

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI  
nositelka Řádu práce

FAKULTA STROJNÍ

Obor 23 - 07 - 8  
strojírenská technologie  
zaměření  
strojírenská metalurgie

Katedra materiálů a strojírenské technologie

Název diplomové práce :

ROZBOR VLASTNOSTÍ ODLITKŮ TRMENŮ A DRŽÁKŮ  
OSOBNÍHO VOZU Š 781

číslo : KMM - 334

PAVEL BARBORA

Vedoucí diplomové práce : Doc. Ing. Jiří Horyna, CSc  
VŠST Liberec  
Konzultant : Milan Kolář  
Autobrzdy Jablonec

Rozsah práce a příloh :  
počet stran 41  
počet tabulek 0  
počet obrázků 26  
počet příloh 4  
počet výkresů 0

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA  
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076272

Liberec srpen 1990

strojn<sup>í</sup> a textiln<sup>í</sup>  
Vysoká škola: v Liberci ..... Fakulta: ..... strojn<sup>í</sup> .....  
Katedra: materiálu a strojírenské ..... Školní rok: ..... 1989/90 .....

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro ..... Pavel B A R B O R A .....  
obor ..... strojírenská technologie .....

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

Název tématu: Rozbor vlastností odlitků třmenů a držáků  
osobního vozu Š 781

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se se stávajícím způsobem výroby odlitků třmenů a držáků pro vůz Š 781 v n.p. Autobrzdy Jablonec n/N.
2. Proveďte rozbor vlastností těchto odlitků. Při řešení se zaměřte- zejména na :  
a/ posouzení struktur odlitků  
b/ proměřte mechanické vlastnosti zejména tvrdost odlitků
3. Dosažené výsledky vyhodnoťte a formulujte opatření k dosažení co nejvyšší a rovnoměrné jakosti těchto součástí.

V 73/90 S  
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 1  
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: cca 50 stran textů

Seznam odborné literatury:

Technická dokumentace součástí, která je k dispozici v podniku  
Autobrzdy Jablonec n/N

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jiří Horyna, CSc

Konzultant: M. Kolář - Autobrzdy, Jablonec n/N

Datum zadání diplomové práce: 11.9.1989

Termín odevzdání diplomové práce: 17 srpna 1990



*Zdeněk Holubec*  
Doc. Ing. Zdeněk Holubec, CSc

Vedoucí katedry

*Vladimír Prašil*  
Prof. Ing. Vladimír Prašil, DrSc

Děkan

V Liberci dne 5.9. 1989

PROHLÁŠENÍ

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

*Pavel Barbora*  
Pavel Barbora

V Liberci dne 17. srpna 1990.

Děkuji Doc. Ing. Jiřímu Horynovi, CSc za řadu cenných rad a připomínek při zpracování mé diplomové práce. Taktéž děkuji Miroslavu Novotnému za pomoc při zjišťování podkladů a údajů potřebných k vypracování diplomové práce.

## OBSAH

	strana
Seznam zkratk a symbolů ..	5
1. Úvod ..	6
2. <u>Současný stav a problematika brzdového ústrojí - třmen a držák třmenu</u> ..	7
3. <u>Teoretická část</u> ..	9
3.1 Krystalizace tvárné litiny ..	10
3.2 Eutektoidní přeměna ..	13
3.3 Výroba tvárné litiny ..	14
3.4 Tepelné zpracování tvárné litiny ..	16
3.5 Obrobitelnost tvárné litiny ..	16
4. <u>Vlastní výroba odlitků držáku a třmenu brzdového ústrojí</u> ..	17
4.1 Vsázkové a pomocné metalurgické materiály ..	17
4.2 Tavení a odlévání ..	18
4.3 Výroba forem a jader ..	18
4.4 Zkoušení materiálu taveniny ..	19
4.5 Zkoušení mechanických vlastností ..	20
4.6 Nejčastější slévárenské vady u odlitků držáku a třmenu ..	20
5. <u>Experimentální část</u> ..	21
5.1 Metalografický rozbor třmenu ..	21
5.2 Metalografický rozbor držáku třmenu ..	27
6. <u>Shrnutí výsledků metalografických rozborů</u> ..	36
7. Závěr ..	37
8. Seznam literatury ..	40
Seznam příloh ..	41

## SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

$V_1$	$^{\circ}\text{C/s}$	-	mezná rychlost grafitické krystalizace
$V_2$	$^{\circ}\text{C/s}$	-	mezná rychlost ledeburitické krystalizace
$T_{ES}$	$^{\circ}\text{C}$	-	teplota stabilního eutektika
$T_{EM}$	$^{\circ}\text{C}$	-	teplota metastabilního eutektika
$L_S$		-	křivka počátku tvorby metastabilního eutektika
$L_F$		-	křivka konce tvorby metastabilního eutektika
$G_S$		-	křivka počátku tvorby stabilního eutektika
$G_F$		-	křivka konce tvorby stabilního eutektika
$R_m$	MPa	-	mez pevnosti v tahu
$R_p$	MPa	-	mez kluzu
$A_b$	%	-	tažnost na krátké tyčce
$L_o$	mm	-	měřená délka zkušební tyčky
$L_t$	mm	-	celková délka tyčky
$d_o$	mm	-	průměr zkušební tyčky
$p_b$	MPa	-	tlak v brzdě
$F_{ob}$	N	-	obvodová třecí síla /zatížení držáku /
$r_k$	mm	-	činný poloměr třecí síly
TPP		-	technické přejímací podmínky

## 1. Ú V O D

V průmyslové výrobě patří grafitické litiny k nejpoužívanějším kovovým materiálům pro své výhodné slévárenské a mechanické vlastnosti. Lze z nich odlévat složité součásti nejrůznějších tvarů a rozměrů.

Použití litin v automobilovém průmyslu do značné míry ovlivňuje hmotnost vozidel a tím i hospodárnost provozu. Jejich kvalita je jedním z hlavních faktorů určujících životnost a spolehlivost vozidel.

Výraznou kvalitativní změnou v procesu výroby grafitických litin bylo nalezení takových způsobů ovládní krystalizace, které vedou k vyloučení grafitu ve tvaru zrn.

Takto získaná litina známá pod pojmem "tvárná" se technologickými vlastnostmi podstatně neliší od litiny šedé, ale její pevnostní a plastické charakteristiky jsou podobně jako u ocele určovány především vlastnostmi kovové matrice.

Při nahrazení ocele tvárnou litinou lze díky její menší měrné hmotnosti dosáhnout asi 10%ní úspory hmotnosti.

Vedle menší měrné hmotnosti má tvárná litina i jiné přednosti. Zejména je to lepší obrobiteľnost, lepší kluzné vlastnosti, větší tlumící schopnost, menší vrubová citlivost aj.

Přesto je však podíl výrobků z tvárné litiny na celkové výrobě odlitků ze slitin železa v ČSFR velmi nepříznivý.

V roce 1985 představovala výroba odlitků z tvárné litiny 2 % z celkového objemu slévárenské výroby, zatímco v průmyslově vyspělých zemích byla tato výroba patnáctinásobná.

Ve své diplomové práci se zabývám výrobou a vlastnostmi odlitků z tvárné litiny - třmenů a držáků osobního automobilu Škoda 781. Tyto díly jsou součástí brzdového ústrojí. Jejich kvalita a bezporuchovost patří mezi faktory, které ovlivňují bezpečnost silničního provozu.



## 2. SOUČASNÝ STAV A PROBLEMATIKA BRZDOVÉHO ÚSTROJÍ

### TŘMEN - DRŽÁK

Kotoučová brzda "girling" je brzda s plovoucím třmenem. Jde o licenční výrobek zakoupený v první polovině 80. let od firmy Girling Lukas /Anglie/ pro vozidlo Škoda 781 /Favorit/. Licence tohoto poměrně moderního výrobku byla zakoupena bez technologie vlastní výroby. Vývoj technologie odlitku byl zajištěn podnikem ČZM Strakonice na základě výkresové dokumentace dodané s.p. Autobrzdy Jablonec. Vlastní sériové výroba je realizována s.p. Motor České Budějovice na zařízeních dostupných v ČSFR. Jedná se o výrobu těchto tří odlitků:

1. držák č.v. BK 4542 obr. 12
2. třmen levý č.v. BK 4543
3. třmen pravý č.v. BK 4544 obr. 6

Vzhledem k tomu, že na bezvadné a bezporuchové funkci odlitků závisí bezpečnost provozu automobilu, jsou kladeny vysoké požadavky na dodržení všech technologických podmínek a to zvláště v oblasti zkoušení a kontroly materiálu.

Kromě prováděných kontrol přímo ve slévárně /viz kap. 4/ se zkoušejí hotové třmeny a držáky tak, aby splňovaly předepsané technické normy.

Třmen musí splňovat 100 %ní těsnost při tlaku vzduchu 14 - 16 MPa a odolat lomu při max. zatížení do 30MPa. U kompletu třmen - držák se zkouší jejich životnost na zkušebním stavu /hydraulickém/, který simuluje provozní podmínky. Podle technických podmínek firmy Girling Lukas musí výrobky vydržet 150 000 cyklů /zabrždění - odbrždění/ při rychlosti náběhu tlaku do brzdy 48 - 60 MPa/s na hodnotu 7 MPa. Při těchto životnostních zkouškách vyvstal problém praskání držáku třmenu již při malém počtu cyklů. Lom nastává ve stále stejném místě /obr. 12/. Při zkouškách v AB jsem zjistil, že

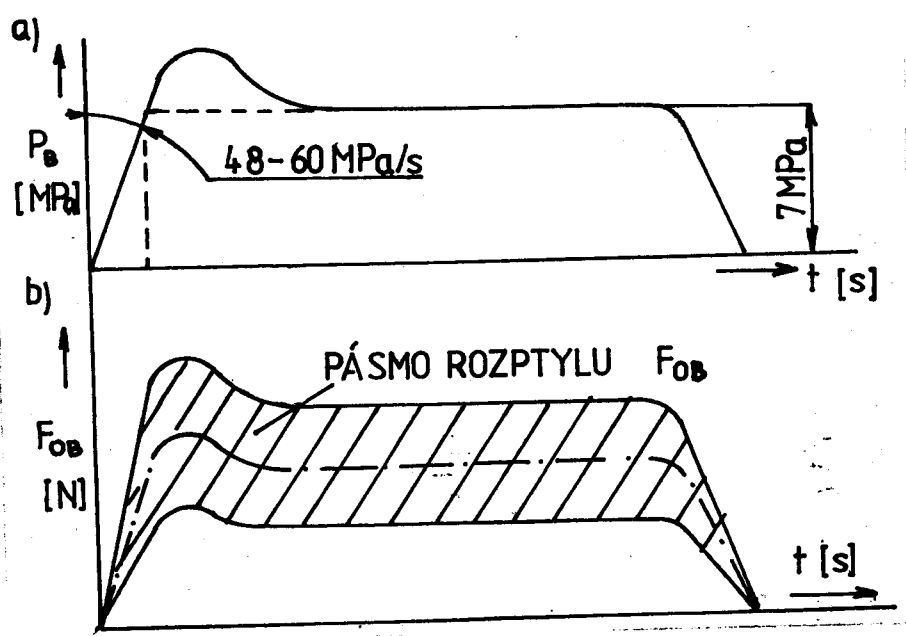
se používají sériově vyrobené brzdové destičky. Výrobce udává toleranci v třecích vlastnostech destičky až 15 %. Ve skutečnosti bývají tolerance u některých destiček i vyšší. Jelikož koeficient tření je přímo úměrný brzdě síle, může nastat případ, kdy velikost této tangenciální síly se pohybuje v širokém rozmezí i při konstantním tlaku v brzdě. Grafické znázornění je na obr. 1a,b. Podmínky zkoušky potom nejsou pro všechny výrobky stejné.

