

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: materiálu a tváření

Fakulta: strojní

Školní rok: 1962/63

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. Pacáka Miroslava

obor Strojírenská technologie

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

Název tematu: Návrh technologie odlévání antimonových kroužků
s požadavkem dodržení jemné struktury a homogenity
odlitků.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Stručný popis zařízení a podmínek, za kterých má antimonový kroužek pracovat. Specifikace a zdůvodnění požadované kvality,
- 2) Návrh a konstrukční zpracování lícího zařízení na principu odstředivého lití ze současné vibrace o na principu lisování při tuhnutí.
- 3) Odlití sady zkušebních vzorků při různých parametrech odlévání a ověření výsledků metalograficky i kontrolou hustoty odlitku.
- 4) Zhodnoťte výsledky vlastních měření, porovnejte s dosavadními pokusy, navrhněte technologický postup a Vámi určenou optimální technologii odlití cca 10 kusů nulté série ke zkouškám dobitelnosti.

V 12/1962 5

Rozsah grafických laboratorních prací:

výkresy licích zařízení - kotované sestavy
těžiště v laboratorní práci

Rozsah průvodní zprávy:

40 - 50 stran včetně tabulek a diagramů

Seznam odborné literatury:

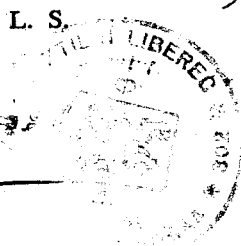
- | | |
|-------------|---|
| Gajdoš | - Antimon, měď, olovo. |
| Bajkov | - Centroběžnoje litje. |
| Ločičevskij | - Konstrukce a výroba kovových forem. |
| Lozenko | - Kokilové a odstředivé odlévání. |
| Petričenko | - Praktika litje v metalličeskije formy. |
| Levin | - Centroběžnoje otlivka metallov. |
| Nosova | - Spravočnik litějščika. |
| | - Technologie strojírnické výroby - díl II. Slévárenství. |

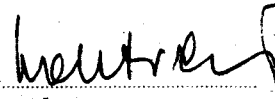
Vedoucí diplomní práce: Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Konsultanti: Ing. Jaroslav Exner

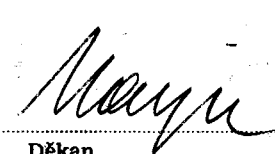
Datum zahájení diplomní práce: 24. září 1962.

Datum odevzdání diplomní práce: 3. listopadu 1962.




Vedoucí katedry

Prof. Ing. Bohumil Odstrčil


Děkan

Doc. Ing. Jiří Mayer

V Liberci dne 24. září 1962

Ú v o d .

Měření a měřicí přístroje jsou důležitou součástí všech odvětví výroby. Zvláště dnes jsou měřicí přístroje nepostradatelné při zavádění automatizace. Rozvoj strojírenské výroby si vyžaduje nových a stále přesnějších přístrojů, které by zaručovaly správný chod strojů. Závody, které vyrábějí měřicí přístroje a aparatury, využívají dnes všech vědeckých a technických poznatků. Důkazem toho jest mnoho složitých zařízení, které pracují někdy až s neuvěřitelnou přesností.

Jedním z takových závodů je i ZPA, Nová Paka, kde vypracovali návrh nového přístroje na měření pH roztoku. Nejdůležitější funkční částí je antimonový kroužek, na jehož čistotě a jemnozrnnosti závisí přesnost měření. Výrobou tohoto kroužku, pomocí odstředivého lití za současné vibrace, se zabývá tato diplomová práce.

A. Stručný popis měření pH roztoků a měřících
=====
přístrojů.
=====

A.1. Měření pH roztoků.

Měření pH roztoků je měření zásaditosti a kyselosti roztoků. Vodní roztoky se štěpí na dva druhy iontů - kationty (vodík H^+ nebo kovy) a anionty (zbytek kyseliny nebo zbytek zásady OH^-). Množství kationtů H^+ a aniontů OH^- určuje kyselost nebo zásaditost roztoku. Jednotkou pro měření kyselosti nebo zásaditosti roztoků je jedna pH. Stupnice kyselosti nebo zásaditosti obsahuje 14^0 stupňů pH. Kyselost klesá od 0 pH až do 7 pH, zatím co zásaditost stoupá od 7 pH až do 14 pH. 7 pH znamená tedy ideální neutrální roztok. V tomto roztoku jsou kationty H^+ a anionty OH^- v dokonalé rovnováze.

Vložíme-li do roztoku speciální elektrody pro měření pH, nastane obdobný jev jako v galvanickém článku a na elektrodách vznikne elektrické napětí, úměrné koncentraci H^+ nebo OH^- iontů. Z velikosti tohoto napětí lze pak soudit na hodnotu pH. To je princip měření pH roztoků.

Pro zvýšení přesnosti se u měření využívá potenciálu pouze jedné elektrody (skleněné nebo antimonové), která se nazývá měřicí. Druhá elektroda - srovnávací (kalomelová), která má potenciál nezávislý na pH měře-

ného roztoku, obstarává pouze vedivé spojení s měřeným roztokem a tím uzavírá obvod.

A.2. Měřicí přístroje - pH metry.

S dosavadními přístroji bylo možno měřit pouze v roztocích čirých a takových, které neobsahovaly hrubší nečistoty. Tyto přístroje mají totiž použítu jako měřící elektrodu skleněnou (viz obr.1). Ta je z velmi tenkého skla (skleněná membrána), takže má pouze omezenou trvanlivost a vyžaduje velmi šetrného zacházení.

Tyto nedostatky odstraňuje tak zv. vysílač pH se stíranou antimonovou elektrodou (viz příloha 1). Nejdůležitější jeho částí je antimonová elektroda, která je vytvořena ve formě kroužků.

A.2.1. Stručný popis přístroje

Vysílač pH se stíranou antimonovou elektrodou sestává z nosného rámu, desky pro upevnění elektrod, ochranné linky pro upevnění elektrod, ochranné jímky pro teploměr, jednofázového elektromotoru, propojovací krabice s kondensátorem, svorkovnice krytu, kalomelové a antimonové elektrody, odporové vložky (viz příloha 1 a 19). Antimonová elektroda je upevněna v kotouči z tvrdé pryže a celek je vseten do nosné nerezavé trubky. Boční stěny antimonového kroužku jsou chráněny chemicky odolným nátěrem před stykem s měřeným prostředím. Čelní volná plocha

kroužku je přímo ve styku s měřeným prostředím a pro zlepšení přesnosti a spolehlivosti je otírána stěračem. Na stíranou plochu je stěrač přitlačován popryžňovanou pružinou. Odporová vložka má ten účel, že kompenzuje vliv teploty měřeného roztoku na potenciál antimonové elektrody.

Kalomelová elektroda (viz obr. 2) ^{příloha 3} je provedena jako válec ze skleněné trubky, který je vložen do ocelové nerezavé ochranné trubky. Vlastní kalomelovou elektrodu tvoří skleněný stonek, v jehož spodní části je vrstva kalomelové pasty (HgCl_2). Nad touto vrstvou je vrstva rtuti, do které zasahuje platinový drátek spojený s výstupním kabelem. Stonek je uzavřen porézni zátkou a umístěn ve skleněném plášti. Ve dně tohoto pláště je zataven váleček z porolitu. Uvnitř pláště je nasycený roztok KCl (chlorid draselný), který porolitovým válečkem zvolna prolíná do měřeného roztoku. Mezi vlastní kalomelovou elektrodou a roztokem KCl vzniká potenciální rozdíl, závislý pouze na koncentraci vnitřního elektrolytu (KCl) a na teplotě, avšak nezávislý na hodnotě pH měřeného roztoku.

A.2.2. Použití přístroje:

Vysílač pH se stíranou antimonovou elektrodou má daleko širší použití než přístroj se skleněnou elektrodou. Je určen pro měření hodnoty pH průmyslových roztoků, je vhodný pro roztoky znečištěné, obsa-

hující pevné látky nebo pro některé roztoky, které se srážejí na povrchu elektrody.

Lze jej použít pro měření roztoků v cukrovarech, úpravnách vody, roztocích škrobů, fosfátů, špavků, kamence, piva atd. Roztoky ovšem nesmí obsahovat látky, narušující funkci antimonové elektrody v silně oxydačních nebo redukčních roztocích, jako jsou na př.: citráty, peroxid vodíku, oxaláty, tartráty, železité soli, invertní cukr, kyselinu fenylacetovou. Správné měření také ruší přítomnost chloru, sirovodíku, chromanu sodného, manganistanu draselného, mědi, arsenu, rtuti, stříbra a vůbec ionty těžkých kovů, mající nižší potenciál jak antimon. Rušivě působí a případně měření i znemožňuje nedostatek kyslíku v roztoku.

Vysílač pH se stíranou antimonovou elektrodou je použitelný v rozsahu 1-12,5 pH o teplotě měřeného prostředí 0-100°C a maximálním přetlaku 6 atp.

Shlediska použití jsou vypracovány dva druhy vysílačů s antimonovou elektrodou:

- a) ponorný vysílač, který se používá při měření klidné kapaliny v nádržích (viz obr.3, příl.4)
- b) průtočný vysílač, který se používá při měření proudící kapaliny v potrubí a pod. (viz obr.4, příloha 4).

Princip obou přístrojů je zcela stejný a liší se pouze v konstrukci pro upevnění do nádrže nebo na potrubí.

A.3. Specifikace a zdůvodnění požadované
kvality antimonového kroužku.

Na antimonový kroužek, jako na nejdůležitější část měřicího přístroje, jsou kladeny určité požadavky. Především je to vnitřní struktura odlitého antimonového kroužku, s kterou souvisí jakost obrobeného povrchu. Struktura má být velmi homogenní bez větších stažení. Pouze 3% z celého objemu může připadat na stažení^{ny}, jejichž velikost ovšem nesmí přesáhnout $0,1 \text{ cm}^3$. Staženiny způsobují na obrobeném povrchu prohlubeninky, které se zanášejí nečistotami, tím se snižuje účinná plocha kroužku snímající potenciál a snižuje se přesnost měření.

Stejně důležitá^{je} i jemnost krystalice, jejíž dosažení je vzhledem ke krystalisaci čistého antimonu dost obtížná. Antimon má totiž velkou krystalisační rychlost a malou krystalisační schopnost, t. j. malou schopnost k tvoření krystalisačních zárodků. Jeho krystaly jsou při statickém lití velmi velké (viz obr. 5 příloha 2), takže jeho použití v daném stavu jest vyloučeno. Jest zde však určitá možnost - rušená krystalisace, která by přinesla žádaných výsledků. Na jemnosti krystalisace závisí však jakost obrobené plochy. Protože antimon je velmi křehký, vylamují se obráběním zrna při hrubé krystalisaci a obrobená plocha obsahuje staženiny. Následky jsou stejné jako

při výskytu staženin - zanášení povrchu nečistotami a zkreslené měření. Zjemnění struktury očkováním není možné, protože je požadována též velká čistota antimonů (99,95).

Předpokládá se, že dodržení všech těchto požadavků zaručuje přesné a spolehlivé měření. Ovšem žádný z uvedených požadavků není provozně ověřen, protože je ve výrobě nutná ověřovací serie. Nejsou ani žádné zahraniční výsledky, které by byly podkladem pro určení přesných požadavků na antimonové kroužky. Bude tedy dalším úkolem provozních zkoušek, určit přesné požadavky, které by zaručily přesné měření přístroje.

B. Teorie odstředivého a vibračního lití. =====

B.1. Odstředivé lití. -----

B.1.1. Vliv odstředivého lití na strukturu odlitku.

Je povšechně známo a všechny dostupné prameny to dokazují, že odstředivé lití má velký vliv na homogenitu odlitků. Je to druh lití, který je velmi ekonomický s hlediska spotřeby kovu, a který zároveň umožňuje získání přesného odlitku, takže mnohdy odpadá i obrábění. Ažsak nejen homogenita, ale i krystalisace je ovlivněna odstředivým litím. Velikost zrna závisí na rychlosti otáčení kokily - čím vyšší otáčky, tím větší velikost zrna, čili tím hrubší krystalisace. Příliš vysoké otáčky však mají vliv i na výskyt podélných trhlin, jejichž příčinu lze hledat v tom, že lité kus se následkem smršťování odsazuje od formy a příliš velká odstředivá síla může způsobit trhliny při dalším tuhnutí. Růst krystalů závisí i na přechlazení, které ovlivňuje množství vzniklých zárodků krystalisace a rychlost krystalisace. Rychlost krystalisace a počet krystalisačních zárodků se přechlazením zvětšují. Litím do chladné kokily se kov přechladí a vytvářejí se podmínky pro vznik jemné krystalické struktury. Kromě toho snížení teploty tekutého kovu má za následek snižování schopnosti rozpouštět

plyny /2/.

B.1.2. Konvekční proudy.

Při odstředivém lití vznikají tak zv. konvekční proudy, které vyvolávají směrovou krystalisaci a způsobují napuštění mezidendritických pórů. Velikost konvekčních proudů je určena velikostí zrychlení ωr^2 a čím jsou silnější, tím hutnější je odlitek. V tom je právě přednost proti stacionárnímu lití, že se zde zabezpečuje získání hutného odlitku. /5/

Abychom získali při odstředivém lití bezvadné odlitky, musí být vymezeno "řízené tuhnutí" kovu ve formě. Mají-li odlitky při pravém odstředivém odlévání, t.j. při výrobě dutých těles, jejichž osa je totožná s osou otáčení odstředivky, velkou délku v poměru k průměru, postupuje zpravidla tuhnutí z venku do vnitřku odlitku. Je-li však lité kus v poměru k radiální síle stěny velmi malý, pak se může směr tuhnutí obrátit. Potom mají odstředivě lité kusy rovněž jako staticky lité sklon k tvoření staženin /14/.

Na strukturu odlitků, které jsou odstřeďovány v kovových formách, má vliv i řada jiných činitelů, jako jsou teplota kokily, teplota taveniny, rychlost lití, čistota kovu. Všechny tyto faktory je nutno při odstředivém lití uvažovat, chceme-li mít dobré výsledky.

B.1.3. Shrnutí.

Odstředivé lití zvyšuje hutnost odlitků a do značné míry ovlivňuje strukturu odlitků. Čím vyšší jsou otáčky, tím vzniká hrubší zrna a naopak. Dostatečná hutnost odlitku je zaručena vždy.

B.2. Zjemnění struktury tuhoucích materiálů ----- vibrací /8/. -----

Mnoho různých tekutých materiálů, t.j. čisté kovy i slitiny, které tuhnou jako tuhé roztoky a eutektika, bylo podrobeno vibraci a byly kontrolovány podmínky při tuhnutí. Metalografické zkoušky tuhých ingotů těchto materiálů ukázaly, že všechny zjemnily zrna, ačkoliv velikost zjemnění byla ve značném rozsahu. Zjemnění zrna bylo větší u těch materiálů, které měly větší smrštění při tuhnutí. Údaje v technické literatuře všeobecně tuto skutečnost potvrzují.

B.2.1. Úvod.

Dřívější výzkumy zjistily, že vibrace používaná během tuhnutí roztažených kovů má za výsledek odplynění a jemnější zrna odlitého materiálu. Velikost zjemnění zrna byla uváděna s ohledem na různé kovy, různé frekvence a amplitudy vibrace.

Vlastností eutektik tuhoucích pod vlivem vibrace jsou značně rozdílné. Bylo zjištěno, že eutektické složky s menším množstvím eutektické fáze hrubly při použití vibrace.

Jsou dvě teorie, které se snaží vysvětlit vliv vibrace na tuhnoucí kovy. První teorie říká, že zjemnění zrna vibrací je způsobeno ulamováním primárních krystalů nebo dendritů, a tím vytváří umělý zdroj stabilních jader. Toto lámání se přisuzuje střídavým tlakovým vlnám nebo viskozním silám, které působí na dendrity nebo krystaly. Druhá teorie vysvětluje působení vibrace zvýšenou rychlostí tvoření zárodků, které se vytváří šířením střídajících se tlakových a podtlakových vln v tavenině. Tato druhá teorie předpokládá, že zavedení vibrace do taveniny způsobí vznik střídajících se vln vysokého a nízkého tlaku. Existence těchto pohyblivých nebo stacionárních vln (ty závisí na velikosti kelímku nebo kokily, na metodě aplikování vibrace do taveniny, na frekvenci atd.) je v literatuře převážně přijímána se souhlasem. Tato teorie je schopna vysvětlení obou případů zjemnění zrn primárních krystalů a dendritů i hrubnutí eutektických struktur, což bylo prakticky pozorováno jako výsledek tuhnutí za vibrace.

Naproti tomu teorie lámání primárních krystalů je neschopna vysvětlit hrubnutí eutektické struktury. Je nutno však konstatovat, že vliv vibrace na tuhnutí kovů může být ovlivněn řadou faktorů. Mezi tyto faktory patří : teplota formy nebo kokily, rychlost chlazení ve formě a přítomnost částic zjemňujících zrno nebo zárodků taveniny. Vliv frekvence a metoda aplikace

vibrační energie do taveniny nebo zjemnění zrna byly předmětem značných sporů.

B.2.2. Působení vibrační energie.

Jestliže se získá dostatečné rozšíření vibrace do taveniny, tak frekvence a způsob aplikace vibrace do taveniny se zvlášť neprojeví. Ukázalo se, že velikost zjemnění dendritů a krystalů a hrubnutí eutektik při vibraci se zvětšuje větší energií na přemísťování v celém objemu až do určité meze, nad kterou se již tento vliv v podstatě neprojevuje. Aby se mohl projevit v plném rozsahu vliv vibrace je třeba, aby vibrační energie měla dostatečnou možnost působit na tuhnoucí taveninu. Proto jestliže je rychlost tuhnutí příliš velká, tím, že je kokila studená nebo je nedostatečně přehřátí kovu, projeví se malý vliv vibrace. Teorie měla za úkol vysvětlit vliv vibrace na velikost zrna složek tuhoucích v tavenině. Ve stručnosti tato teorie stanovila, že střídavé tlakové a podtlakové vlny, vyvolávané v tuhnoucí tavenině, omezují velikost kritického zárodku potřebného pro tuhnutí, tím omezují podchlazení a zvyšují rychlost nukleace. (t.j. tvoření nových zárodků).

Tlaková vlna se uplatnila při tvoření tuhé fáze, když tuhá fáze byla hustší (specificky těžší) než tavenina a podtlaková vlna by mohla podpořit tuhou fázi tehdy, pokud by byla tato specificky lehčí než

tavenina - tak zv. LeChatelier-Braunův princip.

První případ je častější. Tyto výzkumy se prováděly dále, aby byly získány podklady, které podpoří nebo zavrhnou tyto teorie. V uvedené teorii je správné, že velikost zjemnění zrna vyvolaného vibrací může být ovlivněna rozdílem mezi specifickou vahou taveniny a tuhého kovu bezprostředně po ztuhnutí. Z těchto důvodů kovy a slitiny, které vykazují značnou velikost smrštění, byly vybrány pro pokusy.

B.2.3. Provádění pokusů.

Všechny kovy, se kterými se pokusy prováděly, byly obchodní jakosti. Všechny tuhé roztoky a eutektika byly připraveny z kovů obchodní jakosti. Hliník a šedá litina byly taveny v kysele vyzděné vysokofrekvenční indukční peci (10 kc, 10 kW). Ostatní kovy byly taveny každý zvlášť^v grafito-hliníkových kelímcích v plynových pecích. Pouze hořčík byl taven pod struskou. Odplynování nebylo zajištěno. Aby se vyjádřil co nejlépe vliv vibrace na krystalizaci, nepřidávala se žádná očkovačla. Všechny kovy byly přehřátý o 200-300° F (t.j. 93-148°C) těsně před litím, aby byla zajištěna pomalá rychlost chlazení. Teplota roztaveného kovu byla měřena ponorným thermočlánkem.

