

DIPLOMOVÝ ÚKOL

Miloše B r e t a

pro

odbor **strojírenská technologie**

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

Název tématu: **Studium zabíhavosti slitin v souvislosti s přesností odliktů a jakostí jejich povrchu.**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Prostudujte literární prameny o zabíhavosti jakožto slévárenské vlastnosti kovů a slitin a ve stručném přehledu pojednejte o základních fyzikálních a technologických parametrech, na nichž je zabíhavost závislá; podrobněji prostudujte vliv povrchového napětí a smáčivosti taveniny a formy.
- 2) Seznamte se s metodikou zkoušek zabíhavosti v keramických formách prováděnou na KSL v minulých letech a s návrhem analytického výpočtu zabíhavosti u zkoušky alternativy D.
- 3) Ve spolupráci s konzultantem připravte keramické skořepinové formy pro zkušební tělíska zabíhavosti (alternativa D). Proveďte soustavné zkoušky zabíhavosti u oceli 12060 na vzduchu a ve vakuu, sledujte vliv teplot předehřátí zkušebních forem a vliv licích teplot zvolených materiálů na jejich zabíhavost.
- 4) Výsledky zkoušek vyhodnoťte tabelárně a graficky, příp. též aplikujte odvozené matematické vztahy pro výpočet zabíhavosti.
- 5) Do závěrečného hodnocení zahrňte rovněž stručné hodnocení souvislosti zabíhavosti zvolených slitin s přesností odliktů a jakostí jejich povrchu; k tomu použijte výsledků práce diplomanta Jančáře, s nímž budete experimenty provádět.

V 32/1970 S
Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962-Věstník MŠK X/III, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÁ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC I, STUDENTSKÁ 8

Rozsah grafických laboratorních prací: **tabulky - grafy**

Rozsah průvodní zprávy: **40 - 50 stran**

Seznam odborné literatury:

- 1) Spasskij: **Základy slévárenství.**
- 2) Doškář : **Přesné lití do keramických forem.**
- 3) Příbyl : **Teorie slévárenství.**
- 4) **Výzkumné zprávy VŠST-KSL, diplomové práce posluchačů na VŠST KSL a další literatura podle dispozic konzultanta.**

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Bohumil Odstrčil**

Konzultanti: **Ing. Jiří Bachtík**

Datum zahájení diplomové práce: **20.10.1969**

Datum odevzdání diplomové práce: **30.6.1970**



Handwritten signature of Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

vedoucí katedry

Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Handwritten signature of Prof. Ing. Dr. techn. Frant. Kotěmíd

děkan

Prof. Ing. Dr. techn. Frant. Kotěmíd

v

Liberci

dne

15.5.

19670.

VŠST Liberec

Katedra slévárenství

Fakulta strojní

DP-ST 842/70

DIPLOMOVÁ PRÁCE

STUDIUM ZABÍHAVOSTI SLITIN V SOUVISLOSTI S PŘESNOSTÍ
ODLITKŮ A JAKOSTÍ JEJICH POVRCHU.

Miloš BRET

A. ÚVOD

Trend slévárenské výroby jde směrem k lití do keramických skořepinových forem, neboť odlitky získané touto cestou nepotřebují prakticky dalšího obrábění. U těchto odlitků se dosahuje velké rozměrové přesnosti a jakosti povrchu drobných a složitých tvarů.

K docílení těchto vlastností je zapotřebí správná volba materiálu na odlitky. S tím je úzce spjata též zabíhavost zvoleného materiálu.

Z tohoto důvodu je tedy nutno zhotovit zkušební formu, která by měla tyto vlastnosti:

- 1/ Jednoduchá výroba
- 2/ Dostatečná citlivost
- 3/ Snadná reprodukovatelnost

Výzkumem zkušební formy se zabývaly diplomové práce na katedře slévárenství již od roku 1964.

Byly realizovány tyto zkoušky:

- 1/ Klínová zkouška zabíhavosti - alternativa A
- 2/ Destičková zkouška zabíhavosti - alternativa B
- 3/ Walkerova zkouška zabíhavosti - alternativa W
- 4/ Kuličková zkouška zabíhavosti - alternativa C
- 5/ Klínová zkouška zabíhavosti - alternativa D
- 6/ Klínová zkouška zabíhavosti - alternativa E

Účelem této práce bylo realizovat zkoušku zabíhavosti upravené alternativy D na vzduchu a ve vakuu .

Na vzduchu se odléval materiál 12060 a ve vakuu materiál AKN 22.

Během práce se měl sledovat vliv lící teploty a teploty přehřátí formy na hodnoty zabíhavosti.

Navržená zkušební forma se lišila od předcházejících zkoušek zabíhavosti alternativy D zejména upravenou lící soustavou. Úpravami se podstatně snížila vstupní rychlost taveniny do zkušební dutiny formy.

B. OBECNÁ ČÁST1. Definice zabíhavosti:

Při lití kovu do formy probíhají složité pochody. Na průběh těchto pochodů má vliv mnoho vlastností. Tyto vlastnosti byly nazvány slévárenské vlastnosti. Jednou z nejdůležitějších vlastností slévárenských je z a b í h a v e s t .

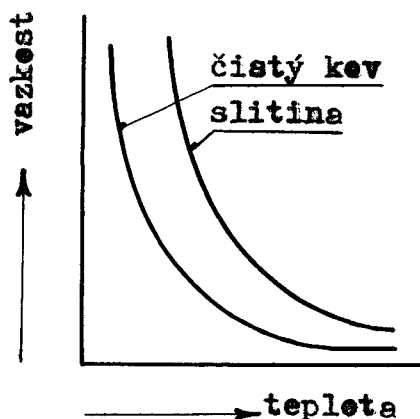
Zabíhavost je schopnost kovu zaplnit co nejdekona-
leji slévárenskou formu do všech jejích detailů. Při posuzování této vlastnosti se musí vycházet z komplexního hodnocení všech vlivů. Nutno přihlížet na souhrn všech fyzikálních a chemických vlastností, které podmiňují pohyb kovu nebo slitin v tekutém stavu v dutině formy. Tyto všechny vlastnosti lze rozdělit do dvou základních skupin:

- 1/ vlastnosti vnitřní - tj. chemické a fyzikální vlastnosti taveniny
- 2/ vlastnosti vnější - tj. vlastnosti formy a podmínky jejího plnění.

Zabíhavost je proto nutno posuzovat z komplexního hlediska.

II. CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI TAVENINY.1/ V i s k o z i t a

Viskozita taveniny způsobuje vnitřní odpor taveniny při jejím proudění. Její vliv si lze představit jako tření jednotlivých vrstev taveniny mezi sebou. Viskozita je definována jako převrtná hodnota tekutosti. Určuje pehyblivost tekutého kovu. Snahou je, aby kov za-



Obr.1

plňoval laminárním prouděním formu. Zvětšováním viskozity se zmenšuje proudění. Zahřátím se viskozita zmenšuje. Sama viskozita však nebrání vyplňování formy, má vliv pouze na dobu zaplňování formy.

VŠST Liberec	- 3 -	Katedra slévárenství
Fakulta strojní		DP - ST 842/70

Viskozita závisí kromě na teplotě ještě na složení kovu a u slitin na poměru jednotlivých složek. Čím větší je interval tuhnutí slitiny, tím je viskozita větší. Čistý kov má při stejné teplotě menší viskozitu než slitina, jak ukazuje obr. 1. Laminární proudění taveniny se docílí pouze v případech, kdy rychlost stoupání taveniny ve formě nepřekročí rychlost kritickou.

$$U_k = \frac{Re \cdot \nu}{D}$$

kde Re = Reynoldsovo číslo

D = ϕ kanálu

ν = koeficient kinematické vazkosti

U_k = kritická rychlost

Je tedy vidět, že kritická rychlost bude tím větší, čím bude větší vazkost. /5/

2/ P o v r c h o v é n a p ě t í

Povrchové napětí způsobuje, že tavenina se snaží zmenšit svůj povrch. To znamená, že zaujímá takový tvar, který má co nejmenší povrchovou energii, tedy nejmenší povrch.

Síla, která má snahu zmenšit povrch tekutého kovu, se nazývá povrchové napětí.

Vysvětlení :

Atomy uvnitř tekutého kovu působí na sebe ze všech stran, kdežto na atomy ležící na povrchu nepůsobí ze strany atmosféry žádná síla. Je tedy na povrchu nerovnovážený stav, který se projeví tak, že se zdá, jakoby na povrchu tekutého kovu byla tenká elastická plena.

Každý kov nebo slitina má svoje povrchové napětí závislé na vlastnostech a složení kovu a slitiny.

Některé příměsi zvětšují, jiné zmenšují povrchové napětí. Příměsi mědi a křemíku v hliníku způsobují zmenšení jeho povrchového napětí.

Vliv titanu se při nízkých teplotách neprojevuje na povrchovém napětí hliníku, ale při vyšších teplotách je zvyšuje.

Existence uhlíku v železe má velký vliv na jeho povrchové napětí. Při 0,3 % C se zvyšuje povrchové napětí železa z 1,030 na 1,500 N/mm.

Oxydycké pleny také zvětšují povrchové napětí tekutých kovů a slitin.

U hliníku tyto pleny zvyšují povrchové napětí 2-3 x. Zvýšením teploty se povrchové napětí sníží. Tato závislost bývá lineární a je vyjádřena rovnicí :

$$\sigma_t = \sigma_0 - \beta t$$

σ_0 = povrchové napětí při 0° C

σ_t = povrchové napětí při určité teplotě

β = koeficient

t = teplota

Existují různé metody zjišťování povrchového napětí.

Nejpřesnější výsledky dávají pokusy s kapilárami.

Povrchová napětí se u nich vypočítávají ze vztahu :

$$\sigma = \frac{h \cdot r \cdot \rho \cdot g}{2 \cos \vartheta}$$

h = výška zdvihu kapaliny v kapiláře

r = poloměr kapiláry

ρ = hustota

g = gravitační zrychlení

ϑ = krajní úhel smáčivosti

Zjištění krajního úhlu smáčivosti je však obtížné.

Častěji se proto používá metoda maximálního tlaku v plynové bublince při atmosferickém tlaku.

Do taveniny se fouká inertní plyn kapilárou. Měří se tlak, který je nutný pro odtržení bublinky z kapiláry. Nejmenší poloměr kapiláry a největší tlak mají za následek, že bublinka má tvar polsféry.

Tento tlak se pak měří manometrem.

Povrchové napětí se pak vypočte ze vztahu :

$$\sigma = \frac{1}{2} p_{max} \cdot r \left(1 - \frac{2}{3} \frac{r \cdot \rho}{p_{max}} - \frac{1}{6} \frac{r^2 \cdot \rho^2}{p_{max}^2} \right)$$

r = poloměr kapiláry

p = maximální tlak

ρ = měrná váha kovu

Maximální tlak se vypočte z rovnice :

$$p_{max} = p - g h_1 (\rho_A - \rho_B)$$

p = tlak naměřený manometrem

h = hloubka ponořené kapiláry

g = gravitační zrychlení

ρ_A = hustota zkoumané taveniny

ρ_B = hustota plynu

Tímto způsobem jsou výsledky přesné jen při použití kapilár o průměru $1 - 1,5$ mm.

Aby bylo umožněno dostatečné zaplňování formy taveninou, je nutno dodat kovu doplňující tlak h

$$h = \frac{2\sigma \cdot \cos \psi}{r \cdot \rho_{max} \cdot g}$$

Čím většího povrchového napětí se chce dosáhnout, tím je třeba většího doplňujícího tlaku. /5/

3/ Smáčivost

Smáčivost určuje poměr velikosti povrchového napětí na rozhraní taveniny, formy a prostředí.

Umístí-li se na povrchu nerozpustné tuhé látky kapka kapaliny, rozhodují o jejím chování tři hodnoty povrchových neboli mezifázových energií.

Povrchová energie tuhé látky w_s

Povrchová energie kapaliny w_l

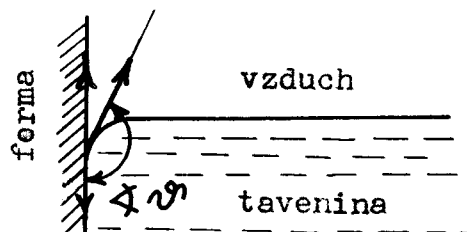
Mezifázová energie w_{sl}

Platí-li :

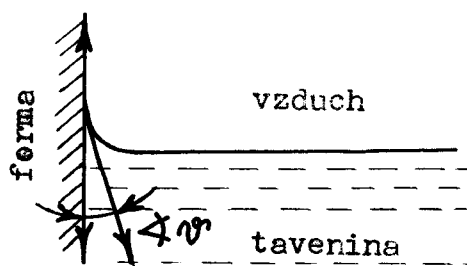
$w_s = w_{sl} + w_l$, pak $\cos \psi = 1$; $\psi = 0^\circ$ /úplné smáčení/

$w_s > w_{sl}$, pak $\cos \psi > 0$; $0^\circ < \psi < 90^\circ$ /neúplné smáčení/

$w_s < w_{sl}$, pak $\cos \psi < 0$; $90^\circ < \psi < 180^\circ$ /nesmáčení/



nesmáčivá forma



smáčivá forma

Čím je větší smáčivost, tím je větší zabíhavost kovu. Tato vlastnost má však negativní vliv, neboť při velké smáčivosti dochází k zabíhání kovu mezi zrna formovacího materiálu. Naproti tomu při malé smáčivosti je povrch odlitku jemný, ale zabíhavost kovu je horší. /5/

4/ Chemické složení a charakter krystalizace

Největší zabíhavost mají slitiny eutektické a ty, které tvoří chemické sloučeniny. Chemickým složením dané slitiny je dán její interval tuhnutí, který má velmi velký vliv na zabíhavost. Čím větší je tento interval, tím menší je zabíhavost, neboť v rozmezí tuhnutí je slitina v těstovitém stavu a rychle ztrácí svoji tekutost a špatně vyplňuje formu. Toto souvisí s dendritickou krystalizací. Rozvětvené kostry dendritů při poměrně malém celkovém objemu značně znesnadňují pohyb slitiny a nakonec tento pohyb úplně zastaví. Teplota, při které se toto stane, leží mezi teplotami solidu a likvidu a nazývá se teplotou nulové zabíhavosti.

Naproti tomu eutektické slitiny krystalizují v pravidelných útvarech, které kladou pohybu taveniny menší odpor než dendrity, a proto mají eutektické slitiny lepší zabíhavost. /1/

5/ Tepelně - fyzikální vlastnosti

Na těchto vlastnostech závisí setrvání slitiny v tekutém stavu.

Tepelná vodivost působí určitým vlivem na tekutost taveniny. Její hodnota je však u slévárenských tavenin nízká, takže zabíhavost podstatně neovlivňuje. Proto se může její vliv na zabíhavost zanedbat. Skupenské teplo tuhnutí ovlivňuje svojí velikostí dobu, po kterou je tavenina tekutá, což má příznivý vliv na zabíhavost.

Tepelná kapacita formy je dána součinem měrného tepla a měrné váhy slitiny. Čím je tepelná kapacita taveniny větší, tím je doba, při které předá tavenina

VŠST Liberec	- 7 -	Katedra slévárenství
Fakulta strojní		DP - ST 842/70

teplo okolnímu prostředí, delší. Toto se projeví zlepšením zabíhavosti, protože je delší i doba, po kterou si tavenina udržuje kapalnou fázi. /1/

III. VLASTNOSTI FORMY

1/ Součinitel přestupu tepla má vliv na hodnotu zabíhavosti v prostředí forma - kov. S rostoucím součinitelem přestupu tepla se kov rychleji ochlazuje a tím se zkracuje doba do začátku tuhnutí taveniny. Zabíhavost se v takovémto případě zmenší.

2/ Tepelný spád mezi formou a taveninou. Čím je spád větší, tím je i rychlejší ochlazování taveniny a zabíhavost se z tohoto důvodu opět zmenšuje.

3/ Drsnost povrchu formy. Čím větší je drsnost formy, tím je tlaková energie menší a zabíhavost rovněž klesá.

4/ Relativní tloušťka formy. Rychlost chladnutí taveniny závisí na poměru povrchu a objemu taveniny. Při velkém tomto poměru je intenzivnější odvod tepla a tím rychlejší chladnutí. Následkem toho je menší zabíhavost.

Podmínky plnění formy.

Z těchto podmínek má na zabíhavost největší vliv teplota taveniny i formy a jejich průběh při lití, dále metalostatický tlak, popřípadě i dynamický tlak taveniny /který souvisí se způsobem plnění formy/, dále rozměry a tvar dutiny formy včetně lící soustavy a nakonec i časový činitel plnění.

Plnicí tlak

Čím je dynamický nebo i metalostatický tlak větší, tím je i zabíhavost lepší. Protože však tavenina musí překonávat odporů způsobené vnějším i vnitřním třením, zvýšením plnicího tlaku se tyto odporů zvětší a tlaková energie, která je potřeba k překonání těchto odporů také stoupne, proto výsledná hodnota zabíhavosti se sice zvýšením tlaku zvýší, ale je o tuto hodnotu nižší.

Časový činitel

Při posuzování tohoto činitele se musí brát zřetel na dvě hlediska a to : a/ tepelné

b/ hydrodynamické

Z hlediska hydrodynamického by bylo nejvýhodnější plnění formy nejmenší rychlostí, protože odpory při proudění rostou s druhou mocninou rychlosti.

Z hlediska tepelného je tomu však opačně. Má být tedy čas co nejkratší, aby se zabránilo velkým tepelným ztrátám.

Protože však nelze oběma těmito podmínkám vyhovět současně, dělá se kompromis. Při lití do formy s větším odvodem tepla se používá větších rychlostí plnění, aby chom dostali správně zaběhlý odlitek.

Rozměry a tvar dutiny formy

Při každé změně průřezu formy a směru proudění vzniká ztráta pohybové energie. Proto se vyžaduje, aby forma měla pozvolné změny průřezů a aby vtoková soustava byla volena co nejvhodněji a to tak, aby se v ní tavenina uklidnila a zkušební vzorky se plnily tak, aniž by se v nich uplatnil účinek dynamického rázu, který dává zkreslené výsledky zabíhavosti. /8/

VŠST Liberec	- 9 -	Katedra slévárenství
Fakulta strojní		DP - ST 842/70

IV. PROBLEMATIKA GEOMETRICKÉ PŘESNOSTI ODLITKŮ A JAKOSTI JEJICH POVRCHU

V oboru přesného lití lze ze všech materiálových a technologických faktorů uvést tyto hlavní skupiny faktorů, které význačně působí na geometrickou přesnost odlitků :

- 1/ Kolísání smrštění odlévaného kovu za různých podmínek materiálových a technologických.
- 2/ Nepřesnosti při výrobě forem pro modely, jejich deformace a opotřebení.
- 3/ Deformace modelů a keramických forem při jejich výrobě a přípravě forem pro lití, deformace odlitků během tuhnutí, chladnutí, vyjímání z formy, eventuelně během tepelného zpracování.
- 4/ Otěr povrchu odlitků při jejich čištění.
- 5/ Jakost povrchu forem pro modely, modelů, keramických forem i odlitků a její ovlivnění operacemi čištění odlitků.

ad 1/ Kolísání smrštění odlévaného kovu je dáno vlivem vlastního kolísání míry smrštění odlévaného kovu, ale i některými dalšími faktory/ kolísáním předehřívací teploty formy, nestálostí koeficientu délkové roztažnosti formy, nestálostí teploty vyjímání odlitků z formy/, které však je možné zahrnout do vlivů technologických, které vyvolávají změny smrštění odlévaného kovu.

