

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



Jiří Kerlik

**OČKOVÁNÍ ŠEDÝCH LITIN POMOCÍ
KOMBINOVANÝCH FILTRŮ**

Bakalářská práce

1999

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Obor 2381-7

Strojírenství

Zaměření strojírenská metalurgie

Katedra strojírenské metalurgie

OČKOVÁNÍ ŠEDÝCH LITIN POMOCÍ KOMBINOVANÝCH FILTRŮ

Jiří Kerlik

KSM – B3

Vedoucí bakalářské práce : Prof. Ing. Jaroslav Exner, Csc., TU Liberec
Konzultant : Ing. Petr Vodička, Slévárna Liberec, a.s.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:	51
Počet tabulek:	10
Počet obrázků:	30
Počet příloh:	10

28. května 1999



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra strojírenské metalurgie

Studijní rok: 1998/99

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Jiří KERLIK

obor

Strojírenství

zaměření

Strojírenská metalurgie

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Očkování šedých litin pomocí kombinovaných filtrů.

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte dosavadní podklady o praktické aplikaci očkování v podmínkách Slévárny Liberec, a.s. a současně o aplikaci běžných filtrů.
2. Seznamte se se současným stavem očkování při odlévání na lince +GF+ a dosavadními vadami při tomto procesu.
3. Zúčastněte se provozních experimentů s použitím kombinovaných filtrů samostatně nebo v kombinaci s jinými způsoby vnášení očkovačla.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky a aplikovatelnost některého z ověřených způsobů, s příp. ekonomickým zhodnocením.

V144/99 Sb

KSM/S-M

51.2.30.2. příl.

Forma zpracování bakalářské práce: - průvodní zpráva cca 50 stran

grafické práce: - výkresy, tabulky a grafy (k doplnění textu)

Seznam literatury :

- [1] BEDNÁŘÍK, M.: Vtoková technika a lití odlitků ze šedé litiny., Praha 1961
- [2] MARTIŠÍK, J.: - Lejárska príručka. , Bratislava 1963
- [3] KARSAY, I.: Tvárna liatina - I. Díl - Trenčín 1995
- [4] KARSAY, I.: Gusseisen mit Kugelgraphit / III. díl, Dreieich 1981
- [5] Firemní literatura: Keramtech, Láník

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Petr Vodička

Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.
vedoucí katedry



Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.
děkan

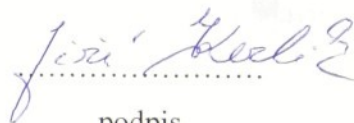
V Liberci dne 28. 2. 1999

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data. Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Prohlášení:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci, dne 28. května 1999


.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Prof. Ing. Jaroslavu Exnerovi, CSc., za cenné rady a připomínky v průběhu celého řešení této bakalářské práce. Současně děkuji konzultantovi Ing. Petru Vodičkovi, Stanislavu Vorlovi a p. Pokorné za poskytnutou pomoc při její realizaci.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**TÉMA: ÚČINNOST OČKOVÁNÍ ŠEDÝCH LITIN POMOCÍ KOMBINOVANÝCH
FILTRŮ**

ANOTACE:

Práce shrnuje informace o způsobech očkování šedé litiny, o její filtraci a aplikaci běžných filtrů. Poskytuje informace o očkování při odlévání na lince +GF+. Zabývá se způsobem hodnocení účinnosti očkování pomocí kombinovaných filtrů samostatně nebo v kombinaci s jinými způsoby vnášení očkovačů.

**THEME: EFFICIENCY INOCULATION GREY CAST IRONS BY USING
COMBINED FILTER**

ANNOTATION:

This work is a summary of information about methods of inoculation grey cast iron, about filtration of grey cast iron and application of current filters. There is an information about inoculation over pouring on production line +GF+ in theoretical part of the work. The work valued efficiency different means of inoculation: in first case of application combined filter separately; in next cases of application combined filters within combination with other means of bring into inoculant.

OBSAH:

<i>Seznam použitých zkratk a symbolů</i>	7
1. úvod	8
2. teoretická část	9
2.1 Litiny	9
2.1.1 Grafitické litiny	10
2.1.2 Kriteria hodnocení litin	11
2.1.2.1 Uhlíkový ekvivalent C_E	11
2.1.2.2 Stupeň eutektičnosti S_C	11
2.2 Očkování litin	12
2.2.1 Účel očkování	12
2.2.2 Teorie očkování	12
2.2.3 Charakteristické rysy očkování litin	14
2.2.4 Vliv očkování na strukturu litin	15
2.2.5 Požadavky na očkovadla	15
2.2.6 Předpoklady pro účinné očkování	15
2.2.7 Způsoby očkování	16
2.2.7.1 Očkování na žlábek předpeci a do lící pánve	16
2.2.7.2 Očkování plněnými profily	17
2.2.7.3 Očkování jemně zrněnými a práškovými očkovadly do proudu kovu	19
2.2.7.4 Očkování ve formě	19
2.3 Filtrace litin	22
2.3.1 Možnosti umístění filtrů	23
2.3.2 Požadavky na filtry	25
2.3.3 Filtry pro šedou litinu	25
2.3.4 Kombinované filtry	25
3. experimentální část	28
3.1 Úkol	28
3.2 Program zkoušek	28
3.3 Popis zkoušek	28
3.3.1 Charakteristika odlitku	28
3.3.2 Formovací linka	29
3.3.3 Formovací směs	33

3.3.4	Tavení	33
3.3.5	Skladba kovové vsázky	34
3.3.6	Chemická analýza výchozí taveniny	34
3.3.7	Způsob očkování	35
3.3.8	Křivky chlazení	37
3.3.9	Měření tvrdosti HB na vybraných místech odlitku	37
3.3.10	Metalografické vyhodnocování vybraných míst odlitku	39
3.3.11	Klínová zkouška	40
3.3.12	Vady odlitků	42
3.4	Diskuse výsledků a naměřených hodnot	43
3.4.1	Křivky chlazení	43
3.4.2	Klínová zkouška	43
3.4.3	Měření tvrdosti HB na vybraných místech odlitku	43
3.4.4	Metalografické vyhodnocení grafitu	44
3.4.5	Metalografické vyhodnocení základní kovové hmoty	44
4.	závěr	46
	<i>Seznam literatury</i>	48
	<i>Seznam obrázků</i>	49
	<i>Seznam tabulek</i>	50
	<i>Seznam příloh</i>	51

Seznam použitých zkratek a symbolů

C_E	uhlíkový ekvivalent
C_{EL}	uhlíkový ekvivalent – likvidus
HB	tvrdost podle Brinella
LLG	litina s lupínkovým grafitem
Nital	leptáno v roztoku kyseliny dusičné s alkoholem
PPI	počet pórů na jeden lineární palec (pores per linear inch)
S_C	stupeň eutektičnosti
T_L	teplota likvidu [%]
T_S	teplota solidu [%]
T_{LITi}	teplota lití [°C]
t_{LITi}	doba lití [s]

1. ÚVOD

Šedá litina se řadí v dnešní době mezi nepoužívanější materiály. Pro výrobu odlitků se používá převážně litina podeutektická. Vlastnosti šedé litiny jsou ovlivněny především množstvím, tvarem, velikostí a způsobem rozložení vyloučeného grafitu. Vlastnosti základní kovové hmoty šedé litiny jsou velmi dobré, ale právě grafit tuto pevnou a tvárnou hmotu porušuje. Snažíme se docílit co nejvhodnější struktury šedé litiny, tj. získat litinu se základní kovovou hmotou perlitem s jemným, neorientovaným lupínkovým grafitem. Proto se používá metoda zvaná očkování. Grafitizační očkování jedním z nejvýznamnějších a často ve výrobě uplatňovaných metalurgických postupů, který umožňuje vyrábět vysoce jakostní LLG bez zákalky v tenkých průřezích. Dobré pevnostní hodnoty očkované litiny a celkové zlepšení vlastností pak rozšiřují možnosti použití tohoto materiálu.

Ve své bakalářské práci se zabývám způsoby a možnostmi očkování šedé litiny. Cílem práce je zjistit účinnost očkování pomocí kombinovaných filtrů, zjistit jejich vliv na mechanické vlastnosti a strukturu litin. Dále pak posoudit, které z očkovadel by bylo nejvýhodnější použít právě z hlediska těchto vlastností a struktury. Výsledky práce budou podkladem pro další hlubší zkoumání této problematiky ve Slévárně Liberec, a.s.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Litiny

Litinami se rozumí technické slitiny železa (Fe) s uhlíkem (C) a dalších prvků, např. křemíku (Si), manganu (Mn), fosforu (P) a síry (S), přičemž obsah uhlíku převyšuje jeho maximální rozpustnost v austenitu (2,11 %C při teplotě $T=1148^{\circ}\text{C}$).

Obecně se na výsledné struktuře litiny podílejí tyto vlivy:

- chemické složení taveniny (obsah C, Si, Mn, P, S, atd.)
- rychlost tuhnutí a chladnutí (dáno tloušťkou stěn odlitků, typem forem a jader)
- zárodečný stav taveniny (vliv očkování a modifikace, teploty a doby přehřátí taveniny)
- způsob tepelného zpracování (např. bainitické kalení, temperování)

Krystalizace litiny může pak vzhledem k těmto vlivům probíhat podle metastabilní nebo stabilní soustavy. Pokud jsou splněny podmínky krystalizace podle metastabilní soustavy (např. dostatečně velká rychlost ochlazování, malý obsah grafitotvorných prvků – C, Si, Al, Ti, Ni, Cu, P a větší obsah karbidotvorných prvků – Mn, Cr, Mo, W, S, atd.) dochází ke vzniku cementického eutektika – ledeburitu. Ten je složen ze směsi krystalů austenitu a cementitu. Struktura je potom tvořena cementitem a perlitem vzniklým eutektoidní přeměnou ledeburitického austenitu (u litin podeutektických též austenitu primárního). Lomové plochy těchto litin jsou zbarveny bíle, odtud název *bílé litiny*.

Naopak vyhovují-li podmínky krystalizace alespoň částečně stabilní rovnováze, litiny pak obsahují eutektikum grafitické. Uhlík je vyloučen ve formě grafitu (čistý krystalický uhlík), jedná se o *litiny grafitické*.

U stabilního eutektika se může grafit vyloučit jak ve tvaru lupínek, tak ve tvaru zrn a jsou možné i různé přechodové tvary (např. červíkovitý grafit). Ledeburit, oproti grafitovému eutektiku termodynamicky nestabilní má typickou destičkovitou nebo tyčinkovou strukturu. Oba způsoby tuhnutí eutektika se mohou navzájem kombinovat.

Výsledkem je maková (melírovaná) struktura litiny, která obsahuje vedle grafitu i strukturně volný cementit.

Mechanické vlastnosti litin ledeburitických jsou značně ovlivněny cementitem (Fe_3C), který způsobuje značnou tvrdost a křehkost. Proto ve většině případů použití bílé litiny ve strojírenství pro technické účely nemá přímý význam, mimo případy kdy jsou na odlitky kladeny požadavky vysoké tvrdosti a odolnosti proti opotřebení.

2.1.1 Grafitické litiny

Grafitické litiny mají veškerý uhlík, nebo jeho převážnou část vyloučenou ve formě grafitu (bez obsahu volného cementitu). Jejich obvyklé chemické složení LLG se pohybuje v rozmezí: 2,5 až 4,0 %C; 1,3 až 2,4 %Si; 0,4 až 0,8 %Mn; 0,2 až 0,6 %P; max. 0,15 %S.

Struktura grafitických litin je tvořena základní kovovou hmotou (matricí), v níž je přítomen grafit. Vlastnosti těchto litin ovlivňuje jak druh matrice, tak tvar, velikost, množství a rozložení částic grafitu. Zhodnocení strukturních součástí nejčastěji se v litině vyskytujících umožňuje ČSN 42 0461, která kvalitativně a kvantitativně popisuje grafit, ferit, perlit, cementit a fosfidické eutektikum – steadit.

Grafit se může vyskytovat jako lupínkový, pavoučkovitý, červíkovitý, vločkový a nedokonale nebo pravidelně zrnitý. Hodnotí se rovněž velikost a rozložení částic grafitu. Přítomností grafitu v základní kovové hmotě litiny se snižuje efektivní nosný průřez odlitku. Při namáhání odlitku dochází ke vzniku místních koncentrací napětí. Nejsilněji se vrubový účinek grafitu projevuje u šedé litiny, v níž je vyloučen ve tvaru hrubých lupínků.

Strukturu matrice grafitických litin ve stavu po odlití tvoří obvykle perlit, ferit nebo jejich směs. Perlit je nejčastěji lamelární a s jeho rostoucím podílem se zvyšuje pevnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení a klesá plasticita a houževnatost. Vyrůstající množství feritu v matrici se projevuje snížením pevnostních vlastností a u litin se zrnitým nebo vločkovým grafitem zvýšením plasticity a houževnatosti. U obou strukturních součástí se hodnotí jejich množství ve struktuře, u perlitu také tvar (lamelární, zrnitý) a disperzita (hustota) lamelárního perlitu.

Cementit je v grafitických litinách nežádoucí fází, protože zvyšuje jejich tvrdost a křehkost a zhoršuje obrobitelnost. Podle ČSN se hodnotí jeho obsah a velikost ve struktuře.

2.1.2 Kriteria hodnocení litin

Kriteria popisují vztahy mezi chemickým složením litiny, její strukturou a mechanickými vlastnostmi. Zjištěné závislosti jsou využívány zejména pro získávání informací o vlastnostech odlitků na základě omezeného počtu zkoušek.

2.1.2.1 Uhlíkový ekvivalent C_E

Uhlíkový ekvivalent C_E zachycuje vliv chemického složení litiny na polohu eutektického bodu soustavy Fe-C tak, že převádí obsah jednotlivých prvků na obsah uhlíku. Protože v tomto směru působí nejvýrazněji křemík a fosfor, má běžně užívaný vztah tvar:

$$C_E = \%C + 0,3 (\%Si + \%P) \quad (1)$$

je-li $C_E < 4,23$ – litina podeutektická
 $C_E = 4,23$ – litina eutektická
 $C_E > 4,23$ – litina nadeutektická

Uhlíkový ekvivalent pro stanovení teploty likvidu se značí C_{EL} . Určuje se tepelnou analýzou tj. záznamem křivky chladnutí a používá se pro něj vztah:

$$C_{EL} = \%C + \frac{Si}{4} + \frac{P}{2} \quad (2)$$

2.1.2.2 Stupeň eutektičnosti S_C

Pro stanovení vlastností šedých litin je vhodnější než C_E . Vyjadřuje poměr celkového obsahu uhlíku v litině k eutektické koncentraci. Dosažený stupeň eutektičnosti je spojen s příznivějšími vlastnostmi litiny, které se zahrnují pod pojem slévatelnost. Základní vztah pro jeho stanovení má tvar:

$$S_C = \frac{\%C}{4,23 - 0,3 (\%Si + \%P)} \quad (3)$$

Pro přesnější výpočty se používá vztah

$$S_C = \frac{\%C}{4,23 - 0,31\%Si - 0,33\%P - 0,40\%S + 0,027\%Mn} \quad (4)$$

je-li $S_C < 1$ – litina podeutektická

$S_C = 1$ – litina eutektická

$S_C > 1$ – litina nadeutektická

2.2 Očkování litin

2.2.1 Účel očkování

Podvojně chování litin – šedá/bílá – v běžných podmínkách krystalizace zdůrazňuje význam účinné heterogenní nukleace pro šedou litinu. Předpokládá se při tom tvorba zárodků jak na cizích částicích, tak také na neroztavených grafitových zbytcích nebo uhlíkových částicích v tavenině („vlastní zárodky“). V průběhu tuhnutí má obtížnější průběh tvorba zárodků pro grafit, zatímco zárodky pro austenit a cementit jsou běžně k dispozici.

Nedostatek grafitových zárodků je příčinou podchlazení případně až pod metastabilní eutektickou teplotu, vznikají pak zárodky cementitu a litina tuhne bíle. Nebezpečí bílého utuhnutí narůstá s klesajícím stupněm eutektičnosti a zvyšující se rychlostí ochlazování (tzn. u šedé litiny s vyšší pevností a u slabostěnných odlitků).

Bílému utuhnutí lze zabránit tím, že se tavenina obohatí přísadou vhodných substancí pro vznik účinných zárodků grafitu – *grafitizačním očkováním*.

Nejdůležitější skupinou vměstků pro iniciaci krystalizace grafitu jsou kysličníky; velmi účinně působí v tomto směru rovněž nitridy, vápník, karbidy hliníku, sirník manganu, bariem, stroncium. Převládá také názor, že jako cizí zárodky mohou sloužit v tavenině i jemně rozptýlené pevné nečistoty.

2.2.2 Teorie očkování

Jednoznačně dosud nevyřešená otázka mechanismu grafitizačního pochodu se přenáší do studia teorie očkování. Mechanismus tohoto pochodu je vysvětlován různými teoriemi uspořádanými podle svého charakteru do 3 hlavních skupin.

❖ rafinační teorie

Jedná se o jednu z nejstarších teorií. Je založena na příbuznosti mřížky grafitu a některých vměstků, především SiO_2 . Je však nutné, aby litina určená pro očkování obsahovala dostatečné množství kyslíku ($0,02 \div 0,03\%$), čímž jsou vytvořeny příznivé podmínky pro vznik kysličníkových zárodků grafitizace.

❖ teorie vlivu na parametry krystalizace

Tyto teorie vysvětlují očkování jako tvoření vynucených zárodků vznikajících nerovnoměrným rozdělením prvků v mikroskopických objemech a jejich působení na podmínky grafitizace. Tyto teorie jsou založeny na místním, dočasném přesycení taveniny uhlíkem. Při použití grafitizačních prvků jako očkovaadel je vlastně každé očkující zrníčko vnášené, do tekutého kovu, zárodkem vzniku slitin s koncentrací očkujícího prvku až po střední obsah očkované litiny. Protože tyto prvky snižují hranici rozpustnosti uhlíku, vylučuje se primární grafit a tvoří krystalizační zárodky grafitu eutektického.

Vliv stabilizačních očkovaadel se vysvětluje zvětšením rozpustnosti uhlíku, silnou odkysličující schopností a tvorbou zárodků kysličníky. Pokud vysvětluje očkování změnou rychlosti růstu krystalů, uvažuje přítomnost vměstků různého druhu v tavenině. Tyto vměstky absorbují na svém povrchu uhlík a mohou pak být krystalizačními zárodky grafitu (nitridy). Tyto sloučeniny mění rychlost růstu krystalů i podmínky krystalizace.

Teorie vlivu na parametry krystalizace, které přiřazují změnu velikosti i tvaru vyloučeného grafitu zvýšením počtu vynucených aktivních zárodků i rychlosti jejich růstu, jsou zdůvodněny nejlépe.

❖ Teorie legování

— vysvětlují účinek očkování poměrně silným vlivem prvků, přítomných jako mikrolegury v malých koncentracích.

Srovnáním teorií zjistíme, že očkování je praktické využití poznatků o ovlivňování krystalizace litiny změnou počtu a kvality krystalizačních zárodků pro eutektický grafit. Jedná se o nejprogresivnější způsob ovládní krystalizace a tedy struktury v praktické metalurgii.

Grafitizačním očkováním se vyvolá:

- Dostatek zárodků pro grafit, takže probíhá krystalizace stabilního eutektika již při nízkém podchlazení. Očkováním se snižuje podchlazení grafitového eutektika.
- Při vysokém počtu zárodků se tvoří tak velké množství zrn grafitového eutektika, že při strmém příčném teplotním gradientu uvolněné utajené teplo krystalizace udržuje teplotu konstantní a tím nedojde k podchlazení až pod metastabilní eutektickou teplotu.
- Zvýšený počet zárodků znamená zákonitě zvýšený počet eutektických buněk a tím i zjemnění lupínek grafitu. Počtu a tím i velikosti eutektických buněk se přiznává základní význam pro strukturu a kladné i záporné vlastnosti litiny.

Grafitizačním očkováním se docílí:

- Snížení nebezpečí zákalek, nebo dokonce bílého utuhnutí. Očkováná litina umožňuje vyrábět slabostěnné odlitky, které by jinak tuhly bíle- ledeburiticky.
- Nárůst pevnosti v tahu bez kritického nárůstu tvrdosti.

S rostoucím počtem eutektických buněk klesá zákalka a roste pevnost v tahu. Vliv očkování na strukturu je patrný především na typu grafitu. Ten se za jinak teoreticky stejných podmínek mění z nežádoucích přechlazených (jemné a velmi rozvětvené) dendriticky neusměrněných a usměrněných (D a E) na jemnou formu nepřechlazených nebo mírně přechlazených lupínek (A).

- Očkováná litina má sníženou citlivost na tloušťku stěn. Oproti neočkovévané litině vykazuje podstatně snížené zhrubnutí zrna v tepelné ose stěn a v tepelných uzlech.

2.2.3 Charakteristické rysy očkování litin

- Vliv očkovaadel se projeví v celém objemu kovu, přestože jej přidáváme jen na hladinu. Proto pravděpodobně vyvolávají očkovaadla chemické reakce, jejíž produkty tvoří zárodky. Produkty se musí poměrně velmi rychle rozšířit do celého objemu kovu.
- Na očkování má u určitých očkovaadel vliv i atmosféra a působí zde také afinita ke kyslíku.
- Ve vzájemném působení zárodek-tekutá fáze má velkou roli krystalická příbuznost mezi zárodkem a na něm se vytvářející se krystalickou fází. Krystal nové fáze na zárodku bude vznikat tím snáze, čím je tato příbuznost větší. Pasivitu zárodku

možno vysvětlit nejen malou krystalizační příbuzností, ale také změnou složení taveniny a to hlavně snížením obsahu uhlíku.

2.2.4 Vliv očkování na strukturu litin

Po očkování šedé litiny lze zjistit velmi zásadní změny v mikrostruktuře. Očkováním se zjemňuje grafit, zvyšuje se počet eutektických buněk a mění se podíl perlitu a feritu. Potlačuje se krystalizace feritu, který vzniká u rychle tuhnoucí neočkované litiny na hranicích neusměrněného dendritického grafitu typu D. Celkové potlačení vylučování feritu je spojeno s vylučováním grafitu typu A, to vede ke stabilizaci perlitu, celkovému zvýšení pevnosti a snížení zákalky. Mezi očkující přísady bránící krystalizaci feritu při eutektoidní přeměně patří např. mangan, cín, antimon, měď.