S ohledem na skutečnost praskání držáků při životnostní zkoušce, se začala měřit tažnost materiálu na zkušební tyčce odebrané z místa předepsaného výkresem. Měření ukázala, že tažnost se pohybuje pod hranicí, kterou předepisuje ČSN příslušného materiálu. Rozměry zkušební tyčinky však neodpovídají pravidlům krátké tyčky /viz obr. 13/. Měří se tažnost  $A_3$ , technické podmínky předepisují  $A_5$ .

Mimo praskání držáků se objevil problém špatné obrobiteľnosti u třmenů i držáků. Dochází k rychlému opotřebení nebo zalomení nástrojů.

Bližší informace o výrobě a rozboru materiálu kotoučové brzdy jsou uvedeny v následujících kapitolách.

Obr. 1a Graf závislosti průběhu tlaku na čase  
Obr. 1b Graf závislosti průběhu brzdě síly na čase



### 3. TEORETICKÁ ČÁST

Litiny jsou mnohokomponentní slitiny železa s uhlíkem /a dalších příměsí jako Si, Mn, P, S/, jehož obsah se nejčastěji pohybuje od 2,5 do 4 hmotnostních procent /1/.

Nejdůležitější z příměsí je křemík pohybující se v množství od 0,3 do 4,0 hmotnostních procent. Proto bývají litiny považovány za potrojně slitiny Fe - C - Si, /2/.

Pro tuto komplikovanou slitinu se při studiu fázových přeměn používají pseudobinární diagramy /řezy ternárních diagramů při konstantním obsahu jedné z komponent/, /2/.

Příměsí posouvají body a křivky přeměn diagramů do jiných koncentrací - křemík a fosfor doleva, mangan doprava /1/.

Polohu eutektického bodu při známém složení litiny lze vypočítat pomocí empirických rovnic tzv. uhlíkového ekvivalentu Ce a stupně eutektičnosti Sc /1/.

Obsah uhlíku v litině je tedy vyšší než činí jeho maximální rozpustnost v austenitu.

Přebytečný podíl uhlíku je ve struktuře litiny přítomen jako grafit nebo cementit. Litina s cementitem je známá jako litina bílá a je výchozím produktem pro výrobu temperované litiny /3/.

Má-li proběhnout grafitizace litiny je nutné, aby křemík byl přítomen v dostatečném množství a překonal tak vliv manganu, který podporuje stabilizaci cementitu. Tím docílíme, že ve struktuře se bude nacházet grafit ve stavu primárním, lupínkovitého tvaru. Jde o takzvanou šedou litinu s charakteristickým šedým lomem.

Tato litina je rozšířeným konstrukčním materiálem pro své výborné slévárenské vlastnosti.

Její mechanické hodnoty jsou však nepříznivě ovlivněny tvarem vyloučeného lupínkovitého grafitu. Vnitřní vrubový účinek grafitu omezuje zvyšování pevnosti na úroveň pevnosti kovové matrice /4/, /5/. Snížení vnitřního vrubového účinku částic grafitu lze dosáhnout změnou jejich tvaru.

Nejpříznivější situace nastává při kulovitěm tvaru částic grafitu, kterým se vyznačuje tzv. litina tvárná, jejíž krystalizací, výrobou, vlastnostmi a tepelným zpracováním se budu dále zabývat.

### 3. 1. KRYSTALIZACE TVÁRNÉ LITINY

Představy o krystalizaci a tvorbě kuličkového grafitu nejsou dosud jednotné a existuje několik teorií o jejich průběhu.

Fázová přeměna se uskutečňuje nukleací zárodků pevné fáze a jejich růstem. Nelze však přesně určit zda se jedná o nukleaci homogenní či heterogenní.

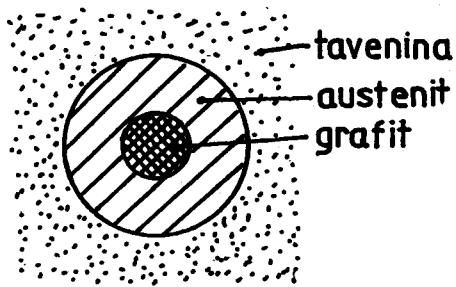
Podle dnes všeobecně uznávané představy začíná krystalizace tvárné litiny nukleací zárodků grafitu, které potom určitou dobu rostou v přímém styku s taveninou /4/, jde o růst začátkem eutektické krystalizace.

Po uplynutí této doby vznikají na hranici mezi grafitem a taveninou zárodky austenitu, které rostou a postupně obklopují částice grafitu. Jde o eutektickou krystalizaci, během níž se vytvoří stabilní eutektikum /A + G/ ve tvaru eutektických buněk /viz obr. 2a/.

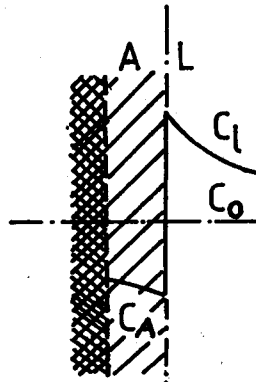
Grafit tedy může růst ve styku s taveninou nebo austenitem a nebo pouze difúzně, růstem uzavřeného grafitu přes austenitickou obálku.

Vlivem podstatně menší rozpustnosti a rychlosti difúze uhlíku austenitem nastává hromadění atomů uhlíku před hranicí austenit - tavenina. Tento stav je znázorněn na obr. 2b.

Obr. 2a  
Eutektická  
buňka /A + G/



Obr. 2b  
Model rozdělení  
uhlíku v okolí hranice  
austenit - tavenina



Zvýšená koncentrace uhlíku před hranicí austenitu může být vyrovnána jednak difúzí atomů uhlíku do okolní taveniny a jednak usměrněným vytěsňováním dalších prvků přítomných v litině.

Okolí částic grafitu bude obohaceno křemíkem a dalšími prvky zvyšujícími aktivitu uhlíku, jejichž přechod do austenitu je snazší než u uhlíku. Prvky snižující aktivitu uhlíku jako Mn, Cr, Mo a další se budou udržovat v tavenině.

Takto obohacená tavenina tuhne v závěrečném údobí krystalizace.

Z uvedeného vyplývá, že nerovnoměrné rozložení prvků v kovové matici tvárné litiny není náhodné. Usměrněné odmíšení, které při krystalizaci nastává, lze vysvětlit na základě termodynamické úvahy o rovnováze /5/ mezi taveninou a vznikajícím krystalem tuhého roztoku.

Bylo také prokázáno, že stupeň odmíšení se zvyšuje s rostoucí vzdáleností mezi částicemi grafitu /4/. U velkých odlitků, kde je rychlost ochlazování menší, se projeví i menší

rychlost nukleace grafitu a dosáhne se obecně vyššího stupně odmíšení. V místě nejvyšších koncentrací karbidotvorných prvků vzniklých odmíšením je snížena plasticita matrice, čímž je nepříznivě ovlivňován mechanismus deformace tvárné litiny při jejím namáhání v pružně plastické oblasti.

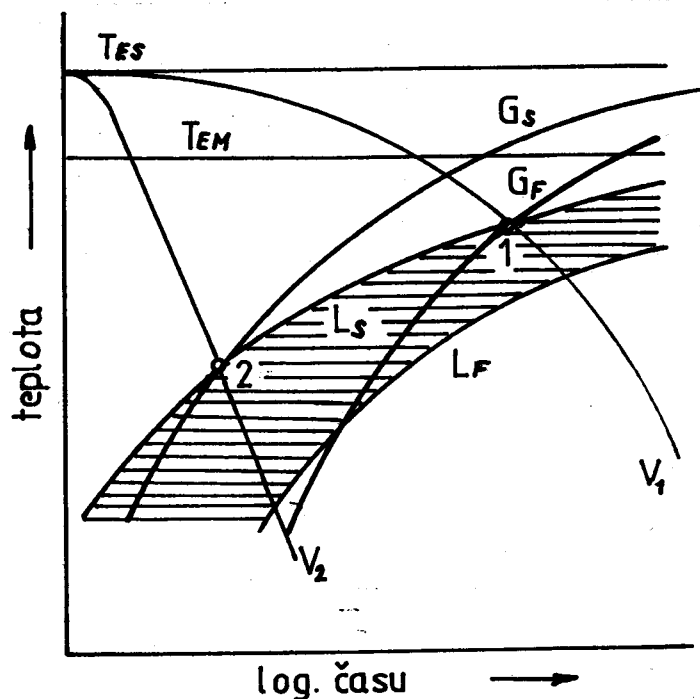
Při pomalém tuhnutí může uhlík difundovat ze vzdálenějších míst taveniny, austenitická obálka se vytvoří později a tak dojde ke vzniku relativně velkých zrn grafitu. Při velké rychlosti tuhnutí je to naopak.

Existuje mezní rychlost grafitické krystalizace /4/, při které se ještě tavenina přemění na grafitické eutektikum.

Při vyšších rychlostech ochlazování sice krystalizace začne tvorbou grafitového eutektika, ale po jistém stupni přeměny nastane reakce metastabilní a zbylá tavenina se přemění na ledeburit /A + Cem/. Přemění-li se veškerá tavenina na ledeburit, ochlazovací rychlost nazýváme jako meznou rychlost ledeburitické krystalizace.

Model diagramu anizotermické krystalizace stabilního a nestabilního eutektika je na obr. 3

Obr. 3



- $v_1$  mezná rychlost grafitické krystalizace  
 $v_2$  mezná rychlost ledeburitické krystalizace

Kvantitativní představu o hodnotách mezních rychlostí lze získat pomocí čelní zkoušky krystalizace /4/. Profesor E. Dorazil o krystalizaci tvárné litiny uvádí /6/: "Mechanismus nukleace a růst eutektika se zrnitým grafitem není dosud uspokojivě vysvětlen. I když otázkám krystalizace litin je věnována trvalá pozornost po desetiletí, mají poznatky získané studiem této problematiky dosud pouze kvalitativní charakter. Tato skutečnost současně dokumentuje složitost i obtížnost studia eutektické transformace v soustavě Fe - C - Si."

### 3. 2. EUTEKTOIDNÍ PŘEMĚNA

Průběh eutektoidní přeměny nám ovlivní vznik budoucí základní matrice. Mezi eutektickým a eutektoidním intervalem teplot se z cementitu vylučuje uhlík a jako sekundární grafit se připojuje na již existující částice eutektického nebo i primárního grafitu.

Proběhne-li eutektoidní přeměna austenitu zcela podle stabilní rovnováhy za vzniku grafitického eutektoidu /F + G/, základní matrice bude feritická. Perlitická základní kovová hmota vznikne přeměnou podle rovnováhy metastabilní za vzniku metastabilního eutektoidu /F + Cem/. Kovová základní hmota feriticko - perlitická vznikne kombinací stabilní a metastabilní přeměny. Jednotlivé přeměny jsou znázorněny v IRA a ARA diagramech /3/, podle nichž řídíme ochlazování tak, aby nám vznikla požadovaná struktura.

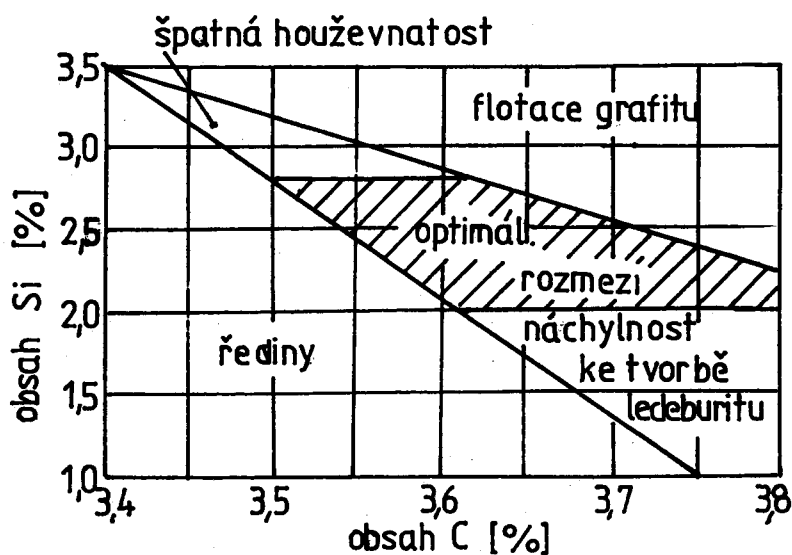
### 3. 3. VÝROBA TVÁRNÉ LITINY

Pro slévárenské účely jsou nejvýhodnější slitiny eutektického složení. Obsah uhlíku a křemíku může být oproti šedé litině vyšší /5/.