Celkové smrštění zahrnuje smršťování kovu v části intervalu tuhnutí, v tuhém stavu, objemové změny spojené se vznikem nových fází nebo překrystalizacemi. Tomuto smrštění by ideálně odpovídala míra smrštění kovu, avšak ve skutečnosti kov tuhne a chladne za reálných podmínek ve formě, která ovlivňuje vlastnosti tuhneoucího odlitku, především jeho smršťování.

Zdánlivě i při volném smršťování odlitků nebo jejich částí forma téměř nepůsobí, avšak její vliv se projeví teprve při důkladnějším rozboru. Její vliv spočívá především v různé rychlosti chlaze-

ní různých průřezů odlitků - čím menší průřez, tím je rychlejší ochlazování. Rychlost ochlazování ovlivňuje způsob krystalizace, strukturu a teploty přeměn, které vyvolávají druhotné změny objemové.

Skutečné smrštění odlitku je v každém případě výsledkem vzájemného mechanického a tepelného působení mezi formou a kovem a musí být tedy chápáno vždy komplexně.

Pro daný materiál je skutečné smrštění /skutečná míra smrštění ϵ_L / dána celkovým smrštěním kovu ϵ_T a technologickými faktory.

$$\epsilon_L = \epsilon_T \pm \epsilon_{\text{technolog. faktorů}}$$

Technologické faktory se více projevují v podmínkách bržděného smršťování.

$$\epsilon_L = \epsilon_T \cdot \frac{1}{1 + (F_F \cdot E_F / F_0 \cdot E_0)}$$

F_F , F_0 - jsou průřezy formy a odlitku v místě mechanického brždění

E_F , E_0 - moduly pružnosti materiálu formy a odlitku

Pro ideální podmínky je nutné, aby výraz $\frac{F_F \cdot E_F}{F_0 \cdot E_0}$ se blížil nule. Měl by být malý průřez formy a pokud možný poddajný formovací materiál / to znamená malé E_F /. Naproti tomu požadujeme velký průřez odlitku F_0 . Modul pružnosti odlitku je dán odlévaným materiálem a nelze ho měnit.

Záleží tedy na vzájemných poměrech mezi odlitkem a formou.

U keramických forem je však výraz $\frac{F_F \cdot E_F}{F_0 \cdot E_0}$ poměrně vysoký, a proto vliv bržděného smršťování se projeví intenzivně.

ad 2/ Každý způsob výroby forem pro modely má své zvláštnosti materiálové a technologické. To má vliv na přesnost jednotlivých způsobů. Žádnou metodu nelze určit za univerzální.

Nejmenší tolerance volným i bržděným smršťováním vykazuje slitina olova, antimonu a cínu, zvaná li-teřina.

ad 3/Deformace odlitků vyráběných přesným litím jsou v podstatě stejné jako u jiných způsobů lití. Avšak u přesného lití připadá v úvahu ještě deformace modelů při výrobě skládání a montáži licí soustavy a ještě deformace formy při výrobě, sušení a vypalování. Všechny tyto vlivy se navzájem prolínají.

Tyto deformace charakterizují tak zvanou tvarovou přesnost odlitků, protože jejich velikost i směr jsou dány pouze tvarem v širším slova smyslu, to je nejen geometrickým tvarem, ale též rozložením hmoty odlitku, polohou odlitku v licí soustavě a podobně.

ad 4/ Pro čištění od ulpělé keramiky a od okují po tepelném zpracování se používá ve slévárnách přesného lití tryskání litinovou drtí. Dochází k čištění, ale současně k otěru materiálu odlitku. Úbytek materiálu není na všech místech odlitku stejný, a proto nestejný otěr povrchu způsobuje nepřesnosti, zejména u malých odlitků. Velmi výrazně se tento vliv projevuje u odlitků z hliníkových slitin.

Vliv na nepřesnost má i ztráta kovu vlastním okujením po tepelném zpracování.

Proto se ve slévárnách přesného lití užívá chemického čištění a moření odlitků a při tepelném zpracování se používá ochranných atmosfér.

ad 5/Hodnocení jakosti povrchu je dvojí :

a/ posouzení geometrické přesnosti odlitků

b/ rozměrová a tvarová přesnost odlitků.

Rozměrová norma odlitků ČSN 014470-60 obsahuje mezní úchytky rozměrové bez ohledu na drsnost povrchu.

U přesného lití a zvláštních způsobů lití /mimo tlakového lití a lití do kovových forem/ bývá drsnost povrchu 3,2 - 6,3 μ . Norma však pro tyto odlitky předepisuje pro rozměry do 63 mm řádově úchytky od $\pm 0,08$ mm do $\pm 0,15$ mm

Posuzování jakosti povrchu z hlediska geometrické

přesnosti odlitku znamená postihnoutí souvislostí mezi drsností povrchu modelového zařízení a forem s výslednou drsností povrchu odlitku a dále všech dokončujících operací na drsnost hrubých odlitků.

Při přesném lití metodou vytavitelného modelu se dosahuje drsnosti povrchu $R_a = 2,5 - 6 \mu$

Na drsnost povrchu má vliv druh odlévaného materiálu, podmínky lití, druh a způsob výroby forem pro modely, druh a složení formovacího materiálu a způsob přípravy forem.

Drsnost vypálené formy je $2,5 - 3,5 \mu$ a drsnost odlitků je menší / hladší povrch/. /8/

C. PŘEHLED TECHNOLOGICKÝCH ZKOUŠEK ZABÍHAVOSTI

Zkoušky zabíhavosti lze rozdělit na dvě skupiny :

- 1/ Zkušební odlitky se odlévají ve tvaru vertikálních nebo horizontálních tyčí, destiček, mříží nebo ve tvaru horizontálních spirál s konstantním průřezem. Zabíhavost se pak určuje jako poměr délky nebo plochy zkušební odlitky a celé formy.
- 2/ Zkušební odlitky mají proměnný průřez. Například zkouška klínová nebo kuličková. Rovněž u těchto zkoušek je mírou zaběhnutí poměr plochy odlitku a celé formy.

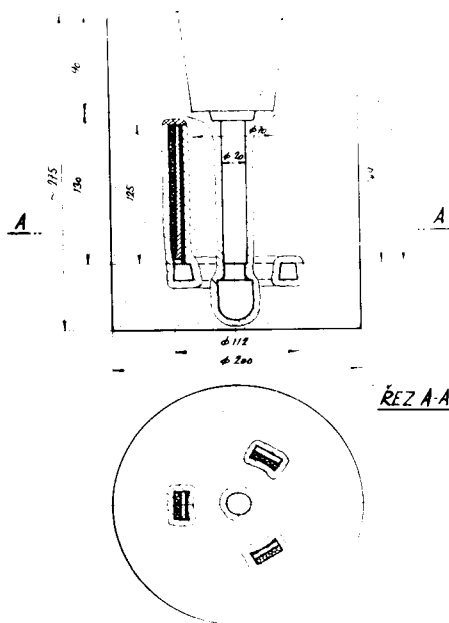
Zkoušky zabíhavosti v keramických skořepinových formách prováděné na KSL.1/ Klínová zkouška zabíhavosti - alternativa A₂

Zkušební forma je zřejmá z obr. 1. Klín byl vytvořen přiložením rovinné keramické destičky na válcovou plochu keramické formy. Plnění se provádělo centrálním vtokem a nálevkou za pomoci ohřáté zátky. Zkoušela se zabíhavost oceli 12060 a žárupevné slitiny AKN 22 / na vzduchu a ve vakuu/.
Vyhodnocení :

- a/ poměr zaběhlé plochy dvojklínu a celkové plochy dutiny formy,
- b/ měřením délky obou větví dvojklínu,
- c/ převratnou hodnotou střední nezaběhlé vzdálenosti mezi oběma větvemi dvojklínu,
- d/ měřením nebo vypočtením poloměrů na vnitřních okrajích zaběhlých dvojklínu.

Ukázalo se, že :

- 1/ Zkouška dává dobrý obraz o průběhu zabíhavosti



Obr.1

v závislosti na teplotě a spolehlivě registruje vliv metalostatického tlaku.

- 2/ Zkouška je velmi závislá na teplotě formy.
 - 3/ Zkouška je méně citlivá u velmi tenkých průřezů.
 - 4/ Zkouška je též značně závislá na dynamickém tlaku, jestliže se nepoužilo zátky.
 - 5/ Forma je velmi citlivá na přesné sestavení a na rovinnosti destiček - spíše laboratorní charakter.
- /7/

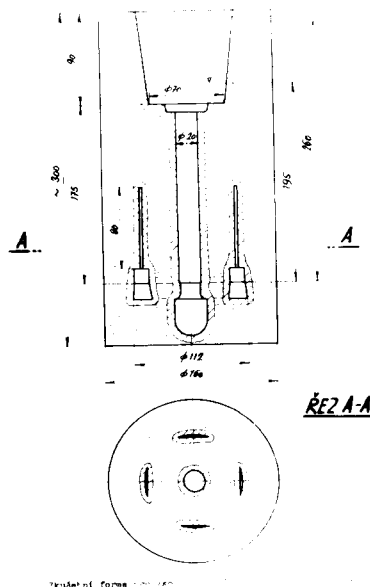
2/ Zkouška zabíhavosti podle B. Walkera - alternativa W.

Tvar zkušebních vzorků byl odvozen z tvaru listů turbinové lopatky. Zkušební forma je patrna z obr. 2. Na společné lici soustavě byly umístěny dvě dvojice vzorků o různé tloušťce. Zkouška se prováděla s materiálem AKN 22 při teplotě formy 450° C. Odlévalo se na vzduchu i ve vakuu.

Vyhodnocování :

- a/ procenta zaběhlé plochy
- b/ délka zaběhlého listu

Ukázalo se, že zkouška je dostatečně citlivá, zejména na tloušťku stěny odlitku. /7/



Obr. 2

3/ Destičková zkouška zabíhavosti - alternativa B.

Zkušební forma je naznačena na obr. 3.

Odlévala se destička, která byla plněna spodem, ale též z boku ze zvláštních svislých dutin. Destičky měly různou tloušťku : 0,5; 1; 1,5 mm. Odléval se opět materiál AKN 22 a to na vzduchu i ve vakuu.

Vyhodnocování :

- a/ poměr zaběhlé plochy vzorku a celé plochy dutiny

formy.

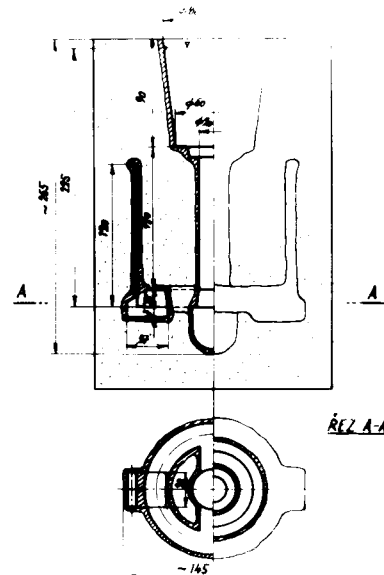
Výsledky ukázaly, že zkouška je poměrně citlivá na lici teplotu a na tloušťku stěny. Zjistila se jasně lepší zabíhavost ve vakuu /při některých teplotách i o 100 %/.

Výhody :

snadná výroba modelů, citlivost na lici teplotě a teplotě formy a též na tloušťce stěny.

Nevýhody :

není citlivá na vliv metalostatického tlaku. Pro praktické využití však zkouška nepřinesla žádné výhody oproti zkoušce alternativy W. /7/



Obr.3

4/ Kuličková zkouška zabíhavosti - alternativa C₁

Je v podstatě aplikací kuličkové zkoušky podle Spasského. Kulová plocha o poloměru $r = 55 \text{ mm}$ je tvořena dutinou formy a klínem, který se přikládá na vypouklou kulovou stěnu formy.

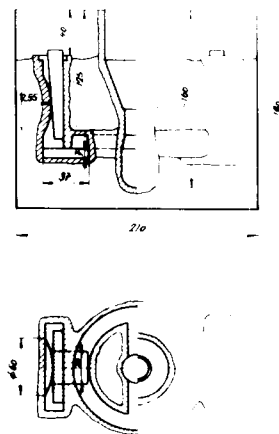
Konstrukce formy vyplývá z obr. 4.

Odléval se materiál 12060 v rozmezí teplot $1450 - 1630^\circ \text{C}$.

Vyhodnocování:

a/ procenta zaběhlé plochy

Výsledky zkoušky prokázaly malý rozptyl naměřených



Obr.4

hodnot, ale citlivost zkoušky byla pro přesné lití nedostatečná. Ukázalo se, že byl příliš malý metalostatický tlak a malý poloměr kulové plochy. /7/

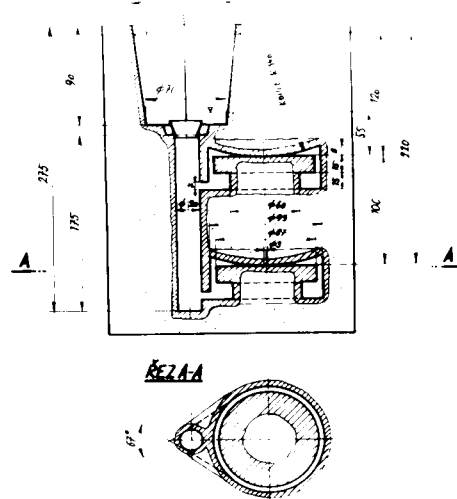
5/ Kuličková zkouška zabíhavosti - alternativa C₂

Zvětšil se poloměr kulové plochy na 140 mm. Konstrukce formy je naznačena na obr. 5. Dotek byl proveden jako plošný. Zkoušel se opět materiál 12060 ve stejném rozmezí teplot, pro teploty formy 600 a 300° C.

Vyhodnocování :

a/ procenta zaběhlé plochy

Výsledky dokázaly větší citlivost zkoušky. /7/



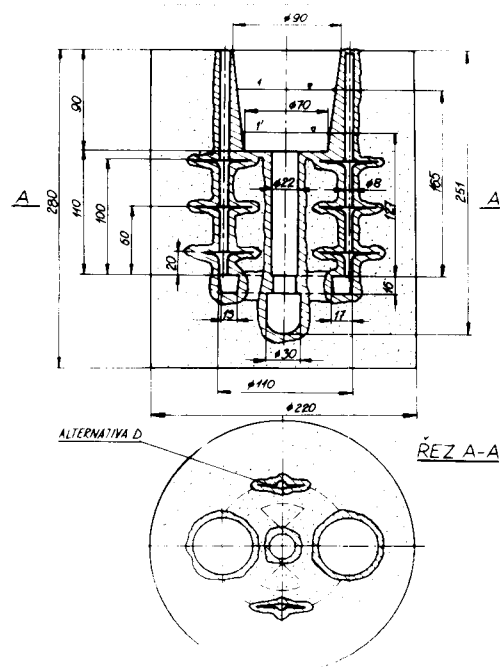
Obr.5

6/ Kuličková zkouška zabíhavosti - alternativa C₃, C₄

Uspořádání formy je naznačeno na obr. 6.

Je zde proveden dotyk kulové plochy s rovinou. U těchto zkoušek se vzorky snáze vyhodnocují planimetrem.

Vzorky ve formě byly uspořádány etážově, což umožnilo zjistit vliv metalostatického tlaku na zabíhavost. Odléval se materiál Al Si 13. Výsled-



Obr.6

ky ukázaly, že je citlivost těchto zkoušek vyšší než u zkoušek zabíhavosti alternativ C₁ a C₂. Tyto zkoušky byly zvláště citlivé na změnu metalostatického tlaku. Rozptyl naměřených hodnot byl relativně malý.

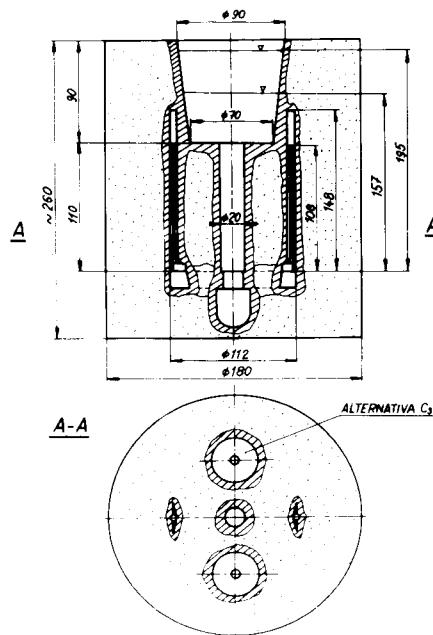
Nevýhoda těchto zkoušek je především v tom, že se nehodí pro provozní účely, pro složitou výrobu modelů a montáž forem. /8/

7/ Klínová zkouška zabíhavosti - alternativa D₁, D₂

Odléval se materiál ČSN 42 31 36 / Al - bronz/. Formy měly tvar naznačený na obr. 7.

Vyhodnocování :

- procentuální poměr zaběhlých ploch
- procentuální poměr šířky odlitku v závislosti na metalostatické výšce k původní šířce dutiny formy
- procentuální poměr délky odlitku k délce dutiny formy.



Obr. 7

U alternativy D₁ se výrazně projevil vliv dynamického rázu taveniny, který vznikl při náhlém zabrždění taveniny v horní části formy. U alternativy D₂ se měl tento vliv odstranit válcovým uzavřeným nálitkem. Ukázalo se však, že se dynamický ráz podařilo pouze zmenšit, ne odstranit úplně. Forma používaná na tyto zkoušky je velmi výhodná z hlediska snadné výroby modelů a z hlediska větší citlivosti. Nevýhodný je však vliv dynamického rázu. /7/

8/ Klínová zkouška zabíhavosti - alternativa D₃, D₄, D₅

Tyto zkoušky byly pokračováním zkoušek alternativy

D_1 a D_2 . Měly úplně odstranit vliv dynamického rázu. Odléval se však materiál Al Si 13 v rozmezí teplot 650 - 850° C. Teplota přehřáté formy byla 150 a 300° C. Vyhodnocování zkoušek bylo stejné jako u alternativ D_1 a D_2 . Z výsledků zkoušek vyplynulo, že největší citlivost a malý rozptyl hodnot má zkouška zabíhavosti alternativy D_5 . /8/

Pro alternativu D byl odvozen matematický vztah, který slouží pro výpočet délky odlitého zkušební vzorku :

$$l = \frac{K^2 \cdot \nu}{\gamma_L} \cdot \frac{R^2}{F_0 + \sum_{i=1}^n F_i}$$

$$\nu = \sqrt{2gh_L}$$

$$k = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{b_f \cdot t_s}{[L + c_i(t - t_s)] \cdot \gamma_L}$$

$$k^2 = \frac{1}{K^2}$$

k = konstanta tuhnutí

b_f = koeficient tepelné difuze formy

L = latentní teplo

c_i = střední měrné teplo slitiny v intervalu teplot / $t - t_s$ /

t = teplota lití

R = poměr. tl. odlitku

t_s = teplota solidu

F_0 = průřez vtokového kúlu

γ_L = měrná tíha slitiny

F_i = průřez zkušeb. tělíska

h_L = metalostatická výška ; ν = rychlost /6/

9/ Klínová zkouška zabíhavosti - alternativa E_1 , E_2

Zkušební forma je naznačena na obr. 8. Odlévala se slitina Al Si 13 při teplotách 650° C, 700° C, 750° C, 800° C, 850° C do skořepinových forem přehřátých na teplotu 150 nebo 300° C.

Obě alternativy se od sebe lišily pouze uspořádáním lící soustavy.

Alternativa E_1 : plnění zkušebních vzorků z boku

Alternativa E_2 : plnění zkušebních vzorků ze spoda.

