

Vysoká škola: strojná a textilní Liberec

Katedra: obrábění a ekonomiky

Fakulta: strojná

Školní rok: 1970/71

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Pavla J e t l e b a

odbor strojírenská technologie

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

Název tématu: Studium opracování materiálů tryskáním prášků

Pokyny pro vypracování:

- 1) Zdůvodnění diplomového úkolu
- 2) Uvedení tryskací aparatury do provozu
- 3) Měření váhových úbytků tryskáním prášků na kovové i nekovové materiály (hliník, měď, ocel, sklo, plexi) v tlakových rozsazích 0 - 2 at.
- 4) Měření vlivu trysek na kvalitu opotřebení a měření rozložení rychlosti částic při tryskání.
- 5) Možnosti vývoje této technologie

Autorská práva se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13 července 1962 - Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÁ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC I, STUDENTSKÁ 5

V 23/71

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran

Seznam odborné literatury:

Jarkovský: Základy praktického výpočtu clon, dýz a trubice Venturiho
Sodomka: Vědecká výzkumná zpráva úkolu LFS 47/1 1968
Píšek: Nauka o materiálu

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jaroslav Draský CSc

Konzultanti: RVDr L. Sodomka CSc

Datum zahájení diplomové práce: 19. října 1970

Datum odevzdání diplomové práce: 30. června 1971



Draský
Prof. Ing. Jaroslav Draský CSc
vedoucí katedry

František Kotšmíd
Prof. Ing. Dr. techn. František Kotšmíd
děkan

v Liberci

dne 19.10.

1970

| | | |
|------------------------|---|---------------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.1 |

O b s a h

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Úvod | 3 |
| 2. | Použití tryskací techniky v praxi . . | 5 |
| 3. | Tryskací zařízení | 7 |
| 3.1. | Popis funkce tryskacího zařízení . . . | 7 |
| 3.2. | Části tryskacího zařízení | 9 |
| 3.2.1. | Zdroj plynu | 9 |
| 3.2.2. | Směšovací nádobka | 9 |
| 3.2.3. | Tryskač | 10 |
| 3.2.4. | Trysky | 11 |
| 3.2.5. | Kazeta | 14 |
| 3.3. | Měření tlaku plynu | 14 |
| 3.4. | Návrhy pro zlepšení tryskacího zaříze- ní | 16 |
| 4. | Rozložení rychlostí brusných zrn při tryskání | 18 |
| 4.1. | Triboluminiscence | 18 |
| 4.2. | Postup při zjišťování rozložení rych- lostí brusných zrn | 18 |
| 4.3. | Stanovení tryskacích podmínek | 19 |
| 4.4. | Výsledky měření | 21 |
| 4.4.1. | Rozložení rychlostí brusných zrn pro různé tlaky nosného plynu | 21 |
| 4.4.2. | Rozložení rychlostí brusných zrn pro různé vzdálenosti trysky od vzorku . . | 24 |

| | | |
|-----------------|---|--------------------|
| VŠST Úberec | Studium opracování materiálu tryskáním prášků | Katedra OB |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.2 |
| 4.4.3. | Rozložení rychlostí brušených zrn pro různé tvary trysek | 25 |
| 4.4.4. | Rozložení rychlostí brušených zrn pro různé průměry trysek | 27 |
| 4.5. | Zhodnocení výsledků | 30 |
| 5. | Studium úběrů materiálů při jejich otryskávání proudem volného brusiva. . | 32 |
| 5.1. | Postup při zjišťování úběrů materiálů. | 32 |
| 5.2. | Příprava vzorků | 33 |
| 5.3. | Stanovení tryskacích podmínek | 33 |
| 5.4. | Výsledky měření | 33 |
| 5.4.1. | Úběr materiálů v závislosti na době tryskání | 34 |
| 5.4.2. | Úběr materiálu v závislosti na vzdálenosti trysky od vzorku | 39 |
| 5.4.3. | Úběr materiálu v závislosti na průměru trysky. | 41 |
| 5.4.4. | Úběr materiálu v závislosti na tvaru trysky | 43 |
| 5.5. | Zhodnocení výsledků | 45 |
| 6. | Závěr | 47 |
| 7. | Literatura | 48 |

Přiložené výkresy:

1 výkres A4 (DP ST 863/71 - 01)

Autorské právo se řídí ustanoveními MŠK pro státní závaznou sbírku č. 131 727/62, 112 ze dne 13. října 1962. Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

| | | |
|-----------------|---|--------------------|
| VŠT Liberec | Studium opracování materiálu tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.3 |

1. Úvod

Otryskávání materiálů proudem volného brusiva je důležitou technologickou operací užívanou v praxi. Užívá se k matování průhledných skel, čištění povrchu součástek pro lepení, před povrchovou úpravou a pro jiné účely. Při otryskávání materiálů dochází vlivem složitých, dosud ne zcela objasněných pochodů, k rozrušování kohezních sil mechanickým bombardováním částic tryskaného materiálu. Touto technikou se dá za vhodných podmínek modelovat i úběr materiálu. Při pokusech je třeba studovat výběr vhodného tryskaného brusiva, jeho složení a velikost zrna a vliv geometrie tryskacích podmínek, např. vliv vzdálenosti tryska-vzorek, vliv tvaru a průměru trysek a kvality nosného prostředí. (plyn, kapalina)

Mechanické účinky při otryskávání proudem volného brusiva jsou doprovázeny v mnoha případech světelnými a proudovými jevy / 1 /, / 3 /, / 4 /. Využitím těchto jevů / 5 / můžeme regulovat podmínky pro nastavení vzdálenosti tryska-materiál, použití vhodné trysky, vhodného tlaku a vhodné tryskací látky.

Při proudění směsi plynu a brusiva tryskání dochází pro různé výtokové rychlosti k složitým podmínkám proudění po výstupu směsi z trysek. Směs plynu a brusiva se po výstupu z trysek rozptýluje do prostoru v závislosti na různém tvaru trysek a jiných podmínkách proudění. Rozptýl brusných zrn je možno popsat rozložením rychlostí v uvažovaném prostoru. S rostoucím rozptylem ubývá složky rychlosti ve směru osy trysky a přibývá složky rychlosti

Co druh proudění

kolmé na tuto osu. Postavíme-li kolmo na směr proudění pře-
kážku, projeví se v důsledku změny hybnosti brusných zrn
složka rychlosti, kolmá na tuto překážku, tlakem. Tento tlak
se s polohou na překážce mění. K určení rozložení složek
rychlostí kolmých na překážku je třeba snímat tlak nebo
rychlost brusných zrn v každém bodě překážky. Snímání tla-
ků a rychlostí můžeme provádět tak, že proudem brusiva
bombardujeme překážku. Při tom se vytvoří na překážce krá-
ter. Jeho profil je funkcí rozložení rychlostí brusných
zrn. Užijeme-li silně triboluminiscenční brusivo, jehož *klau*
zrna po dopadu na překážku silně zasáří, můžeme sledovat z
naměřené triboluminiscenční zářivosti rozložení rychlostí
brusných zrn. Poněvadž triboluminiscenční zářivost B je
funkcí rychlosti zrn brusiva v , kterou můžeme vyjádřit
mocninou

$$B = B(v) = k v^n,$$

k , n závisí na proudových podmínkách a při daných pod-
mínkách jsou konstanty. Položíme-li pro určitý interval
rychlostí brusných zrn $n=1$, můžeme vyjádřit triboluminis-
cenční zářivost přímkou, jak ukázala práce / 3 /. Za to-
hoto předpokladu bude rozložení zářivosti při dopadu zrn
brusiva na překážku odpovídat rozložení kolmých složek
rychlostí brusných zrn dopadajících na překážku.

| | | |
|-----------------|--|--------------------|
| VŠT Třinec | Studium opracování mate- riálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.5 |

2. Použití tryskačí techniky v praxi

Jednou z důležitých operací uplatňovanou při povrchových úpravách materiálů je jejich otryskávání proudem volného brusiva pomocí tryskačů.