Čisté kovy byly přelévány do menšího kuželovitého kelínku, který tvořil zároveň formu(kokilu).

Tyto kelínky byly přehřívány asi na 700°F (t.j. 370°C)

pomocí plynového hořáku před litím pro všechny kovy, vyjma nízkotajících kovů, cínů a vizmutů. Předehřátí bylo nutné proto, aby se zabránilo rychlému tuhnutí kovu.

Používalo se dvojího druhu vibrace. Všechny kovy byly podrobeny vibracím při 60 c/sek, při čemž kelímky byly připevněny ke kovovému vibračnímu stolu, který byl spojen s motorem. Hliník a zinek byly podrobeny též druhému způsobu vibrace. Do kelímku s taveninou se ponořila vibrující tyčinka, kterou tvořil titanový váleček o $\varnothing$ 22,2 mm, ponořený před použitím do rozteveného hliníku. Pro zinek se používal váleček stejných rozměrů, ale ocelový. Vibrace činily 20 kc, které dodával magnetostrámkční generátor. Pro srovnání byl z každého kovu odlit ingot staticky bez vibrací.

B.2.4. Výsledky pokusů.

Zjemnění zrna získané vibrací každého ze základních kovů, tuhých roztoků a eutektik je vidět na obr.6 v tabulce. Tabulka ukazuje způsob tuhnutí kovu nebo slitiny, velikost smrštění získané s tímto materiálem a poměr množství zrn obsažených v dané ploše vibrujícího ingotu a množství zrn obsažených ve stejné ploše nevibrujícího ingotu. Stejně tak je sestaven graf, z kterého lze vyčíst velikost smrštění při tuhnutí a poměr zrn vibrujícího a nevibrujícího ingotu (obr.čís.7).

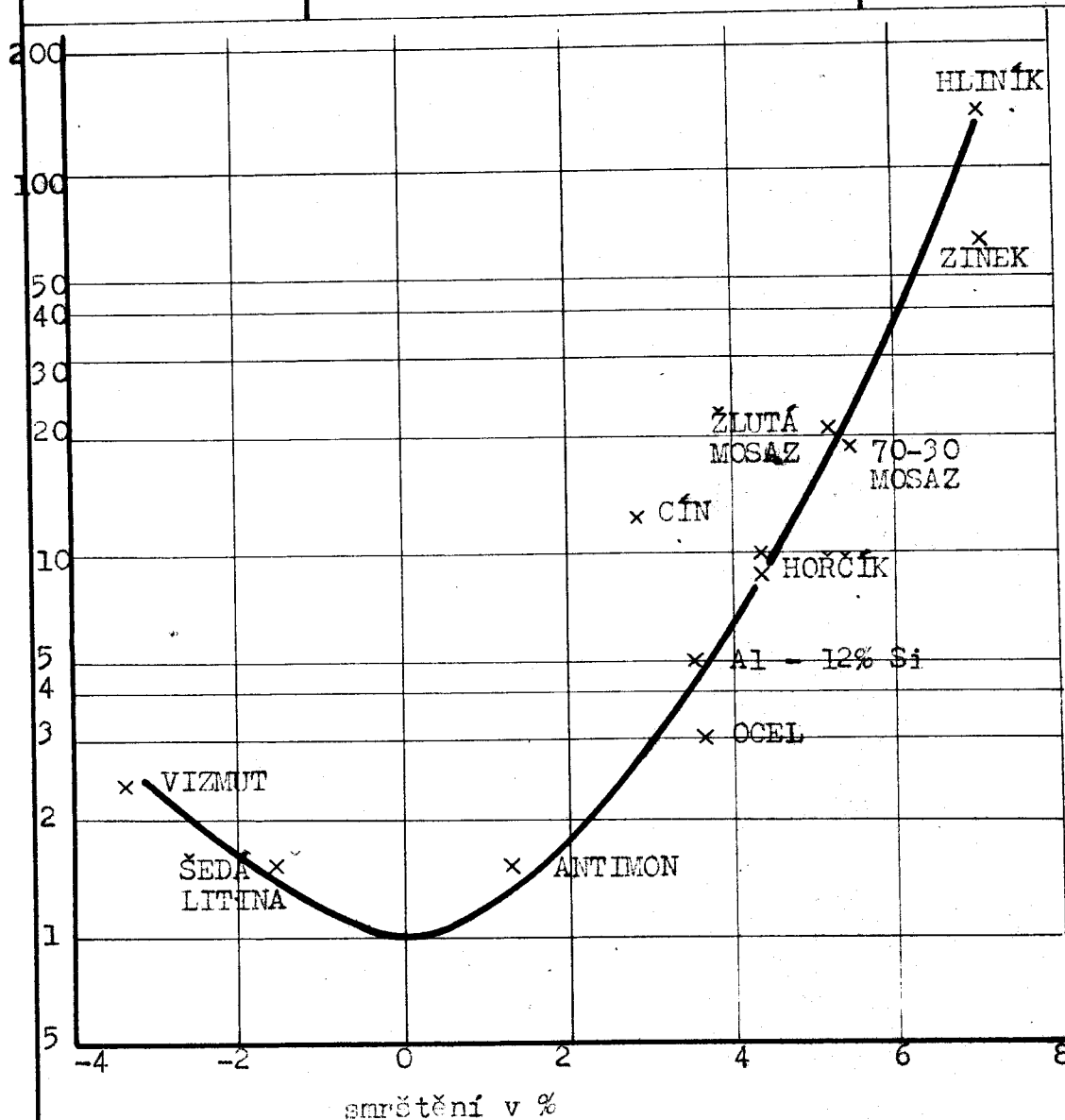
Kov nebo slitina	Způsob tuhnutí	Smrštění %	A/B
Zinek	čistý kov	6,5	60
Hliník	čistý kov	6,5	110
Hořčík	čistý kov	4,2	8
Cín	čistý kov	2,7	12
Antimon	čistý kov	1,4	1,8
Vismut	čistý kov	- 3,3	2,3
Al - 12% Si	eutektikum	3,8	3
Šedá lit.	eutektikum	- 1,5	1,5
Mosaz	tuhý roztok	5,5	17

Obr.6. Zjemnění zrna při kolísajícím smrštění získané při pokusech. /8/

Vysvětlivka: A/B - poměr množství zrn obsažených v jednotce plochy vibrujícího ingotu ku množství zrn obsažených v jednotce plochy nevibrujícího ingotu.

Podle teorie vyložené na začátku, vibrace zavedená do taveniny by zvětšila rychlost nukleace tuhé fáze v této tavenině, protože jsou vytvářeny střídavé tlakové a podtlakové vlny v tavenině. Tlakové vlny by podporovaly existenci specificky nejtěžší struktury, obvykle tuhému stavu. Podtlakové vlny zase specificky lehčí strukturu, obvykle taveniny, ale v některých případech i tuhý stav.

Je tedy nutné brát v úvahu, že některé stabilní zárodky, existující za tlakové vlny, by měly růst dostatečně rychle, takže kritická velikost zárodku by byla překročena pro následující tlakovou vlnu opačného smyslu, dříve než tato vlna dosáhla místa existence zárodku. Jak předpovídá předchozí teorie,



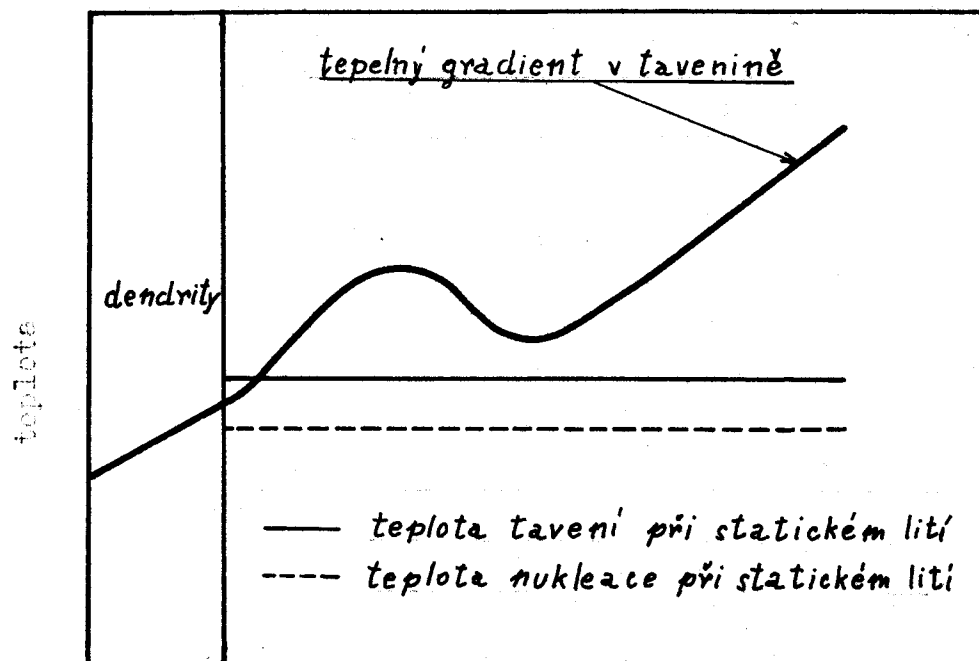
Obr.7. Vliv rozdílu v hustotě taveniny a tuhé fáze při teplotě tavení na zjemnění zrna za vibrace. /8/

velikost zjemnění závisí na rozdílu mezi hustotou (specifickou vahou) taveniny a tuhého kovu při teplotě tuhnutí. S tím souvisí také závislost velikosti zjemnění na velikosti smršťování kovu. Čím větší jsou rozdíly v hustotě (specifické váze) mezi taveninou a vznikající tuhou fází, tím větší je vliv tlakových vln na zjemnění zrna. Proto pouze nepatrné zjemnění bylo dosaženo

u antimonu.

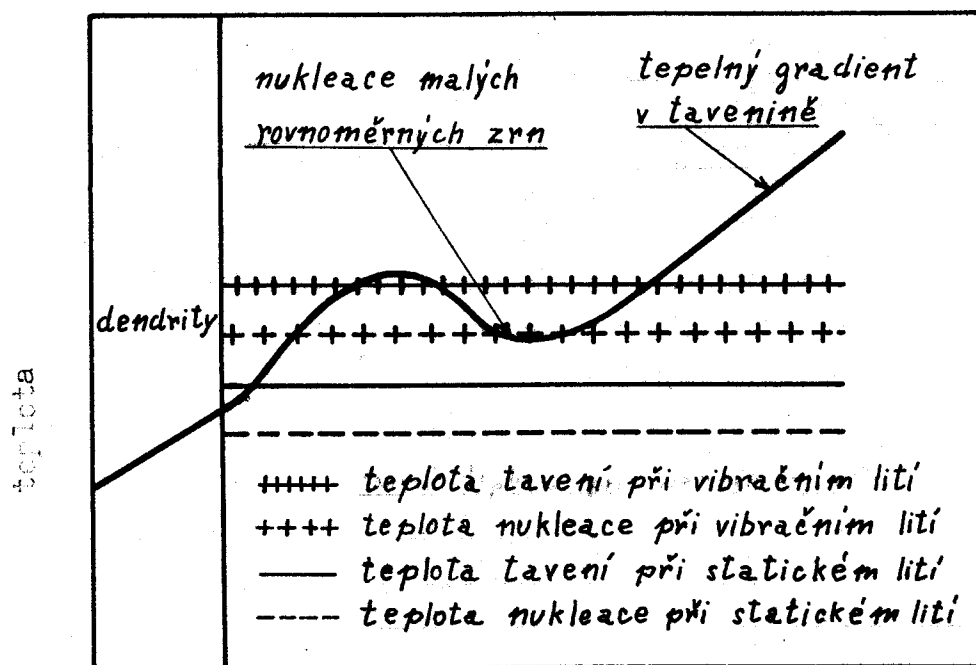
B.2.5. Mechanismus zjemnění zrna u čistých kovů.

Protože používané kovy byly obchodní jakosti, předpokládá se, že tyto kovy tuhnou heterogenně. Stejně je tu však ta okolnost, že malé podchlazení je nezbytné pro vytvoření stabilních zárodků, takže tuhnutí může pokračovat. Mechanismus zjemnění zrna může být možná vysvětleno podobným způsobem tuhnutí tuhých roztoků, obsahujících nečistoty. Jestliže se domníváme, že kovy jsou dostatečné čistoty, abychom se vyhnuli značným koncentracím látek (nečistot) rozpuštěných v tekutém kovu blízko tuhnoucí stěny, pak musí být nalezen jiný mechanismus. Obrázek 8 ukazuje tepelné stavy během statického tuhnutí oblastí sloupkových krystalů v ingotu čistých kovů. Sloupkové krystaly se tvořily u všech čistých kovů litých bez vibrace. Tato zrna se vytvářela vždy, přesto, že přehřetí kovu a předehřátí formy nevyvolávaly vysoké tepelné gradienty uvnitř tuhnoucího ingotu. Růst sloupkového krystalu pokračuje od stěny kokily, protože menší přechlazení je nutné pro další růst sloupkových krystalů než pro nukleaci nových krystalů, a proto tepelný gradient je v tavenině kladný. Za těchto podmínek se stává vysvětlení zjemňování zrn obtížným. Je možné se domnívat, že tepelný gradient v tavenině není kladný v celé tavenině, ale že latentní teplo tuhnutí z tuhnoucí vrst-



vzdálenost od stěny kokily

Obr.8. Tepelné stavy v ingotu během tuhnutí slepových zón v čistém kovu bez vibrace./8/



vzdálenost od stěny kokily

Obr.9. Vliv vibrace na tavící teplotu a teplotu tvoření zárodků v čistém kovu a tvoření rovnoměrných zrn./8/

vy sloupkových krystalů zvyšuje teplotu v bezprostřední blízkosti tuhé stěny. Jakmile se vytvoří tato teplotní oblast, je potom efekt zjemnění zrn nebo přerušení růstu sloupkových krystalů vysvětlitelné u čistých kovů. Podmínky, které strukturu mnohých zrn přivodí během vibrace tuhnutí čistého kovu s větší hustovou tuhou fází než taveniny, ukazuje obr.9.

Tlaková vlna působí tak, že zvětšuje stabilitu tuhé nebo hustší fáze. To znamená, že vibrace účinně zvyšuje tavící teplotu, teplotu plynulého růstu krystalů a teplotu vzniku zárodků nových krystalů. Uspořádání ukazuje zase obr.9, kde plynulý růst krystalu během tlakové vlny je rušen zvýšením teploty produkované latentním teplem u stěny ztuhlého kovu.

Tlaková vlna zvyšuje teplotu nukleace natolik, aby dovolila nukleaci stabilních krystalů v oblasti nižší teploty (viz obr.čís.9). Podobné podmínky převládají u podtlakové vlny, když tuhá fáze je specificky lehčí než tavenina.

Tento mechanismus zjemnění zrna u čistých kovů pomocí vibrace závisí jen na nepatrném zvýšení teploty u tuhnutí stěny kovu. Je domněnka, že toto zvýšení teploty se děje, protože čisté kovy se taví při jedné teplotě. Křivka chlazení čistých kovů všeobecně ukazuje toto zvýšení teploty, které se děje při tuhnutí.

B.2.6. Shrnutí.

Zjemnění zrna při vibraci je vyvoláváno tlakovými a podtlakovými vlnami tím, že zvyšují rychlost nukleace (tvoření zárodků) tuhnoucí fáze. Velikost zjemnění zrna závisí na rozdílu mezi hustotou (specifickou vahou) taveniny a tuhého kovu při teplotě tuhnutí a na smršťování kovu. Čím vyšší jsou rozdíly v hustotě mezi taveninou a vznikající tuhou fází, tím větší je vliv tlakových vln. Právě u antimonu je rozdíl nejmenší, a tedy získání jemné struktury není lehkou záležitostí. Dále je-li rychlost tuhnutí příliš velká tím, že je forma studená nebo je nedostatečné přehřátí kovu, projeví se malý vliv vibrace.

C. Antimon.

=====

Antimon, chemická značka Sb, je kov vyskytující se ve třech modifikacích - bílé, žluté a černé. Nejběžnější a nejstálější formou je modifikace bílá. V této modifikaci má antimon stříbrolesklou barvu a na lomových plochách má silný lesk od velkých krystalů kosočtverečné soustavy. Je tvrdý, křehký a nárazem se drobí na prach. Vyskytuje se v přírodě hlavně ve formě sirníku a kysličníků, z kterých se také převážnou měrou vyrábí. /1/.

Některé hodnoty tohoto prvku :

specifická váha 6,69 gr/cm³

bod tavení 630,5°C

tavné teplo 20,6-38,9 kalorií/gr

smrštění 1,4% /8/.

Nepovažuji za vhodné uváděti zde způsoby výroby čistého antimonu z rud, protože jich je celá řada. Ale považoval jsem za nutné seznámit s vlastnostmi antimonu, jejichž znalost je potřebná pro správné ohodnocení výsledků experimentální části této diplomové práce.

D. Dosavadní výzkum technologie výroby antimo-

nového kroužku.

D.1. Lití antimonového kroužku do kokil.

Litím antimonového kroužku se již zabýval Státní výzkumný ústav materiálu a technologie v Praze (SVÚMT), který měl za úkol odlít sadu antimonových kroužků pro nultou serii vysilačů pH. Do jaké míry se podařilo získat požadovaných vlastností antimonového kroužku není možno ještě říci, protože se provozní zkoušky s těmito kroužky ještě neprováděly. Byly však získány odlitky, které mají vzhledem k uvedené krystalisaci antimonu (viz kap.A 3) velmi pěknou strukturu, přibližující se daným požadavkům (viz obr.čís.10, příloha 5).

Technologie, kterou se antimonové kroužky v SVÚMT odlévaly, je následující. Antimon byl odléván do kovové kokily z kotlového plechu (viz obr.12, příloha 6), která byla začouzena nebo vystříkána krpolem. Lití se provádělo při teplotě 700°C a za současné vibrace. Vibrace byla aplikována tak, že se rozkmitala mechanickým způsobem ocelová tyč, na které byla kokila připevněna. Amplituda vibrace činila 0,5 mm a frekvence asi 100 c/sek. Uvedené hodnoty však nejsou podle slov vedoucího výzkumu, přesně měřené, takže podle nich nelze dělat přesné závěry.

Byly dělány pokusy, odlévat antimon z těžé do grafitové kokily (obr.čís.13, příloha 6). Ovšem výsledky ukázaly, že krystalisace je mnohem hrubší oproti lití do kovové kokily, protože je menší odvod tepla. Pokusy se sádrovou kokilou a sintrovým kneď z počátku ukázaly nevyhovující strukturu antimonového kroužku.

Další vlivy, které se sledovaly, byla lící teplota antimonu a teplota kokily. Antimon byl přehříván až na 850°C , ale žádné podstatné změny ve struktuře odlitků nebyly zaznamenány. Výsledek zní, že nejvhodnější lící teplotou je teplota $650-700^{\circ}\text{C}$. Kokila byla ohřívána na $70-80^{\circ}\text{C}$. Též byla podchlazena až na -80°C , ale ukázalo se, že to nemá praktického významu.

Struktura antimonového kroužku, kterou dosáhl SVÚMT, je velmi dobrá. Ovšem není zaručena dostatečná hutnost a bezporosita odlitku. Při tomto způsobu lití je také nutné, aby byly přídavky na obrábění velké, protože horní vrstvy odlitku obsahují velký počet ztaženin. Nejlepší povrch po obrobení je pochopitelně spodní část odlitku (viz obr.čís.11, příloha 3), která je nejhutnější. Ovšem u mnohých odlitků se po opracování objevily ztaženiny, které celý odlitek znehodnocují (obr. čís.14, příloha 7).

D.2. Obrábění antimonového kroužku.