Optimální rozmezí obsahů uhlíku a křemíku je znázorněno na obr. 4.

Chemické složení nelegovaných tvárných litin se pohybuje v tomto rozmezí: 3,2 - 4,10 % C, 1,80 - 2,80 % Si, do 0,80 % Mn, do 0,1 % P a max. 0,03 % S.

Obr. 4



K posouzení polohy slitiny vzhledem k eutektickému bodu na základě chemického složení se u litin používá tzv. stupeň eutektičnosti  $S_c$  nebo uhlíkového ekvivalentu  $C_e$ .

Nejjednodušeji je stupeň eutektičnosti definován empirickým vztahem:

$$S_c = \frac{\%C}{4,26 - 1/3 \times \%Si}$$



Výroba jakostní tvárné litiny vyžaduje pečlivý výběr vsázkových materiálů, který musí mít nízký obsah fosforu, chromu, titanu, olova, vizmutu a dalších prvků brzdících grafitizaci. Důležitý je nízký obsah síry ještě před očkovením taveniny hořčíkem nebo cerem, neboť oba prvky se vyznačují vysokou afinitou k síře. Po přidání těchto prvků do taveniny nastává nejdříve reakce se sírou resp. i s kyslíkem a teprve jejich zbytek se rozpouští v tavenině. Doporučuje se, aby obsah síry v tavenině nepřekročil 0,02 %.

Protože teplota tavení čistého hořčíku je  $650^{\circ}\text{C}$  a teplota varu  $1090^{\circ}\text{C}$ , dochází k jeho vypařování /po naočkování/. S rostoucí teplotou se tlak hořčíkových par zvyšuje /4/. Aby očkování neohrozilo bezpečnost pracovníků, používají se dva odlišné postupy:

- 1/ očkování tvárné litiny pod tlakem
- 2/ očkování pomocí předslitiny vyšší teplotou tání.

Metody založené na těchto principech /např. přelévací metoda Sandwich, Trigger, Tundisch - Cover, ponořovací .../ jsou popsány v /7/.

#### VOLBA PŘEDSLITINY

Při volbě předslitiny musíme brát v úvahu:

- a/ Výchozí obsah síry v tavenině, kterou potřebujeme modifikovat
- b/ Změny v základním složení tvárné litiny
- c/ Reaktivitu předslitiny

Vznik kuličkovitého grafitu v tvárné litině je podmíněn přítomností asi 0,05 % zbytkového Mg /7/. Mg vnášený do taveniny se váže na S a odsiřuje litinu asi na hodnotu 0,01 % S. Tento podíl Mg je pro vlastní modifikaci ztracen.

Potřebné množství předslitiny nutné pro získání kuličkového grafitu lze vypočítat /7/. Tvárná litina se podobně jako šedá taví v kuplovně. Možná je též výroba v elektrických indukčních pecích /8/.

### 3. 4. TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

K nejužívanějším způsobům tepelného zpracování odlitků z tvárné litiny patří feritizační žíhání, tepelné zušlechťování a povrchové kalení /4/. Operací vysloveně zaměřenou k nápravě nedostatků je grafitizační žíhání, při něm se uskutečňuje rozpad ledeburitického cementitu vytvořeného při krystalizaci.

### 3. 5. OBROBITELNOST TVÁRNÉ LITINY

Obrobitelnost je důležitou technologickou operací a závisí na dodržení předepsané struktury při obrábění určitými reznými podmínkami. Obrobitelnost se zhoršuje výskytem ledeburitu ve struktuře a také vyšším obsahem perlitu v základní kovové matici než je předepsaný. Špatná obrobitelnost materiálu má negativní dopad na provoz zejména automatických obráběcích linek v sériové výrobě.

Obrobitelností brzdových třmenů se podrobněji zabývá diplomová práce KMM - 348 /9/.

#### 4. VLASTNÍ VÝROBA ODLITKU DRŽÁKU A TŘMENU BRZDOVÉHO ÚSTROJÍ

Současný stav a zkušenosti z výroby odlitků brzdové soustavy z tvárné litiny jsou uveřejněny ing. Strázkým /10/. Požadavky na materiál výrobku jsou dány TPP a ČSN.

Chemické složení: C = 3,3 - 3,9 %  
Si = 2,0 - 3,0 %  
Mn = 0,20 - 0,50 %  
P<sub>max</sub> = 0,1 %  
S<sub>max</sub> = 0,025 %  
Mg = 0,3 - 0,6 %

Mechanické vlastnosti jsou dány ČSN 42 23 05.

Rm /MPa/	Rp 0,2 /MPa/	A /%/	HB
500	320	7	170 - 240

Požadovaná mikrostruktura je dána ČSN 42 04 61. Základní kovová hmota: feriticko - perlitická /bez volného cementitu/.

Uhlík vyloučen ve formě kuličkového grafitu typu VI + V /80 %/.

Odlitky jsou složitých tvarů o hmotnostech:

držák 0,90 kg  
třmen 2,20 kg

Doba odlévání s ohledem na hmotnost tekutého kovu ve formě je cca 12 s.

#### 4. 1. VSÁZKOVÉ A POMOCNÉ METALURGICKÉ MATERIÁLY

Pro sestavení vsázky se používá surového železa typu P 12 - IA - I, převážně však P 12 - IA - I - III s vyšším obsahem Mn.

Jako grafitizačního očkovadla se používá 75 % FeSi zrnění 6 - 12 mm v průměrném množství přídavku 1,1 % z hmotnosti tavenin.

Jako modifikátoru se používá VL 53,63 vše M /tzn. obsah Ce/ nebo LITVAR 5 Ce v průměrném množství 1,4 %.

Jako zásypového materiálu na grafitizační a modifikační slitiny používáme ocelový odpad z hlubokotažných plechů třídy ČSN 11 nebo litinových třísek.

Při odlévání držáků třmenů se leguje tavenina max. 0,3 % mědi přímo v tavicí peci, aby se zabránilo vzniku hranových zákalek. Pro nauhličení se používá smolný koks. Vratný materiál je z provenience slévárny.

#### 4. 2. TAVENÍ A ODLÉVÁNÍ

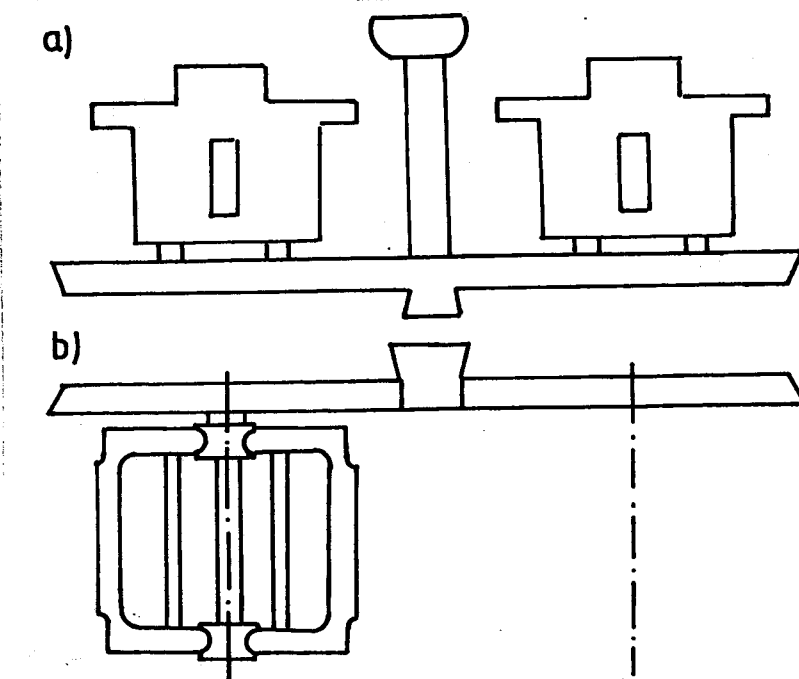
Tavení se provádí v elektrických indukčních pecích typu INTOL 6 v počtu tří pecí, z toho ve dvou se taví a třetí opravuje. Pece jsou napájeny proudem síťové frekvence z pecního transformátoru. Tavení se provádí při teplotách 1 480 - 1 520°C. Po natavení se provádí zkoušky na chemické složení a klínková zkouška. Tavenina se přelévá do modifikační pánve, která je uzpůsobena pro metodu Tundisch - Cover. Po proběhnutí reakce a stažení strusky se z této pánve odlévá. Odlévání se provádí u automatické formovací linky. Teplota při lití se pohybuje v rozmezí 1 450 - 1 360°C.

#### 4. 3. VÝROBA FOREM A JADER

Výroba forem pro odlitky třmenů a držáků probíhá na automatické formovací lince metodou VMT na syrovo.

Průměrná vlhkost formovací směsi je okolo 3 %. Poloha dělicí roviny formy je vertikální. Umístění a počty odlitků ve formě jsou patrné ze schematického znázornění na obr. 5.

Obr. 5a, 5b Poloha odlitků třmenu a držáku ve formě



Jádra třmenu jsou vyrobena ze skořepinové směsi vstřelováním. Parametry foukání, rozměry a mechanické vlastnosti jader jsou uvedeny v závěrečné vývojové zprávě /11/.

Výpočty vtokových soustav pro odlitky třmenů i držáků jsou zpracovány v průběžné vývojové zprávě /12/.

#### 4. 4. ZKOUŠENÍ MATERIÁLU TAVENINY

Zkoušky taveniny určené pro tvárnou litinu se provádí na těchto zařízeních:

- a/ DELTA CII, kde se určuje termoelektricky obsah Si a C, v poslední době i stupeň nodularizace

b/ ARL 3460, kde se provádí kontrolní měření na 14 prvků. Vzorek ke zkouškám má průměr 40 mm o tloušťce 3mm, odlévaná do Cu kokily

c/ klínová zkouška

Měření teploty taveniny v peci se provádí digitálním pyrometrem nebo kartušemi přes registrační zařízení Delta CII.

#### 4. 5. ZKOUŠENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ

Mechanické vlastnosti jsou stanoveny ze vzorků odebraných z odlitků třmenu i držáku v místě předepsaném na výkrese. Provádí se zkouška tahem se zjištěním  $R_m$  /MPa/,  $R_p$  /MPa/,  $A_5$  /%/. Stanovené hodnoty musí být ve shodě s ČSN 42 23 05.

Měření tvrdosti se provádí v místech stanovených v TPP Brinellovou metodou /HB 10/3 000/10 - 15/.

#### 4. 6. NEJČASTĚJŠÍ SLÉVÁRENSKÉ VADY U ODLITKŮ TŘMENU A DRŽÁKU

Zadrogeniny - jsou rozsety po celém odlitku, k nim přistupují i různá "odrobení" hran.

Staženiny a řediny - příčiny mohou být: v "povolování" či "rozestupování" forem na lince, nevhodné chemické složení nebo nízká odlévací teplota.

Nesprávná struktura - výskyt ledeburitu ve struktuře, který zhoršuje obrobitelnost, může být způsoben nedostatečným očkovaním nebo dlouhým odstáním modifikované taveniny.

Důležitá je doba působení očkovačla v tavěnině. Po určité době dochází k vyhoření očkovačla, jeho účinek pak mizí

a litina obsahuje vyšší procento křemíku.

Nevyhovující mechanické vlastnosti - na mechanické vlastnosti  $R_m$ ,  $R_p$ , tažnost a tvrdost má vliv kromě tvaru grafitu a vnitřních vad odlitku také podíl perlitu v základní kovové hmotě. Při vysokém obsahu perlitu /80 %/ tvrdost stoupá i bez volného cementitu na hodnoty vyšší jak 240 HB a tažnost klesá i pod 5 %.

