vyjádřena druhou Fickovou rovnicí :

součinitel difuze je závislý na teplotě, jak vyplývá ze vztahu podle Braunse : $D = D_0 \cdot e^{-\frac{Q}{R \cdot T}}$ $R \dots$ plynová konstanta $\bar{R} = 8\,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Paschke a Hauttman se experimentálně zabývali sledováním průběhu difuze některých prvků jako C, Si a Mn v tekutém a tuhém železe. Koeficient difuze při $t = 1\,500^\circ\text{C}$

$$D_{Si} = 5,45 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$D_{Mn} = 11,1 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

Největším problémem vytvoření jakostního hladkého povrchu odlitku a rovnoměrně nalegované vrstvy.

4. Plyny v kovech

4.1. Pohlcování plynů v kovech

V kovech jsou rozpuštěny všechny plyny, s nimiž přicházejí do styku tekuté kovy v technologickém procesu ve slévárně. Pohlcování plynů považujeme za slévárenskou vlastnost kovů a slitin, protože obsah plynů v tavenině má významný vliv na obtížnost výroby dobrého odlitku. Rozpustnost plynů v kovech je malá při nízkých teplotách, náhle se zvyšuje při přechodu kovu do skupenství tekutého, dále roste při zvyšování teploty taveniny.

Plyny jsou v kovech buď prostě rozpuštěny nebo chemicky vázány. U některých kovů vanadu nebo titanu se s rostoucí teplotou rozpustnost plynůle zmenšuje. Plyny lze metalograficky zjistit jen tehdy, tvoří-li ve struktuře tuhé sloučeniny, např. kysličníky nebo nitridy. Jsou-li rozpuštěny, nelze je metalograficky zjistit.

Při ochlazování a zvláště pak při tuhnutí kovů a slitin rozpustnost plynů v kovu se opět zmenšuje a plyn se vylučuje. Při tuhnutí kovu však zůstává v kovu uzavřen, tvoří bubliny ve stěnách odlitku a tím jej znehodnocuje. Proto se musí plyny z kovu před odléváním odstranit. Při tom se postupuje podle toho o jaký plyn jde.

4.2. Odvádění plynů z jader

U drobných jader stačí vytvořit vzdušný kanálek při pěchování tím, že se zaformuje tlustý drát, který se po zaformování vytáhne nebo vpíchnutím bodce, často se pěchují do

jádra provazce, které se po zhotovení vytáhnou nebo se při sušení ve formě spálí. Jiný způsob je tím, že se do jádra zaformuje vosková šňůra nebo profil z plastické hmoty, které se při sušení rozpustí nebo spálí a zanechají po sobě průduch.

Větší jádra se vyplňují koksem, aby byla lehká a dobře prodyšná. Z koksové náplně se vytvářejí plyny ven obvykle trubkami, které se do jádra zasadí. Někdy se tyto vyvádějí trubky přivaří přímo k výstuze.

Sousedí-li spolu několik jader, která jsou obklopena tekutým kovem, musí být jádra spojena kanálky, kterými se přivádějí plyny z jednoho jádra do druhého a do třetího a dále z formy ven.

Jádro nesmí nikdy být úplně uzavřeno kovem, vždy musí být v odlitku otvor, kterým mohou plyny unikat a kterým se po odlití také jádro a výstuha odstraní. Tento otvor je-li třeba, se uzavře zátkou.

4.3. Vlivy působící na intenzitu vývinu plynů.

Na fyzikálně chemickém procesu tvorby plynů z formy při lití působí :

- a/ vypařování vody / vlhkost / a jiných kapalných a prchavých látek
- b/ rozpínání vzduchu v pórech formy / jádra / vlivem zvýšené teploty
- c/ destilace pevných a kapalných látek
- d/ vylučování chemicky vázané vody / jíly /

- e/ rozklad materiálu
- f/ hoření organických látek
- g/ disciace tvořících se plynů

Uvedené procesy probíhají současně v ovlivněném povrchovém pásmu formy téměř současně a těžko se sledují. Berg a Medvědév zjistili, že zvyšováním obsahu pojiva se absolutní vývin plynů zvětšuje, součinitel prohřátí formy se však zmenšuje.

Samsonowicz ukázal, že se zvyšováním kamenouhelného prášku ve formovací směsi se zvětšuje rovněž objem tvořících se plynů. Množství plynů v dutině formy při stoupající vlhkosti je závislé rovněž na pórovitosti směsi, t.j. na hrubosti ostřiva vytvářejícího prostor mezi zrny.

4.4. Plynotvornost jádrových směsí

Plynotvornost jádrových směsí je základní charakteristikou všech formovacích materiálů, jež jako pojiva používají umělých pryskyřic. Plynotvornost je určována jako relativní objem plynů, které vyvinou z jednoho gramu směsi, nebo v ml/100 g. V literatuře bývá označena jako plynatost. Stejný název je používán i pro rychlost vývinu plynů, což je číselná hodnota, mající fyzikální rozměr $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a definována jako maximální rychlost vývinu plynů z plochy 1 cm^2 povrchu směsi při dané teplotě 1000°C . Z důvodu rozlišení obou různých veličin je používán název plynotvornost směsi pro množství plynů, jež se vyvine z 1 g směsi při dané teplotě a plynotvornost pojiva ve směsi obsažené při dané teplotě.

Při posuzování plynotvornosti nerozhoduje o vlastnostech jen objem plynů, ale také čas, za který se množství plynů uvolní. Obě veličiny objem a čas je nutné sledovat současně, protože jen komplexní posouzení určí použitelnost a kvalitu zkoumané směsi.

Při odlévání kovu do formy je jádro tepelně velmi namáháno. Dochází k vývinu plynů, které dodatečným ohříváním z teploty vzniku na teplotu v daném místě ještě zvětší svůj objem. Toto zvětšení objemu je dáno součinitelem objemové roztažnosti a rozdílem právě přítomné teploty a teploty vzniku plynů.

Vývin plynů se děje na základě řady fyzikálně chemických dějů. Můžeme si jej rozdělit podle původu vzniku na zdroje z :

- 1/ vypařování vody a jiných tekutých látek,
- 2/ spalování organických látek,
- 3/ termický rozpad organických látek,
- 4/ vyloučení vody, která je součástí minerálů,
- 5/ disociace plynů,
- 6/ rozpínavost vzduchu obsaženého v pórech a dutině formy.

Tyto procesy probíhají při různých teplotách, při čemž intervaly teplot, v nichž dané zdroje plynů jsou v činnosti se mohou i nemusí překrývat. Záleží to na materiálech formy, jádra, jejich přídavných složek, na druhu odlévaného materiálu a teplotě lití.

Z přehledu je také patrná různá fyzikálně chemická podstata dějů, při nichž se plyny tvoří. Navíc se jednotlivé

zdroje navzájem ovlivňují. Studium plynotvornosti je tím ztíženo a přesné určení podílu jednotlivých zdrojů je velmi komplikované, pokud je vůbec možné.

4.4.1. Vypařování vody

Vypařování vody dosahuje maximální intenzity při odlévání do syrových pískových forem, kde je voda obsažena ve velkém množství. Jiné vypařující se kaoliny se do formovací směsi dostávají buď při přípravě nebo dodatečně navlháním. Přebytečná voda se odstraňuje vysoušením, při čemž účinnost, t.j. stupeň odstranění vlhkosti závisí na vazbě kapaliny a směsi. Rozeznáváme tři druhy vazeb :

- a/ chemická vazba - vzniká při vzniku krystalohydrátů
- b/ fyzikálně chemická vazba - vzniká při vzájemném rozpouštění vody a látek a při absorpčních procesech
- c/ chemicko-mechanická vazba - závisí na kapilárních silách, kapilárním tlaku na stavu povrchu.

4.4.2. Spalování organických látek

Oxidace organických látek může probíhat pouze za přítomnosti kyslíku, jehož zdrojem je O_2 ze vzduchu, vody, CO_2 . Vzduch je obsažen v pórech a dutinách formy, jeho množství je omezené a vliv malý. Větší význam má okysličování tuhého uhlíku vodními parami. Tyto reakce probíhají při teplotách nad $800^\circ C$. Je-li kyslík přítomen volně, dochází k hoření organických látek s přednostním vznikem CO_2 . Ve formách i jádrech mohou vznikat ještě jiné oxidační

reakce vzhledem k uhlíku. Rychlost průběhu reakcí je dána jejich rovnovážnými konstantami.

4.4.3. Termický rozpad organických látek

Termický rozpad organických látek je proces pomalého tepelného rozpadu organických látek, probíhající bez přístupu vzduchu nebo při jeho omezeném přístupu. Dochází k poruše struktury destilací nejprve lehčích frakcí, později / po zvýšení teploty / těžších. Konečným produktem reakce je koks.

Chemické složení plynu je dáno množstvím par vody, olejů, typem pryskyřice atd., přítomen je vodík, CO a CO₂.

Proces tepelného rozpadu je důležitý hlavně u formovacích a jádrových směsí, které obsahují velké množství organických látek. Tento zdroj je aktuální pro všechny jádrové a formovací směsi, jež jsou předmětem zkoumání této práce.

4.4.4. Disociace plynů

Plyny vznikají v důsledku termického rozpadu látek, obsažených ve formovacích a jádrových směsích, mohou vstupovat do reakcí mezi sebou, tak s látkami slitiny a formy. Mnohé probíhají ve zvětšeném objemu a jsou provázeny zvětšenou rychlostí uniků plynů z formy. Mezi tyto reakce patří procesy rozpadu uhlovodíků vedoucí k usazování uhlíku do pórů formovacího materiálu ve formě sazí.

4.4.5. Vyloučení vody z minerálů

Voda vázaná minerálem je trojího druhu :

a/ Konstituční voda - je charakterizována pevnou vazbou

a stálým chemickým poměrem. Uvolňuje se vypalováním nebo chemickou reakcí, proces nevratný. —

- b/ Krystalizační voda - je též obsažena v minerálech v určitém poměru, vazba je slabší a proces je zpravidla vratný.
- c/ Volně vázaná voda - není vázána chemicky, proniká volně do krystalu, odstranění této vody je proces vratný.

4.4.6. Rozpínání vzduchu obsaženého v pórech a dutině formy

Vzduch, uzavřený v dutinách formy, odchází převážně přes výfuky a v omezeném množství přes póry forem a jader. Obsah vzduchu je podle pórovitosti směsi 20 - 25 % objemu směsi, jeho objem však ohřátím roste. Vznik případných vad tímto zdrojem plynů je možný pouze u materiálu s velmi malou prodyšností, v případě pískových forem a jader se většinou neuplatní.

Uvolňování plynů ve formách a jádrech s homogenním složením začíná u povrchu, který^{je} ve styku s odlitkem. S posunem fronty teplot se přesouvá dále do hloubky formy. Podle velikosti objemu uvolněných plynů je ve formě rozlišeno několik zón, jež určují tzv. plynový režim forem a jader.

5. zkoušky a druhy jádrových a formovacích směsí

5. 1. Technologické zkoušky směsí

Hodnocení vlastností za syrova

- a/ vlhkost - stanovuje se z difference sušením při 105-110 °C do ustálené hmotnosti. Po vychladnutí v exikátoru se váží,
- b/ vaznost - základní zkouška formovacích, po případě jádrových směsí za syrova, ale není samo o sobě dostačující,
- c/ tekutost - pro provozní kontrolu je nejjednodušší stanovení tzv. volné tekutosti. Její hodnota je rozhodující pro chování směsi při formování. Stejná tekutost zajišťuje pravidelnost vlastností forem a jader, stejný stupeň upěchování, pravidelnost výsledků při vstřelování a pod. Volná tekutost se stanovuje na zařízení, v němž se 150 g formovací směsi proseje přes síto se světlostí ok 2 mm do trubky s uzavřeným dnem,
- d/ prodyšnost - její hodnota udává schopnost upěchované směsi propouštět plyny a páry. Vyjadřuje se počtem cm³ vzduchu, který se protlačí za 1 minutu částí zkušebního tělíska o průřezu 1 cm² a délce 1 cm při přetlaku vzduchu 100 N /m². Stanovuje se na normalizovaném válečku umístěném v pěchovací trubce.
- e/ prodyšnost po vysušení - měří se na normalizovaných válečkách, vsunutých po vysušení do přípravku s nafukovací manžetou, která váleček po obvodu utěsní.

Vlastnosti při lití.

- Mechanická pevnost - její hodnoty mají odpovídat namáhání formy a jádra litým kovem.
- Prodyšnost - umožňuje odchod plynů z formovací směsi. Závisí především na zrnitosti písku a objemové hmotnosti spěchované směsi.
- Plynatost - udává množství plynů vyvíjených směsí při lití. Není důležité jen množství plynů, ale též rychlost / kyne- tika / jejich vývoje. Tlak plynu na kov se projevuje ve dvou maximech, z nichž první nastávající tlak si během 5 až 10 sekund po zalití kovem, je rozhodující pro vznik bublin.
- Objemové změny směsi při lití - přílišná roztažnost formovacího materiálu vede u hlinitých směsí k zá- palům, u většiny směsí ke zhoršení vytloukání jader.

Průměrná pórovitost formy nebo jádra je výslednicí zrnitosti písku a objemové hmotnosti. Rozhoduje společně s dalšími přísadami o hladkosti povrchu odlitku. Zhrouti- vost je důležitá u jader, která musí povolovat tlaku smrš- ťujícího se kovu. Nepoddajné směsi mohou vést k trhlinám.

5.2. Používané druhy pojiv.

5.2.1. Vodní sklo.

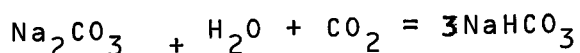
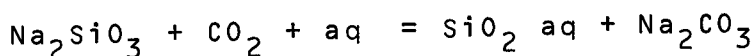
Po bentonitu je vodní sklo nedůležitějším anorganickým pojivem. Je to vhodný roztok křemičitanu sodného získaný jeho rozpuštěním za tlaku párou v autoklávu. Podle potřeby se dále upravuje louhem soudným a zahušťuje. Pro slevače je důležité znát hustotu a modul vodního sklad, t.j. molární poměr $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O}$. Praxe se ustálila v rozhodující míře na používání dvou typů vodního skla : vodní sklo sodné, upravené, hustota 1,345 kg/dcm³ modul 3,5., vodní sklo sodné zahuštěné, hustota 1,510 kg/dcm³ modul 2,5.

Vlastnosti a zkoušení vodních skel jsou obsaženy v čs. normě ČSN 65 3191. Tři obměny lišící se způsobem zpevnění směsi.

a/ Dehydratace vodního sklad vysušením forem jader nebo jejich částečným obeschnutím na vzduchu. Protože směs s vodním sklem jsou nevazné, přidává se ke zlepšení vaznosti jiné pojivo, zpravidla jíla. Jsou velmi pevné a obtížně se vytloukají.

b/ Vodní sklo se ztuží za přítomnosti přísady způsobující pozvolný jeho rozklad za vzniku gelovitého hydrátu kyslíčnicku křemičitého. Postup Nishyama /3/ využívá exotermické reakce mezi křemíkem prachového ferosilicia a vodního skla podle reakce $2 \text{Si} + 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} =$
 $= \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 4 \text{H}_2$. Tuhnutí způsobuje jednak dehydratace vodního skla vstupem vody do reakce, jednak odpaření vody účinkem tepla vybaveného exotermickou reakcí.

c/ Vodní sklo se rozloží rychle kyselinou. Ve slévárenské praxi se výhradně používá kysličníku uhličitého. Vodní sklo se rozkládá podle reakcí :



Podle Berga a Ivanova /5/ probíhá tvrzení ve dvou obdobích. V prvním se snižuje obsah hydroxidu sodného až na 0 a obsah uhličitanu sodného roste do maxima, při uvolnění tepla 86 kJ/mol. Vzniklá soda zadržuje 10 molekul krystalické vody a vykazuje tmelící vlastnosti. V průběhu druhého období se na úkor obsahu Na_2CO_3 tvoří kyselý uhličitan sodný NaHCO_3 bez obsahu krystalické vody a tedy bez tmelících vlastností. Zkoušky prokázaly, že objevení se NaHCO_3 vede k poklesu pevnosti směsi. Hydroxid sodný je tedy rozhodující složkou vodního skla při vytvrzování.

5.2.2. Pojiva odvozená od umělých pryskyřic.

Význam umělých pryskyřic ve slévárenství v posledních letech značně roste a jejich rychlý rozvoj ukazuje stále nové možnosti uplatnění.

Názvem umělé pryskyřice se označují látky, jejichž podstatou jsou makromolekulární látky, které lze tvářet teplem, tlakem nebo obojím současně. Podle toho, jak se chovají při zahřívání, dělí se pryskyřice na - termoplastické -, jejichž vlastnosti se při zahřívání mění vratně. Působením tepla tyto pryskyřice měknou a při ochlazení opět tvrdnou.

Termoreaktivní - které při zahřívání přecházejí nevratně do netavitelného a nerozpustného stavu.

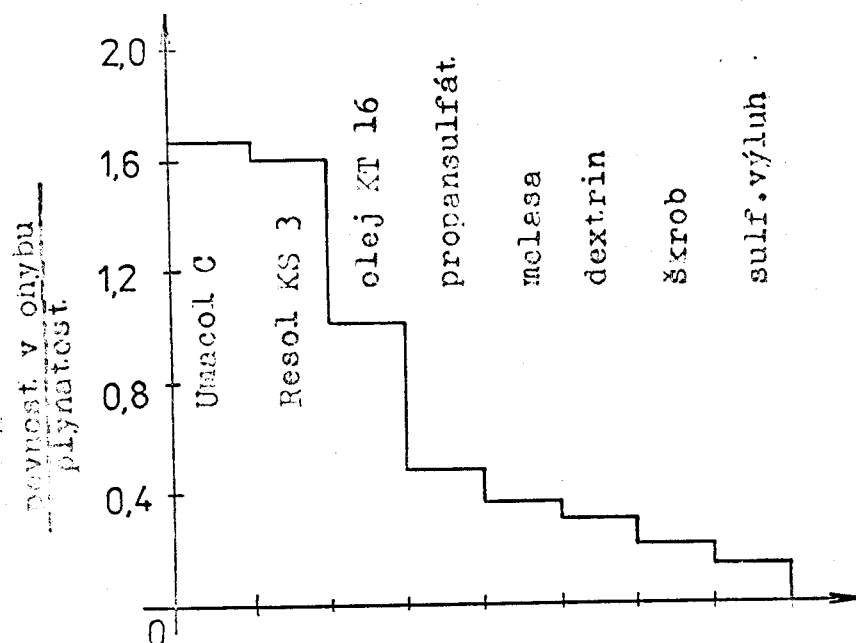
Základní pochody, kterými vznikají vysokomolekulární sloučeniny jsou polymerace a polykondenzace.

Pryskyřice používané ve slévárenství jako pojiva formovacích a jádrových směsí jsou termoreaktivní, přecházejí nevratně do netavitelného a nerozpustného stavu polykondenzací. Ve slévárenství nalezly pryskyřice toto uplatnění:

- a/ směsi na sušení,
- b/ skořepinové formování,
- c/ samovolně tvrdnoucí směsi,
- d/ metoda horkých jaderníků,
- e/ směsi s ovládaným ztužováním.

5.2.3. Pryskyřice pro směsi na sušení.

Nejdůležitějším druhem těchto pojiv jsou fenolformaldehydové pryskyřice. Výchozími látkami pro jejich výrobu jsou fenol C_6H_5OH a formaldehyd CH_2O . Reakcí mezi fenolem a formaldehydem vznikají postupnou kondenzací složitější sloučeniny - rezoly. Jsou to tuhé nebo kapalné hmoty snadno tavitelné, rozpustné v organických rozpouštědlech. Ve formě vodných roztoků rezol přicházejí pryskyřice do slévárny. Zahříváním, též dlouhodobým nebo nevhodným skladováním přecházejí rezoly postupně v rezitely kaučukovitého charakteru. V rozpouštědlech pouze bobtnají, ale do roztoku nepřecházejí. Dalším zahříváním vzniká ze současného vylučování vody z rezitelu rezit, konečný produkt polykondenzace. Sušení pryskyřice záleží v převedení rezolu na rezit a v odstranění reakcí vzniklé vody.



Pryskyřice mají proti olejovým pojivům tyto výhody :

- a/ rychlý průběh polykondenzace, umožňující zkrácení sušících dob o 50 - 70 %
- b/ proti olejům a jiným pojivům na sušení mají pryskyřičná pojiva nejmenší vývin plynů
- c/ vystupňovaná migrace pojiva k povrchu jádra při sušení snižuje otěr jader, vzniká méně zadrobenin
- d/ pojiva jsou méně citlivá k teplotě sušení než oleje, je menší nebezpečí přesušení nebo nedosušení jader.
- e/ zlepšuje se rozměrová přesnost sušených jader, protože pryskyřice vystavená teplotě rychle ztuhuje a nedochází k přechodnému poklesu vazkosti jako u olejů.