Obrábění antimonového kroužku je obtížné, protože antimon je velmi křehký kov a jeho krystaly se velmi lehce vylamují (obr.čís.15, příloha 7). Proto je nutná jemná struktura, která by zaručila hladký povrch kroužku bez vylamování zrn při obrábění. Při obrábění antimonového kroužku nelze mluvit o tříšce, protože se antimon drolí na prach. Přesto však je nutné volit úběr co nejmenší.

Antimonové kroužky byly obráběny přímo v ZPA Nová Paka a jsou tedy již jisté zkušenosti. Je výhodné obrábět kroužky nožem RADECO, při vyšších otáčkách. Slinuté karbidy se nedoporučují. Postup, kterým byly obráběny antimonové kroužky vyrobené v SMÚT Praha, je následující :

hrubé obrobení čela (horní části odlitku-porézní)

sražení hrany

Vyvrtání díry načisto

obrobení čela načisto

otočení kusu

sražení hrany

obrobení druhého čela načisto (spodní část odlitku)

upnutí na trn

přetáčení boku kroužku.

Vhodná tříska je asi 0,6 mm/ot a pro obrobení načisto 0,1 mm/ot při co nejvyšších otáčkách. Nedoporučuje se dojíždět sražené hrany úplně, protože se vylamují zrna. I při dodržení všech těchto parametrů se nedosahovalo naprosto čistého povrchu, protože struktura odlitků nebyla ještě dostatečně jemná. Zvláště pak špatný povrch se objevil vždy na straně porézní^{části} odlitků (viz obr.čís.15, příloha 7). Proto se také přistoupilo k další práci na zjemnění struktury antimonu. Tento úkol ~~by~~ mi připadl jako diplomní práce.

3. LISTOPADU 1962

Miroslav Pacák.

E. Experimentální část odstředivého odlévání

antimonového kroužku za současné vibrace.

E.1. Úvod.

Po získání znalostí a odstředivém lití a vibrací z literatury jsem přistoupil k vlastní experimentální části diplomové práce. V první části bylo nutno zkonstruovat zařízení pro odstředivé lití antimonových kroužků za současné vibrace (viz obr.36, příloha 4). Při konstrukci jsem musel vzít v úvahu všechny faktory, které mají vliv na zjemnění zrna a na hutnost odlitku. Těchto faktorů je celá řada - vibrace (frekvence a amplituda), otáčky kokily, teplota kokily, teplota lití, kokila s nátěrem, kokila bez nátěru.

Vzhledem k velkým obtížím při výrobě licího zařízení, které čas na experimentální zkoušky zkrátily na minimum, jsem musel vyloučit prozkoumání některých těchto faktorů a spoléhat se na dosavadní výsledky z SVÚMT v Praze. Přesto však jsem si ověřil alespoň částečně správnost těchto faktorů zkouškami při extrémních hodnotách. Nemohu také zaručit, že antimonové kroužky mají požadovanou čistotu, protože materiál, který mi byl dodán ke zpracování, byly velmi zaolejované antimonové třísky po obrábění. Musel jsem je nejprve přetavit v elektrické peci pod boraxem a odlít z nich menší válečky, které mi pak

sloužily jako materiál pro zkoušky.

E.2. Stručný popis odstředivě-vibračního

zařízení.

Odstředivě-vibrační zařízení sestává z částí, které jsou detailně prokresleny (viz příloha). Z výkresu sestavy je patrna činnost tohoto zařízení (viz příloha²⁴). Celé zařízení je pokusné, a proto bylo pamatováno na určitou universálnost.

Pro rotaci byl použit pneumatický motorek, který má možnost plynulé změny otáček v rozsahu od 0 - 2.000 ot/min. Otáčky byly měřeny otáčkoměrem a kolísaly v určitém rozsahu podle množství vzduchu dodávaného kompresorem. Pro provádění zkoušky však pneumatický motorek plně vyhovoval. Pro výrobu antinových kroužků je nutno použít elektrického motorku, který zaručuje neměnnost otáček.

Pro vibraci byl použit stejnosměrný elektrický motorek o výkonu 160 W, který má též možnost plynulé změny otáček v rozsahu od 0 - 7.000 ot/min. Motorek byl napájen ze selenového usměrňovače (viz obr.¹⁶, příloha¹⁷). Vibrace je provedena nucená, exentricky uloženým hřídelem, protože pružiny by při vyšší frekvenci kmitání nezaručovaly vracení kmitajícího tělesa. Pružiny pouze zmenšují zatížení exentricky uloženého ^{hřídele} kroužku. Kmitající těleso je upevněno ve svařované konstrukci (viz příloha²⁴), která plně vyhověla požadavkům při provádění pokusů.

E.3. Provádění zkoušek.

Před každým litím byl navážen kov (11,5 dkg) na laboratorních vahách a vysypán do grafitového kelínku. Vážení bylo nutné pro získání správného tvaru odlitku při odlévání (vnitřní díry). Před vložením do pece byl kov posypán boraxem, který tvořil ochrannou vrstvu při tavení v peci. Kov byl taven v elektrické silitové peci na příslušnou teplotu a byl v peci asi 20 min., aby se dostatečně prohrál v celém objemu. Po vytažení z pece byla stažena struska a teplota taveniny změřena thermočlánkem. Současně se z měřením otáček kokily a nastavením frekvence kmitání na selenovém usměrňovači byl odlit antimonový kroužek. Před každým litím byla ještě řádně vysušena a nebo předehřáta kokila na příslušnou teplotu. Kokila nesmí být vlhká, jinak nalitý kov vystříkne ven z kokily. Po odlití byl ihned odlitek přeražen. Některé odlitky, které měly jemnou strukturu, byly obráběny, aby bylo zjištěno jakého povrchu se při té které jemnosti struktury dosáhlo (viz obr.č.31, příloha 14).

Hustota odlitku nebyla kontrolována röntgenem, ale byla posuzována podle lomu odlitku. Byly zjištěny pouze nepatrné pory v odlitcích litých bez rotace při pouhé vibraci nebo při vysoké lici teplotě a předehřátí kokily na vysokou teplotu (viz obr.32, příloha 14). Velké staženiny, jako je na příklad na obrázku 15, příloha 7, nebyly v žád-

VŠST LIBEREC

Odstředivé odlévání Sb kroužku

DP-ST 76/62 29

3. LISTOPADU 1962

Miroslav Pacák.

ném případě zjištěny.

Amplituda kmitání nebyla pro velkou časovou tíseň měněna. Získané výsledky však ukazují, že amplituda 1,2 mm, která byla použita, je plně vyhovující a může být používána i při výrobě antimonových kroužků. Ostatní hodnoty všech parametrů, při kterých byly zkoušky prováděny, jsou seštevny přehledně v tabulce (list 30 a 31 a 32).

VŠST LIBEREC

Odstředivé odlévání Sb kroužku.

DP - ST 76/62 30

3. LISTOPADU 1962

Miroslav Pacák.

Tabulka hodnot parametrů odstředivého odlévání:

Číslo měření	otáčky ot/min.	vibrace c/sec.	teplota kokily °C	lící teplota °C
1	700	30	70	650
2	1000	30	70	650
3	1300	30	130	650
4	450	30	130	650
5	700	15	80	650
6	1200	15	80	650
7	390	15	80	650
8	1400	15	80	650
9	1400	30	80	650
10	1400	30	20	650
11	1400	30	70	650
12	1400	30	20	700
13	1400	30	70	700
14	1400	30	20	750
15	1400	30	70	750
16	390	22	300	750
17	390	22	20	750
18	180	22	20	750
19	450	22	300	750
20	590	22	300	750
21	390	30	300	750
22	1200	0	20	750
23	450	30	80	650
24	180	30	70	650
25	390	30	70	650

VŠST LIBEREC

Odstředivé odlévání Sb kroužku

DP - ST 76/62 31

3. LISTOPADU 1962

Miroslav Pacák.

Číslo měření	otáčky ot/min.	vibrace c/sec.	teplota kokily °C	licí teplota °C
26	450	15	20	650
27	700	15	20	700
28	700	30	20	700
29	700	45	20	700
30	700	60	20	700
31	700	22,5	20	700
32	700	15	400	700
33	0	45	20	700
34	180	45	20	700
35	450	45	20	700
36	700	45	20	700
37	0	60	20	650
38	0	30	20	700
39	0	15	20	700
40	0	30	20	900
41	0	30	20	850
42	0	30	20	800
43	0	30	20	750
44	0	30	20	700
45	0	30	20	650
46	450	30	150 n	800
47	450	30	150 n	900
48	450	30	150 n	700
49	450	30	150 n	650
50	180	30	20	900
51	180	30	20	800

Číslo měření	otáčky ot/min.	vibrace c/sec.	teplota kokily °C	licí teplota °C
52	180	30	20	700
53	180	30	20	650
54	1400	30	20	650
55	180	45	150	700
56	180	45	300	700
57	180	45	300 n	700
58	180	45	150 n	700
59	700	45	300 n	700
60	1400	45	300 n	700
61	450	45	300 n	700
62	1400	60	300 n	700
63	180	60	300 n	700
64	450	60	300 n	700
65	700	60	300 n	700

Vysvětlivky:

n - kokila s natěrem

20°C teploty kokily znamená nepřehřívanou
kokilu

E.4. Vliv jednotlivých faktorů na zjemněnístruktury antimonu.E.4.1. Rotace.

Hlavní vliv na zjemnění struktury má vibrace /8/, která ruší plynulý růst krystalů. Protože však jde o jednoduchý rotační tvar odlitku (viz příloha 10), přistoupilo se k prozkoumání výroby antimonových kroužků odstředěním za současné vibrace. Zároveň se tím sledovalo získání dostatečné hutnosti a bezpórovitosti odlitků, čehož lze těžko dosáhnouti při statickém lití.

Již první pokusy při odstředivém lití antimonových kroužků daly najevo, že rotace bude mít podstatný vliv na jemnost struktury. Podle literatury /5/, čím vyšší otáčky, tím hrubší zrno. Výsledky zkoušek potvrdily správnost těchto údajů. Nejlépe je to vidět ve srovnání obrázku čí. 23, příl. 10. a obr. č. 27, příl. 12, jakož i obr. 24, příl. 10 a obr. 25, příl. 11, kde však již nejsou tak velké rozdíly, poněvadž otáčky se liší o malou hodnotu. Z výsledků zkoušek jsem sestavil graf závislosti jemnosti zrna na otáčkách kokily (viz obr. č. 18). Zjemnění struktury bylo posuzováno však pouze podle vzhledu lomové plochy odlitku. Proto v grafu není vynesena žádná stupnice, která by ostře ohraničila velikost zjemnění struktury jednotlivých odlitků.

To platí pro všechny grafické závislosti zde uvedené. Graf závislosti jemnosti zrna na otáčkách kokily potvrzuje skutečnost, že čím nižší otáčky, tím jemnější struktura. Tento fakt potvrzují též oba další grafy (viz obr.17 a 19). Při zkouškách bez rotace za pouhé vibrace byla struktura nejjemnější, ovšem tvar odlitku a jeho povrch byl velmi špatný. Nepůsobila zde žádná odstředivá síla, a tedy žádný otvor uprostřed odlitku se ne vytvořil a povrch byl velmi nerovný.

Podle M.M. Čepinoga /11/ jsou nejmenší otáčky kokily, kdy se získá ještě správný tvar odlitku, rovný výrazu

$$n_{\min} = 9,55 \sqrt{\frac{g}{2 \cdot r_0} \left(7 - \frac{r_0^2}{R^2} \right)} \text{ ot./min.},$$

kde $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

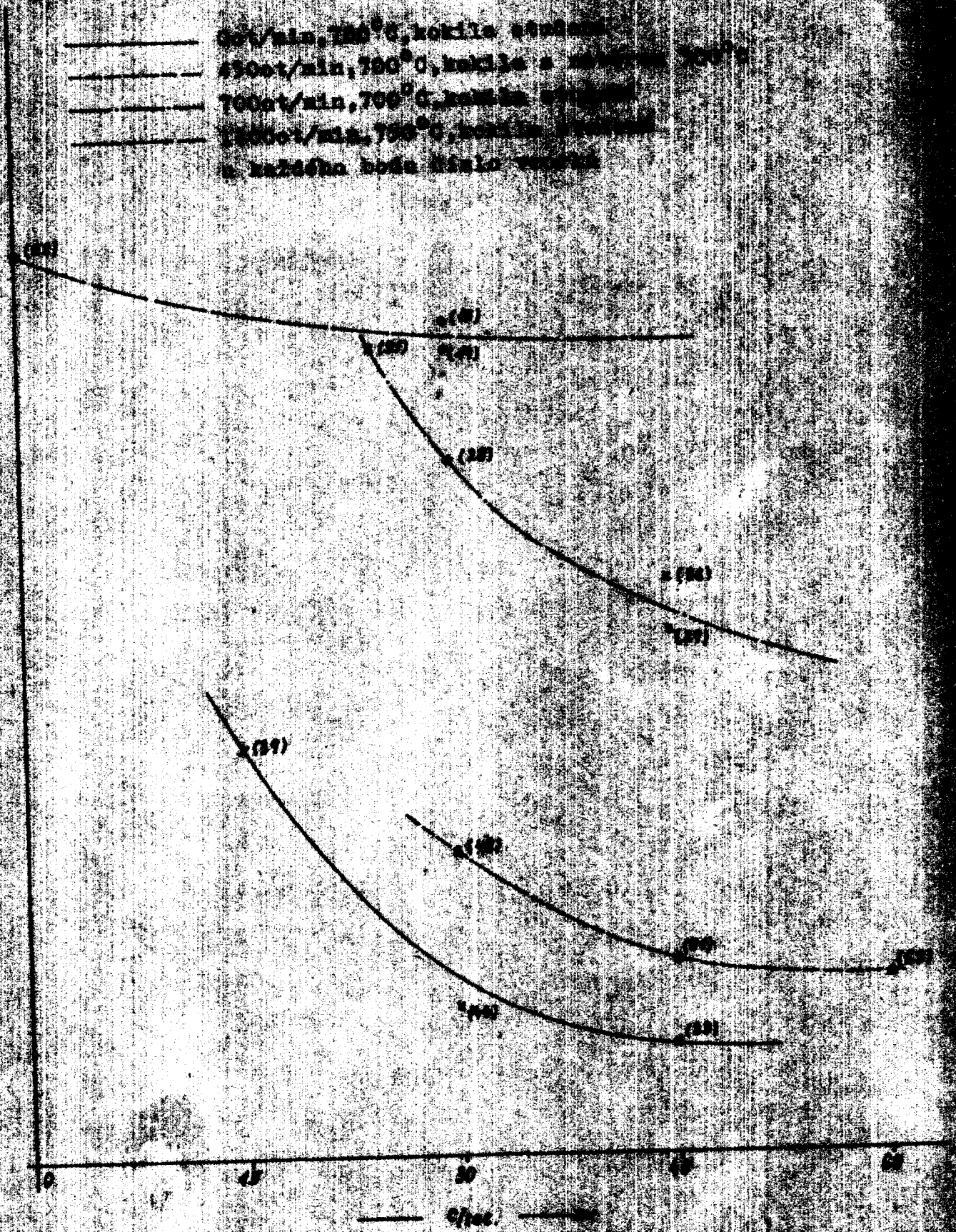
r_0 = vnitřní poloměr odlitku v m

R - vnější poloměr odlitku v m.

Podle tohoto výrazu jsou nejmenší otáčky kokily $n_{\min} = 440 \text{ ot./min.}$. Tyto otáčky také vyhovovaly při vibracích až do 45 c/sec. . Při vyšších vibracích již byl vnitřní tvar odlitku špatný a kov při nižších otáčkách ze těchto vibrací vystřikoval z kokily. Výsledky ukázaly, že optimální otáčky jsou 450 ot./min.

Pokusně byl také odlit kroužek za pouhé rotace (viz obr.21, příl.9). Určitého zjemnění zrna se dosáhlo oproti staticky litému kroužku (viz obr.5, příl.2).

voľnosť ríjometného zrna



Obz.17 Graf závislosti jemnosti zrna na výmogu

Chodnotit získanou strukturu je však možno nejlépe ve srovnání se strukturou kroužku odlitého za pouhé vibrace (viz obr.20, příl.13). Zde je jasně vidět, že rozhodující vliv na zjemnění struktury má vibrace.

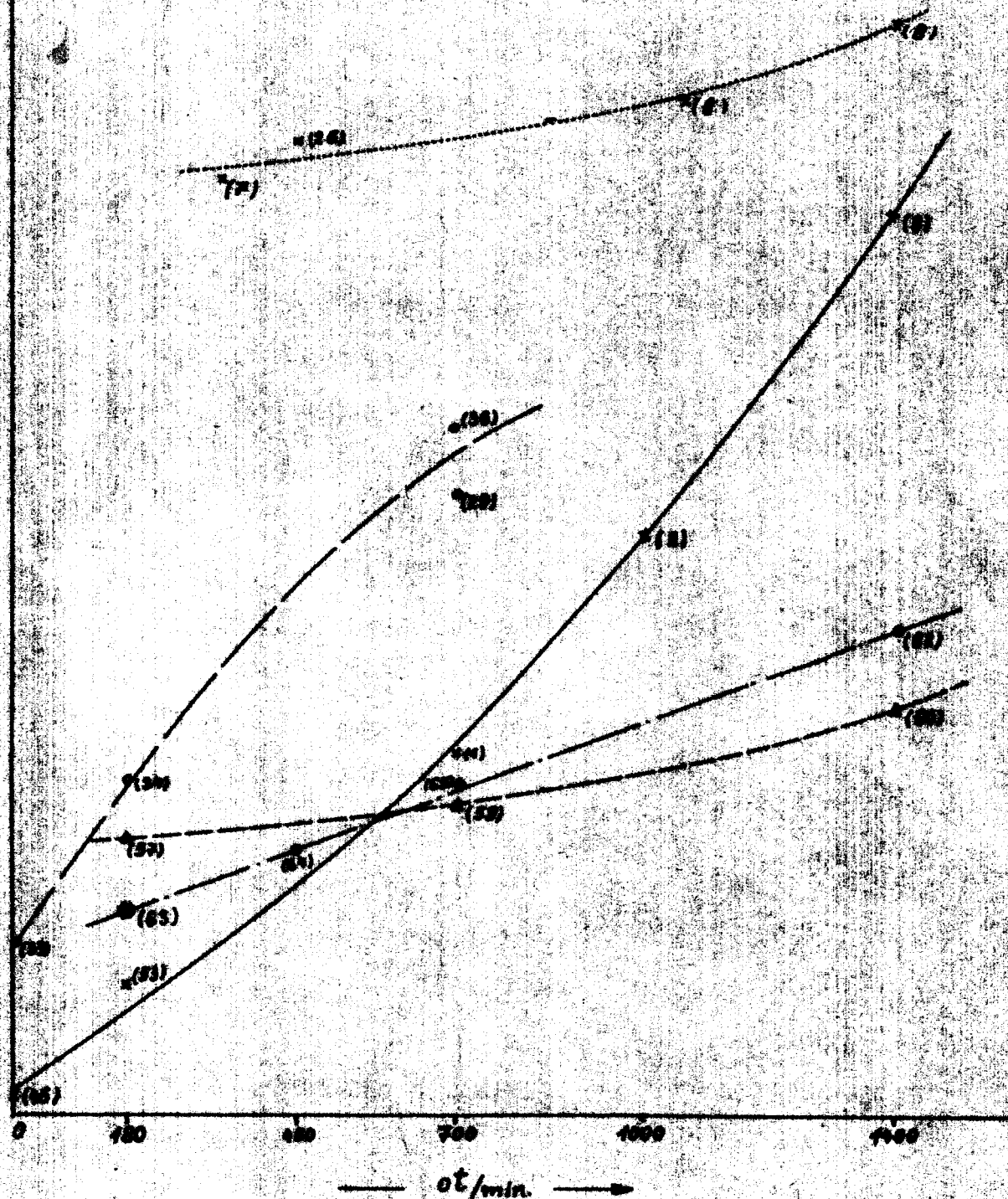
2.4.2. Vibrace.