Velmi časté je použití tryskačů při čištění odlitků, kde se jako čistícího prostředku používá tvrdého zrněného materiálu vrhaného proti odlitku proudem stlačeného nosného vzduchu. Tyto tryskače umožňují mnohem dokonalejší a rychlejší očištění povrchu odlitku od připečeného písku nebo okují, než čistící bubny. Lze jimi také vyčistit dutiny a kapy odlitku / 6 / .

Další uživanou aplikací tryskačí techniky je vyhlazování. Vyhlazování je úprava proudem volného brusiva nebo jiného materiálu (např. skleněnými kuličkami), která je obdobná pneumatickému otryskávání. Předměty se však otryskávají nejen otryskávacím materiálem, ale otryskává se i suspenzí vody a brusiva, která je urychlována vzduchem. Výsledný povrch, který se touto technologií získá, je jemnější než povrch otryskaný normálním způsobem. V závislosti na základním povrchu a volbou zrnitosti druhu vyhlazovacích materiálů, lze získat drsnost povrchu 2 až 0,2 mikronu. Vzhledem k tomu, že vyhlazování je úprava volným brusivem, lze jím upravit součásti nejsložitějších tvarů. Brusná suspenze urychlována vzduchem vyčistí, vyhladí a vyleští bez obtíží nejsložitější profily. Pro vyhlazování jsou vhodné všechny povrchy, jejichž základní drsnost nepřesahuje 20 mikronů.

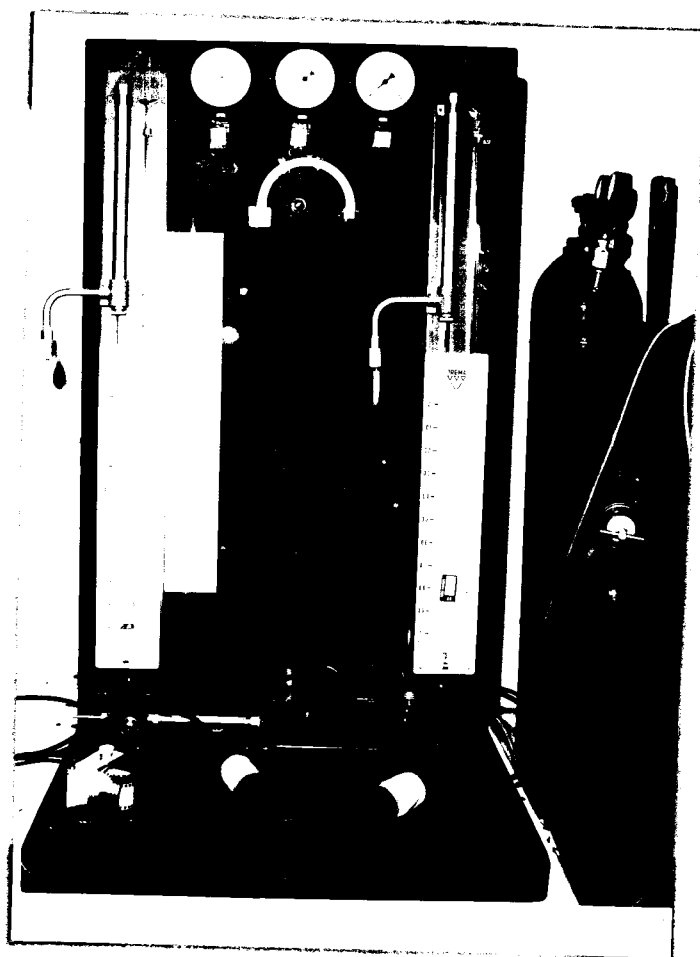
*nikdy
kdy
odstr.
kdy*

Tryskače na vyhlazování lze použít na čištění rzi, okují a povlaků, leštění nebo zdrsňování předmětů složitých tvarů, jež nelze upravit jiným způsobem, nebo jejich úprava je obvyklými způsoby obtížná. Jsou to např. složité tvary zápusťek a forem všech druhů, různé druhy přesných odlitků, ozubená kola po kalení atd. Vyhlazováním se odstraní jemné otřepy a stopy po obrábění. Vyhlazováním získaný metalicky čistý povrch je vhodný pod galvanické i organické povlaky a může se použít také jako konečná úprava pro jemné matování, zdrsňování nebo leštění. Leštěním, které se provádí jemnými skleněnými kuličkami, se docílí lesklý, jemně důlkovaný zpevněný povrch krásného vzhledu, který je velmi odolný proti poškození. Vyhlazováním ozubených kol se sníží doba jejich zaběhávání, sníží se hlučnost a zvýší se přilnavost olejového filmu / 7 /.

Tryskací techniky lze dále použít při otryskávání velkých ploch, k úpravě hran před svařováním, pro odstranění povrchových pnutí a k zlepšení odolnosti proti únavě.

3. Tryskací zařízení

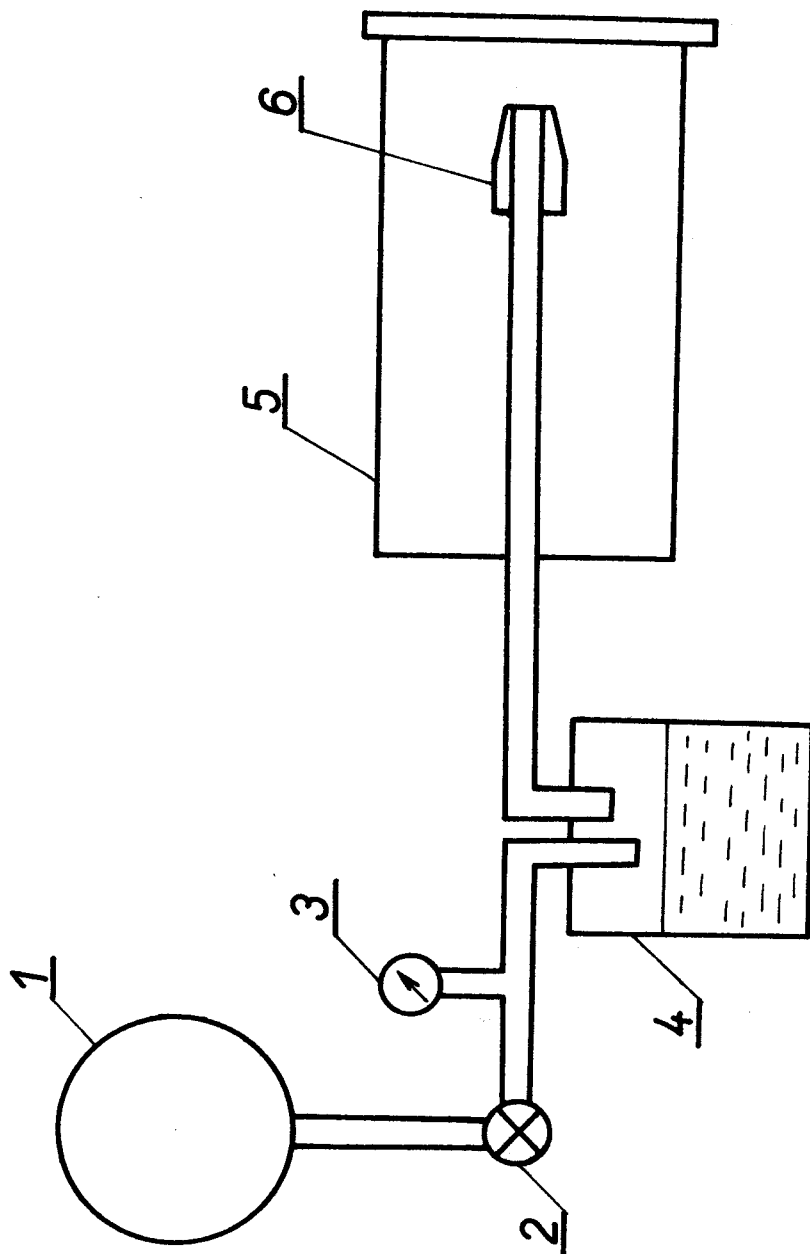
Veškeré operace otryskávání vzorků proudem volného brusiva byly prováděny na tryskacím zařízení (obr.1), které bylo pro tento účel zkonstruováno v laboratořích katedry fyziky v Doubí u Liberce.