Nevýhody :

- a/ omezená skladovatelnost
- b/ nutnost přesnějšího dodržování technologických předpisů jádrových směsí
- c/ zvýšená lepivost a sklon k osychání
- d/ zhoršení hygieny práce - při práci je třeba dodržovat přísné hygienické zásady.

V našich slévárnách se nejvíce používají pryskyřice :

FRPA - 85 - fenolformaldehydová pryskyřice modifikovaná polyamidem,

- vhodná pro mechanicky namáhaná jádra
- nesnáší ředění vodou

Rezol KS 3 - fenolformaldehydová pryskyřice

Močovinoformaldehydové pryskyřice se neujaly - citlivější na sušení.

5.2.4. Pryskyřice pro skořepinové formování

základní složkou pojiv pro skořepinové formování jsou novolaky připravované kondenzací nadbytku fenolu s formaldehydem ve vodním prostředí za přítomnosti kyselin. K nevratnému vytvrzení je nutné dodat hexametyléntetraamin/ CH_2/N_4 , uvolňující zahřátím formaldehyd, potřebný k vytvoření rezitového prostorového síťoví a tím netavitelné makromolekuly.

Na našem trhu jsou pro skořepinové formování dodávány :

Tmel BT 3 - práškové pojivo s obsahem 10 + 1, - % hexametylentetraaminu

Fernal F 1170 - lihový roztok novolaku, ke kterému je nutné přidat příslušné katalyzátory.

Zatím so tmel BT 3 se dá použít jak pro práškové, tak i pro obalované směsi, Fernal F 1170 slouží výhradně přípravě směsí obalovaných.

5.2.5. Pojiva pro samovolně tvrdnoucí směsi

Pokud máme na mysli samovolně tvrdnoucí směsi s orga-

nickými pojivy, jsou převážně buď z furanových pryskyřic nebo z chemicky upravených olejů. Základním stavebním kamenem furanových pryskyřic je heterocyklická sloučenina furan, bezbarvá kapalina chloroformového zápachu s bodem varu 32-33 °C, nepatrně rozpustná ve vodě. Na trhu jsou tato pojiva naší výroby :

- Vitresit SL - furanaminoaldehydové pojivo vhodné pro odlitky ze šedé litiny a neželezných kovů, samovolné vytvrzení se dosahuje přísadou katalyzátoru SL a podle potřeby též urachlovače SL.
- Vitresit L - furanové pojivo, vhodné pro odlitky ze šedé litiny
 - zlepšená rozpadavost
 - vytvrzuje se Arexolem
 - má menší pevnost.
- Vitresit ORT - furanaldové pojivo s vyššími pevnostními hodnotami směsi
 - vyšší tepelná stálost, větší odolnost proti nyvlhání
 - vhodná na jádra pro ocelové odlitky.

5.2.6. Pojivo pro horké jaderníky.

Zpravidla vycházejí z furanových nebo fenolfarmaldehydových pryskyřic, kombinovaných často s močovinoformaldehydovými pryskyřicemi. Protože vytvrzení se dosahuje ohřevem, mohou být méně reaktivnější nebo se volí snížený obsah katalyzátoru, takže životnost směsi je lepší. U nás je na trhu pojivo FC resol, formaldehydová pryskyřice nastavovaná cukrem, s delší dobou vytvrzování /asi 2 min. Reaktivnější pojiva

jsou u nás teprve vyvíjena.

5.2.7. Pojiva pro studené jaderníky.

Jsou to pojiva organického charakteru, schopná zpevnit směs několika sekund za normální teploty. Pojivový systém je odvozen od uretanu a má tři složky. První - organický polyol je zdroj hydroxylových skupin, druhá obsahuje aktivní izokyanátové skupiny. Třetí složkou je katalyzátor /terciální amin /, který se převádí do jádra smíchán se vzduchem v lynné formě / 8,9 /. Zásadní nevýhodou tohoto způsobu jsou zhoršené hygienické a bezpečnostní podmínky. Pojiva nesmějí přijít ve styk s pokožkou. Pracoviště i lící pole musí být dokonale větráno.

Směsi pro horké jaderníky :

fenolformaldehydová pryskyřice FC - Moravské chem.
závody, n. p.
Ostrava 2

močovinoformaldehydová pryskyřice - Umacol C, CM-VCHZ
Synthesia, Semtín

Z názvu metody vyplývá, že se směs vpraví / zpravidla vstřelením / do vyhřátého jaderníku a jeho teplem se do-
tvrdí.

Výhody :

rozměrová přesnost
vysoká produktivita
zlepšené využití výrobních ploch
snadné čištění odlitků
nižší zmetkovitost jader a odlitků

Nevýhody :

vyšší náklady na jádrovou směs

vyšší náklady na jaderníky

Proti skořepinovým jádrům se zkracuje doba na vytvrzení o 60-70 %, celý cyklus až o 50 %.

Používají se tyto základní druhy pojiv :

močovina - furfurylalkohol

močovina formaldehydová + fenolformaldehydová pryskyřice

fenolformaldehydová + furfurylalkoholová pryskyřice
+ močovina

fenolformaldehydová + furfurylalkoholová pryskyřice
fenolformaldehydová pryskyřice

Podstatou katalyzátoru je obecně kyselina a močovina.

Posledně jmenovaná látka zkracuje dobu vytvrzování až na třetinu. Zkracování doby vytvrzování má ovšem smysl pouze tehdy, je-li delší než vlastní operace zařízení.

Pokud se pracuje s katalyzovanými, reaktivnějšími směsmi, platí o výběru písku a způsobu přípravy totéž co pro furanové směsi samovolně tvrdnoucí. Dodržení doby míchání není rozhodující pro životnost směsi, pokud se směs nezahřeje. Použití průběžných mísiců je neúčelné, směsi lze připravovat centrální úpravou. Životnost směsí správně připravených a skladovaných za normální teploty bývá 3 - 6 hodin. Směsi jsou velmi dobře tekuté, vhodné k práci na vstřelovacích strojích, představujících základní zařízení výroby jader touto metodou.

Pevnost směsi po ztvrdnutí závisí na druhu a zrnitosti použitého písku, druhu pojiva a katalyzátoru, jejich množství ve směsi, vytvrzovací doby a teploty jaderníků. Obsahy

pojiva bývají nejčastěji od 2 do 2,5 %, obsah katalyzátoru od 0,1 do 0,5 %.

Furanová pojiva vyvinutá výhradně pro metodu horkých jaderníků u nás zatím nemáme.

Příklady směsí :

A/	křemenný písek	95	kg
	Fesol FC	4,5-5,5	kg
	kyselina boritá	0 - 02	kg

Kyselina boritá se přidává k dosažení větší hloubky pro tvrzení akumulovaným teplem po uvolnění jader z jaderníku.

B/	křemenný písek	95	kg
	Glukopren	5,0	kg

Jedna z prvních směsí pro horké jaderníky, dnes se s ní již nepracuje.

C/	křemenný písek	100	kg
	Corephenit	1,5-3,0	kg
	katalyzátor /kyselina/	2-3 ml/směsí	

Pojivo se dováží z NDR a patří k velmi dobrým pojivům z těch, která jsou u nás dostupná.

D/	křemenný písek	97,5	kg
	katalyzátor SL	0,2	kg
	Vitresit SL	2,0	kg
	FRPA	2,0	kg
	petrolej	0,1	kg

E/	křemenný písek	98,0	kg
	kyselina boritá	0,1	kg
	Umacol CM	2,0	kg

Pevnost v ohybu, dosahované u těchto směsí, jsou v rozmezí 3,0-5,0 MN/m² podle složení a podmínek vytvrzování. Vytvrzená jádra ztrácejí skladováním ve vlhkém prostředí pevnost a přijímají vlhkost, podobně při použití vodních

nátěrů nebo založení do syrových forem delší dobu před litím. Pečlivě se musí vybírat pojiva na jádra pro ocelové odlitky, u nichž se kromě nízké navlhavosti nemá vyskytovat dusík.

Směsi jsou velmi dobře rozpadavé a usnadňují čištění odlitku. Jakost povrchu odlitků je přibližně stejná, jako od olejových směsí. Náhlé zhoršení povrchů může být způsobeno sníženou tekutostí směsi, zhoršenou vstřelovatelností. Proto v tomto případě pod životností směsi rozumíme nejen zachování si hodnot pevnosti a otěru po vytvrzení, ale též tekutosti potřebné ke vstřelení. K zhoršení tekutosti, může dojít např. předávkováním katalyzátoru použitím teplého písku, vyšší teplotou okolí.

6. Jádrové směsi používané pro výrobu zkušebních
vzorků podle AZNP.

6.1. Metoda CROWNING - suroviny :

popis a použití : Fernal F1170 je lihový roztok fenolformaldehydové pryskyřice novolakového typu. Používá se jako pojivo do směsí pro výrobu skořepinových forem a jader vyráběných metodou Crowing. Dodává se ve třech jakostech, které se liší délkou toku. Pro výrobu obalované směsi na skořepinové formy jádra používáme Fernal jakosti A s nejkratší délkou toku.

Norma : TP-PN-506-63

Dodavatel : Moravské chemické závody n.p. Ostrava I.

Cena : Jakost A-11, 20.- Kčs / kg

Technické požadavky :
Laboratorní kontrola
1/ hustota 1,07 - 1,12 neprovádí se
2/ sušina 65,- 72,- % jeden vzorek z každé šarže
3/ viskozita /měřeno Fordovým pohárkem dle ČSN 67-30-13 / tryska Ø 4 mm min. 150 sec. " "
4/ délka toku max. 30 mm " "
5/ bod měknutí s přídavkem 10 % min 93 °C neprovádí se

Poznámka : 1/ Fernal je hořlavina první třídy. Proto je nutné zachovat při jeho zpracování bezpečnostní opatření dle ČSN 65 02 01.
2/ V provozu AZNP Mladá Boleslav se používá pro výrobu všech druhů obalované směsi výhradně Fernal jakosti A.

Katalyzátor K 822

popis a použití : Katalyzátor K 822 je prášková přísada pro

tepelné vytvrzování Fernalu. Skládá se ze tří složek :

Hexamethylentetraaminu - který je kondenzační kompenzátor, jež se zúčastňuje kondenzační reakce.

Stearan vápenatý - dělicí prostředek pro snadnější snímání skořepiny z kovové formy.

Siloxilu - příznivě působí proti opadávání směsi z modelové desky.

Katalyzátor K 822 se dávkuje do všech směsí pro výrobu skořepinových forem a jader.

Norma : TPD - 16-130-63

Dodavatel : Moravské chemické závody n.p. Ostrava I.

Cena : 13,40 Kčs / kg

Technické požadavky: 1/ Obsah hexamethylentetraaminu - 65,5 -
- 67,5 %

2/ zbytek po vyžihání / obsah siloxidu
/ min. 12,0 % /

3/ obsah hrudek max. 1,0 %.

Poznámka : Obsluhu mísiče Fordath je nutno chránit před prašností. Siloxid je prachová SiO_2 , z toho důvodu je nutné, aby obsluha mísiče Fordath používala při práci s katalyzátorem respirátor.

6.2. Metoda HOT - BOX

Corephenit HB - S, HB Z

Popis a použití : Corephenit je Fenolformaldehydová pryskyřice, která se používá jako pojivo pro výrobu jader metodou HOT-BOX.

Dodavatel : VEB Chemische Werke, Cottbus NDR přes
PZO Chemapol

Cena : HB S 8,84 Kčs / kg

HB ZLO 289 Kčs / kg

Technické
požadavky

- :
- 1/ viskozita - měřeno Fordovým pohárkem
Ø trysky 4 mm při 20°C 20-40 sec.
 - 2/ vstupní kontrola :
z každé výrobní šarže došlé pryskyřice
bude vstupní kontrolou odebrán vzorek,
u kterého bude provedena kontrola vis-
kozity, kontrola pevnosti za stejných
podmínek, jako u dodavatele, výsledek
zkoušek bude porovnán s došlým atestem.
- A/ Zkušební podmínky pro rychlost vytvrzo-
vání :
- Složení směsi :
- | | |
|--|--|
| písek Hohenbockear | 97,5 % |
| katalyzátor HB 60 | 3 ml/kg směsi |
| Corephenit | 2,5 % |
| Vstřelovací tlak | 6 atm |
| Vytvrzovací teplota | 300 C |
| Vytvrzovací časy | 10-60 sec, |
| Počet tělísek pro stanovení
průměrné chybové pevnosti | 3 ks |
| rozměry tělísek | 22,4 x 22,4 x 170 mm |
| Okamžik stanovení chybové
pevnosti | 1 hod. po vstřelu |
| Min.pevnost | 30 kp/cm ² se musí dosáhnout
za dobu vytvrzování 20-30-60 sec. |
- B/ Provozní zkoušky :
- Z každé došlé výrobní šarže pryskyřice
Corephenit bude připravena 100 kg zku-
šební dávka za provozních podmínek.
30 ks vyrobených jader z této směsi bu-
de zkompletováno a vyhodnoceno v provo-
zu M2 co se týče bublin. O výsledku
zkoušky podá zprávu OTK. V případě ne-
příznivého výsledku bude tato zkouška
opakována s větším počtem jader. Bude-li
i tato zkouška negativní, provede se
reklamace u dodavatele.

c/ Náhrada provozní zkoušky stanovením obsahu N_2 v pryskyřici, kontrola dusíku v pryskyřici se bude provádět v chemické laboratoři u každé dodané šarže. Obsah dusíku nesmí být vyšší než 2,5 %. Na základě výsledků této nebo provozní zkoušky bude rozhodnuto o zařazení celé šarže do sériové výroby.

skladovatelnost : tři měsíce / max. 6 týdnů - doporučuje dodavatel /

Směs č. S-1

1/ Použitelnost: Směs se používá pro následující druhy skořepinových jader.

Jádro pro vložku válců číslo dílu 161.0.1006-184.6

2/ Dávkování :

Křemičivý písek ŠH	100 dílů	250 kg
Katalyzátor K 822	045 dílů	1,1-1,2 kg
16 % Hexy na sušinu Fernalu		
Fe_2O_3	0,12 dílů	0,40 kg
Fernal F 1170	3,0 dílů	7,5-8,5 kg
	Odpovídá sušině 2,6 dílů	

3/ Mísení :

Doba předmísení K 822 + Fe_2O_3	2 min. /čistý čas/
Doba předmísení F 1170	2 min. /čistý čas/
Doba vysoušení	12 min.
Celková doba přípravy jedné dávky cca	17 min.
Teplota vysoušení	130 - 150 °C

4/ Poznámka : Je nutné bezpodmínečně dodržovat mísení písku s katalyzátorem Fernal a dobu vysoušení. Obsluha mísiče při mísení musí používat ochranných pomůcek do prašného prostředí / respirátor /.

K 822 vážit každou dávku. Fernal vážit na počátku směny v průběhu směny odměřovat plnosti nádoby. Nádobu na Fernal jednou týdně čistit.

5/ Směrné hodnoty obalované směsi :

Ztráta žiháním	2,5 - 3,0 %
Pevnost v tahu za horka	188-312 Psi
" " "	25 - 35 ALHA
Zrnitost D 50	0,24-0,30 mm
Obsah Hexy	9,0 - 12,0 %

6/ Laboratorní kontrola :

Ztráta žiháním : je základní zkouškou na základě jejíhož výsledku rozhoduje laborator o použitelnosti směsi. Provádí se jedenkrát za směnu a při reklamaci směsi.

Pevnost v tahu za horka : z každé dávky jeden vzorek

Obsah Hexy - při reklamaci a při podezření na špatně nadávkovaný katalyzátor

Zrnitost - informativně dle potřeby.

Směs_č._S_2

1/ Použitelnost : Pro skořepinová jádra.

Jádro třmen diskové brzdy 161.0-3841-000.6

Jádro výfukového potrubí 161.0-1163-204.6

2/ Dávkování :

Křemičitý písek SH	100 dílů	250 kg
katalyzátor K 822	0,84 dílů	2,0-2,2 kg
Fe_2O_3	0,5 dílů	1,25 kg
Fernal	5,0 dílů	12 - 13 kg

3/ Mísení :

Doba předmísení K 822 + Fe_2O_3 1 min. /čistý čas/

Doba předmísení F 1170 1 min. /čistý čas/

Doba vysoušení 12 min.

Celková doba přípravy jedné dávky cca 17 min.

Teplota vysoušení 130 - 150 °C

4/ Poznámka :

Je bezpodmínečně nutné dodržovat mísení písku s katalyzátorem, Fernalem a dobu vysoušení. Obsluha misiče používá respirátor.

K 822 navažovat pro každou dávku.

Fernal vážit na počátku směny, v průběhu směny odměřovat plnosti nádoby. Nádobu čistit jednou týdně.

5/ Směrné hodnoty obalované směsi :

Ztráty žiháním	3,4 - 4,3 %
Pevnost v tahu za horka	238 - 412 Psi
Obsah Hexy	12,5 - 14,0 %
Zrnitost D 50	0,25 - 0,30 mm

6/ Ztráta žiháním :

základní zkouška na jejímž základě rozhoduje laborator o použitelnosti směsi. Provádí se jedenkrát za směnu a při každé reklamaci směsi.

Pevnost v tahu za horka z každé dávky jeden vzorek / buď na přístroji ALHA nebo na přístroji od H. W.

/Dieterthal/.

Obsah Hexy - při reklamaci směsi.

Zrnitost - informativně dle potřeby.

Směs-č.-S-4-

1/ Použitelnost : skořepinová jádra

kolínkové jádro 161.0.1003-293.6

2/ Dávkování :

křemičitý písek ŠH tříděný	100	dílů	250	kg
katalyzátor K 822	1,8	dílů	2,4-2,6	kg
Fe ₂ O ₃	0,5	dílů	1,25	kg
Fernal	5,8	dílů	14 --16	kg

3/ Mísení :

doba předmísení K 822 + Fe ₂ O ₃	1 min.	/čistý čas/
doba předmísení F 1170	1 min.	
vysoušení	12 min.	
celková doba přípravy	cca 17 min.	
teplota vysoušení	130 - 150 °C	

4/ Poznámka :

je bezpodmínečně nutné dodržovat mísení písku s katalyzátorem, s Fernalem a dobu vysoušení. Obsluha misciče při práci používat respirátor.

K 822 - navažovat pro každou dávku.

Fernal - vážit na počátku směny, v průběhu směny odměřovat plnosti nádoby. Nádoby čistit jedenkrát týdně.

5/ Směrné hodnoty obalované směsi :

Ztráta žiháním	4,0 - 5,0 %
Pevnost v tahu za horka	40 - 63 ALHA
Obsah Hexy	12,5-14,0 % vůči Fernalu
Zrnitost D 50	0,25 - 0,30 mm

6/ Laboratorní kontrola :

Pevnost v tahu za horka	z každého koše
Ztráta žiháním	jedenkrát za směnu
Zrnitost a obsah Hexy	v případě reklamace

Směs_Č._H_1_

1/ Použitelnost :

Hot-Box na stroji Sutter	
Spodní plášťové jádro	161.0.1003-260.6
Vrchní plášťové jádro	161.0.1003-260.6

2/ Dávkování : /ramenový mísič /

křemičitý písek 027-tríděný	100	dílů	100	kg
katalyzátor HCL 1:2	50 -90	dílů	50-90	ml
pryskyřice Corephenit	2,2	dílů	2-2,3	kg

3/ Mísení : / ramenový mísič /

písek + katalyzátor	3 min.
pryskyřice	3 min.
celková doba mísení	6 min.

4/ Poznámka :

udané rozmezí dávkování Corephenitu a katalyzátoru je z důvodu proměnlivosti kvality jednotlivých šarží pryskyřice Corephenitu.

5/ Směrné hodnoty směsi :

Pevnost v ohybu za studena	3,93 - 6,86 MPa
/ vytvrzovací čas 70 sec. /	40 - 70 kg/cm ²
PH směsi	4 - 5
Životnost směsi	max. 6 hodin

6/ Laboratorní kontrola :

PH směsi z každého připravovaného koše
pevnost v ohybu třikrát za směnu
příprava směsi H 1 na kontinuálním mísiči Sutter č. 1
Dávkování :
křemičitý písek 100 dílů 65 kg
katalyzátor HCL 1:2 1 díl 30 - 50 ml
Corephenit 2,2 díly 1,5 kg

Směs č. H 2

1/ Použitelnost :

jádra Hot-Box
základové jádro

161.0.1003-259.6
161.0.1003-260.6

svíčkové jádro

161.0.1003-259.6
161.0.1003-260.6

Technologický předpis pro přípravu směsi na kontinuálním mísiči Sutter SP 50 10

2/ Dávkování :

křemičitý písek 027 100 dílů 70 kg/min.
katalyzátor HCL 1:2 3 díly 180-210 ml
pryskyřice Corephenit 2,3 díly 1,45-1,55 kg/min.
S každou novou výrobní šarží pryskyřice Corephenit stanoví písková laboratoř vhodné dávkování pryskyřice a katalyzátoru pro optimální hodnoty směsi.