Vibrace, která má největší vliv na zjemnění struktury, byla sledována nejpodrobněji. Frekvence kmitání byla měněna v rozsahu od 0 až do 60 cyklů/sec., aby bylo dosaženo alespoň frekvence, která je uváděna v literatuře /8/ a struktura odlitých kroužků mohla být srovnána s již dosaženými výsledky.

Je nutno konstatovat, že vibrace vyšší jak 45c/sec. při odstředivé vibračním způsobu lití antimonových kroužků, již nemají podstatného vlivu na zjemnění struktury odlitku, viz srovnání obr.28, příl.12 a obr.29, příl.13. Oproti tomu velmi jasný je rozdíl ve struktuře odlitku litého při nízké frekvenci (viz obr.20, příl.8) a při vysoké frekvenci (viz obr.25, příl.11) za stejných hodnot ostatních parametrů. Závislost jemnosti zrna odlitků litých odstředivé vibračním způsobem na velikosti frekvence kmitání je patrna z grafu obr.17. Čím vyšší frekvence, tím jemnější struktura odlitku. Výsledky ukazují, že optimální frekvence je 45 c/sec., ovšem v souladu s hodnotami ostatních parametrů - hlavně otáček kokily. Větší vliv vibrace na zjemnění struktury oproti otáčkám kokily je možno posoudit též srovnáním obr.22, příl.9 a obr.26, příl.11.

- 150/sec, 650°C, kokila 80°C
 - 450/sec, 700°C, kokila studená
 - 450/sec, 700°C, kokila s nítěrem 300°C
 - 600/sec, 700°C, kokila s nítěrem 300°C
 - 300/sec, 650°C, kokila studená
- u každého bodu číslo vzorku

— velikost zjemněných zrna —→



Obr. 18 Graf zvislosti jemnosti zrna na otáčkách kokily.

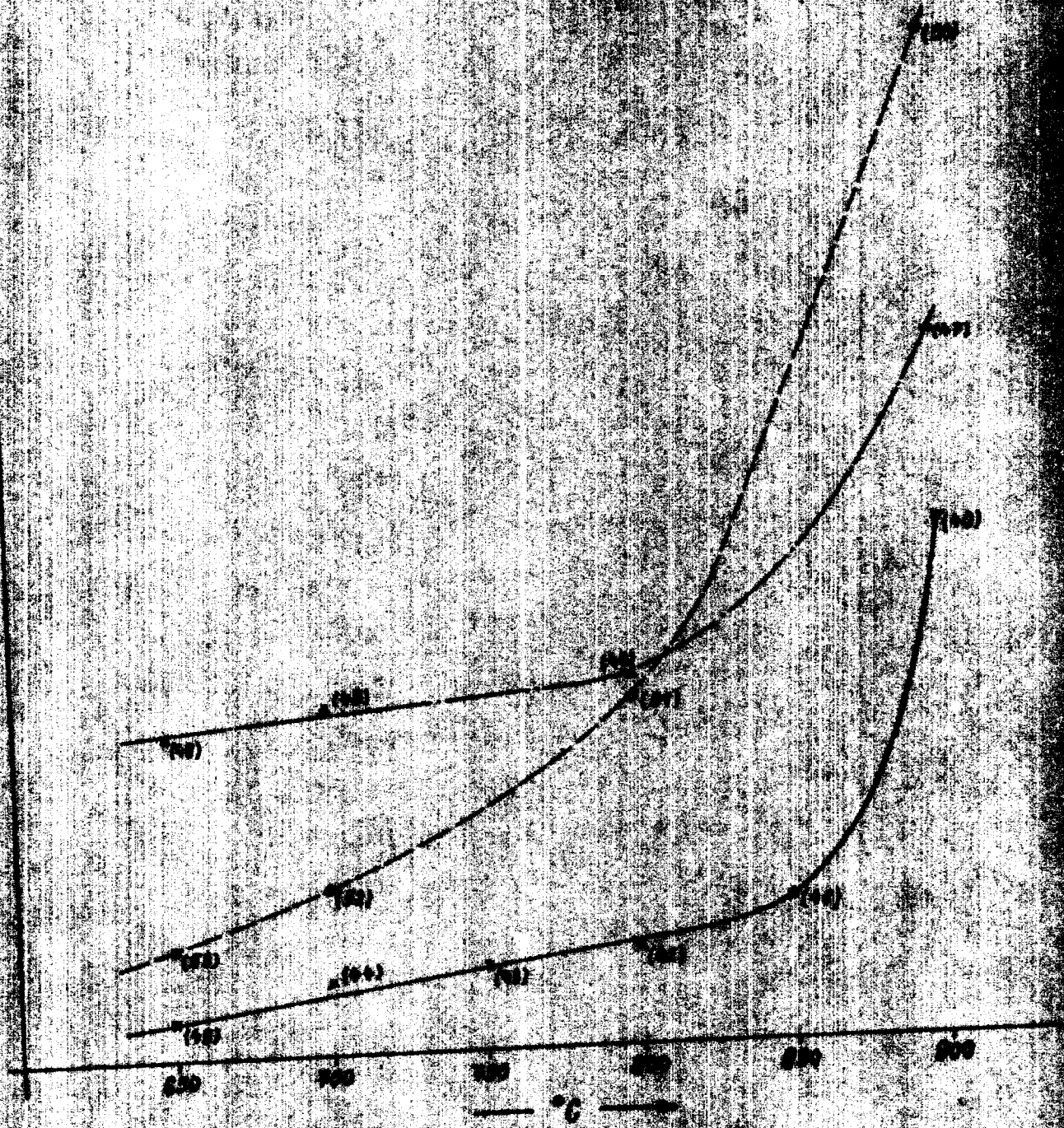
Z uvedených výsledků plyne, že optimální hodnoty vibrace pro výrobu antimonového kroužku odstředivě vibračním způsobem budou - amplituda 1,2 mm a frekvence 45 c/sec.

E.4.3. Licí teplota.

Licí teplota nemá mít, podle zprávy SVMT Praha, podstatný vliv na strukturu odlitku. Tento poznatek se do jisté míry potvrdil i u odstředivě vibračního způsobu lití antimonových kroužků. Teplota tavení antimonu je 630°C . T. zn. , že je nutno antimon tavit nejméně na 650°C , aby byl zaručen dostatečně tekutý kov. Tato teplota je však ještě dost nízkou, než aby vyhověla požadavkům na získání dobrého odlitku. Než se kov začne lít do kokily, částečně se ještě ochladí (před litím se měřila teplota taveniny thermočlánkem) a pak ztuhne v nálevce nebo vznikají studené svary na povrchu odlitku (viz obr.34, příl.15). Pro zlepšení povrchu odlitku a odstranění studených svarů je tedy nutno zvýšit licí teplotu kovu. Ovšem licí teplota nesmí být zase příliš vysoká. Na příklad při 900°C se projevilo viditelné zhrubnutí struktury, takže na licí teplotě do určité míry přece jen závisí (srovnání obr.33, příl.15 a obr.27, příl.12). V rozmezí od 650°C do 800°C nebylo zjištěno podstatných změn ve struktuře odlitků litých při stejných ostatních parametrech. Nejnázorněji je to vidět na grafu závislosti jemnosti zrna na licí teplotě (viz obr.19).

— 000t/min, 300/sec, kokila - standard
 - - - 1500t/min, 300/sec, kokila - standard
 — 4500t/min, 300/sec, kokila - standard 150°C
 a kaifacho boia biala - vachko

velikost z/umolov z/umol



000.19 Graf prikazuje jasnosti s/umol
 1101 000.19

Z tohoto grafu zároveň plyne závislost jemnosti zrna na otáčkách kokily.

Optimální lící teplotou je teplota 700°C , která zaručuje povrch bez studených svarů a ještě nepůsobí hrubnutí struktury. Při této teplotě byla odlita také většina kroužků, které ve větší míře vyhovely daným požadavkům.

E.4.4. Kokila.

Kokile, jedné z nejdůležitějších částí lícího zařízení, byla věnována též dostatečná pozornost. Sledoval se hlavně vliv teploty kokily na strukturu a povrch odlitků. Kokila byla měděná z důvodů dobrého odvodu tepla. Předpokládalo se totiž, že chlazení bude mít též podstatný vliv na strukturu odlitků. Ovšem jak se později ukázalo, musel být naopak odvod tepla omezen předehtáním kokily. Je-li nízká lící teplota a studená kokila, kov rychle tuhne, aniž se může uplatnit vliv vibrace. Zvýšila se tedy lící teplota a hledala se optimální teplota předehtání kokily. Optimální teplota kokily je asi 150°C . Vysoká teplota předehtání kokily nemá podstatný vliv na strukturu odlitku.

Jak bylo možno pozorovat u většiny vzorků, tvořila se na povrchu odlitku slabá vrstvička jemných krystalů, pak následovaly hrubé sloupkové krystaly a střed až k vnitřnímu povrchu odlitku tvořila zase jemná struktura (viz obr.26, příl.11). Tento jev

by se dal vysvětlit pomocí teorie tlakových a podtlakových vln vznikajících vibrací a pomocí nerovnoměrného rozložení teplotního gradientu v tavenině podle /8/ (viz kapitola B.2.5.). Teorie vysvětluje zjemnění zrna pomocí nerovnoměrného rozložení teplotního gradientu v tavenině (viz obr.9, list 18) a pomocí latentního tepla produkovaného povrchovou tuhnoucí vrstvou, která má právě vliv na nestejně rozložení gradientu v tavenině, t.zn. že teplotní gradient není v celém rozsahu taveniny kladný. Právě při nalezení optimálních podmínek lití nastává zřejmě tak příznivé rozložení teplotního gradientu, při kterém zjemnění struktury odlitku probíhá pak v celém objemu odlitku (viz obr.29, příl.13).

Tento jev je možno vysvětlit však i přijatelnějším způsobem, t.j, postupem tuhnutí kovu v kokile. Po nalití kovu do studené kokily se ihned vytvoří slabá vrstvička jemných krystalických dendritů, které tvoří jakousi tepelnou isolační vrstvičku a brání dalšímu rychlému chladnutí kovu. Pak musí následovat takové poměry tuhnutí, že při určitých parametrech odstředivého lití se tvoří sloupkové krystaly až do té doby, kdy se změní tyto poměry tuhnutí (hlavně tepelný gradient). Pro další průběh tuhnutí je vytvořena již dosti silná vrstva ztuhlého kovu, takže tavenina uprostřed odlitku chladne pomalu. Rotace kokily za současné vibrace má za následek chaotický pohyb této taveniny, takže uprostřed odlitku vzniká

jemná struktura. K získání obdobných poměrů tuhnutí je tedy možno dojít předehřátím kokily, t.j. zpomalením chlazení taveniny, při čemž se v plném rozsahu může uplatnit vibrace. Toto vysvětlení nestejnoměrného tuhnutí odlitku bylo vytvořeno ze získaných výsledků zkoušek.

Je nutno se také zmínit o vlivu nátěru na kokile. Nátěr na kokile nemá podstatný vliv na strukturu odlitku, ale výrazně se projevuje jeho vliv na povrch odlitku - jeho kvalitu. Povrch odlitku odlitého do kokily s nátěrem je daleko kvalitnější než povrch odlitku litého do kokily bez nátěru (viz srovnání obr.35, příl. 16 a obr.34, příl.15). Byl používán nátěr o složení:

30 g kysličníku zinočnatého

15 g vodního skla

15 g grafitu

1000 g vody.

Nátěr musel být obnovován asi po každém třetím odlití. Vytvoření nátěru - nejprve se musela kokila dostatečně vyhřát (600°C), aby nátěr dobře přilnul, pak vystříkat nátěrem a nechat vypálit asi na 300°C . Pak teprve bylo možno dosáhnout dobrého povrchu odlitého antimovného kroužku.

D.4.5. Návrh technologického postupu výroby anti-
monových kroužků odstředivě vibračním způsobem.

Z uvedeného rozboru výsledků zkoušek odstředivě vibračního lití antimonových kroužků je možno sestavit technologický postup výroby těchto kroužků.

Postup:

přesné navážení antimonu - 11,5 dkg

tavení antimonu v elektrické peci v grafitovém kelímku pod boraxem při teplotě 700°C po dobu 20 min.

změření teploty taveniny thermočlánkem

lící teplota 680°C až 700°C

otáčky 450 ot./min.

frekvence kmitání 45 c/sec.

amplituda 1,2 mm

předehřátí kokily 150°C až 200°C.

F. Závěr.

=====

Výsledky odstředivé vibračního způsobu lití antimonových kroužků je možno shrnout do těchto bodů:

- Na kvalitu povrchu antimonových kroužků a na jemnost struktury mají vliv - vibrace, otáčky kokily, teplota kokily, nátěr kokily a lící teplota.
- Vibrace - čím větší frekvence kmitání, tím jemnější struktura. Optimální frekvence - 45 c/sec.
 - amplituda nemá podstatný vliv na zjemnění struktury. Doporučuje se amplituda 1,2 mm.
- Otáčky kokily - čím vyšší otáčky, tím hrubší zrno.
 - Optimální otáčky - 450 ot./min.
- Kokila - nejvhodnější teplota přehřátí kokily je 150°C. Pro získání dobrého povrchu odlitku je nutno kokilu vystříkat nátěrem.
- Lící teplota - nižší lící teplota je vhodnější. Při vysoké lící teplotě dochází k hrubnutí zrna. Optimální teplota je 700°C.

V závěru práce je nutno podotknout, že vzhledem k nečekaným obtížím při práci, byly získány dobré výsledky. Nyní je nutno provozně vyzkoušet, do jaké míry takto vyrobené antimonové kroužky vyhovují. Doufám, že má práce byla úspěšná a antimonové kroužky v provozu uspokojí všechny požadavky na ně kladené.

VŠST LIBEREC	Odstředivé odlévání Sb kroužku	DP - ST 76/62 42
		3. LISTOPADU 1962
		Miroslav Pacák.

Děkuji a. prof. inž. Bohumilu Odstrčilovi za poskytnutou pomoc při diplomové práci a zvláště pak děkuji s. inž. Jaroslavu Exnerovi a s. Stanislavu Jenšímu, kteří se velkou měrou zasloužili o to, aby zařízení pro odstředivé lití bylo dáno včas do provozu.

V Liberci dne 3. listopadu 1962.

Seznam literatury.

=====

- 1) Ján Gajdoš: "Antimon, měď, olovo", SVTL, Bratislava 1961.
- 2) Lozenko, Pokrovskij: "Kokilové a odstředivé odlévání", Průmyslové vydavatelství, Praha, 1951
- 3) Ložičevskij, Jeršov: "Konstrukce a výroba kovových forem", SNTL, Praha, 1953
- 4) Levin, Popova: "Centroběžnaja ontlivkametallov" Mašgiz, Saratov, 1957
- 5) A.I. Bajkov: "Centroběžnoje litie", Mašgiz, Leningrad - 1956
- 6) Bajkov: "Odstředivé lití hliníkových slitin", Průmyslové vydavatelství, Praha 1952.
- 7) Judin, Rosenfeld, Levin: "Centroběžnoje litie", Mašgiz, Moskva - 1962
- 8) R.G. Garlik; J.F. Wallace: "Grain refinement of solidifying metals by vibration", Modern castings.
- 9) A.M. Ietrichenko: "Praktika litia v metalličeskije formy" Mašgiz, Kijev - 1952
- 10) E.N. Nogova, A.V. Kugel, N.A. Kuzněcov: "Spravočnik litějščika" Kostěchiagav USSR, Kijev - 1955
- 11) L.I. Vějnik: "Tčoriže osobich vidov litia" - Maškiz - Moskva 1957
- 12) Kolektiv autorů: "Technologie strojírenské výroby", díl II., Slévárství, Průmyslové vydavatelství, Praha 1952.
- 13) Gieserei, čís. 16, 9. srpna 1951 - překlad, SVA, Kosmonosy.

Obsah. =====	Strana
Úvod.	1
A. Stručný popis měření pH roztoků a měřících přístrojů.	
A.1. Měření pH roztoků.	2
A.2. Měřicí přístroje - pH metry.	3
A.2.1. Stručný popis přístroje.	3
A.2.2. Použití přístroje.	4
A.3. Specifikace a zdůvodnění požadované kvality antimonového kroužku.	6
B. Teorie odstředivého a vibračního lití.	
B.1. Odstředivé lití.	
B.1.1. Vliv odstředivého lití na strukturu odlitku.	8
B.1.2. Konvekční proudy.	9
B.1.3. Shrnutí.	10
B.2. Zjemnění struktury tuhoucích materiálů vibrací.	10
B.2.1. Úvod.	10
B.2.2. Působení vibrační energie.	12.
B.2.3. Provádění pokusů.	13
B.2.4. Výsledky pokusů.	14
B.2.5. Mechanismus zjemnění zrna u čistých kovů.	17
B.2.6. Shrnutí.	20
C. Antimon.	21
D. Dosevační výzkum technologie výroby Sb kroužku.	
D.1. Lití antimonového kroužku do kokil.	22
D.2. Obrábění antimonového kroužku.	24
E. Experimentální část odstředivého odlévání	

	Strana
antimonového kroužku za současné vibrace.	
E.1. Úvod.	26
E.2. Stručný popis odstředivé vibračního zařízení.	27
E.3. Provádění zkoušek.	28.
Tabulka hodnot parametrů odstředivého odlévání.	30
E.4. Vliv jednotlivých faktorů na zjemnění struktury antimonu.	
E.4.1. Rotace.	33
E.4.2. Vibrace.	35
E.4.3. Lící teplota.	36
E.4.4. Kokila.	37
E.4.5. Návrh technologického postupu Sb kroužku.	40
F. Závěr.	41
Seznam literatury.	43

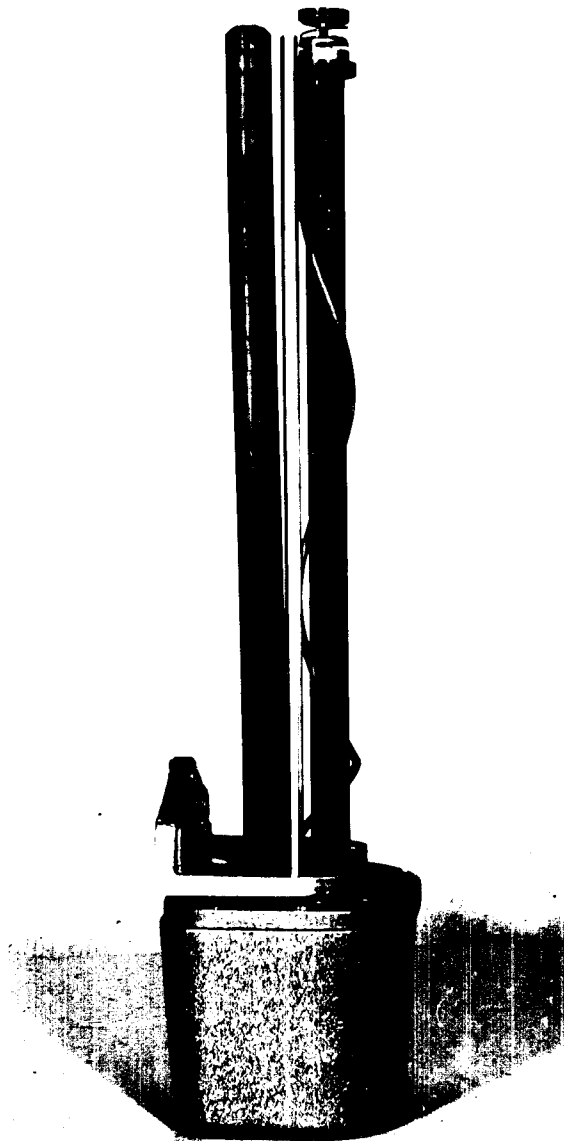


Figure 1. A vertical scale or measuring instrument, showing the main rod and the base.