Vyhodnocování :

a/ procentuální poměr zaběhlých ploch

b/ procentuální poměr délky zaběhnutí k základní délce vzorku

c/ procentuální poměr šířky zaběhnutého vzorku v závislosti na metalostatické výšce k základní

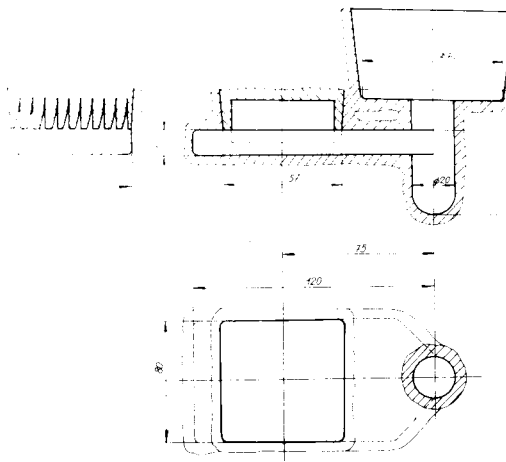
šířce vzorku.

Obě alternativy poměrně dobře vyhovují z hlediska citlivosti a reprodukovatelnosti.

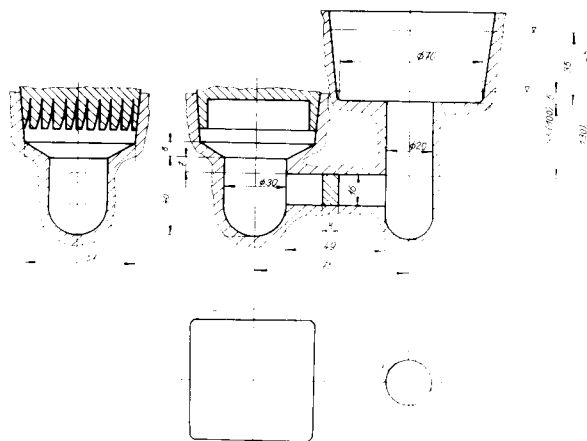
Výhoda : u obou alternativ je možná vizuální kontrola dutiny formy až do doby těsně před litím.

Nevýhody : pracná a složitá výroba. Montáž forem klade velké nároky na přesnost.

Vyhodnocování je též poměrně obtížné. /8/



Obr. 8a



Obr. 8b

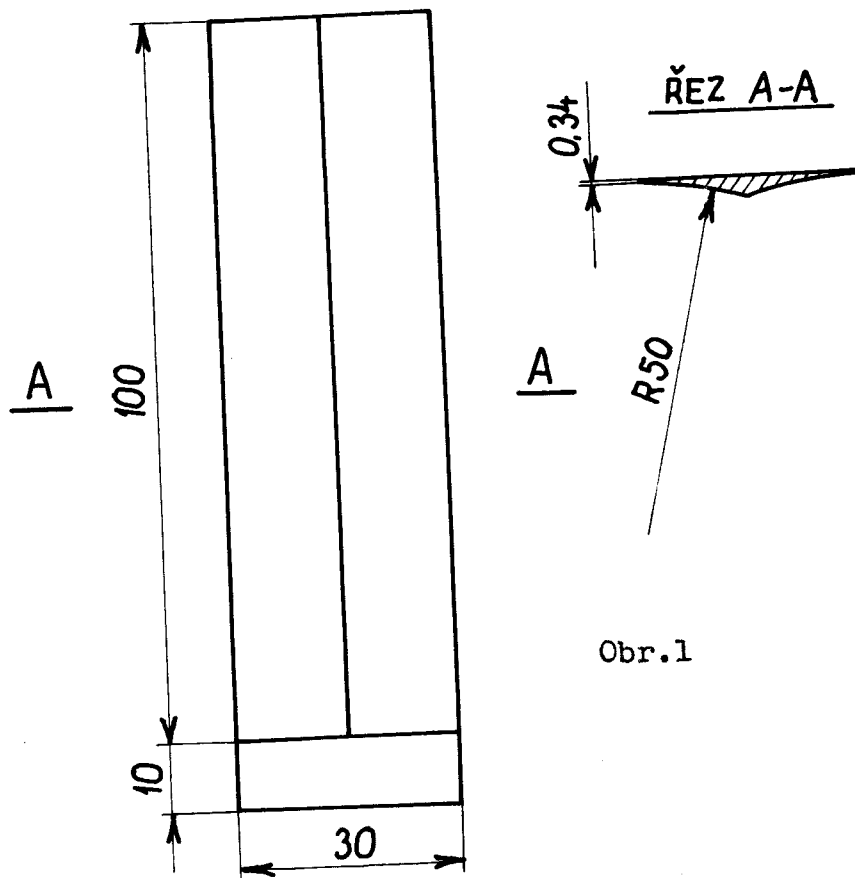
D. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Převážná část, kromě výroby voskových modelů, se prováděla v I. Brněnské strojírně - závod 08 - Velká Bíteš.

Zkouška zabíhavosti se prováděla na vzduchu s materiálem 12060 a ve vakuu s materiálem AKN 22.

I. POPIS ZKUŠEBNÍ FORMY

Zkušební forma je vlastně zdokonalením zkušební formy alternativy D. Zkušební tělíska měla opět tvar dvojklínu vytvořeného rovnou a dvěma válcovými plochami o poloměru 50 mm. Tvar zkušebního tělíska je naznačen na obrázku 1.



Obr.1

Vtoková soustava zkušební formy se skládala z několika částí:

1. licí jamky s dýzou
2. vtokového kúlu s kovovou tyčkou v ose kúlu
3. kruhové rozvodné desky
4. půlkulatého zakončení

Každá forma obsahovala tři zkušební tělíska.

Kromě toho se vždy jedno zkušební tělísko umísťovalo na zkušební formu číslo 2 diplomanta Jančáře, který na odstupňovaných vzorečkách sledoval rozměrovou přesnost odlitků.

II. ZHOTOVENÍ VOSKOVÝCH MODELŮ

- 1 a/ Výroba voskových modelů částí vtokové soustavy
 b/ Výroba voskových modelů vlastních zkušebních tělísek

ad 1 a/ Jednotlivé části se vyráběly odléváním roz-tavené voskové směsi do kovových dělených forem, které byly sešroubovány šroubky. Používalo se černého tvrdého vosku, jehož složení není přesně známo. Vosk se odléval do předehrátých forem na 30 - 40° C, opatře-ných vrstvičkou etylsilikátu, který umežňo-val snadné vyjmutí hotového modelu. Dále nastalo dotlačování pístkem a potom ochlaze-ní v proudu vody a vyjmutí modelu. Rozdílný postup výroby byl pouze u kruhové rozvodné desky, která byla dutá. Do čisté předehráté formy, s vrstvičkou etylsilikátu na stěnách, se nalil roztavený vosk. Následovalo krátké ochlazení, při kterém stačila část vosku na stěnách formy ztuhnout. Zbylý, ještě tekutý vosk, se vylil. Poslední fází výroby bylo dotlačování tlakovým vzduchem, konečné ochla-zení ve vodě a vyjmutí modelu z formy.

Pouze licí jamka byla zhotovena z keramiky.

- ad 1 b/ K výrobě bylo třeba použít voskovou směs, která by vyhovovala z hlediska pružnosti, pevnosti, tvrdosti, rozměrové stálosti a ne-tečnosti vůči kovové formě. Těmto požadav-kům poměrně dobře vyhovovala směs tohoto slo-žení : 45 % parafínu
 45 % ceresinu
 10 % včelího vosku

Vosková směs se odlévala při teplotě 60-70°C do vyčištěné formy ohřáté na 30 - 40° C a

opatřené vrstvičkou etylsilikátu na stěnách. Další operací bylo dotlačování pístkem a ochlazení v proudu vody. Z rozšroubované formy se vzorek opatrně vyjmul a celý postup se opakovával.

2/ Montáž stromečků.

Již tato část se prováděla ve Velké Bíteši. Bylo nutné sestavit voskové modely vtokové soustavy a vlastních zkušebních tělísek v jeden celek podle výkresu formy číslo 1. Lepení jednotlivých částí se provádělo elektrickou pájkou na vosk.

III. VÝROBA KERAMICKÝCH FOREM A JEJICH PŘÍPRAVA K LITÍ

1. Technologický postup.

Sestavený stromeček se máčel v poletekuté směsi, jejíž složení není uveřejněno, protože se jedná o vývoj v I. Brněnské strojírně. Hustota směsi se kontrolovala Fordovým pohárkem. Namočený stromeček se ihned zasypával zirkonovým pískem. Zasypávání se provádělo fluidním způsobem. Postup práce pokračoval sušením. Doba sušení musela být podstatně delší, neboť dokonale nevysušená skořepina neměla téměř žádnou pevnost. Celý postup se opakoval 5x, s tím rozdílem, že na první obal se použilo jemnějšího písku než na další čtyři obaly. Stejným způsobem se vyrobily i zkušební keramické destičky, na kterých se potom měřila pevnost a prodyšnost. Obalený stromeček se potom vložil do rámu o průměru 160 mm a výšce 250 mm a zaformoval CT směsí tohoto složení:

3 % vodního skla
1 % vody
96 % křemenného písku

Vytvrzování CT směsí se provádělo metylalkoholem. Prodyšnost takto vytvrzené směsí byla asi 40 njp.

Vytavování vosku z dutiny formy se provádělo pomocí horkého vzduchu.

Vytavením byla vlastně skončena výroba skořepinových forem.

2/ Tepelné zpracování forem.

Toto spočívalo vlastně ve vyžihání forem na 900°C . Tím se forma zbavila zbytků vosku, zvětšila se její prodyšnost a snížila pevnost v ohybu, jak ukázaly výsledky měření pevnosti a prodyšnosti v syrovém stavu a po vyžihání na zkušebních keramických destičkách.

Prodyšnost vzrostla z $0,66$ njp na $0,84$ njp a pevnost klesla z $12,06$ kp/cm² na $7,87$ kp/cm². Po vyžihání následovalo udržení teploty formy na teplotě, která odpovídala teplotě přehřátí formy / 650 a 900°C /.

K těmto účelům bylo použito udržovací elektrické odporové pece typu CAL o příkonu 30 kW.

Výrobce: Realistic strojoprav podnik MMH.

Tím byla forma připravena k lití.

IV. TAVENÍ A LITÍ

1/ Materiál: 12060.

Tavení probíhalo ve středofrekvenční indukční peci o kapacitě 45 kg. Výrobce je ZEZ Praha-Hloubětín. Tato pec má zásaditou vyzdívkou značky DM 713.

Roztavený materiál bylo nutno před litím dezoxydovat.

Na dezoxydaci 10 kg taveniny bylo použito:

2 g hliníku

80 g feromanganu

10 g ferosilicia

160 g litiny

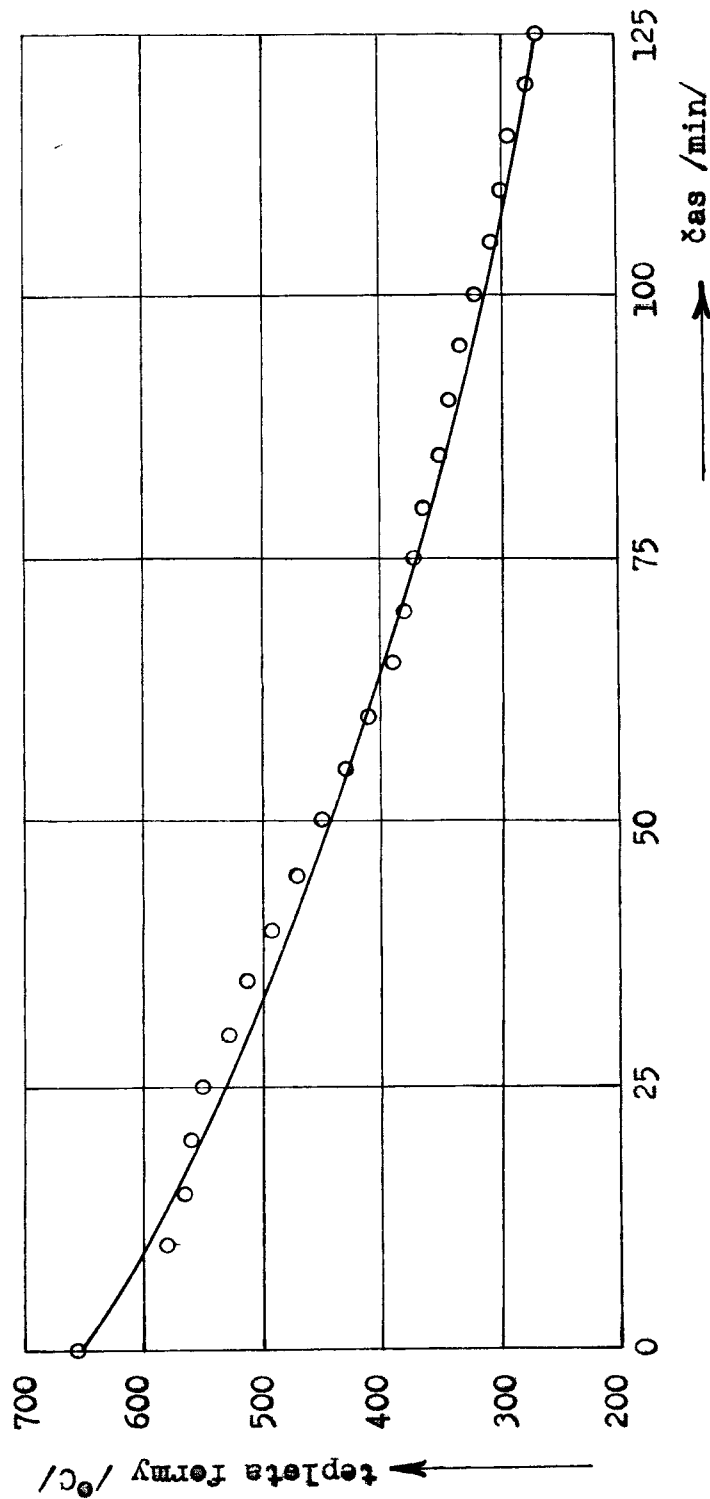
Odlévalo se ruční pánví do forem ohřátých na teplotu 650 nebo 900°C . Lilo se do licí jamky s přepadem, jak je patrné z výkresu formy, takže byla zachována stálá hladina taveniny.

Následovalo tuhnutí a chladnutí na vzduchu.

Chladnutí formy v závislosti na čase je naznačeno na straně 24.

První serie se odlévala do forem ohřátých na 900°C . U těchto forem byla v licí jamce dýza o

Závislost chlazení formy na čase.



čas/min/	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Teplota [°C]	660	580	570	560	550	530	510	490	470	450	430	410	390
čas/min/	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
Teplota [°C]	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260

průměru 8 mm. Výsledky však ukázaly, že roztažený materiál ztuhl dříve, než stačil vyplnit zkušební dutinu formy. Proto bylo nutno zvětšit průměr dýzy v licí jamce z 8 mm na 14 mm.

2/ Materiál: AKN 22.

Protože se zkouška zabíhavosti s tímto materiálem měla provádět ve vakuu, bylo tedy nutno materiál roztavit i odlít ve vakuu. K tomu bylo použito vakuové pece Leybold-Heraeus typu ISP 2/III.

Výdusková hmota kelímku, který měl obsah 15 kg, byla korundová. Tavení, lití i tuhnutí probíhalo ve vakuu 10^{-3} torr. Odlévalo se již do upravených licích jamek s dýzou o průměru 14 mm. Ztuhlá forma dále chladla již na vzduchu.

V. VYTLOUKÁNÍ A ČIŠTĚNÍ

Po zchladnutí se odlité skořepiny uvolňovaly z rámců vytloukáním. Stejným způsobem se provádělo i čištění odlitků od keramiky.

Následovalo odřezání zkušebních tělísek od vtokové soustavy. Zkušební vzorek se ihned potom opatřil registračním číslem, kterému odpovídala vždy jedna teplota licí a jedna teplota formy.

VI. ZPŮSOB OZNAČOVÁNÍ

1/ Formy, do kterých se lilo na vzduchu, byly označeny písmenem A.

Formy, do kterých se lilo ve vakuu, byly označeny písmenem B.

Stejné značení bylo i u forem číslo 2.

2/ Označení zkušebních tělísek.

System značení je zřejmý z dále uvedených tabulek na straně 29 - 57.

3/ Licí plán.

a/ Formy číslo 1.

Teplota formy	Teplota lití /°C/				
	1485	1535	1580	1630	1675
600 °C	A	A	A	A	A
	A	A	A	A	A
	B	B	B	B	B
900 °C	A	A	A	A	A
	A	A	A	A	A
	B	B	B	B	B

b/ Formy číslo 2.

Teplota formy	Teplota lití /°C/	
	1630	1580
600 °C	A	B
	A	B
	A	B
	A	B
	A	B
900 °C	A	B
	A	B
	A	B
	A	B
	A	B

VII. VYHODNOCOVÁNÍ

Odlité zkušební vzorečky se položily na milimetrový papír a ofotografovaly se. Získané snímky bylo nutno pečlivě proměřit planimetrem. Měřila se celková zaběhlá plocha F_z , dále dílčí zaběhlé plošky do určité výšky F_{zy} a na vzorečkách se přímo posuvným měřítkem měřila šířka zaběhlého vzorku v určitých výškách $2 S_{zy}$.

Vyhodnocování se provádělo třemi způsoby:

- 1/ Poměr zaběhlé plochy vzorečku k celkové ploše zkušební dutiny formy vyjádřený v procentech.

$$Z_F = \frac{F_z}{F} \cdot 100 [\%]$$

- 2/ Poměr zaběhlé plošky vzorečku do určité výšky k celkové ploše zkušební dutiny formy vyjádřený v procentech.

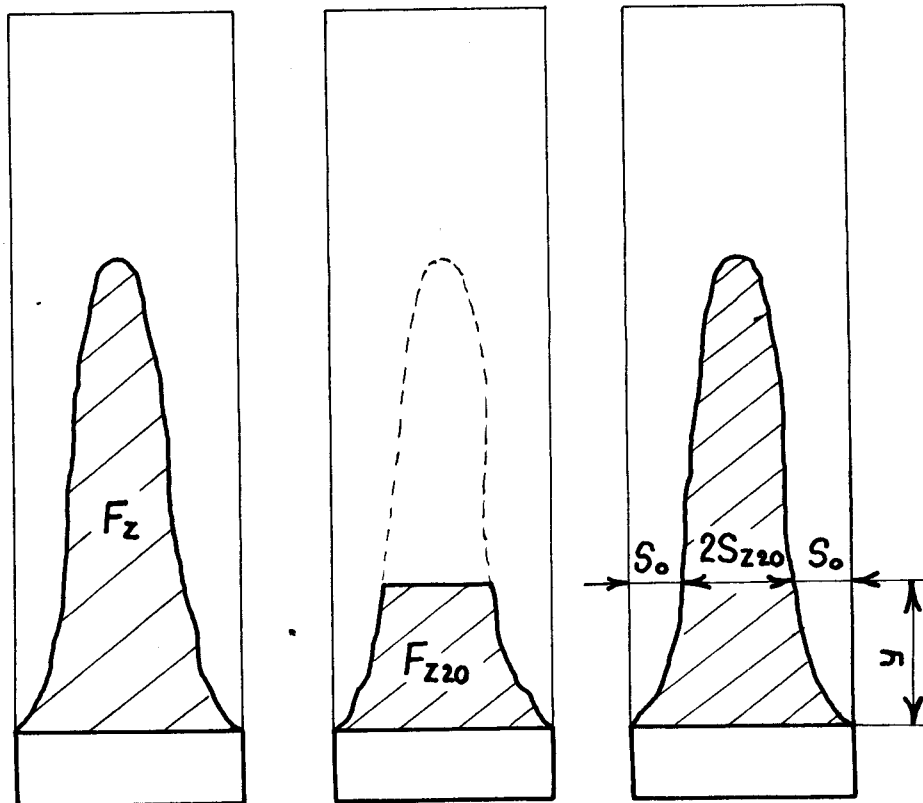
$$Z_{F_y} = \frac{F_{z_y}}{F} \cdot 100 [\%]$$

- 3/ Poměr šířky zaběhlého vzorečku v určité výšce k celkové šířce zkušební dutiny formy vyjádřený v procentech.

$$Z_{S_y} = \frac{2S_{z_y}}{S} \cdot 100 [\%]$$

Měřené hodnoty F_z , F_{z_y} , $2 S_{z_y}$ jsou naznačeny na obrázku 2.