## 5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro stanovení struktury odlitku a posouzení jejich mechanických vlastností a jakosti, jsem provedl výběr třmenů i držáků v s. p. Autobrzdy Jablonec n/N.

### 5. 1. METALOGRAFICKÝ ROZBOR TŘMENŮ

U třmenů jsem při výběru vzorků postupoval s ohledem na naměřené hodnoty tvrdosti v místech, kde se výrobek obrábí vrtáním. Místo je znázorněno na obr. 6. V době výběru vzorků třmenů se totiž objevila problematika obrábění tvrdých kusů. /Rychlé otupení nebo zalomení vrtáku./

Provedl jsem postupně výběr pěti kusů vzorků třmenu.

1/ vzorek označený č. 34. 1. 89

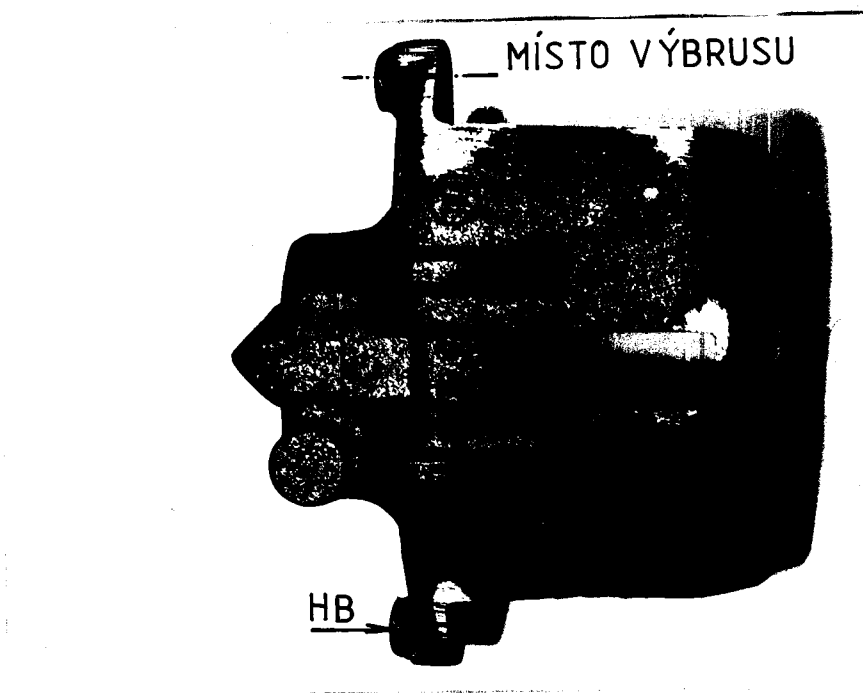
2 a 3/ vzorky označené č. 42. 1. 89

4/ vzorek označený č. 19. 3. 90

5/ vzorek označený č. 22. 4. 89

/22 - týden lití, 4 - den v týdnu, 89 - rok výroby/

Obr. 6 Odlitek třmenu s vyznačenými místy pro měření tvrdosti a metalografický výbrus



Cílem šetření vzorků bylo posouzení struktur odlitek s ohledem na naměřené hodnoty tvrdosti. Tvrdost odlitek byla měřena dle ČSN 42 03 71. Jedná se o zkoušku tvrdosti podle Brinella s použitím kuličky o průměru 10 mm a zatížení 3 000 N.

Vzorky k metalografickému výbrusu byly odebrány pomocí rozbrušovací pily za intenzivního chlazení v místě označeném na obr. 6. Vzorky byly zality do dentacrylu. Broušení jsem postupně prováděl na brusných kotoučích o zrnitosti 220, 400, 600 na zařízení METASIMEX /NDR/. Konečné leštění bylo provedeno na koženém kotouči s použitím leštící emulze FEROGEN 1. K vyvolání struktury byl použit 3% nital. K pozorování struktur a jejich nafocení bylo použito zařízení NEOPHOT 2 /NDR/.



## VNĚJŠÍ PROHLÍDKA VZORKŮ

Vnější prohlídkou jsem zjistil, že vzorky 1, 2 a 4 nevykazovaly žádné podstatnější slévárenské vady. Na vzorcích 3 a 5 byly patrné zadrobeniny a různé malé "odrobení" hran. Vzorek č. 5 byl mechanicky opracován soustružením a vrtáním. Byl povrchově upraven zinkováním. V tenké části byl výrobek rozlomen údajně při tlakové zkoušce třmenu. Vzorek 3 byl také mechanicky opracován soustružením, ale otvory byly vrtané pouze do té hloubky, než došlo k zalomení vrtáku.

## VÝSLEDKY METALOGRAFICKÝCH ROZBORŮ A TVRDOSTÍ VZORKŮ TŘMENŮ

### Vzorek č. 1, 2 a 3.

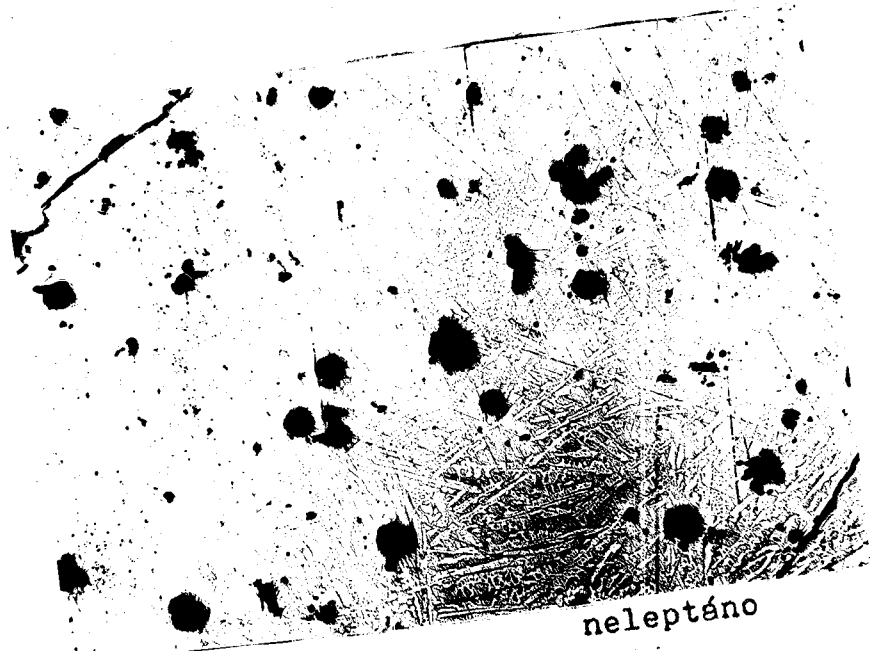
Měřením tvrdosti byla u těchto vzorků stanovena tvrdost:

vzorek 1	283 HB
vzorek 2	266 HB
vzorek 3	387 HB

Pozorovaná struktura byla u všech tří vzorků obdobná, proto výsledky struktur uvádím společně.

Stav a rozložení grafitu ve vzorku 1 je na obr. 7.

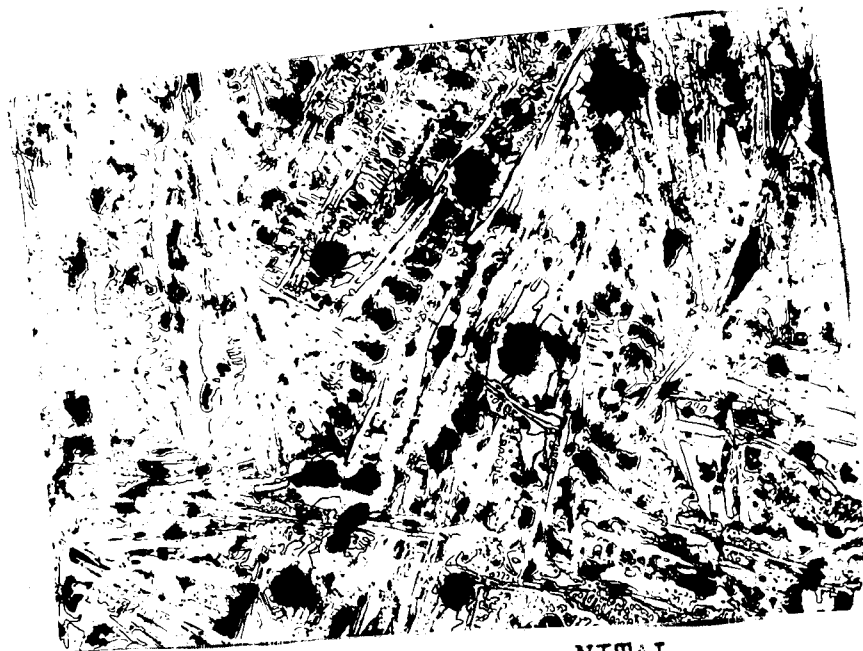
Grafit je pravidelně zrnitý /VI/ a nedokonale zrnitý /V/ velikosti 6 - 7. Jednotlivé globule velmi rozdílných velikostí. Po průřezu bylo rozmístění globulí nerovnoměrné. V rozích snímku jsou vidět čárové oxidické vměstky. Struktura po naleptání je na obr. 8. Základní kovová hmota je tvořena ledeburitickým cementitem. Struktura odpovídá zvýšené tvrdosti vzorku.



100 x

neleptáno

Obr. 7 Rozložení grafitu ve vzorku 1



200 x

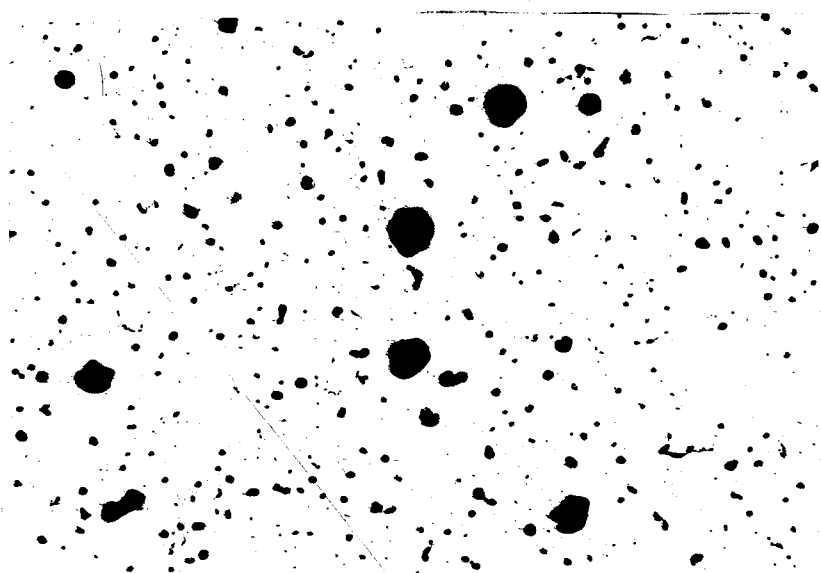
NITAL

Obr. 8.

#### Vzorek č. 4.

Měřením tvrdosti byla stanovena tvrdost 216 HB.

Ve sledovaném vzorku na obr. 9 je grafit rozložený v podobě globulí pravidelně zrnitých /VI/ a nedokonale zrnitých /V/. Jednotlivé globule jsou až příliš odlišné svojí velikostí. Základní kovová hmota je feriticko - perlitická s obsahem perlitu do 60 %. Ferit je vyloučen ve dvorcích. Struktura je obdobná jako na vzorku držáku 91 52 na obrázku 15.