...
...
...
...

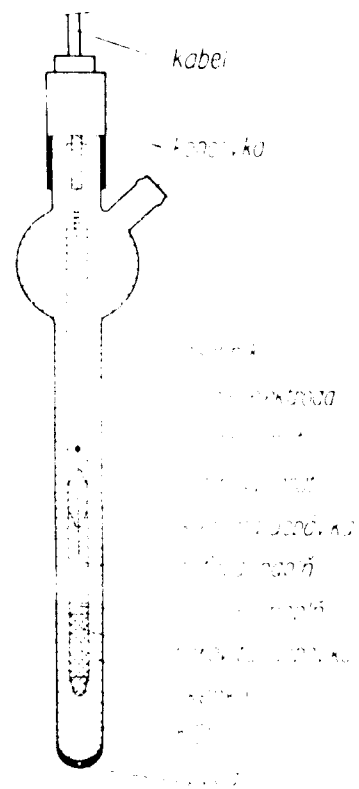
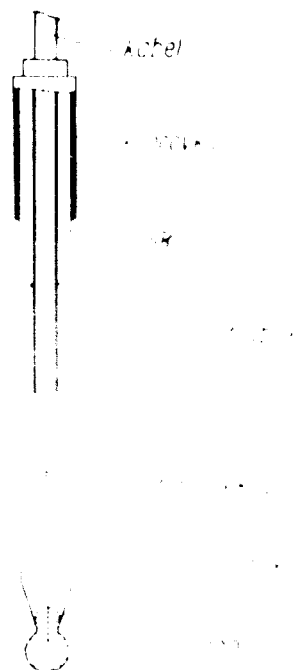
Zvětšeno 2,5x.

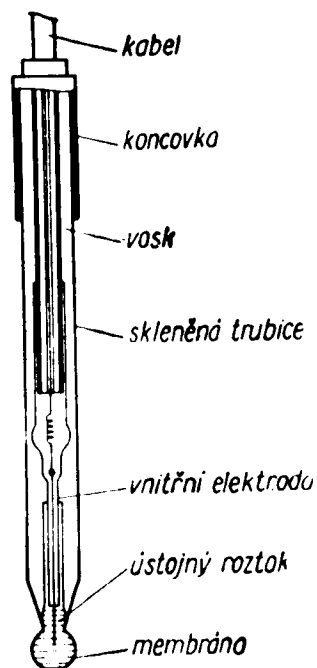


...
...
...
...

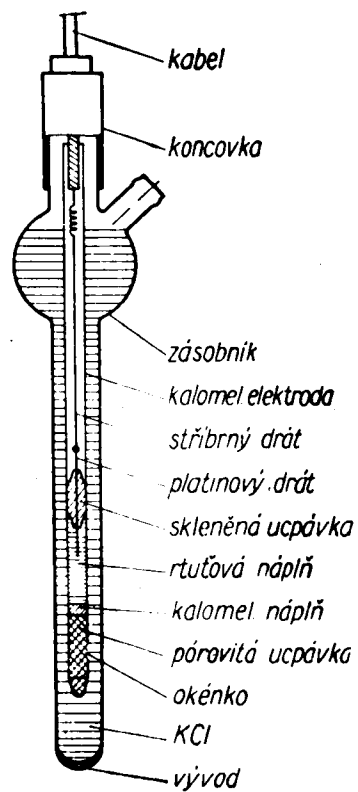
Zvětšeno 3,5x.

...

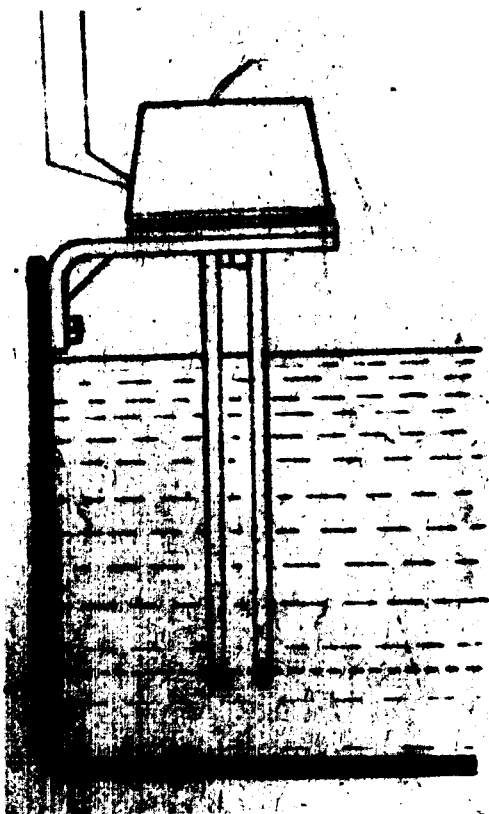




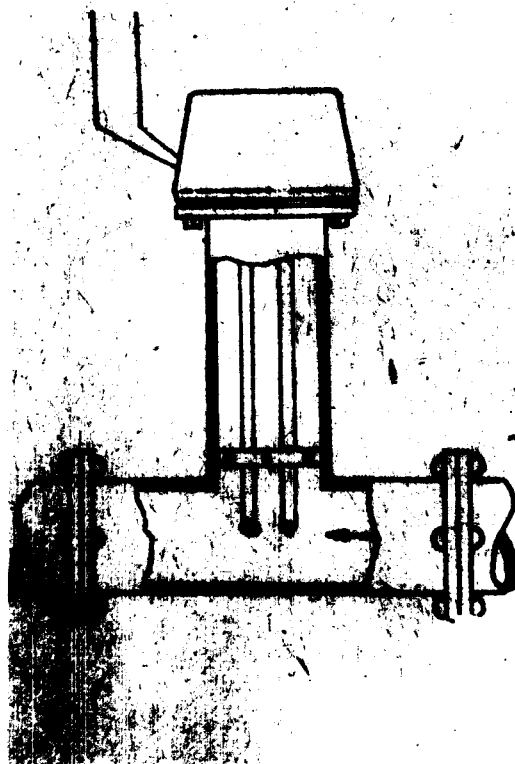
Obr.1. Skleněná elektroda.



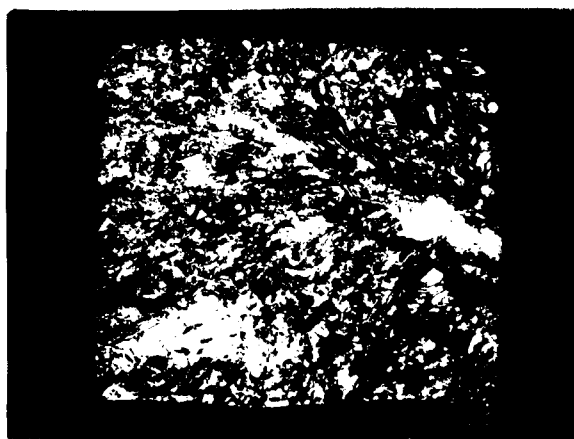
Obr.2. Kalomelová elektroda.



Obr.3. Příklad upevnění ponor-
ného vysilače pH se stíranou
antimonovou elektrodou v nádr-
ži při měření klidné kapaliny.



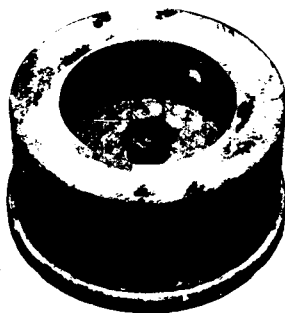
Obr.4. Příklad upevnění prů-
točného vysilače pH se stíra-
nou antimonovou elektrodou
v potrubí.



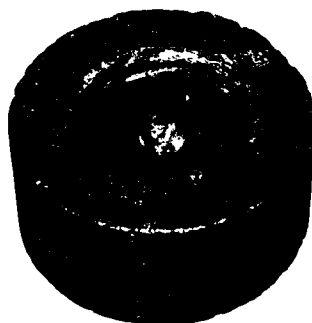
Obr.10. Lom antimonového kroužku
odlitého vibračně v SVÚMT Praha.
Hodnoty lití: statické, 100 c/sec.,
lící teplota - 700°C.
Zvětšeno 4x.



Obr.11. Povrch antimonového kroužku
odlitého v SVÚMT Praha - dolní bez-
pórovitá část. Hodnoty lití: static-
ké, 100 c/sec., lící teplota 700°C.
Zvětšeno 2,5x.



Obr.12. Kokila z kotlového plechu.



Obr.13. Grafitová kokila.



Obr.14. Obrobený povrch odlitku ze
SVÚMT Praha - staženina, která se
objevila po obrobení.

Hodnoty lití: statické, 100 c/sec.,
lící teplota 700°C.

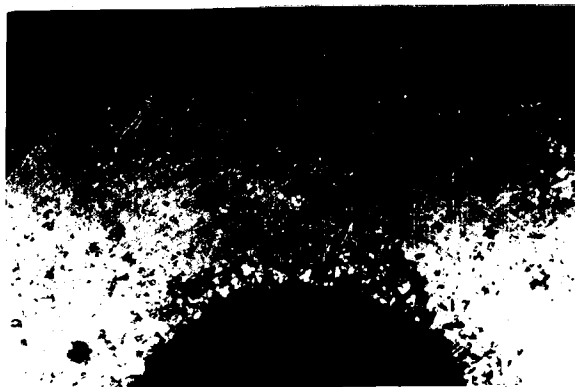
Zvětšeno 2,5x.



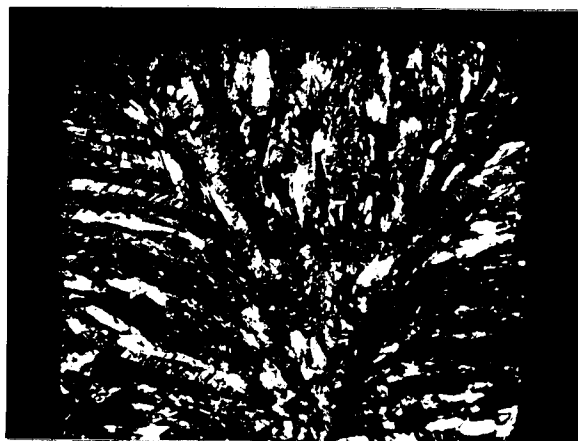
Obr.15. Lom antimonového kroužku
odlitého vibračně v SVÚMT Praha -
staženina ve struktuře.

Hodnoty lití: statické, 100 c/sec.,
lící teplota 700°C.

Zvětšeno 4x.



Obr. 16. Obrebený povrch odlitku
ze SVÚMT Praha - vylámaná zrna na
krajích i v celém rozsahu povrchu.
Hodnoty lití: statické, 100 c/sec.,
lící teplota 700°C.
Zvětšeno 2,5x.



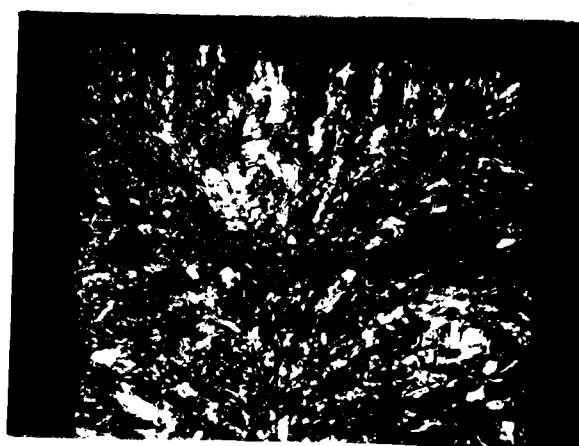
Obr.20. Lom antimonového kroužku
odlitého odstředivě vibračním způ-
sobem.
Hodnoty lití: 700 ot/min., 15 c/sec.,
lící teplota 700°C, teplota kokily
400°C.
Zvětšeno 4,5x.



Obr.21. Lom antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 1200 ot./min., 0 c/sec.,
lící teplota 700°C, kokila studená (20°C).

Zvětšeno 4,5x.



Obr.22. Lom antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 300 ot./min., 15 c/sec.,
lící teplota 650°C, studená kokila (20°C).

Zvětšeno 4,5x.



Obr.23. Lom antimonového kroužku
odlitého odstředivě vibračním způ-
sobem.

Hodnoty lití: 1400 ot./min., 30 c/sec.,
lící teplota 650°C, studená kokila (20°C).

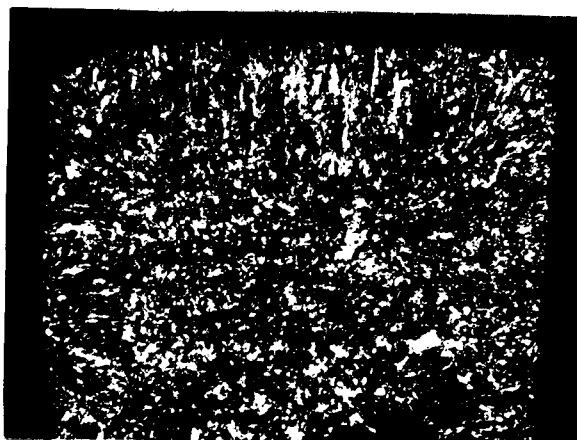
Zvětšeno 4,5x.



Obr.24. Lom antimonového kroužku
odlitého odstředivě vibračním způ-
sobem.

Hodnoty lití: 1400 ot./min., 60 c/sec.,
lící teplota 700°C, teplota kokily 300°C.

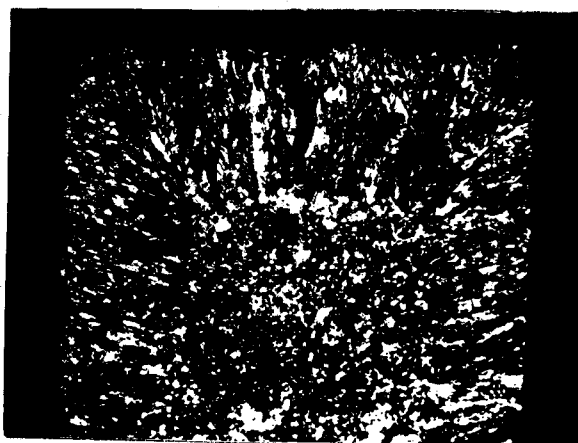
Zvětšeno 4,5x.



Obr.25. Lom antimonového kroužku
odlitého odstředivě vibračním způ-
sobem.

Hodnoty lití: 700 ot./min., 60 c/sec.,
lící teplota 700°C, teplota kokily 300°C.

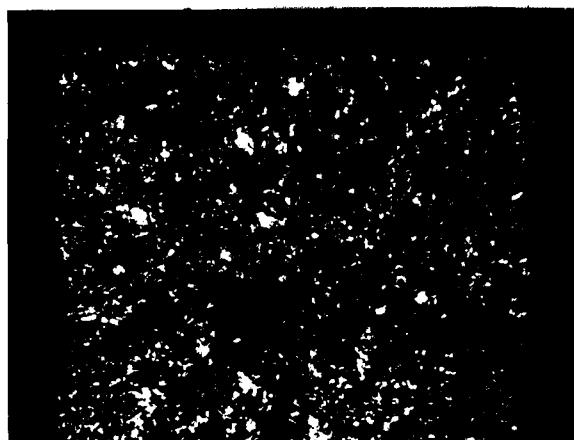
Zvětšeno 5x.



Obr.26. Lom antimonového kroužku
odlitého odstředivě vibračním způ-
sobem.

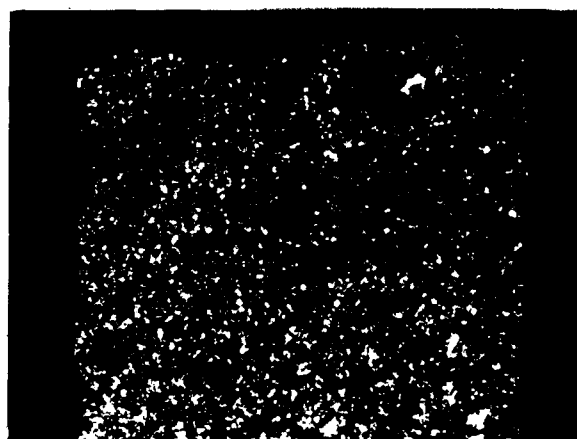
Hodnoty lití: 1400 ot./min., 30 c/sec.,
lící teplota 650°C, studená kokila (20°C).

Zvětšeno 4,5x.



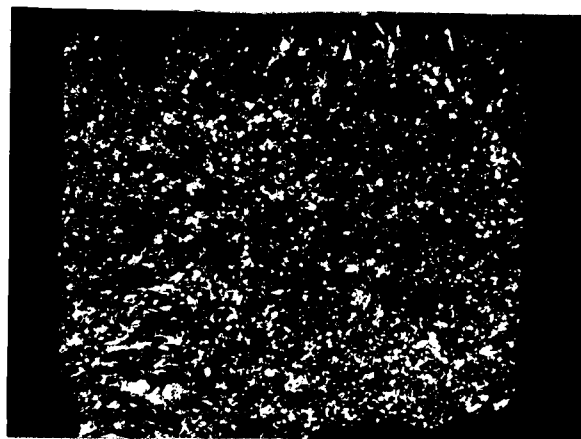
Obr.27. Lom antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 180 ot./min., 30 c/sec.,
lící teplota 650°C, studená kokila (20°C).
Zvětšeno 4,5x.



Obr.28. Lom antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

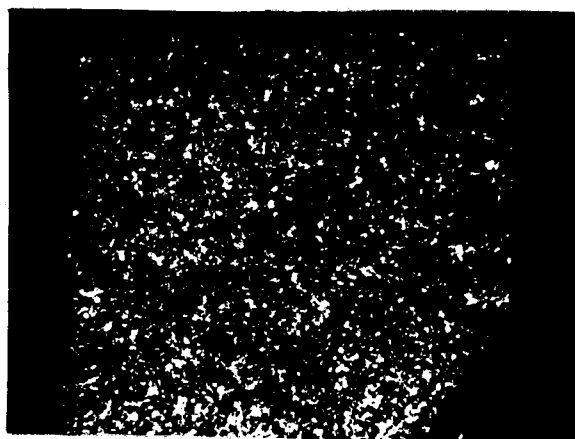
Hodnoty lití: 180 ot./min., 45 c/sec.,
lící teplota 700°C, teplota kokily 150°C.
Zvětšeno 4,5x.



Obr.29. Lom antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 450 ot./min., 60 c/sec.,
lící teplota 700°C, teplota kokily
s nátlakem 300°C.

Zvětšeno 4,5x.



Obr.30. Lom antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 0 ot./min., 30 c/sec.,
lící teplota 850°C, studená kokila (20°C).

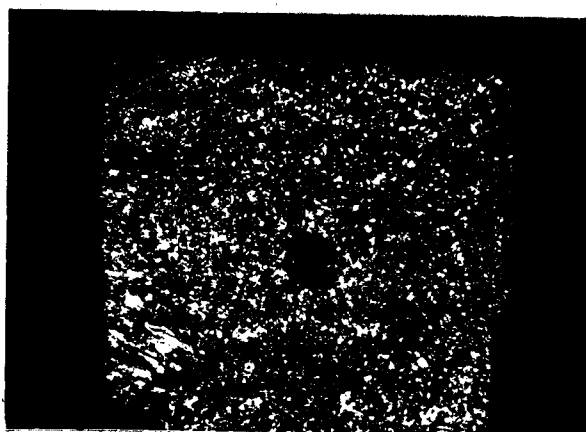
Zvětšeno 4,5x.