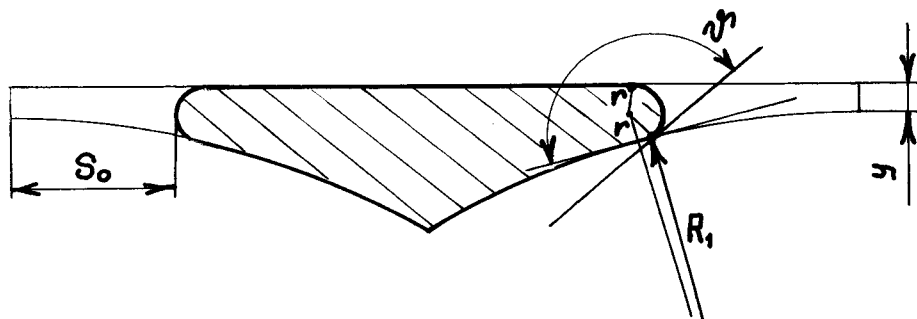
$y=20 \text{ mm}$



Obr. 2

Orientačně se provedl ještě přibližný výpočet poloměrů zaběhnutí r . K výpočtu se použilo vzorce:

$$r_{1,2} = \frac{-(S_0 + 2R_1 \cos \psi) \pm \sqrt{(S_0 \sin \psi)^2 + 4R_1 S_0 \cos \psi + (2R_1 \cos \psi)^2}}{\cos^2 \psi} \quad (1)$$



/6/

Ve vzorci (1) se vyskytuje úhel smáčení, který bylo třeba nejprve určit. Několik vzorečků se rozřezalo a řezy se zvětšily na profilprojektoru. Z průsvitného papíru, na který se zvětšené řezy nakreslily, se odměřily hodnoty poloměrů r . Ve vzorci (1) pak byla neznámou pouze hodnota úhlu smáčení ψ .

Zpětným výpočtem se po dosazení do vzorce (1) za hodnotu ψ vypočítaly poloměry zaběhnutí.

Vzorec (1) však platí pro případ, kdy $y=0$. V našem případě však $y = 0,34$ mm, a proto se k vypočteným poloměrům musela přičíst ještě hodnota $\frac{y}{2 \cos \psi}$.

Toto platí však pouze přibližně.

Je zřejmé, že čím větší bude poloměr r , tím menší bude zabíhavost.

E.: TABULKY NAMĚŘENÝCH,

VIPOČTENÝCH HODNOT A GRAFICKÉ ZÁVISLOSTI.

Tabulky hodnot a grafické závislosti jsou uvedeny na následujících stranách.

Materiál: 12060

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _z /mm ² /	S /mm/	Z _F = $\frac{F_z}{F}$ 100 %/	Z _{red} = $\frac{F_z}{S}$ /mm/	Z _F %/	Z _{red} /mm/	Poznámka
			/mm ² /	% /							
001	1485	650	3000	100	150	30	5,00	5,00	5,78	5,78	d dýzy v lící jance d 14 mm
002	1485	650	3000	100	160	30	5,33	5,33			
003	1485	650	3000	100	120	30	4,00	4,00			
004	1485	650	3000	100	170	30	5,67	5,67			
005	1485	650	3000	100	190	30	6,33	6,33			
006	1485	650	3000	100	250	30	8,33	8,33			
007	1535	650	3000	100	190	30	6,33	6,33	10,72	10,72	
008	1535	650	3000	100	200	30	6,67	6,67			
009	1535	650	3000	100	230	30	7,67	7,67			
010	1535	650	3000	100	540	30	18,00	18,00			
011	1535	650	3000	100	520	30	17,33	17,33			
012	1535	650	3000	100	250	30	8,33	8,33			
013	1580	650	3000	100	1323	30	44,10	44,10	36,41	36,41	
014	1580	650	3000	100	1150	30	38,33	38,33			
015	1580	650	3000	100	950	30	31,67	31,67			
016	1580	650	3000	100	1000	30	33,33	33,33			
017	1580	650	3000	100	1100	30	36,67	36,67			
018	1580	650	3000	100	1030	30	34,33	34,33			

Material: 12060

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _z /mm ²	S /mm/	Z _F ^{F_z} /mm/	Z _F /°/	Z _{red} /mm/	Poznámka
			/mm ²	/°/						
019	1675	650	3000	100	440	30	14,67			dýzy v lící jance d 14mm
020	1675	650	3000	100	400	30	13,33			
021	1675	650	3000	100	580	30	19,33	16,00	16,00	
022	1675	650	3000	100	710	30	23,67			
023	1675	650	3000	100	400	30	13,33			
024	1675	650	3000	100	350	30	11,67			
025	1630	650	3000	100	400	30	13,33			
026	1630	650	3000	100	650	30	21,67			
027	1630	650	3000	100	650	30	21,67	21,50	21,50	
028	1630	650	3000	100	760	30	25,33			
029	1630	650	3000	100	710	30	23,67			
030	1630	650	3000	100	700	30	23,33			
031	1485	900	3000	100	-	30	0,00			dýzy v lící jance d 8mm
032	1485	900	3000	100	-	30	0,00			
033	1485	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	
034	1485	900	3000	100	-	30	0,00			
035	1485	900	3000	100	-	30	0,00			
036	1485	900	3000	100	-	30	0,00			

Materiál: 12060

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _z /mm ² /	S /mm/	$Z_F \frac{F_z}{F}$ %/	$Z_{red} \frac{F_z}{S}$ /mm/	Z _F %/	\bar{Z}_{red} /mm/	Poznámka
			/mm ² /	%/							
037	1535	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	1,11	1,11	ú dýzy v lící jemce ú 8mm
038	1535	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	1,11	1,11	
039	1535	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	1,11	1,11	
040	1535	900	3000	100	100	30	3,33	3,33	1,11	1,11	
041	1535	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	1,11	1,11	
042	1535	900	3000	100	100	30	3,33	3,33	1,11	1,11	
043	1580	900	3000	100	250	30	8,33	8,33	8,67	8,67	
044	1580	900	3000	100	230	30	7,67	7,67	8,67	8,67	
045	1580	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	8,67	8,67	
046	1580	900	3000	100	350	30	11,67	11,67	8,67	8,67	
047	1580	900	3000	100	210	30	7,00	7,00	8,67	8,67	
048	1580	900	3000	100	270	30	9,00	9,00	8,67	8,67	
049	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	
050	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	
051	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	
052	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	
053	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	
054	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	

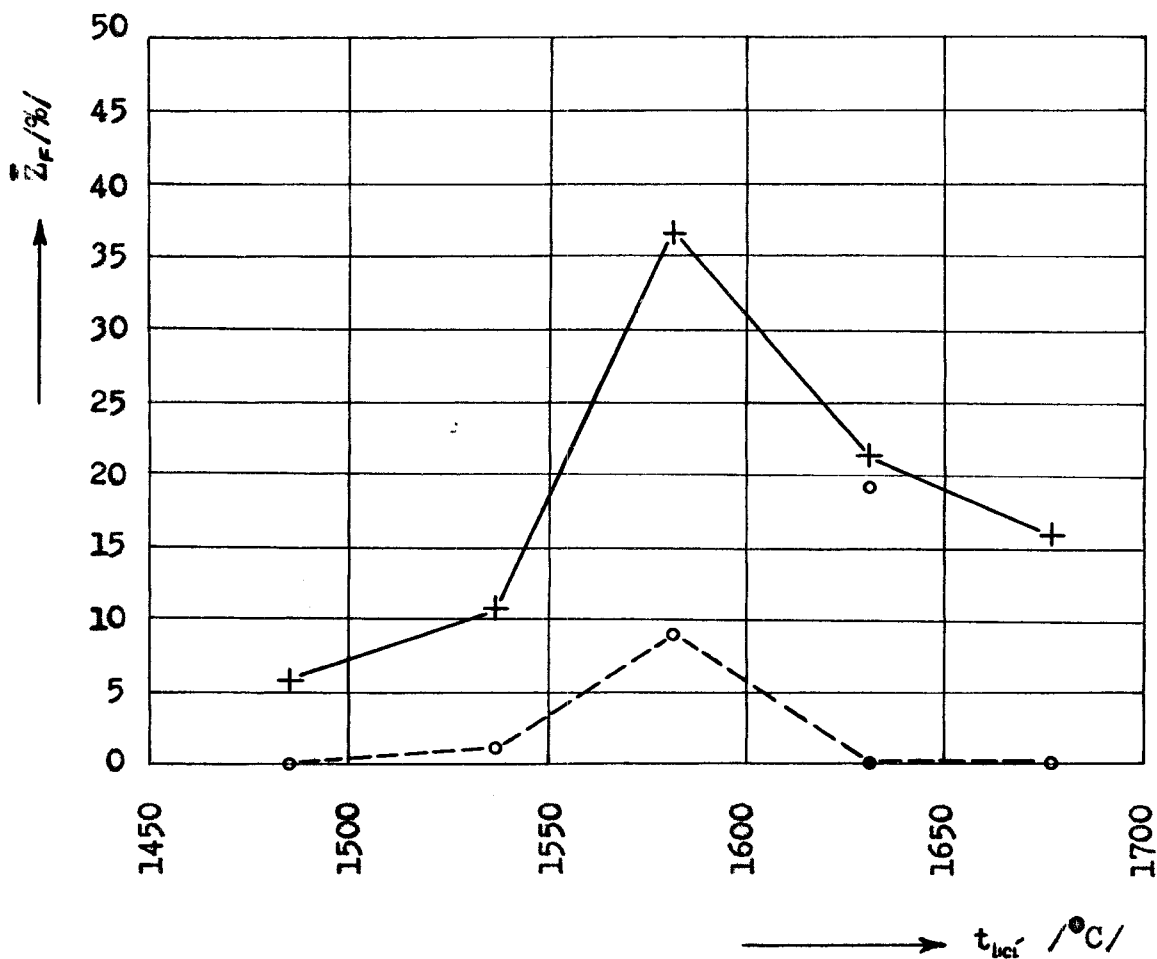
Materiál: 12060

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _z /mm ²	S /mm/	Z _F /mm/	Z _F · 100 /%/	Z _{lred} /mm/	Z _F /%	Z _{lred} /mm/	Poznámka
			/mm ²	/%								
055	1675	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	š dýzy v lící jamce š 8 mm
056	1675	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
057	1675	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
058	1675	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
059	1675	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
060	1675	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Materiál: 12060

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		Fz /mm ²	S /mm/	$Z_F = \frac{F_z}{F} \cdot 100$ /°/	$Z_{1,red} = \frac{F_z}{S}$ /mm/	\bar{Z}_F /°/	$\bar{Z}_{1,red}$ /mm/	Poznámka
			/mm ²	/°/							
091	1630	650	3000	100	-	30	0,00	0,00			dýzy v lící jamce d 14 mm
092	1630	650	3000	100	840	30	28,00	28,00			
093	1630	650	3000	100	560	30	16,67	16,67	19,07	19,07	dýzy v lící jamce d 8 mm
094	1630	650	3000	100	890	30	29,67	29,67			
095	1630	650	3000	100	570	30	19,00	19,00			dýzy v lící jamce d 8 mm
096	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00			
097	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00			dýzy v lící jamce d 8 mm
098	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00	0,00	0,00	
099	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00			dýzy v lící jamce d 8 mm
100	1630	900	3000	100	-	30	0,00	0,00			

- + — teplota formy 650 °C
- - - - - ° teplota formy 900 °C
- ° teplota formy 650 °C /vzěrky z formy č.2/
- teplota formy 900 °C /vzěrky z formy č.2/



Materiál: 12060

označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _{Zy} /mm ²				
			/mm ² /	/%/	F _{Z10}	F _{Z20}	F _{Z30}	F _{Z40}	F _{Z50}
001	1485	650	3000	100	140	-	-	-	-
002	1485	650	3000	100	140	-	-	-	-
003	1485	650	3000	100	140	-	-	-	-
004	1485	650	3000	100	160	-	-	-	-
005	1485	650	3000	100	150	-	-	-	-
006	1485	650	3000	100	170	-	-	-	-
007	1535	650	3000	100	220	-	-	-	-
008	1535	650	3000	100	160	-	-	-	-
009	1535	650	3000	100	150	-	-	-	-
010	1535	650	3000	100	180	320	440	-	-
011	1535	650	3000	100	180	330	450	-	-
012	1535	650	3000	100	170	-	-	-	-
013	1580	650	3000	100	230	390	570	740	900
014	1580	650	3000	100	220	400	560	730	850
015	1580	650	3000	100	200	390	510	670	760
016	1580	650	3000	100	200	380	560	660	800
017	1580	650	3000	100	210	370	540	690	820
018	1580	650	3000	100	240	400	600	710	820
019	1675	650	3000	100	170	290	350	-	-
020	1675	650	3000	100	150	280	380	-	-
021	1675	650	3000	100	210	350	490	570	-
022	1675	650	3000	100	190	350	480	670	-
023	1675	650	3000	100	190	300	390	-	-
024	1675	650	3000	100	160	280	-	-	-
025	1630	650	3000	100	160	300	395	-	-
026	1630	650	3000	100	190	340	460	640	-
027	1630	650	3000	100	140	360	460	570	-
028	1630	650	3000	100	190	300	460	550	760
029	1630	650	3000	100	200	350	490	590	680
030	1630	650	3000	100	180	340	470	570	660

$Z_{Fy} = \frac{F_{zy}}{F} \cdot 100 \text{ \%/}$					$\bar{Z}_{Fy} \text{ \%/}$					Poznámka
Z_{F10}	Z_{F20}	Z_{F30}	Z_{F40}	Z_{F50}	\bar{Z}_{F10}	\bar{Z}_{F20}	\bar{Z}_{F30}	\bar{Z}_{F40}	\bar{Z}_{F50}	
4,67	0,00	0,00	0,00	0,00						ø dýzy v licí jamce ø14 mm
4,67	0,00	0,00	0,00	0,00						
4,67	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5,33	0,00	0,00	0,00	0,00						
5,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
5,67	0,00	0,00	0,00	0,00						
7,33	0,00	0,00	0,00	0,00						
5,33	0,00	0,00	0,00	0,00						
5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,89	3,61	4,95	0,00	0,00	
6,00	10,67	14,67	0,00	0,00						
6,00	11,00	15,00	0,00	0,00						
5,67	0,00	0,00	0,00	0,00						
7,67	13,00	19,00	24,67	30,00						
7,33	13,33	18,67	24,33	28,33						
6,67	13,00	17,00	22,33	25,33	7,22	12,94	18,56	23,33	27,50	
6,67	12,67	18,67	22,00	26,67						
7,00	12,33	18,00	23,00	27,33						
8,00	13,33	20,00	23,67	27,33						
5,67	9,67	11,67	0,00	0,00						
5,00	9,33	12,67	0,00	0,00						
7,00	11,67	16,33	19,00	0,00	5,94	10,28	11,61	6,89	0,00	
6,33	11,67	16,00	22,33	0,00						
6,33	10,00	13,00	0,00	0,00						
5,33	9,33	0,00	0,00	0,00						
5,33	10,00	13,67	0,00	0,00						
6,33	11,33	15,33	21,33	0,00						
4,67	12,00	15,33	19,00	0,00	5,89	11,06	15,19	16,22	15,89	
6,33	10,00	15,33	18,33	25,33						
6,67	11,67	16,33	19,67	22,67						
6,00	11,33	15,67	19,00	22,00						

Material: 12060

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _{zy} /mm ² /				
			/mm ² /	/%/	F _{Z10}	F _{Z20}	F _{Z30}	F _{Z40}	F _{Z50}
031	1485	900	3000	100	-	-	-	-	-
032	1485	900	3000	100	-	-	-	-	-
033	1485	900	3000	100	-	-	-	-	-
034	1485	900	3000	100	-	-	-	-	-
035	1485	900	3000	100	-	-	-	-	-
036	1485	900	3000	100	-	-	-	-	-
037	1535	900	3000	100	-	-	-	-	-
038	1535	900	3000	100	-	-	-	-	-
039	1535	900	3000	100	-	-	-	-	-
040	1535	900	3000	100	-	-	-	-	-
041	1535	900	3000	100	-	-	-	-	-
042	1535	900	3000	100	-	-	-	-	-
043	1580	900	3000	100	160	250	-	-	-
044	1580	900	3000	100	140	230	-	-	-
045	1580	900	3000	100	-	-	-	-	-
046	1580	900	3000	100	170	280	-	-	-
047	1580	900	3000	100	140	-	-	-	-
048	1580	900	3000	100	150	250	-	-	-
049	1630	900	3000	100	-	-	-	-	-
050	1630	900	3000	100	-	-	-	-	-
051	1630	900	3000	100	-	-	-	-	-
052	1630	900	3000	100	-	-	-	-	-
053	1630	900	3000	100	-	-	-	-	-
054	1630	900	3000	100	-	-	-	-	-
055	1675	900	3000	100	-	-	-	-	-
056	1675	900	3000	100	-	-	-	-	-
057	1675	900	3000	100	-	-	-	-	-
058	1675	900	3000	100	-	-	-	-	-
059	1675	900	3000	100	-	-	-	-	-
060	1675	900	3000	100	-	-	-	-	-

$Z_{Fy} = \frac{Fy}{F} \cdot 100 \%$					$\bar{Z}_{Fy} \%$					Poznámka	
Z_{F10}	Z_{F20}	Z_{F30}	Z_{F40}	Z_{F50}	\bar{Z}_{F10}	\bar{Z}_{F20}	\bar{Z}_{F30}	\bar{Z}_{F40}	\bar{Z}_{F50}		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ø dýzy v licí jamce ø 8mm	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ø dýzy v licí jamce ø 8mm		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
5,33	8,33	0,00	0,00	0,00	4,22	5,61	0,00	0,00		0,00	ø dýzy v licí jamce ø 8mm
4,67	7,67	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
5,67	9,33	0,00	0,00	0,00							
4,67	0,00	0,00	0,00	0,00							
5,00	8,33	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ø dýzy v licí jamce ø 8mm	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		ø dýzy v licí jamce ø 8mm
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	ø dýzy v licí jamce ø 8mm	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							