100 x

neleptáno

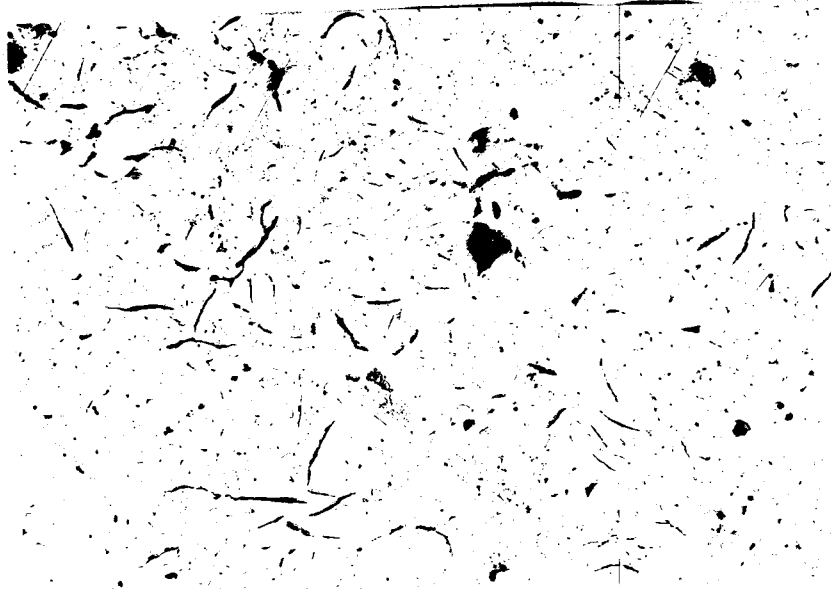
Obr. 9 Rozložení grafitu ve vzorku 4

#### Vzorek č. 5.

Tvrdost vzorku byla stanovena 116 HB.

Grafit rozložen po průřezu nerovnoměrně jako smíšený místy různicovitý. Velikost grafitu je 5 - 8. Feritická základní matrice odpovídá nízké tvrdosti. Rozložení grafitu a stav po naleptání na obr. 10 a 11.

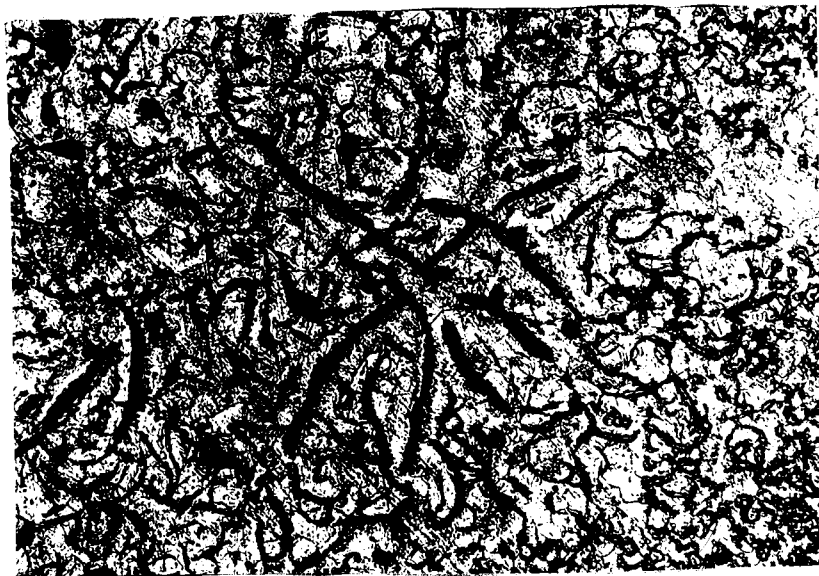
Chemické složení uvedených vzorků třmenů je v příloze 1.



100 x

neleptáno

Obr. 10 Rozložení grafitu ve vzorku 5



200 x

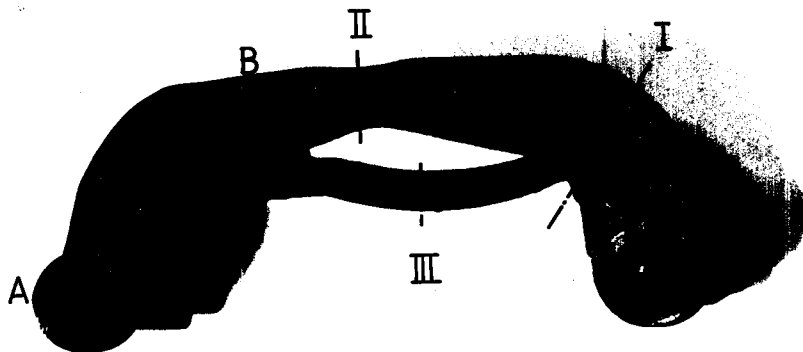
NITAL

Obr. 11

## 5. 2. METALOGRAFICKÝ ROZBOR DRŽÁKŮ TŘMENU

K šetření struktur a mechanických vlastností jsem náhodně vybral pět kusů držáků. Měření tvrdosti bylo provedeno obdobným způsobem jako u třmenů v místech vyznačených na obr. 12, písmeny A a B.

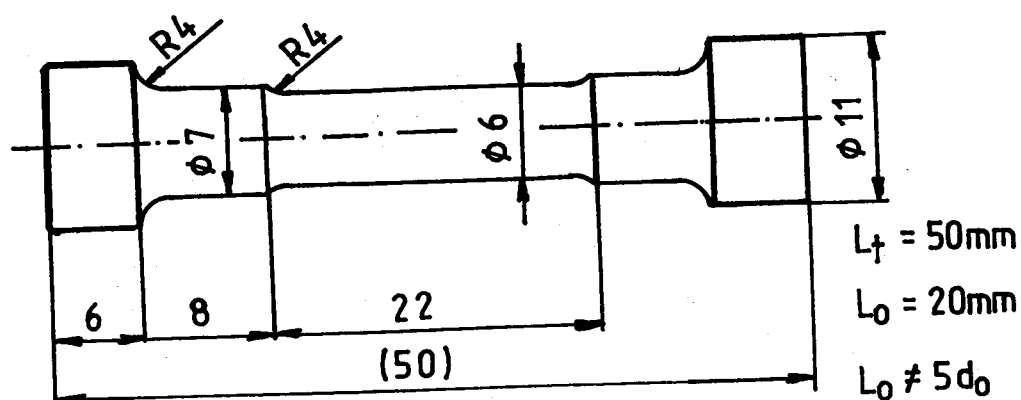
Odběr vzorků pro metalografický výbrus jsem provedl ruční pilou na kov ve třech místech držáku z důvodu tvarové složitosti odlitku. Jedná se o různé velikosti průřezu držáku. Jeden výbrus jsem vždy provedl z výsledovaného místa praskání třmenu při životnostní zkoušce. Místa odběru vzorku jsou znázorněna na obr. 12 čísly I až III. / I - výsledované místo praskání/



Obr. 12 Držák třmenu s vyznačenými místy pro měření tvrdosti a odběr vzorku k metalografickému pozorování

U některých vzorků třmenu /viz dále/ byla měřena tažnost a pevnost materiálu na zkušební tyčince vyrobené ze silné části třmenu /dle výkresové dokumentace/. Tyčinka není normalizovaných rozměrů /viz obr. 13/.

Postup přípravy vzorků pro metalografický rozbor byl analogický jako u vzorků třmenů.



Obr. 13 Zkušební tyčinka

Vybrané vzorky držáku třmenu:

- 1/ vzorek označený č. 91 52
- 2/ vzorek označený č. 03 08
- 3/ vzorek označený č. 03 08 /tepeně zpracovaný žiháním/
- 4/ vzorek označený č. 92 15
- 5/ vzorek označený č. 02 16

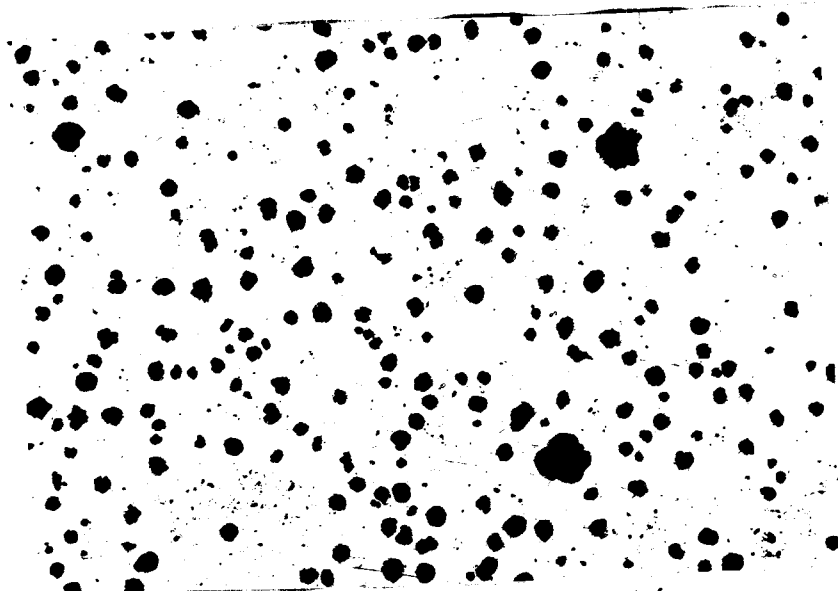
#### VNĚJŠÍ PROHLÍDKA VZORKŮ

Odlitky 1 - 5 nevykazovaly žádné viditelné slévárenské vady. Vzorek 92 15 byl mechanicky opracován soustružením a vrtáním, byl povrchově upraven zinkováním.

#### Vzorek č. 1.

U tohoto vzorku byla naměřena tvrdost v místech A - 220 HB  
 B - 222 HB

Stav a rozložení grafitu v řezu I je vidět na obr. 14. Jedná se o grafit pravidelně zrnitý /VI/ a nedokonale zrnitý /V/. Velikost grafitu byla 5 - 7. Po obvodě průřezu byla velikost grafitových globulí menší /7 - 8/.

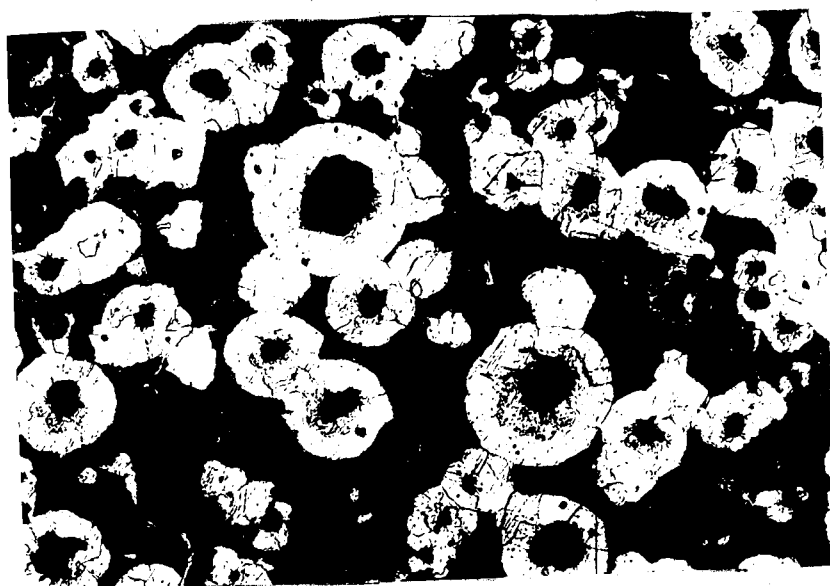


100 x

neleptáno

Obr. 14 Rozložení grafitu v řezu I vzorku 1

Mezi velikostmi jednotlivých grafitových zrn jsou velké rozdíly. Základní kovová hmota je feriticko - perlitická s obsahem perlitu do 60 %. Perlit je částečně sferoidizován, ferit je rozložen ve dvorcích /obr. 15/.