3/ Mísič Sutter SP 50 10 č. 3

Písek je skladován v násypce opatřené šoupátkem, které je ovládáno pneumatickým válcem. Pryskyřice se dávkuje do mísících žlabů pomocí čerpadla a potřebí, katalyzátor spádem přes trysku ze zásobní nádoby. Mísící žlaby jsou opatřeny uvnitř hřídeli, na nichž jsou lopatky rozloženy ve tvaru šnekovice. V jednom žlabu se mísí písek s pryskyřicí. Ve spodním žlabu dochází ke společnému smísení obou směsí. Výkon mísiče je 65 kg/min.

- 4/ Směrné hodnoty směsi :
- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Pevnost v ohybu za studena | 2,45-4,0 MPa |
| / doba vytvrzování 45-50 sec. / | 25,0-50,0 kg/cm ² |
| pH směsi | 2,3 - 3,5 |
| Životnost směsi | max. 5 hodin |
- 5/ Laboratorní kontrola :
- | | |
|-----------------|------------------|
| pH směsi | z cca 50 % dávek |
| pevnost v ohybu | z cca 50 % dávek |

Směs_č._H_2

- 1/ Použitelnost : jádra metodou Hot-Box
levý diferenciál 161.0.2042-175.6
- 2/ Směrné hodnoty směsi :
- | | |
|--|--------------------------|
| Pevnost v ohybu za studena | 2,94-4,9 MPa |
| / doba vytvrzování / 45-50 sec. / | 30-50 kg/cm ² |
| pH směsi | 3,5 - 4,5 |
| životnost směsi | max. 6 hodin |
| pevnost v ohybu za studena LD | 2,44-4,9 MPa |
| příprava směsi H 2 na kontinuálním mísiči Sutter č.2 | |
| dávkování : křemičitý písek 027 | 100 dílů 80 kg |
| Fe ₂ O ₃ přesátý | 0,5 dílů 0,4 kg |
| katalyzátor HCL 1:2 | 3 díly 200 ml |
| Corephenit | 2,4 dílů 1,9-2,1 kg |

Směs_č._H_3

- 1/ Použitelnost : jádra metodou Hot-Box na ALBĚ
žebrové jádro 161.0.1003-259.6
- 2/ Dávkování :
- | | | |
|--|------------|----------|
| křemičitý písek 027 | 100 dílů | 100 kg |
| Fe ₂ O ₃ přesátý | 0,5 dílů | 0,5 kg |
| katalyzátor HCL 1:2 | 3 díly | 300 ml |
| pryskyřice Corephenit | 3,3,5 dílů | 3-3,5 kg |
- 3/ Mísení :
- | | |
|--|--------|
| písek + Fe ₂ O ₃ | 1 min. |
| s katalyzátorem | 3 min. |
| pryskyřice | 3 min. |
| celková doba mísení | 7 min. |

4/ Poznámka :

Udané rozmezí v dávkování Corephenitu je z toho důvodu, že jakost používaného písku 027 je značně proměnlivá co se týče obsahu prашných podílů i středního zrna D 50 a i jednotlivé dávky Corephenitu jsou od sebe kvalitou / co se týče pevnosti / rozdílné.

5/ Směrné hodnoty směsi

pevnost v ohybu za studena	3,92 - 6,86 MPa
/ vytvrzovací čas 45-50 sec. /	40-70 kg/cm ²
životnost směsi	max. 6 hodin

6/ Laboratorní kontrola :

pevnost v ohybu	z 50 % dávek
-----------------	--------------

Směs č. H-4

1/ Použitelnost :

jádra vyráběna metodou Hot-Box

jádro ssacího potrubí

202.0.1161-201.6
202.0.1161-209.6
202.0.1161.243.6

2/ Křemičitý písek 027 - tříděný

100 dílů 100 kg

Katalyzátor HCL 1:2

2 díly 200 ml

pryskyřice Corephenit

1,2-1,4 díly 1,2-1,4 kg

3/ Mísení :

písek + katalyzátor

3 min.

pryskyřice

3 min.

celková doba mísení

6 min.

4/ Poznámka :

udané rozmezí v dávkování Corephenitu je z toho důvodu, že jakost písku 027 je značně proměnlivá, co se týče obsahu prашných podílů i středního zrna D 50 a i jednotlivé dávky Corephenitu jsou od sebe kvalitou / co se týče pevnosti / rozdílné.

5/ Směrné hodnoty směsi :

pevnost v ohybu za studena	2,66 - 3,24 MPa
/ doba vytvrzování 45-50 sec.	27-33 kg / cm ²
životnost	max. 6 hodin

6/ Laboratorní kontrola :

pevnost v ohybu	z každé připravené dávky
-----------------	--------------------------

Hüttenes - Albertus, Postfach 110 540 - 4 000 Düsseldorf 11 NSR

Corephenit HB Z	97,5 %	písku 027
	1,8 %	Corephenitu
	0,12 %	Härter HB 6 G = HCL 1:2
		/ na 1 kg = 1 ml kataly- zátoru /

VEB Chemische Werke Cottbus DDR - 75 Cottbus,
Raussener Strasse 40

Usner 100 kg písku 027
4 kg Rustolu U 600 A1
1,4 kg katalyzátor K 822 ČSSR
Rudolf Usner - Chemisch - technische Produkt A - 5412
Puch bei Hallein Austria

Fursable Rezin = močovina + Furanfurfuryl-
 alkohol + Fenol
100 hd písku 027
 2 % pojiva Fursable 79 THB 79
 katalyzátor FC 23 25 % na
 obsah pojiva
 ramenová míchačka
Fabricant Borden France SA Division Boniface

Obalovaná směs Fernal 1170 pro šedou litinu pro jádra na stro-
jích Loramendi Španělsko

100 kg písku
9 kg pojiva
200 g KMnO_4
snížení hladiny volných fenolů
v ovzduší

Obalovaná směs AZNP Fernal 1170 pro formy + přísada kyseliny
salicylové 0,3 % na pojivo, zvýšit pevnost,
aby se snížilo pojivo.

7.0. Metody měření plynotvornosti.

Metody měření plynotvornosti můžeme rozdělit do dvou skupin podle toho, zda se snaží laboratorně modelovat tepelné namáhání jádrových a formovacích směsí, či přímo experimentálně zjišťovat množství plynů, které vznikne zalitím jádra taveninou o zvolené teplotě. Jde tedy o metody:

1. Nepřímé—nebo—li laboratorní.

2. Přímé tzv. provozní.

Pro posouzení jakosti nestačí znát jen velikost objemu uvolněných plynů, ale i čas potřebný k jeho vývinu. Je známo, že plyny jsou odlitku nebezpečné jen do doby než se vytvoří dostatečně pevná kůra, těsně po odlití, která zamezí vnikání plynů do taveniny odlitku a vznik vad, jak o tom bylo pojednáno v dřívějších kapitolách.

Dosud nedošlo k žádnému sjednocení metod. U jednotlivých zkoušek se liší i teploty, při kterých jsou měření prováděna, takže nelze hodnoty plynotvornosti z různých zkoušek získané porovnávat vzájemně. Je možné porovnávat pouze hodnoty obdržené jednou zvolenou metodou.

7.1. Metody přímé — provozní.

Přímé metody používají buď formy a jádra zkoumaného odlitku nebo speciální vzorky různým způsobem upravené. Směs je přechovávána, ohřev proveden tekutým kovem. Velikost objemu vznikajících plynů je snímána tlakoměry a plynoměry.

7.1.1. Metoda Spaského.

Směs je zaformována v keramickém prstenci a odvod plynů z jeho středu je křemenou trubkou, která ústí do speciální nádoby, která je hermetická a je opatřena tlakoměrem. Tlakoměr je membrána ze slabého plechu a na ní jsou tenzory snímající průhyb. Objem uvolněných plynů se vypočítá ze znalosti tlaku a vnitř-

ního objemu nádoby.

7.1.2. Metoda Jašina

Směs je zaformována do speciálního tvaru. Takto připravený vzorek je vložen do kovové formy, tak že roztavený kov přitéká na spodní část vzorku. Po zalití kovem se prstenec uvolní a rozpadá. Podle míry rozpadnutí lze usuzovat na plynotvornost. Objem plynů se stanovuje podle empirických vztahů.

7.1.3. Metoda P. Berga

Vzorek je kruhového tvaru o průměru 150 mm s pracovním povrchem 176 cm^2 . Pro snadný a bezpečný transport vzorků je kovový prstenec se směsí. Vzorek se zalévá vtokovou soustavou. Objem uvolněných plynů ze vzorku se měří plynoměrem. Chceme-li obdržet přesný výsledek je nutno měřit i teplotu plynů a výsledek podle ní opravit.

7.1.4. Metoda Piščeva

Plyny jsou odváděny ze vzorku umístěného ve středu kovové formy pomocí trubky, která je napojena na měřicí přístroj tlaku a objemu. Hodnoty jsou odečítány v předem určených časových intervalech. Vzorek je možno zalévat dvěma způsoby, ale vždy celý.

7.2. Metody nepřímé — laboratorní

Při laboratorním měření plynotvornosti zahříváme rozmělněnou navážku zkoumané směsi v peci vyhřáté na zvolenou teplotu $600 - 1300^\circ\text{C}$. K měření se používá tzv. vlastní atmosféry, kde je zaručena stálost případných vlivů, vyloučena je možnost hoření za přítomnosti vzdušného kyslíku. Používá se CO_2 a N_2 nebo jiný netečný plyn. Plynotvornost lze určit dvěma způsoby:

a/ Měření tlaku vznikajících plynů v závislosti na čase.

b/ Měření objemu vznikajících plynů v závislosti na čase.

Laboratorní zkoušky mají tyto nevýhody:

- a/ Měření nepostihuje vliv relativní tloušťky stěny odlitku.
- b/ Vzorek je prohříván konstantní teplotou, přičemž v praktických podmínkách je teplota prohřátí jádra různá.
- c/ Žádné z těchto měření nemůže ukázat celkový akční tlak plynů z jádra v přímé souvislosti se stavem tuhnutí.

7.2.1. Měření na přístroji Ströhlein.

Vzorek se vkládá do Marsovi pece vyhřáté na teplotu 1250°C . Měří se čas a množství vyvinutého plynu. Množství plynu se odečítá na kalibrované byretě z níž je kapalina plynů vytlačována do vyrovnávací nádržky. Odečítaný objem nesouhlasí se skutečným uvolněným objemem, protože tlak není konstantní, ale narůstá s poklesem hladiny.

7.2.2. Měření na přístroji PGD-fy Georg Fischer +Gf+.

Tento přístroj vlastní v ČSR ČKD Praha závod Slévárny, autorizovaná písková laboratoř jejímž vedoucím je s. Duda Josef. Přístroj používá teplotu $800 - 850^{\circ}\text{C}/\text{max. } 1000^{\circ}\text{C/}$ a atmosféru N_2 . Navážka má hmotnost 1g.

Přístroj PGD neregistruje objem vzniklých plynů, ale sleduje jejich tlak pomocí vodního manometru. Je opatřen zapisovacím zařízením, které sleduje hladinu v tomto manometru. Současně se vstřelením vzorku je sledován čas. Měření končí při maximální hodnotě tlaku plynu s odečtením příslušného času.

Měření na tomto přístroji v ČKD Praha mělo být provedeno pro srovnání i v rámci této diplomové práce. Přístroj tohoto druhu je v ČSR jediný a v době vypracování diplomové práce, zde bylo prováděno měření v rámci státního úkolu pro většinu sléváren.

Měření na tomto přístroji má význam pro porovnání výsledků u nás a v cizině.

7.2.3. Měření podle AZNP.

Měření množství plynů podle Mladé Boleslavi se provádí na zařízení, které zde bylo pro tuto potřebu zkonstruováno. Pro svá měření jsem musel celé zařízení přetěsnit a vyměnit gumové hadice. Vzorek se vkládá pomocí keramické lodičky do trubkové elektrické pece vyhřáté na 1000°C . Měření se provádí objemovou metodou tj. plyny z pece se přivádí do byrety, kde vytlačí určité množství kapaliny. Současně s vložením vzorku se začíná odečítat v určitých intervalech /5 sekund/ hodnoty objemu plynu, čímž měření zachycuje průběh změny objemu na čase. Celkové uspořádání měřicího zařízení je shodné se zkouškou podle Ornsta.

8.0. Zařízení použité k měření plynotvornosti.

Ve slévárně AZNP v Mladé Boleslavi se používá zařízení k měření plynatosti zkonstruované v AZNP, jehož princip je popsán v kapitole 7.2.3. Zařízení bylo pro daná měření nutno přetěsnit a upravit, aby nedocházelo ke zkreslení vlivem měřicího zařízení.

Cílem této práce bylo porovnání kinetiky plynů z jadrových směsí používaných ve slévárně AZNP, se směsmi ze zahraničních podniků. Vzorky byly získány pro metodu Crowning a Hot-Box přesně podle výrobních způsobů uplatňovaných v AZNP a návodů jednotlivých firem jak jsou uvedena v kapitole 4.

8.1. Polykondenzace fenolformaldehydové pryskyřice.

Pojiva pro metodu Crowning i Hot-Box obsahují FF-pryskyřici, která se za zvýšené teploty rozpadá. Převládají reakce zvětšující její molekulovou hmotnost.

a/ pod teplotou 170°C reaguje metylová skupina s reaktivním vodíkem jiného fenolického jádra, tvoří se metylenový můstek a odštěpuje se voda.

b/ nad teplotou 200°C dochází k částečné ztrátě FF-pryskyřic a neodštěpuje se již voda. Tato reakce je provázena zhnědnutím až zčernáním pryskyřice podle velikosti teploty.

8.2. Popis principu činnosti aparatury a její obsluha.

Princip měření objemů plynů je odvozen od objemového měření. Snímání a zpracování informací provádí obsluha.

Činnost: Po zapnutí elektrické pece a jejím vyhřátí na 1000°C

je možno začít s měřením. Před prvním měřením se provádí tzv. "nulový pokus s lodičkou", kdy se provede vynulování byrety, vloží se prázdná lodička a vzduchotěsně uzavře. Tím se zjistí nulový základní objem, z kterého se vychází.

Trubka se otevře a lodička se vyndá. Tím je vše připraveno pro vlastní měření. Provedeme vynulování byřety a do pecní keramické trubky vložíme keramickou lodičku. se vzorkem o hmotnosti 1g a vzduchotěsně uzavřeme. Současně se zapínají stopky, z kterých se odečítají pěti sekundové intervaly. Obsluha musí mít alespoň tři pracovníky. Jeden odečítá byřety hodnoty objemů, druhý sleduje časový interval a zapisuje hodnoty, třetí připravuje vzorky.

Použité zařízení: pec Elektrodružstvo Praha

typ MP 62 IP 220 V 50 Hz

regulované napětí 10-140 V

jmenovitá teplota 1300°C

č. 457/1972

příkon 1500 W

inv. č. 45651 - 869

byřeta výrobce Kavalier

obsah 50 ml

teploměr do teploty 1200 °C

220 V - 9 A

váhy výrobce Mettler

stopky výrobce Elektročas

typ TS 1 220 V 50 Hz

příkon 10 W

výrobní číslo 69 13 29



Použité měřicí zařízení.

8.3. Příprava vzorků.

Vzorky byly dvojiho druhu. První byly vzorky jader vzatých z výroby, z kterých byla odškrábána navážka 1g. Odškrábání bylo provedeno z kraje, z připečené vrstvy a ze středu vzorku. Vzniklá navážka byla nasypána do lodičky. Vzorky z výroby byly připraveny přímo na provozních strojích. Tím se získaly vzorky o provozních vlastnostech, tak jak se používají k výrobě. Druhý druh vzorků byly vzorky nových směsí, které se měly ověřit pro provoz v Mladé Boleslavi. Ty byly namíchány podle firmních návodů /kap. 4/ a vytvrzeny do podoby terčů na vstřelovacím stroji pro laboratorní účely. U těchto vzorků se stanovovala plynatost i v závislosti na teplotě a času vytvrzení. Volil se proto rozsah teplot a časů:

180°C/60 sec.

200°C/60 sec.

220°C/60 sec.

250°C/60 sec.

300°C/60 sec.

350°C/60 sec.

400⁰C/60 sec.

400⁰C/70 sec.pro Corephenit 2%

400⁰C/120sec.pro Corephenit 2%

8.4. Výhody a nevýhody použité metody.

8.4.1. Nevýhody.

Při odečtu hodnot plynotvornosti z byřety dochází k nepřesnosti způsobené: a/ nemožností přesně sledovat hladinu v byřetě.

b/ zpoždění smyslů při vlastním odečtu hodnot ve stanovených intervalech.

c/ kolísání tlaku při měření.

d/ použití křehké lodičky pro vkládání vzorku směsi/vyžaduje opatrnou manipulaci/.

e/ malá hmotnost navážky 1g zvyšuje nároky na přesnost vážení.

f/ zařízení musí obsluhovat tři pracovníci.

8.4.2. Výhody.

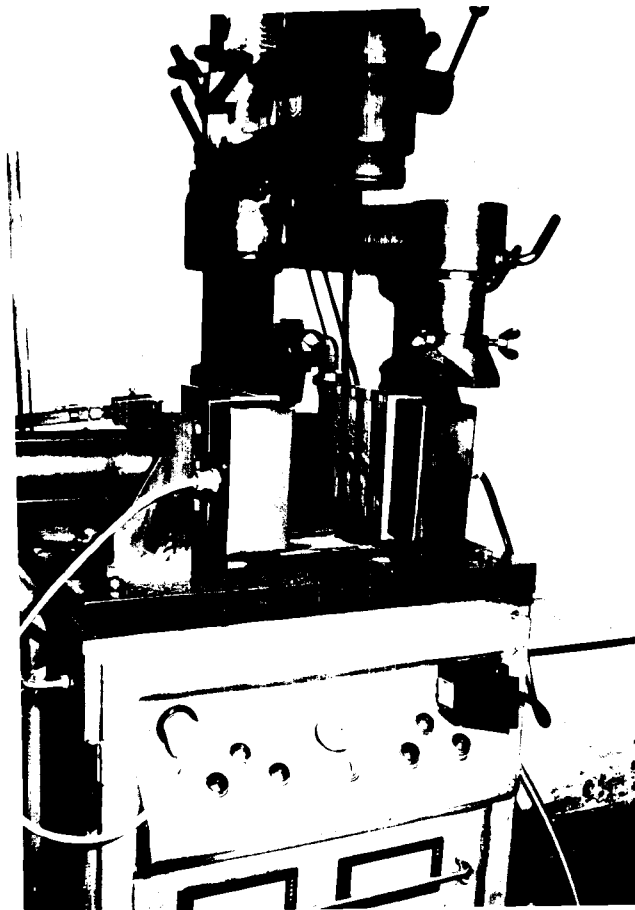
a/ vysoká univerzálnost této metody/lze aplikovat i v jiných oborech/

b/ zařízení používá tzv.vlastní atmosféru není třeba profukovat celé zařízení CO₂,N₂ nebo jiným plynem.

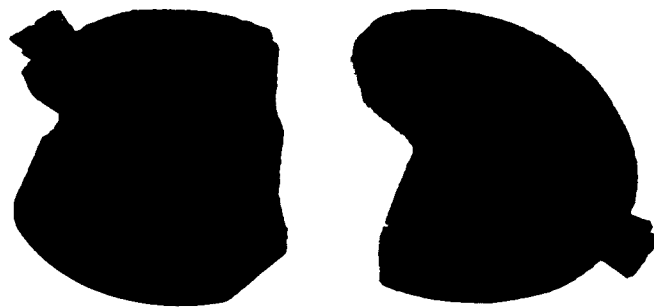
c/ pohodlná a nenáročná obsluha s možností okamžitého vyhodnocení výsledků po měření.

d/ provedení zkoušek není časově náročné.

e/ snadné a vyhovující porovnání jednotlivých vzorků,které lze provést hned po měření.



Vstřelovací stroj pro přípravu vzorků.



Způsob odběru vzorků.