Obr.31. Obrobený povrch antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 180 ot/min, 30 c/sec,
lící teplota 650°C, studená kokila.

Zvětšeno 2,5x.



Obr.32. Póry v kroužku odlitém odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 0 ot/min, 30 c/sec,
lící teplota 800°C, studená kokila.

Zvětšeno 3x.



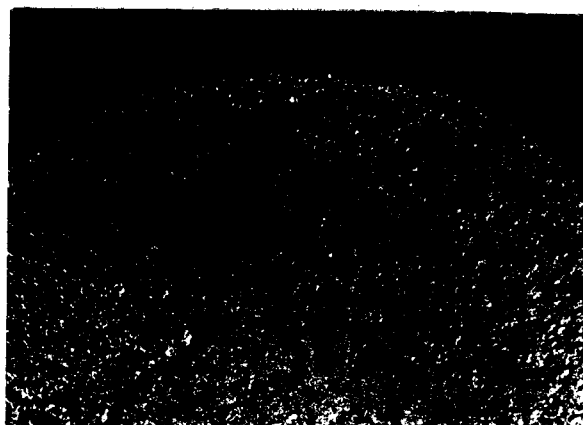
Obr.33. Lom antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

Hodnoty lití: 180 ot/min, 30 c/sec,
lící teplota 900°C, studená kokila.
Zvětšeno 4,5x.



Obr.34. Studené svary na povrchu antimonového kroužku odlitého odstředivě vibračním způsobem.

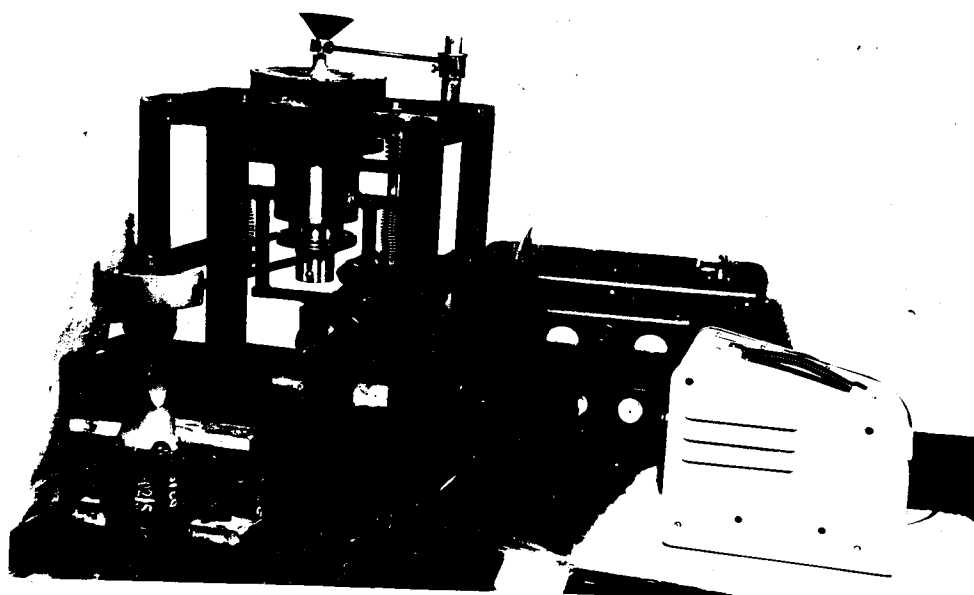
Hodnoty lití: 320 ot/min, 15 c/sec,
lící teplota 650°C, teplota kokily 80°C.
Zvětšeno 2,5x.



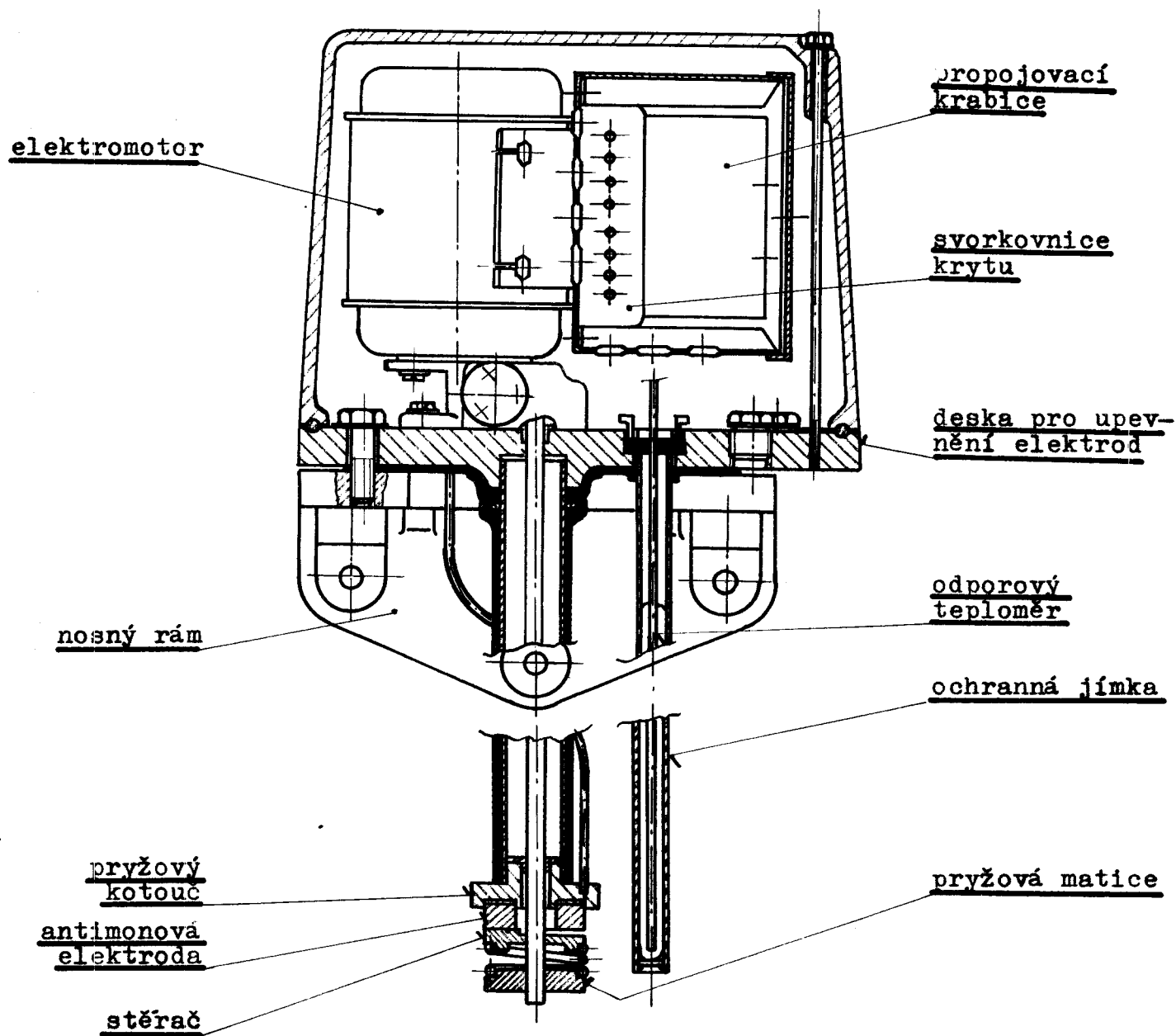
Obr.35. Povrch antimonového kroužku
odlitého odstředivě vibračním způso-
bem do kokily s nátěrem.

Hodnozy lití: 450 ot/min, 30 c/sec,
lící teplota 800°C, teplota kokily
s nátěrem 150°C.

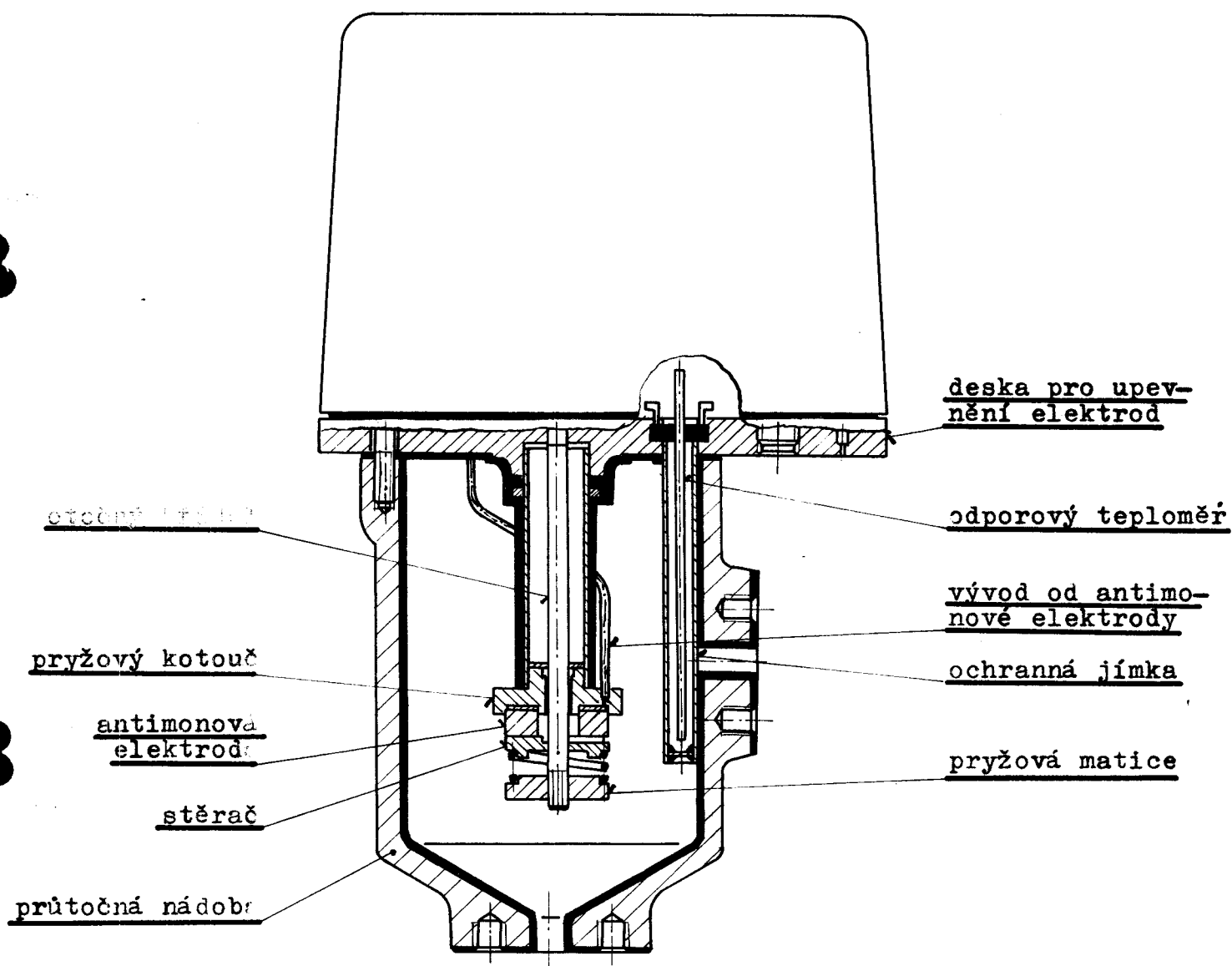
Zvětšeno 2,5x.



Obr.36. Zařízení pro odstředivě vibrační odlévání antimonových kroužků.

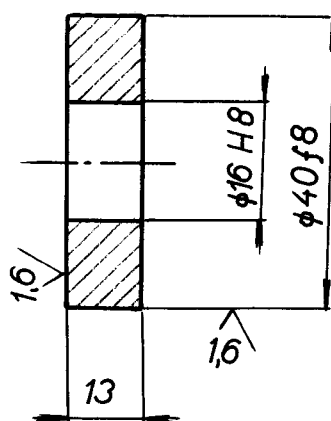


Schema ponorného vysílače pH se stíranou antimonovou elektrodou.



Schema průtočného vysilače pH se stíranou antimonovou elektrodou.

PŘÍDAVEK NA VŠECHNY
PLOCHY 1mm



Přesný rozměrový výkres antimonového kroužku.

2	provázec			DP-ST 76 -	17
2	provázec			DP-ST 76 -	21
3	ležištko 6000 *ČSN 084637			DP-ST 76 -	35
3	ležištko 6000 ČSN 084780			DP-ST 76 -	34
1	L 30.32.7 ČSN 1314/VI-10070			DP-ST 76 -	33
1	30.30 ČSN 1314/VI-10003			DP-ST 76 -	31
1	šep	11500		DP-ST 76 -	31
1	rozpojka	-		DP-ST 76 -	30
1	rozpojka	-		DP-ST 76 -	29
1	rozpěrný kroužek	11500		DP-ST 76 -	28
1	trubka	11500		DP-ST 76 -	27
1	villice	11500		DP-ST 76 -	26
1	výstředníkový šep	11500		DP-ST 76 -	25
1	výstředníkový šep	11500		DP-ST 76 -	24
1	kryt	ČSN 1164/I StII 23		DP-ST 76 -	23
1	víko krytu	ČSN 1164/I StII 23		DP-ST 76 -	22
1	nálevka	ČSN 1164/I StII 23		DP-ST 76 -	21
1	šep	11500		DP-ST 76 -	20
1	čistič nálevky	11500		DP-ST 76 -	19
2	příchytka	35.75 ČSN 1014/III		DP-ST 76 -	17
2	příchytka	35.10 ČSN 1014/III		DP-ST 76 -	16
1	rozpěrný kroužek	11500		DP-ST 76 -	15
1	pernice	11500		DP-ST 76 -	14
4	kolík	11500		DP-ST 76 -	11
1	vibrační těleso	11500		DP-ST 76 -	10
1	vtahovací natič	11500		DP-ST 76 -	11
1	pojistná natič	11500		DP-ST 76 -	10
1	natič	11500		DP-ST 76 -	9
1	pojistná natič	11500		DP-ST 76 -	8
1	uváděcí kroužek	11500		DP-ST 76 -	7
1	pouzdro	11500		DP-ST 76 -	6
1	kolečko	11500		DP-ST 76 -	5
1	vyhrobovák	11500		DP-ST 76 -	4
1	víko kobilu	429005		DP-ST 76 -	3
1	kobila	429005		DP-ST 76 -	2
1	zácl	václavský		DP-ST 76 -	1

M. Pacak

DP-ST-76-00

2	pružina			DP-ST 76 -	37
2	pružina			DP-ST 76--	36
2	ložisko 6300 ČSN 024637			DP-ST 76 -	35
2	ložisko 30209 ČSN 024720			DP-ST 76 -	34
I	L 50.65.5 ČSN 1214/VI-10373			DP-ST 76 -	33
1	60.30 ČSN 1214/II-10003			DP-ST 76 -	32
1	čep	11500		DP-ST 76 -	31
1	spojka	-		DP-ST 76 -	30
1	spojka	-		DP-ST 76 -	29
1	rozpěrný kroužek	11600		DP-ST 76 -	28
1	trubka	11600		DP-ST 76 -	27
1	vidlice	11500		DP-ST 76 -	26
1	výstředníkový čep	11500		DP-ST 76 -	25
1	výstředníkový čep	11500		DP-ST 76 -	24
1	kryt	ČSN 1164/I StII 23		DP-ST 76 -	23
1	víko krytu	ČSN 1164/I StII 23		DP-ST 76 -	22
1	nálevka	ČSN 1164/I StII 23		DP-ST 76 -	21
1	čep	11500		DP-ST 76 -	20
1	držák nálevky	11370		DP-ST 76 -	19
2	příchytka	35.15 ČSN 1014/III		DP-ST 76 -	17
2	příchytka	35.10 ČSN 1014/III		DP-ST 76 -	16
1	rozpěrný kroužek	11600		DP-ST 76 -	15
1	řemenice	11600		DP-ST 76 -	14
4	kolík	11600		DP-ST 76 -	11
1	vibrační těleso	11600		DP-ST 76 -	12
1	utahovací matice	11600		DP-ST 76 -	11
1	pojistná matice	11600		DP-ST 76 -	10
1	matice	11600		DP-ST 76 -	9
1	pojistná matice	11600		DP-ST 76 -	8
1	uzavírací šroub	11600		DP-ST 76 -	7
1	pouzdro	11600		DP-ST 76 -	6
1	kleština	12060		DP-ST 76 -	5
1	vyhazovač	11600		DP-ST 76 -	4
1	víko kokily	423005		DP-ST 76 -	3
1	kokila	423005		DP-ST 76 -	2
1	rám	válená ocel		DP-ST 76 -	1

Měřítka	Kreslí	<i>M. Pacak</i>	Čís. sním.	Celková c. váha kg
ezkoušel				
Vyr. provedení				
Skupina	Název		vykres	Nový výkres
VŠST				
LIBEREC				
			DP-ST-76-00	
			Počet listů	List

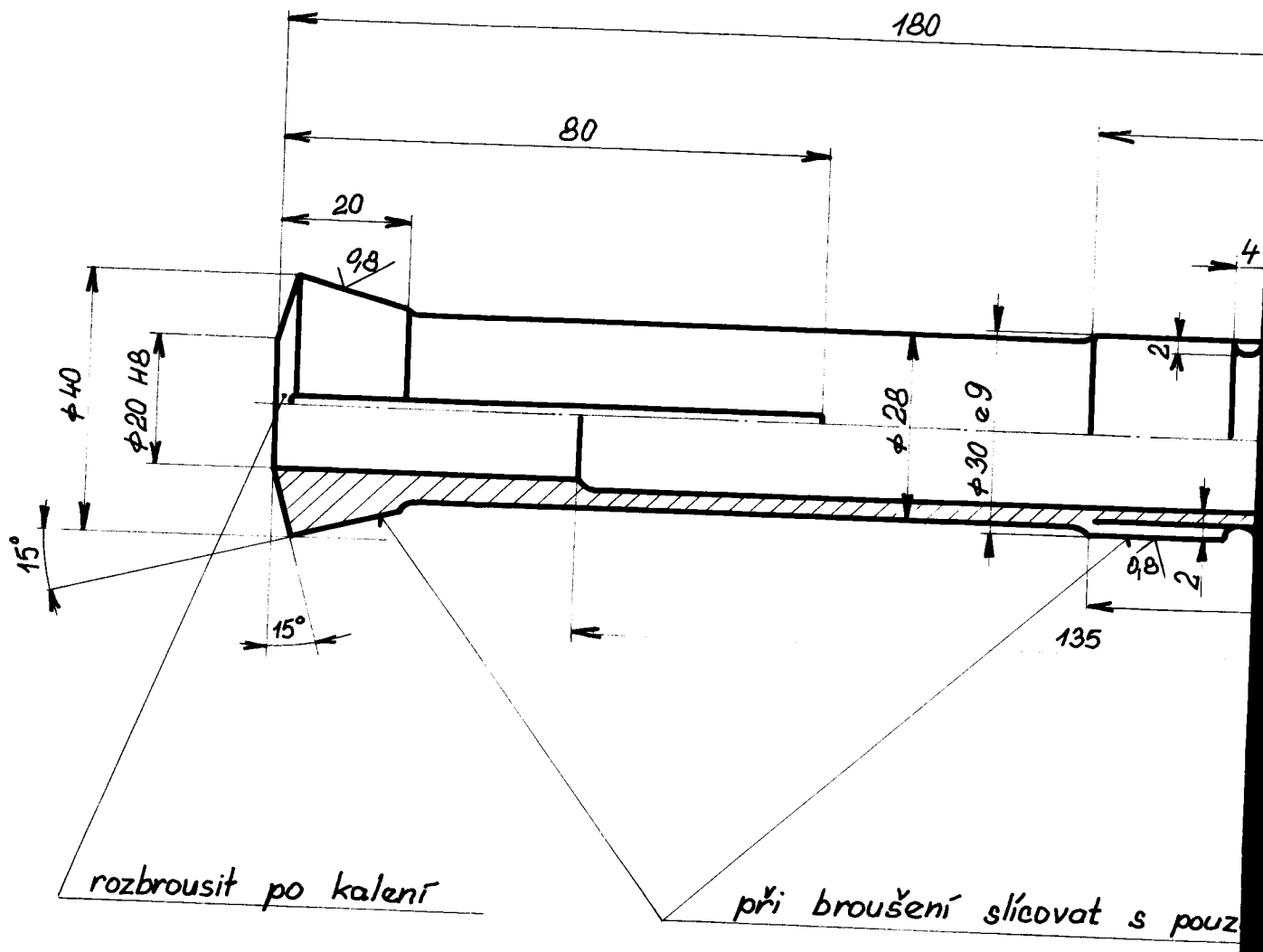
1	klíčový řemen M				DP-ST 76 - 50
2	závlačka 4.15 ČSN 1008/I ocel. 11341				DP-ST 76 - 50
4	závlačka 4.20 ČSN 1008/I ocel. 11341				DP-ST 76 - 51
1	závlačka 4.25 ČSN 1008/I ocel. 11341				DP-ST 76 - 50
2	podložka 10,5 ČSN 1301/II ocel.				DP-ST 76 - 49
4	podložka 10,5 ČSN 1301/II ocel.				DP-ST 76 - 48
4	podložka 13 ČSN 1301/II ocel.				DP-ST 76 - 47
1	podložka 21 ČSN 1301/II ocel.				DP-ST 76 - 46
1	šroub M4.10 ČSN 021103				DP-ST 76 - 45
2	matice M10 ČSN 021401				DP-ST 76 - 44
1	matice M10 ČSN 021403				DP-ST 76 - 43
1	matice M10 ČSN 021401				DP-ST 76 - 42
2	šroub M10.25 ČSN 021103				DP-ST 76 - 41
4	šroub M4.10 ČSN 021103				DP-ST 76 - 40
4	pěro 4.4.8	11500 ČSN	1094/IX		DP-ST 76 - 39
1	pěro 5.5.10	11500 ČSN	1094/IX		DP-ST 76 - 38
2	vařící tyč	11600			DP-ST 76 - 18

Počet kusů	Název - Rozměr	Polotovar	Mat. konečný	Mat. výchozí	Třída Ocel.	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
------------	----------------	-----------	--------------	--------------	-------------	---------	----------	---------------	------

Poznámka

Měřtko	Kreslí	<i>M. Pacař</i>	Čís. sním.						
	Prozkoušel								
	Norm. ref.								
	Vyr. projednal	Schválil	Č. trž.						