2.2.5 Požadavky na očkovadla

Pro zajištění účinného očkování musí očkovadla splňovat tyto požadavky:

- Teplota tání očkující přísady musí být vyšší, než je teplota tání základního kovu. Důvodem je zamezení intenzivnímu rozpouštění této přísady. Po určité době se přesto přísada rozpustí.
- Aby nedocházelo k vyplouvání a sedimentaci očkovadla, nesmí se jeho hustota příliš lišit od hustoty slitiny. Zárodky jsou tím vneseny do celého objemu rovnoměrně.
- Krystalizace základní taveniny je podnícena krystalickými částicemi, za předpokladu malého úhlu smáčení taveniny. Předpokladem smáčení je dostatečná mřížková příbuznost vynuceného zárodku a vznikající fáze nebo alespoň jeden z parametrů krystalické mřížky by měl mít stejný rozměr jako parametr mřížky grafitu. Příkladem mohou být vměstky SiO_2 , SiCa , které mají šesterečnou krystalickou mřížku stejně jako lupínkový grafit.

2.2.6 Předpoklady pro účinné očkování

Pro zajištění účinného naočkování litiny je nutné:

- Podle konstrukce a charakteru odlitku a podle požadavku na výsledné vlastnosti zvolit správné výchozí chemické složení litiny tak, aby tato litina bez očkovadla ztuhla makově nebo bíle.

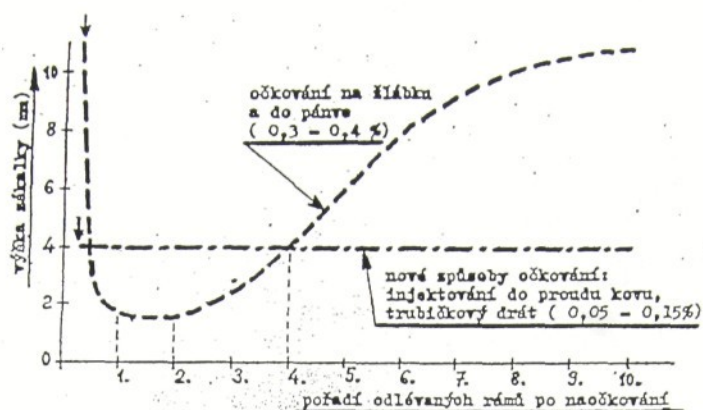
- Přehřátí litiny při tavení odstranit nevhodné vnitřní zárodky a připravit podmínky pro účinné očkování.
- Odlití provést v době působení očkovačla. Časem se účinek očkování mění. Bezprostředně po naočkování pozorujeme určité inkubační období, než se účinek očkovačel uplatní v plné míře a po určité době dochází k poklesu očkovačeho účinku. O tomto poklesu hovoříme jako o odeznívajícím efektu. Z toho plyne, že existuje určitá doba působení očkovačla.
- Pro zajištění pokud možno optimálních pevnostních vlastností očkovaných litin je nejvhodnější zvolit současně i vzájemný poměr C/Si, který by měl být ve výsledném složení litiny v rozmezí 1,5÷2,0. Ideální poměr se uvádí $C/Si^{ideální} = 1,75$.

2.2.7 Způsoby očkování

Očkování můžeme provádět různými způsoby. Od očkování při plnění lící pánve až po moderní způsoby, při nichž se vpravování očkovačla do taveniny přesouvá až k formě respektive do formy před odlitek. Tak jak se postupně mění způsoby očkování, mění se i formy samotných očkovačel (od očkování tekutými očkovačly, přes očkování práškovými a granulovanými očkovačly až po očkování očkovačly v kompaktní formě).

2.2.7.1 Očkování na žlábek předpecí a do lící pánve

U nás běžně používaný způsob (nikoli však optimální) je přidávání očkovačla na tavící žlábek předpece nebo na dno lící pánve před jejím napouštěním či postupným sypáním očkovačla do proudu kovu při napouštění lící pánve. Množství použitého očkovačla se pohybuje v rozmezích 0,3-1,2% hmotnosti tekutého kovu a závisí na daných podmínkách odlévání. Ve všech případech jde o způsob bez investičních nákladů a finančně nenáročný. Nese sebou ovšem nebezpečí zániku očkovačeho efektu, jehož časový limit se podle praktických zkušeností udává 20 minut od přidání očkovačla do taveniny až do doby ztuhnutí odlitku (Obr. 1). Proto se snažíme očkovat taveninu přesně před litím a nebo přímo při lití do slévárenské formy.



Obr. 1 Porovnání oškování do pánve s injektováním do proudu kovu

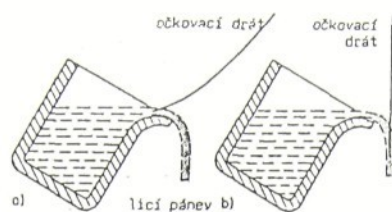
2.2.7.2 Očkování plněnými profily

Při tomto způsobu očkování je očkovaadlo zabaleno v tenkostěnné ocelové trubičce a pomocí podávacího zařízení injektováno do taveniny v pánvi. Rychlost podávání musí být volena pro dané podmínky tak, aby rozpouštění plněného profilu probíhalo u dna pánve, což zaručuje dobré rozptýlení očkovaadla v celém objemu taveniny. U velkých objemů je možné současně zvyšovat dobré rozptýlení očkovaadla profukováním inertního plynu.

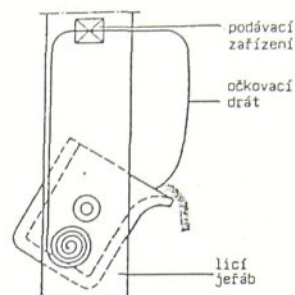
Možnosti přidávání profilu jsou schematicky znázorněny na následujících obrázcích.

Na Obr. 2 je znázorněno přidávání profilu do proudu kovu při odlévání z lící pánve přes hubičku, na Obr. 4 je dále znázorněna dispozice podávání plněného profilu do pánve zavěšeného na lícím jeřábu. Obr. 3 znázorňuje případ podávání profilu při odlévání z pánve se spodní výpustí. Očkování plněným profilem při odlévání z udržovacích pecí je znázorněno ve dvou variantách. Na Obr. 5 se očkování provádí v mezipánvi opatřené přepážkou, která zabránuje vniku strusky a produktů očkování do formy a na Obr. 6 se plněný profil přivádí přímo uzavírací zátkou.

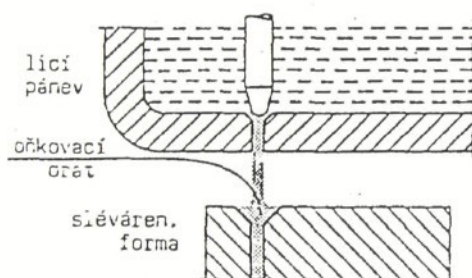
Tato metoda očkování je investičně náročnější, avšak na druhé straně je její využití široké a flexibilní.



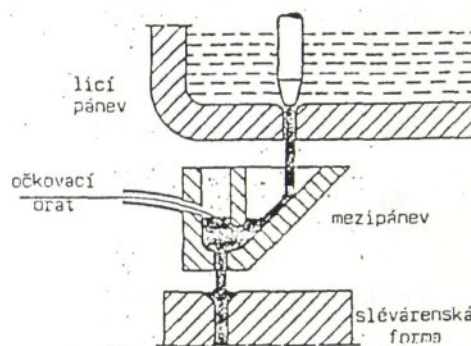
**Obr. 1 Očkování drátem do pánve
a do proudu**



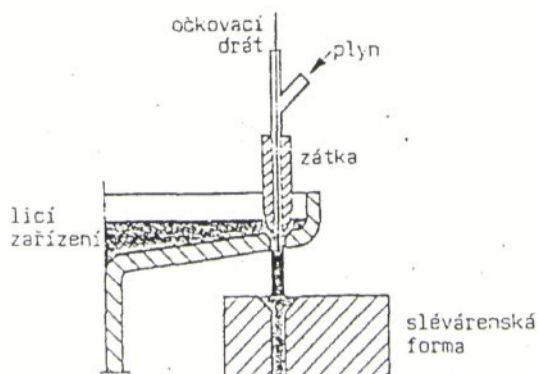
**Obr. 3 Očkování drátem na lícím
jeřábu**



**Obr. 2 Očkování drátem do proudu
kovu**



Obr. 4 Očkování drátem v mezipánvi



Obr. 5 Očkování drátem při odlévání z lícího zařízení zátkou

2.2.7.3 Očkování jemně zrněnými a práškovými očkovadly do proudu kovu

Tento způsob očkování je značně rozšířen u různých druhů licích zařízení, zejména u automatických formovacích linek. Kvalitu a spolehlivost takových zařízení lze posoudit podle konstrukčního řešení několika rozhodujících prvků:

❖ *Volné sypání do proudu kovu*

Očkovadlo (jemně zrněné či práškové) se volně sype do proudu kovu nebo dokonce až do licí jamky. Volné sypání, zejména do proudu kovu u hubičkových pánví, má řadu *nevýhod*: nepřesnost dávkování vlivem úletu jemných částic, značnou oxidaci na povrchu proudu kovu či jamce, značnou závislost dokonalosti naočkování prvních objemů kovu v závislosti na dokonalosti spouštěcího impulsu, obtížnou kontrolu trvalé funkce a dodávaného množství. Poměrně méně přehledné a obtížné je sypání do proudu pod výpustí licího zařízení uzavíraného zátkou

❖ *Injektování do paprsku kovu*

Očkovadlo (práškové) se proudem plynu injektuje do paprsku odlévaného kovu nad licí jamkou. Přestože lze této metodě přisoudit řadu výše uvedených nevýhod, lze tuto metodu a současná vyvinutá zařízení považovat za poměrně velmi dokonalá zejména ve spojení se speciálními složenými očkovadly. Impuls k zahájení očkování může být buď světelný a nebo laserem.

Také tyto dvě metody patří k investičně náročnějším a vyžadují dobrou funkci řídicích systémů včetně vysoce kvalifikované síly pro jejich seřizování a údržbu.

2.2.7.4 Očkování ve formě

Tento způsob očkování se uplatňuje při grafitizačním očkování, mikrolegování i při výrobě litiny s kuličkovým grafitem.

Očkovadlo se vkládá do:

- licí jamky (jako kompaktní tělísko), užívá se u odlitků vyšší hmotnostní kategorie (Obr. 7)
- vtokové soustavy:
 - a) očkovadlo se vkládá v předepsaném zrnění do reakční komůrky (Obr. 8),

- b) očkovadla jsou dodávána ve formě kompaktních tělísek, které jsou zakládány do předformovaných jamek (Obr. 9), či jsou již zabudovány do keramického filtru - tzv. kombifiltru (Obr. 16 a Obr. 17), případně již může být očkovadlo naneseno na stěny pórovitého filtru viz. Obr. 15

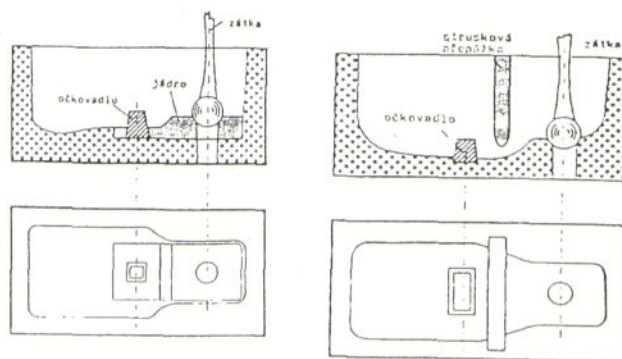
Kov proudící vtokovou soustavou postupně očkovadlo rozpouští a tak dochází k očkovacímu efektu. Avšak (zejména při použití zrnitých očkovadel) vzniká nebezpečí úniku vzniklých vměstků do odlitku. Proto se doporučuje, zejména u odlitků namáhaných tlakem plynného či tekutého média, umístit do vtokové soustavy cedítka nebo filtry příslušně dimenzované, pokud již nejsou ve vtokové soustavě.

Aplikace je poněkud obtížná s odměřováním zrnitých očkovadel. S kompaktními tělísky jsou naopak zkušenosti velmi dobré. Dosahuje se jimi lepší stejnoměrnosti v naočkování a lepší homogenity odlitků.

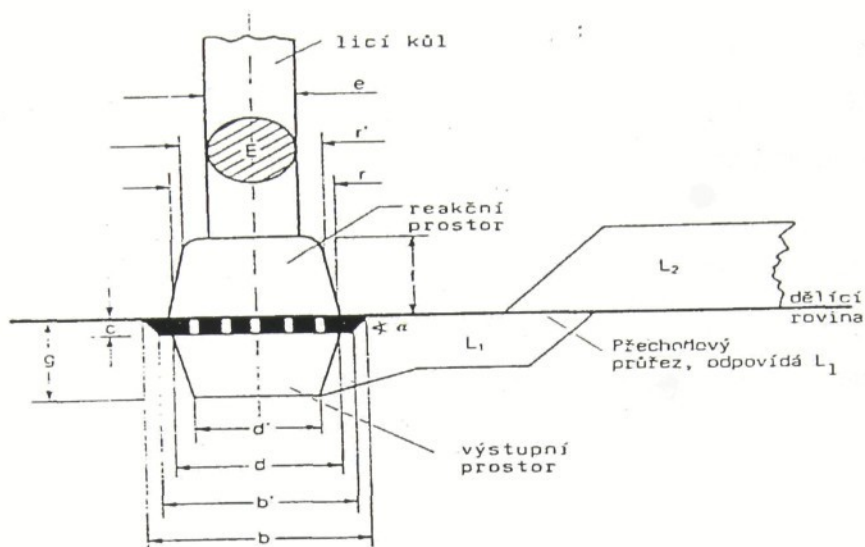
Hlavními výhodami očkování ve formě jsou:

- praktické vyloučení odeznívacího efektu očkování a zabránění vzniku zákalek,
- snížení nákladů na nákup očkovadel,
- odpadá speciální dávkovací zařízení a jeho údržba v těžkých podmínkách při odlévání,
- snížení odchylek ve složení litin a hlavně zrovnoměnění vlastností odlitků, zejména jejich obrobiteľnosti.

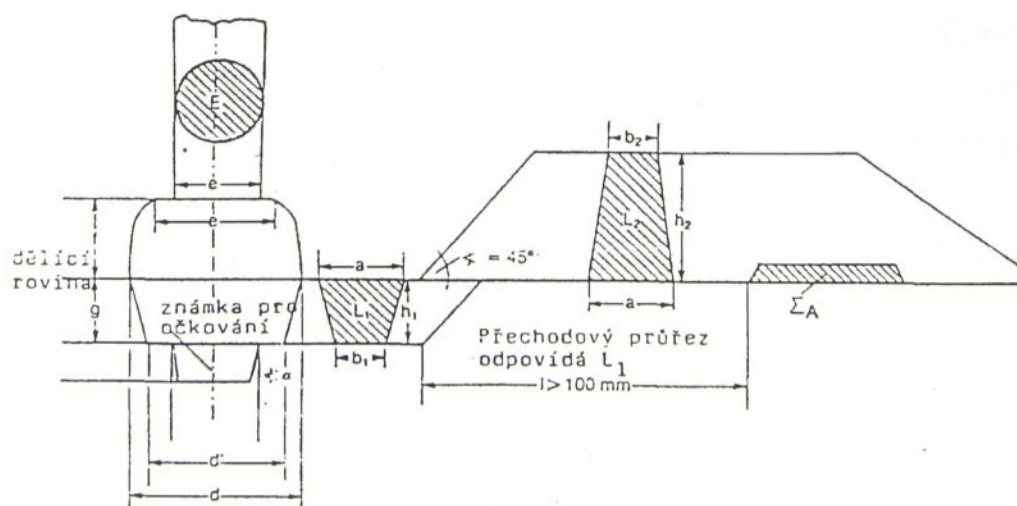
Očkování ve formě je relativně méně nákladná technologie, vyžaduje však mimořádnou péči a zodpovědnost formíře při zakládání očkovadel do formy.



Obr. 7 Očkování v lící jamce



Obr. 8 Očkování ve vtokové soustavě při použití granulovaného očkovadla



Obr. 9 Očkování ve vtokové soustavě při použití kompaktního očkovadla

2.3 Filtrace litin

Průvodním jevem výroby odlitků je nebezpečí vzniku vad, které jsou způsobeny různými vlivy. Mezi hlavní patří vnikání různých nečistot při odlévání taveniny do formy. Pokud nejsme schopni odstranit nečistoty před vlastním odléváním, hledají se cesty, zabráňující vniknutí těchto nečistot do odlitku. Jednou z moderních metod je filtrace taveniny.

Základní funkcí filtrů je odstraňování nekovových vměstků, které mají negativní vliv na slévárenské a mechanické vlastnosti odlitků, zajistit klidné plnění dutiny formy tekutým kovem a omezit erozivní působení proudu kovu na stěny formy a jádra. Při odstraňování vměstků filtrací rozhodují následující parametry:

- koncentrace vměstků v tavenině
- koncentrace vměstků na filtru
- maximální objem vměstků zachytitelných jednotkou objemu filtru
- rychlost proudění taveniny filtrem
- lící doba

Maximální účinnost filtrace je dosahováno umístěním filtrů do zářezů těsně pod odlitek. S rostoucí „vzdáleností“ filtrace od odlitku se účinnost snižuje, ale měrné náklady klesají. Po filtraci se tavenina dále nezpracovává.

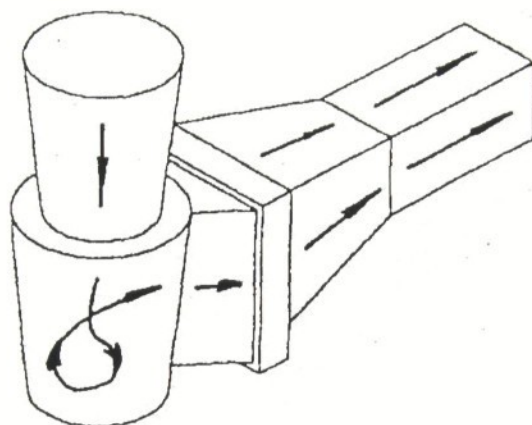
K dosažení vhodné lící doby se plocha filtru dimenzuje jako dvou až šestinásobek průřezu zářezů. Velikost filtru je volena s ohledem na lící výšku a konstrukci odlitku tak, aby nedošlo ke změně řídicího průřezu. Použití filtrů nevyžaduje zvýšení lící teploty kovu.

Použití progresivních technologií filtrace tavenin kovů keramickými filtry přináší značné finanční a technologické **výhody**. Jsou to zejména:

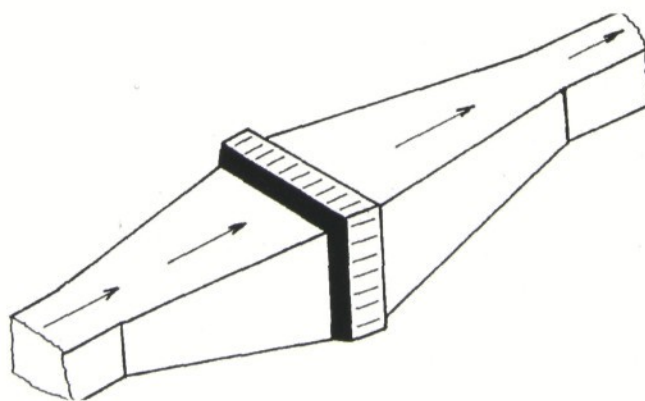
- vysoká účinnost filtrace a technická spolehlivost ve výrobě,
- vysoká kvality vyráběných odlitků,
- nenáročnost při zavádění technologie a nízké pořizovací náklady,
- jednoduchá manipulace s filtry a zvýšená bezpečnost a hygiena práce.

2.3.1 Možnosti umístění filtrů

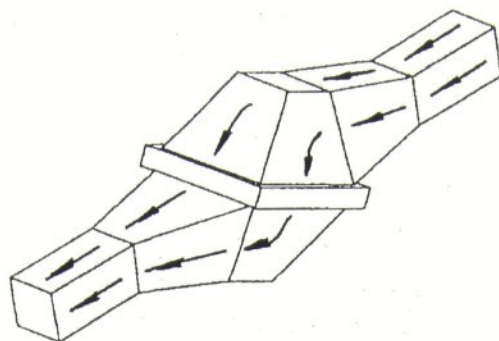
Základním způsobem umístění filtrů při odlévání je jejich aplikace do vtokové soustavy formy při odlévání. Možností je několik. Filtr se může umístit do vtokového kanálu, nejčastěji se však aplikují do rozváděcích kanálů. Nejčastější polohy jsou uvedeny na následujících obrázcích.



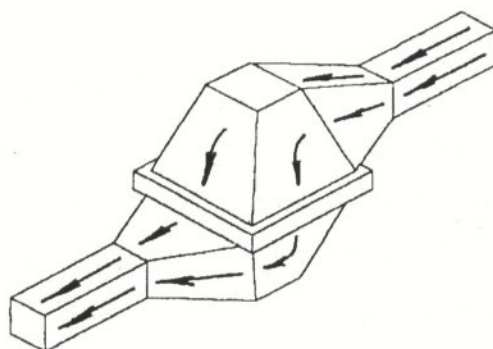
Obr. 10 Svislá poloha filtru u vtokového kanálu



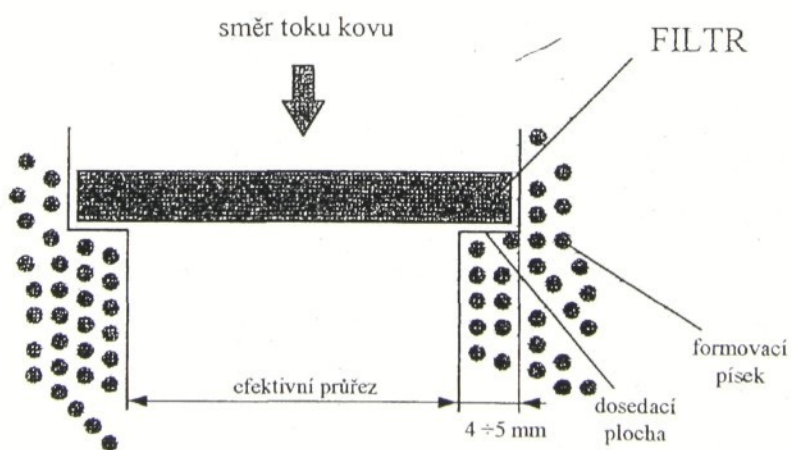
Obr. 11 Svislá poloha filtru v toku



Obr. 12 Šikmá poloha filtru



Obr. 13 Vodorovná poloha filtru



Obr. 14 Doporučený způsob zaformování

2.3.2 Požadavky na filtry

Na filtry je kladeno mnoho požadavků. Mezi základní patří:

- bez porušení vydržet velký rozdíl teplot při nárazu taveniny
- zachovat si konstantní pórovitost a tvar po celou dobu odlévání
- shodná tepelná roztažnost materiálu filtru, jakou má materiál formy

Existují různé typy filtrů s různým použitím pro jednotlivé odlévané materiály. Filtry se mezi sebou liší materiálem, ze kterého jsou vyrobeny, technologií, tvarem i pórovitostí. Účinnost filtrace je poměrně vysoká. Filtry sice odstraní do určité míry nečistoty, ale ovlivňují zabíhavost. Ta je ovlivněna typem i polohou filtru.