9.0. Výsledky měření - tabulky.

Výsledky měření prováděných v této práci jsou seřazeny pro přehlednost v tabulkách. Hodnoty plynotvornosti jsou získány průměrem tří měření. Z této průměrné hodnoty jsou sestavovány grafy, jež jsou uvedeny v grafické příloze.

Měření množství plynů ze vzorků vzatých z výroby 24.2.1986

1/ vzorek: Spodní plášť pro hlavu válců.

metoda Hot-Box

stroj Sutter

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,0	11,8	11,0	11,60	11,80
10	13,3	13,0	13,0	13,10	12,95
15,	14,5	14,1	14,0	14,20	14,09
20	15,8	15,2	15,0	15,33	15,23
25	17,0	16,2	16,1	16,47	16,38
30	17,9	17,2	17,1	17,40	17,57
35	18,7	18,1	18,0	18,23	18,14
40	19,2	18,7	18,6	18,87	18,61
45	19,6	19,1	19,0	19,20	19,03
50	19,8	19,4	19,2	19,50	19,51
55	20,0	19,7	19,4	19,67	19,77
60	20,2	19,9	19,6	19,90	20,10

$$F/x/ = 10,666 + 0,228x \quad /0 - 30/$$

$$9,235 + x^{0,1899} \quad /30 - 60/$$

2/ vzorek: jádro vrchního pláště

metoda Hot - Box

stroj Sutter

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,6	11,7	12,0	11,80	11,80
10	12,8	12,8	13,0	12,93	12,84
15	13,7	14,0	13,8	13,83	13,88
20	14,9	14,7	15,2	14,90	14,92
25	16,0	15,8	16,2	16,00	15,96
30	16,9	16,8	17,3	17,00	17,09
35	17,7	17,6	18,0	17,67	17,68

40	18,2	18,1	18,6	18,30	18,13
45	18,7	18,6	19,0	18,76	18,53
50	18,9	18,9	19,2	19,00	18,90
55	19,1	19,1	19,5	19,10	19,24
60	19,3	19,3	19,7	19,40	19,55

$$f/x = 10,768 + 0,207x \quad /0 - 30/$$

$$9,125 + x^{0,186} \quad /30 - 60/$$

3/ vzorek: Základové jádro hlavy válců

metoda Hot - Box

stroj AVS-16

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,5	11,0	11,6	11,39	11,35
10	12,5	12,2	12,5	12,40	12,41
15	13,5	13,1	13,7	13,43	13,46
20	14,6	14,1	15,1	14,60	14,52
25	15,6	15,0	16,1	15,56	15,58
30	16,6	16,0	17,3	16,63	16,69
35	17,2	16,6	18,2	17,30	17,27
40	17,8	17,1	18,7	17,86	17,72
45	18,2	17,6	19,1	18,30	18,13
50	18,7	17,9	19,4	18,46	18,50
55	18,9	18,1	19,6	18,86	18,84
60	19,0	18,4	19,7	19,03	19,16

$$f/x = 10,296 + 0,211x \quad /0 - 30/$$

$$8,706 + x^{0,193} \quad /30 - 60/$$

4/ vzorek: Svičkové jádro hlavy válců

metoda Hot - Box

stroj AVS-16

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,0	11,3	12,0	11,76	11,82

10	13,2	12,3	13,1	12,86	12,82
15	14,1	13,2	14,1	13,80	13,81
20	15,1	14,2	15,4	14,90	14,80
25	16,0	15,0	16,5	15,83	15,79
30	16,7	15,9	17,5	16,70	16,83
35	17,2	16,7	18,2	17,36	17,34
40	17,7	17,3	18,8	17,93	17,74
45	18,0	17,7	19,1	18,26	18,09
50	18,2	18,0	19,4	18,53	18,42
55	18,3	18,2	19,5	18,66	18,72
60	18,4	18,5	19,5	18,80	19,00

$$F/x/ = 10,837 + 0,198x \quad / 0 - 30/$$

$$9,478 + x^{0,1697} \quad /30 - 60/$$

5/vzorek: Kolínkové jádro hlavy válců

metoda Hot - Box

stroj AVS-6

plněno Feprenem

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresni hodnota
5	12,0	12,5	12,5	12,33	12,42
10	13,6	14,0	14,0	13,86	13,96
15	15,5	15,6	15,6	15,56	15,48
20	17,0	17,5	17,2	17,23	17,00
25	18,5	18,8	18,6	18,63	18,53
30	19,7	20,0	19,8	19,83	20,06
35	20,7	20,7	20,8	20,73	20,72
40	21,5	21,6	21,6	21,53	21,31
45	22,1	21,9	22,0	22,00	21,84
50	22,5	22,4	22,8	22,56	22,33
55	22,9	22,4	22,8	22,70	22,78
60	23,0	22,6	23,1	22,90	23,20

$$F/x/ = 10,892 + 0,305x \quad / 0 - 30/$$

$$9,825 + x^{0,2097} \quad /30 - 60/$$

6/ vzorek: Žebříčkové jádro hlavy válců

metoda Hot - Box

stroj Sutter

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,3	11,3	11,1	11,23	11,24
10	12,3	12,5	12,1	12,30	12,28
15	13,2	13,6	13,1	13,30	13,33
20	14,2	14,7	14,3	14,40	14,37
25	15,1	15,8	15,5	15,46	15,42
30	15,9	16,9	16,5	16,43	16,54
35	16,5	17,8	17,2	17,16	17,09
40	17,0	18,2	17,8	17,66	17,51
45	17,2	18,6	18,2	18,00	17,90
50	17,5	19,0	18,6	18,36	18,25
55	17,7	19,1	18,8	18,53	18,57
60	17,9	19,2	19,0	18,70	18,87

$$F/x/ = 10,195 + 0,209x \quad / 0 - 30/$$

$$8,872 + x^{0,148} \quad /30 - 60/$$

7/ vzorek: Kolínko ssací trubky, odlitek Al do kokily

metoda Hot - Box

stroj AVS 6

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,4	12,0	11,2	11,53	11,59
10	12,3	13,0	12,1	12,46	12,45
15	13,2	13,9	12,9	13,33	13,30
20	14,0	15,0	13,8	14,26	14,16
25	14,7	15,8	14,7	15,06	15,01
30	15,4	16,6	15,3	15,76	15,83

35	15,9	17,0	15,9	16,26	16,16
40	16,3	17,4	16,2	16,30	16,49
45	16,6	17,6	16,6	16,93	16,78
50	16,8	17,8	16,9	17,16	17,04
55	17,0	17,9	17,0	17,30	17,29
60	17,1	18,0	17,1	17,40	17,51

$$F/x/ = 10,745 + 0,170x \quad / 0 - 30/$$

$$9,535 \cdot x^{0,148} \quad / 30 - 60/$$

8/ vzorek: Jádru levého diferenciálu

metoda Hot - Box

stroj AVS - 16

plněno Feprenem

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,7	13,4	13,0	13,03	13,23
10	14,0	15,2	14,5	14,56	14,65
15	15,4	17,0	16,5	16,30	16,07
20	16,8	18,5	18,0	17,76	17,48
25	18,0	19,5	19,5	19,00	18,90
30	19,0	20,5	20,5	20,00	20,24
35	19,8	21,0	21,2	20,66	20,63
40	20,4	21,4	21,8	21,20	21,06
45	20,8	21,8	22,1	21,56	21,43
50	21,1	22,1	22,5	21,90	21,78
55	21,3	22,2	22,7	22,06	22,09
60	21,5	22,3	22,8	22,20	22,39

$$F/x/ = 11,812 + 0,284x \quad / 0 - 30/$$

$$12,049 \cdot x^{0,151} \quad / 30 - 60/$$

9/ vzorek: Jádru vložky válců

metoda Crowning

stroj Loramendi

plněno Feprenem

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,8	11,5	11,2	11,50	11,43
10	13,2	12,8	12,5	12,83	12,89
15	14,8	14,2	13,7	14,23	14,34
20	16,5	15,8	15,2	15,83	15,80
25	18,1	17,4	16,7	17,40	17,25
30	19,3	18,7	17,9	18,63	18,75
35	20,1	19,5	18,7	19,43	19,39
40	20,6	20,2	19,4	20,06	19,92
45	21,0	20,7	19,9	20,53	20,40
50	21,2	21,2	20,3	20,90	20,85
55	21,4	21,5	20,6	21,16	21,26
60	21,6	22,0	21,0	21,53	21,64

$$F/x/ = 9,974 + 0,291x \quad / 0 - 30/$$

$$9,402 + x^{0,204} \quad / 30 - 60/$$

10/ vzorek : Jádru náboje kola

metoda Hot - Box

stroj AVS - 16

plněno Feprenem

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,0	12,2	12,4	12,20	12,33
10	13,2	14,0	14,0	13,73	13,71
15	14,5	15,5	15,4	15,13	15,09
20	16,0	17,2	16,7	16,63	16,46
25	17,4	18,5	18,0	17,96	17,84
30	18,5	19,5	19,0	19,00	19,19
35	19,2	20,2	19,8	19,73	19,74
40	19,9	20,9	20,5	20,43	20,25
45	20,3	21,2	21,0	20,83	20,72

50	20,6	21,6	21,4	21,33	21,15
55	20,9	21,8	21,7	21,46	21,54
60	21,2	22,0	22,0	21,70	21,91
$F/x/ = 10,956 + 0,275x \quad / 0 - 30/$					
$9,934 \cdot x^{0,193} \quad / 30 - 60/$					

11/ vzorek: Jádro třmenu diskové brzdy

metoda crowning

stroj shalco

plněno feprenem

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresivní hodnota
5	12,5	12,3	12,3	12,36	12,32
10	14,2	14,2	14,0	14,13	14,17
15	15,7	16,2	15,7	15,86	16,02
20	17,6	18,5	17,9	18,00	17,88
25	19,5	20,3	20,0	19,93	19,73
30	21,0	21,8	21,5	21,43	21,56
35	21,9	22,8	22,8	22,50	22,39
40	22,7	23,5	23,6	23,26	23,13
45	23,2	24,1	24,2	23,83	23,80
50	23,7	24,6	24,6	24,30	24,42
55	24,2	25,5	25,1	24,93	24,99
60	24,5	26,2	26,0	25,56	25,53

$$F/x/ = 10,462 + 0,370x \quad / 0 - 30/$$

$$9,422 \cdot x^{0,243} \quad / 30 - 60/$$

12/ vzorek: Jádro výfukové trubky

metoda crowning

stroj shalco

plněno feprenem

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,6	11,6	12,2	11,80	11,76

10	12,8	13,3	14,0	13,66	13,57
15	14,4	15,2	15,6	15,06	15,39
20	16,1	18,0	18,0	17,36	17,20
25	17,7	20,0	19,8	19,16	19,01
30	19,0	22,0	21,2	20,73	20,82
35	19,9	23,0	22,4	21,56	21,65
40	20,7	24,0	23,1	22,60	22,42
45	21,3	24,7	23,8	23,26	23,11
50	21,8	25,2	24,5	23,83	23,76
55	22,2	25,7	24,5	24,13	24,35
60	22,8	26,8	25,1	24,90	24,91

$$F/x/ = 9,950 + 0,363x$$

$$/ 0 - 30/$$

$$8,593 \cdot x^{0,2597}$$

$$/30 - 60/$$

U všech pokusů byl nulový pokus s prázdnou lodičkou 10,4 ml.
při 1000°C.

Druhá skupina vzorků byla namíchána ze směsi Corephenit HB Z a vytvrzena při různých teplotách a různém čase. Šarže ze dne 2.12.1985 vyrobená v VEB Chemische Werke Cottbus NDR. Směs byla namíchána s následujícími hodnotami:

vizkozita 210 MPa.s

PH směsi 3,75

ztráty žiháním 1,65 až 1,87 %

Po vytvrzení bylo dosaženo následujících pevností v ohybu za studena v kg/cm².

250°C/60s: 41,54,56,35,41,42, kg/cm²

300°C/60s: 56,51,50,52,47,55, kg/cm²

330°C/60s: 56,47,53,51,50,55, kg/cm²

350°C/60s: 53,44,51,44,43,49, kg/cm²

400°C/60s: 40,36,37,36,45,39, kg/cm²

400°C/70s: bez pevnosti

400°C/120s: bez pevnosti

Měření množství plynů pro vzorky z pojiva Corephenit HB Z připravených při různých teplotách a časech.

1/ vzorek: Teplota vytvrzování - 250°C

vytvrzovací čas - 60 sekund

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,5	11,5	12,0	11,66	11,73
10	12,5	13,0	13,0	12,83	12,80
15	13,5	14,0	14,0	13,83	13,87
20	14,6	15,4	15,2	15,06	14,93
25	15,5	16,5	16,2	16,06	16,00
30	16,2	17,6	17,1	16,96	17,10
35	16,9	18,4	17,6	17,63	17,59
40	17,3	18,9	18,2	18,13	18,00
45	17,7	19,2	18,6	18,50	18,36

50	17,9	19,7	18,8	18,80	18,70
55	18,1	19,8	19,0	18,96	19,00
60	18,2	19,9	19,2	19,10	19,29

$$F/x/ = 10,658 + 0,214x \quad / 0 - 30/$$

$$9,573 \cdot x^{0,170} \quad /30 - 60/$$

2/ vzorek: Teplota vytvrzování -300°C

vytvrzovací čas- 60 sekund

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,0	11,3	11,2	11,16	11,21
10	12,1	12,4	12,2	12,23	12,24
15	13,1	13,5	13,2	13,26	13,27
20	14,3	14,5	14,4	14,40	14,29
25	15,3	15,6	15,5	15,46	15,31
30	16,1	16,6	16,2	16,16	16,34
35	16,7	17,2	17,0	16,96	16,89
40	17,2	17,8	17,5	17,50	17,38
45	17,7	18,2	18,0	17,96	17,82
50	18,1	18,5	18,3	18,30	18,23
55	18,2	18,7	18,7	18,53	18,60
60	18,5	19,0	18,9	18,80	18,95

$$F/x/ = 10,195 + 0,205x \quad / 0 - 30/$$

$$7,901 \cdot x^{0,214} \quad /30 - 60/$$

3/ vzorek: Teplota vytvrzování - 330°C

vytvrzovací čas - 60 sekund

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,2	11,0	11,1	11,10	11,14
10	12,2	12,0	12,3	12,16	12,16
15	13,0	13,1	13,5	13,20	13,18
20	13,8	14,2	14,6	14,20	14,17
25	14,5	15,5	15,6	15,20	15,18

30	15,2	16,5	16,7	16,13	16,20
35	15,8	17,2	17,1	16,70	16,73
40	16,2	17,9	17,8	17,30	17,18
45	16,6	18,2	18,2	17,66	17,59
50	17,0	18,6	18,7	18,10	17,96
55	17,2	18,7	18,8	18,23	18,30
60	17,5	19,0	19,0	18,50	18,62

$$F/x/ = 10,138 + 0,201x \quad / 0 - 30/$$

$$8,231 \cdot x^{0,199} \quad / 30 - 60/$$

4/ vzorek: Teplota vytvrzování - 350°C

vytvrzovací čas - 60 sekund

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,2	12,0	11,1	11,46	11,35
10	12,2	12,8	12,2	12,40	12,43
15	13,4	13,6	13,2	13,40	13,50
20	14,6	14,8	14,2	14,53	14,58
25	15,8	15,8	15,6	15,73	15,66
30	16,7	17,0	16,6	16,76	16,83
35	17,2	17,8	17,5	17,50	17,44
40	17,8	18,2	18,0	18,00	17,90
45	18,2	18,8	18,4	18,46	18,31
50	18,6	19,0	18,7	18,76	18,68
55	18,8	19,2	19,0	19,00	19,03
60	19,0	19,3	19,2	19,16	19,35

$$F/x/ = 10,285 + 0,215x \quad / 0 - 30/$$

$$8,802 \cdot x^{0,192} \quad / 30 - 60/$$

5/ vzorek: Teplota vytvrzování - 400°C

vytvrzovací čas - 60 sekund

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,1	11,0	11,2	11,10	11,06

10	12,2	12,0	12,0	12,06	12,06
15	13,2	12,8	13,0	13,00	13,05
20	14,2	13,7	14,0	13,96	14,03
25	15,6	14,8	15,0	15,13	15,03
30	16,6	15,6	16,0	16,00	16,10
35	17,5	16,2	16,7	16,80	16,71
40	18,0	16,7	17,2	17,30	17,19
45	18,4	17,2	17,5	17,70	17,62
50	18,7	17,6	18,0	18,10	18,02
55	19,0	17,9	18,2	18,36	18,38
60	19,2	18,1	18,4	18,56	18,72

$$F/x/ = 10,074 + 0,198x \quad / 0 - 30/$$

$$7,885 \cdot x^{0,211} \quad / 30 - 60/$$

6/ vzorek: Teplota vytvrzování - 400°C

vytvrzovací čas - 70 sekund

čas	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,0	11,7	11,5	11,40	11,28
10	11,6	12,2	12,2	12,00	12,10
15	12,3	13,0	13,1	12,80	12,90
20	13,3	13,8	14,1	13,73	13,40
25	14,2	14,5	15,0	14,56	14,51
30	14,8	15,2	16,0	15,33	15,38
35	15,4	15,8	16,6	15,93	15,97
40	15,9	16,2	17,8	16,63	16,43
45	16,2	16,6	18,0	16,93	16,85
50	16,5	16,9	18,4	17,26	17,28
55	16,7	17,1	18,8	17,53	17,58
60	16,9	17,2	19,3	17,80	17,91

$$F/x/ = 10,477 + 0,161x \quad / 0 - 30/$$

$$7,471 \cdot x^{0,214} \quad / 30 - 60/$$

7. vzorek : Teplota vytvrzování - 400°C

vytvrzovací čas- 120 sekund

čas	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	regresní hodnota
5	11,8	11,2	12,0	11,66	11,69
10	12,5	12,3	13,0	12,60	12,60
15	13,4	13,0	14,1	13,50	13,51
20	14,2	13,9	15,4	14,50	14,42
25	15,1	14,7	16,2	15,33	15,33
30	16,0	15,6	17,0	16,20	16,29
35	16,9	16,2	17,5	16,86	16,82
40	17,6	16,7	17,8	17,36	17,25
45	18,1	17,2	18,0	17,76	17,64
50	18,5	17,5	18,2	18,06	17,99
55	18,8	17,7	18,3	18,26	18,32
60	19,1	18,0	18,4	18,50	18,62

$$F/x/ = 10,776 + 0,182x \quad / 0 - 30 /$$

$$8,602 + x^{0,189} \quad / 30 - 60 /$$

60	21,4	21,4	20,4	21,06	21,15
F/x/ = 14,027 + 0,237x			/ 0 - 30/		
16,638 . x ^{0,0586}			/30 - 60/		

Pojivo Thermoset "R" 2%

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	15,2	14,5	14,9	14,86	16,05
10	18,0	17,5	17,9	17,80	17,15
15	19,2	18,8	19,2	19,06	18,26
20	20,0	19,7	20,0	19,90	19,37
25	20,6	20,2	20,5	20,43	20,47
30	21,0	20,6	21,0	20,86	20,86
35	21,1	20,9	21,2	21,06	21,08
40	21,4	21,1	21,4	21,30	21,28
45	21,6	21,2	21,6	21,47	21,46
50	21,8	21,4	21,7	21,63	21,61
55	22,0	21,5	21,8	21,76	21,76
60	22,1	21,7	21,8	21,86	21,88

F/x/ = 14,95 + 0,221x	/ 0 - 30/
16,484 . x ^{0,0692}	/30 - 60/

Směs obalovaná pro stroj Loramendi + 200g KMnO₄

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,7	12,8	11,8	12,10	11,96
10	12,5	14,5	12,9	13,30	13,48
15	13,6	16,5	14,5	14,86	14,99
20	14,9	18,5	16,5	16,63	16,51
25	16,5	20,0	18,2	18,23	18,02
30	17,8	21,0	19,4	19,40	19,54
35	19,0	21,7	20,2	20,46	20,29
40	19,9	22,2	20,9	21,00	20,79
45	20,5	22,5	21,2	21,40	21,25

50	21,2	22,8	21,4	21,76	21,66
55	21,3	23,0	21,6	21,97	22,04
60	21,7	23,1	21,7	22,16	22,39
$F/x/ = 10,447 + 0,3032x$			/ 0 - 30/		
$10,55 + x^{0,1839}$			/30 + 60/		

Pojivo Usner U 600 AL 4%

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,9	12,0	11,8	11,90	11,91
10	14,2	14,0	13,4	13,86	13,98
15	16,4	16,4	15,1	15,96	16,05
20	19,0	19,1	17,1	18,40	18,12
25	21,3	21,2	19,0	20,50	20,19
30	22,6	22,5	20,7	21,93	22,21
35	23,4	23,5	21,9	22,93	22,83
40	24,0	24,0	22,9	23,63	23,39
45	24,4	24,4	23,5	24,10	23,89
50	24,6	24,7	24,0	24,43	24,35
55	24,8	24,9	24,4	24,70	24,77
60	25,0	25,1	24,7	24,93	25,16

$$F/x/ = 9,841 + 0,414x \quad / 0 - 30/$$

$$12,036 + x^{0,181} \quad /30 - 60/$$

Pojivo Usner U 600 AL 2%

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,5	11,5	11,7	11,56	11,63
10	12,8	12,7	12,9	12,80	13,00
15	14,5	14,5	14,4	14,46	14,37
20	16,4	16,0	16,0	16,13	15,74
25	17,5	17,2	17,1	17,26	17,11
30	18,3	18,1	18,0	18,13	18,29
35	18,8	18,6	18,7	18,70	18,64

40	19,1	19,0	19,1	19,06	18,94
45	19,3	19,2	19,5	19,33	19,21
50	19,4	19,4	19,7	19,50	19,46
55	19,5	19,6	19,9	19,66	19,69
60	19,6	19,7	20,0	19,76	19,90
$F/x/ = 10,447 + 0,3032x$			/ 0 - 30/		
$12,097 \cdot x^{0,122}$			/30 - 60/		

Obalovaná směs pro formy + kyselina salicylová

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,4	12,5	12,2	12,36	11,88
10	14,0	14,1	13,6	13,90	14,10
15	16,0	16,2	15,4	15,86	16,31
20	18,0	19,5	17,4	18,30	18,53
25	20,5	22,7	19,6	20,93	20,74
30	22,7	25,0	21,8	23,16	23,55
35	24,4	26,7	23,3	24,80	24,72
40	25,8	27,8	24,7	26,10	25,77
45	26,9	28,8	25,5	27,13	26,74
50	27,7	29,3	26,3	27,76	27,63
55	28,2	29,9	27,0	28,37	28,47
60	28,7	30,3	27,5	28,83	29,25
$F/x/ = 9,665 + 0,443x$			/ 0 - 30/		
$8,125 \cdot x^{0,313}$			/30 - 60/		

U všech pokusů byl nulový pokus s lodičkou 11,5 ml.