Obr.1. Tryskací zařízení

3.1. Popis funkce tryskacího zařízení (obr.2)

Stlačený plyn vystupuje z láhve 1 a je regulován redukčním ventilem 2. Tlak plynu je měřen manometrem 3 připojeným před vstupem do směšovací nádoby 4. Do této smě-



Obr.2. Schéma tryskacího zařízení. 1 – tlaková láhev, 2 – redukční ventil, 3 – manometr, 4 – směšovací nádobka, 5 – tryskač, 6 – tryska

šovací nádobky je vsypáno brusivo tak, aby vstupní i výstupní trubice byly volné. Proudem plynu vstupujícím do nádobky se brusivo rozvíří a je hnáno do tryskače 5, kde vystupuje z trysky 6 proti otryskávanému vzorku.

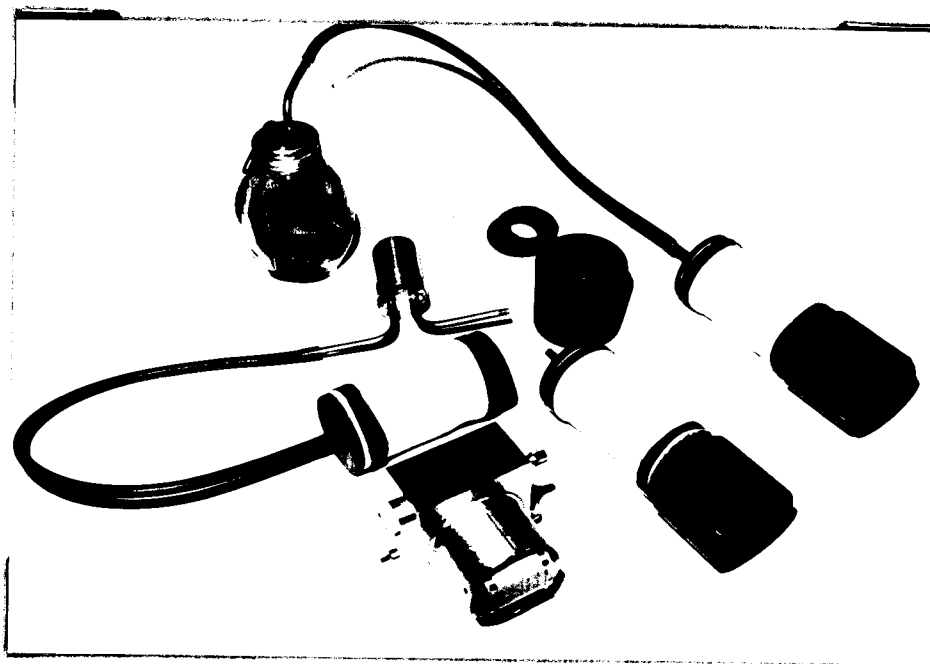
3.2. Části tryskacího zařízení

3.2.1. Zdroj plynu

Jako zdroj stlačeného plynu byla použita tlaková láhev s kysličníkem uhličitým (obr.1).

3.2.2. Směšovací nádobka

Při práci s tryskací aparaturou se používaly dva druhy směšovacích nádobek a to mosazná a skleněná. Obě nádobky jsou na obr.3.



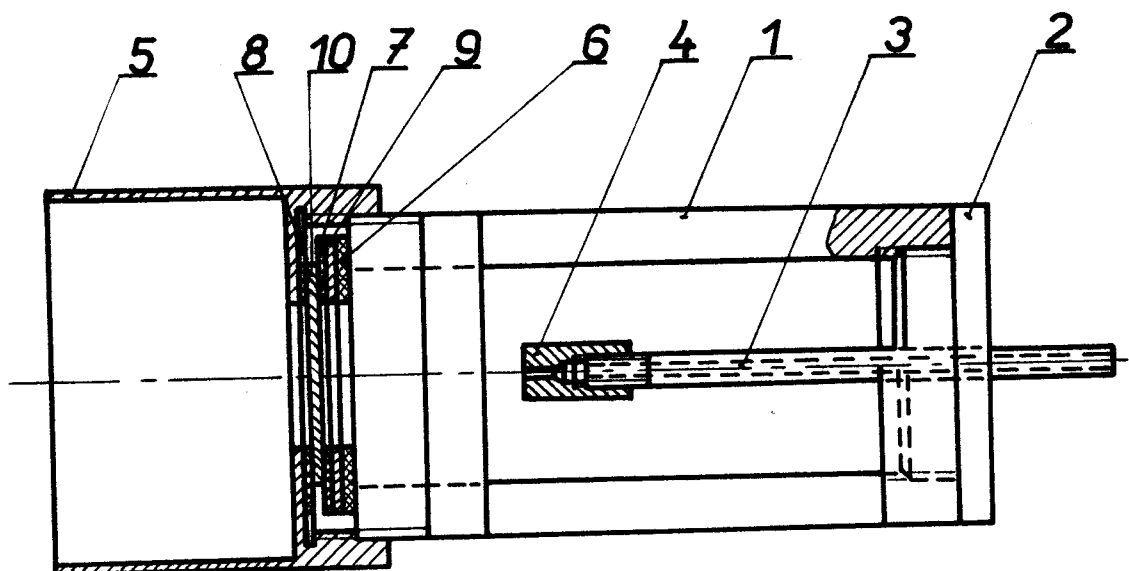
Obr.3. Kazeta, tryskač, směšovací nádobky

Menší mosazná nádobka byla použita při zjišťování rozložení rychlostí brusných zrn. Zde šlo o dobu tryskání pouze osmi vteřin, která byla zároveň expoziční dobou. Větší skleněná nádobka se používala při tryskání, při němž se zjišťoval úběr materiálu. V tomto případě byla tryskací doba delší, a to až šedesát vteřin.