2.3.3 Filtry pro šedou litinu

Filtry se umísťují co nejtěsněji k dutině formy v poloze horizontální, diagonální nebo vertikální. U horizontální nebo diagonální pozice filtru by měl být proud kovu veden shora dolů. Velikost filtru se volí podle následujících podmínek:

- plocha filtru by měla být alespoň 4x větší než plocha rozváděcího kanálu
- filtr by měl být tak velký, aby se dosáhlo žádané rychlosti lití
- filtr by měl být tak velký, aby jím prošlo požadované množství kovu

2.3.4 Kombinované filtry

Zkombinováním funkcí filtrování a očkování vznikly kombinované filtry. Kombifiltry zajišťují současně filtraci a očkování litiny, kdy odlévaný kov odtavuje očkovací tělísko. Použitím kombifiltry se získá kvalitní rovnoměrná struktura kovu, bez nečistot, s čistým povrchem. Očkovadla jsou na filtry umísťována různými způsoby:

- ❖ firma KERAMTECH Žacléř např. nabízí kombifiltry s různými tvary očkovacích tělísek, která jsou přitmelena do středu filtru. Jejich technické údaje jsou:
 - rozměry 55x55x18 mm, průtočná plocha 1,186 mm, 312 otvorů o průměru 2,2 mm
 - doporučená doba lití 10-15 sec, tepelná odolnost 1450 °C
 - pro očkování tvárné litiny (Germalloy) a šedé litiny (Optigran) o hmotnosti 15-40 kg zalévaného kovu

Tab. 1 Chemické složení očkovadla na filtru KERAMTECH

	Germalloy K 20	Optigran F 40
Si	70-78 %	70-78 %
Al	3,2-4,5 %	0,8-1,8 %
Ca	0,3-1,5 %	0,3-1,4 %
Mn	–	3,5-4,5 %
stop. prvky	0,5 %	0,5 %
Fe	zbytek do 100 %	zbytek do 100 %

❖ firma Láník Boskovice nabízí keramické pěnové filtry VUKOPOR, na které jsou nanešeny dva typy očkovadla:

- 1) Ferosilicium – FeSi
- 2) Zircinoc

Tab. 2 Chemické složení očkovadla filtru VUKOPOR

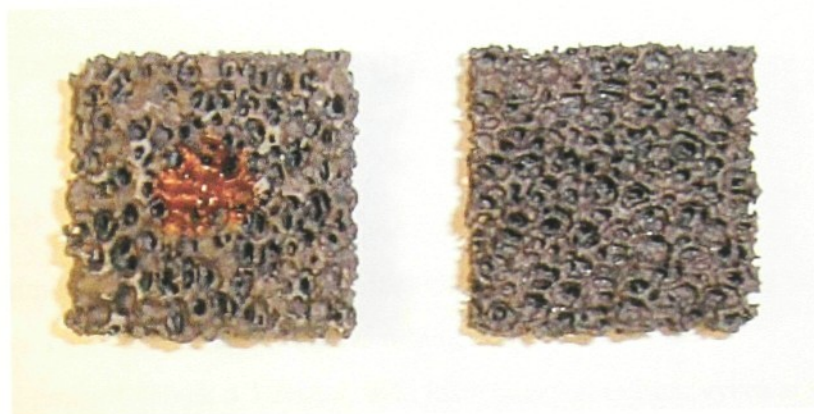
Si [%]	Al [%]	Ca [%]	Zr [%]
75,4	1,21	2,30	1,46

Hmotnost nanešeného očkovadla je 9-10,5 gramu na 1 filtr

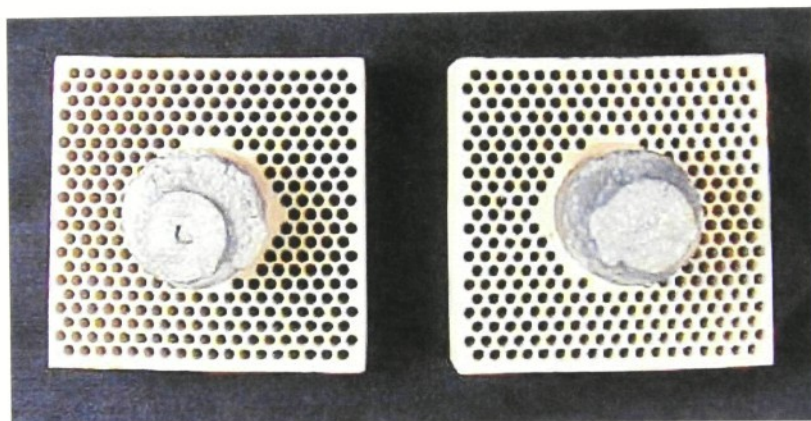
Technické parametry:

- rozměr 50x50x15 mm, porezita 10 PPI – pores per linear inch
- materiál – karbid křemíku SiC, oxid hliníku Al₂O₃
- max. teplota použití 1450 °C
- hmotnost naneseného očkovadla až 40% hmotnosti filtru
- max. zrno očkovadla 0,5 mm

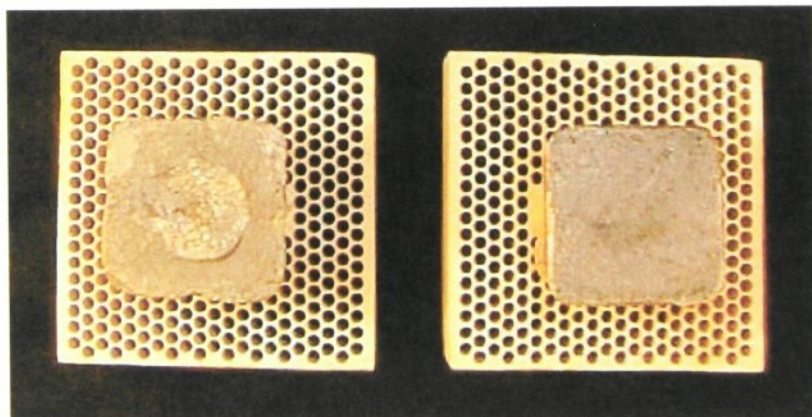
Výše popisované filtry jsou na Obr. 15, Obr. 16 a Obr. 17



Obr. 15 Pěnový filtr VUKOPOR S10+ s očkovadlem Zircinoc (vlevo) a FeSi



Obr. 16 Keramický kombifiltr KERAMTECH GK 20, OK 20



Obr. 17 Keramický kombifiltr KERAMTECH GF 40, OF 40

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Úkol

Cílem experimentu bylo na vhodném odlitku zhodnotit účinnost očkování keramickými filtry s různými typy očkovadel při odlévání šedé litiny.

Aby se mohl projevit účinek očkovadel, bylo jako zkušební odlitek vybráno víko skříně rozvodu AVIA DAEWOO, u kterého mají některé partie sklon ztuhnout „bíle“. Odlitek patří k běžnému sortimentu výroby ve slévárně.

3.2 Program zkoušek

Zjišťování mechanických a fyzikálních vlastností šedé litiny:

- křivky chlazení
- měření tvrdosti HB na vybraných místech odlitku
- metalografické vyhodnocování tvaru, velikosti a rozložení grafitu
- metalografické vyhodnocování základní kovové hmoty
- klínová zkouška

3.3 Popis zkoušek

3.3.1 Charakteristika odlitku

Víko skříně rozvodu AVIA DAEWOO je odléváno ze šedé litiny ČSN 42 24 20 s tloušťkou stěny v rozsahu od 6 do 20 mm.

Základní technologické údaje požadované zákazníkem:

Hmotnost: surová hmotnost odlitku $18,2+0,5=18,7$ kg
surová hmotnost víka $2 \times 5,2=10,4$ kg

Teplota lití: 1330 až 1370 °C bez korekce

Uhlíkový ekvivalent C_E : 3,9 až 4,1

Výška zákaloky: 3 až 5 mm

3.3.2 Formovací linka

Formy byly vyrobeny impulsním formováním na formovacím stroji IMP-S-1 od fy GF. Jedná se tedy o technicky a technologicky velmi moderní způsob výroby forem. Ke zhutnění formovací směsi je použito expanze stlačeného vzduchu. Formovací zařízení je naplánované s technickými předpoklady pro výrobu odlitků z šedé, tvárné i vermikulární litiny.

Formy jsou dvoudílné s vodorovnou dělící rovinou. V jednom rámu jsou umístěny dva odlitky, ke kterým byla přiformována formička z CT směsi na klínovou zkoušku. Při vlastním odlévání byl do formičky zasunut termočlánek pro měření křivek tuhnutí. Obě poloviny modelových desek jsou vidět na Obr. 18 a Obr. 19. Na Obr. 20 a Obr. 21 je již zhotovená forma. Obr. 22 ukazuje otryskaný odlitek i s vtokovou soustavou. Na Obr. 23 a Obr. 24 je formička z CT směsi. Základní technická data linky jsou uvedena v Tab. 3.

Tab. 3 Základní technická data

Typ formovacího stroje	IMPACT-IMP-S-1
Rozměry formovacích rámců	850x740x300/300
Výkon a dolisování	90 kompletních forem/hod
Doba kompletního formování a dolisování	40 s
Způsob zhutnění a dolisování	dynamický tlakový náraz prostřednictvím GFD
Hutnicí medium	stlačený vzduch (do 6,5 bar)
Výměna modelu (interně vrchní/spodní část) formovacího stroje	automaticky
Výměna modelu (externě) formovacího stroje	ručně
Počet pozic vložení jádra a inspekci	9
Potřeba formovacího písku (sypaná váha 1,1 t/m ³) při 90 formách/hod	cca 65 t/hod
Spotřeba chladicí vody při max. 25°C vstupní teploty	cca 2 m ³ /hod
Spotřeba stlačeného vzduchu pro zhutnění při 6 bar a 90 forem/hod u A-I-P a dolisování	cca 320 Nm ³ /hod
Spotřeba stlačeného vzduchu pro pneumatiku zařízení (včetně ofukování a rošení)	cca 70Nm ³ /hod



Obr. 18 Spodní polovina modelové desky



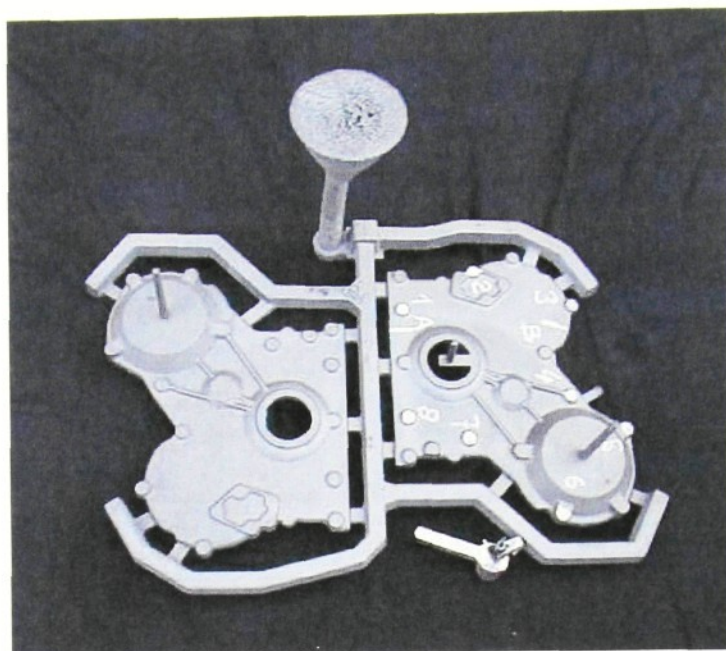
Obr. 19 Horní polovina modelové desky



Obr. 20 Spodní polovina formy (s vloženou formičkou pro klínovou zkoušku)



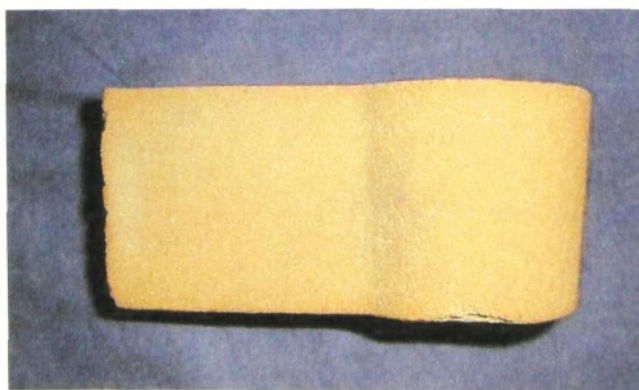
Obr. 21 Horní polovina formy



Obr. 22 Otryskaný odlitek i s vtokovou soustavou



Obr. 23 Formička z CT směsi pro klínovou zkoušku



Obr. 24 Formička z CT směsi pro klínovou zkoušku

3.3.3 Formovací směs

Při formování byla použita jednotná bentonitová směs. Pojivem je natrifikovaný bentonit. Ostřivem je křemenný písek Š-27. Formovací směs se vyrábí v kolových mísičích typu MK3 a MKY-710. Přehled jejích základních parametrů je v Tab. 4

Tab. 4 Základní parametry formovací směsi

	Prodyšnost j.p. SI	Pevnost [kPa]	Rel. vlhkost [%]	Spěchovatelnost [%/g]	S.O.H. [g/l]
Doporučené hodnoty	min. 210	160 až 190	3,7 až 4,5	35 až 44	730 až 840
Naměřené hodnoty	180	169	4,36	39/170	775,1

3.3.4 Tavení

Tavba byla provedena v horkovzdušné *kuplovně* ZVIL Klatovy, Ø šachty 900 mm, možnost dmychání 2% O₂, Ø dmyšen 150 mm, kyselá vyzdívka acikup, dusací hmota PK-S. Maximální výkon: 7,5 t/hod, minimální teplota litiny v odlučovači strusky 1450°C, maximální teplota taveniny v sifonu pece 1500°C.

Předpecí kuplovný ABB 6000G, Realistic Karlovy Vary, ohřev plynový, maximální množství pojmutého kovu je 6t.

Vlastní odlévání odlitku probíhalo z *licího předpecí* ABE 3000G. To má indukční ohřev, obsah 3t, příkon 55÷100 kW. Lití probíhá spodem – schéma viz. příloha X.

U kupolních pecí se měří teplota roztaveného kovu ponorným pyrometrem DPM 1600.

3.3.5 Skladba kovové vsázky

Tab. 5 Skladba vsázky

Komponenty	Hmotnost kg/t _{vs}
Vratný materiál	200
Slévárenské surové železo	180
Zlomková litina	100
Ocelový odpad	120
FeMn 70%	3
FeSi 45%	2 až 4

3.3.6 Chemická analýza výchozí taveniny

Chemická analýza byla provedena v laboratoři závodu podle metodiky LECO. Na přístroji CS 244, který pracuje na principu analýzy plynu po spálení litinových třísek, se stanovil obsah C a Si. Přístrojem XR 172 pracujícím na principu rentgenové spektrální analýzy se stanovily obsahy prvků Mn, P, S, Cr, Ni, Cu.

V provozu byla dále přístrojem CE 523-SVÚM Brno zjišťována hodnota CEL (uhlíkový ekvivalent – likvidus). Zapisovací zařízení graficky znázorňuje křivku chladnutí, její záznam viz příloha II. Při prvním zlomu křivky se odečítá na stupnici hodnota CEL. Hodnota CEL byla též kontrolně vypočítána dle vztahu (2).

Číselné hodnoty jsou uvedeny v Tab. 6

Tab. 6 Chemické složení litiny a teplota z předpecí

C _{Ezměř.} [%]	C _{Evyp.} [%]	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Ni [%]	Cu [%]	Teplota z předpecí [°C]
3,98	3,97	3,49	0,62	1,69	0,126	0,069	0,12	0,02	0,09	1270

3.3.7 Způsob očkování

Předočkování nebo-li tzv. „provozní očkování“ odlitku probíhalo do proudu kovu. Práškové očkovadlo se proudem vzduchu injektovalo do paprsku odlévaného kovu nad licí jamkou. Použitým očkovadlem byl Zircinoc s kusovitostí 0,2 až 0,7 mm, v množství 0,15 % h.t.k. Jeho chemické složení je uvedeno v Tab. 7

Tab. 7 Chemické složení očkovadla Zircinoc

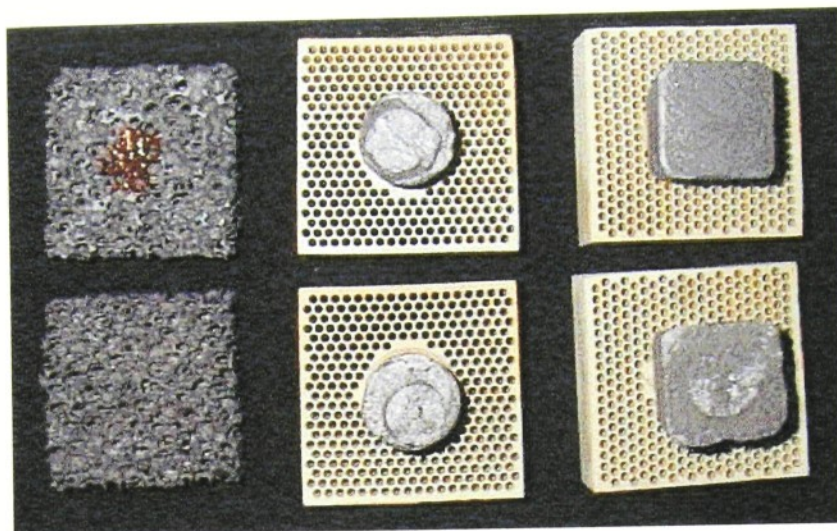
Složení	Si	Al	Ca	Zr
[%]	75,4	1,21	2,30	1,46

Hlavním způsobem očkování bylo očkování ve formě. K tomu byly použity pěnové keramické filtry VUKOPOR® S10+ s naneseným očkovadlem FeSi nebo Zircinoc o rozměru 50x50x15 mm. Dále byly použity keramické kombifiltry KERAMTECH GK 20, OK 20, GF 40 a OF 40 o rozměrech 55x55x12,5 mm. Jejich chemické složení je uvedeno v kapitole 2.3.4 v Tab. 1 a Tab. 2. Filtry byly umístěny v horizontální poloze do předformované známky ve vtokové soustavě. Její rozměry jsou v příloze VII.

Tab. 8 Charakteristika očkování, teplota lití $T_{\text{Lití}}$, doba lití $t_{\text{Lití}}$

Číslo série odlitků	Použitý filtr s očkovadlem	$T_{\text{Lití}}$ [°C]	Doba lití $t_{\text{Lití}}$ [s]
1	Bez filtru	- -	- -
2	Očkováno pouze do proudu kovu, s filtrem bez očkovadla (provozní očkování)	1360 1330	12 13
3	Filtr VUKOPOR® S10+ s očkovadlem Ferosiliciem, předočkováno očkováním do proudu kovu	1330 1340	12 12
4	Filtr VUKUPOR® S10+ s očkovadlem Zircinoc, předočkováno očkováním do proudu kovu	1350 1350	14 13
5	Kombifiltr KERAMTECH GK 20 předočkováno očkováním do proudu kovu	1360 1380	12 13
6	Kombifiltr KERAMTECH OK 20 předočkováno očkováním do proudu kovu	1370 1380	10 10
7	Kombifiltr KERAMTECH GF 40 předočkováno očkováním do proudu kovu	1390 1380	11 12
8	Kombifiltr KERAMTECH OF 40 předočkováno očkováním do proudu kovu	1390 1380	9 10

Na Obr. 25 a Obr. 26 jsou náhledy na použité filtry



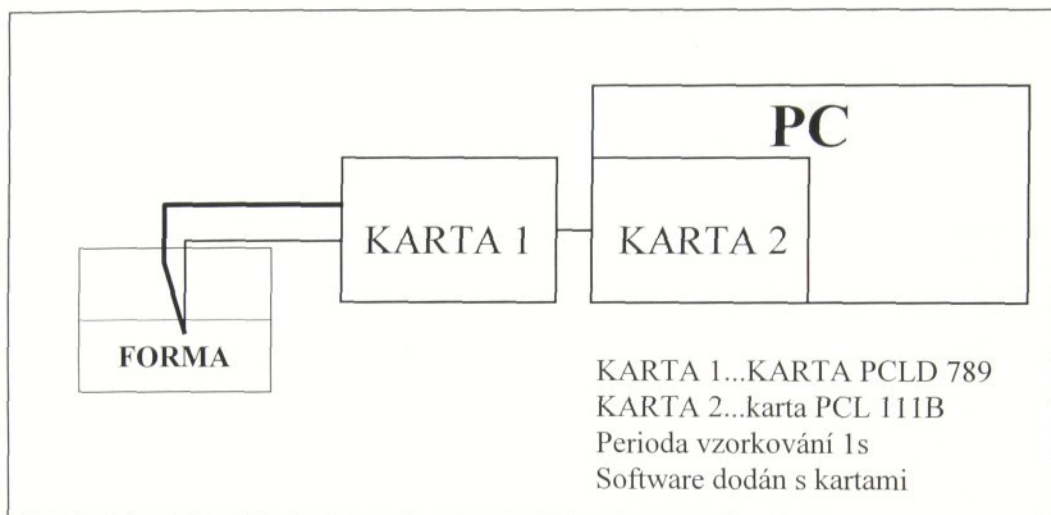
Obr. 25 Filtry VUKOPOR® S10+ Zircinoc, GK 20, GF 40 (horní řada),
VUKOPOR® S10+ FeSi, OK 20, OF 40 (dolní řada)



Obr. 26 Filtry GF 40, GK 20, VUKOPOR® S10+ Zircinoc, (první sloupec),
OF 40, OK 20, VUKOPOR® S10+ FeSi, (druhý sloupec)

3.3.8 Křivky chladnutí

K měření bylo použito opláštěných izolovaných termočlánků Ni-CrNi s Ø.drátu 1 mm, v provedení dvojlinka. Zapojení je znázorněno na Obr. 27



Obr. 27 Schéma zapojení měření křivek chladnutí

Celkem bylo měřeno 7 křivek chladnutí od série 1 až po sérii 7. Měření probíhalo vždy u druhého (posledního) odlitku v sérii. Zjištěné průběhy křivek jsou uvedeny v příloze VI.