1/ Pojivo Fursable 79 vytvrzované při různých teplotách.

1.1/ teplota 180°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	14,0	13,3	13,3	13,53	14,67
10	17,1	16,2	15,8	16,37	15,96
15	18,0	17,4	17,3	17,57	16,77
20	18,5	18,0	18,0	18,17	17,37
25	18,8	18,3	18,3	18,47	17,85
30	19,0	18,5	18,5	18,67	18,25
35	19,1	18,7	18,7	18,83	18,60
40	19,2	18,8	18,8	18,93	18,90
45	19,2	18,9	18,9	19,00	19,17
50	19,2	19,0	18,9	19,03	19,42
55	19,2	19,0	18,9	19,03	19,65
60	19,2	19,0	18,9	19,03	19,86

$$F/x/ = 12,058 \cdot x^{0,122} \quad / 0 - 60/$$

1.2/ teplota 200°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	13,0	12,9	12,5	12,80	13,96
10	16,0	15,6	14,7	15,43	14,89
15	17,2	16,7	16,2	16,70	15,83
20	17,5	17,2	16,9	17,33	16,76
25	18,2	17,5	17,2	17,63	17,70
30	18,5	17,8	17,4	17,90	17,92
35	18,6	17,9	17,6	18,03	18,05
40	18,7	18,0	17,7	18,13	18,18
45	18,7	18,0	17,7	18,13	18,29
50	18,7	18,0	17,7	18,13	18,39
55	18,7	18,0	17,7	18,13	18,48
60	18,7	18,0	17,7	18,13	18,57

$$F/x/ = 13,025 + 0,187x \quad / 0 - 30/$$

$$15,050 \cdot x^{0,051} \quad / 30 - 60/$$

1.3. Teplota 220°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,5	13,2	12,5	12,73	13,46
10	15,3	15,8	15,1	15,40	15,01
15	16,2	17,0	16,3	16,50	15,91
20	16,7	17,5	16,7	16,97	16,56
25	17,0	17,8	17,0	17,27	17,05
30	17,2	18,1	17,2	17,50	17,46
35	17,4	18,3	17,4	17,70	17,80
40	17,5	18,5	17,5	17,80	18,10
45	17,6	18,5	17,6	17,90	18,36
50	17,6	18,5	17,6	17,90	18,36
55	17,6	18,5	17,6	17,90	18,36
60	17,6	18,5	17,6	17,90	18,36

$$F/x/ = 9,880 + 2,229 \ln x \quad / 0 - 60/$$

1.4. Teplota 250°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,4	12,2	14,0	12,87	13,28
10	15,1	15,0	16,3	15,47	15,01
15	16,4	16,4	17,1	16,63	16,12
20	16,9	17,0	17,6	17,17	16,96
25	17,2	17,3	17,9	17,47	17,64
30	17,4	17,5	18,1	17,67	17,73
35	17,6	17,7	18,3	17,87	17,84
40	17,7	17,8	18,4	17,97	17,93
45	17,8	17,9	18,5	18,07	18,02
50	17,9	18,0	18,5	18,13	18,10
55	18,0	18,0	18,5	18,17	18,17

60 18,0 18,0 18,5 18,17 18,23
 $F/x/ = 10,006 \cdot x^{0,176}$ / 0 — 30/
 $15,463 \cdot x^{0,0402}$ /30 — 60/

2/Pojivo Thermopherm AL vytvrzované při různých teplotách.

2.1. teplota 180°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	13,0	13,2	13,2	13,13	14,52
10	16,0	16,2	17,2	16,13	15,76
15	18,1	18,2	18,7	18,33	16,99
20	19,1	18,8	19,2	19,03	18,23
25	19,5	19,1	19,5	19,37	19,46
30	19,8	19,4	19,9	19,70	19,71
35	20,0	19,6	20,1	19,90	19,91
40	20,2	19,9	20,3	20,13	20,08
45	20,1	20,0	20,5	20,20	20,24
50	20,5	20,1	20,7	20,43	20,38
55	20,6	20,3	20,8	20,57	20,50
60	20,6	20,3	20,8	20,57	20,62

$F/x/ = 13,288 + 0,247x$ / 0 — 30/
 $15,816 \cdot x^{0,0648}$ /30 — 60/

2.2. teplota 200°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,4	12,5	12,0	12,30	13,86
10	15,5	16,0	15,5	15,67	15,21
15	17,7	18,4	18,0	18,03	16,56
20	18,5	19,1	18,7	18,76	17,91
25	18,9	19,5	19,2	19,20	19,25
30	19,1	19,8	19,5	19,47	19,55
35	19,3	20,0	19,8	19,70	19,69
40	19,5	20,2	20,0	19,90	19,82

45	19,6	20,3	20,1	20,00	19,93
50	19,7	20,3	20,3	20,10	20,03
55	19,7	20,3	20,3	20,10	20,12
60	19,7	20,3	20,3	20,10	20,20

$$F/x/ = 12,521 + 0,269x$$

$$16,671 \cdot x^{0,046}$$

$$/ 0 - 30 /$$

$$/ 30 - 60 /$$

2.3. teplota 220°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	14,0	14,5	14,0	14,16	15,51
10	17,5	18,5	17,5	17,83	17,19
15	19,0	19,9	19,0	19,30	18,27
20	19,8	20,5	19,5	19,93	19,06
25	20,2	20,9	20,0	20,37	19,70
30	20,5	21,2	20,2	20,63	20,24
35	20,8	21,5	20,5	20,93	20,71
40	20,9	21,7	20,7	21,10	21,12
45	21,1	21,9	20,8	21,26	21,49
50	21,2	22,1	20,9	21,40	21,83
55	21,2	22,2	21,0	21,46	22,14
60	21,2	22,3	21,0	21,50	22,43

$$F/x/ = 12,222 \cdot x^{0,148}$$

$$/ 0 - 60 /$$

2.4. teplota 250°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	15,5	16,0	14,0	15,16	16,69
10	18,8	19,6	17,5	18,63	17,66
15	19,9	20,0	19,0	19,63	18,63
20	20,5	20,5	19,5	20,16	19,60
25	20,8	20,9	19,2	20,30	20,57
30	21,1	21,2	20,2	20,83	20,87
35	21,2	21,5	20,3	21,00	21,01
40	21,3	21,7	20,5	21,16	21,13
45	21,4	21,9	20,7	21,33	21,23

50	21,4	22,0	20,7	21,36	21,33
55	21,4	22,1	20,7	21,40	21,41
60	21,4	22,2	20,7	21,43	21,49
$F/x/ = 15,729 + 0,193x$			/ 0 - 30/		
$18,086 \cdot x^{0,042}$			/30 - 60/		

2.5. teplota 300 °C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	13,0	12,8	12,8	12,87	14,47
10	16,7	16,5	16,2	16,47	15,64
15	18,1	17,9	17,7	17,90	16,77
20	18,7	18,5	18,5	18,57	17,92
25	19,1	18,9	18,9	19,97	19,07
30	19,5	19,2	19,2	19,30	19,33
35	19,8	19,4	19,4	19,53	19,53
40	20,0	19,6	19,6	19,73	19,72
45	20,1	19,9	19,8	19,93	19,88
50	20,2	20,0	20,0	20,07	20,03
55	20,3	20,1	20,1	20,16	20,16
60	20,3	20,2	20,2	20,23	20,28

$$F/x/ = 13,315 + 0,2304x \quad / 0 - 30/$$

$$15,243 \cdot x^{0,0698} \quad /30 - 60/$$

3/ Pojivo Thermoset "R" vytvrzováno při různých teplotách.

3.1. teplota 180 °C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,5	13,0	13,0	12,83	13,94
10	15,1	15,5	16,0	15,53	14,98
15	16,5	16,8	17,1	16,80	16,01
20	17,3	17,6	17,8	17,57	17,05
25	17,8	18,1	18,3	18,07	18,08
30	18,1	18,5	18,6	18,40	18,40

35	18,3	18,7	18,8	18,60	18,61
40	18,4	19,0	19,1	18,83	18,79
45	18,5	19,2	19,2	18,97	18,96
50	18,6	19,3	19,3	19,07	19,10
55	18,7	19,5	19,5	19,23	19,23
60	18,8	19,6	19,6	19,36	19,35

$$F/x/ = 12,909 + 0,2071x \quad / 0 - 30/$$

$$14,388 \cdot x^{0,0724} \quad / 30 - 60/$$

3.2. teplota 200°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,9	13,0	13,9	13,26	14,47
10	15,6	15,8	17,0	16,13	15,65
15	17,3	17,6	18,5	17,80	16,83
20	18,2	18,6	19,2	18,67	18,01
25	18,7	19,2	19,6	19,17	19,18
30	19,0	19,6	19,9	19,50	19,56
35	19,3	20,0	20,2	19,83	19,78
40	19,5	20,2	20,4	20,03	19,97
45	19,6	20,3	20,5	20,13	20,14
50	19,7	20,5	20,7	20,30	20,30
55	19,8	20,6	20,9	20,43	20,44
60	20,0	20,7	21,0	20,56	20,57

$$F/x/ = 13,303 + 0,235x \quad / 0 - 30/$$

$$15,271 \cdot x^{0,0728} \quad / 30 - 60/$$

3.3. teplota 220°C

čas/ssc/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	13,0	16,0	13,6	13,30	14,36
10	15,3	18,5	16,4	15,85	15,37
15	16,8	20,0	17,6	17,20	16,37
20	17,8	21,0	18,1	17,85	17,38

25	18,3	21,5	18,5	18,40	18,39
30	18,6	21,9	18,8	18,70	18,74
35	18,9	22,3	19,0	18,95	18,94
40	19,1	22,5	19,2	19,15	19,10
45	19,3	22,7	19,3	19,30	19,25
50	19,4	23,0	19,4	19,40	19,39
55	19,5	23,2	19,5	19,50	19,51
60	19,6	23,5	19,6	19,60	19,63

$$F/x/ = 13,353 + 0,2017x \quad / 0 - 30/$$

$$14,949 \cdot x^{0,0665} \quad /30 - 60/$$

U druhého měření došlo k porušení těsnosti zařízení, a proto je průměr vypočítán z prvního a třetího měření.

3.4. teplota 250^oC

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,2	12,2	12,2	12,20	13,16
10	14,7	14,5	14,6	14,50	14,31
15	16,5	16,2	16,4	16,37	15,47
20	17,5	17,2	17,3	17,33	16,63
25	18,0	17,7	17,7	17,80	17,79
30	18,2	18,1	18,1	18,13	18,24
35	18,5	18,4	18,5	18,53	18,45
40	18,7	18,6	18,7	18,67	18,63
45	18,9	18,8	18,9	18,87	18,79
50	19,0	18,9	19,0	18,97	18,94
55	19,1	19,0	19,1	19,03	19,07
60	19,1	19,1	19,2	19,13	19,19

$$F/x/ = 12,004 + 0,231x \quad / 0 - 30/$$

$$14,221 \cdot x^{0,732} \quad /30 - 60/$$

3.5. teplota 300^oC

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
----------	----------	----------	----------	--------	------------------

5	11,8	12,0	11,5	11,77	12,86
10	14,4	14,5	14,5	14,47	13,99
15	15,7	16,0	16,2	15,97	15,13
20	16,6	17,0	16,9	16,83	16,26
25	17,0	17,7	17,4	17,37	17,40
30	17,5	18,2	17,7	17,80	17,84
35	17,7	18,5	18,0	18,08	18,06
40	17,9	18,7	18,2	18,27	18,26
45	18,0	19,0	18,4	18,47	18,43
50	18,2	19,1	18,6	18,63	18,59
55	18,3	19,2	18,7	18,73	18,73
60	18,4	19,3	18,8	18,80	18,86

$$F/x/ = 11,730 + 0,2269x \quad / 0 - 30/$$

$$13,590 + x^{0,080} \quad / 30 - 60/$$

4/Pojivo Corephenit 1,8% bylo vytvrzováno při různých teplotách

4.1. teplota 180°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,2	11,1	11,1	11,13	11,16
10	11,8	11,9	11,8	11,83	11,83
15	12,5	12,5	12,5	12,50	12,49
20	13,2	13,2	13,3	13,23	13,16
25	13,8	13,9	13,9	13,87	13,83
30	14,3	14,5	14,5	14,43	14,49
35	14,9	15,2	15,0	15,03	14,97
40	15,3	15,6	15,4	15,43	15,31
45	15,6	15,9	15,7	15,73	15,61
50	15,8	16,2	15,9	15,97	15,89
55	16,0	16,4	16,0	16,13	16,15
60	16,1	16,5	16,1	16,23	16,39

$$F/x/ = 10,496 + 0,133x \quad / 0 - 30/$$

$$F/x/ = 8,244 \cdot x^{0,1678} \quad / 30 - 60/$$

4.2. teplota 200°C

čas/ssc/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,2	11,1	11,0	11,10	11,15
10	12,0	11,9	11,8	11,90	11,87
15	12,8	12,5	12,5	12,60	12,59
20	13,5	13,3	13,3	13,37	13,30
25	14,2	13,9	14,0	14,03	14,03
30	14,9	14,5	14,7	14,70	14,74
35	15,4	15,0	15,3	15,23	15,19
40	15,8	15,3	15,7	15,60	15,53
45	16,1	15,6	16,1	15,93	15,83
50	16,4	15,8	16,3	16,17	16,12
55	16,5	16,0	16,6	16,37	16,37
60	16,6	16,2	16,7	16,50	16,61

$$F/x/ = 10,434 + 0,143x \quad / 0 - 30/$$

$$8,408 \cdot x^{0,166} \quad / 30 - 60/$$

4.3. teplota 220°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,0	11,0	11,0	11,00	10,97
10	11,7	11,7	11,7	11,70	11,71
15	12,5	12,4	12,4	12,43	12,46
20	13,1	13,3	13,3	13,23	13,20
25	13,8	14,0	14,0	13,93	13,94
30	14,6	14,8	14,7	14,70	14,68
35	15,1	15,3	15,2	15,20	15,16
40	15,6	15,7	15,5	15,60	15,49
45	16,0	15,9	15,9	15,97	15,79
50	16,2	16,1	16,0	16,10	16,06
55	16,4	16,3	16,2	16,30	16,30

60	16,5	16,4	16,3	16,40	16,53
$F/x/ = 10,232 + 0,148x$			/ 0 - 30/		
$8,584 \cdot x^{0,160}$			/30 - 60 /		

4.4. Teplota 250⁰c

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,0	10,6	10,6	10,73	10,73
10	11,6	11,2	11,4	11,40	11,44
15	12,4	11,8	12,0	12,07	12,08
20	13,2	12,4	12,8	12,80	12,76
25	14,0	12,9	13,5	13,47	13,43
30	14,6	13,5	14,2	14,07	14,11
35	15,2	14,0	14,8	14,67	14,61
40	15,6	14,3	15,2	15,03	14,97
45	16,0	14,7	15,6	15,43	15,30
50	16,2	14,9	15,8	15,63	15,59
55	16,4	15,2	16,0	15,86	15,87
60	16,5	15,3	16,2	16,00	16,13
$F/x/ = 10,059 + 0,135x$			/ 0 - 30/		
$7,604 \cdot x^{0,183}$			/30 - 60/		

4.5. Teplota 300⁰c

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,0	11,0	11,0	11,00	11,00
10	11,7	11,7	11,6	11,67	11,68
15	12,3	12,3	12,5	12,37	12,37
20	13,0	13,1	13,2	13,10	13,06
25	13,7	13,7	14,0	13,80	13,75
30	14,3	14,3	14,6	14,40	14,44
35	14,7	14,8	15,2	14,90	14,85
40	15,0	15,2	15,6	15,27	15,14
45	15,2	15,4	15,8	15,47	15,40

50	15,4	15,6	16,0	15,67	15,63
55	15,6	15,7	16,2	15,83	15,84
60	15,7	15,8	16,3	15,93	16,04

$$F/x/ = 10,311 + 0,1378x$$

/ 0 - 30/

$$8,9436 \cdot x^{0,142}$$

/30 - 60/

4.6. Teplota 350°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,7	11,0	11,0	11,23	11,50
10	12,4	11,5	11,4	12,43	12,22
15	13,2	12,0	11,9	13,03	12,93
20	14,1	12,6	12,3	13,67	13,64
25	14,8	13,2	12,7	14,56	14,35
30	15,3	13,9	13,2	14,80	14,80
35	16,0	14,4	13,7	15,37	15,28
40	16,4	14,8	14,1	15,76	15,71
45	16,7	15,2	14,4	15,86	16,10
50	17,0	15,5	14,7	16,40	16,46
55	17,2	15,7	15,0	16,97	16,76
60	17,3	15,9	15,1	17,10	17,09

$$F/x/ = 10,79 + 0,142x$$

/ 0 - 30/

$$7,289 \cdot x^{0,208}$$

/30 - 60/

4.7. Teplota 400°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	10,9	10,3	10,5	10,56	10,51
10	11,3	11,0	11,1	11,13	11,15
15	12,0	11,5	11,7	11,73	11,78
20	12,8	12,2	12,3	12,43	12,41
25	13,5	12,8	12,9	13,06	13,05
30	14,2	13,4	13,5	13,70	13,68
35	14,8	13,8	14,1	14,23	14,19

40	15,2	14,3	14,4	14,63	14,53
45	15,5	14,6	14,7	14,93	14,84
50	15,7	14,8	15,0	15,16	15,12
55	15,9	15,0	15,1	15,33	15,37
60	16,1	15,2	15,3	15,53	15,61

$$F/x/ = 9,882 + 0,1268x \quad / 0 - 30/$$

$$7,563 \cdot x^{0,177} \quad /30 - 60/$$

5/ Pojivo Usner U 600 Al bylo vytvrzováno při různých teplotách.