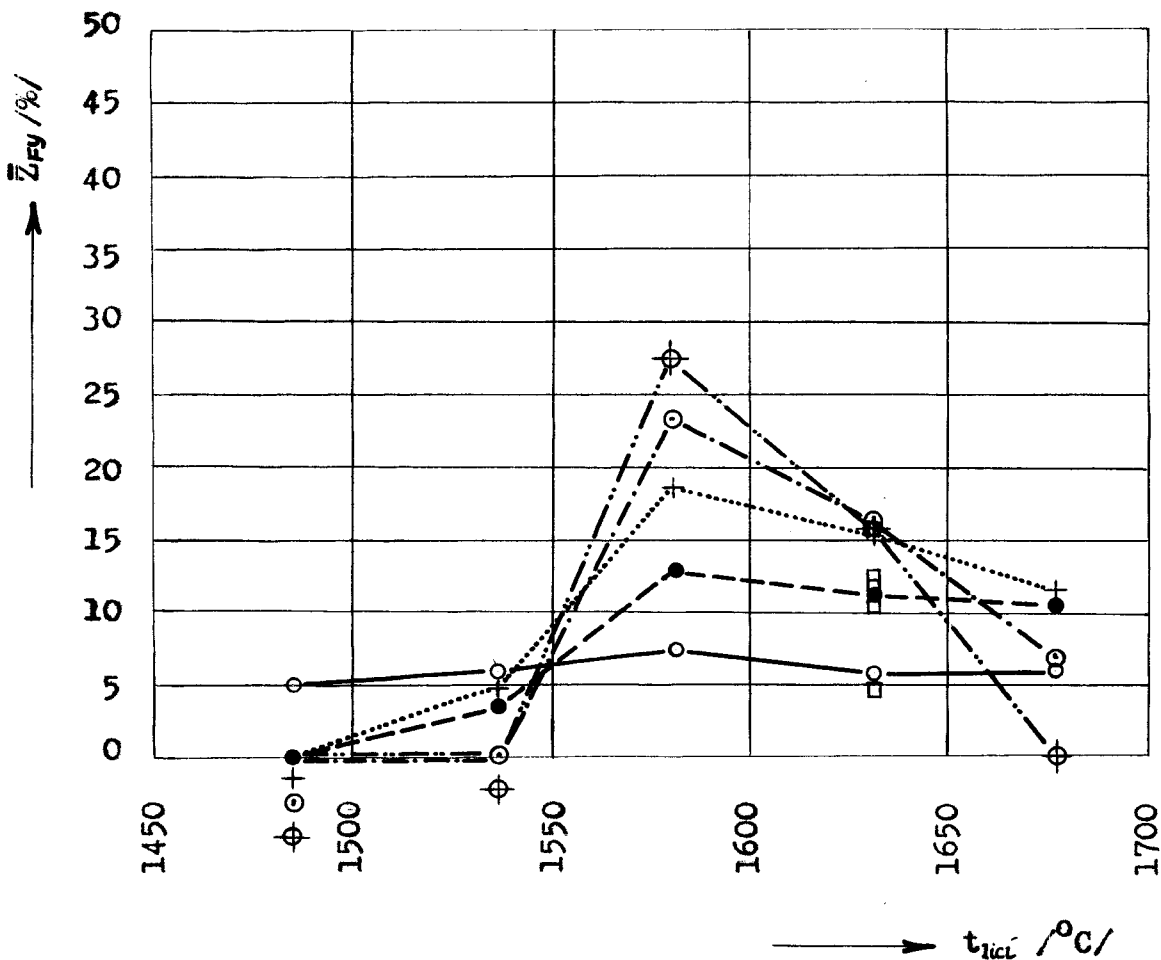
$Z_{Fy} = \frac{F_{zy}}{F} \cdot 100 \text{ \%/}$					$\bar{Z}_{Fy} \text{ \%/}$					Poznámka
Z_{F10}	Z_{F20}	Z_{F30}	Z_{F40}	Z_{F50}	\bar{Z}_{F10}	\bar{Z}_{F20}	\bar{Z}_{F30}	\bar{Z}_{F40}	\bar{Z}_{F50}	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						ø dýzy v licí jamce ø14 mm
7,00	12,33	17,00	22,67	26,00						
5,00	10,00	13,33	17,00	0,00	4,73	11,53	12,27	15,47	10,87	
5,33	12,67	16,33	20,00	28,33						
6,33	10,33	14,67	17,67	0,00						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						ø dýzy v licí jamce ø8 mm
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						

$Z_{Fy} = \frac{F_{zy}}{F} \cdot 100 \text{ \%/}$					$\bar{Z}_{Fy} \text{ \%/}$					Poznámka
Z_{F10}	Z_{F20}	Z_{F30}	Z_{F40}	Z_{F50}	\bar{Z}_{F10}	\bar{Z}_{F20}	\bar{Z}_{F30}	\bar{Z}_{F40}	\bar{Z}_{F50}	
6,67	14,33	20,33	27,33	32,00						ø dýzy v licí jamce ø 14mm
8,33	13,33	15,00	0,00	0,00						
9,67	16,67	25,00	29,33	33,33	6,40	10,73	12,07	11,33	13,07	
4,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
4,00	9,33	0,00	0,00	0,00						
6,67	11,67	15,00	21,67	0,00						ø dýzy v licí jamce ø 14mm
7,33	14,00	20,00	25,00	0,00						
8,33	16,67	24,00	30,00	36,00	7,42	14,25	20,00	25,84	16,92	
7,33	14,67	21,00	26,67	31,67						
-	-	-	-	-						

Materiál: 12060

Teplota formy 650 °C

- Hodnoty pro $y=10$ mm
- - -●- - - Hodnoty pro $y=20$ mm
-+..... Hodnoty pro $y=30$ mm
- · - · -○- · - · - Hodnoty pro $y=40$ mm
- · - · -⊕- · - · - Hodnoty pro $y=50$ mm
- Hodnoty pro vzorky z formy č.2



Material: 12060

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota *ornay /°C/	S		Z _{zy} /mm/				
			/mm/	/%	Z _{SZ40}	Z _{SZ20}	Z _{SZ30}	Z _{SZ40}	Z _{SZ50}
001	1485	650	30	100	6,10	0,00	0,00	0,00	0,00
002	1485	650	30	100	6,58	0,00	0,00	0,00	0,00
003	1485	650	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
004	1485	650	30	100	8,74	0,00	0,00	0,00	0,00
005	1485	650	30	100	8,54	0,00	0,00	0,00	0,00
006	1485	650	30	100	10,50	0,00	0,00	0,00	0,00
007	1535	650	30	100	9,60	0,00	0,00	0,00	0,00
008	1535	650	30	100	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00
009	1535	650	30	100	15,78	0,00	0,00	0,00	0,00
010	1535	650	30	100	15,18	12,18	12,88	0,00	0,00
011	1535	650	30	100	15,20	12,78	9,58	0,00	0,00
012	1535	650	30	100	11,96	0,00	0,00	0,00	0,00
013	1580	650	30	100	18,40	15,12	15,77	15,40	13,30
014	1580	650	30	100	17,28	15,82	14,54	13,48	11,58
015	1580	650	30	100	16,90	13,38	13,88	12,10	10,20
016	1580	650	30	100	16,98	17,16	14,90	12,86	10,38
017	1580	650	30	100	17,44	16,24	13,30	13,16	12,10
018	1580	650	30	100	16,58	16,48	13,84	12,90	10,58
019	1675	650	30	100	12,00	10,77	9,80	0,00	0,00
020	1675	650	30	100	11,96	11,18	6,80	0,00	0,00
021	1675	650	30	100	16,30	14,22	12,84	6,88	0,00
022	1675	350	30	100	16,82	12,78	11,42	10,78	7,50
023	1675	650	30	100	12,80	11,90	6,96	0,00	0,00
024	1675	650	30	100	12,40	9,12	0,00	0,00	0,00
025	1630	650	30	100	12,76	10,50	5,46	0,00	0,00
026	1630	650	30	100	15,26	13,80	11,98	8,14	4,20
027	1630	650	30	100	16,12	13,20	12,70	9,46	5,10
028	1630	650	30	100	14,90	13,54	11,34	10,82	8,18
029	1630	650	30	100	15,62	13,12	10,82	9,88	7,40
030	1630	650	30	100	13,10	13,60	11,70	9,50	7,78

1984-1985
 1984-1985

1984-1985

$Z_{5y} = \frac{Z_{5y}}{5} \cdot 100 \%$					$Z_{5y} = 5 - \frac{Z_{5y}}{5} \cdot 100 \%$					1984-1985
Z ₅₁₀	Z ₅₂₀	Z ₅₃₀	Z ₅₄₀	Z ₅₅₀	Z ₅₀₁₀	Z ₅₀₂₀	Z ₅₀₃₀	Z ₅₀₄₀	Z ₅₀₅₀	
20,33	0,00	0,00	0,00	0,00	23,90	30,00	30,00	30,00	30,00	121
21,93	0,00	0,00	0,00	0,00	23,48	30,00	30,00	30,00	30,00	122
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	123
22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,26	30,00	30,00	30,00	30,00	124
22,40	0,00	0,00	0,00	0,00	21,46	30,00	30,00	30,00	30,00	125
33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	30,00	30,00	30,00	30,00	126
32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,40	30,00	30,00	30,00	30,00	127
30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	30,00	30,00	30,00	30,00	128
35,94	0,00	0,00	0,00	0,00	19,22	30,00	30,00	30,00	30,00	129
39,53	49,33	36,27	0,00	0,00	14,51	17,00	14,12	12,00	30,00	130
40,37	42,50	31,53	0,00	0,00	14,80	17,00	14,42	10,00	30,00	131
39,87	0,00	0,00	0,00	0,00	12,04	30,00	21,00	30,00	20,00	132
61,33	33,73	37,33	11,33	44,33	11,50	13,50	14,30	14,00	15,70	133
37,00	11,00	20,00	44,00	16,00	12,70	13,10	15,40	16,00	15,00	134
36,33	31,27	46,07	40,33	24,00	13,10	14,50	16,10	17,00	18,00	135
36,00	37,20	48,07	42,07	24,00	13,00	12,50	15,10	17,14	17,00	136
38,13	34,13	41,00	43,07	20,33	12,50	13,70	14,70	16,00	17,00	137
38,07	34,00	46,13	43,00	25,07	13,40	13,50	16,10	17,10	18,00	138
40,00	35,00	39,00	0,00	0,00	18,00	19,00	21,00	20,00	20,00	139
20,00	27,00	23,00	0,00	0,00	20,04	18,00	20,10	30,00	30,00	140
34,33	47,00	35,00	23,07	0,00	12,70	10,00	15,10	10,00	30,00	141
36,00	42,00	36,07	35,07	20,00	12,00	17,00	14,00	12,00	20,00	142
32,00	38,00	23,00	0,00	0,00	17,00	16,00	12,04	20,00	30,00	143
11,00	30,00	1,00	10,00	0,00	17,00	20,00	10,00	1,00	30,00	144
10,00	21,00	28,00	0,00	0,00	17,00	19,00	24,04	20,00	30,00	145
30,07	46,00	33,00	27,12	14,00	14,70	16,00	19,02	21,00	25,00	146
32,70	44,00	35,07	21,00	0,00	13,00	16,00	19,00	20,00	30,00	147
40,07	45,00	37,00	35,40	22,27	15,10	15,40	16,00	18,00	21,00	148
34,07	43,00	36,40	30,07	24,07	14,30	13,00	14,00	19,00	22,04	149
30,33	40,00	15,00	31,07	23,07	14,00	10,40	18,00	20,00	22,04	150

S _{oy} /mm/					S _{oy} /mm/				
S ₀₁₀	S ₀₂₀	S ₀₃₀	S ₀₄₀	S ₀₅₀	S ₀₁₀	S ₀₂₀	S ₀₃₀	S ₀₄₀	S ₀₅₀
11,95	15,00	15,00	15,00	15,00	11,80	15,00	15,00	15,00	15,00
11,71	15,00	15,00	15,00	15,00					
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00					
11,63	15,00	15,00	15,00	15,00					
10,73	15,00	15,00	15,00	15,00					
9,75	15,00	15,00	15,00	15,00					
10,20	15,00	15,00	15,00	15,00					
10,50	15,00	15,00	15,00	15,00					
9,61	15,00	15,00	15,00	15,00					
7,41	8,95	9,56	10,00	10,00					
7,40	8,61	10,21	10,00	15,00					
9,02	15,00	15,00	15,00	15,00					
5,80	6,94	7,15	7,00	8,00					
6,36	6,59	7,33	8,00	8,01					
6,55	7,31	8,09	8,00	8,00					
6,51	6,42	7,55	8,00	8,01					
6,28	6,88	7,35	8,42	8,00					
6,71	6,76	8,08	8,00	8,01					
9,00	9,63	10,60	10,00	10,00	6,37	6,02	7,66	8,00	9,00
9,02	9,41	11,55	10,00	10,00					
6,85	7,89	9,58	11,00	10,00					
6,54	8,61	9,29	10,00	10,00					
8,60	9,25	11,52	10,00	10,00					
8,80	10,44	15,00	15,00	15,00					
8,62	9,75	12,27	10,00	10,00					
7,37	8,10	9,01	10,00	10,00					
6,94	8,40	9,65	10,00	10,00					
7,55	8,23	9,33	9,00	10,00					
7,19	8,44	9,54	10,00	11,00					
7,45	8,20	9,15	10,00	11,00					

Material: 12060

Označ. vzorů	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	T		ΔS Z _{ij} /mm/				
			/mm/	/°C/	Z ₁₀	Z ₂₀	Z ₃₀	Z ₄₀	Z ₅₀
031	1485	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
032	1485	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
033	1485	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
034	1485	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
035	1485	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
036	1485	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
037	1535	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
038	1535	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
039	1535	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
040	1535	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
041	1535	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
042	1535	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
043	1580	900	30	100	11,25	0,00	0,00	0,00	0,00
044	1580	900	30	100	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00
045	1580	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
046	1580	900	30	100	11,55	0,16	0,00	0,00	0,00
047	1580	900	30	100	8,16	0,10	0,00	0,00	0,00
048	1580	900	30	100	10,36	0,10	0,00	0,00	0,00
049	1630	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
050	1630	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
051	1630	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
052	1630	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
053	1630	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
054	1630	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
055	1675	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
056	1675	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
057	1675	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
058	1675	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
059	1675	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
060	1675	900	30	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

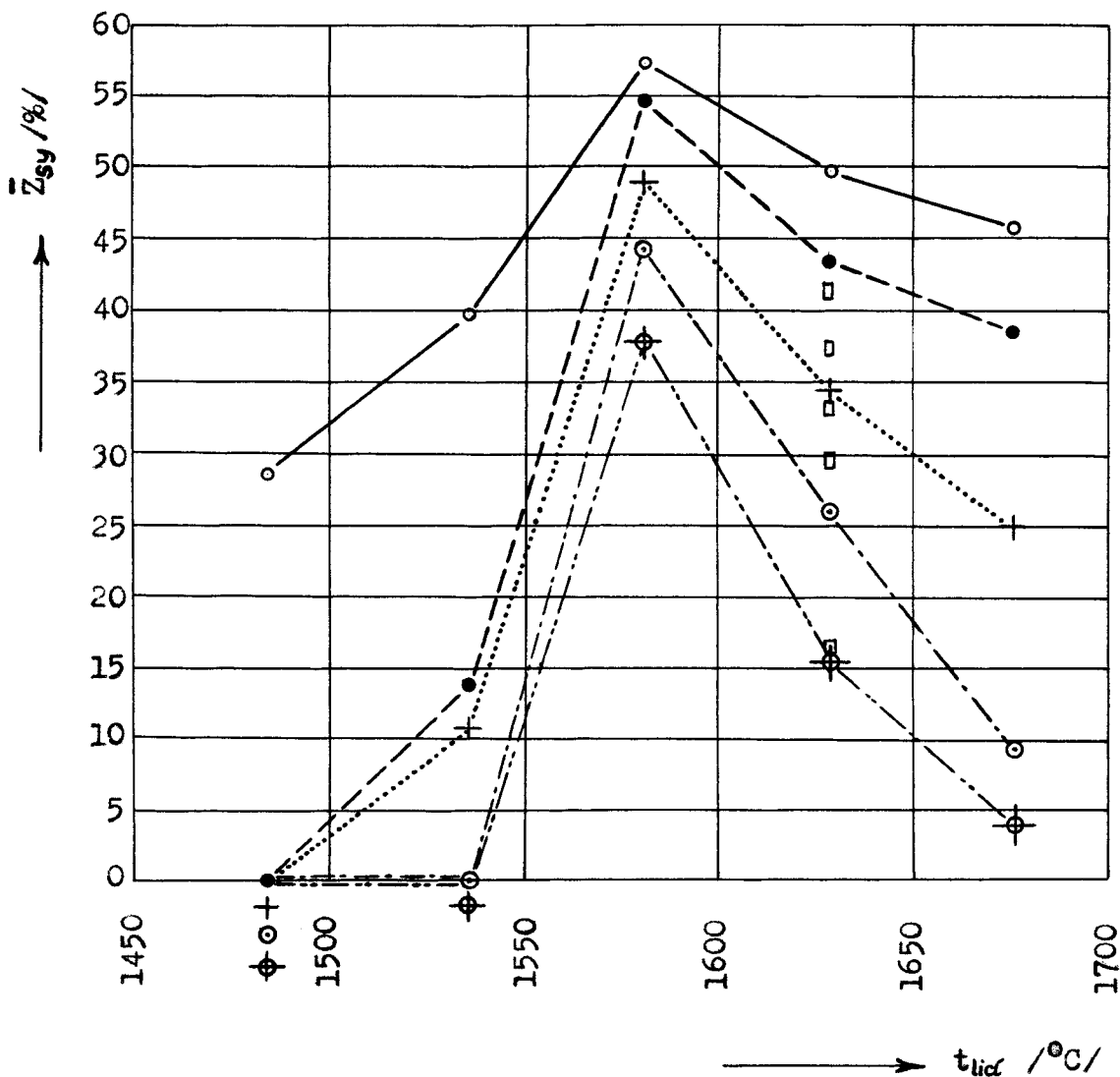
S _{0y} /mm/					S̄ _{0y} /mm/				
S ₀₁₀	S ₀₂₀	S ₀₃₀	S ₀₄₀	S ₀₅₀	S̄ ₀₁₀	S̄ ₀₂₀	S̄ ₀₃₀	S̄ ₀₄₀	S̄ ₀₅₀
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	8,75	9,35	9,95	10,60	12,52
6,61	7,54	7,42	7,44	8,39					
8,08	8,57	9,54	10,50	10,00					
6,50	7,50	8,00	8,55	8,15					
7,72	8,30	9,95	11,40	10,00					
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00					
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00					
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00					
15,00	15,00	15,00	15,00	15,00					

S _{0y} /mm/					S̄ _{0y} /mm/				
S ₀₁₀	S ₀₂₀	S ₀₃₀	S ₀₄₀	S ₀₅₀	S̄ ₀₁₀	S̄ ₀₂₀	S̄ ₀₃₀	S̄ ₀₄₀	S̄ ₀₅₀
5,22	5,46	5,90	7,50	8,35	7,13	8,14	10,62	11,92	12,24
6,21	8,04	12,10	15,00	15,00					
4,75	4,60	5,11	7,09	7,56					
11,30	15,00	15,00	15,00	15,00					
8,19	12,60	15,00	15,00	15,00					
6,84	7,42	8,89	8,81	8,80	4,90	5,95	6,59	6,92	7,00
5,00	7,14	6,71	8,10	8,10					
2,70	3,50	4,40	5,00	5,00					
4,95	5,75	6,76	6,70	6,15					
-	-	-	-	-					

Materiál: 12060

Teplota formy 650 °C

- Hodnoty pro y=10 mm
- - ● - - - - - Hodnoty pro y=20 mm
-+..... Hodnoty pro y=30 mm
- · - · ○ - · - · - - Hodnoty pro y=40 mm
- · · · · ⊕ · · · · · Hodnoty pro y=50 mm
- Hodnoty pro vzorky z formy č.2



TABULKA VYPOČTENÝCH POLOMĚRŮ ZABĚHNUTÍ (r /mm/) .

Materiál 12060.