Do grafů byly navíc zaneseny vypočtené hodnoty teploty solidu a likvidu. Výpočet teplot solidu a likvidu byl proveden podle vztahu (5) a (6):

$$T_s = 1099 + 7,8\%C + 7,2\%Si - 11,4\%Mn + 60\%P + 82,7\%S + 14\%Cr \quad (5)$$

$$T_L = 1549 - 88,2\%C - 26,9\%Si + 11,4\%Mn + 42,1\%P + 95\%S + 15,6\%Cr \quad (6)$$

3.3.9 Měření tvrdosti HB na vybraných místech odlitku

Místa, na nichž byla měřena tvrdost, jsou znázorněna na Obr. 22 a očíslována 1 až 8. Z objektivních důvodů (odlitek se nevešel pod měřicí hrot) nakonec bylo provedeno měření jen na místech 1, 2, 3, 7 a 8.

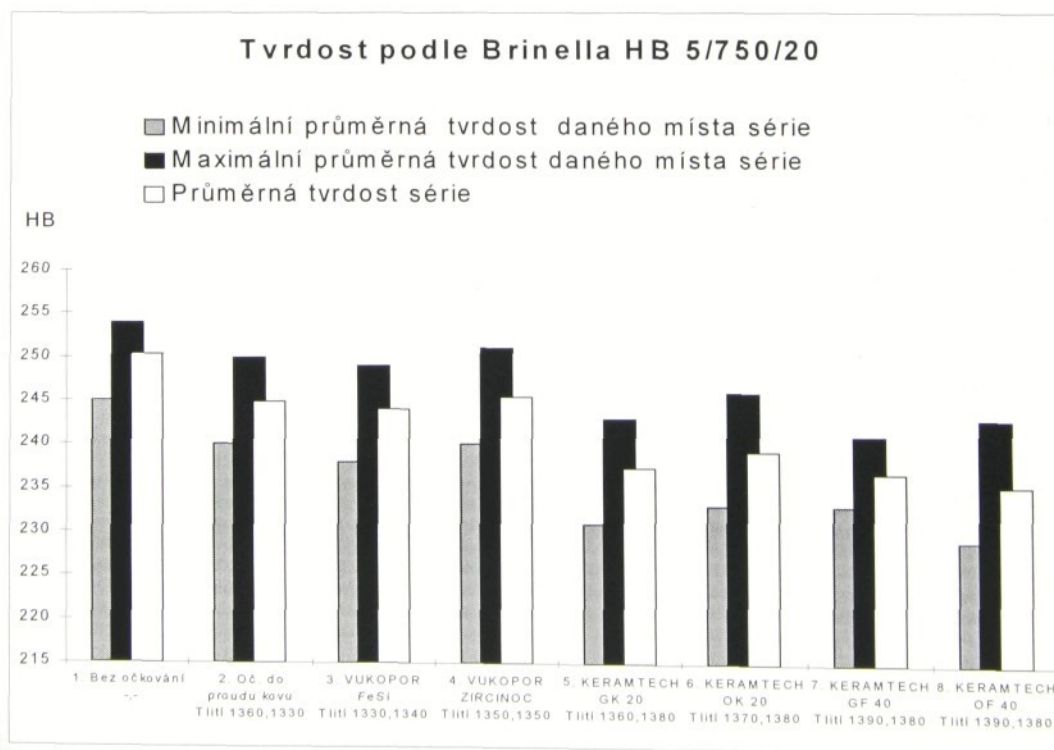
V místě měření byla odstraněna povrchová vrstvička materiálu o tloušťce min. 0,5 mm.

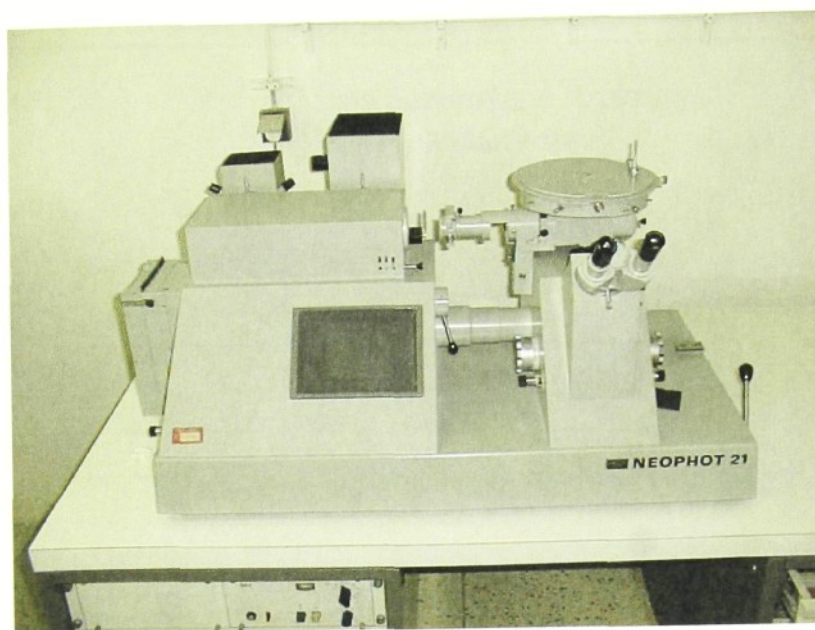
Měření proběhlo podle ČSN 42 0371 na tvrdoměru HPO 3000 za podmínek 5/750/20. Na každém místě měření byly provedeny 2 vtisky s minimální vzdáleností mezi středy dvou sousedních vtisků nejméně 4d průměru vtisku. Vzdálenost mezi středem vtisku a okrajem zkušebního tělesa byla nejméně 2,5d.

Tvrlost není na výkrese přímo uvedena. S ohledem na materiál a tloušťku stěn by se podle normy mohla pohybovat od 170 do 260 HB. Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce přílohy III. Z nich byly získány tyto charakteristické údaje:

Tab. 9 Průměrné hodnoty tvrdosti

Číslo série	Průměrné hodnoty tvrdosti série					Průměrná tvrdost série HB
	Měření místo					
	1	2	3	7	8	
1	248	245	252	254	252	250
2	243	240	245	250	247	245
3	239	238	247	249	247	244
4	241	240	246	250	251	245
5	234	231	238	243	241	237
6	238	233	237	246	243	239
7	236	233	234	241	240	237
8	230	229	238	243	237	235



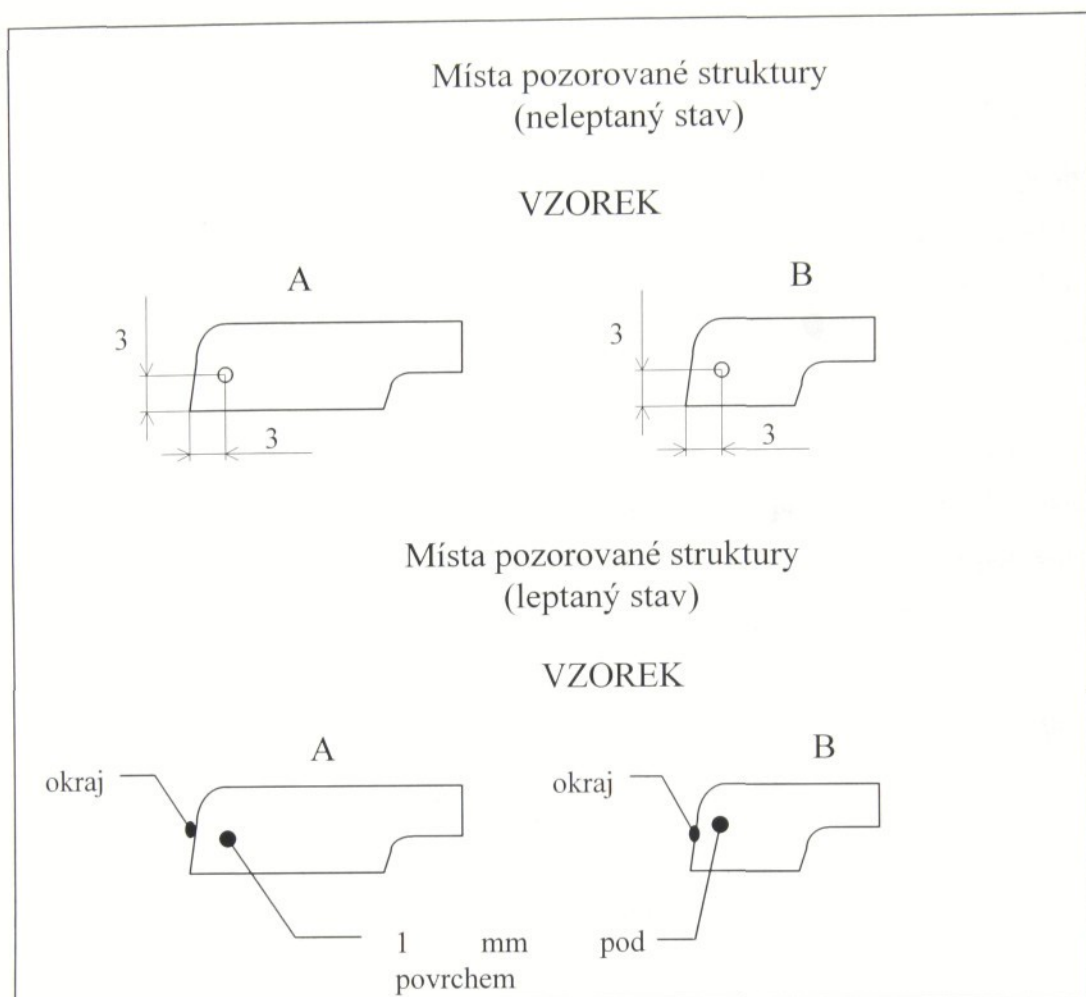


Obr. 28 Metalografický mikroskop Neophot 21

3.3.10 Metalografické vyhodnocování vybraných míst odlitku

Metalografické vzorky byly odebrány ze dvou míst A a B (viz. obr. 22), vždy z jednoho odlitku každé série.

Vzorky byly připraveny běžným způsobem. Byly označeny a zality do pryskyřice (dentacryl). Po ztuhnutí bylo provedeno broušení a leštění na odstupňované sadě brousících kotoučů na přístroji Metasinex. Struktura litin byla zkoumána pomocí světelné mikroskopie - mikroskopem NEOPHOT 21 (viz. obr. 28). Hodnocení bylo provedeno dle normy ČSN 42 0461. V nenaleptaném stavu byl vyhodnocován tvar, velikost a rozložení grafitu při 100 násobném zvětšení. Pro vyhodnocení charakteru základní kovové hmoty bylo provedeno leptání 3% roztokem Nitalu. Hodnotil se tvar a obsah perlitu, případně obsah a velikost cementitu a to při zvětšení 100, 500, 1000 násobném. Byly pořízeny metalografické fotografie vybraných struktur. Snímky byly pořízeny z výbrusů jak v nenaleptaném, tak i naleptaném stavu z míst dle Obr. 29.



Obr. 29 Místa pozorování struktur

Fotografie jednotlivých struktur jsou uvedeny v příloze I. Na obr. 1 ÷ 10 jsou fotografie struktury grafitu, na snímcích 11 ÷ 19 je základní kovová hmota LLG na okrajích vzorků, na fotografiích 20 ÷ 24 je základní kovová hmota 1 mm pod povrchem. Vyhodnocení grafitu (tvar, rozložení, velikost) a základní kovové hmoty (obsah a tvar perlitu, obsah a velikost cementitu) je uvedeno v tabulce přílohy I

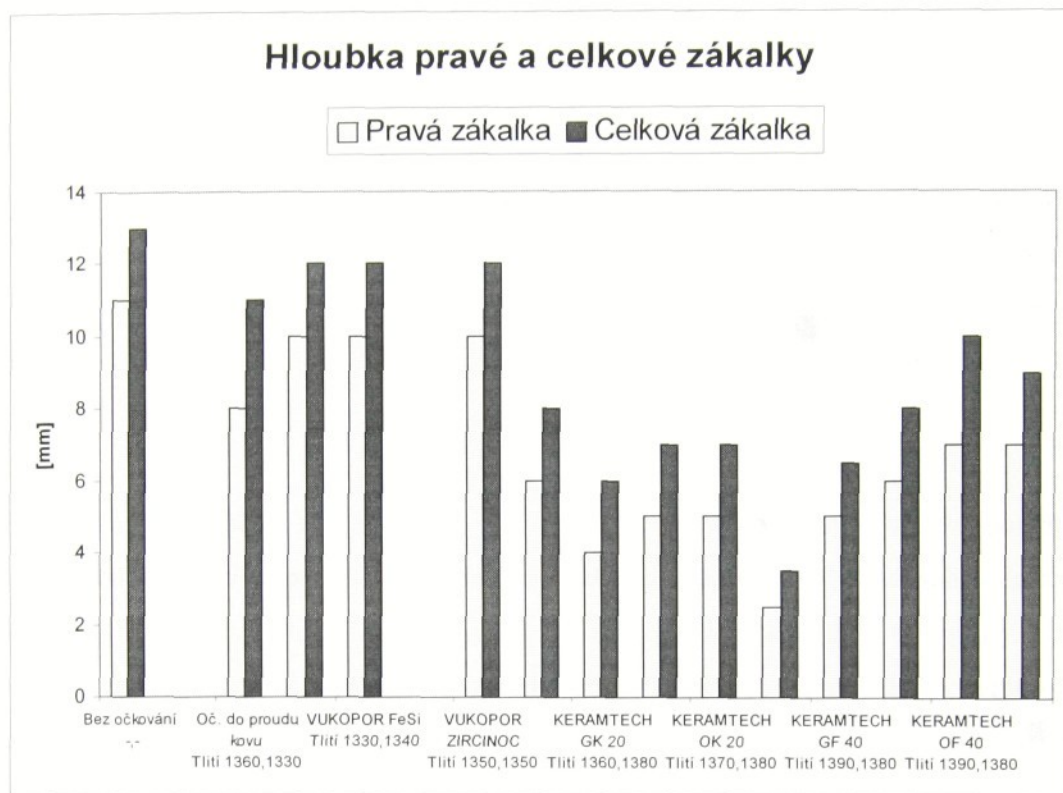
3.3.11 Klínová zkouška

Klínová zkouška slouží k orientační kontrole složení litiny. V rychle utuhlé špičce klínku bývá struktura bílá, která postupně přechází na šedou v silnější části klínku. Hloubka bílé zákalky charakterizuje grafitizační schopnost litiny a tím i její vhodnost pro odlévání typ odlitku.

Klínky se odlévaly do formičky z CT směsi (viz. Obr. 23 a Obr. 24), která byla přiformována k odlitkům (viz. Obr. 22). Nejde tedy o zcela standardizovanou zkoušku. Jejím úkolem bylo navzájem porovnat působení zkoušených druhů očkování a očkovaadel. Klínky se při vytloutání odlitků oddělily od vtokové soustavy a propadly vytloutacím roštem. Později jich bylo nalezeno 14 ze 16, naštěstí každý z obou ztracených klínků byl z jiné série. Po vychladnutí byly klínky přeráženy v rovině kolmé na hrot klínku. Podle lomu se pak vyhodnocovala zákalka. Posuvným měřítkem byla změřena zákalka pravá (dle Klingensteinova diagramu odpovídá oblasti bílé litiny) a zákalka celková, kdy litina tuhne makově (oblast I a II). Naměřené hodnoty jsou v Tab. 10, grafické znázornění je na Obr. 30. Fotografie přerážených klínků jsou uvedeny v příloze IV. Klínky jsou na nich uskupeny tak, že aby bylo možné porovnat vždy neočkované vzorky se vzorky očkovanými jedním druhem očkovaadla.

Tab. 10 Hloubka pravé a celkové zákalky

Serie	Teplota lití [°C]	Způsob očkování	Hloubka zákalky	
			pravá [mm]	celková [mm]
1	—, —	Bez očkování	11	13
			—	—
2	Tlití 1360,1330	Očkování do proudu kovu	8	11
			10	12
3	Tlití 1330,1340	VUKOPOR FeSi	10	12
			—	—
4	Tlití 1350,1350	VUKOPOR ZIRCINOC	10	12
			6	8
5	Tlití 1360,1380	KERAMTECH GK 20	4	6
			5	7
6	Tlití 1370,1380	KERAMTECH OK 20	5	7
			2,5	3,5
7	Tlití 1390,1380	KERAMTECH GF 40	5	6,5
			6	8
8	Tlití 1390,1380	KERAMTECH OF 40	7	10
			7	9



Obr. 30 Hloubka pravé a celkové zákalky

3.3.12 Vady odlitků

Po vytlučení a otryskání odlitků bylo provedeno jejich následné vizuální ohledání. Při něm bylo zjištěno, že některé odlitky jsou nedolité nebo mají velké staženiny na povrchu. Poškozeny byly tyto odlitky:

- dva odlitky ze série 2 (nedolitá část víka, staženina v poli),
- dva odlitky ze série 3 (nedolitá část víka, struskovitost),
- jeden odlitek ze série 4 (nedolitá část víka)
- dva odlitky ze série 5 (velké staženiny v poli odlitku).

Fotografie poškozených odlitků jsou uvedeny v příloze V.

3.4 Diskuse výsledků a naměřených hodnot

3.4.1 Křivky chladnutí

Odlévání odlitků probíhalo v rozmezí teplot $T_{\text{Lii}}=1330\div1390$ °C. Teploty byly zjišťovány pomocí přenosné infrakamery CYKLOPS 152 (koeficient emisivity nastaven na 0,38 – určeno porovnávacím měřením s termočlánkem). Z chemického složení byly podle vztahů (5) a (6) vypočítány teoretické teploty likvidu a solidu, které činí:

$$T_{\text{likvidus}}=1218$$
 °C

$$T_{\text{solidus}}=11146$$
 °C

Ze zjištěných průběhů křivek, které jsou uvedeny v příloze II vyplývá, že použité termočlánky neměřily správně, (častokrát nejvyšší naměřená hodnota nedosahovala ani teploty solidu). Nebylo tedy možné provést vyhodnocení křivek tuhnutí (z teploty, kdy se objevil první krystal, z velikosti podchlazení), které by vypovídalo o účinnosti očkování.

3.4.2 Klínová zkouška

Při této zkoušce se potvrdilo, že všechna použitá očkovadla snižují více, či méně sklon litiny tuhnout bíle, snižují tedy sklon k tvorbě zákalky. Nejvyšší hloubku zákalky dosahuje vzorek litiny neočkované.

Pěnové keramické filtry VUKOPOR s očkovadly FeSi a ZIRCINOCEM zásadně zákalku vůči neočkovanému vzorku nesnížily.

Keramické kombifiltry KERAMTECH měly na snížení hloubky zákalky vůči neočkovanému vzorku mnohem větší vliv. Přičemž nejmenší hodnoty pravé a celkové zákalky a tedy nejvyšší účinnosti dosáhly kombifiltry KERAMTECH GK 20 a OK 20.

3.4.3 Měření tvrdosti HB na vybraných místech odlitku

Tvrdost byla měřena na pěti místech odlitku (viz Obr. 22). Z měření vyplývá, že minimální průměrná tvrdost daného místa série se vyskytuje na měřeném místě 1 a maximální průměrná tvrdost daného místa série je na měřeném místě 3 (viz Tab. 9 Průměrné hodnoty tvrdosti). Měřené místo 1 bylo nejbližší vtoku, měřené místo 3 bylo od vtoku mnohem dál. Rozdíly tvrdosti vyplývají z rozdílného tuhnutí obou míst. Na

měřeném místě 3 byla větší rychlost krystalizace zatímco na měřeném místě 1 byla rychlost krystalizace menší vlivem většího prohřátí formy taveninou při plnění formy.

Z výsledků všech měření uvedených v tabulce přílohy III dále vyplývá, že neočkované odlitky se vyznačují oproti očkovaným vyššími hodnotami tvrdosti. V kontextu s klínovou zkouškou lze říci, že u těch odlitků, kde jsou vyšší hloubky zákalky jsou i vyšší hodnoty tvrdosti. Kombifiltry KERAMTECH snížily hodnoty tvrdosti více, než pěnové filtry VUKOPOR. Avizované snížení hodnot tvrdostí u všech očkovaných odlitků není ovšem nijak razantní.

3.4.4 Metalografické vyhodnocení grafitu

Výsledky hodnocení struktur vzorků jsou uvedeny v tabulce přílohy I. Lze z ní konstatovat:

Na neočkovaném vzorku a očkovaném pouze do proudu kovu se objevují struktury lupínkového grafitu který je rozložený smíšeně, mezidendriticky neusměrněně a částečně i mezidendriticky usměrněně.

Na vzorcích kde, byly použity filtry VUKOPOR a kombifiltry KERAMTECH se vyskytuje struktura lupínkového grafitu jehož rozložení přechází z mezidendritického neusměrněného v rozložení rovnoměrné. Zdá se, že nejlepší struktury dosáhly odlitky, kde byl použit kombifiltr KERAMTECH s očkovadly GK 20 a OK 20.

3.4.5 Metalografické vyhodnocení základní kovové hmoty

Výsledky hodnocení základní struktury vzorků jsou uvedeny tabulce v příloze I. Lze z ní konstatovat:

Na neočkovaném vzorku a vzorku očkovaném jen do proudu kovu jsou v povrchových vrstvách patrné oblasti většího množství feritu (až kolem 40%). V hloubce 1 mm pod povrchem se toto množství snižuje a struktura je téměř perlitická. Tvar perlitu je lamelární. Na vzorku očkovaném do proudu kovu se v jeho rohu vyskytuje cementická struktura (viz obr 14, příloha I).

Experimentální část

Na vzorcích kde, byly použity filtry VUKOPOR a kombifiltry KERAMTECH je v povrchových vrstvách vzorků struktura perliticko-feritická s 80% perlitu a 20% feritu. V hloubce 1 mm pod povrchem se vyskytuje čistě perlitická struktura s nepatrným množstvím ($1\div 3\%$) feritu. Tvar perlitu je lamelární. V rozích vzorků se vyskytuje malé množství cementitu.