VŠST LIBEREC	Ty.	Skupina	Nový výkres	Nový výkres
	Název			
			DP-ST-76-00	
			Počet listů	list



Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support, showing dimensions and material specifications.

Dimensions and features:

- Overall width: 60
- Inner width: 35
- Chamfer: 15/45°
- Inner diameter: $\phi 22$
- Material specification: M 30 x 15 levý
- Overall height: 60

Additional text: *lícovat dle stahov. matice č.v. DP-ST-76-11*

drem č.v. DP - ST - 76-6

1

12 060

M. Pacek

1:1

KLEŠTINA

DP-ST-76-5

Technical drawing of a mechanical part, likely a flange or base plate, showing a cross-section. The drawing includes the following dimensions and specifications:

- Diameters:** $\phi 100$, $\phi 85$, $\phi 78$, $\phi 70$, and $\phi 80$.
- Thicknesses:** 27, 14, 3, and 5.
- Radii:** $R3$ and $R3.2$.
- Thread:** $M90 \times 3$.
- Hole Pattern:** 6 DĚR $\phi 4 \text{ mm}$ $\Delta 60^\circ$.

1

11 600

M. Pasch

1:1

UZAVÍRACÍ ŠROUB

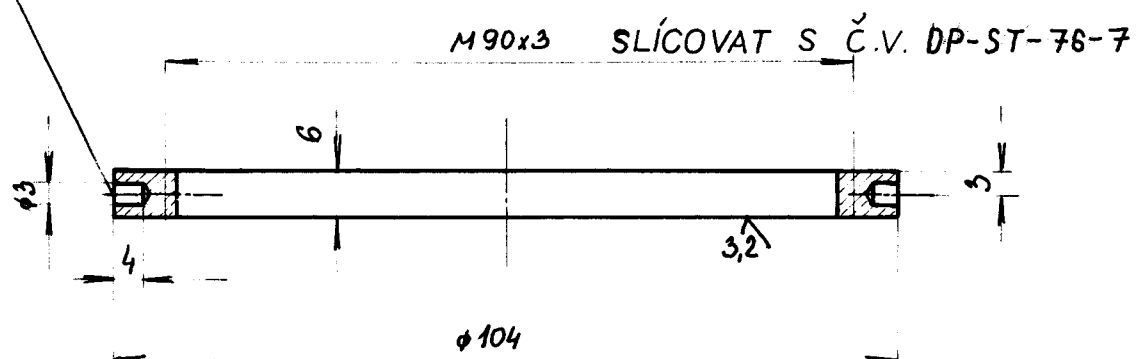
DP-ST-76-7

Počet listů²

List

6,3 / (3,2)

4 DÍRY $\phi 4\text{mm}$ $\Delta 90^\circ$



1

11600

M. Pacák

1:1

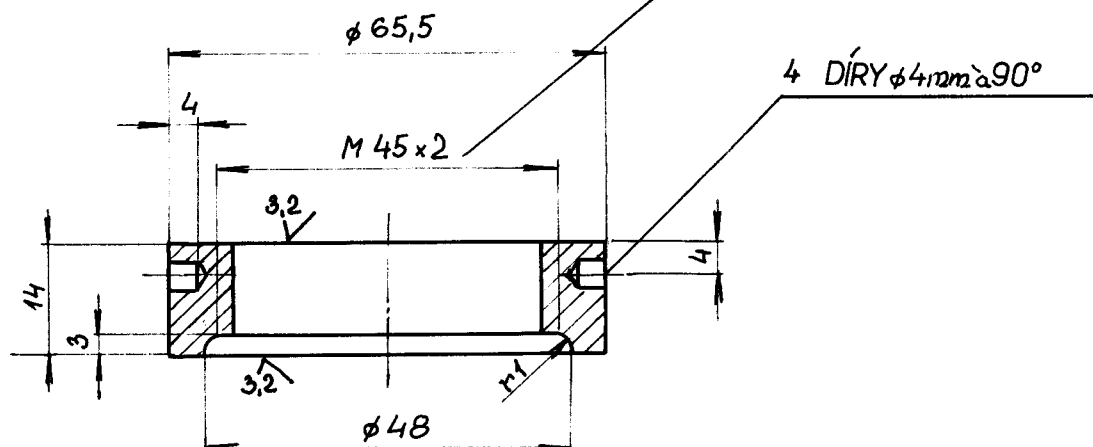
POJISTNÁ
MATICE

DP-ST-76-8

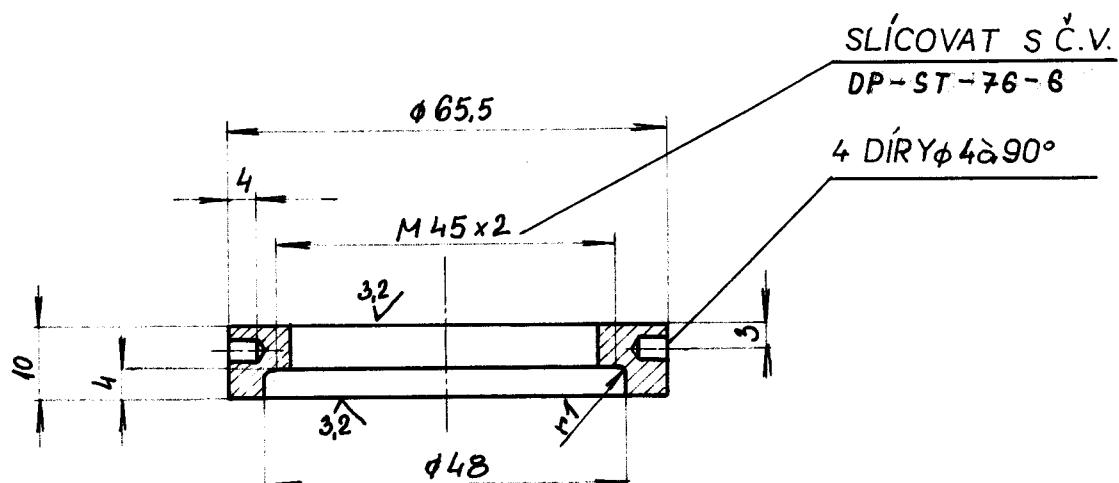
Práci listů

$$\begin{matrix} 6,3 \\ \vee \end{matrix} \quad \begin{pmatrix} 3,2 \\ \vee \end{pmatrix}$$

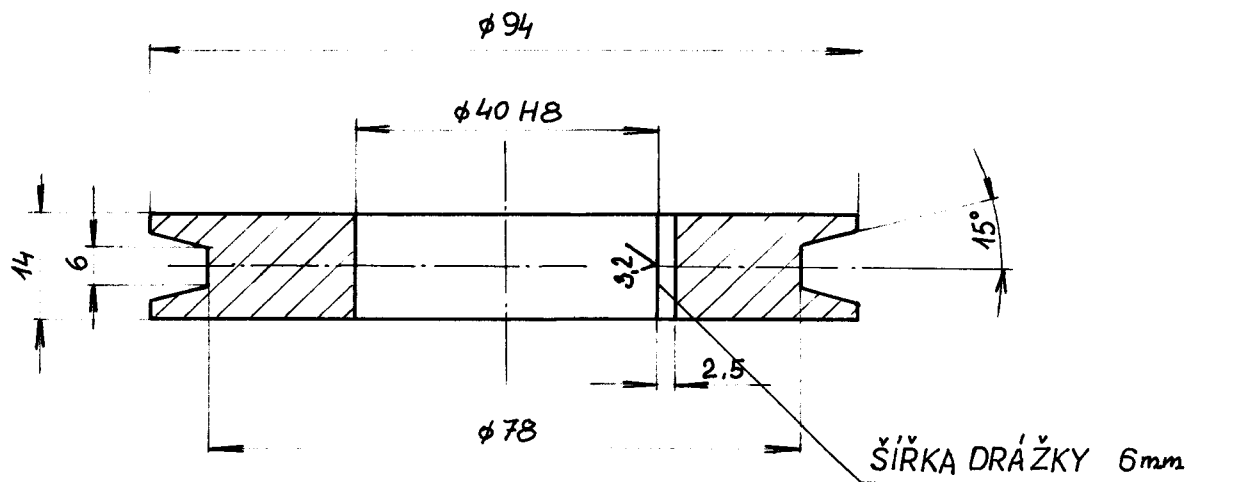
SLÍCOVAT S Č.V. DP-ST-76-6

[illegible]

6,3 / (3,2)



1	Název: POJISTNÁ MATICE	11600	Číslo vykresu
1:1	M. Pacák		
VŠST FIBREC	POJISTNÁ MATICE	DP-ST-76-10	Úst

$$6,3 \checkmark (3,2 \checkmark)$$


11 600

M. Pacik

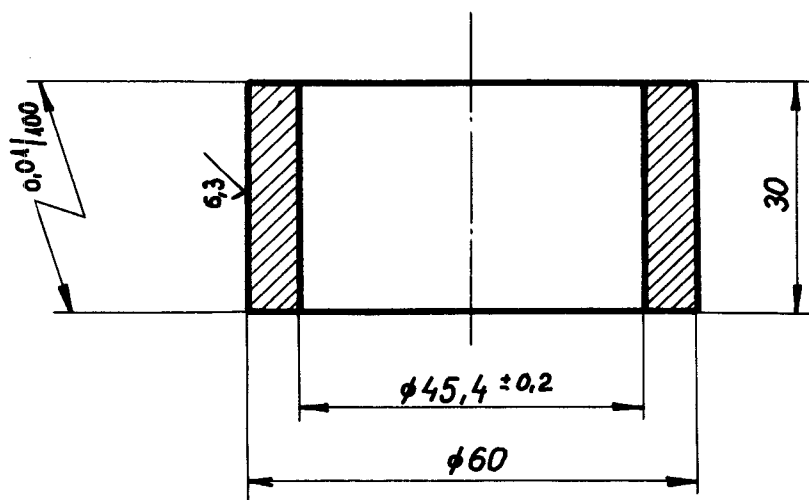
ŘEMENICE

DP-ST-76-14

Dočet listu

List

3,2 / (6,3 /)



1

11600

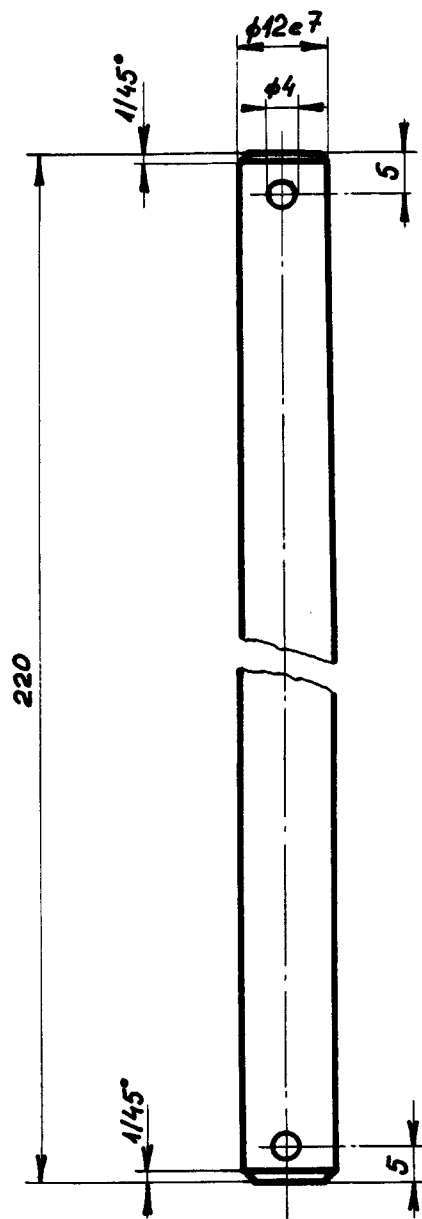
M. Pacák

1:1

DP-ST-76-15

ROZPĚRNÝ
KROUŽEK

8,3 ✓

[illegible]

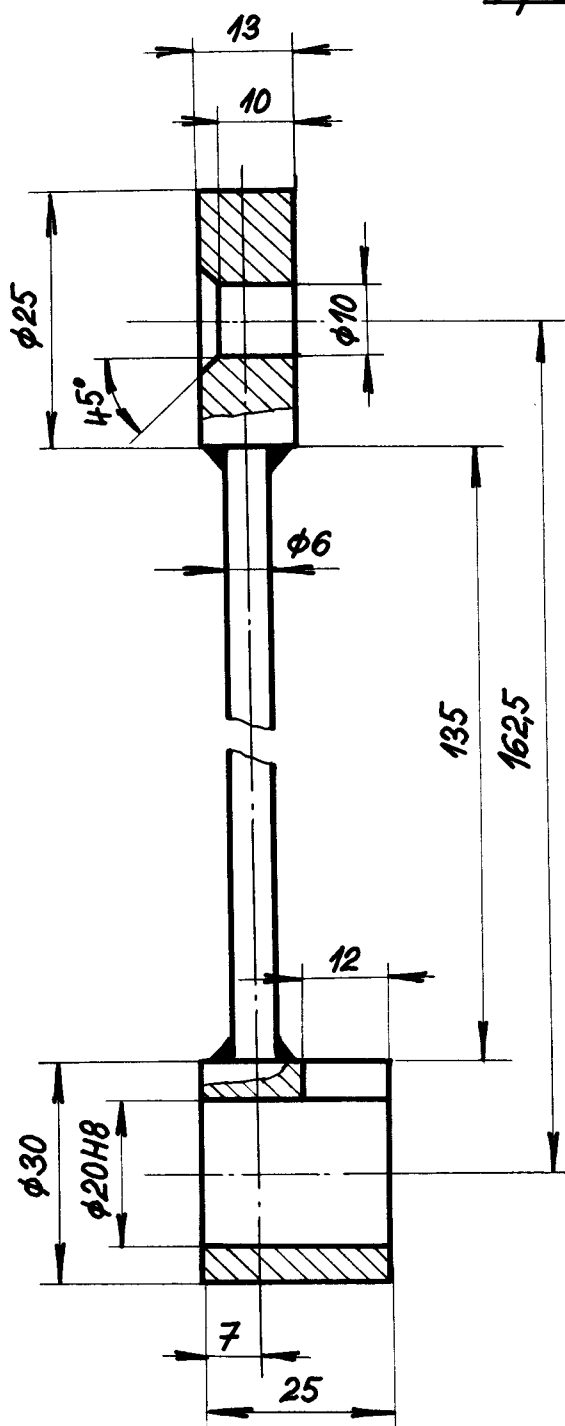
M. Paca'k

1:1

VODÍCI TYČ

DP-ST-76-18

Fig. 10



11370

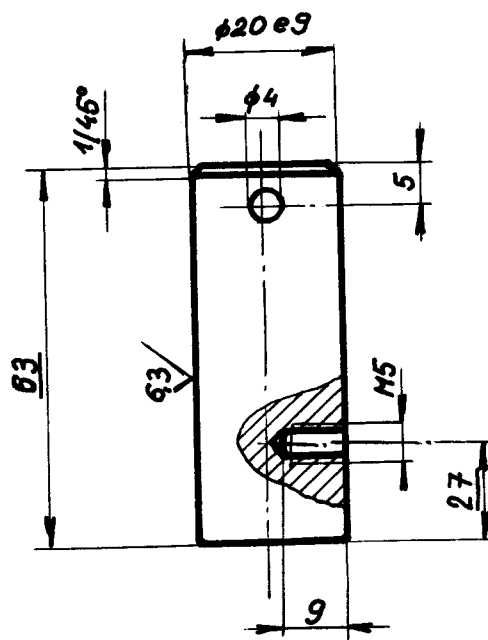
1:1

DRŽÁK
NÁLEVKY

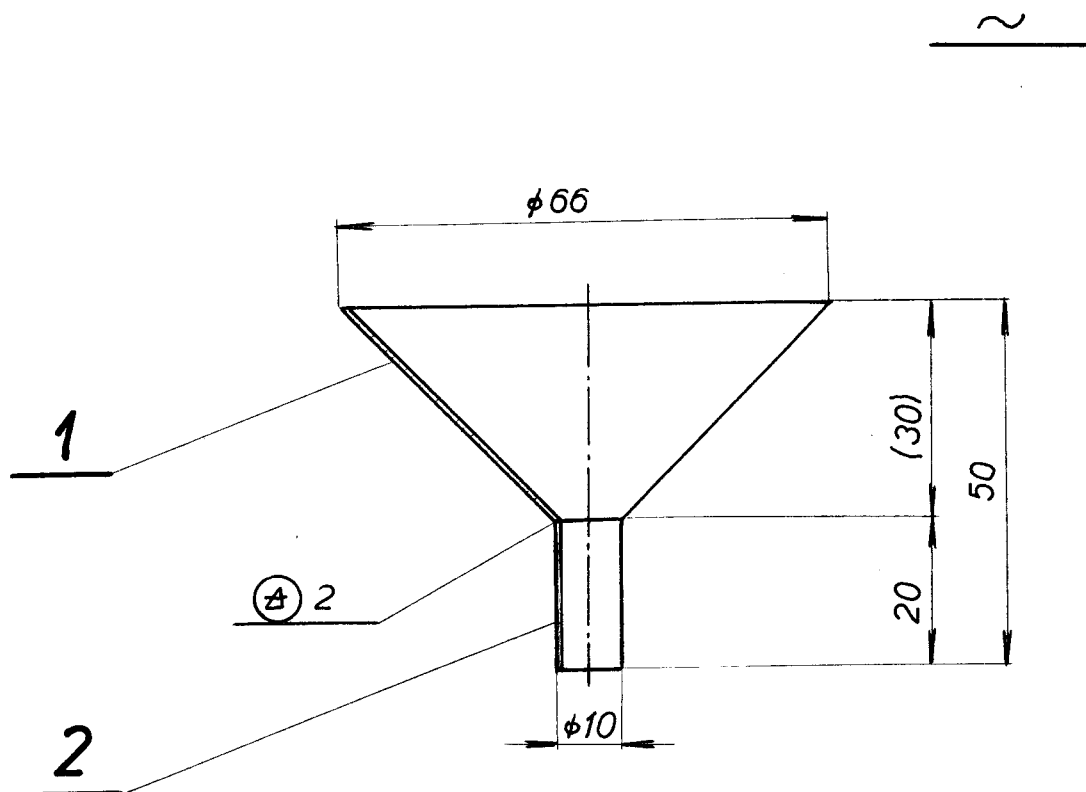
DP-ST-76-19

Roční list

12,5 / (6,3 /)
 $\sqrt{\quad}$ ($\sqrt{\quad}$)