5.1. Teplota 200°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,8	12,0	12,2	12,00	11,85
10	13,1	13,4	13,5	13,33	13,39
15	14,4	14,8	14,9	14,70	14,93
20	16,0	16,8	16,8	16,53	16,48
25	18,0	18,3	18,2	18,17	18,02
30	19,4	19,9	19,3	19,53	19,56
35	20,5	20,6	20,2	20,43	20,38
40	21,1	21,5	20,8	21,13	20,98
45	21,6	22,0	21,4	21,67	21,52
50	22,0	22,4	21,9	22,10	22,02
55	22,4	22,7	22,2	22,43	22,48
60	22,6	23,0	22,6	22,73	22,91

$$F/x/ = 10,31 + 0,3086x \quad / 0 - 30/$$

$$9,427 \cdot x^{0,216} \quad /30 - 60/$$

5.2. Teplota 220°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	12,0	11,9	12,0	11,97	11,84
10	13,1	13,2	13,4	13,23	13,25
15	14,1	14,5	14,8	14,47	14,66
20	15,1	16,4	16,6	16,03	16,07

25	16,4	18,0	18,4	17,60	17,48
30	17,5	19,5	19,7	18,90	18,88
35	18,4	20,5	20,8	19,90	19,85
40	19,1	21,4	21,6	20,70	20,48
45	19,7	21,9	22,2	21,27	21,05
50	20,1	22,3	22,6	21,67	21,58
55	20,4	22,6	22,9	21,97	22,06
60	20,8	22,9	23,2	22,30	22,52

$$F/x/ = 10,435 + 0,281x \quad / 0 - 30/$$

$$8,624 \cdot x^{0,234} \quad /30 - 60/$$

5.3. Teplota 250°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,6	11,3	11,8	11,57	11,51
10	13,0	12,3	13,3	12,86	12,86
15	14,4	13,3	14,6	14,10	14,20
20	15,8	14,5	16,4	15,56	15,55
25	17,3	15,6	17,9	16,93	16,90
30	18,8	16,8	19,2	18,27	18,25
35	19,8	17,8	20,2	19,26	19,17
40	20,1	18,6	20,8	19,83	19,84
45	21,2	19,2	21,5	20,63	20,44
50	21,7	19,8	22,0	21,16	21,01
55	22,0	20,2	22,3	21,50	21,53
60	22,3	20,5	22,6	21,80	22,01

$$F/x/ = 10,164 + 0,269x \quad / 0 - 30/$$

$$7,695 \cdot x^{0,256} \quad /30 - 60/$$

5.4. Teplota 300°C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,3	11,5	11,6	11,47	11,28
10	12,5	12,5	12,8	12,60	12,76

15	13,5	14,2	14,5	14,06	14,23
20	15,0	16,0	16,3	15,77	15,71
25	16,5	17,4	18,1	17,33	17,19
30	17,7	18,8	19,4	18,63	18,66
35	18,8	19,7	20,5	19,67	19,60
40	19,6	20,5	21,4	20,50	20,23
45	20,2	21,0	21,8	21,00	20,81
50	20,7	21,4	22,1	21,40	21,33
55	21,1	21,7	22,6	21,70	21,82
60	21,4	22,0	22,9	22,10	22,28

$$F/x/ = 9,806 + 0,295x \quad / 0 - 30/$$

$$8,405 \cdot x^{0,2381} \quad / 30 - 60/$$

5.5. Teplota 350⁰ C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,5	11,7	11,7	11,63	11,41
10	12,5	12,7	12,6	12,60	12,77
15	13,8	14,2	13,7	13,90	14,13
20	15,6	16,0	15,2	15,60	15,48
25	17,0	17,5	17,3	16,93	16,85
30	18,2	18,8	17,6	18,20	18,20
35	19,2	19,7	18,5	19,13	19,08
40	20,0	20,4	19,3	19,90	19,66
45	20,4	21,0	19,7	20,37	20,19
50	20,8	21,3	20,2	20,76	20,68
55	21,0	21,6	20,6	21,07	21,13
60	21,2	21,9	20,9	21,33	21,55

$$F/x/ = 10,056 + 0,272x \quad / 0 - 30/$$

$$8,559 \cdot x^{0,225} \quad / 30 - 60/$$

5.6. Teplota 400⁰ C

čas/sec/	1.měření	2.měření	3.měření	průměr	regresní hodnota
5	11,7	11,9	11,7	11,83	11,53
10	12,5	12,7	12,5	12,63	12,74
15	13,8	13,9	13,4	13,70	14,01
20	15,5	15,7	14,5	15,23	15,25
25	17,0	17,0	15,8	16,60	16,49
30	18,2	18,3	17,0	17,83	17,73
35	19,3	19,4	18,0	18,90	18,80
40	20,0	20,2	18,8	19,67	19,46
45	20,1	20,9	19,5	20,17	20,06
50	20,8	21,3	20,0	20,70	20,61
55	21,1	21,8	20,4	21,10	21,12
60	21,3	22,1	20,7	21,37	21,60

$$F/x/ = 10,293 + 0,248x \quad / 0 - 30/$$

$$7,526 \cdot x^{0,257} \quad / 30 - 60/$$

U všech pokusů byl nulový pokus s lodičkou 10,0 ml.

Ztráty žíháním.

Navážka o hmotnosti 1g se zahřává na teplotě 1000⁰C po dobu dvou hodin. Vzorek se zváží před a po žíhání.

1/ Spodní plášť hlavy válců.	z= 1,56 %
2/ Vrchní plášť hlavy válců.	z= 1,58 %
3/ Základové jádro hlavy válců.	z= 1,81 %
4/ Svíčkové jádro.	z= 1,64 %
5/ Kolínková jádra.	z= 2,83 %
6/ Žebříčkové jádro hlavy válců.	z= 1,47 %
7/ Kolínko ssací trubky pro Al odlitky.	z= 1,22 %
8/ Jádro levého diferenciálu.	z= 2,48 %
9/ Jádro vložky válců.	z= 2,47 %
10/ Jádro náboje kola.	z= 2,68 %
11/ Jádro třmenu diskové brzdy.	z= 3,322 %
12/ Jádro výfukové trubky.	z= 3,01 %
13/ Thermopherm Al 2%	z= 1,54 %
14/ Thermoset "R" 2%	z= 1,94 %
15/ Fursable 79 TH B 2%	z= 1,67 %
16/ Usner U 600 Al 2%	z= 1,57 %
17/ Usner U 600 Al 4%	z= 2,87 %
18/ Obalovaná směs s kyselinou salicylovou.	z= 4,77 %
19/ Obalovaná směs s KMnO ₄	z= 2,41 %

Corephenit 2% : 250 ⁰ C/60 sec.	z= 1,37 %
300 ⁰ C/60 sec.	z= 1,43 %
330 ⁰ C/60 sec.	z= 1,31 %
350 ⁰ C/60 sec.	z= 1,37 %
400 ⁰ C/60 sec.	z= 1,35 %
400 ⁰ C/70 sec.	z= 1,27 %
400 ⁰ C/120sec.	z= 1,24 %

Fursable 79 TH B 2% : 180°C

200°C

220°C

250°C

300°C rozpad vzorku

350°C rozpad vzorku

400°C rozpad vzorku

z = 1,23 %

z = 1,24 %

z = 1,24 %

z = 1,15 %

Thermopherm AL 2% : 180°C

200°C

220°C

250°C

300°C

350°C rozpad vzorku

400°C rozpad vzorku

z = 1,58 %

z = 1,46 %

z = 1,40 %

z = 1,46 %

z = 1,36 %

Thermoset "R" 2% : 180°C

200°C

220°C

250°C

300°C

350°C rozpad vzorku

400°C rozpad vzorku

z = 1,56 %

z = 1,54 %

z = 1,51 %

z = 1,44 %

z = 1,35 %

Corephenit HB z 1,8%: 180°C

200°C

220°C

250°C

300°C

350°C

z = 1,41 %

z = 1,25 %

z = 1,30 %

z = 1,34 %

z = 1,30 %

z = 1,34 %

400^oC

z= 1,29 %

Rustol U 600 AL 4% : 180^oC neutvrzeno

200^oC

z= 2,68 %

220^oC

z= 2,73 %

250^oC

z= 2,67 %

300^oC

z= 2,82 %

350^oC

z= 2,39 %

400^oC

z= 2,71 %

2.1. Diskuze k naměřeným hodnotám.

Úkolem této práce bylo porovnání směsí z výroby v AZNP Mladá Boleslav a zahraničních směsí z hlediska plynotvornosti. Za tímto účelem byly získány hodnoty objemu plynů v časových intervalech a ztráty žiháním z každého vzorku. Metoda měření plynotvornosti má dostačující přesnost pro porovnávání jednotlivých vzorků.

Vzorky byly rozděleny do dvou skupin. První tvořily vzorky z výroby vyráběné metodou Crowning a Hot-Box. U metod Hot-Box se přidává do některých směsí Fepren. Z naměřených výsledků lze říci, že metoda Hot-Box má při odlévání menší vývin plynů než metoda Crowning. Přidáním Fepronu do metody Hot-Box má za následek podržení plynů při vytvrzování a jejich vývin až při odlévání. Výsledkem jsou zlepšené hygienické podmínky obsluhy vytvrzovacích strojů. Také byly zkoušeny další metody jak odstranit plyna z obalovaných směsí, a sice přidáním kyseliny salicylové a KMnO_4 . Obě tyto směsi vykazovaly velkou plynotvornost.

Pro porovnání zahraničních vzorků byl vybrán vzorek ze směsi Corephenit HB Z 2% pojiva, tak jak je připravován pro provozní účely a byla u něj zjišťována plynotvornost za následujících podmínek vytvrzování: $250^{\circ}\text{C}/60 \text{ sec.}$, $300^{\circ}\text{C}/60 \text{ sec.}$, $330^{\circ}\text{C}/60 \text{ sec.}$, $350^{\circ}\text{C}/60 \text{ sec.}$, $400^{\circ}\text{C}/60 \text{ sec.}$, $400^{\circ}\text{C}/70 \text{ sec.}$ a $400^{\circ}\text{C}/120 \text{ sec.}$

Ze zahraničních pojiv byla porovnávána pojiva Fursable 79 TH B, Thermopherm AL, Thermoset "R", Usner U 600 AL, Corephenit HB Z 1,8%.

Pojivo Fursable bylo vytvrzováno po dobu 60 sec. a za teplot 180°C , 200°C , 220°C , a 250°C . Vzorky za teplot 300°C , 350°C , 400°C se nepodařilo zkoumat, neboť se po vytvrzení rozpadly. Pojivo Fursable má oproti Corephenitu menší objem vyvíjených plynů a nižší vytvrzovací teploty.

Pojivo Thermopherm Al bylo vytvrzeno po dobu 60 sec. a při teplotách 180°C , 200°C , 220°C , 250°C a 300°C . Vzorky o vyšší teplotě se po vytvrzení rozpadly. Pojivo Thermopherm Al má o něco větší plynotvornost než Corephenit HB Z 2%.

Pojivo Thermoset "R" bylo vytvrzováno po dobu 60 sec. a při teplotách 180°C , 200°C , 220°C , 250°C a 300°C . Další vzorky při vyšších teplotách se již rozpadly, a proto s nimi nebyly zkoušky prováděny. Pojivo Thermoset "R" má přibližně stejnou plynotvornost jako Corephenit HB Z 2% a menší než Thermopherm.

Pojivo Usner U 600 Al bylo namícháno podle firemního předpisu se dvěma procenty pojiva. Pevnost v ohybu po vytvrzení nedostačovala však potřebám AZNP, a proto byl připraven vzorek se čtyřmi procenty pojiva, který pevnostně odpovídal. Z něho byly vytvrzeny vzorky po dobu 60 sec. a teplotách 200°C , 220°C , 250°C , 350°C a 400°C . Vzorek o 180°C nebylo možno utvrdit. Plynotvornost pojiva Usner je menší než u Fernalu 1170.

Dalším vzorkem bylo pojivo Corephenit HB Z o obsahu 1,8% pojiva, t.j. snížené množství pojiva a plynů při vyhovujících pevnostech jádra. Vzorky takto připravené měly snížený vývin plynů.

Z těchto výsledků vyplývá, že pro slévárnu v Mladé Boleslavi by měla význam pojiva Fursable, Usner a Corephenit 1,8% ovšem za předpokladu, že by vyhovovala pevnostním podmínkám. Z hlediska vývinu plynů jde u nich o menší objem, což přináší výhody z hlediska kvality odlitků a z hlediska hygieny práce obsluhy vytvrzovacích strojů.

2.2. Závěr.

Hodnoty obdržené z daného přístroje vykazují určitý rozptyl pro jednotlivá měření a proto lze k výsledkům přistupovat s jistou dávkou tolerance vzhledem k dříve popsaným vlivům a nedostatkům. Při použití přístroje PGD + GF + by byl rozptyl

jednotlivých měření daleko menší. Nevýhodou ovšem je velká pořizovací cena, přístroj se dováží ze Švýcarska a dlouhý čas potřebný pro měření. Výhodami jsou vysoká přesnost a snadná obsluha.

Při zjišťování plynotvornosti nových směsí bylo zjištěno, že lepší vlastnosti mají pojiva Fursable 79 TH B, Usner U 600 Al, Corephenit HB Z 1,8%, která vykazují menší množství plynů. Tím by se mohlo dosáhnout lepší kvality odlitků a zlepšení hygienických podmínek obsluhy.

V současné době je světový trend ústupu od obalovaných směsí k Hot-Box a Cold-Box, které jsou energeticky méně náročné. Ve slévárně AZNP je 80 % zařízení pro metodu Hot-Box. S ohledem na technické vlastnosti bude zařazeno pojivo Fursable 79 TH B ve třetím čtvrtletí 1986 do výroby. S ohledem na další technické vlastnosti a rozvoj se počítá v roce 1987 s přechodem na pojivo Thermoset "R". V souladu se světovým trendem AZNP objednalo zadání ve VÚS Brno řešení úkolu pojiv Cold-Box. Realizace má probíhat ve dvou etapách. V první budou do výroby zavedena zahraniční pojiva a v druhé se přejde na pojiva vyráběná z domácích surovin.

SEZNAM_GRAFIČKÝCH_PŘÍLOH

Jádra vyráběná metodou Hot-Box	graf č. 1
Jádra vyráběná metodou Hot-Box plněna Feprenem	graf č. 2
Jádra vyráběná metodou Crowning plněna Feprenem	graf č. 3
Vzorky ze zahraničních pojiv	graf č. 4
Corephenit HB Z 2%	graf č. 5
Fursable 79 TH B	graf č. 6
Thermopherm AL	graf č. 7
Usner U 600 AL 4%	graf č. 8
Thermoset "R"	graf č. 9
Corephenit HB Z 1,8%	graf č. 10

SEZNAM_FOTOGRAFIČKÝCH_PŘÍLOH

Fotografie jader z výroby

Seznam_použitých_literatury

- /1/ VETIŠKA, A. a kol. : Teoretické základy slévárenství
technologie SNTL Praha, 2. vydání
1974
- /2/ PÍŠEK, F. : Nauka o materiálu 1. Academia,
JENÍČEK, L. Praha, 1966
RYŠ, P.
- /3/ PÍŠEK, F. : Slévárenství 1., SNTL Praha, 1974
PLEŠINGER, J.
- /4/ RUSÍN, K. : Disperzní formovací materiály,
skripta VUT Brno, 1. vydání, 1973
- /5/ MEDVEDĚV, J. J. : Gazy v litejnoj forme, 1. vydání
Moskva 1965
- /6/ BERG, P. P. : Chimism tverděníja žitkostěkolnych
IVANOV, N. Ch. směsej, lit. proizvodstvo, č. 2,
str. 17 - 19, 1967
- /7/ PROCHÁZKA, K. : Hodnocení plynatosti formovacích a
jádrových směsí používaných ve slévárně LIAZ Liberec, DP-KMM-013, 1981
VŠST Liberec
- /8/ PAVLU, K. : Hodnocení plynotvornosti jádrových
směsí používaných ve slévárně Liaz
Liberec, DP-KMM-085, 1983,
VŠST Liberec
- /9/ HOLUBEC, Z. : Fyzikální chemie metalurgických
KALOUSEK, J. procesů, skripta VŠST Liberec,
KALOUSKOVÁ, G. 1. vydání, 1982
- /10/ Časopis : Slévárenská ročenka, 1986

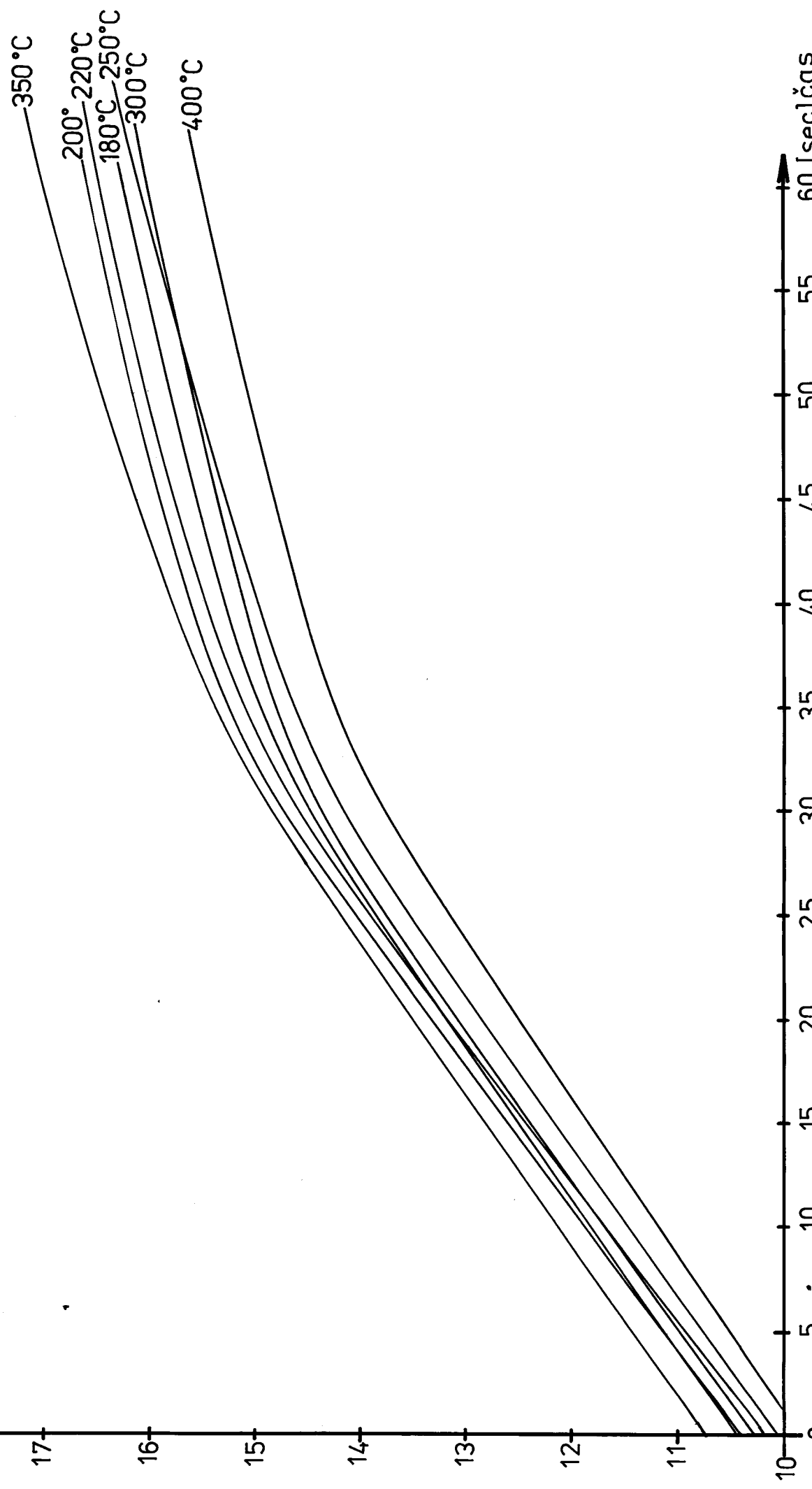
...m děkuji za odborné vedení konzultace vedoucí mé
práce RNDr. Janě Kulhánkové a konzultantovi s. Vla-
arovi za důkladné seznámení s postupem výroby, umož-
lizace měření v AZNP Mladá Boleslav a za pomoc při
vání vzorků pro daná měření. Dále děkuji pracovníkům
grafické laboratoře v AZNP Mladá Boleslav za pomoc při
í, pracovníkům KMM, kteří mi byli nápomocni při zpracování
diplomové práce.