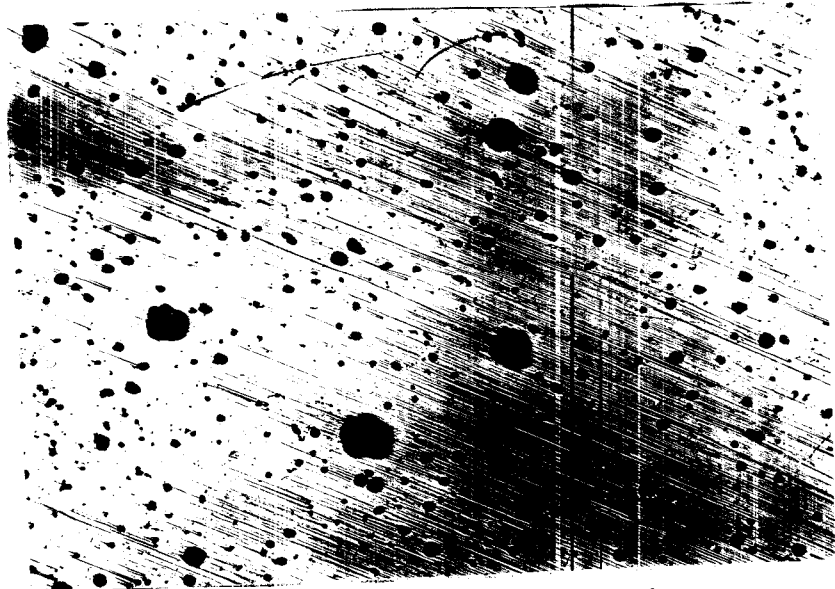


200 x

NITAL

Obr. 15

V řezu II vzorku 1 má grafit podobné rozložení místa I. Velikosti grafitových globulí jsou však menší /6 - 8/. Opět jsou patrné velké rozdíly mezi velikostmi grafitových kuliček. Rozložení grafitu je na obr. 16. Matrice je opět feriticko - perlitická, ale s vyšším obsahem perlitu do 70 % /obr. 17/.



100 x

neleptáno

Obr. 16 Rozložení grafitu v řezu II vzorku 1



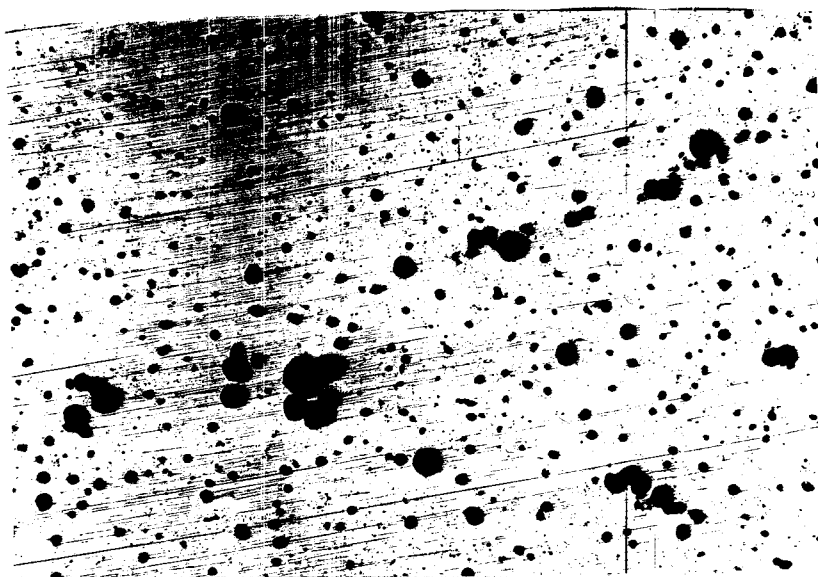
200 x

NITAL

Obr. 17



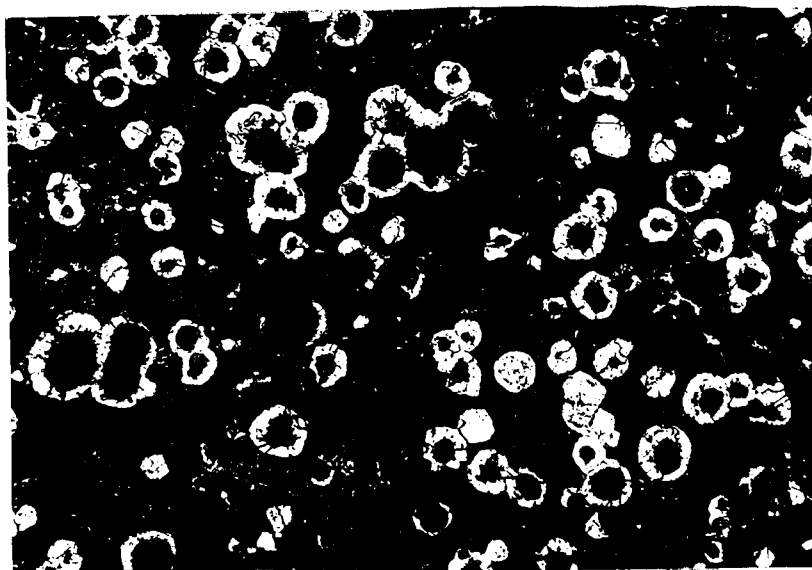
V řezu III je grafit vyloučen opět ve tvaru kuliček o velikosti 6 - 8. Je pravidelně zrnitý /VI/ až nedokonale zrnitý /V/. Podíl perlitu ve feriticko - perlitické základní matici je v rozmezí 80 - 90 %. Obrázky 18, 19.



100 x

neleptáno

Obr. 18 Rozložení grafitu v řezu III vzorku 1



100 x

NITAL

Obr. 19

### Vzorek č. 2.

Tvrđost vzorku byla stanovena v místě A - 218 HB

Tahovou zkouškou byla zjištěna mez pevnosti a tažnost materiálu:

$$R_m = 571 \text{ MPa}$$

$$A_3 = 3,1 \%$$

Po metalografické stránce byly struktury ve všech třech řezech analogické vzorku 1.

### Vzorek č. 3.

Jedná se o vzorek tepelně zpracovaný žiháním. Je ze stejné tavy jako vzorek 2. Tvrđost odlitku byla stanovena v místě A - 171 HB.

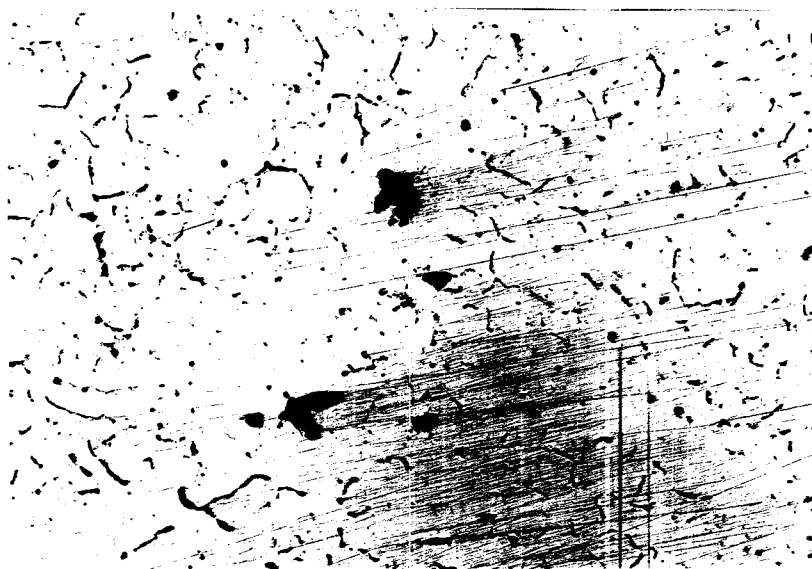
Tahovou zkouškou byla zjištěna mez pevnosti a tažnost materiálu:

$$R_m = 459 \text{ MPa}$$

$$A_3 = 5,5 \%$$

Stav a rozložení grafitu je na obr. 20. Grafit má rozložení smíšené až mezidendriticky usměrněné. Velikost grafitových lupínků je 5-6.

Obr. 20 Stav a rozložení grafitu vzorku 3 v řezu 1



100 x

neleptáno

Základní kovová matrice je vidět na obr. 21. Jde o feritico - perlitickou strukturu s obsahem feritu okolo 70 %.

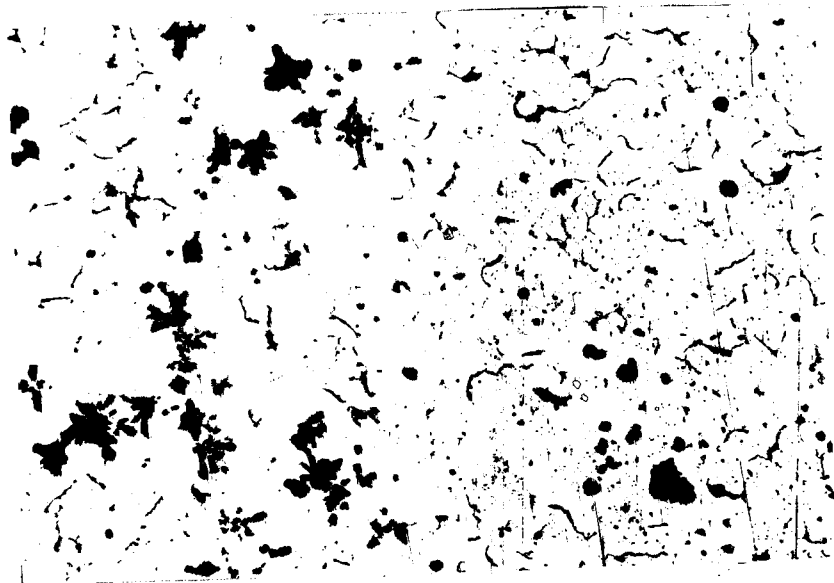


200 x

NITAL

Obr. 21

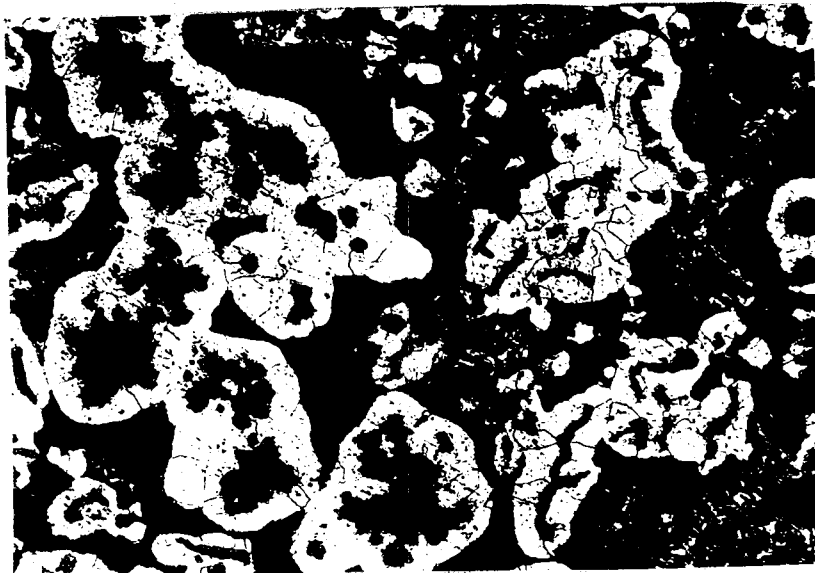
Na obr. 22 je vidět lomová plocha zkušební tyčinky po vy-  
broušení, na obr. 23 po naleptání / řez II /.



100 x

neleptáno.

Obr. 22 Rozložení grafitu v lomové ploše zkušební  
tyčinky u vzorku 3.