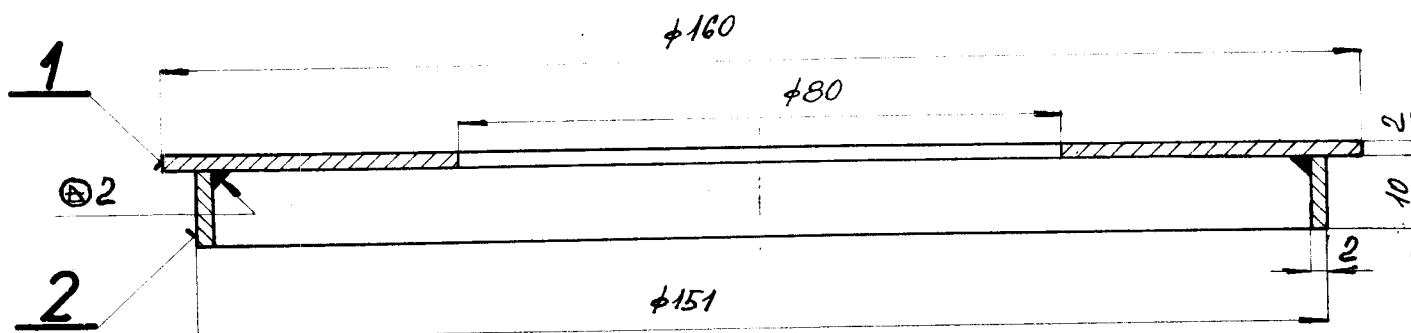


1										
Název výrobku		M. Pevák		11500		Číslo výkresu		Pos		
Měřítko		1:1		Datum		Podpis		Index změny		
Výrobce		ČEP		Nový výkres		DP-ST-76-20		Počet listů		1
VŠST LIDREC										



1	TRUBKA 10x1x20 ČSN 425715	10343							2
1	PLECH 10x1x8 ČSN 425301	10343							1
Počet kusů	Název - rozměr	Polotovary	Mater. konečný	Mater. výchozí	Třída odpadu	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko	Kreslil		Č. snímku	Změna			Datum	Podpis	Index změny
1:1	Přezkoušel		Č. transp.						
	Norm. ref.								
	Výr. projedn.	Schválil							
		Dne							
VŠST LIBEREC		Typ Název	Skupina	Starý výkres		Nový výkres			
		NÁLEVKA		DP-ST-76-21					
				Počet listů		List			

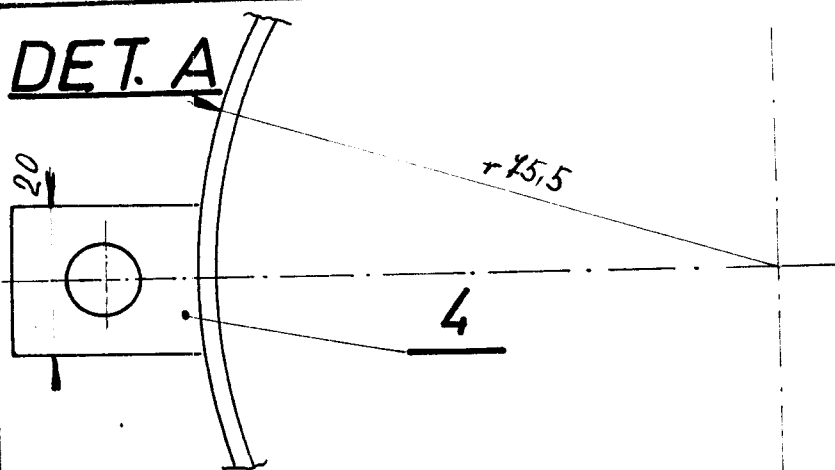
2



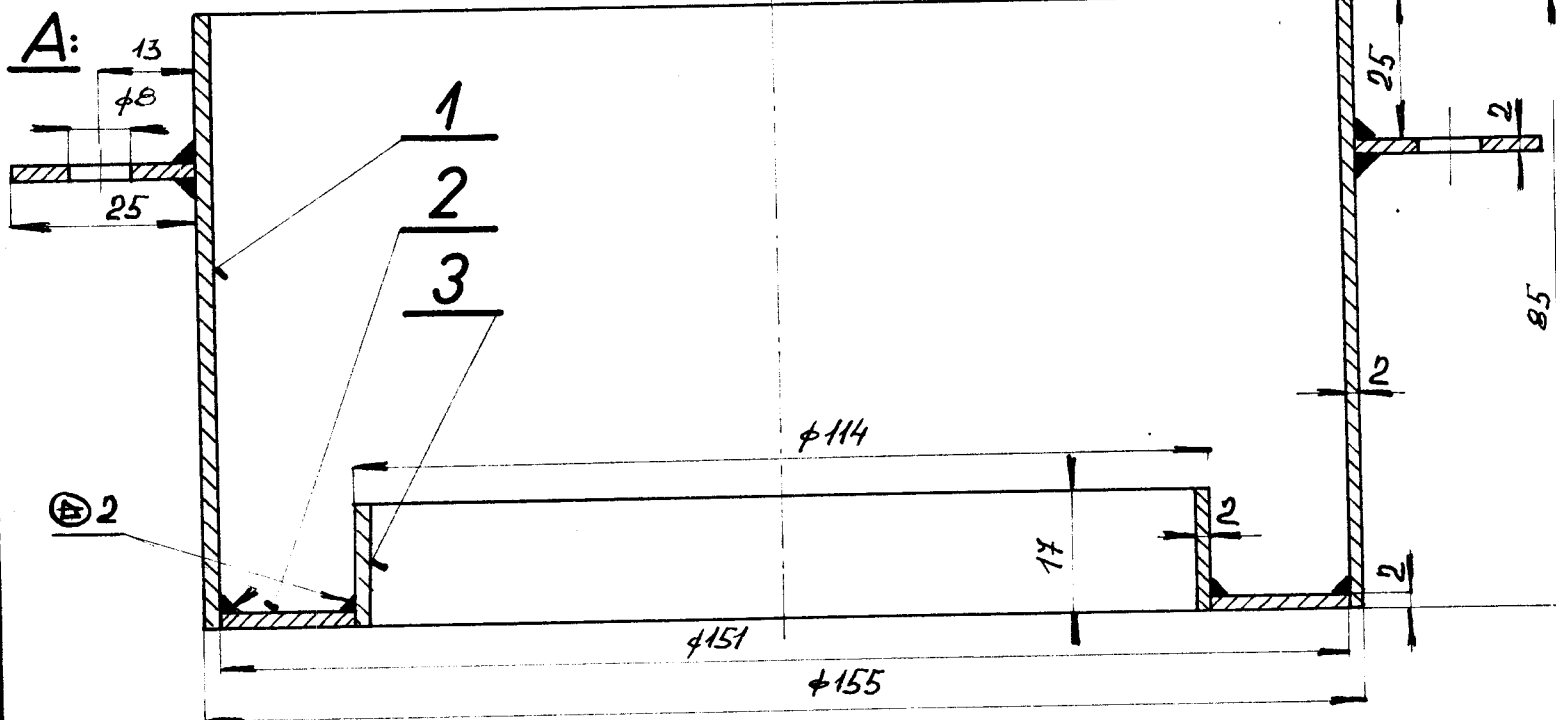
NEOBROBEHO.

1	445 x 10 x 2	480 x 12 x 2	10 343		1				2
1	160 x 2	165 x 165 x 2	10 343		1				1
Počet kusů	Název - rozměr	Polotovary	Mater. konečný	Mater. výchozí	Třída odpadu	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítka	Kreslil	M. Pacák		Č. snímku	Změna		Datum	Podpis	Index změny
1:1	Přezkoušel			Č. transp.					
	Norm. ref.								
	Výr. projedn.	Schválil	Dne						
VSST		Typ	Skupina		Starý výkres		Nový výkres		
LIBEREC VÍKO KRYTU		Název			DP-ST-76-22				
				Počet listů			List		

DET. A

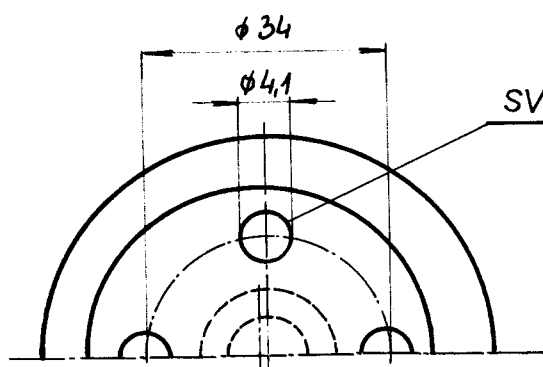
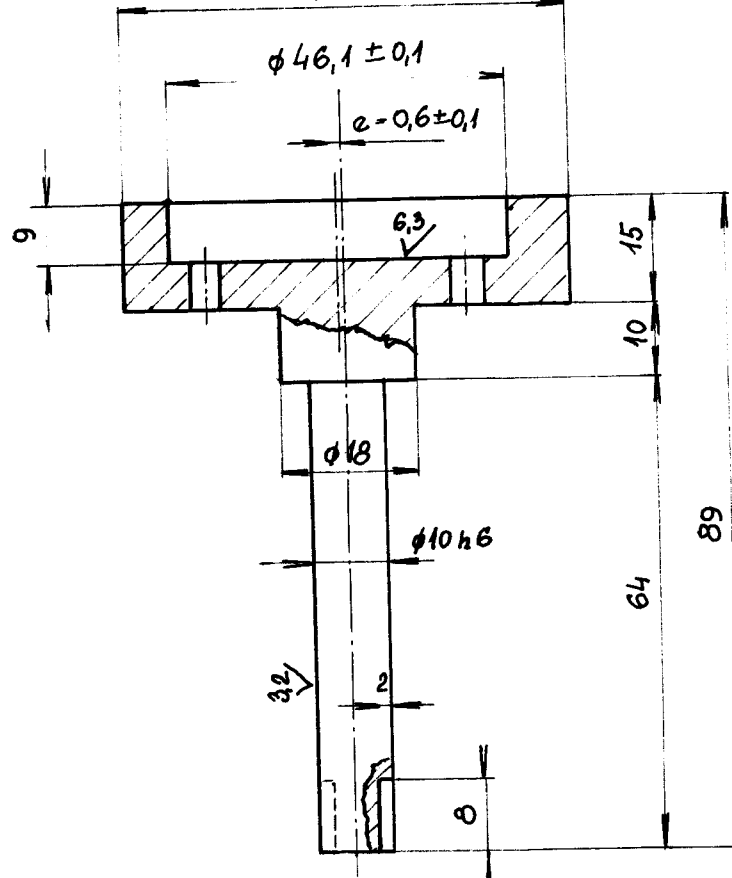


N



NEZNAC. SVÁRY 2.

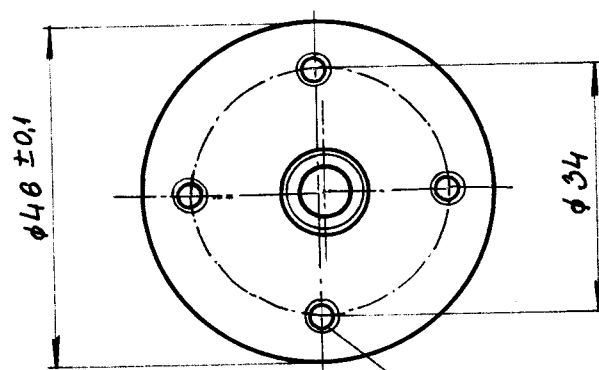
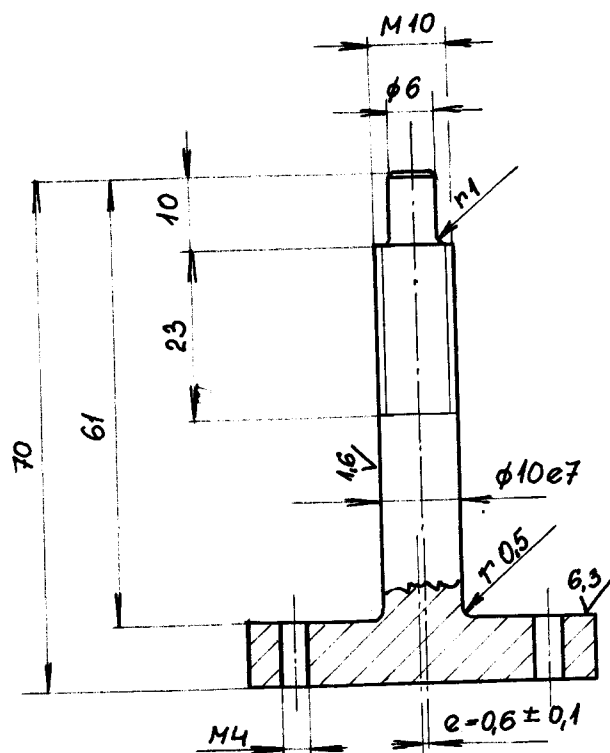
2	20 x 26 x 2	25 x 30 x 2	10 343	1				4	
1	352 x 17 x 2	355 x 20 x 2	10 343	1				3	
1	φ151 x 2	φ155 x 155 x 2	10 343	1				2	
1	490 x 85 x 2	495 x 90 x 2	10 343	1				1	
Počet kusů	Název - rozměr	Polotovary	Mater. konečný	Mater. výchozí	Trída odpadu	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítka	Kreslil	M. Pacák	Č. snímku	Změna	Datum	Podpis	Index změny		
1:1	Přezkoušel								
	Norm. ref.								
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.						
		Dne							
VŠST LIBEREC		Typ Název	Skupina	Starý výkres					
		KRYT		Nový výkres					
				DP-ST-76-23					
				Počet listů					
				List					



SVRTAT S Č.V. DP-ST-76-25

1	11500
M. Pacak	
1:1	
VÝSTŘ. ČEP	DP-ST-76-24
Počet listů	Ust

12,5/ (1,6/ 6,3/)



SVRTAT S Č.V. DP-ST-76-24

1

11500

1:1

M. Písek

VÝSTŘ. ČEP

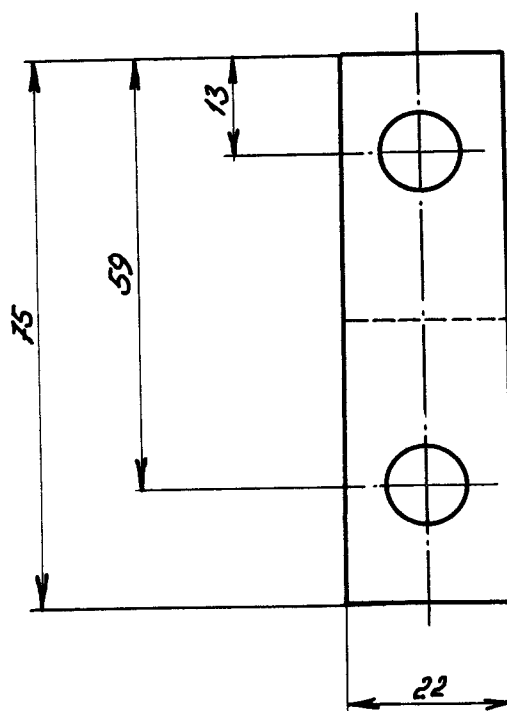
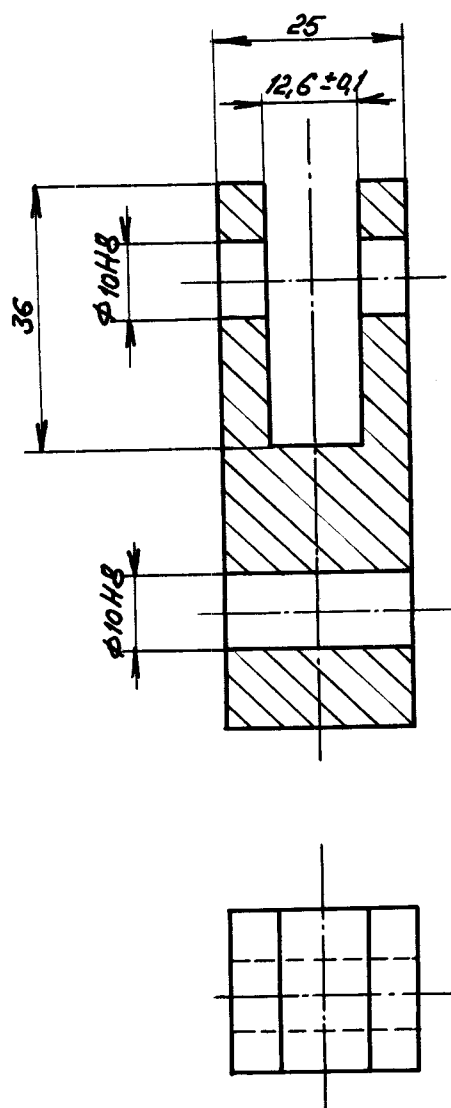
VÝSTŘ. ČEP

DP-ST-76-25

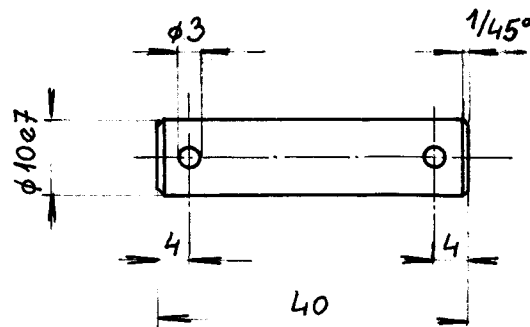
Číslo listu

11

6,3 ✓

[illegible]

3,2



1

11600

1:1

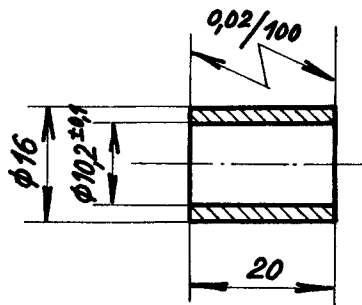
ČEP

DP-ST-76-31

Model listu

List

6,3/√



1

11600

Název

F. číslo

Měřítko

Materiál

Z. číslo

H. číslo

H. číslo

Číslo výkresu

Dss

M. Pacák

1:1

Materiál

F. číslo

Měřítko

Materiál

Z. číslo

H. číslo

H. číslo

H. číslo

Datum

Podpis

Index změny

X

433T
LIBEREC

Název

ROZPĚRNÝ
KROUŽEK

DP-ST-76-28

Počet listů

List