V obou případech se po otryskání každého vzorku doplňovala nádobka brusivem na původní objem.

Aby brusivo nevnikalo do závitu nádobky a nepoškozovalo ho, byla víčka obou nádobek opatřena gumovým těsněním.

3.2.3. Tryskač (obr.3, obr.4)



Obr. 4. Schema tryskače

Válcové těleso tryskače tvoří kostra 1, která je vyrobena z textitu. V zadní části je tryskač uzavřen kovovým víčkem 2, kterým prochází kovová trubička 3, na niž je

našroubována tryska 4. Na druhé straně je na trubičku napojena gumová hadice ze směšovací nádoby. Přední část tryskače tvoří kovová hlavice 5 se závitem a otvorem pro umístění zkušebního vzorku. Mezi hlavicí a tělesem tryskače jsou tři gumová těsnění 6,7,8 a kovový kroužek 9 přidržující a utěsňující vzorek 10.

Na kostru tryskače je navlečen plátěný kryt, jenž je na obou koncích kostry pevně přichycen. Plátno bylo zvoleno proto, aby plyn mohl volně unikat z tryskače a brusivo zůstávalo v jeho vnitřní části. Původně u tryskače nebylo použito těsnění 8. Jeho použití bylo však nezbytné při práci s tlakou nad 1 at, kdy docházelo k nežádoucímu úniku brusiva z tryskače. Je vhodné, aby tento těsnicí kroužek byl ze silnější gumy, která se při uzavírání kovové hlavice neshrnuje.

Nastavení trysky do určité vzdálenosti od vzorku se provádí tak, že se tryska umísťná na konci kovové trubičky přisune na doraz k otryskávanému vzorku a potom se podle milimetrové stupnice, vysoustružené na této trubičce, vysune o požadovanou vzdálenost zpět.

3.2.4. Trysky

K tryskacímu zařízení původně patřila sada trysek, jež pro danou práci nevyhovovaly z těchto důvodů:

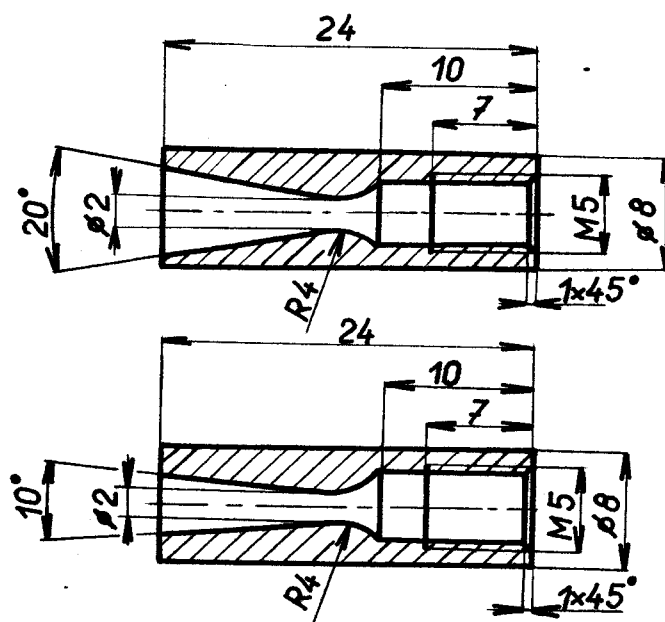
a) Materiál, z něhož byly vyrobeny (mosaz), neodpovídal charakteru práce a při tryskání brusiva SiC se velmi intensivně opotřebovával.

b) Sada původních trysek tvarově ani konstrukčně neodpovídala zadání práce.

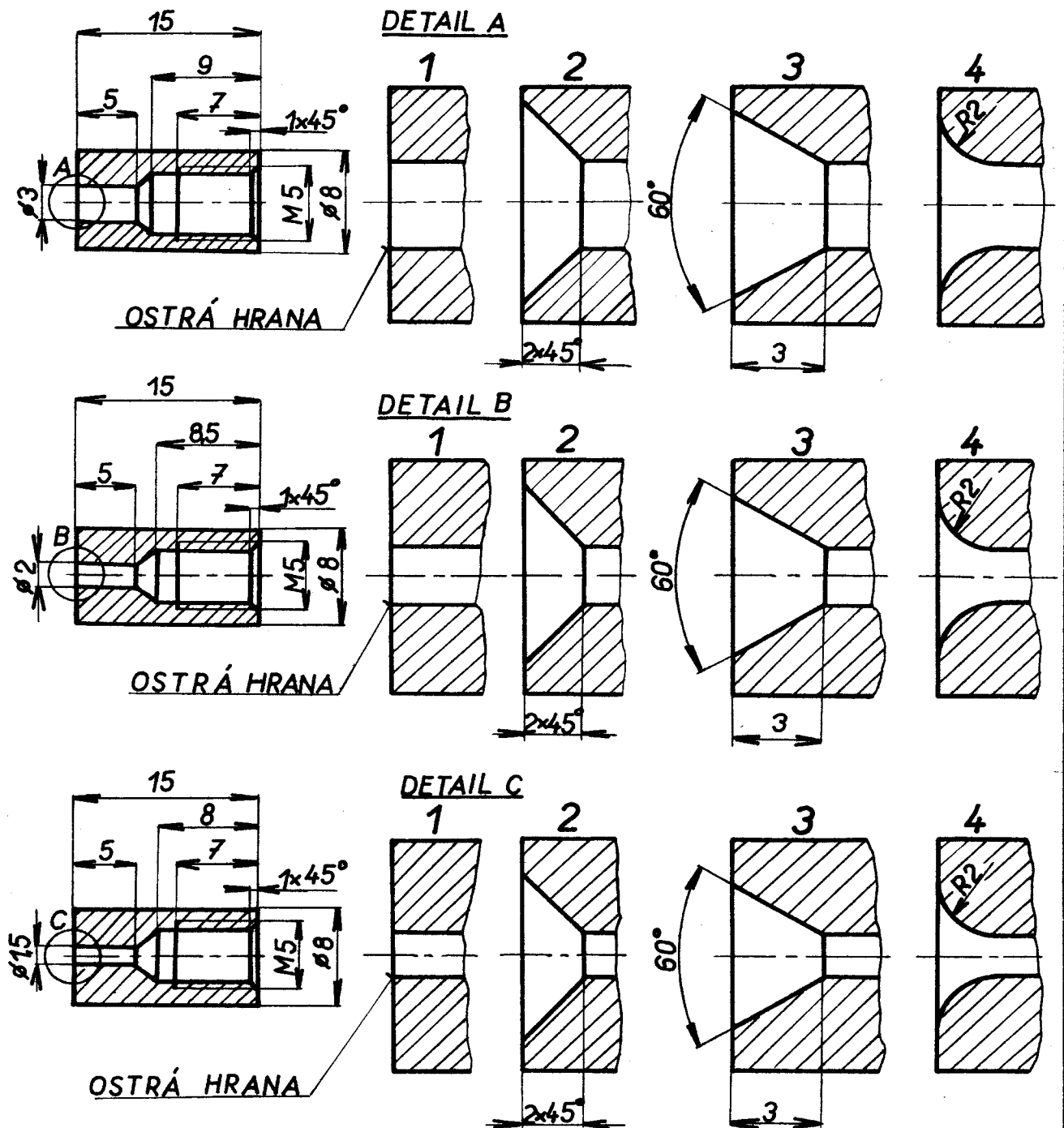
Proto byly vyrobeny tři sady nových trysek (obr.6) odpovídajících materiálově i konstrukčně lépe požadované problematice.