200 x

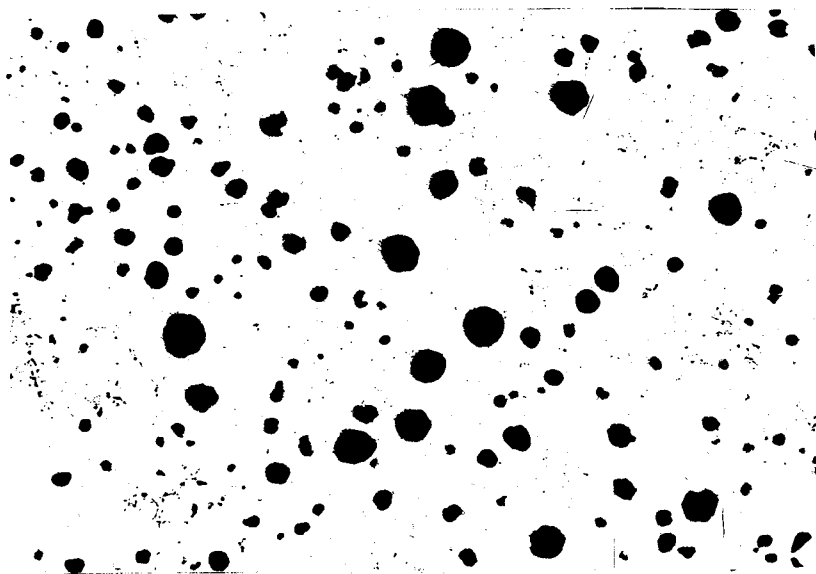
NITAL

Obr. 23

Vzorek č. 4.

U vzorku byla naměřena tvrdost v místech A - 193 HB  
B - 198 HB

Grafit je pravidelně zrnitý /VI/ a nedokonale zrnitý /V/  
velikosti 5 - 7 / obr. 24 /. Základní kovová hmota je feriticko  
perlitická s obsahem perlitu okolo 50 %. Ve všech třech řezech  
držáku byla struktura obdobná. Naleptaný stav na obr. 25.



100 x

neleptáno

Obr. 24 Rozložení grafitu ve vzorku 4

Vzorek č. 5.

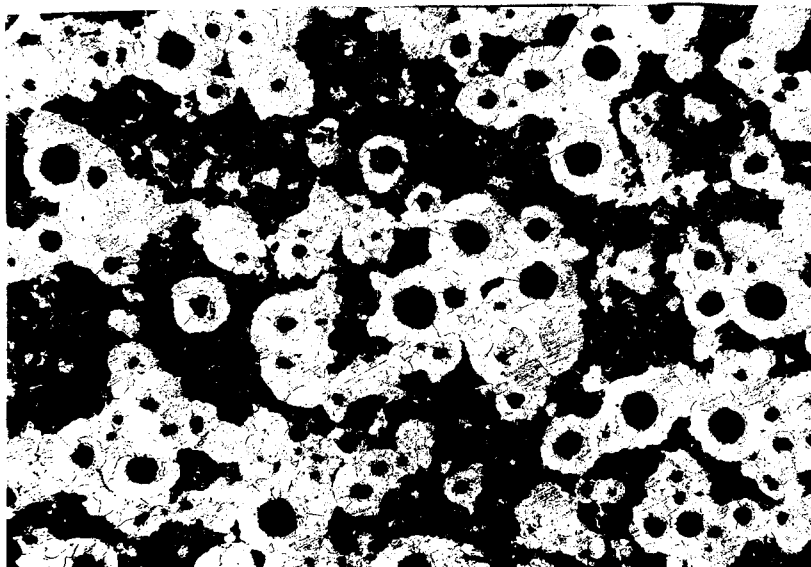
Měřením tvrdosti tohoto vzorku byla stanovena tvrdost v místě

A - 221 HB

B - 225 HB.

Rozložení grafitu a kovová matrice se velmi podobá ve všech třech řezech struktury vzorku 1. Jedná se o grafit pravidelně zrnitý /VI/ a nedokonale zrnitý /V/ velikosti 5 - 7 . Struktura je feriticko - perlitická s obsahem perlitu 60 %.

V řezu I se vyskytuje ředina o délce cca 1 mm / obr. 26 /. V okolí kráteru je rozložení grafitu nerovnoměrné.



200 x

NITAL

Obr. 25

Chemické složení všech vzorků držáků je v příloze 2.



100 x

neleptáno

Obr. 26 Ředina vyskytující se u odlitku držáku  
/vzorek 5 /

## 6. SHRNUÍ VÝLEDKŮ METALOGRAFICKÝCH ROZBORŮ

TŘMENŮ : Tvárné litině dle ČSN 42 23 05 a TPP odpovídá pouze vzorek 4. Ostatní se jeví jako zmetky. U vzorků 1 až 3 se vyskytuje ledeburitický cementit. Tomu odpovídá i vysoká tvrdost odlitků až 380 HB. Takové odlitky jsou těžko obrobitelné s nevyhovujícími mechanickými vlastnostmi. U vzorku 5 je ve struktuře lupínkový grafit v základní feritické matici. Struktura odpovídá nízká tvrdost materiálu. /116 HB /.

DRŽÁKŮ : U vzorků 1, 2, 4, a 5 odpovídá naměřená tvrdost i mikrostruktura feriticko - perlitické tvárné litině dle ČSN 42 23 05. Ve strukturách se však vyskytuje různý podíl perlitu v rozmezí 30 až 80 %. Vysoké procento perlitu pak nepříznivě ovlivňuje tažnost materiálu.

U vzorku 3 je grafit vyloučen ve formě lupínků a částečně jako nedokonale zbalený. Tvrdost vzorku je v tolerančním pásmu normy, ale výsledná struktura ČSN a TPP neodpovídá.

## 7. ZÁVĚR

### KONSTATUJÍCÍ :

1/ Při funkčních zkouškách na životnostním stavu dochází k praskání držáků ve stále stejném místě.

2/ S.p. Autobrzdý si po vzniku těchto problémů začal provádět měření pevnosti a tažnosti materiálu na zkušební tyčince odebrané z místa předepsaného na výkrese. Tažnost se pohybovala pod normou předepsanou hodnotou 7 %.

3/ Zkušební tyčinka je nenormalizovaná. Délka tyčky počáteční a po přetržení se měří na celé délce tyčky / 50 mm/. Prodloužení je však vztahováno na vzdálenost odpovídající měření tažnosti  $A_3$ . Prodloužení upínacích částí tyčky se zanedbává. Takto získaná tažnost nemůže být vzata za skutečnou a ani porovnatelnou s hodnotou naměřenou dodavatelem. Dodavatel měří  $A_5$ , tak jak je předepsáno v TPP.

4/ Zkušební tyčky se vyrábí soustružením z původního tvaru hranolu. Nelze vyloučit, že obráběním se vnáší další silové namáhání vlivem přerušovaného řezu. Tyčka je vyrobena ze spojovací části držáku nikoliv z místa, kde dochází k jeho praskání. Při obrábění tyčky dojde k odstranění licí kůry.

5/ Při životnostní zkoušce velké pásmo rozptylu součinitele tření brzdových destiček ovlivňuje velikost rozptylu obvodové síly brzdy přenášené na držák při stejném tlaku v brzdě. Tato skutečnost může ovlivnit počet cyklů do porušení.

6/ V TPP je stanovena 100 % kontrola nodularizace zařízením SONATEST / příloha 3 /, které není doposud k dispozici.

7/ V atestech dokazuje s.p. Motor Č. Budějovice, že po stránce chemického složení, metalografické struktury a mechanických vlastností je vše v mezích TPP a norem. K dispozici bylo cca 30 atestů. Tato skutečnost však neodpovídá stavu zjištěnému při metalografických rozborech.

8/ Části kotoučové brzdy, lité z tvárné litiny, jsou pro funkci brzdového systému rozhodující a mají zásadní význam pro spolehlivost a bezpečnost celého vozidla. Z tohoto hlediska je nutno k řešení technologických problémů přistupovat.

#### DOPORUČUJÍCÍ :

1/ Získání přehledu o skutečných vlastnostech držáku a třmenu vyžaduje systematické sledování po delší dobu, s cílem obdržet přehled o korelaci mezi :

- danou technologií výroby
- mechanickými vlastnostmi materiálu /  $R_m$  ,  $A_5$  , HB /
- metalografickým rozbořem
- životností držáků a třmenů naměřenou na zkušebním stavu

2/ Metalografický rozbor odlitku držáku by bylo vhodné provádět v místě, kde dochází k lomu při životnostních zkouškách.

3/ Je nutné upravit trhací tyčku "Autobrzd " tak , aby odpovídala normě. Také je třeba změnit postup měření pro stanovení hodnot k výpočtu tažnosti. Přejít na měření vzdálenosti rysek označených na tyčce dílenským mikroskopem.

4/ Doporučuji zvážit , zda by nebylo vhodnější hodnotit mechanické vlastnosti přetržením celého odlitku držáku. Experimentálně zjistit a definovat pevnostní a tažnostní hodnoty jako etalonové.

5/ Je třeba zkoušecí stav modernizovat a doplnit zařízením na měření krouticího momentu na kotvení brzdy nebo měřením síly na páce / příloha 4 /. Tlak v brzdě je nutné upravit tak, aby se udržovala předepsaná konstatní obvodová síla. Životnostní zkouška by pak byla objektivní pro všechny výrobky.

6/ Ke kontrole nodularizace zavést přístroj SONATEST - tak jak je předepsáno v TPP.

7/ Při výrobě ve slévárně maximálně dodržovat technologickou kázeň. Režim chladnutí by měl být co možná nejméně ovlivni-



telný lidským faktorem. / Zavedení automatické lici linky./

8/ Teprve až budou získány výsledky za těchto přísně sledovaných podmínek, bude možné udělat konečný závěr o rozhodujících vlivech na současné závady ve výrobě kotoučových brzd.

Problematikou ať už třmenů nebo držáků se postupně zabývalo a dodnes zabývá řada pracovišť. Úspěšného řešení se dosud v plném rozsahu nedosáhlo. Optimalizace problému vyžaduje hlubší proniknutí do dodržování postupů a organizace práce ve slévárně. S komplexním pohledem na problematiku výroby jsem se měl možnost seznámit.

*Pavel Barlaq*

8. SEZNAM LITERATURY

- / 1/ PÍŠEK F. : Nauka o materiálu I ; NČSAV Praha 1957
- / 2/ DORAZIL E. : Nauka o materiálu I ; SNTL Praha 1986
- / 3/ DORAZIL E. : Nauka o materiálu II ; SNTL Praha 1984
- / 4/ DRÁPAL S. : Tvárná litina, konstrukční materiál páte  
pětiletky ; Dům techniky ČVTS Praha, Praha 1972
- / 5/ PLUHAŘ J., KORITTA J. a kol. : Strojírenské materiály ;  
SNTL Praha 1971
- / 6/ DORAZIL E. : Vysokopevná bainitická tvárná litina ;  
Academia NČSAV, Praha 1985
- / 7/ STRÁSKÝ D. : Výroba složitých odlitků z tvárné litiny  
v s.p. Motor Č. Budějovice ; In : Sborník semináře  
tvárná litina pro složité odlitky 21.- 23. 6. 1989  
Kubova huť, ČZM Strakonice
- / 8/ SÍKORA P. : Stav provozní metalurgie tvárné litiny v  
obloukových pecích ; Slévárnictví 19 /1971/ 3/4, 150
- / 9/ JÍŠE J. : Možnosti zvýšení životnosti řezných nástrojů  
v podmínkách s.p. Autobrzdý Jablonec ; diplomová práce  
VŠST Liberec, FS , Liberec 1990
- /10/ HANZAL a kol. : Vývoj odlitků kotoučové brzdy osobních  
automobilů pro n.p. Autobrzdý Jablonec ; zpráva  
H-12-124-5-01-01 ČZM , oborový podnik, Strakonice pro  
sinec 1986
- /11/ KNETL , KROPSŠ : Vývoj technologie výroby odlitků pro  
n.p. Autobrzdý Jablonec, průběžná zpráva Strakonice  
prosinec 1984