4. ZÁVĚR

Hlavní význam očkovacího procesu spočívá ve zlepšování mechanických vlastností, snížení odchylek ve složení litin, v dosažení co nejvyšší homogenity tvrdosti, pevnosti a struktury v odlitcích. Musí být zajištěna dobrá obrobitelnost v co nejširším rozsahu tloušťek stěn. Je to velmi důležité vzhledem k vzrůstající tendenci výroby tenkostěnných odlitků.

V teoretické části práce jsou shrnuty informace o způsobech očkování šedé litiny, o její filtraci a aplikaci běžných filtrů.

Cílem experimentální části práce bylo ověřit účinnost očkování šedých litin pomocí kombinovaných filtrů, zjistit jaký mají vliv na vlastnosti litiny a porovnat je s neočkovanými odlitky. Byly použity dva typy filtrů: Pěnové keramické filtry VUKOPOR S10+ od firmy LÁNÍK – Techservis Boskovice s očkovadly FeSi a Zircinoc; a keramické kombifiltry K20 a F40 od firmy KERAMTECH spol. s r.o. Žaclěř s očkovadly Germalloy a Optigran.

Na základě provedených experimentů a jejich výsledků byly učiněny tyto závěry:

Z hlediska hloubky zákalky, tvrdosti, pevnosti a výhodné struktury se jako výhodnější jeví kombifiltry KERAMTECH, které ve všech hodnocených parametrech dosahují lepších výsledků. Filtry VUKOPOR mají také kladný vliv na kvalitu litiny, nicméně v porovnání s již uváděnými kombifiltry není tak výrazný. Navíc se ukázalo, že filtry VUKOPOR dost významným způsobem nepříznivě ovlivňují zabíhavost.

Ze všech zkoumaných filtrů a druhů očkovadel se zdá být nejefektivnější použití kombifiltrů KERAMTECH GK 20 a OK 20. Tyto filtry v největší míře potlačují hloubku zákalky a mají nejvyrovnanější hodnoty tvrdosti. Z hlediska struktury jsou také výhodné, obsahují maximální množství perlitu s minimem feritu a výhodné rovnoměrné vyloučení jemnějšího grafitu typu A.

Velkou výhodou obou typů filtrů je jejich velmi snadné použití. Pouze je nutné filtry k lince dopravit a pověřit pracovníka jejich zakládáním do předformované dutiny ve formě.

Závěrem je ale nutné dodat, že výše prezentované výsledky všech provedených zkoušek mohou být jistým způsobem zkreslené. Vlastní odlévání ve slévárně Liberec totiž bylo zatíženo několika nedostatky:

Rozměry předformované známky ve vtokové soustavě byly připraveny pro všechny odlitky stejné – 50x50x10 mm (viz. příloha VII). Rozměry obou typů filtrů jsou ovšem různé. Filtr VUKOPOR S10+ má rozměry 50x50x15 mm, kombifiltry KERAMTECH mají velikost 55x55x12,5 mm. Přímo na lince tedy bylo nutné ručně známku pro každý filtr upravit tak, aby se do ní filtr vůbec vešel. Tím došlo k porušení poměrů ve vtokové soustavě – nedodržel se doporučený efektivní průřez.

Doba mezi odléváním jednotlivých forem byla poměrně dlouhá. Prostoje vznikaly zejména úpravami známek. Teplota odlévané litiny kolísala. Dokonce tak, že bylo nutné nahřívat odlévací žlábek lícího předpecí. Odlitky proto nemohly být odlévány ze stejné lící teploty.

Výsledky této práce mohou dobře sloužit jako podklad pro další hlubší zkoumání předložené problematiky. K průkaznějšímu statistickému vyhodnocení výše uvedených závislostí by bylo velmi vhodné provést další experimenty s mnohem větším počtem jednotlivých filtrů.

Seznam použité literatury

1. PLACHÝ, J. – NĚMEC, M.: Teorie slévání. 2. vyd., Praha 1990
2. PLACHÝ, J. – NĚMEC, M.: Metalurgie a technologie slévárenských slitin I. 2. vyd., Praha 1993
3. VONDRÁK, V.: Sekundární metalurgie litin (výběr přednášek). Ostrava 1992
4. SKOČOVSKÝ, P. – ŠIMAN, I.: Štruktúrna analýza liatin. 1. vyd., Bratislava 1989
5. BEDNÁŘ, B. – MARTINÁSEK, P.: Technologie slévání (návod ke cvičení). 3. vyd., Praha 1995
6. BULÍŘ, J.: Studium významu očkování šedých litin očkovadly na čistě metalickém základě. [Diplomová práce]. Liberec 1989, TUL, FS
7. BOUCHNEROVÁ, L.: Zvýšení jakosti odlitků z grafitických litin filtrací tekutého kovu. . [Diplomová práce]. Liberec 1989, TUL, FS
8. Slévárenská ročenka, 1. vyd., 1984
9. Slévárna Liberec a.s.: Technologický postup při tavení v kuplovně. 1996
10. Slévárna Liberec a.s.: Technický popis formovací linky Georg Fischer Disa AG
11. Firemní materiály fy. KERAMTECH s.r.o., Žacléř
12. Firemní materiály fy. Láňk – Techservis, Boskovice
13. ČSN 42 24 20 – Litina s lupínkovým grafitem
14. ČSN 42 0461 – Hodnocení struktury litin

Seznam obrázků

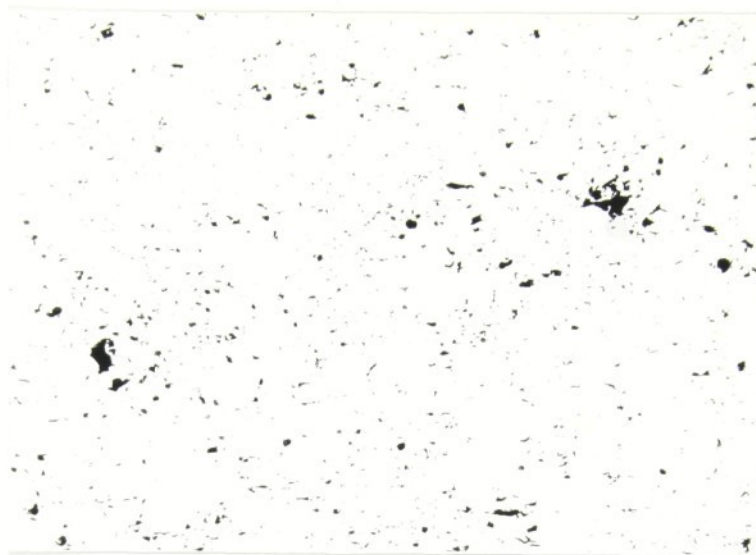
Obr. 1 Porovnání očkování do pánve s injektováním do proudu kovu	17
Obr. 2 Očkování drátem do pánve a do proudu	18
Obr. 3 Očkování drátem do proudu kovu	18
Obr. 4 Očkování drátem na licím jeřábu	18
Obr. 5 Očkování drátem v mezipánvi	18
Obr. 6 Očkování drátem při odlévání z liciho zařízení zátkou	18
Obr. 7 Očkování v lici jamce	20
Obr. 8 Očkování ve vtokové soustavě při použití granulovaného očkovadla	21
Obr. 9 Očkování ve vtokové soustavě při použití kompaktního očkovadla	21
Obr. 10 Svislá poloha filtru u vtokového kanálu	23
Obr. 11 Svislá poloha filtru v toku	23
Obr. 12 Šikmá poloha filtru	24
Obr. 13 Vodorovná poloha filtru	24
Obr. 14 Doporučený způsob zaformování	24
Obr. 15 Pěnový filtr VUKOPOR S10+ s očkovadlem Zircinoc (vlevo) a FeSi	27
Obr. 16 Keramický kombifiltr KERAMTECH GK 20, OK 20	27
Obr. 17 Keramický kombifiltr KERAMTECH GF 40, OF 40	27
Obr. 18 Spodní polovina modelové desky	30
Obr. 19 Horní polovina modelové desky	30
Obr. 20 Spodní polovina formy (s vloženou formičkou pro klínovou zkoušku)	31
Obr. 21 Horní polovina formy	31
Obr. 22 Otryskaný odlitek i s vtokovou soustavou	32
Obr. 23 Formička z CT směsi pro klínovou zkoušku	32
Obr. 24 Formička z CT směsi pro klínovou zkoušku	32
Obr. 25 Filtry VUKOPOR® S10+ Zircinoc, GK 20, GF 40 (horní řada), VUKOPOR® S10+ FeSi, OK 20, OF 40 (dolní řada)	36
Obr. 26 Filtry GF 40, GK 20, VUKOPOR® S10+ Zircinoc, (první sloupec), OF 40, OK 20, VUKOPOR® S10+ FeSi, (druhý sloupec)	36
Obr. 27 Schéma zapojení měření křivek chlazení	37
Obr. 28 Metalografický mikroskop Neophot 21	39
Obr. 29 Místa pozorování struktur	40
Obr. 30 Hloubka pravé a celkové zákalky	42

Seznam tabulek

Tab. 1 Chemické složení očkovadla na filtru KERAMTECH	26
Tab. 2 Chemické složení očkovadla filtru VUKOPOR	26
Tab. 3 Základní technická data	29
Tab. 4 Základní parametry formovací směsi	33
Tab. 5 Skladba vsázky	34
Tab. 6 Chemické složení litiny a teplota z předpecí	34
Tab. 7 Chemické složení očkovadla Zircinoc	35
Tab. 8 Charakteristika očkování, teplota lití $T_{\text{lití}}$, doba lití $t_{\text{lití}}$	35
Tab. 9 Průměrné hodnoty tvrdosti	38
Tab. 10 Hloubka pravé a celkové zákalky	41

Seznam příloh

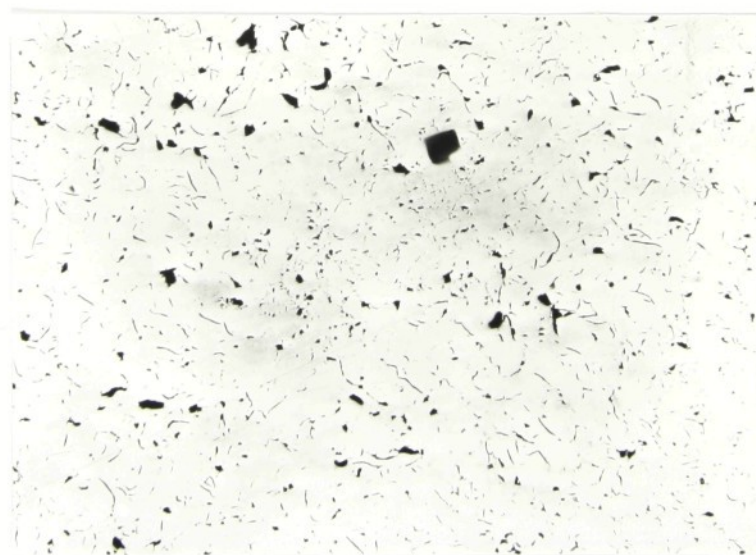
Příloha I	Fotografie struktur grafitu a základní kovové hmoty Tabulka vyhodnocení struktur
Příloha II	Záznam křivky chladnutí
Příloha III	Tabulka naměřených hodnot tvrdosti HB 5/750/20 Grafické znázornění tvrdosti HB 5/750/20
Příloha IV	Grafické znázornění klínových zkoušek Tabulka naměřených hodnot pravé a celkové zákalky Snímky přeražených klínků
Příloha V	Snímky vad odlitků
Příloha VI	Naměřené křivky chladnutí
Příloha VII	Výkres vtokové soustavy
Příloha VIII	Výkres odlitku
Příloha IX	Výkres modelové desky
Příloha X	Výkres vyzdívky



Neleptáno

100x

Obr. 1 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 1A)



Neleptáno

100x

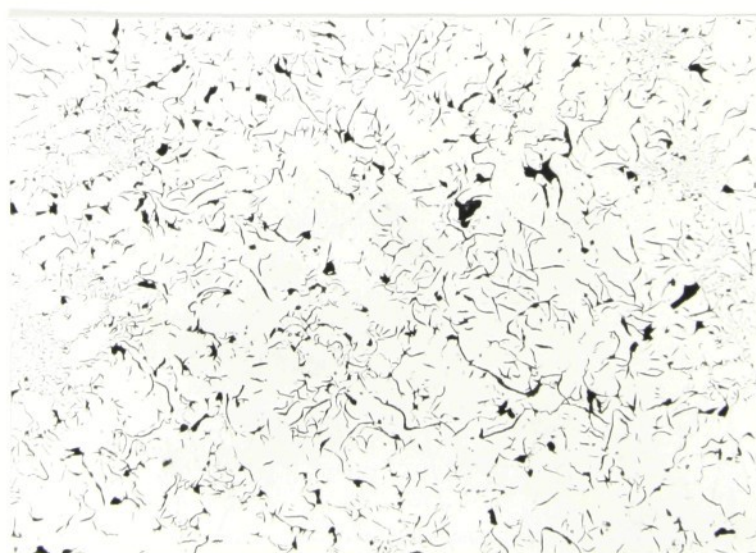
Obr. 2 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 1B)



Neleptáno

100x

Obr. 3 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 2A)



Neleptáno

100x

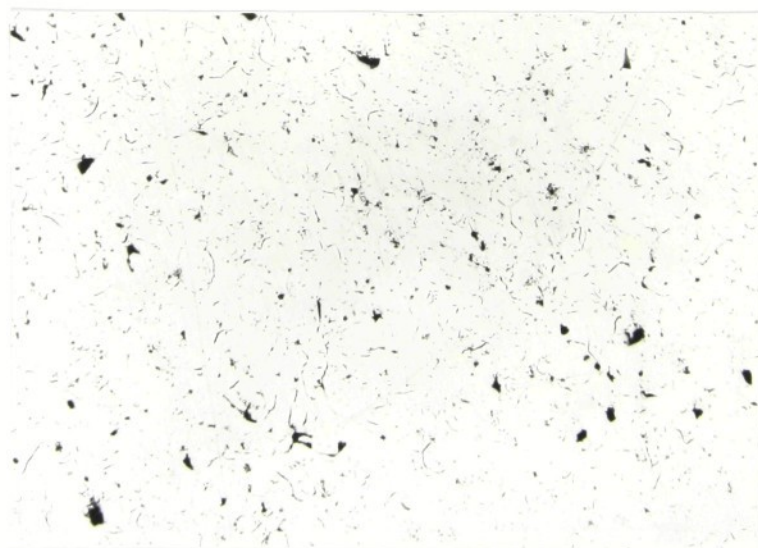
Obr. 4 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 2B)



Neleptáno

100x

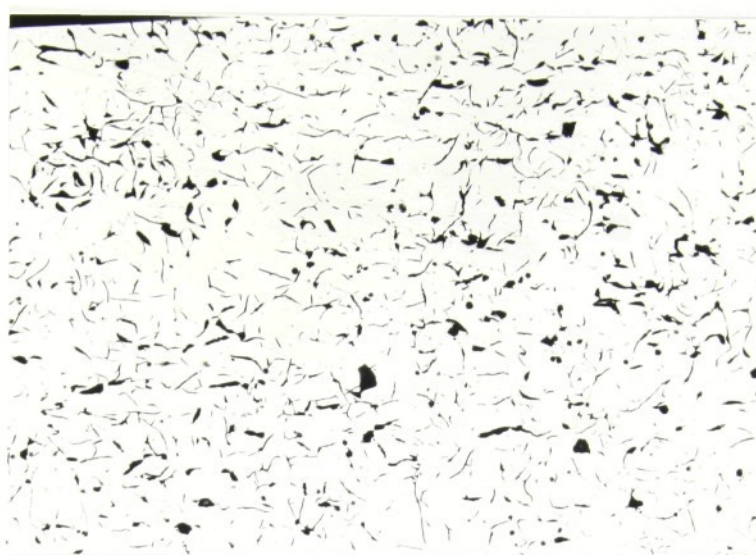
Obr. 5 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 4A)



Neleptáno

100x

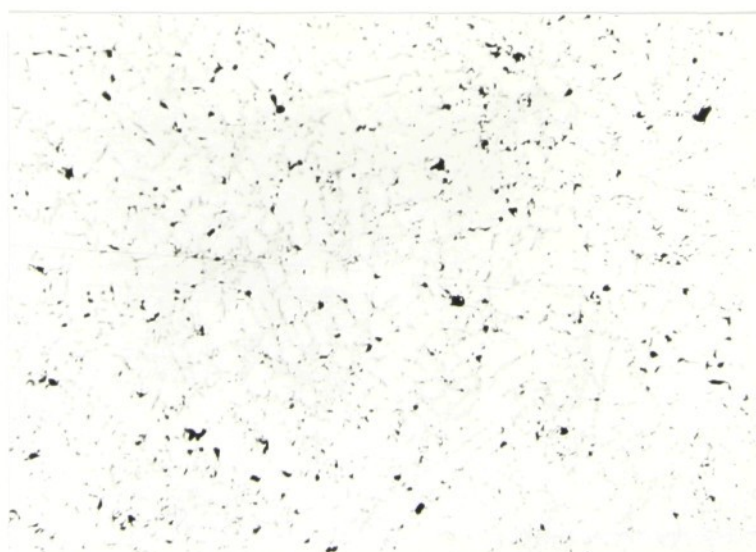
Obr. 6 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 4B)



Neleptáno

100x

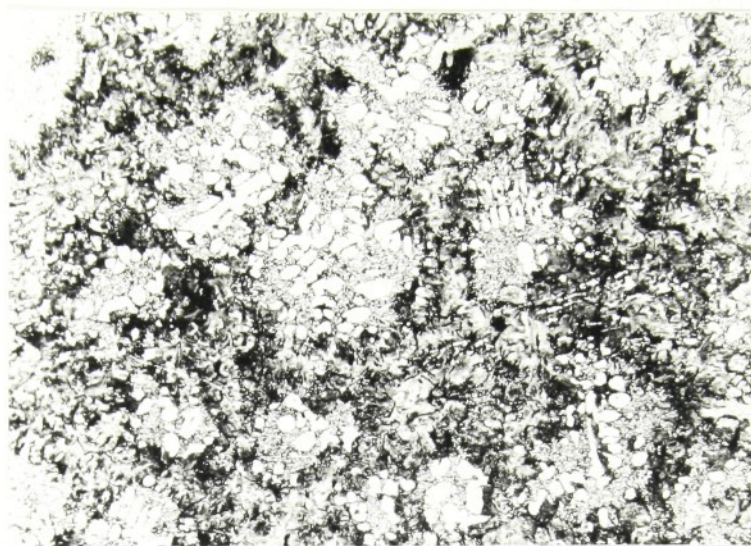
Obr. 9 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 6A)



Neleptáno

100x

Obr. 10 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 6B)



Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 11 Charakter základní kovové hmoty LLG (vzorek 1A)



Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 12 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 1B)

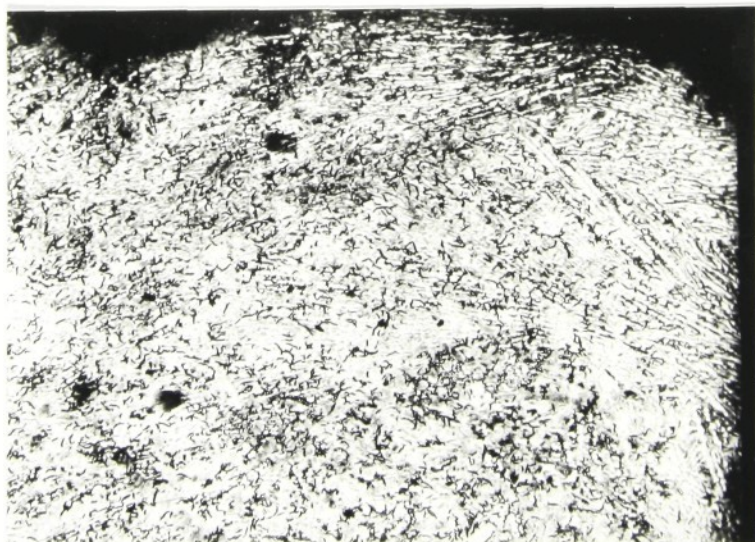


Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 13 Charakter základní kovové hmoty LLG (vzorek 2A)



Nital 3%

roh vzorku

100x

Obr. 14 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 2B)

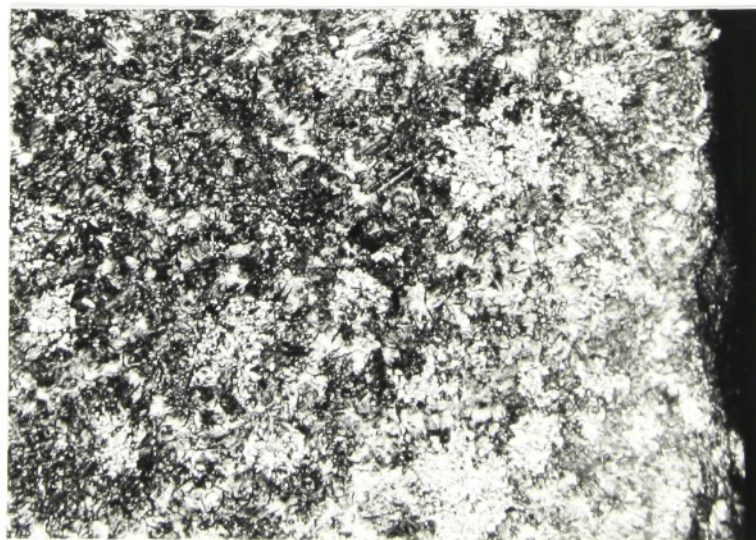


Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 15 Charakter základní kovové hmoty LLG (vzorek 4A)



Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 16 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 4B)