Kromě těchto tří sad trysek byly navrženy ještě dvě trysky tvarově podobné Lavalovým dýzám (obr.5). Sama Lavalova dýza nemohla být pro používaný tryskáč navržena, neboť po provedeném výpočtu vycházela její délka extrémně malá / 9 /.

Trysky byly vyrobeny z tzv. stříbřité oceli a zakaleny. Ocel stříbřitá není název oceli určitého složení, ale označení pro určitý způsob výroby. Je to nástrojová ocel, zpravidla tažená a žíhaná, velmi přesně broušená nebo leštěná. Může to být nástrojová ocel uhlíková, slitinová nebo i rychlořezná / 8 / .



Obr.5. Navržené trysky



Obr.6. Sady používaných trysek

3.2.5. Kazeta

Při snímání rozložení rychlostí brusných zrn se provádělo fotografování pomocí kazety (obr.3), která byla zasunuta do kovové hlavice tryskače. V kovovém světlotěsném tělese kazety jsou umístěny dvě komerční kinokazety s otočným jádrem, na němž je navinut film. Posuvem filmu (přetáčením) se naexponovaný film přetáčí do jedné z kinokazet.

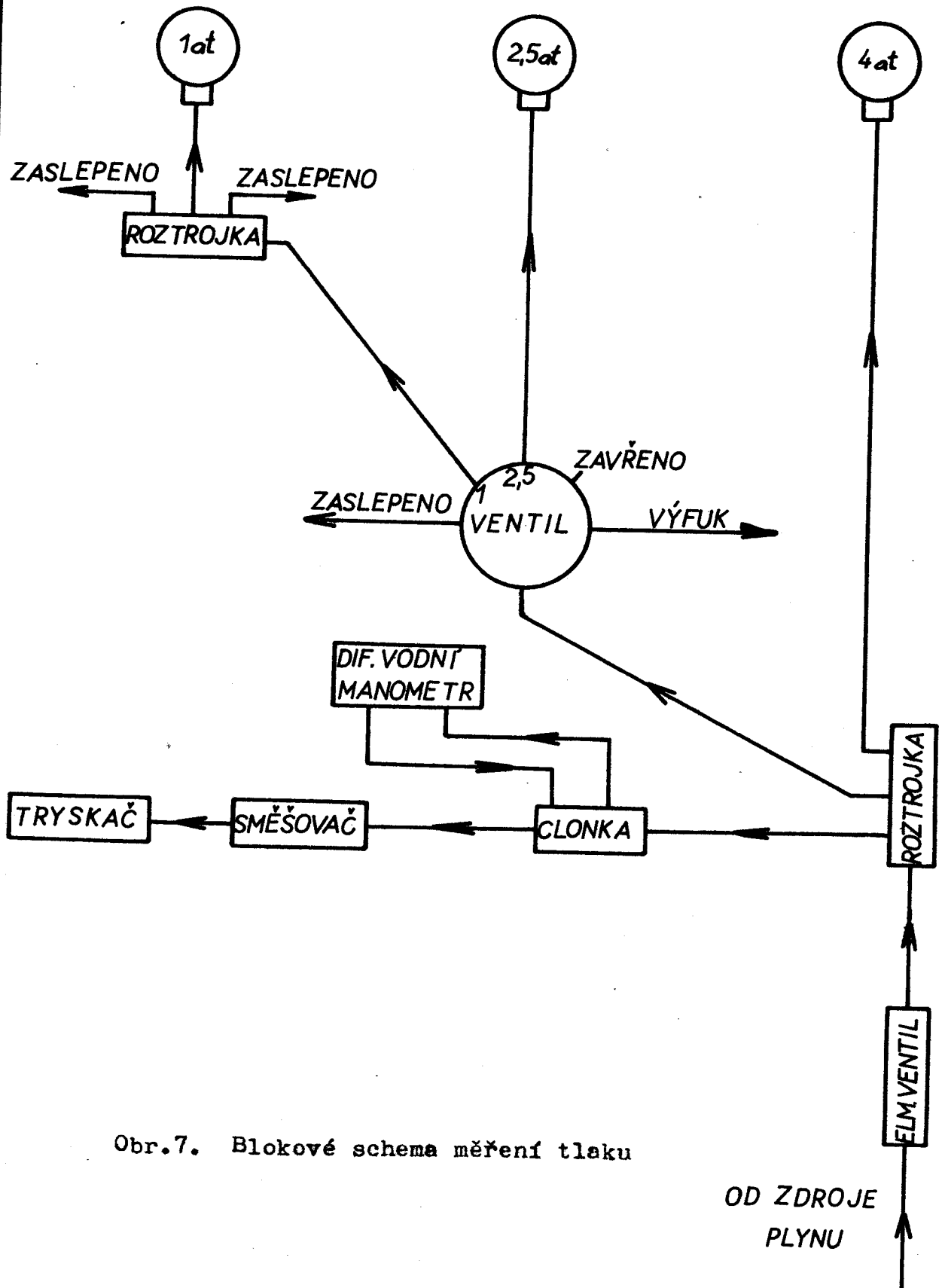
3.3. Měření tlaku plynu

Pro měření tlaku nosného plynu bylo napojeno tryskací zařízení na měřicí panel jiné tryskací aparatury, která byla vyrobena vývojovými dílnami VŠST .

Blokové schéma měření tlaku je na obr.7.

Za regulačním ventilem je hadice od tlakové láhve napojená na elektromagnetický ventil TYP 96 089 Js 15 Jt 10. Tlak plynu lze měřit třemi manometry s různými rozsahy měřených tlaků (1 at, 2,5 at, 4 at). Přívod plynu k jednotlivým manometrům je ovládán ventilem.

Jelikož bylo nutné při zjišťování rozložení rychlostí brusných zrn na základě triboluminiscence provádět fotografování, byl připojen k zařízení elektronický časový spínač TPF 288 35 56 . Tímto spínačem se regulovalo sepnutí elektromagnetického ventilu a doba tryskání, jež je současně expoziční dobou.



Obr.7. Blokové schéma měření tlaku

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.16 |

3.4. Návrhy pro zlepšení tryskacího zařízení

Při práci s tryskacím zařízením se objevila řada problémů, z nichž některé byly během práce vyřešeny, jiné jsou řešeny formou těchto doporučení:

a) Trysky vyrobené z tzv. stříbřité oceli zachovávají při tryskání brusiva SiC 150 stálý průměr asi po dobu dvanácti minut neustálého tryskání. Po této době je již zakalená vrstva odbroušena a průměr trysky se rychle zvětšuje.