## 8. SEZNAM LITERATURY

- / 1/ PÍŠEK F. : Nauka o materiálu I ; NČSAV Praha 1957
- / 2/ DORAZIL E. : Nauka o materiálu I ; SNTL Praha 1986
- / 3/ DORAZIL E. : Nauka o materiálu II ; SNTL Praha 1984
- / 4/ DRÁPAL S. : Tvárná litina, konstrukční materiál páté pětiletky ; Dům techniky ČVTS Praha, Praha 1972
- / 5/ PLUHAŘ J., KORITTA J. a kol. : Strojírenské materiály ; SNTL Praha 1971
- / 6/ DORAZIL E. : Vysokopevná bainitická tvárná litina ; Academia NČSAV, Praha 1985
- / 7/ STRÁSKÝ D. : Výroba složitých odlitek z tvárné litiny v s.p. Motor Č. Budějovice ; In : Sborník semináře tvárná litina pro složité odlitky 21.- 23. 6. 1989 Kubova huť, ČZM Strakonice
- / 8/ SÝKORA P. : Stav provozní metalurgie tvárné litiny v obloukových pecích ; Slévárenství 19 /1971/ 3/4, 150
- / 9/ JÍŠE J. : Možnosti zvýšení životnosti řezných nástrojů v podmínkách s.p. Autobrzdý Jablonec ; diplomová práce VŠST Liberec, FS , Liberec 1990
- /10/ HANZAL a kol. : Vývoj odlitek kotoučové brzdy osobních automobilů pro n.p. Autobrzdý Jablonec ; zpráva H-12-124-5-01-01 ČZM , oborový podnik, Strakonice prosinec 1986
- /11/ KNETL , KROPSŠ : Vývoj technologie výroby odlitek pro n.p. Autobrzdý Jablonec, průběžná zpráva Strakonice ČZM prosinec 1984

9. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 : Chemické složení vzorků třmenu

Příloha 2 : Chemické složení vzorků držáku

Příloha 3 : Schema modernizace zkoušecího stavu měřením  
zátěžné síly

Příloha 4 : Prospekt zařízení "SONATEST"

PŘÍLOHA 1

Chemické složení vzorků třmenů

vzorek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cu
34. 1. 89	3,70	2,76	0,37	0,060	0,012	0,042	0,06
42. 1. 89	3,68	2,76	0,31	0,066	0,010	0,047	0,07
19. 3. 90	3,60	2,82	0,19	0,044	0,006	0,047	0,08
22. 4. 89	3,68	2,8	0,27	0,044	0,015	0,047	0,056

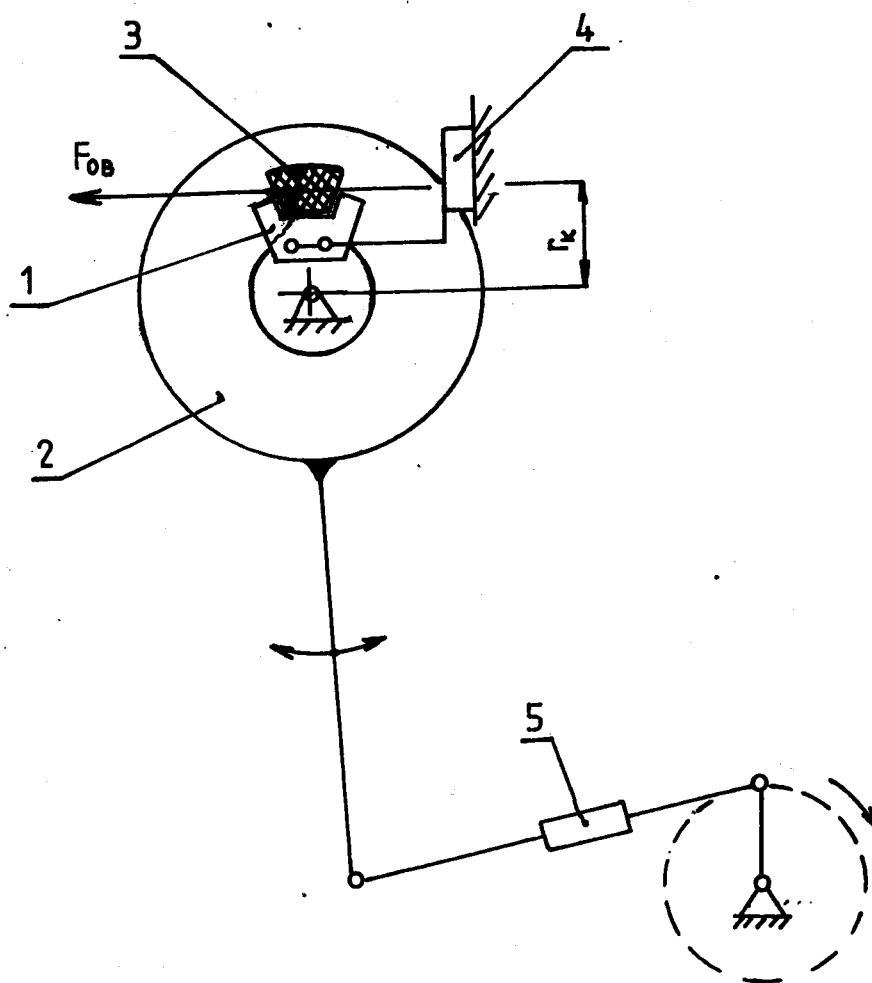
PŘÍLOHA 2

Chemické složení vzorků držáků

vzorek	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cu
91 52	3,64	2,76	0,37	0,060	0,012	0,044	0,31
03 08	3,80	2,76	0,29	0,064	0,017	0,042	0,36
92 15	3,64	2,78	0,24	0,058	0,08	0,046	0,42
02 16	3,65	2,81	0,19	0,053	0,011	0,042	0,38

PŘÍLOHA 3

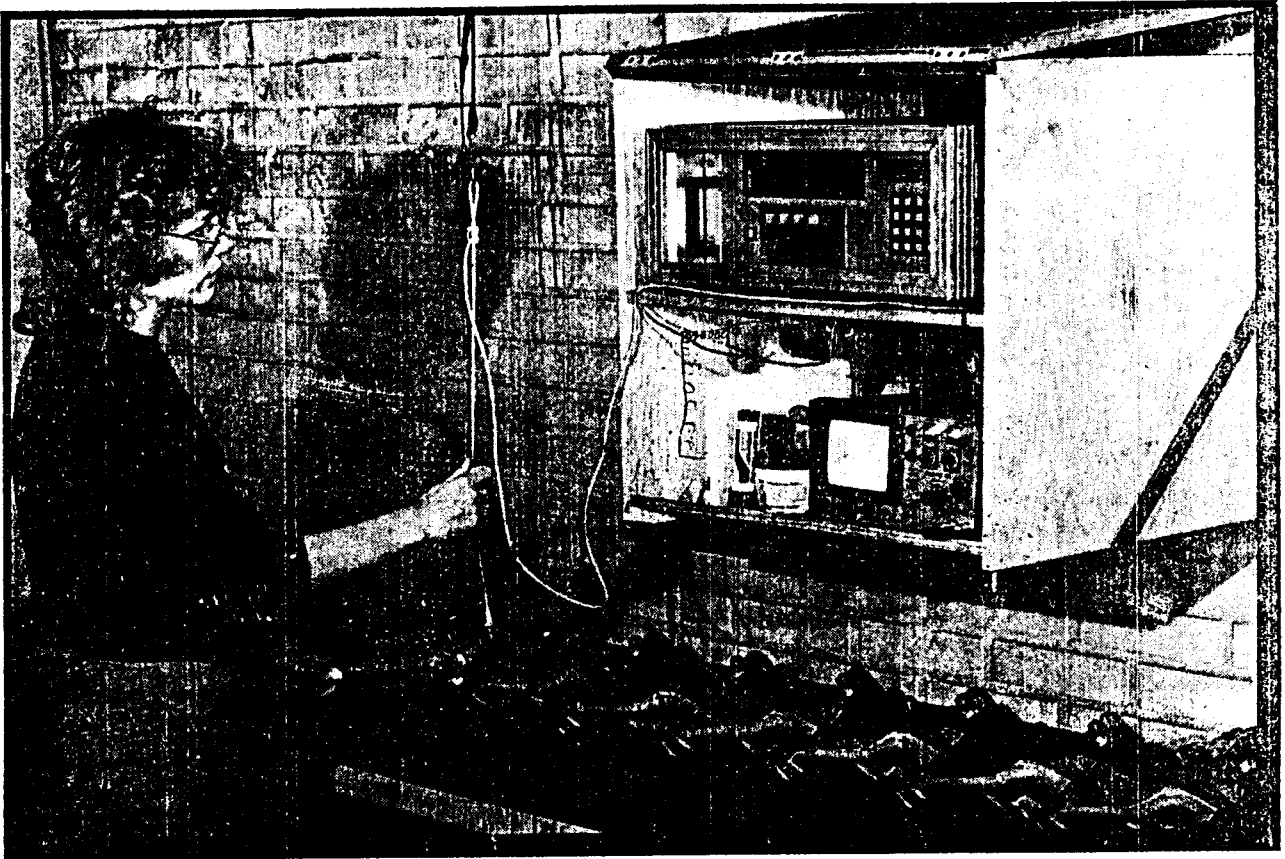
SCHEMA MODERNIZACE ZKOUŠECÍHO STAVU MĚŘENÍM  
ZATĚŽOVACÍCH SIL DRŽÁKU



- ~~~~~ lom držáku
- 1 držák třmenu
  - 2 kotouč diskové brzdy
  - 3 brzdová destička
  - 4 snimač obvodové síly držáku
  - 5 snimač zatěžovací síly / alternativní řešení /

Umístění snimače 4 je vhodnější, umožňuje identifikaci případných dynamických špiček zatěžovacích sil.

# NOVACAST



## SON-A-TEST

*SYSTEM ASBFM — SYDEL*

### DUCTILE IRON NODULARITY CONTROL

NOVACAST AB - Box 2034 - S 372 02 Ronneby - Sweden  
Tel: (46) 457 24564 - Tlx: 4583 NOVA S

## SONATEST

At last a reliable and fast method for non-destructive testing of ductile iron castings.

We have the pleasure of introducing a new method for non-destructive testing of ductile iron castings. Up till now ultrasonic methods have been used to a large extent. Ultrasonic methods have, however, their limitations — the testing requires that the piece has two parallel faces — that the contact point is wetted by oil or water — the measurement is only valid on the testing spot — changes in the matrix will influence the readings — ultrasonics also requires skilled operators.

The new method called — SONATEST — was first developed by a French Renault foundry (BFM) and a company called SYDEL. The method is patented and is already in use in several wellknown foundries for testing of critical parts.

The SONATEST -method is based on the analyses of the sound created when a casting is struck by a hammer. The sound is unique for each shape and for the physical properties of the material. The object will after some 50 mseconds vibrate in its resonance frequency. For ductile iron there is a direct relation between the degree of nodularization and the resonance frequency. The equipment, that consists of a microprocessor and a display build into a sturdy casing, register the sounds through a microphone. The sound is then analysed and the resonance frequency, the number of cycles measured, the standard deviation etc are calculated. These values are then compared with preset values valid for approved castings. The equipment present its judgement within a few seconds. If the measurement was not correctly performed the machine will indicate that on the display and ask you to try again. Thus the equipment is easy to use and reliable as there are no moving parts etc that need calibration. The equipment also include controls for external units. That function can be used to light a green lamp for approved parts or commanding a loading device and an automatic hammer etc. The unit can thus be used in manual or automatic mode.

The main advantages with the method are:

1. Nodularization is measured with a high accuracy
2. High degree of reproducibility
3. The method is very fast (3 times faster than ultrasonics)
4. The measurement covers the whole part
5. Castings with complicated shapes can be tested (exhaust manifolds)
6. Other types of defects like cracks, dross and shrinkage can be detected
7. No oiling and dipping into water is required

The microprocessor contains functions to find optimal setpoints for new objects. These setpoints are documented. The machine can later be set for that part simply by keying in the values — the unit is ready in a matter of minutes.

We feel that the SONATEST-method is an accurate and reliable way to test castings both for foundries and users. The improved quality assurance level will no doubt make ductile iron even more attractive as a material for new constructions.