V Liberci dne 23. května 1986

Šmíček Jirka

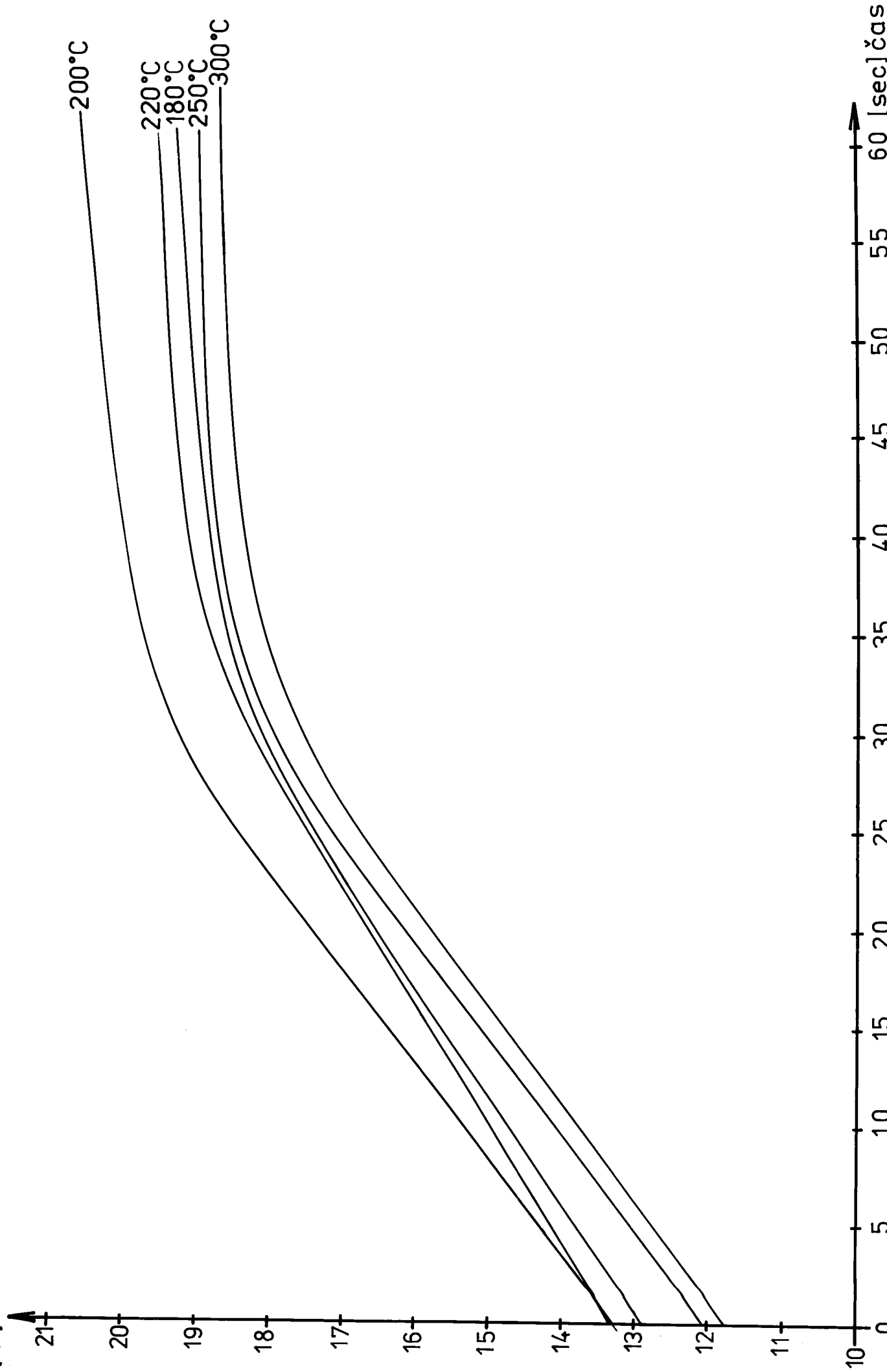
objem
[ml.]

10/ Corephenit HB Z 1,8 %

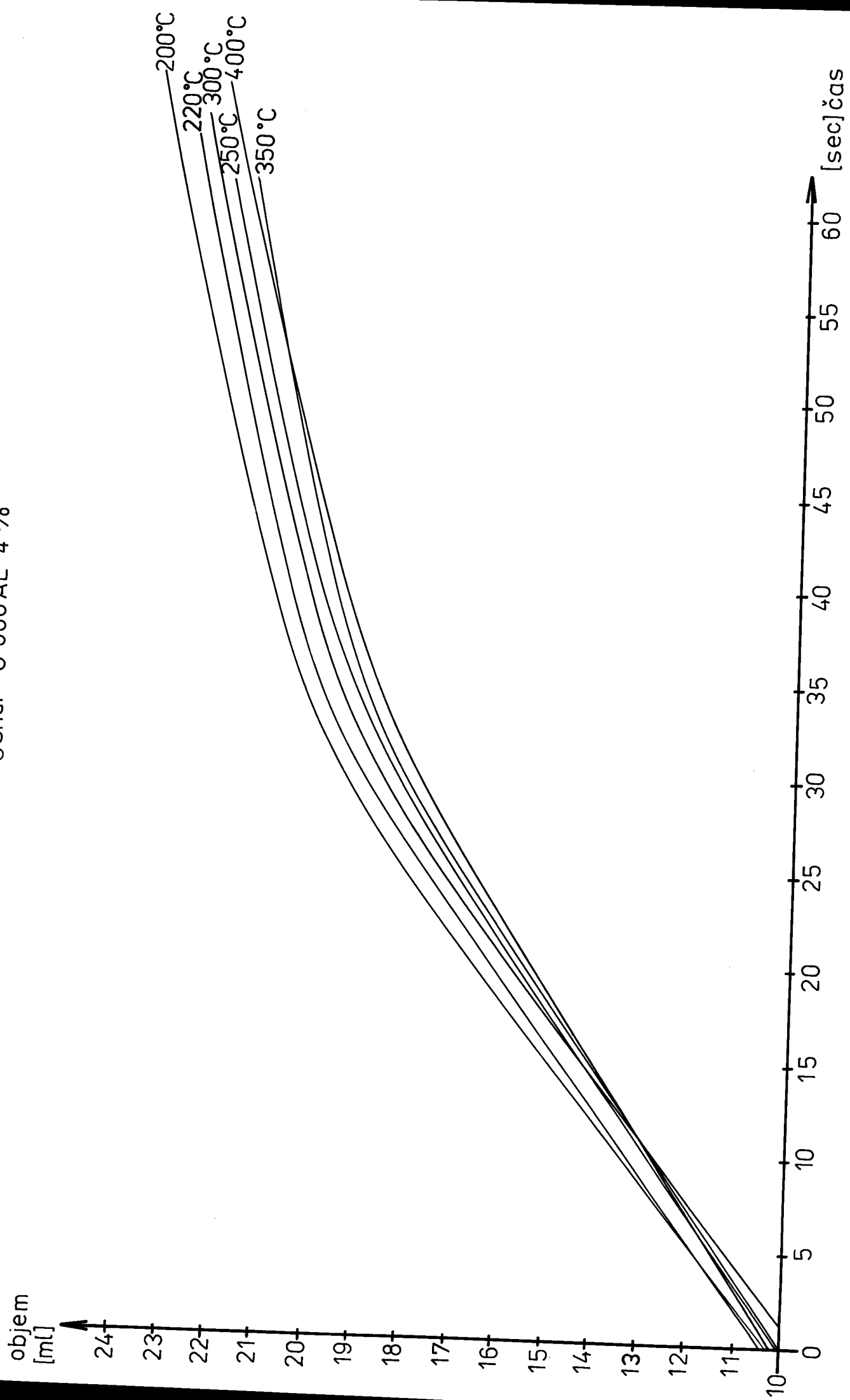


objem
[ml]

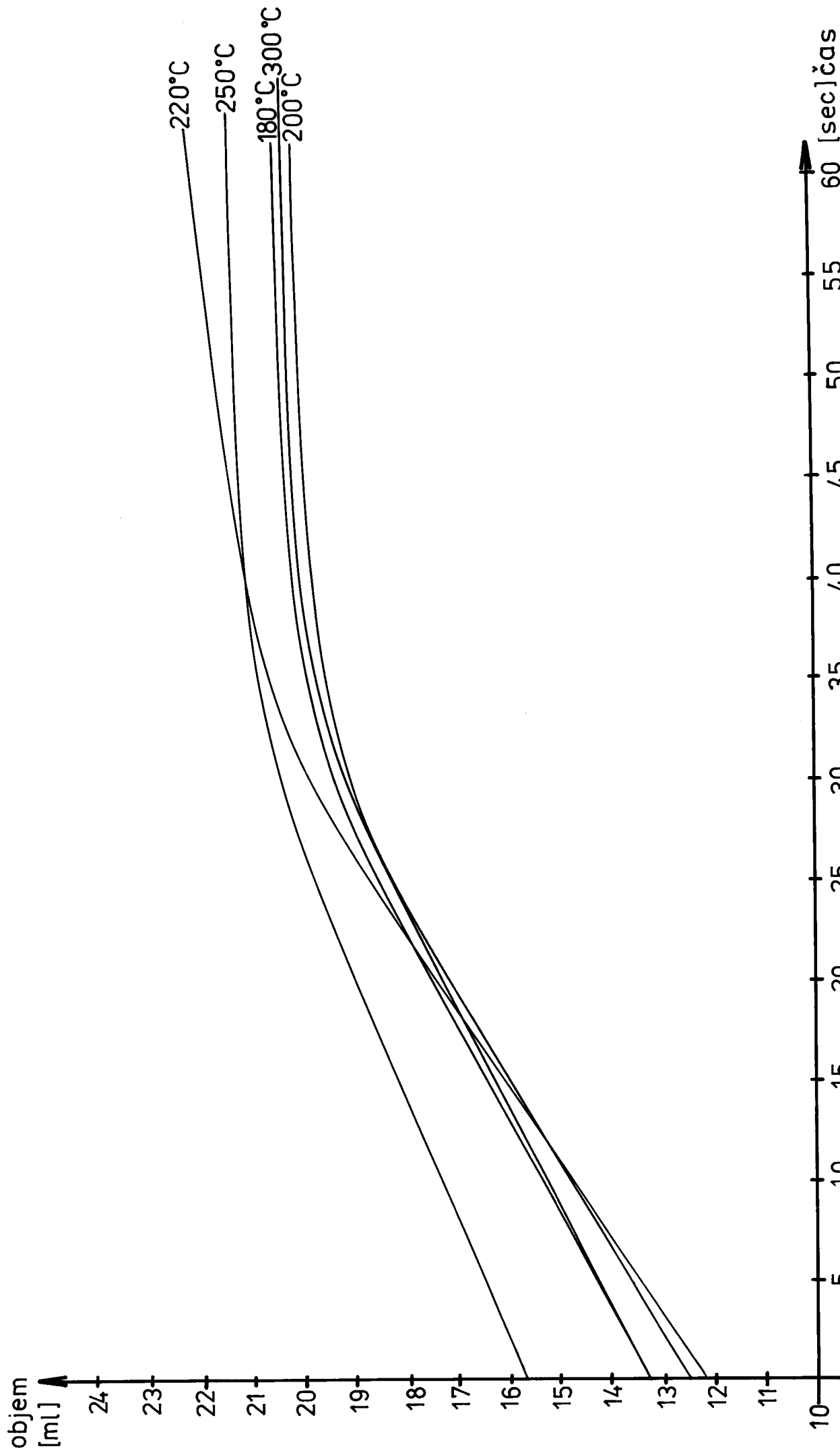
9/ Thermoset "R"