Bude-li použita k výrobě těchto trysek ocel Poldi 2002, což odpovídá dle ČSN materiálu 19 436, tryskací doba nepřetržitého tryskání bude podstatně vyšší. Potvrzují to i zkušenosti pracovníků závodu Kovofiniš v Ledči nad Sázavou, kteří se obdobnou problematikou zabývají a výběr tohoto materiálu doporučují.

b) Výstupní tenkostěnná trubice směšovací nádoby je vyrobena z mosazi. Při průchodu směsi brusiva a plynu se vnitřek této trubice v ohybu vlivem abraze brusiva opotřebovává a při dlouhodobém tryskání dochází k zeslabení stěny a posléze i k jejímu porušení.

Namísto nevhodné mosazi je možno použít k výrobě trubičky oceli, která by byla v ohybu chráněna zakalením. Dalším řešením pro výrobu trubičky se jeví použití umělých hmot, z nichž některé mají vyšší odolnost proti otěru než kovy (např. silon). Ukáže-li se to výhodné, bylo by možné použít umělých hmot i pro výrobu trysek.

c) Nové typy fotonásobičů pro přímé snímání světla,

| | | |
|-----------------|--|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování mate- riálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.17 |

jakož i použití interferenčních filtrů k určování spekter,
si vynutily úpravu hlavice tryskače. (Výkres DP ST 863/71-01)

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.18 |

4. Rozložení rychlostí brusných zrn při tryskání

4.1. Triboluminiscence

Zjišťování rozložení rychlostí brusných zrn se provádělo na základě triboluminiscenčních účinků tryskaného brusiva.

V dnešní době je známo mnoho způsobů, kterými je možno přeměnit různé druhy energie ve světelnou. Energie, která je dodávána luminiscenčním látkám, může mít různé formy. Podle energie, která budí luminiscenci, má luminiscence svůj název. Jsou-li příčinou různé formy mechanické energie, nazývá se luminiscence triboluminiscencí. Jedním z mechanických způsobů, kterým je možno vzbudit triboluminiscenci, je tryskání luminiscenčních prášků proti překážkám z různých materiálů / 2 /, čehož bylo využito v této práci.

4.2. Postup při zjišťování rozložení rychlostí brusných zrn

Při měření se používalo tryskacího zařízení popsaného v 3.1. Aby bylo možno triboluminiscenční jev vznikající dopadem brusiva na vzorek fotografovat, bylo použito vzorků z mikroskopického skla velikosti 30 x 30 mm a tloušťky 1 mm. Snímání světelného (triboluminiscenčního) jevu se provádělo na panchromatický negativní kinofilm FOMAPAN 17 24 x 36 mm, umístěný v kazetě 3.2.5. Po naexponování ce-

při panchrom.

lého filmu byl film zpracován obvyklým způsobem. Negativ byl označen a zachycené světelné jevy ve formě černých skvrn různé intenzity byly zpracovány zfotometrováním na fotometru Zeiss Jena 167 899, takže po zfotometrování byly k dispozici křivky zvonového tvaru odpovídající v daném místě triboluminiscenční zářivosti a tedy i složkám rychlostí brusných zrn kolmých na překážku.

Tak byly zjištěny křivky triboluminiscenční zářivosti v závislosti na různých parametrech. K tomu, abychom mohli srovnávat pouze rozptylové schopnosti dané podmínky, byla vynášena redukovaná křivka, ze které je možno poznat rozptylové vlastnosti daných podmínek nezávisle na intenzitě záření. Křivky zjištěné vynesemím hodnot zářivosti podělené maximální hodnotou, určují experimentální distribuční funkci rozložení kolmých složek rychlostí brusných zrn.

4.3. Stanovení tryskacích podmínek

Vhodné stanovení tryskacích podmínek bylo velmi důležité, neboť zde působilo několik proměnných veličin: výběr tryskaného materiálu a jeho zrnitost, výběr filmu vhodné citlivosti, stanovení expoziční doby, velikost tlaku nosného plynu, vzdálenost trysky od vzorku a průměr trysky.

Co jiného v zkusate?
Nejvhodnějším tryskacím materiálem se jevil karbid křemíku SiC. Pokusná měření byla prováděna s brusivem SiC 100. Nedostatek brusiva této zrnitosti zapříčinil, že při těchto

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.20 |

měřeních se pracovalo se stále stejným brusivem. Neustálou cirkulací v tryskací aparatuře se měnila původní velikost zrn brusiva, zrno se stávalo stále jemnějším a triboluminiscenční efekt slabším.

Namísto brusiva této zrnitosti byl použit zelený SiC 150 (obr.8), kterého bylo dostatečné množství.



Obr.8. Zrno SiC 150, (150krát zvětšeno)

Toto brusivo splňovalo funkční požadavky. Bylo vhodně triboluminiscenční (zelenooranžový svit), se silně abra-
zivními účinky, jichž bylo použito při studiu úběrů zkou-
maných materiálů v 5.

Z řady filmů různé citlivosti byl vybrán film 17 DIN.
Pro tento film a požadované rozmezí tlaků se ukázala jako

drive grinding film needed

opamitka hodnota zobrazení
izolace

nejvhodnější expoziční doba osmi vteřin.

Vliv průměru trysky a vzdálenosti trysky od vzorku na zčernání filmu je uveden v 4.4.2. a 4.4.4.

Specifické podmínky tryskání, za kterých se prováděla jednotlivá měření, jsou uvedeny v dalších částech této práce.