Teplota lící /°C/	Teplota formy/°C/	Výška řezu /mm/				
		10	20	30	40	50
1485	650	1,160	-	-	-	-
1535	650	0,742	1,370	1,445	1,823	-
1580	650	0,408	0,502	0,585	0,661	0,778
1630	650	0,571	0,682	0,854	1,040	1,323
1675	650	0,640	0,771	1,343	1,489	-
1485	900	-	-	-	-	-
1535	900	-	-	-	-	-
1580	900	0,971	1,523	-	-	-
1630	900	-	-	-	-	-
1675	900	-	-	-	-	-

TABULKA VYPOČTENÝCH POLOMĚRŮ ZABĚHNUTÍ (r /mm/)

Materiál 12060.

/ vzorky z formy č. 2 /

Teplota lící /°C/	Teplota formy/°C/	Výška řezu /mm/			50
		10	20	30	
1630	650	0,709	0,785	0,868	1,268
1630	900	-	-	-	-

TABULKA VYPOČTENÝCH POLOMĚRŮ ZABĚHNUTÍ (r /mm/)

Materiál AKN 22

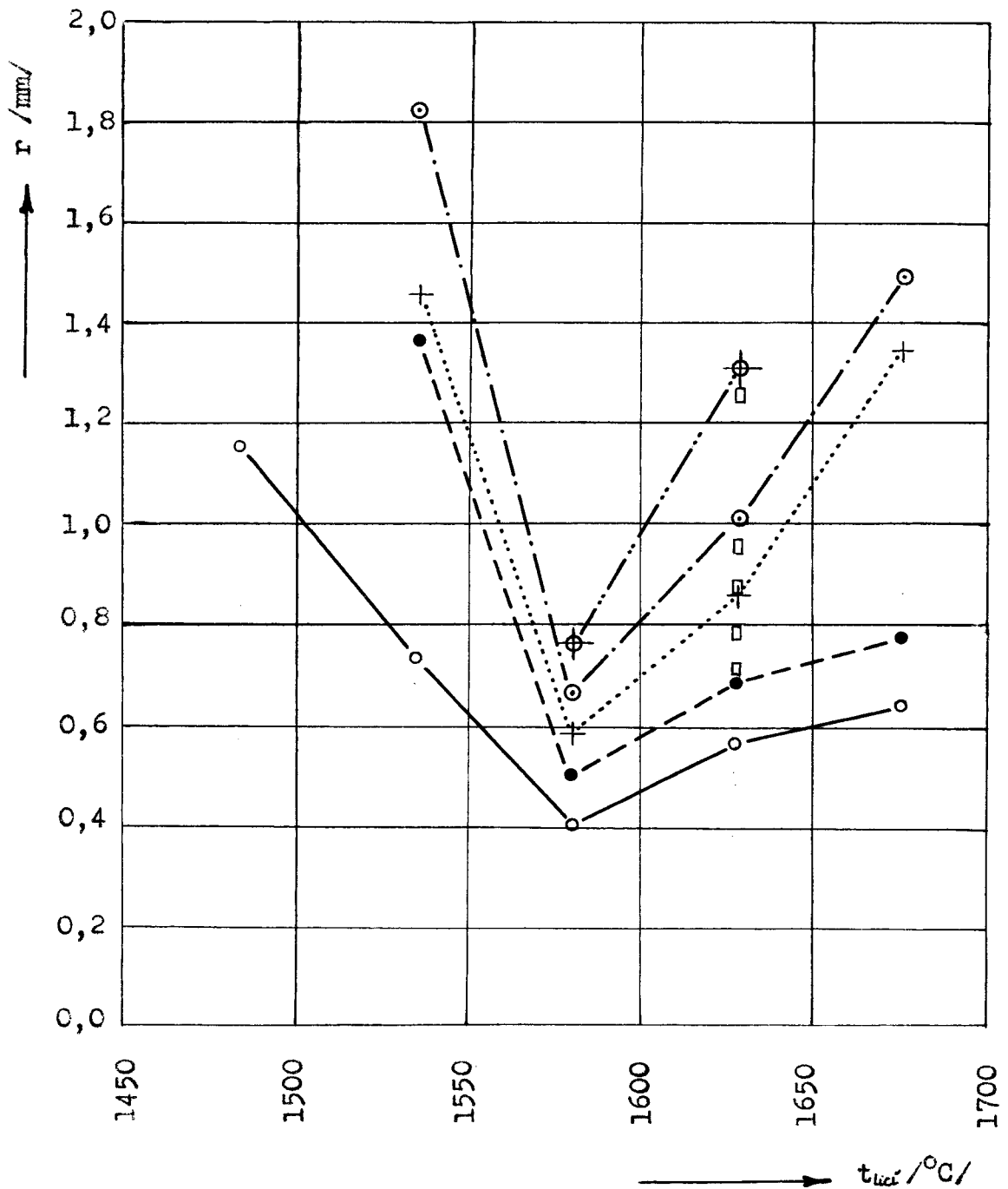
/ vzorky z formy č. 2 /

Teplota lící /°C/	Teplota formy/°C/	Výška řezu /mm/			50
		10	20	30	
1580	650	0,644	0,953	1,242	1,627
1580	900	0,405	0,501	0,588	0,767

Materiál: 12060

Teplota formy 650°C

- Hodnoty pro $y=10$ mm
- - -●- - - Hodnoty pro $y=20$ mm
-+..... Hodnoty pro $y=30$ mm
- - -○- - - Hodnoty pro $y=40$ mm
- - -⊕- - - Hodnoty pro $y=50$ mm
- Hodnoty pre vzerky z formy č.2



Zhodnocení grafických závislostí materiálu 12060.

1/ Lití do formy předehřáté na 650° C.

Zabíhavost roste s lící teplotou od 1475 až do 1580° C, kdy nabývá zřejmého maxima. Od této lící teploty zabíhavost opět klesá.

Zabíhavost vyjádřená poměrem zaběhlé plochy k celkové ploše zkušební dutiny formy činí při teplotě 1580° C 36,41 %.

2/ Lití do formy předehřáté na 900° C.

I když nedošlo k zaplnění celé dutiny zkušební formy, jak již bylo dříve podotknuto, má průběh zabíhavosti v závislosti na lící teplotě stejný charakter. Maxima se docílí rovněž při teplotě 1580° C.

Hodnoty zabíhavosti měřené na vzorcích z formy číslo 2 jsou nepatrně menší.

Rovněž hodnoty poloměrů zaběhnutí vykazují při lící teplotě 1580° C minimum, které odpovídá maximální zabíhavosti.

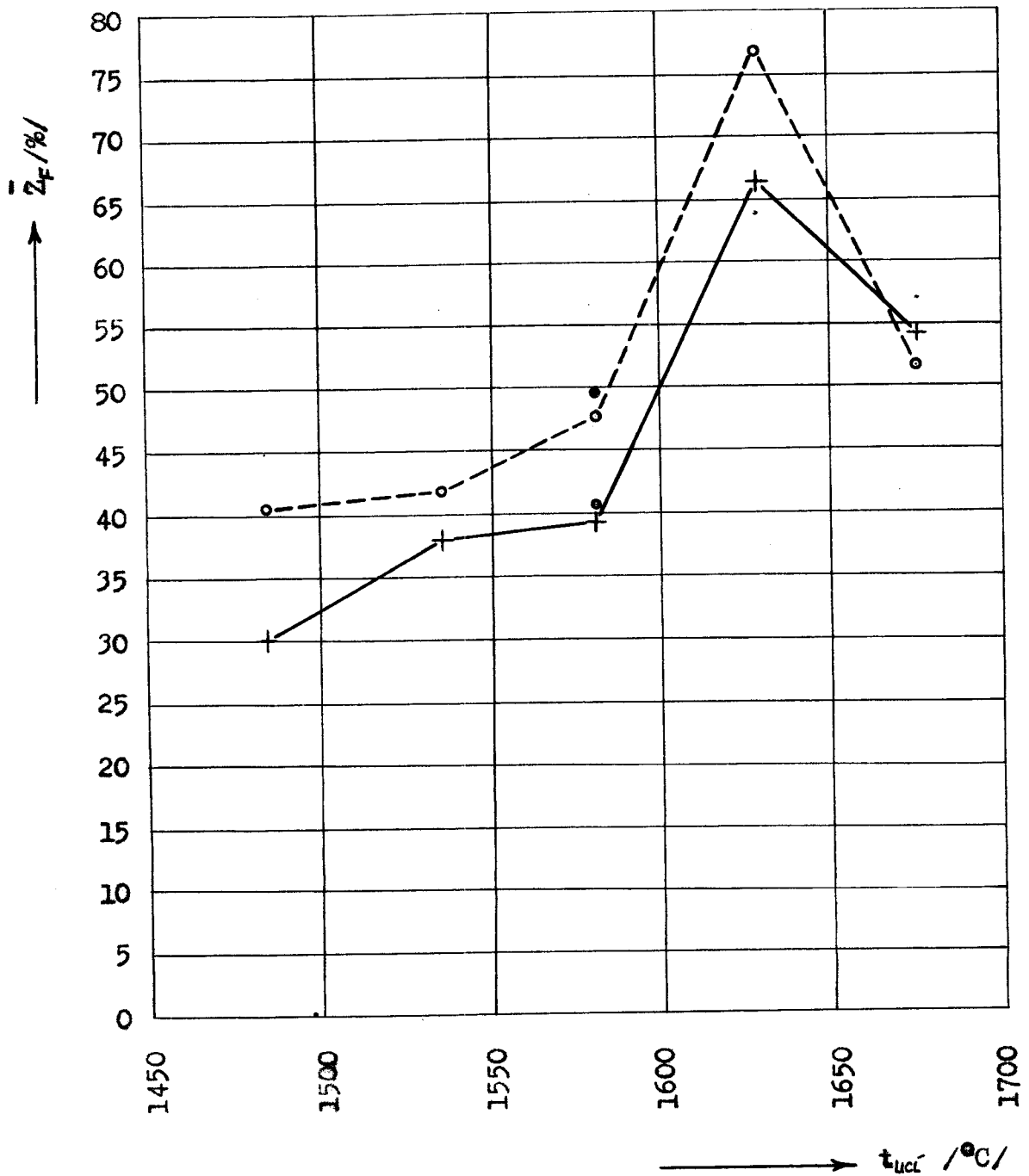
Materiál: AKN 22

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _z /mm ² /	S /mm/	$Z_F = \frac{F_z}{F} \cdot 100$ /%/	$Z_{red} = \frac{F_z}{S}$ /mm/	Z _F /%/	\bar{Z}_{red} /mm/	Poznámka
			/mm ² /	/%/							
061	1675	900	3000	100	1550	30	51,67	51,67			š dýzy v lící jmenno š 14 mm
062	1675	900	3000	100	1290	30	43,00	43,00	51,78	51,78	
063	1675	900	3000	100	1820	30	60,67	60,67			
064	1580	900	3000	100	1420	30	48,33	48,33			
065	1580	900	3000	100	1130	30	37,67	37,67	47,56	47,56	
066	1580	900	3000	100	1700	30	56,67	56,67			
067	1485	900	3000	100	980	30	32,67	32,67			
068	1485	900	3000	100	1750	30	58,33	58,33	40,44	40,44	
069	1485	900	3000	100	910	30	30,33	30,33			
070	1535	900	3000	100	1220	30	40,67	40,67			
071	1535	900	3000	100	1050	30	35,00	35,00	41,89	41,89	
072	1535	900	3000	100	1500	30	50,00	50,00			
073	1630	900	3000	100	2200	30	73,33	73,33			
074	1630	900	3000	100	2550	30	85,00	85,00	76,67	76,67	
075	1630	900	3000	100	2150	30	71,67	71,67			
076	1535	650	3000	100	1100	30	36,67	36,67			
077	1535	650	3000	100	1100	30	36,67	36,67	37,78	37,78	
078	1535	650	3000	100	1200	30	40,00	40,00			

Materiál: AKN 22

Označ. vzorku	Teplota lící /°C/	Teplota formy /°C/	F		F _z /mm ²	S /mm/	$Z_F = \frac{F_z}{F} \cdot 100$ /%/	$Z_{\text{red}} = \frac{F_z}{S}$ /mm/	Z _F /%/	\bar{Z}_{red} /mm/	Poznámka
			/mm ²	/%							
101	1580	650	3000	100	1120	30	33,33	37,33			š dýzy v lící jemce š 14 mm
102	1580	650	3000	100	500	30	16,67	16,67			
103	1580	650	3000	100	1100	30	36,67	36,67	40,80	40,80	
104	1580	650	3000	100	1700	30	56,67	56,67			š dýzy v lící jemce š 14 mm
105	1580	650	3000	100	1700	30	56,67	56,67			
106	1580	900	3000	100	830	30	27,67	27,67			
107	1580	900	3000	100	1900	30	63,33	63,33			š dýzy v lící jemce š 14 mm
108	1580	900	3000	100	1450	30	48,33	48,33	49,83	49,83	
109	1580	900	3000	100	1800	30	60,00	60,00			
-	-	-	-	-	-	-	-	-			

- +— teplota formy 650 °C
- - - - - o - - - - - teplota formy 900 °C
- o teplota formy 650 °C /vzorky z formy č.2/
- teplota formy 900 °C /vzorky z formy č.2/

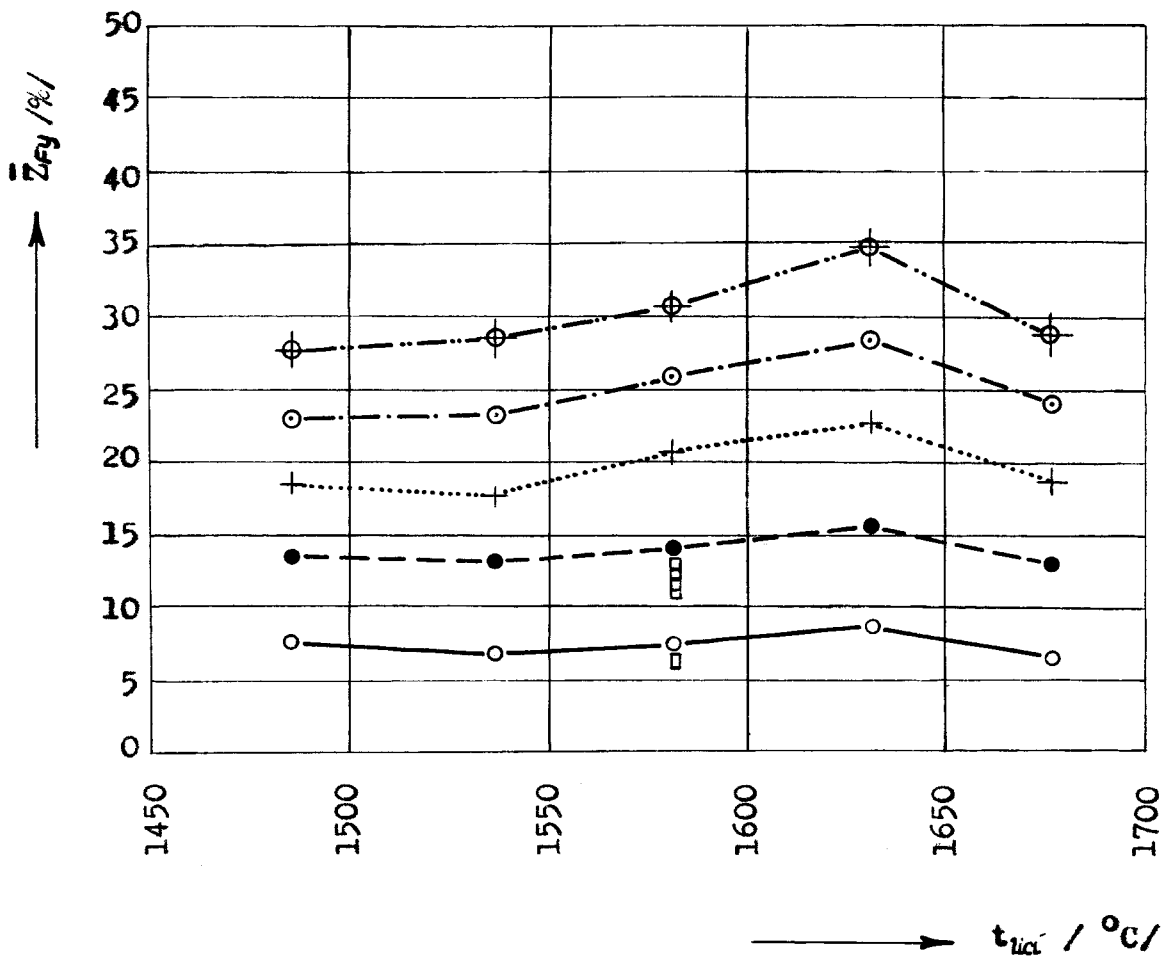


$Z_{Fy} \frac{F^{2y}}{F} \cdot 100 \%$					$\bar{Z}_{Fy} \%$					Poznámka
Z_{F10}	Z_{F20}	Z_{F30}	Z_{F40}	Z_{F50}	\bar{Z}_{F10}	\bar{Z}_{F20}	\bar{Z}_{F30}	\bar{Z}_{F40}	\bar{Z}_{F50}	
6,50	13,67	19,33	25,33	31,67						ø dýzy v licí jamce ø14mm
7,00	13,33	19,67	25,00	30,00	7,50	13,44	20,11	25,67	31,67	
9,00	13,85	21,33	26,67	33,33						
7,33	13,00	18,67	23,00	28,00						
7,00	13,67	19,67	27,67	30,00	7,22	13,78	19,45	24,22	29,33	
7,33	14,67	20,00	25,00	30,00						
6,67	12,33	17,33	21,00	25,00						
7,67	14,00	19,33	24,00	29,33	7,11	14,11	18,03	22,22	26,89	
7,00	16,00	17,33	21,67	26,33						
5,00	14,00	20,67	26,67	31,33						
7,33	12,67	18,33	24,33	29,33	6,55	13,33	19,44	25,33	30,55	
7,33	13,33	19,33	25,00	31,00						
10,00	16,67	23,33	29,33	34,33						
10,67	18,33	26,00	32,67	39,33	9,67	16,89	23,67	29,56	35,11	
8,33	15,67	21,67	26,67	31,67						
6,67	12,67	18,33	23,33	28,33						
7,00	12,67	17,67	23,67	28,00	7,00	12,78	17,78	23,56	28,55	
7,33	13,00	17,33	23,67	29,33						
6,67	12,67	17,67	21,33	24,00						
10,00	15,00	19,67	25,33	33,67	7,89	13,33	18,45	23,44	27,67	
7,00	12,33	18,00	23,67	25,33						
7,00	13,00	18,67	23,67	29,00						
6,67	13,33	19,33	25,00	30,00	6,78	13,00	18,78	24,00	28,78	
6,67	12,67	18,33	23,33	27,33						
10,00	18,33	27,67	34,00	41,67						
8,33	14,67	20,67	26,67	32,67	8,67	15,44	22,56	28,45	34,56	
7,67	13,33	19,33	24,67	29,33						
8,33	14,33	21,00	26,67	31,67						
7,33	13,67	20,00	25,00	30,00	7,83	14,00	20,50	25,84	30,84	
-	-	-	-	-						