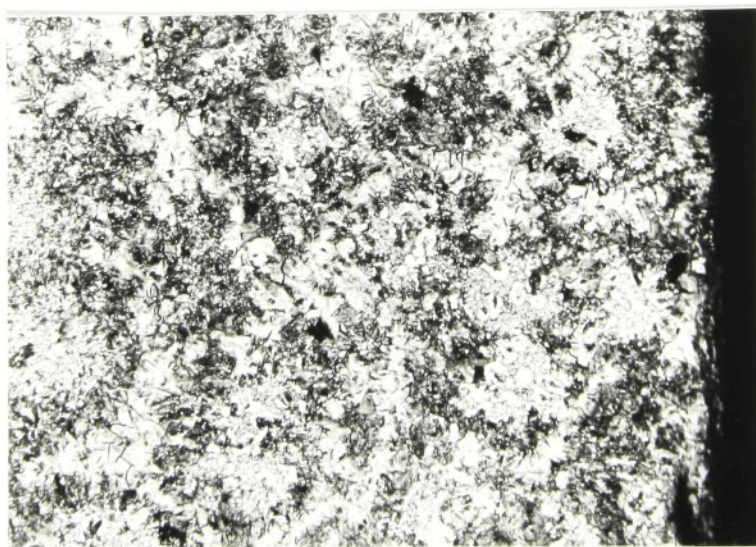


Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 17 Charakter základní kovové hmoty LLG (vzorek 5A)



Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 18 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 5B)

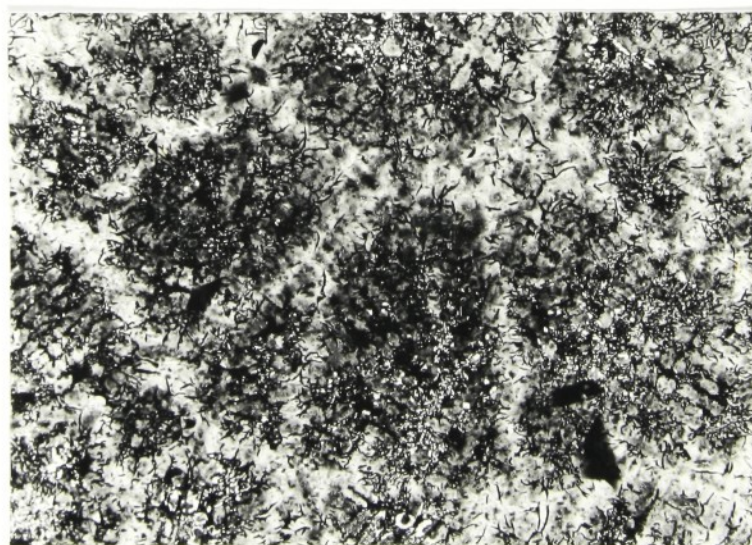


Nital 3%

okraj vzorku

100x

Obr. 19 Charakter základní kovové hmoty LLG (vzorek 6B)

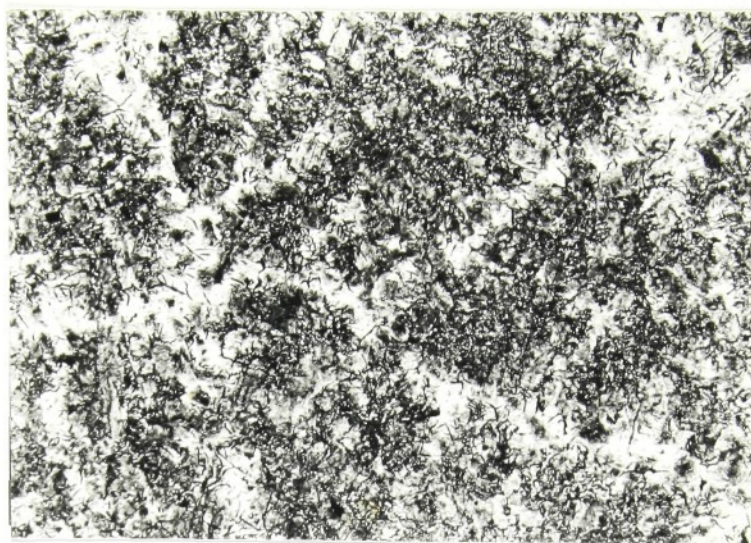


Nital 3%

1 mm pod povrchem

100x

Obr. 20 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 1B)

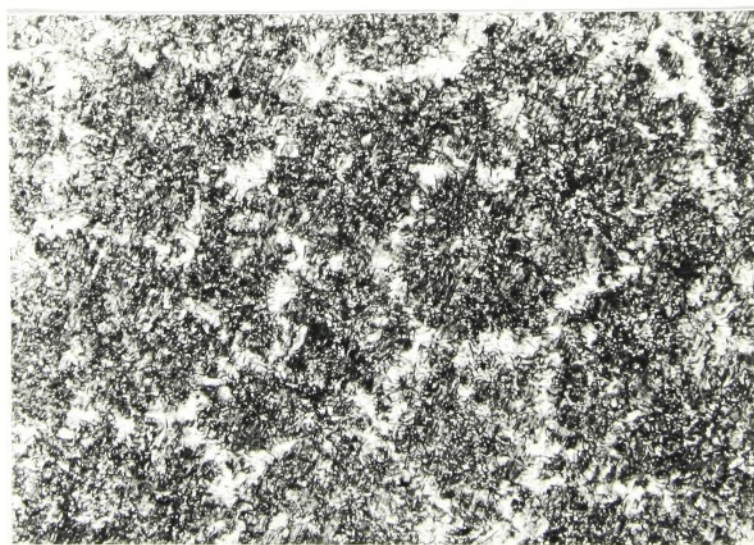


Nital 3%

1 mm pod povrchem

100x

Obr. 21 Charakter základní kovové hmoty LLG (vzorek 2B)

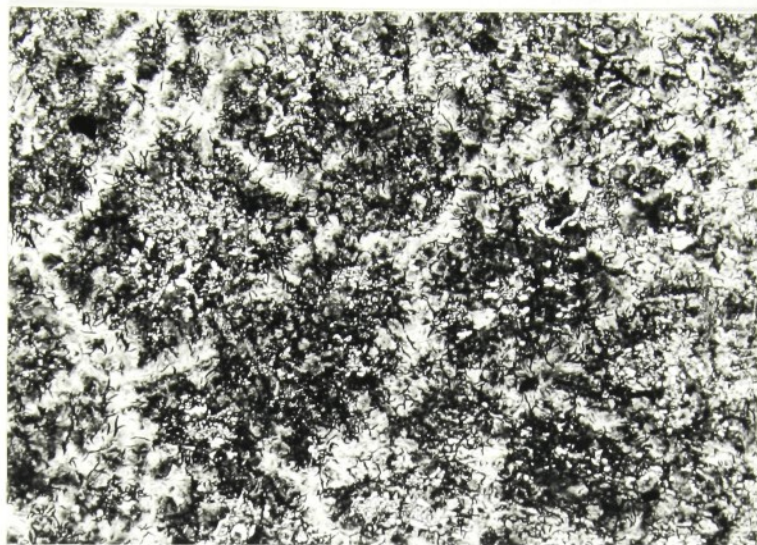


Nital 3%

1 mm pod povrchem

100x

Obr. 22 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 4B)

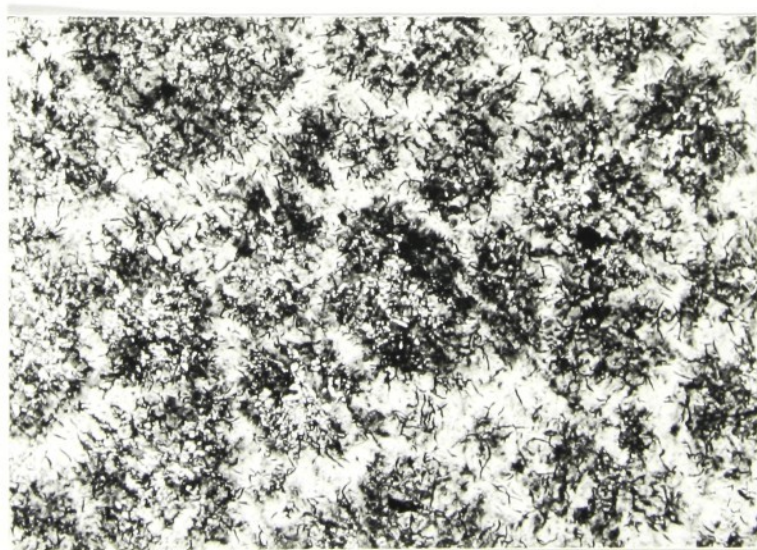


Nital 3%

1 mm pod povrchem

100x

Obr. 23 Charakter základní kovové hmoty LLG (vzorek 5B)



Nital 3%

1 mm pod povrchem

100x

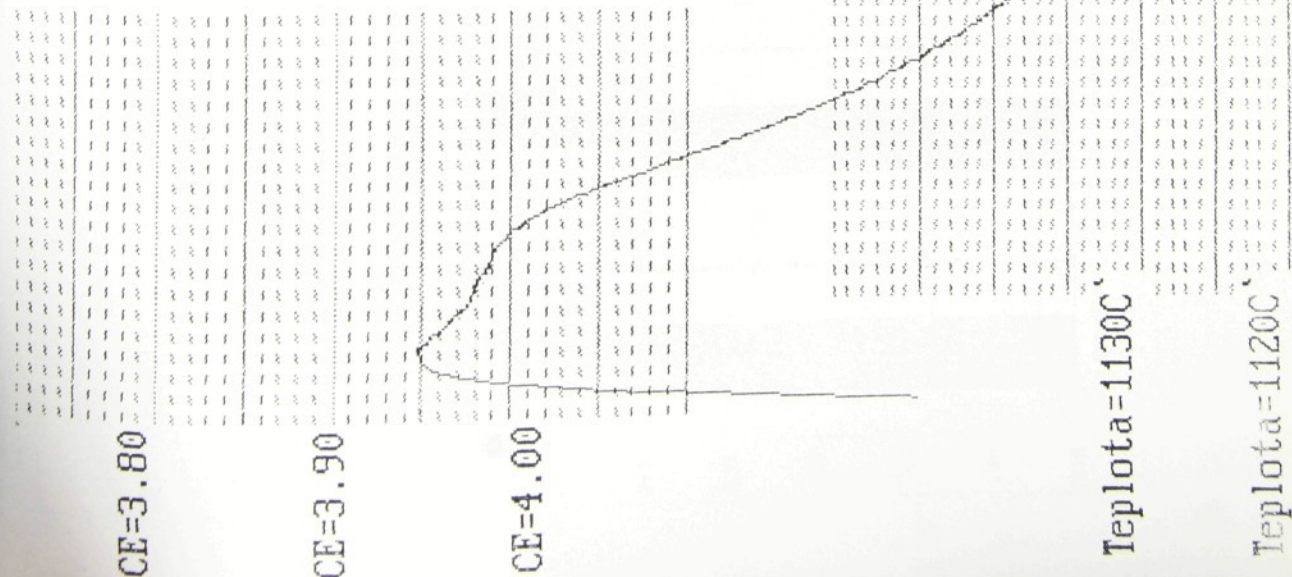
Obr. 24 Tvar, rozložení a velikost grafitu LLG (vzorek 6B)

Tabulka vyhodnocení struktur

Vzorek	Měřené místo	GRAFIT			PERLIT		CEMENTIT	
		Tvar	Rozložení	Velikost	Tvar	Obsah	Obsah	Velikost
1A	Roh						C 2	C _V 2000
	Okraj	I	D	7	P 1	P 70	C 2	C _V 2000
	Střed	I	C	4/5	P 1	P 96	C 2	C _V 2000
1B	Roh						C 25	C _V 2000
	Okraj	I	D	6	P 1	P 70	C 2	C _V 2000
	Střed	I	C	4	P 1	P	C 2	C _V 2000
2A	Roh						C 40	C _V 6000
	Okraj	I	D	5/6	P 1	P 45	C 2	C _V 2000
	Střed	I	C	4/5	P 1	P	C 2	C _V 2000
2B	Roh						C 40	C _V 2000
	Okraj	I	E	6	P 1	P 85	C 2	C _V 2000
	Střed	I	C	4	P 1	P 96	C 2	C _V 2000
4A	Roh						C 40	C _V 6000
	Okraj	I	D	6	P 1	P 70	C 2	C _V 2000
	Střed	80% I 20% I	A C	4 4	P 1	P	C 2	C _V 2000
4B	Roh						C 40	C _V 6000
	Okraj	I	D	6/7	P 1	P 70	C 2	C _V 2000
	Střed	I	A	4/5	P 1	P	C 2	C _V 2000
5A	Roh						C 40	C _V 6000
	Okraj	60% I 40% I	A D	4/5 6	P 1	P 85	C 2	C _V 2000
	Střed	I	A	3/4	P 1	P	C 2	C _V 2000
5B	Roh						C 40	C _V 2000
	Okraj	I	D	6	P 1	P 70	C 2	C _V 2000
	Střed	60% I 40% I	A C	4 4	P 1	P	C 2	C _V 2000
6A	Roh						C 2	C _V 2000
	Okraj	50% I 50% I	D A	6 5	P 1	P 70	C 2	C _V 2000
	Střed	I	A	3/4	P 1	P	C 2	C _V 2000
6B	Roh						C 40	C _V 6000
	Okraj	I	E	6/7	P 1	P 85	C 2	C _V 2000
	Střed	I	A	4	P 1	P	C 2	C _V 2000

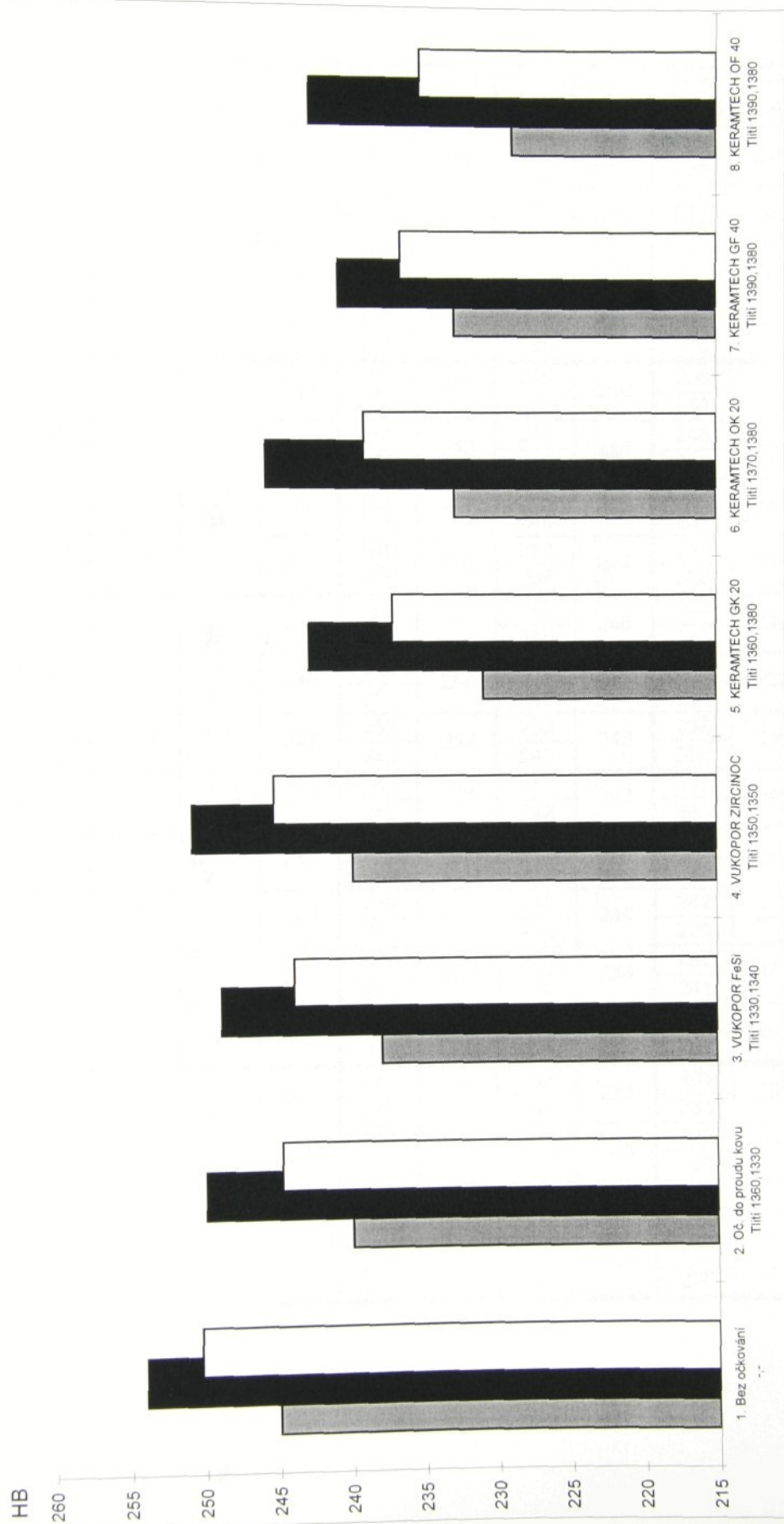
1802 Pondělí 12. Dubna 20:28 CE = 3,98

Křivka Teplota / Čas



Tvrdost podle Brinella HB 5/750/20

■ Minimální průměrná tvrdost daného místa série ■ Maximální průměrná tvrdost daného místa série □ Průměrná tvrdost série



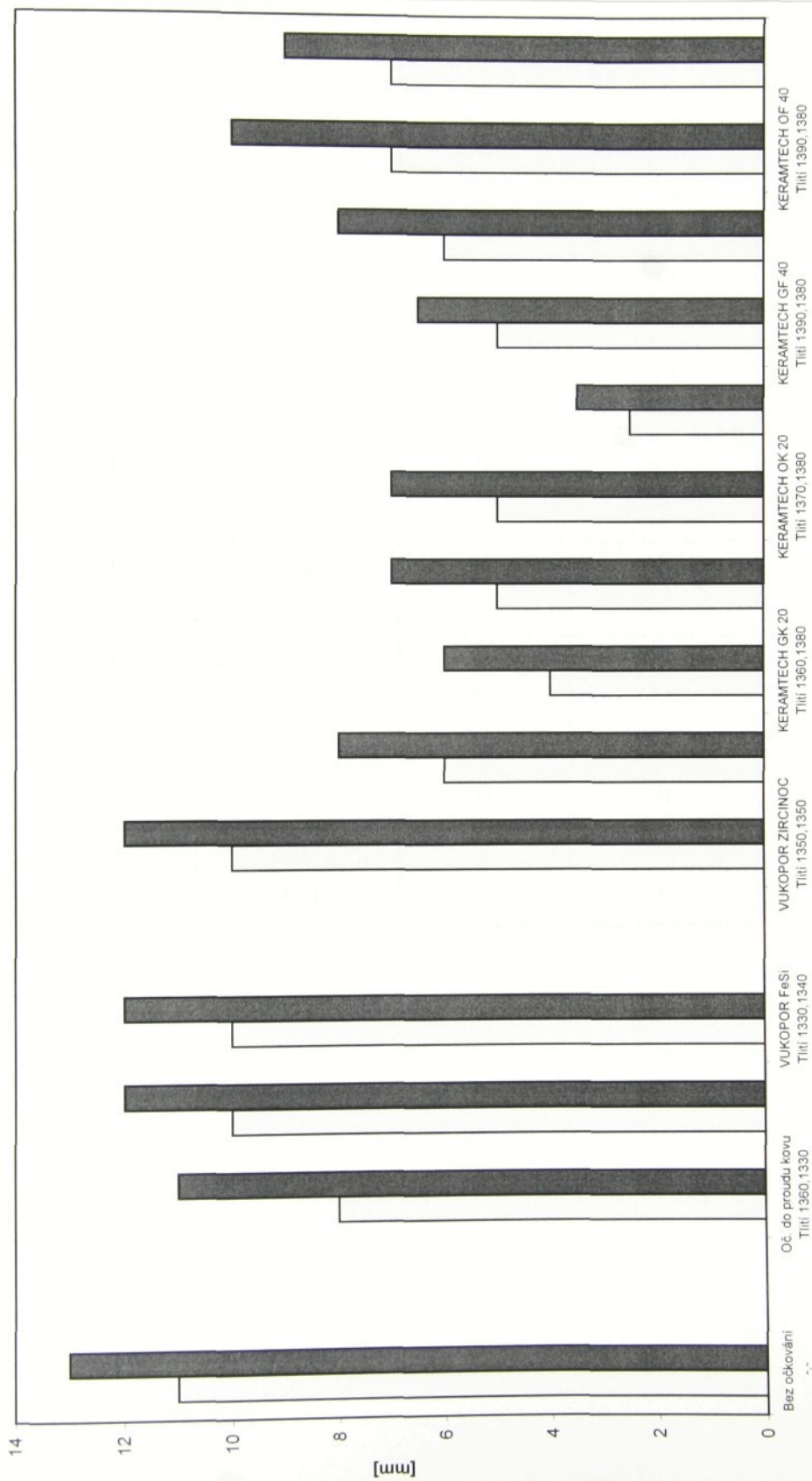
Tabulka naměřených hodnot tvrdosti HB 5/750/20

	ODLITEK číslo	Měřené místo 1	Průměr HB	Měřené místo 2	Průměr HB	Měřené místo 3	Průměr HB	Měřené místo 7	Průměr HB	Měřené místo 8	Průměr HB
Bez filtru, neočkováno	1	246	245	246	247	248	249	257	255	247	245
		243		248		249		252		243	
	1	241	245	247	253	245	249	248	245	246	245
		248		259		252		242		243	
	1	251	250	253	252	270	266	251	252	251	253
		248		251		262		253		254	
	1	241	242	256	257	253	254	257	257	255	251
		242		257		255		256		246	
Očkováno do proudu kovu	2	241	244	242	243	262	259	248	250	236	239
		246		243		256		251		242	
	2	246	244	248	250	248	249	249	248	246	246
		242		251		250		246		245	
	2	237	235	246	244	245	247	248	247	242	247
		233		241		248		246		251	
	2	239	238	243	243	246	246	250	244	242	239
		236		242		246		238		236	
Filtr VUKOPOR S10 + FeS	3	245	247	246	248	253	253	246	246	244	246
		249		249		253		246		247	
	3	234	235	246	245	248	250	247	248	234	233
		236		244		251		249		231	
	3	242	237	246	242	252	249	252	248	238	238
		232		237		245		243		238	
	3	239	234	253	253	251	247	252	247	235	240
		229		252		242		242		244	
Filtr VUKOPOR S10 + Želez	4	237	238	241	249	254	254	253	251	246	244
		238		256		253		248		242	
	4	244	246	250	249	249	250	248	246	242	240
		247		248		251		243		238	
	4	236	233	241	245	248	251	252	254	237	239
		230		248		253		256		241	
	4	245	243	237	241	246	247	253	252	251	241
		241		245		248		251		231	
Kombifiltr KERAMTECH GK 20	5	232	228	242	242	241	242	248	245	231	233
		224		242		242		241		234	
	5	229	228	238	240	247	242	247	248	230	239
		226		242		237		248		247	
	5	226	228	240	239	252	250	246	244	232	232
		230		238		248		241		231	
	5	228	229	233	231	229	232	226	227	228	227
		229		229		234		227		225	