Energie

4.4. Výsledky měření

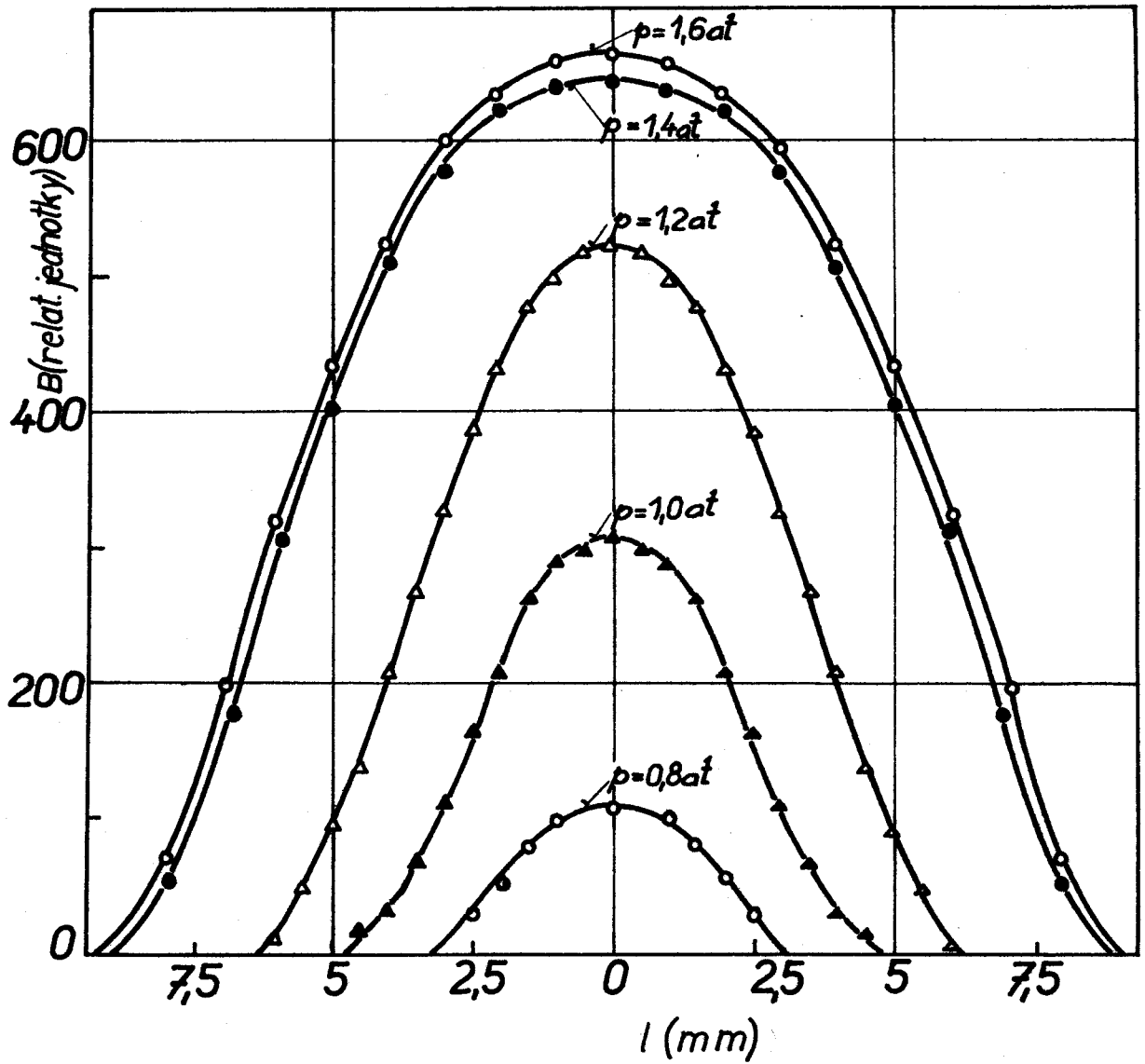
Aby byla zachycena reprodukovatelnost naměřených hodnot, bylo každé fotografování triboluminiscenčního jevu dopadajících brusných zrn na vzorek i každé měření opakováno. Do grafů jsou pak vynášeny průměrné hodnoty z těchto dvou měření. Při snímání triboluminiscenčního jevu na film, byla u všech měření stejná expoziční doba osm vteřin.

4.4.1. Rozložení rychlostí brusných zrn pro různé tlaky nosného plynu

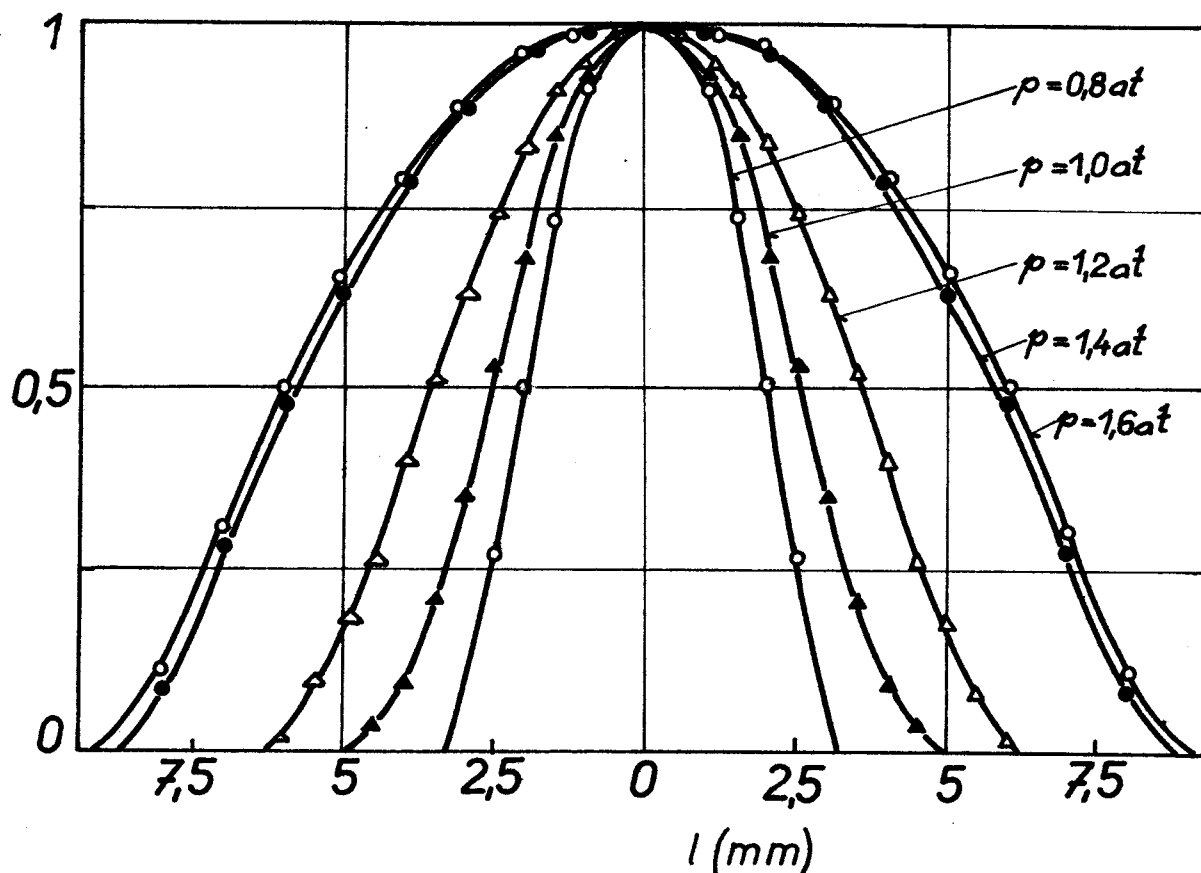
Snímání triboluminiscenční zářivosti brusiva dopadajícího na vzorek bylo prováděno při vzdálenosti trysky od vzorku 8 mm. Použitá tryska měla válcový otvor průměru 2 mm s ostrými hranami.

Zjištěné křivky triboluminiscenční zářivosti brusných zrn pro různé tlaky nosného plynu jsou na obr. 9.

Příslušná distribuční funkce rozložení kolmých složek rychlostí pro různé tlaky je na obr. 10.



Obr.9. Závislost triboluminiscenční zářivosti B na vzdálenosti l od středu pro různé tlaky p