Materiál: AKN 22

Teplota formy 650 °C

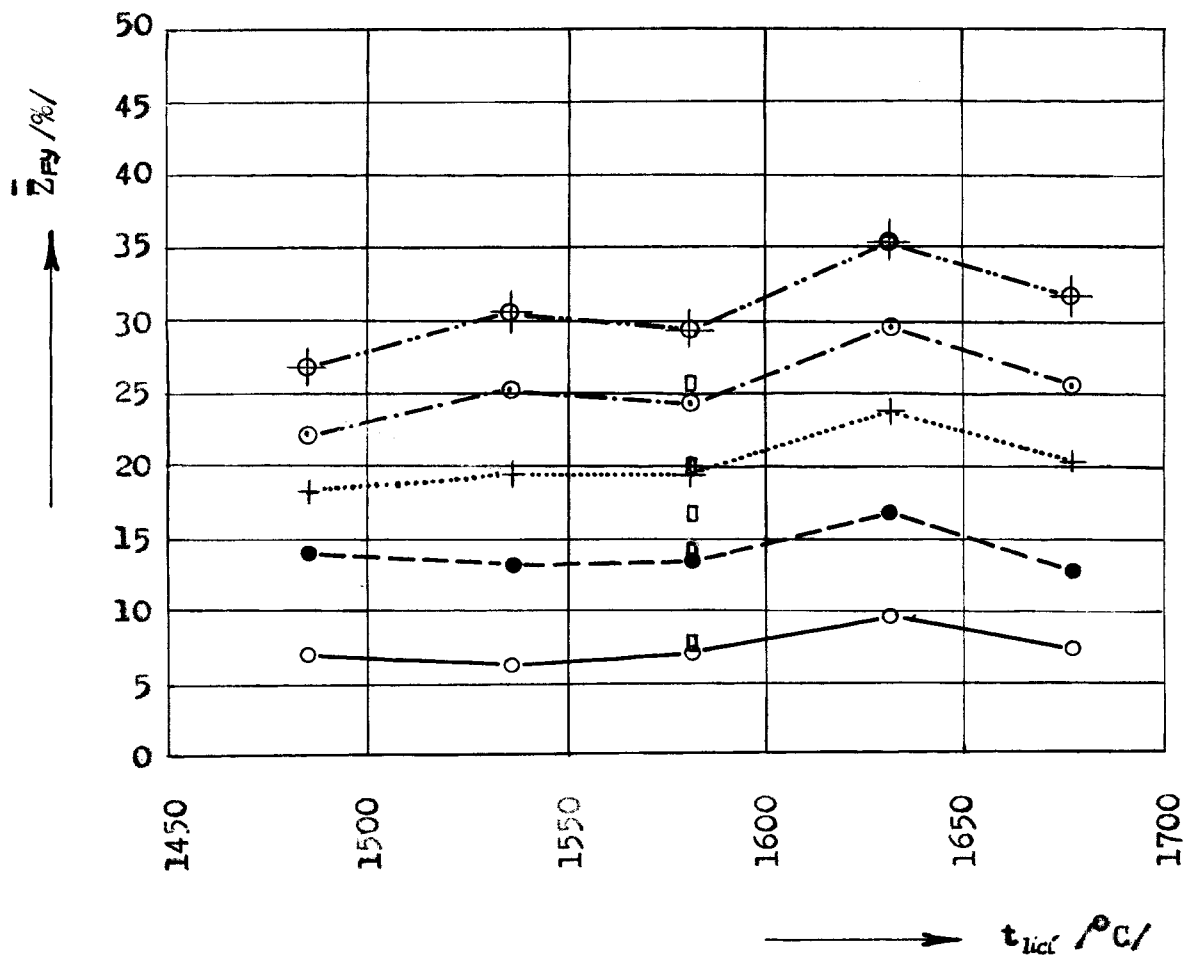
- Hodnoty pro y=10 mm
- - -●- - - Hodnoty pro y=20 mm
-+..... Hodnoty pro y=30 mm
- - -○- - - Hodnoty pro y=40 mm
-⊕..... Hodnoty pro y=50 mm
- Hodnoty pro vzorky z formy č.2



Materiál: AKN 22

Teplota formy 900 °C

- Hodnoty pro $y=10$ mm
- - -●- - - Hodnoty pro $y=20$ mm
-+..... Hodnoty pro $y=30$ mm
- · - · - ○ - · - · - Hodnoty pro $y=40$ mm
- · · · · ⊕ · · · · · Hodnoty pro $y=50$ mm
- Hodnoty pro vtorcky z formy č.2



Soy /mm/					Soy /mm/				
S ₀₁₀	S ₀₂₀	S ₀₃₀	S ₀₄₀	S ₀₅₀	S ₀₁₀	S ₀₂₀	S ₀₃₀	S ₀₄₀	S ₀₅₀
6,22	6,24	6,00	6,34	6,05					
6,40	6,00	6,12	7,02	7,45	5,77	5,96	6,04	6,49	7,57
4,68	5,64	6,00	6,14	6,60					
5,78	7,35	8,00	7,96	7,78					
5,09	6,07	6,90	7,71	8,36	5,24	6,50	7,51	7,82	7,91
4,86	6,09	7,62	7,78	7,15					
7,50	7,84	8,05	7,84	8,90					
5,10	6,71	7,14	7,71	7,77	6,27	7,27	7,67	8,06	8,71
6,51	7,25	7,81	6,56	7,90					
4,80	5,55	6,01	6,61	6,65					
5,87	6,52	6,80	7,17	8,30	5,24	6,02	6,29	6,56	7,37
5,30	6,00	6,06	5,91	6,55					
5,00	5,30	5,30	6,11	6,44					
0,95	3,00	2,88	3,01	3,90	3,26	4,33	4,73	5,11	6,05
3,83	4,68	5,70	6,41	6,70					
6,05	6,87	7,05	7,20	7,40					
6,00	6,84	7,05	7,11	7,91	6,00	6,97	7,07	7,10	7,43
5,95	7,20	6,93	6,95	6,84					
6,63	7,15	8,71	8,07	10,17					
5,45	5,96	6,43	7,17	7,27	6,13	6,56	7,41	8,41	11,27
6,30	6,63	7,09	8,13	10,11					
5,58	6,91	7,00	8,93	12,00					
5,53	5,73	6,65	6,50	6,13	6,96	6,37	6,93	7,17	8,96
5,95	6,48	7,25	8,06	7,55					
0,74	2,40	3,20	4,75	4,13					
2,68	5,32	5,56	6,47	6,35	3,22	4,69	5,84	6,91	7,92
6,24	6,35	6,95	7,07	7,24					
3,92	4,90	6,28	7,55	6,70					
4,58	6,06	6,32	7,7	7,40	4,42	5,49	6,30	7,30	8,11
-	-	-	-	-					

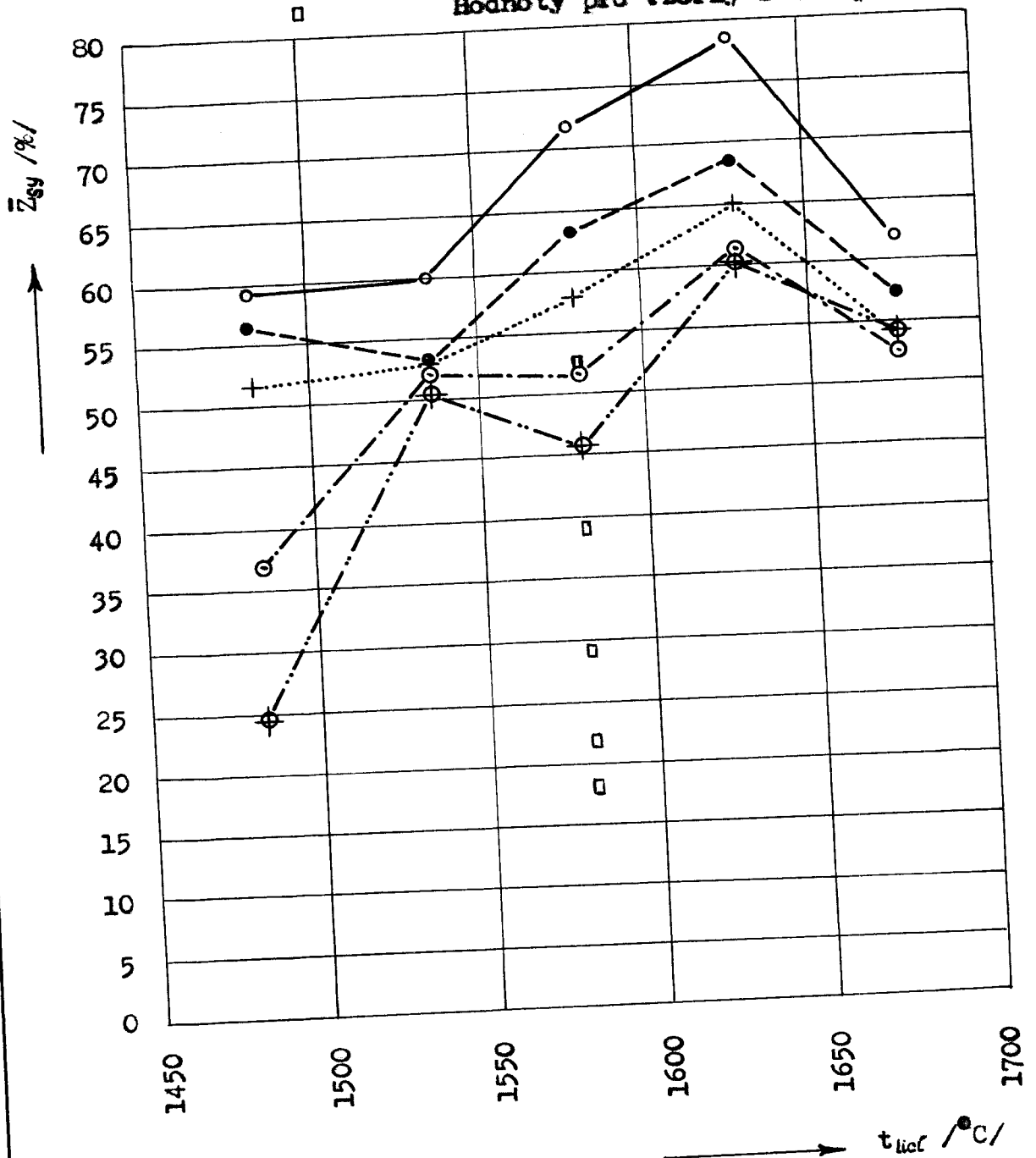
$\bar{S}_y / 111$					T. 21. 50- 10
\bar{S}_{10}	\bar{S}_{20}	\bar{S}_{30}	\bar{S}_{40}	\bar{S}_{50}	
61,25	60,27	59,73	59,72	53,11	p. 47y e. licf jonca p. 14 am
65,00	56,61	49,00	48,00	47,13	
57,34	51,26	48,79	44,50	41,87	
64,52	58,84	58,37	56,84	50,19	
70,27	71,18	69,16	63,43	59,40	
69,00	53,03	53,27	50,69	50,40	
60,25	51,13	51,71	30,41	24,26	
62,00	57,51	53,56	52,40	53,91	
70,00	60,73	65,70	61,21	60,00	
62,00	63,47	58,40	57,00	45,84	

T. 21. 50- 10		
000	0300	0700
00,0	00,0	00,0
01,0	01,0	01,0
02,0	02,0	02,0
03,0	03,0	03,0
04,0	04,0	04,0
05,0	05,0	05,0
06,0	06,0	06,0
07,0	07,0	07,0
08,0	08,0	08,0
09,0	09,0	09,0
10,0	10,0	10,0
11,0	11,0	11,0
12,0	12,0	12,0
13,0	13,0	13,0
14,0	14,0	14,0
15,0	15,0	15,0
16,0	16,0	16,0
17,0	17,0	17,0
18,0	18,0	18,0
19,0	19,0	19,0
20,0	20,0	20,0
21,0	21,0	21,0
22,0	22,0	22,0
23,0	23,0	23,0
24,0	24,0	24,0
25,0	25,0	25,0
26,0	26,0	26,0
27,0	27,0	27,0
28,0	28,0	28,0
29,0	29,0	29,0
30,0	30,0	30,0
31,0	31,0	31,0
32,0	32,0	32,0
33,0	33,0	33,0
34,0	34,0	34,0
35,0	35,0	35,0
36,0	36,0	36,0
37,0	37,0	37,0
38,0	38,0	38,0
39,0	39,0	39,0
40,0	40,0	40,0
41,0	41,0	41,0
42,0	42,0	42,0
43,0	43,0	43,0
44,0	44,0	44,0
45,0	45,0	45,0
46,0	46,0	46,0
47,0	47,0	47,0
48,0	48,0	48,0
49,0	49,0	49,0
50,0	50,0	50,0
51,0	51,0	51,0
52,0	52,0	52,0
53,0	53,0	53,0
54,0	54,0	54,0
55,0	55,0	55,0
56,0	56,0	56,0
57,0	57,0	57,0
58,0	58,0	58,0
59,0	59,0	59,0
60,0	60,0	60,0
61,0	61,0	61,0
62,0	62,0	62,0
63,0	63,0	63,0
64,0	64,0	64,0
65,0	65,0	65,0
66,0	66,0	66,0
67,0	67,0	67,0
68,0	68,0	68,0
69,0	69,0	69,0
70,0	70,0	70,0
71,0	71,0	71,0
72,0	72,0	72,0
73,0	73,0	73,0
74,0	74,0	74,0
75,0	75,0	75,0
76,0	76,0	76,0
77,0	77,0	77,0
78,0	78,0	78,0
79,0	79,0	79,0
80,0	80,0	80,0
81,0	81,0	81,0
82,0	82,0	82,0
83,0	83,0	83,0
84,0	84,0	84,0
85,0	85,0	85,0
86,0	86,0	86,0
87,0	87,0	87,0
88,0	88,0	88,0
89,0	89,0	89,0
90,0	90,0	90,0
91,0	91,0	91,0
92,0	92,0	92,0
93,0	93,0	93,0
94,0	94,0	94,0
95,0	95,0	95,0
96,0	96,0	96,0
97,0	97,0	97,0
98,0	98,0	98,0
99,0	99,0	99,0
100,0	100,0	100,0

Materiál: AKN 22

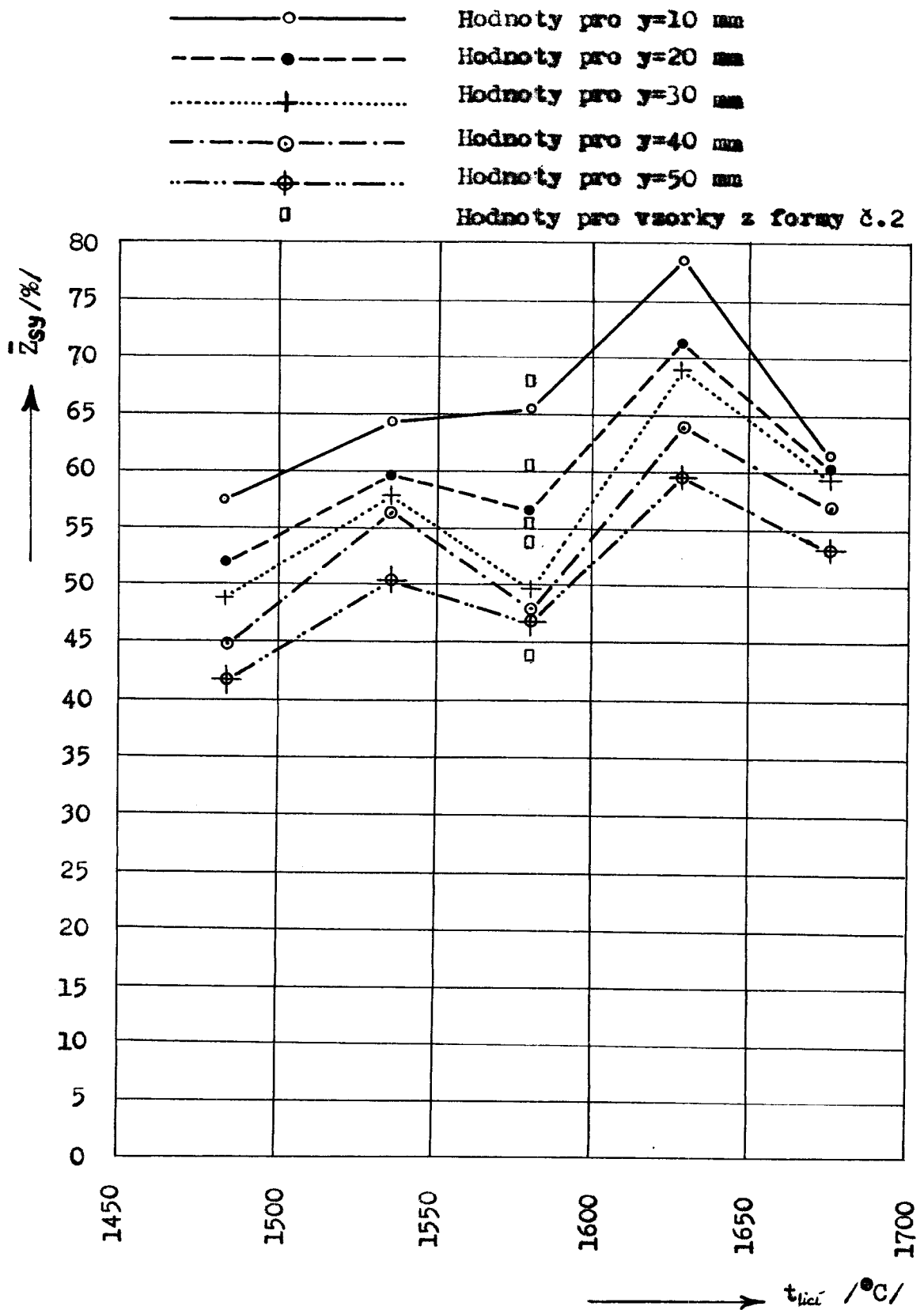
Teplota formy 650 °C

- Hodnoty pro y=10 mm
- - -●- - - Hodnoty pro y=20 mm
-+..... Hodnoty pro y=30 mm
- - -○- - - Hodnoty pro y=40 mm
-⊕..... Hodnoty pro y=50 mm
- Hodnoty pro vzorky z formy č.2



Materiál: AKN 22

Teplota formy 900 °C



TABULKA VYPOČTENÝCH POLOMĚRŮ ZABĚHNUTÍ (r/mm/)

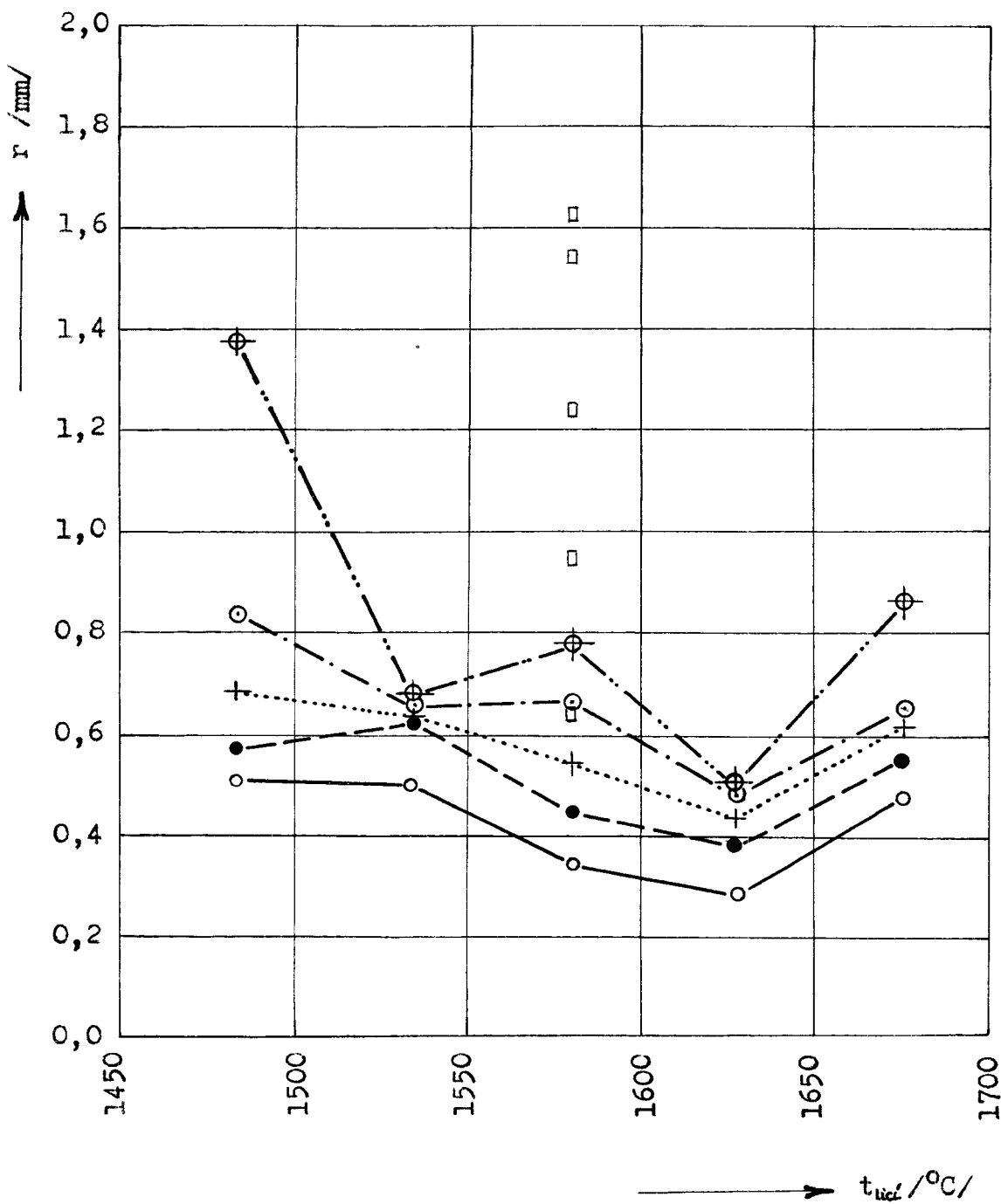
Materiál AKN 22.