	ODLITEK číslo	Měření místo 1	Průměr HB	Měření místo 2	Průměr HB	Měření místo 3	Průměr HB	Měření místo 7	Průměr HB	Měření místo 8	Průměr HB
Kombifiltr KERAMTECH OK 20	6	241	239	236	236	253	248	242	243	236	234
		236		236		243		243		232	
	6	237	236	239	241	245	243	241	241	238	239
		235		243		240		241		239	
	6	234	232	243	242	249	249	237	234	235	237
		229		240		248		231		238	
	6	232	234	243	243	243	241	247	247	238	241
		236		243		238		246		243	
	7	236	237	233	233	246	246	244	243	238	238
		237		233		246		242		238	
	7	228	230	233	231	252	248	249	248	232	237
		232		228		243		246		241	
Kombifiltr KERAMTECH GF 40	7	231	231	236	236	243	243	238	239	233	237
		231		235		243		240		240	
	7	242	241	238	237	245	247	248	246	233	238
		239		236		249		243		242	
	8	229	233	231	232	243	246	237	240	240	239
		236		233		248		242		238	
	8	229	227	231	230	226	229	238	237	229	230
		224		228		232		236		230	
	8	231	228	235	235	243	241	236	236	224	227
		224		234		238		236		229	
	8	231	231	243	242	248	246	239	239	238	233
		230		241		243		238		227	
Kombifiltr KERAMTECH OF 40	8	229	233	231	232	243	246	237	240	240	239
		236		233		248		242		238	
	8	229	227	231	230	226	229	238	237	229	230
		224		228		232		236		230	
	8	231	228	235	235	243	241	236	236	224	227
		224		234		238		236		229	
	8	231	231	243	242	248	246	239	239	238	233
		230		241		243		238		227	

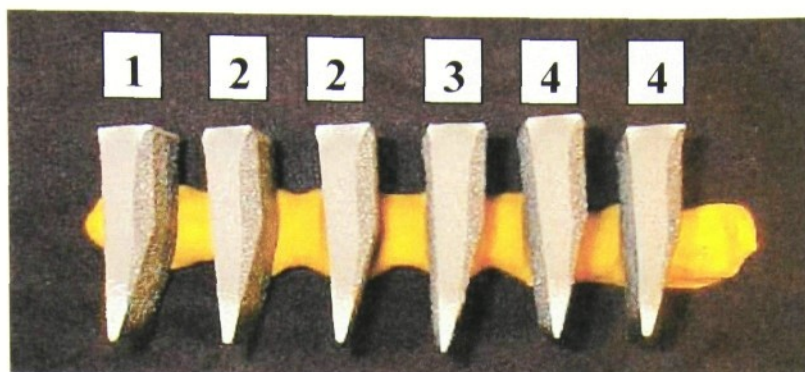
Hloubka pravé a celkové zákalky

□ Pravá zákalka ■ Celková zákalka

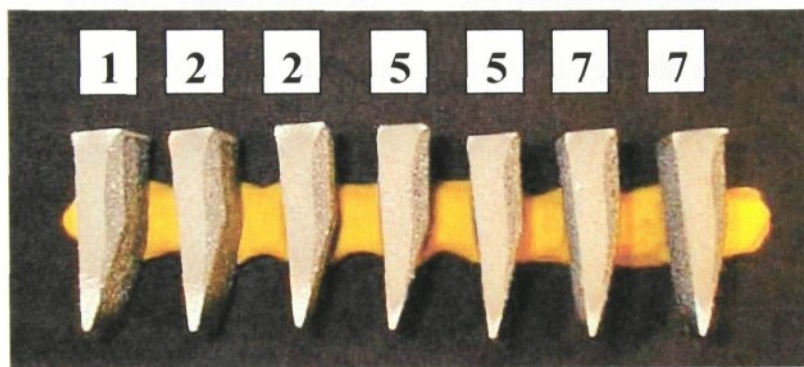


Tab. 1 Hloubka pravé a celkové zákalky

Serie	Teplota lití [°C]	Způsob očkování	Hloubka zákalky	
			pravá [mm]	celková [mm]
1	—, —	Bez očkování	11	13
			—	—
2	Tlití 1360,1330	Očkování do proudu kovu	8	11
			10	12
3	Tlití 1330,1340	VUKOPOR FeSi	10	12
			—	—
4	Tlití 1350,1350	VUKOPOR ZIRCINOC	10	12
			6	8
5	Tlití 1360,1380	KERAMTECH GK 20	4	6
			5	7
6	Tlití 1370,1380	KERAMTECH OK 20	5	7
			2,5	3,5
7	Tlití 1390,1380	KERAMTECH GF 40	5	6,5
			6	8
8	Tlití 1390,1380	KERAMTECH OF 40	7	10
			7	9



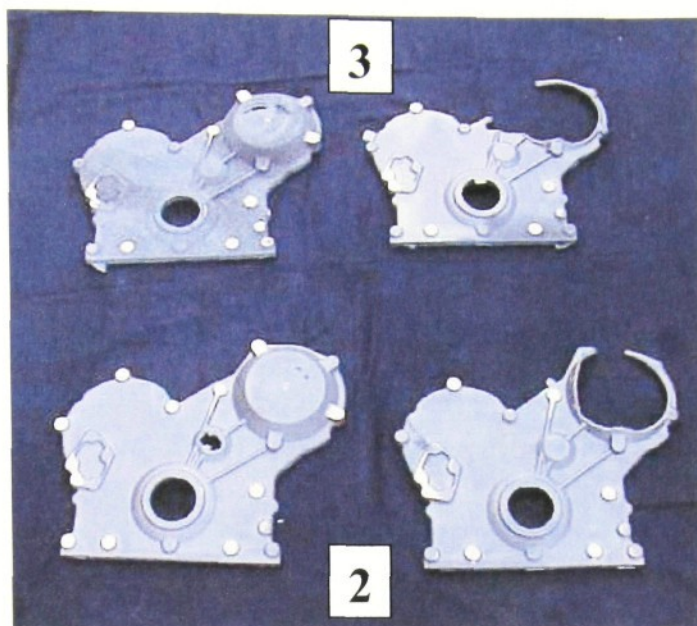
Obr. 1 Hloubka zákalky: (1) – neočkováno, (2) – očkováno do proudu kovu,
(3) – filtr VUKOPOR FeSi, (4) – filtr VUKOPOR Zircinoc



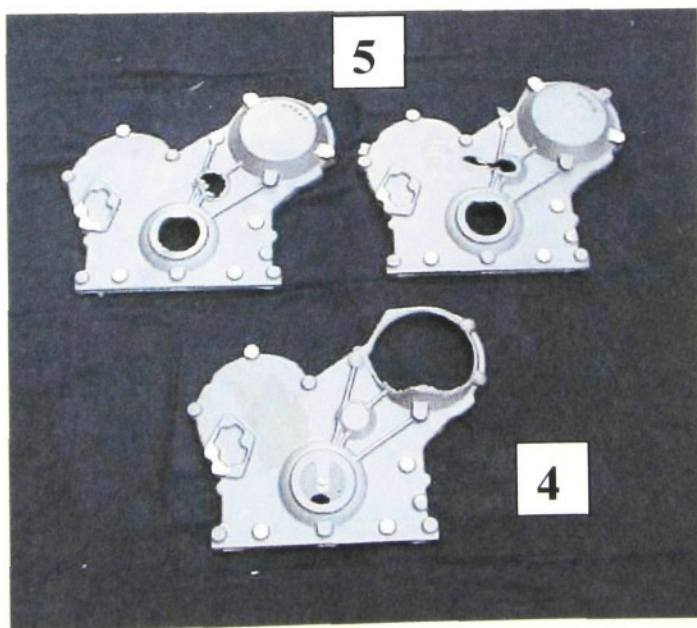
Obr. 2 Hloubka zákalky: (1) – neočkováno, (2) – očkováno do proudu kovu,
(5) – kombifiltr KERAMTECH GK 20, (7) – kombifiltr KERAMTECH GF 40



Obr. 3 Hloubka zákalky: (1) – neočkováno, (2) – očkováno do proudu kovu,
(6) – kombifiltr KERAMTECH OK 20, (8) – kombifiltr KERAMTECH OF 40



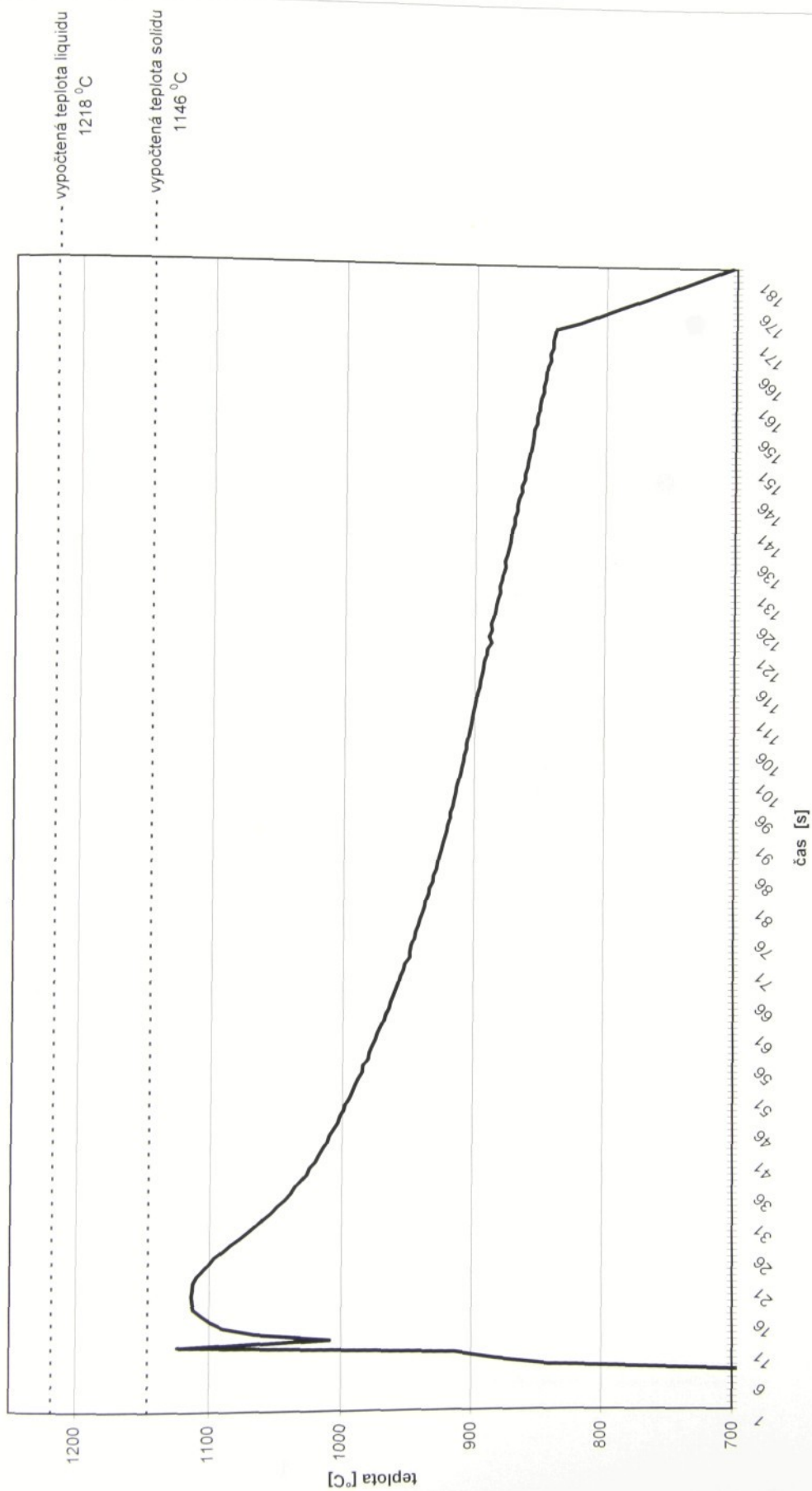
Obr. 1 Vady odlitků: (2) – očkováno do proudu kovu
(3) – očkováno pomocí filtru VUKOPOR FeSi



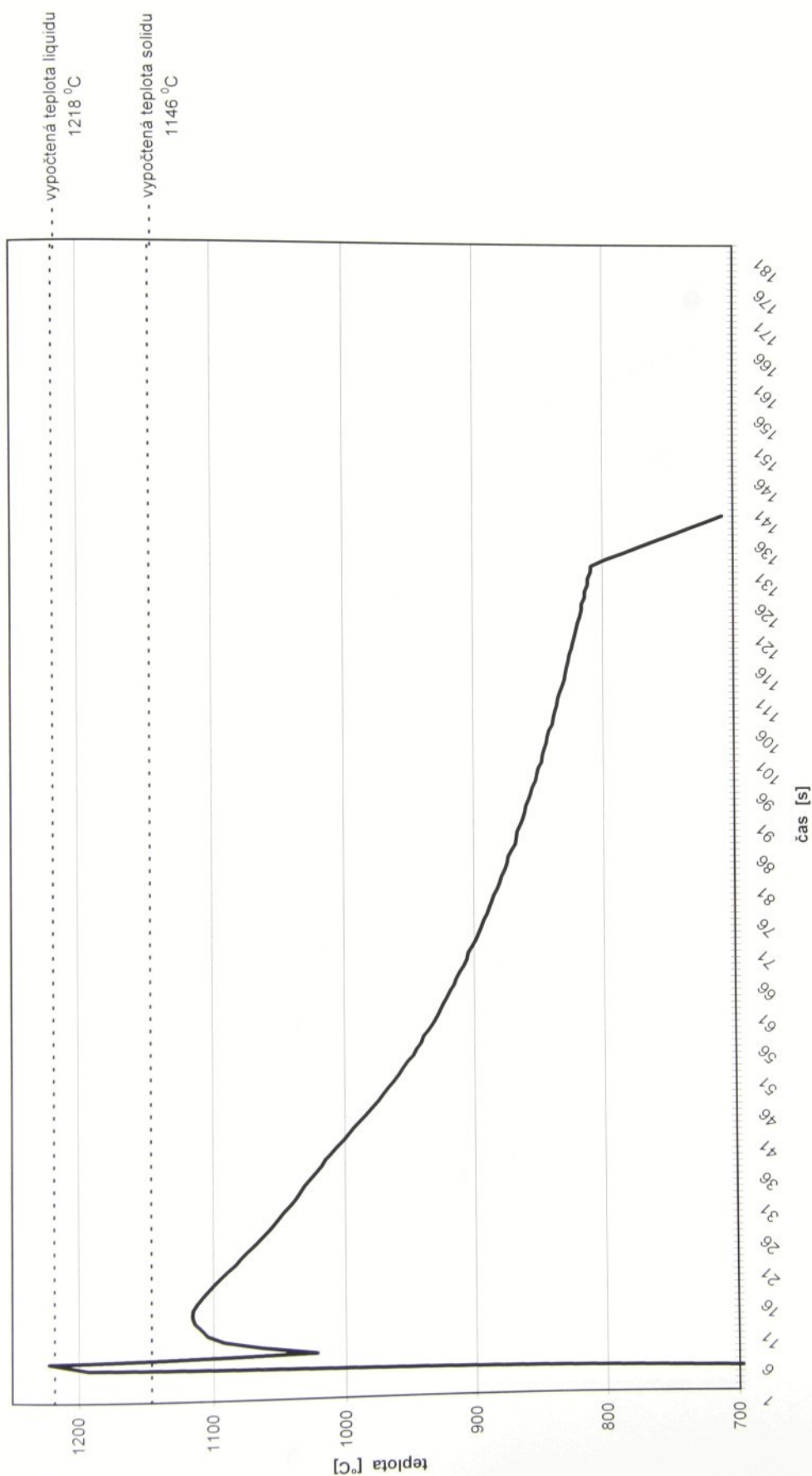
Obr. 2 Vady odlitků: (4) – použit filtr VUKOPOR Zircinoc
(5) – použity kombifiltry KERAMTECH GF, OF

PŘÍLOHA VI

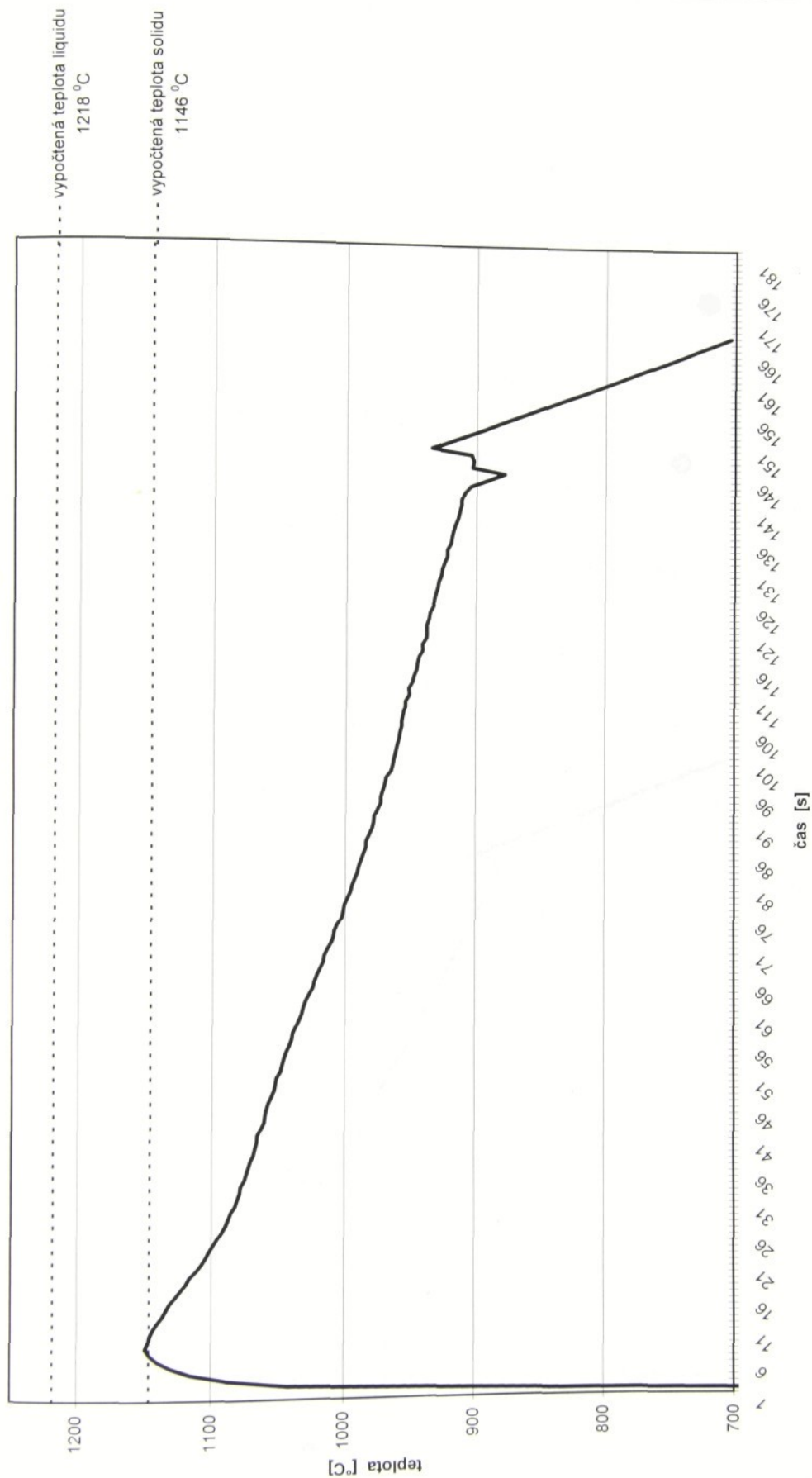
Křivka tuhnutí 1
bez filtru, neočkováno



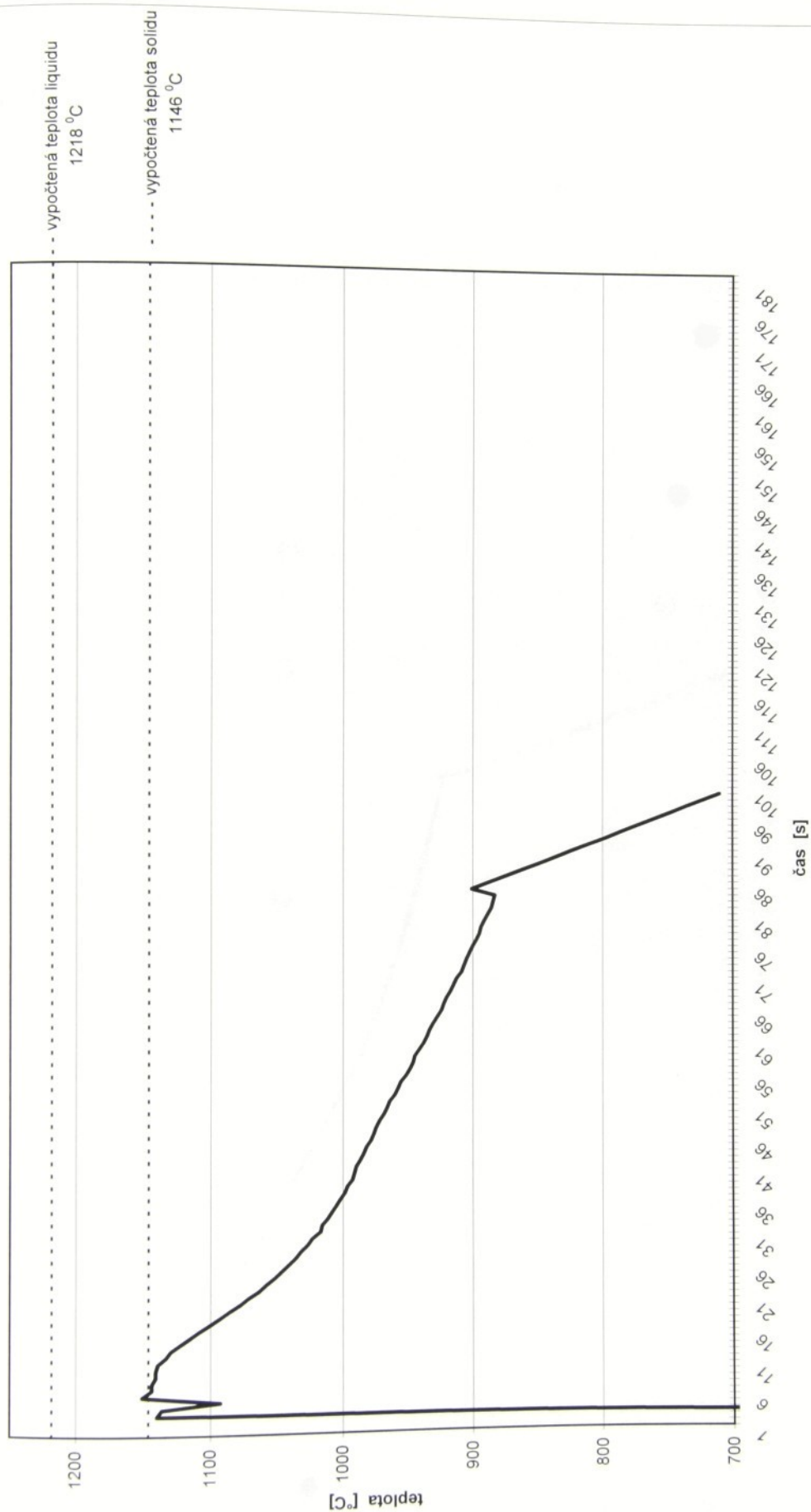
Křivka tuhnutí 2
očkováno do proudu kovu, keramický filtr bez očkovačla