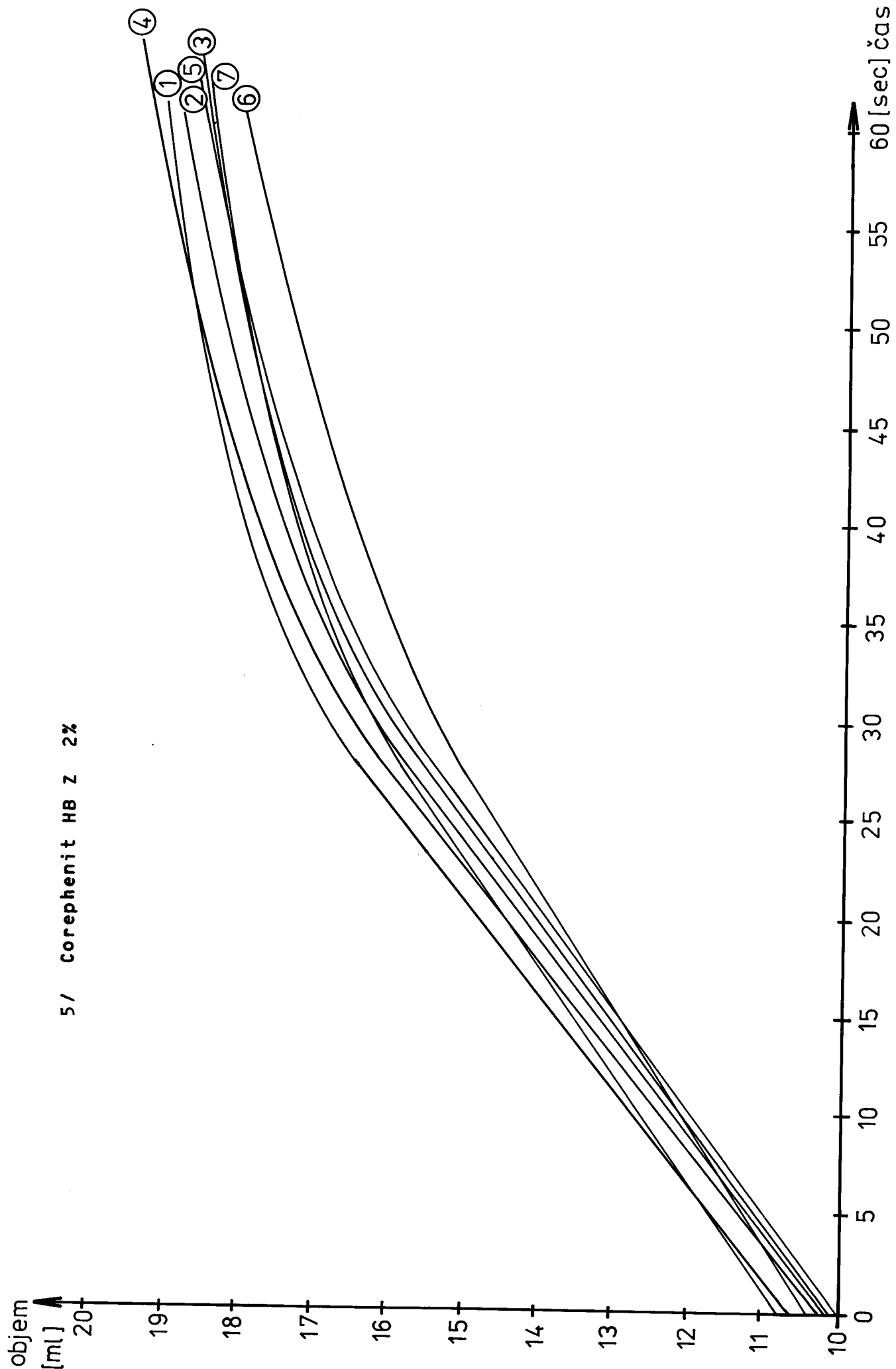


8/ Usner U 600AL 4%

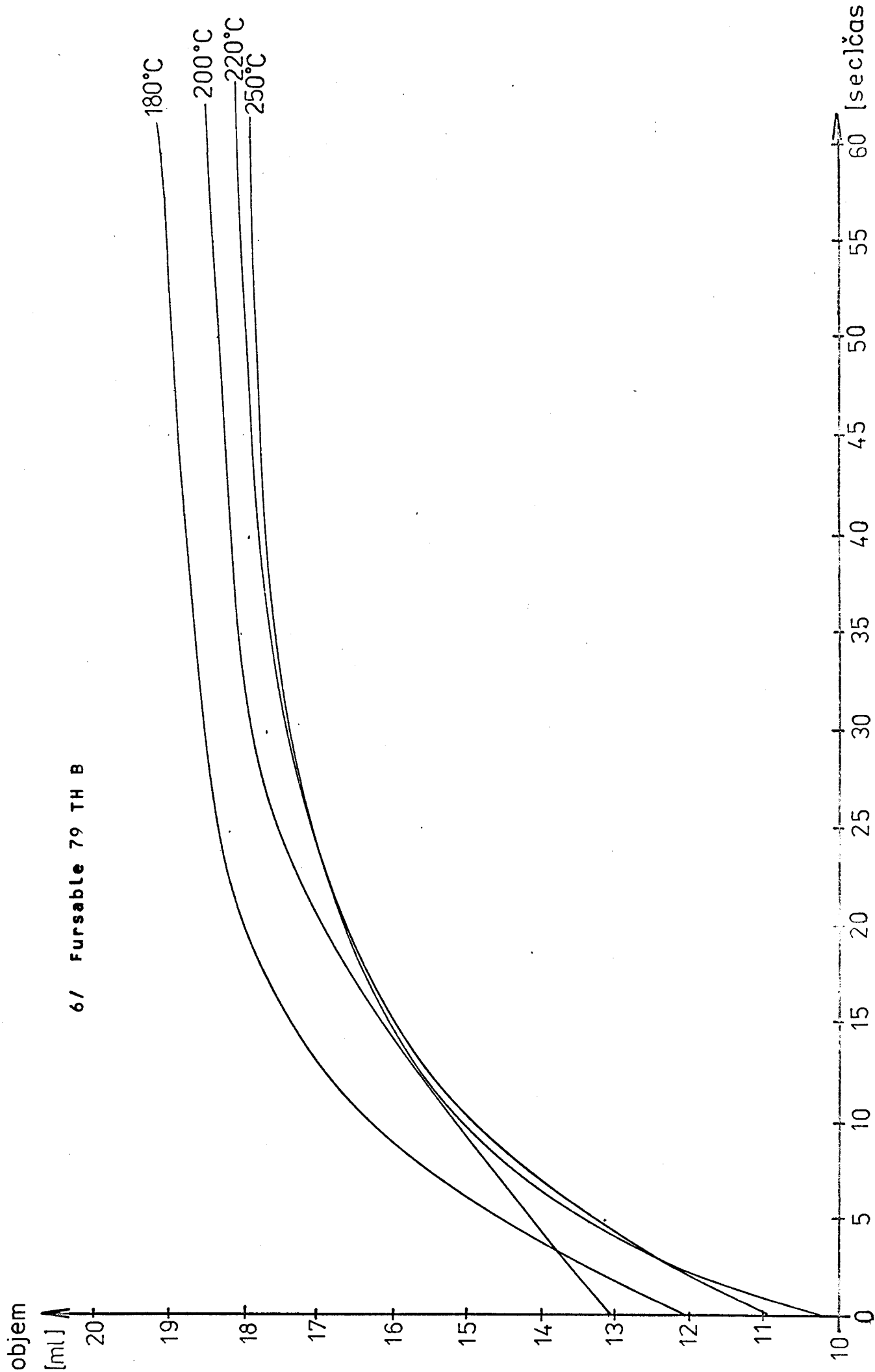


71 Thermoperm AL

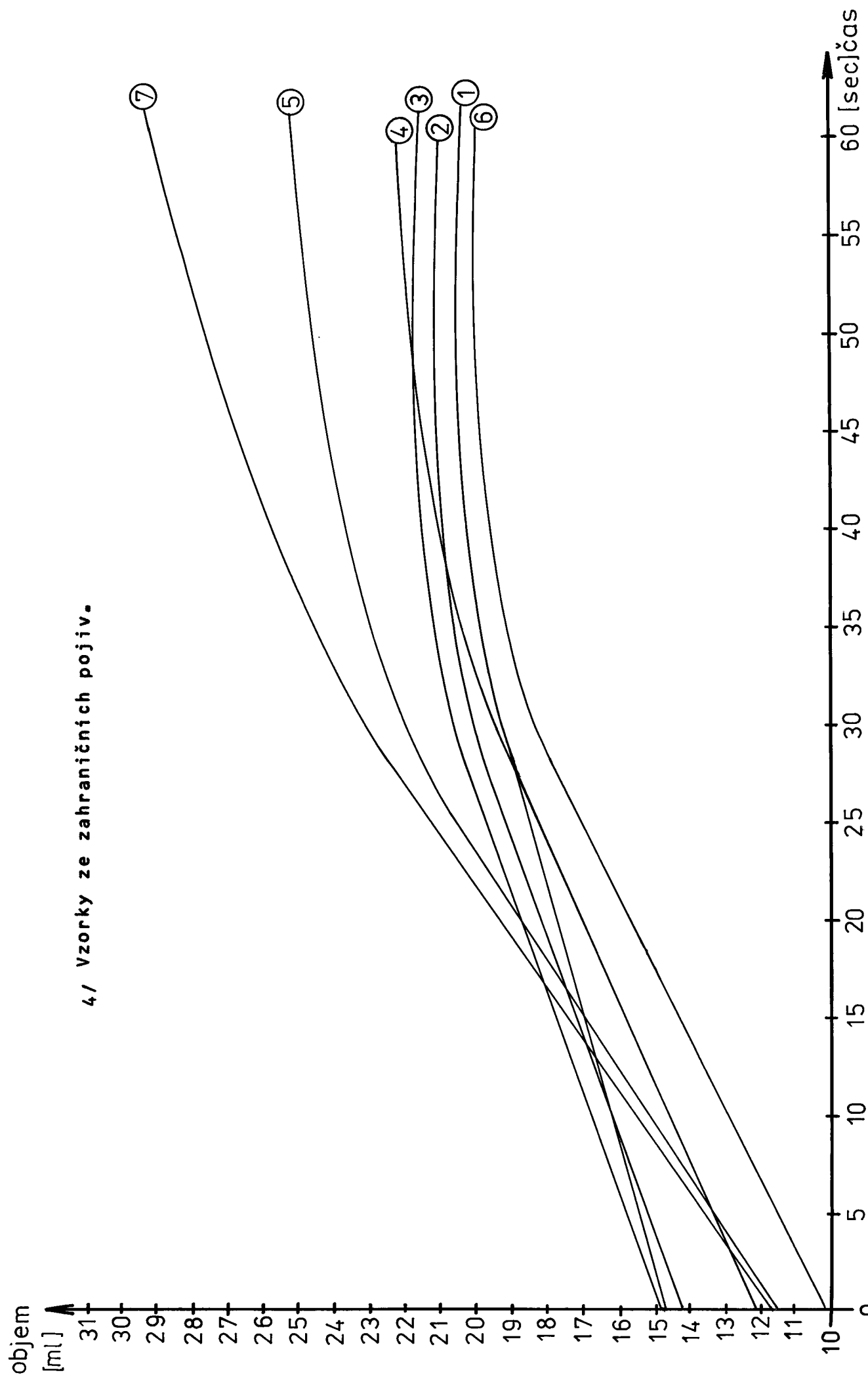




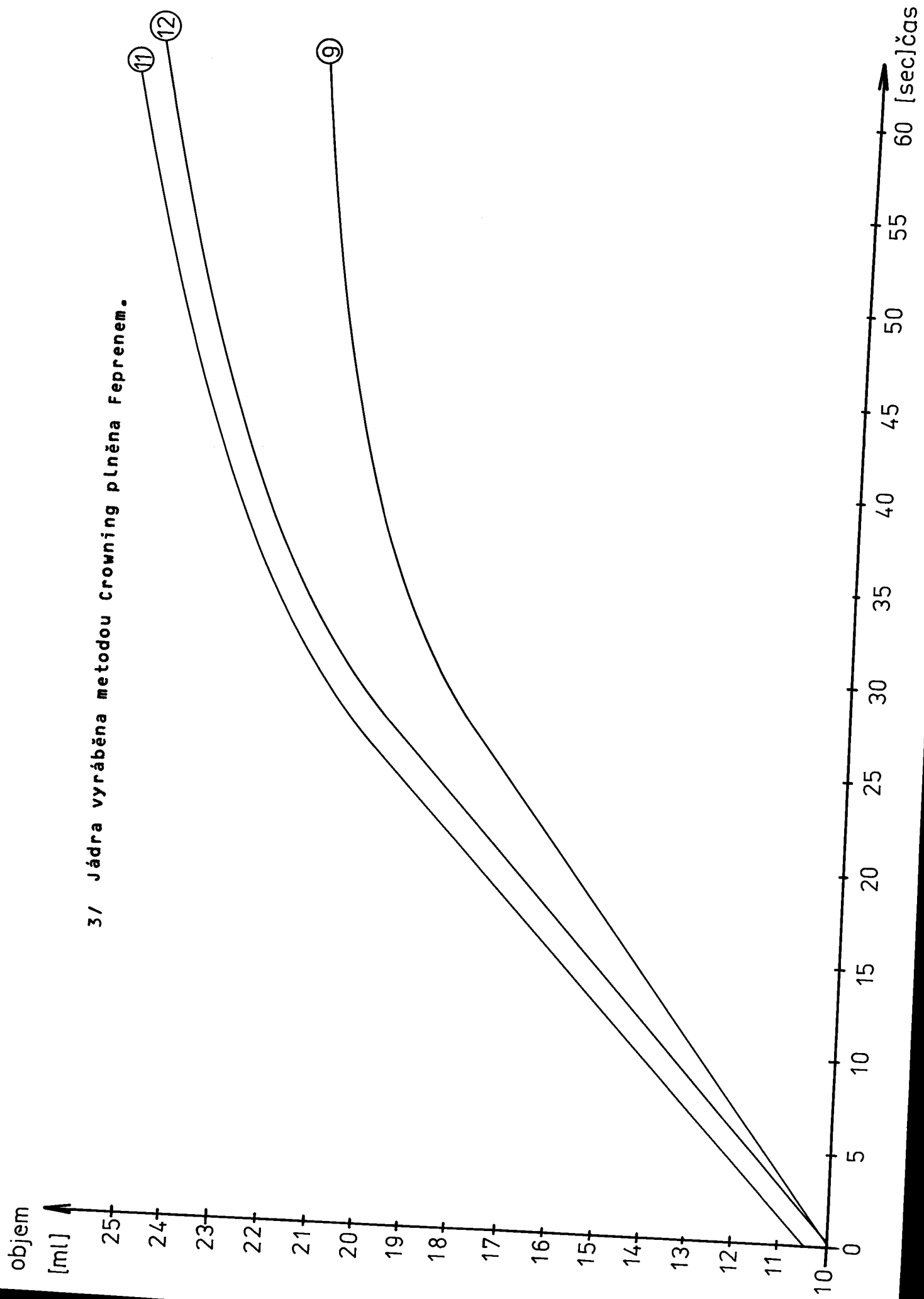
Fursable 79



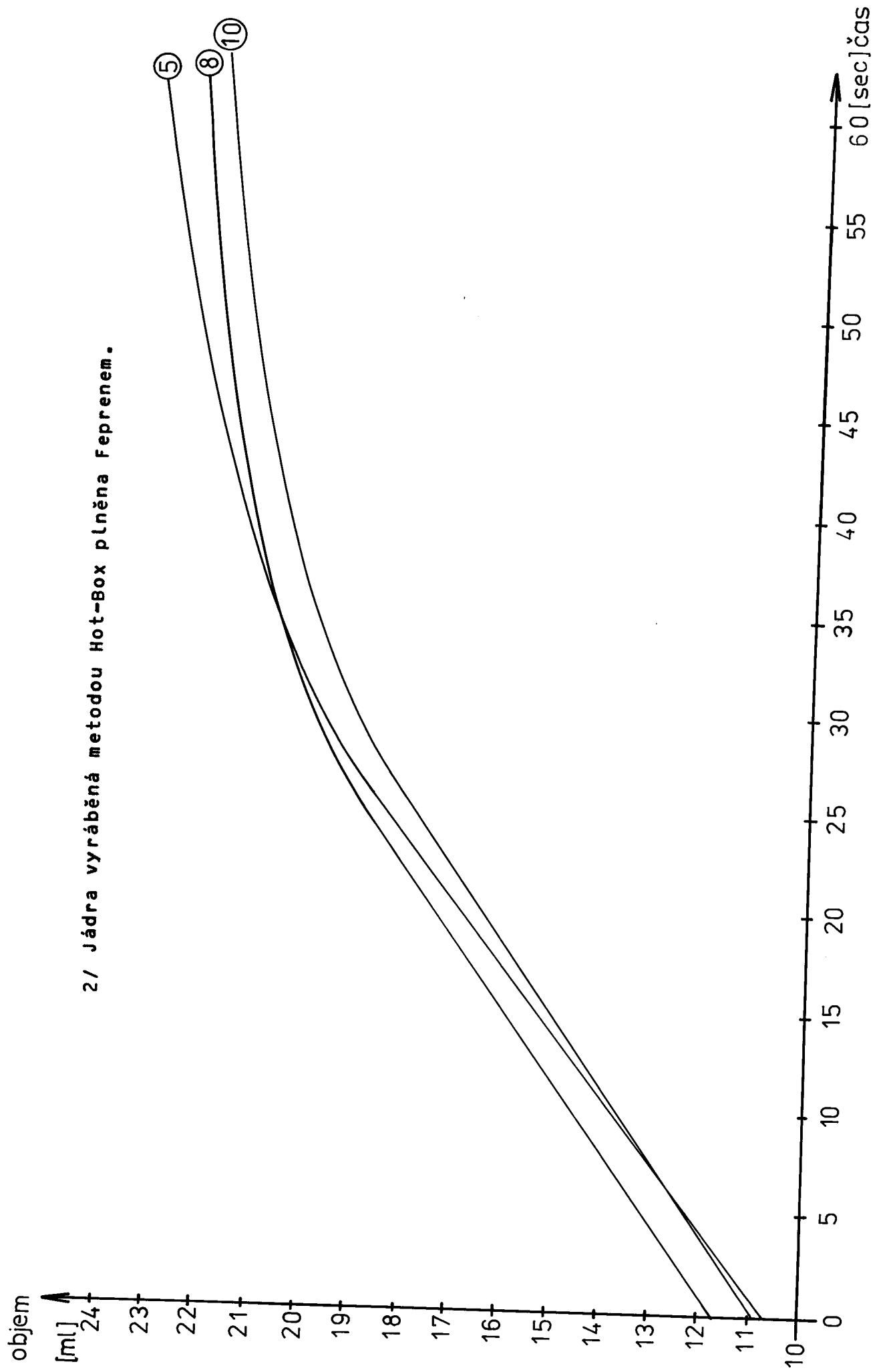
4/ Vzorky ze zahraničných pojiv.

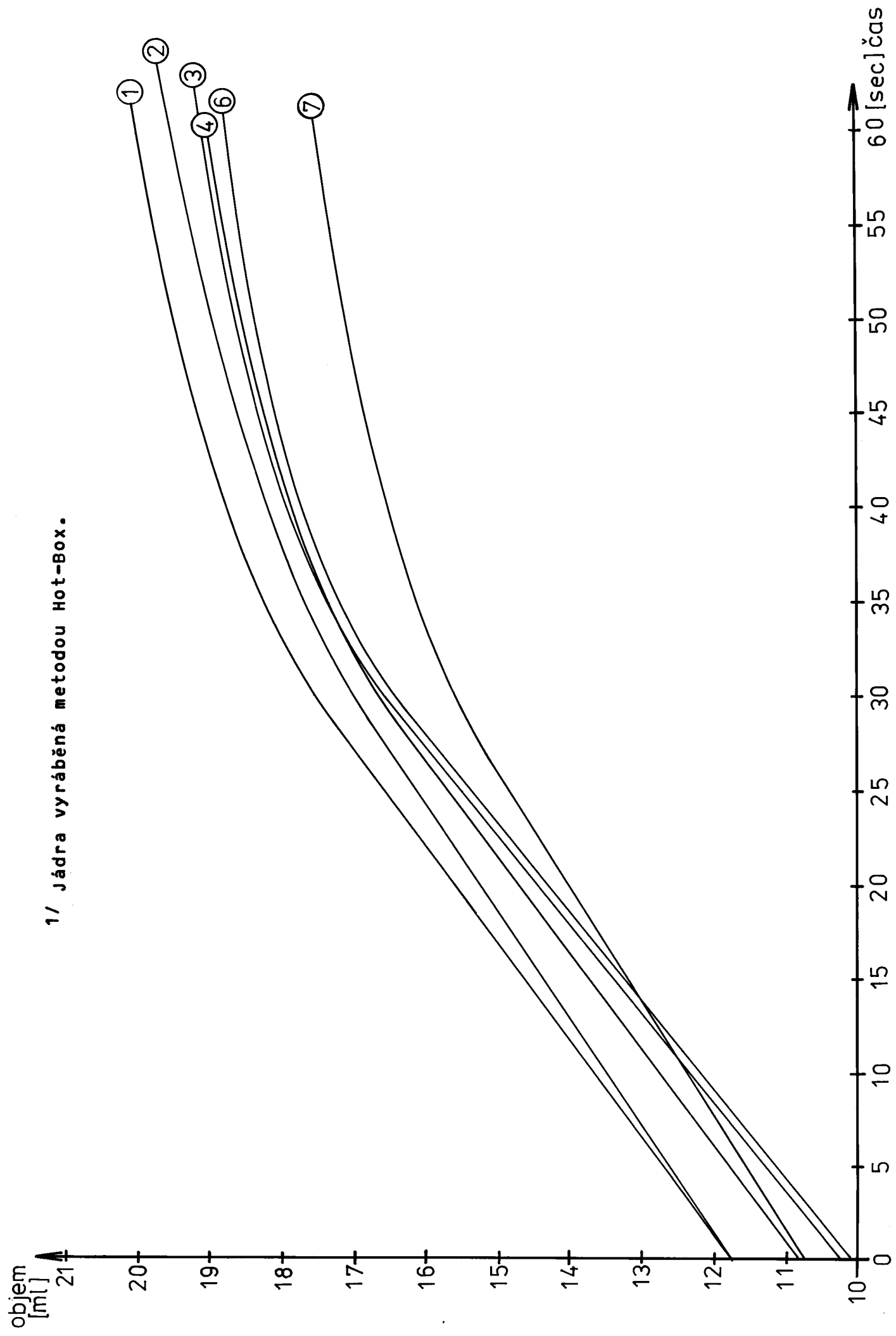


3/ Jádra vyráběna metodou crowning plněna Feprenem.

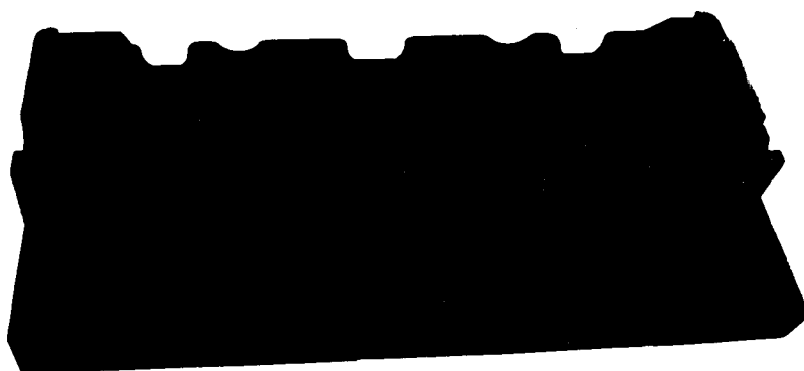


t-

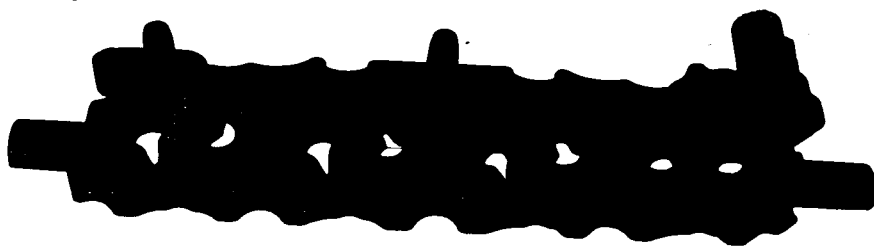




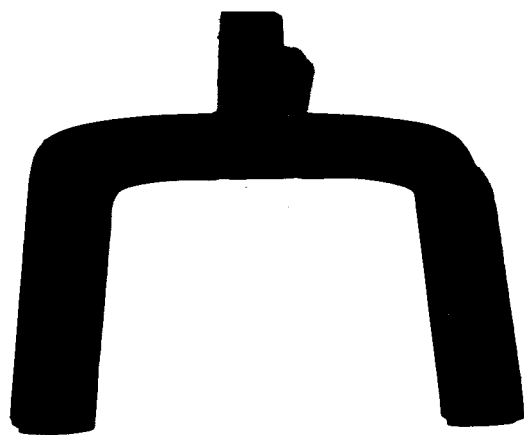
Jádra_z_výroby_z_nichž_byly_brány_vzorky_pro_zkoušku_množství
plynů_v_jednotlivých_jádrech.



Jádro spodního pláště pro hlavu válců.



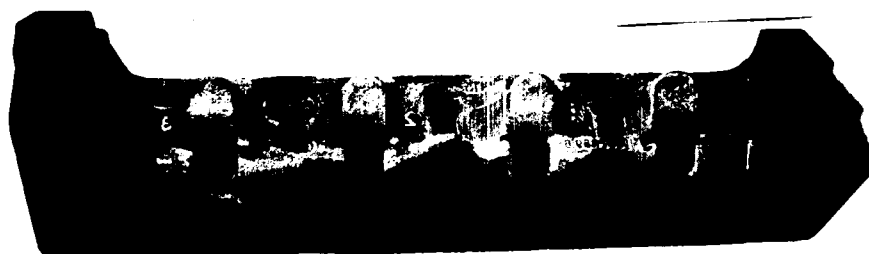
Jádro vrchního pláště.



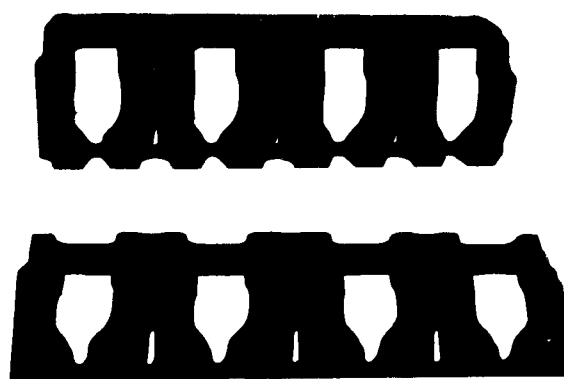
Kolínko ssací trubky.



Jádro levého diferenciálu.



základové jádro pro hlavu válců.



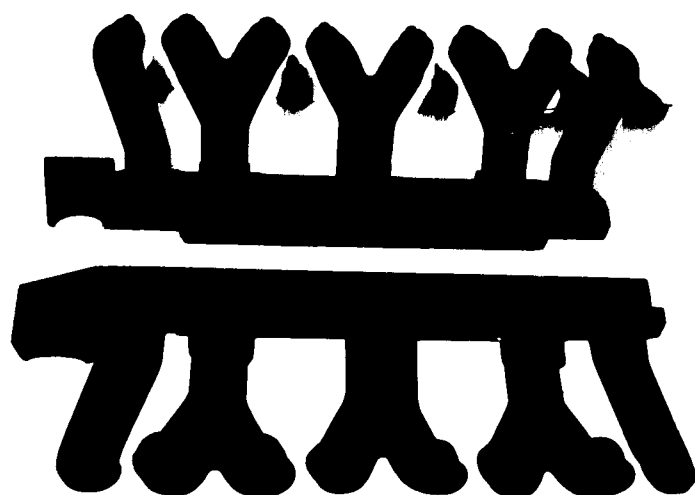
svíčkové jádro pro hlavu válců.



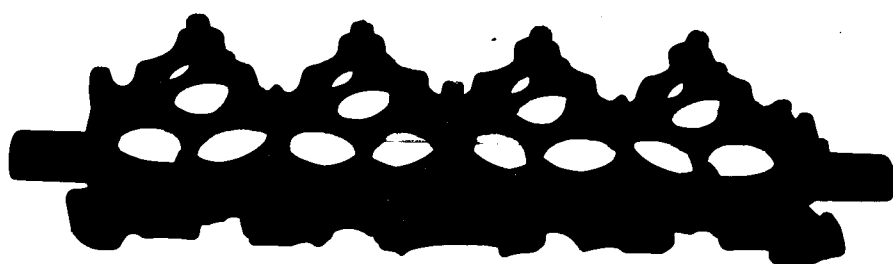
Jádro vložky válců.



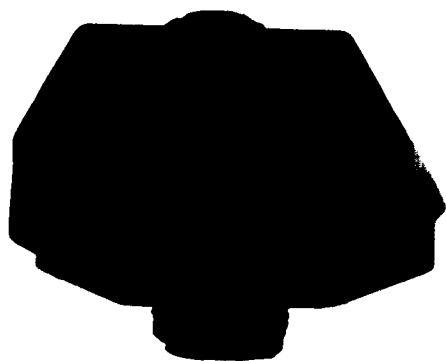
Jádro náboje kola.



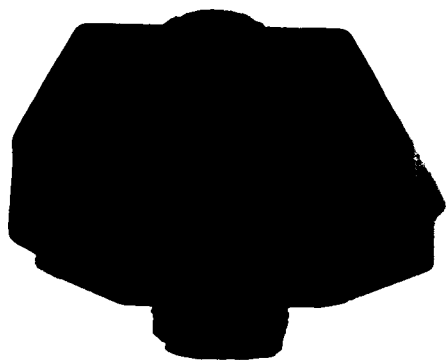
Kolínková jádra pro hlavu válců.



Žebříčkové jádro pro hlavu válců.



Jádro třmenu diskové brzdy.



Jádro třmenu diskové brzdy.



Jádro výfukové trubky.