Teplota lící /°C/	Teplota formy/°C/	Výška řezu /mm/				
		10	20	30	40	50
1485	650	0,525	0,575	0,681	0,838	1,388
1535	650	0,511	0,624	0,628	0,640	0,685
1580	650	0,354	0,458	0,544	0,664	0,785
1630	650	0,290	0,387	0,435	0,490	0,501
1675	650	0,478	0,551	0,624	0,650	0,858
1485	900	0,551	0,662	0,718	0,806	0,880
1535	900	0,442	0,512	0,538	0,573	0,677
1580	900	0,435	0,566	0,695	0,740	0,755
1630	900	0,292	0,360	0,382	0,451	0,520
1675	900	0,486	0,506	0,514	0,565	0,677

Materiál: AKN 22

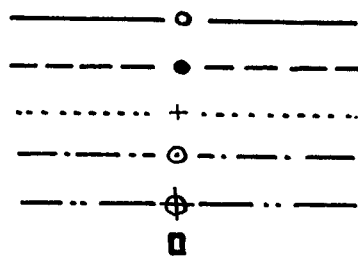
Teplota formy 650 °C

- Hodnoty pro $y=10$ mm
- - -●- - - Hodnoty pro $y=20$ mm
-+..... Hodnoty pro $y=30$ mm
- · - · -○- · - · - Hodnoty pro $y=40$ mm
- · - · -◇- · - · - Hodnoty pro $y=50$ mm
- Hodnoty pro vzěrky z formy č.2



Materiál: AKN 22

Teplota formy 900 °C



Hodnoty pro $y=10$ mm

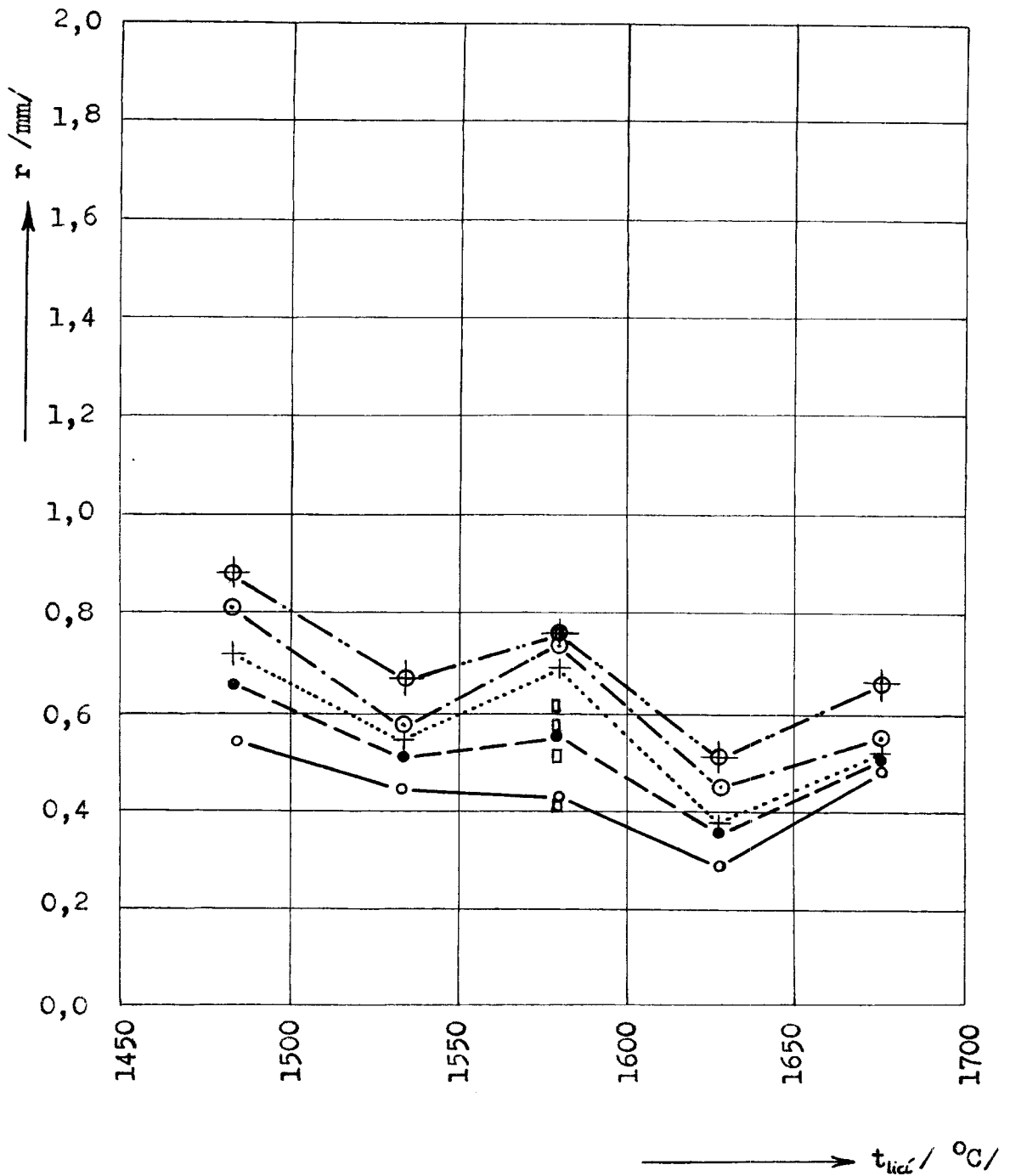
Hodnoty pro $y=20$ mm

Hodnoty pro $y=30$ mm

Hodnoty pro $y=40$ mm

Hodnoty pro $y=50$ mm

Hodnoty pro vzěrky z formy č.2



Zhodnocení grafických závislostí materiálu AKN 22 litého ve vakuu.

1/ Lítí do formy přehřáté na 650°C .

Zabíhavost roste s lící teplotou od 1475 až do 1630°C , načež nastává poměrně rychlý pokles. Maximum zabíhavosti, vyjádřené poměrem zaběhlé plochy k celkové ploše zkušební dutiny formy, činí $66,67\%$.

2/ Lítí do formy přehřáté na 900°C .

Zabíhavost v závislosti na lící teplotě má stejný charakter, s tím rozdílem, že jsou hodnoty zabíhavosti vyšší. Maximum je opět při teplotě 1630°C a činí při vyhodnocení zabíhavosti stejným způsobem $76,67\%$. Potom začíná zabíhavost klesat a to rychleji než u forem ohřátých na 650°C .

Hodnoty zabíhavosti měřené na vzorcích z formy číslo 2 jsou o málo vyšší.

Rovněž hodnoty poloměrů zaběhnutí vykazují při teplotě liti 1630°C minimum, které odpovídá maximální zabíhavosti.

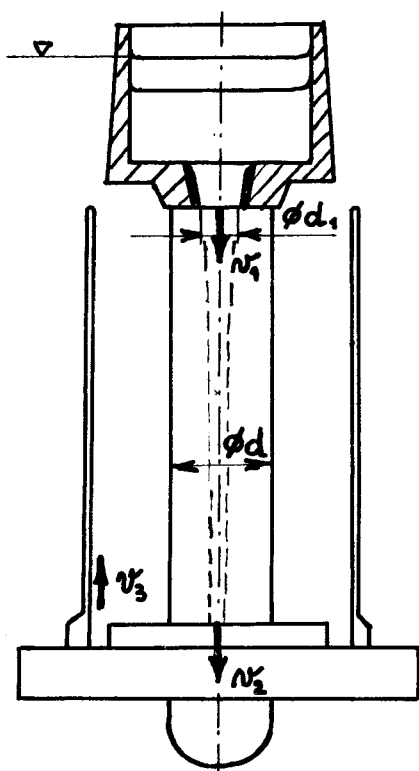
F. ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Popsaná zkušební forma je vlastně konečnou úpravou zkušebních forem zabíhavosti alternativ D.

Zásahem do celého vtokového systému se podařilo odstranit nepříznivý vliv dynamického rázu, který vznikal u předešlých zkoušek alternativy D, důsledkem náhlého zabrždění taveniny v horní části zkušební dutiny.

Konstrukční úpravy vtokového systému měly za úkol podstatně snížit rychlost, kterou tavenina vtéká do zkušební dutiny formy.

Uvažuje-li se pro hydrodynamický výpočet formy ideální kapalina, potom rychlostní podmínky jsou následující:



Rychlost v_3 : rychlost, kterou kapalina vtéká do zkušební dutiny formy.

Rychlost v_1 : $h_1 = 5 \text{ cm}$

$$v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2g} \cdot \sqrt{5} = 99,2 \text{ cm/s.}$$

Proud vytékající kapaliny se zužuje s parabolou 4. stupně :

$$\frac{\pi d_1^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_1} = \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot \sqrt{2gh_2}$$

$$\Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \sqrt[4]{\frac{h_2}{h_1}}$$

$$d_2 = d_1 \cdot \sqrt[4]{\frac{h_1}{h_2}} = 14 \cdot \sqrt[4]{\frac{50}{150}} = 10,6 \text{ mm.}$$

Rychlost v_2 :

$$v_2 = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{2g} \cdot \sqrt{150} = 171,5 \text{ cm/s.}$$

$$v_2 \cdot F_2 = v_3 \cdot F_3 \quad v_3 = v_2 \cdot \frac{F_2}{F_3}$$

$$F_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = 0,882 \text{ cm}^2 \quad ; \quad F_3 = 3 \cdot \nabla + \left(\frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) = 7,078 \text{ cm}^2$$

$$v_3 = 171,5 \cdot \frac{0,882}{7,078} = 21,4 \text{ cm/s.}$$

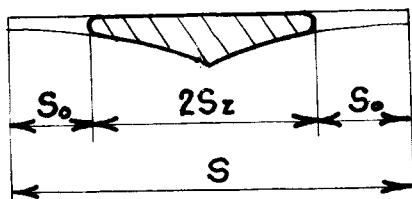
Ve skutečnosti však rychlost, kterou tavenina vtéká do zkušební dutiny, bude daleko menší, neboť je nutno počítat se ztrátami, které vznikají třením, změnou průřezu a podobně.

Tato zkouška zabíhavosti je dostatečně citlivá na licí teplotu. Citlivost v závislosti na teplotě formy nebylo možné u materiálu 12060, z dříve popsanych důvodů, určit.

U materiálu AKN 22 se vliv teploty formy projevil tak, že hodnoty zabíhavosti při teplotě formy 900°C jsou v průměru o 10 % vyšší.

Zkouška je též dobře reprodukovatelná, protože vyhodnocování se provádí na základě proměření fotografií zkušebních tělísek. Rovněž navržený způsob vyhodnocování je jednoduchý.

Vyhodnocování na základě procentuálního poměru šířky odlitého vzorku k celkové šířce zkušební dutiny formy dává podklady pro výpočet poloměru zaběhnutí r . Ve vzorci pro výpočet poloměru zaběhnutí r se vyskytuje hodnota S_0 , která úzce souvisí s šířkou zaběhlého vzorku $2S_z$, neboť platí



$$S = 2S_0 + 2S_z$$

$$S_0 = \frac{S - 2S_z}{2}$$

Vyhodnocování na základě poměru zaběhlé plošky vzorečku do určité výšky k celkové ploše zkušební dutiny formy charakterizuje v podstatě míru zaplnění zkušební dutiny.

Oba naznačené způsoby vyhodnocování dávají obraz jak o vertikálním, tak i o horizontálním plnění zkušební dutiny formy.

Výroba zkušebních voskových tělísek, jakož i montáž celé formy je jednoduchá.

Z uvedených důvodů se jeví ve srovnání s ostatními zkouškami, které se prováděly na katedře slévárenství, tato zkouška jako nejvýhodnější.

VŠST Liberec	- 63 -	Katedra slévárenství
Fakulta strojní		DP - ST 842/70
<p>Úspěšná realizace zkoušky však závisí na správné volbě průměru dýzy v licí jamce, což se ostatně projevilo i při odlévání ocele 12060 do forem předehřátých na teplotu 900° C s průměrem dýzy v licí jamce 8 mm.</p> <p>Důsledkem malého průměru dýzy bylo nezaplnění zkušební dutiny, neboť materiál zůstával delší dobu v licí jamce a ztuhl dříve, než stačil vtéci do zkušební dutiny formy.</p> <p>Naopak velký průměr dýzy v licí jamce by měl zřejmě za následek obnovení dynamického rázu, který se vyskytoval u předchozích zkoušek zabíhavosti alternativ D.</p> <p>Další sledování této zkušební formy by mělo vést k měření teploty taveniny v místě vstupu taveniny do zkušební dutiny formy.</p>		

G. ZÁVĚR

Výsledky zkoušek, jak zabíhavosti, tak i rozměrové přesnosti jsou v první řadě závislé na technologických podmínkách. Zejména na teplotě lící a teplotě formy. Také vlastnosti odlévaného materiálu silně ovlivňují výsledky zkoušek.

Z výsledků zkoušek zabíhavosti materiálu AKN 22 je patrné, že zabíhavost je lepší při teplotě formy 900°C , než při teplotě formy 650°C .

K podobným závěrům dospěl i diplomant Jiří Jančář, který měřil rozměrovou přesnost odlitků na formě číslo 2. Ve své práci zjistil, že rozměrová přesnost obou materiálů (12060 a AKN 22) je lepší při liti do forem předehřátých na teplotu 900°C .

Ocel 12060 se odlévala při teplotě 1630°C a AKN 22 při teplotě 1580°C .

Výsledky rozměrové přesnosti jsou lepší u materiálu AKN 22 litého ve vakuu, než u materiálu 12060 litého na vzduchu.

Jelikož se zkouška rozměrové přesnosti prováděla u každého materiálu pouze při jedné lící teplotě, není možné uvést přímou závislost mezi zabíhavostí a rozměrovou přesností.

Závislost zabíhavosti a rozměrové přesnosti by bylo možno srovnat v tom případě, kdyby se odlitky určené pro rozměrovou přesnost odlévaly při více teplotách, shodných s lícími teplotami pro zkoušku zabíhavosti.

Srovnání výsledků rozměrové přesnosti, jakosti povrchu a zabíhavosti by dávalo komplexnější pohled na věc.

Při odlévání stejného materiálu za stejných podmínek nemusí souhlasit teplota maximální zabíhavosti s teplotou, při které je nejlepší rozměrová přesnost.

Rovněž tak nemusí souhlasit teplota nejlepší rozměrové přesnosti s optimální teplotou pro jakost povrchu odlitku.

Závěrem bych chtěl poděkovat svému konzultantovi ing. Jiřímu Bachtíkovi za cenné rady a pomoc, které mi při řešení zadaného úkolu poskytl.

Touto cestou bych chtěl též poděkovat všem ostatním pracovníkům katedry slévárenství, kteří se podíleli na této práci.

Poděkování patří i vedení slévárny I. Brněnské strojírny závod 08 ve Velké Bíteši za pomoc při realizaci vlastní experimentální části této práce.

V Liberci 30. června 1970

Miloš Bret
.....

Miloš Bret

H. SEZNAM LITERATURY.

- /1/ Spasskij: Základy slévárenství;
SNTL Praha, 1953
- /2/ Doškář: Přesné lití do keramických
skořepinových forem;
SNTL Praha, 1961
- /3/ Příbyl: Teoretické základy sléváren-
ství;
skripta VŠB Ostrava, 1961
- /4/ Ryzikov: Teoretické osnovy litě-
noho výrobního procesu;
Mašgiz, Moskva, 1954
- /5/ Milicin:
Lovčikov
Suvorov
Plavka i litje cvetných me-
tallov;
Metallurgizdat, Moskva, 1956
- /6/ Bachtík: Zabíhavost kovů a slitin a
jejich měření (Písenný referát
k odborné zkoušce kandidátské-
ho minima), Liberec, 1969
- /7/ Výzkumná zpráva: Výzkum zkušební metodiky a
VŠST - KSL vlivu zaběhnutí na plnicím
tlaku;
Liberec, 1967
- /8/ Diplomové práce posluchačů na VŠST - KSL

VŠST Liberec	- 67 -	Katedra slévárenství
Fakulta strojní		DP - ŠT 842/70
<u>OBSAH.</u>		
A. Úvod.....		1
B. Obecná část.....		2
I. Definice zabíhavosti.....		2
II. Chemické a fyzikální vlastnosti taveniny.....		2
III. Vlastnosti formy.....		7
IV. Problematika geometrické přesnosti odlitků a jakosti jejich povrchu.....		9
C. Přehled technologických zkoušek zabíhavosti.....		13
1/ Klínová zkouška- alternativa A_2		13
2/ Zkouška podle Walkera- alternativa W....		14
3/ Destičková zkouška- alternativa B.....		14
4/ Kuličková zkouška- alternativa C_1		15
5/ Kuličková zkouška- alternativa C_2		16
6/ Kuličková zkouška- alternativa C_3, C_4		16
7/ Klínová zkouška- alternativa D_1, D_2		17
8/ Klínová zkouška- alternativa D_3, D_4, D_5 ...		17
9/ Klínová zkouška- alternativa E_1, E_2		18
D. Experimentální část.....		20
I. Popis zkušební formy.....		20
II. Zhotovení voskových modelů.....		21
III. Výroba keramických forem a jejich příprava k lití.....		22
IV. Tavení a lití.....		23
V. Vytloukání a čištění.....		25
VI. Způsob označování.....		25
VII. Vyhodnocování.....		26
E. Tabulky naměřených, vypočtených hodnot a grafické závislosti.....		28
Zhodnocení grafických závislostí materiálu 12060.....		46
Zhodnocení grafických závislostí materiálu AKN 22 litého ve vakuu.....		60
F. Závěrečné zhodnocení.....		61
G. Závěr.....		64
H. Seznam literatury.....		66

PŘÍLOHA :

Výkres zkušební formy č.1 / A2 /
Výkres zkušební formy č.2 / A2 /