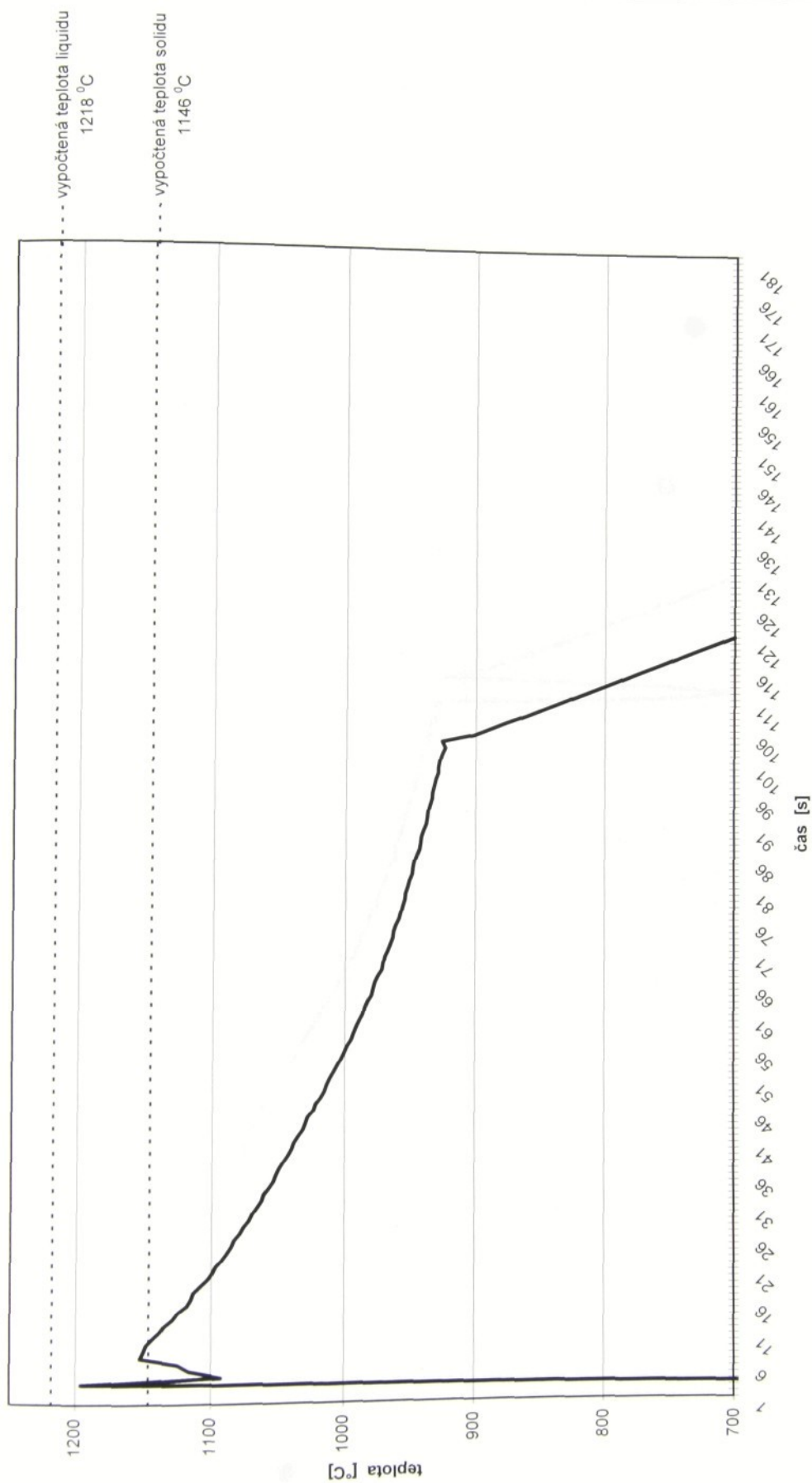
Křivka tuhnutí 3
Filtr VUKOPOR S10, očkovadlo FeSi



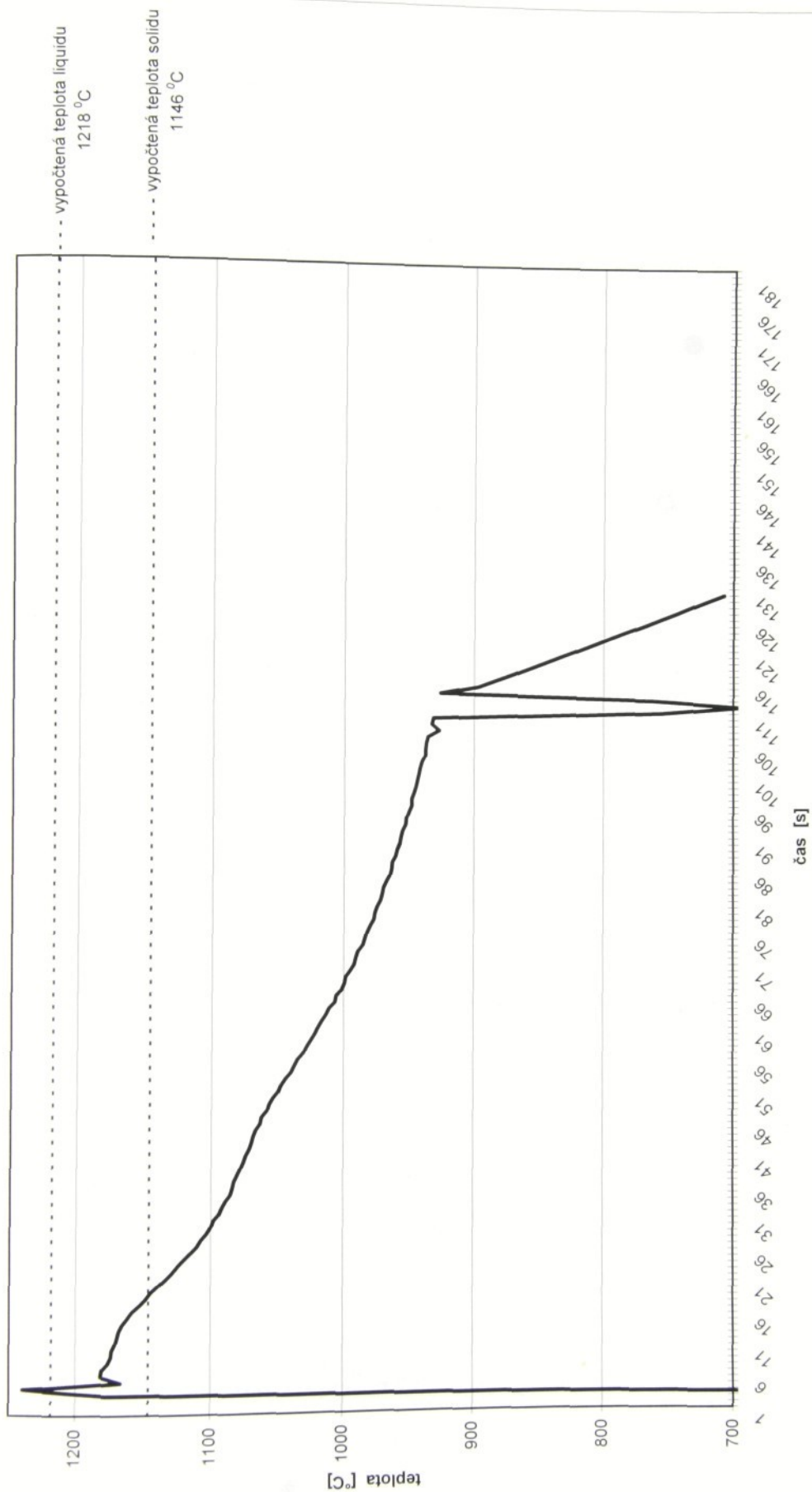
Křivka tuhnutí 4
Filtr VUKOPOR S10, očkovadlo ZIRCINOC



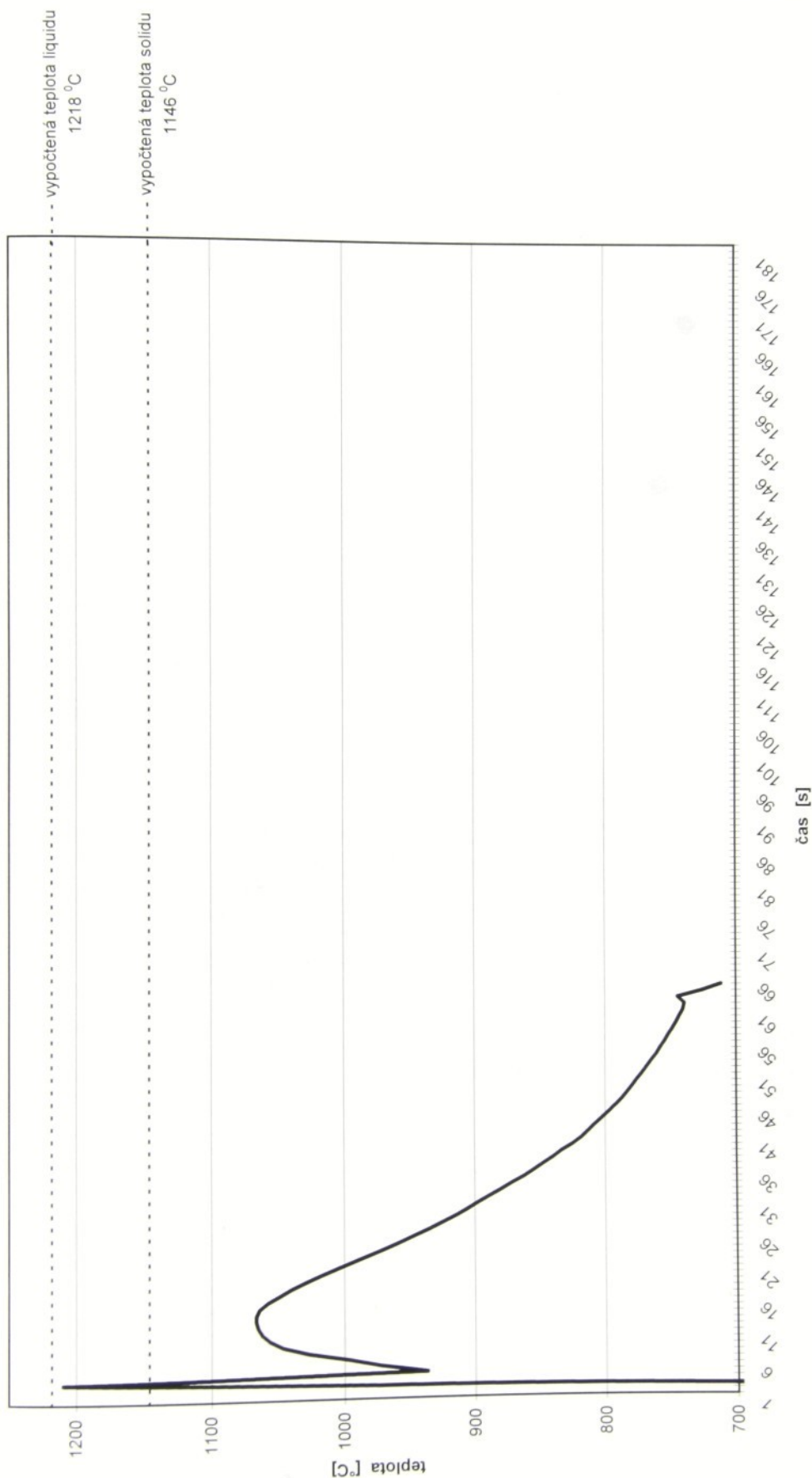
Křivka tuhnutí 5
Kombifiltr KERAMTECH GK 20



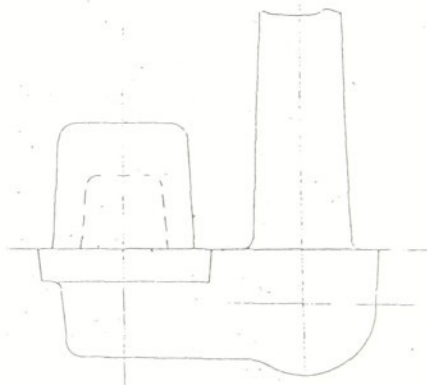
Křivka tuhnutí 6
Kombifiltr KERAMTECH OK 20



Křivka tuhnutí 7
Kombifiltr KERAMTECH GF 40



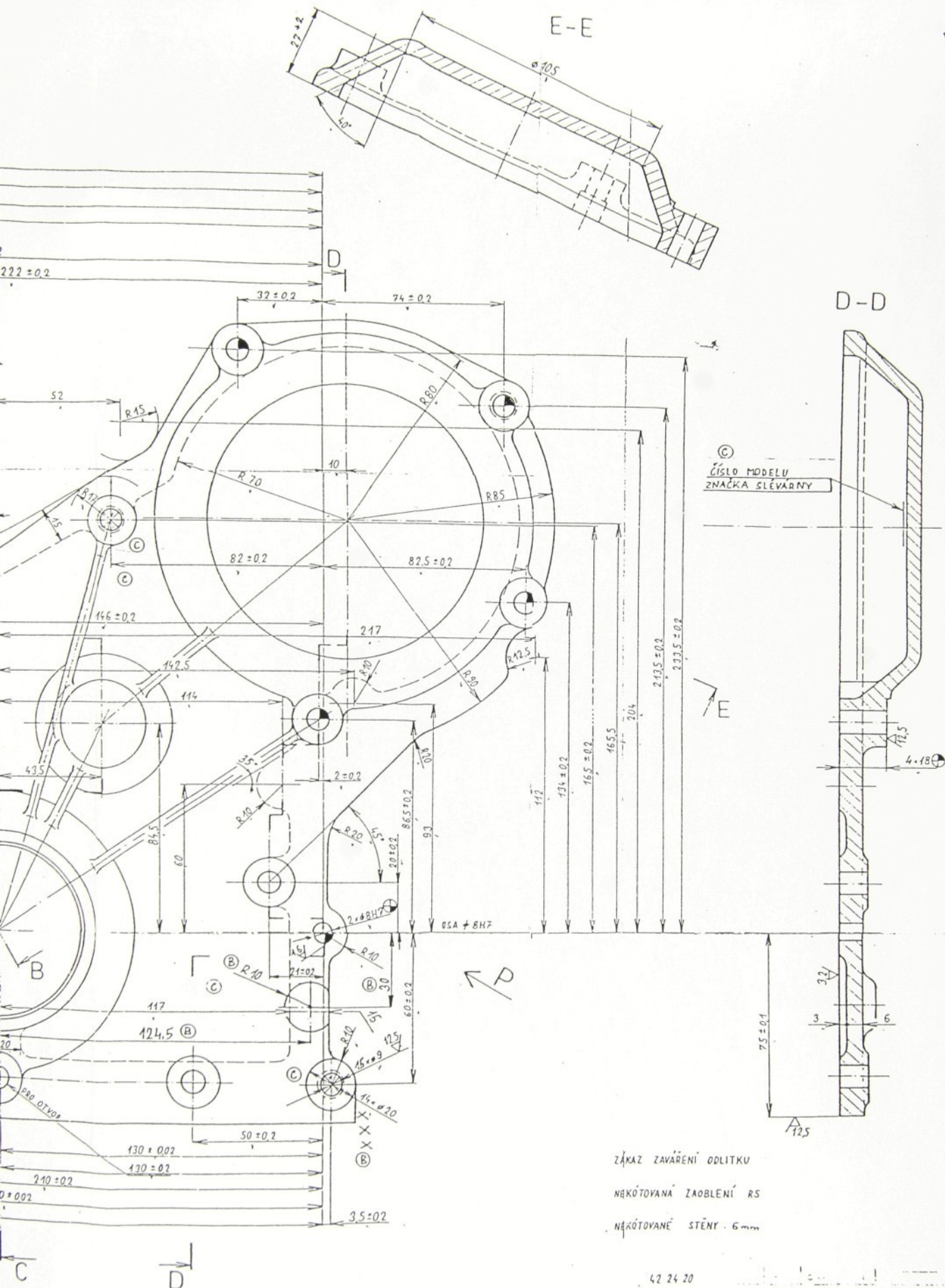
ПОИЛ: Р



VTOROVÝ KÚL NA VÝRESE SL. 1839 !

VTOE. JOUSTAVU PĚTĚVIT NA DESKY 61 1211 3. SL - 3. LÍD

DATE	DESCRIPTION	AMOUNT	BALANCE
1900	Jan 1		100.00
1901	Jan 1		100.00
1902	Jan 1		100.00
1903	Jan 1		100.00
1904	Jan 1		100.00
1905	Jan 1		100.00
1906	Jan 1		100.00
1907	Jan 1		100.00
1908	Jan 1		100.00
1909	Jan 1		100.00
1910	Jan 1		100.00
1911	Jan 1		100.00
1912	Jan 1		100.00
1913	Jan 1		100.00
1914	Jan 1		100.00
1915	Jan 1		100.00
1916	Jan 1		100.00
1917	Jan 1		100.00
1918	Jan 1		100.00
1919	Jan 1		100.00
1920	Jan 1		100.00
1921	Jan 1		100.00
1922	Jan 1		100.00
1923	Jan 1		100.00
1924	Jan 1		100.00
1925	Jan 1		100.00
1926	Jan 1		100.00
1927	Jan 1		100.00
1928	Jan 1		100.00
1929	Jan 1		100.00
1930	Jan 1		100.00
1931	Jan 1		100.00
1932	Jan 1		100.00
1933	Jan 1		100.00
1934	Jan 1		100.00
1935	Jan 1		100.00
1936	Jan 1		100.00
1937	Jan 1		100.00
1938	Jan 1		100.00
1939	Jan 1		100.00
1940	Jan 1		100.00
1941	Jan 1		100.00
1942	Jan 1		100.00
1943	Jan 1		100.00
1944	Jan 1		100.00
1945	Jan 1		100.00
1946	Jan 1		100.00
1947	Jan 1		100.00
1948	Jan 1		100.00
1949	Jan 1		100.00
1950	Jan 1		100.00
1951	Jan 1		100.00
1952	Jan 1		100.00
1953	Jan 1		100.00
1954	Jan 1		100.00
1955	Jan 1		100.00
1956	Jan 1		100.00
1957	Jan 1		100.00
1958	Jan 1		100.00
1959	Jan 1		100.00
1960	Jan 1		100.00
1961	Jan 1		100.00
1962	Jan 1		100.00
1963	Jan 1		100.00
1964	Jan 1		100.00
1965	Jan 1		100.00
1966	Jan 1		100.00
1967	Jan 1		100.00
1968	Jan 1		100.00
1969	Jan 1		100.00
1970	Jan 1		100.00
1971	Jan 1		100.00
1972	Jan 1		100.00
1973	Jan 1		100.00
1974	Jan 1		100.00
1975	Jan 1		100.00
1976	Jan 1		100.00
1977	Jan 1		100.00
1978	Jan 1		100.00
1979	Jan 1		100.00
1980	Jan 1		100.00
1981	Jan 1		100.00
1982	Jan 1		100.00
1983	Jan 1		100.00
1984	Jan 1		100.00
1985	Jan 1		100.00
1986	Jan 1		100.00
1987	Jan 1		100.00
1988	Jan 1		100.00
1989	Jan 1		100.00
1990	Jan 1		100.00
1991	Jan 1		100.00
1992	Jan 1		100.00
1993	Jan 1		100.00



ZÁKAZ ZAVĚŘENÍ ODLITKU

NEKÓTOVÁNÍ ZAOLBNÍ RS

NEKÓTOVÁNÉ STĚNY 6mm

ODLITEK MOŘEN NEBO PÍSKOVÁN

STUPĚŇ PŘESNOSTI ODLITKU PODLE ČSN 01 4470.3, NENÍ-LI TOLEROVÁNO JINAK

PŘEJÍMÁNÍ A DODÁVÁNÍ ODLITKŮ PODLE ČSN 42 1241.01

NETOLEROVÁNÉ ROZMĚRY $-L_1, -L_2, = \frac{L_3}{2}$ ČSN 01 4260

NEPŘEDPISANÉ TOLERANCE TVARU A POLOHY PODLE ČSN 01 4406

ODLITEK NATŘEN ZÁKLADNÍ BARVOU S 2000/0840

42 24 20

ČM. 13681

4.1.1995

30.1.95

7-2

212

D421

MOTOR

VÍKO SKŘINE
D07V0011

B-0351/96

B-0145/96

B-0313/95 NOVÝ VY

442-11013

Prohlášení k využívání výsledků BP:

Jsem si vědom toho, že bakalářská práce je majetkem školy a že s ní nemohu sám bez svolení školy disponovat, a že bakalářská práce může být zapůjčena či objednána (kopie) za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že po 5ti letech si mohu bakalářskou práci vyžádat v Univerzitní knihovně TUL v Liberci, kde je uložena.

Jméno a příjmení : Jiří Kerlik
Adresa : Šafaříkova 4205, Chomutov 430 03
Podpis : 