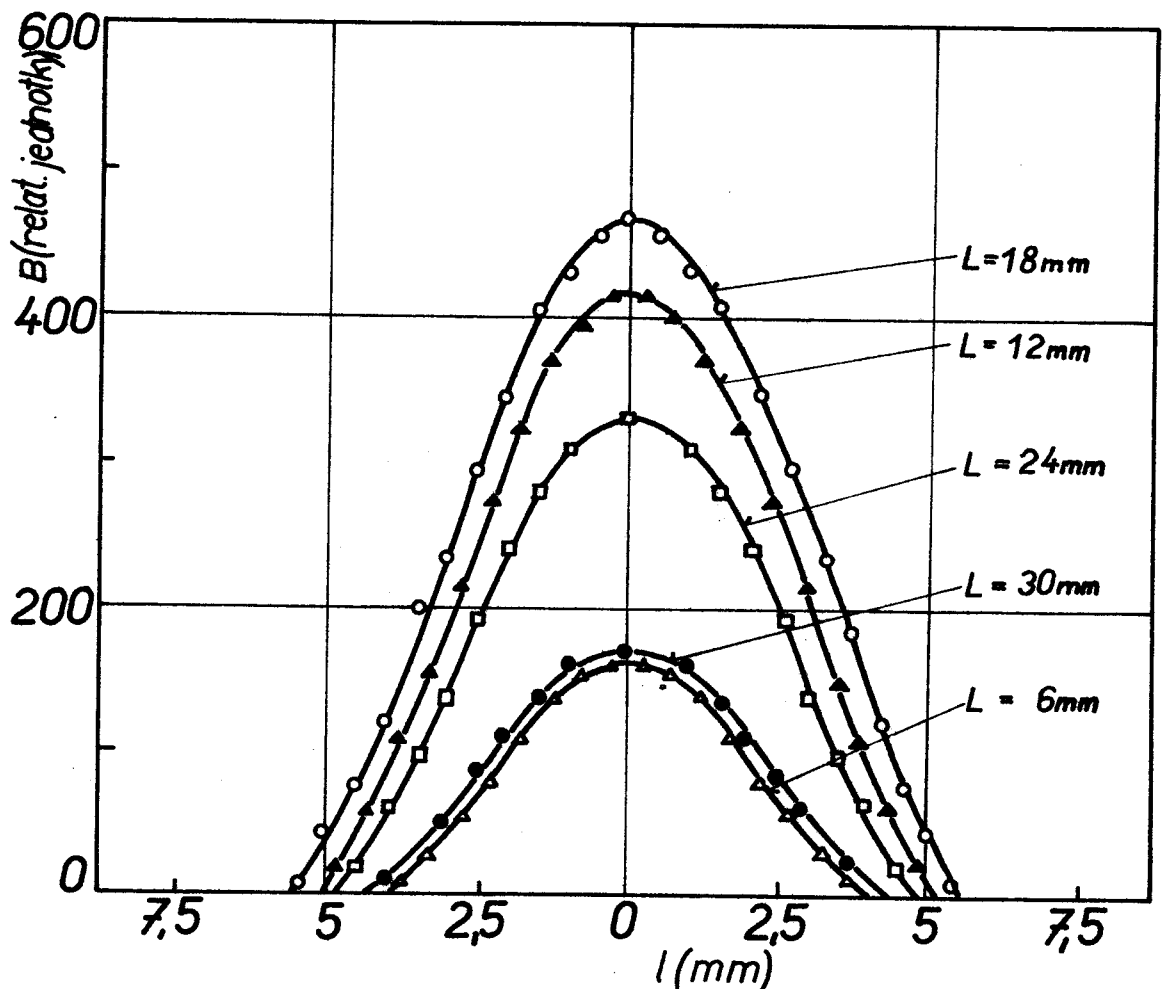
Obr. 10. Experimentální distribuční funkce rozložení kolmých složek rychlostí pro různé tlaky p
 $l \dots$ vzdálenost od středu

Na těchto obrázcích jsou vyneseny křivky v závislosti na tlaku plynu od 0,8 do 1,6 at. Měření bylo prováděno i pro tlaky 0,5 at a 0,6 at, ale při těchto hodnotách nejevil film téměř žádné zčernání a nebylo možno jej fotometrovat. Příslušná tryskací aparatura je upravena pro maximum tlaku 1,7 at, a proto měření nad 1,6 at nebyla prováděna.

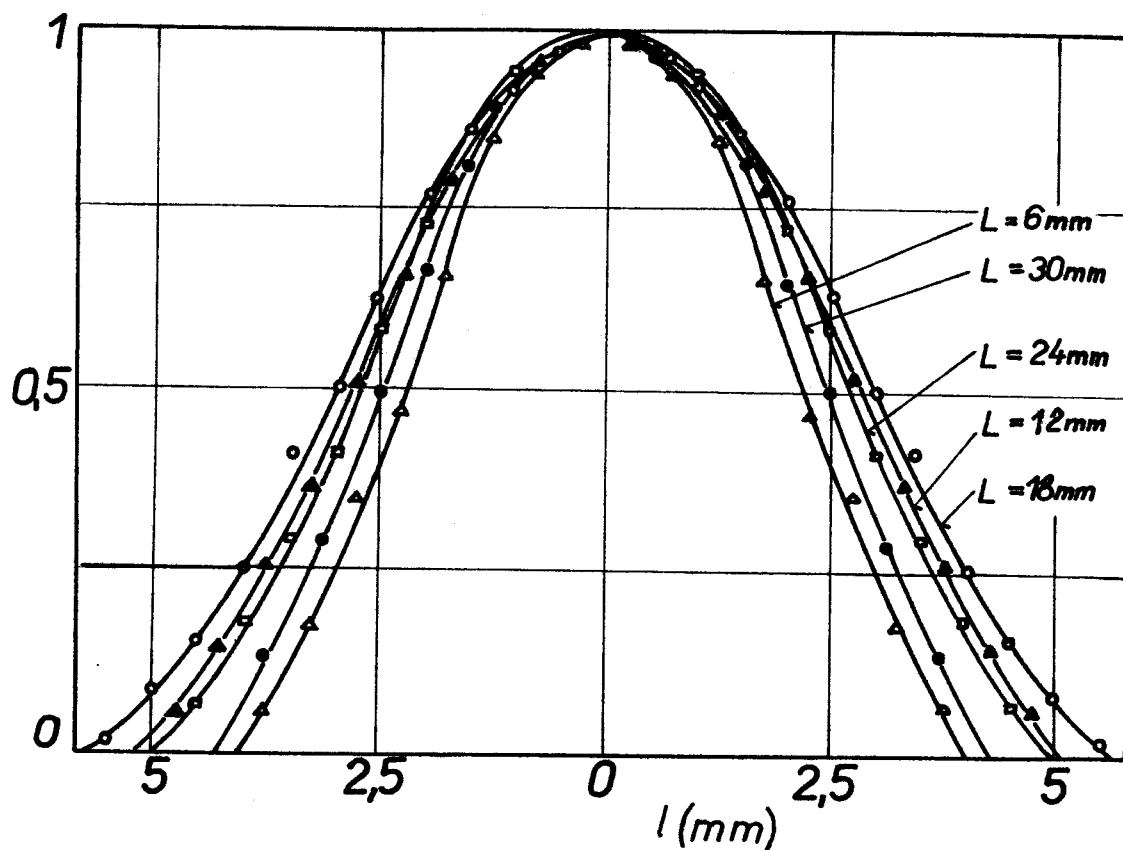
4.4.2. Rozložení rychlostí brusných zrn pro různé vzdále- nosti trysky od vzorku

V tomto případě byla triboluminiscenční zářivost brusných zrn zjišťována při tlaku nosného plynu 1,2 at. Použitá tryska byla stejná jako v předchozím případě 4.4.1.

Křivky triboluminiscenční zářivosti brusných zrn pro různé vzdálenosti trysky od vzorku jsou na obr. 11 a příslušná distribuční funkce rozložení kolmých složek rychlostí na obr. 12.



Obr.11. Závislost triboluminiscenční zářivosti B na vzdále-
nosti l od středu pro různé vzdálenosti L trysky
od vzorku



Obr.12. Experimentální distribuční funkce rozložení kolmých složek rychlostí pro různé vzdálenosti L trysky od vzorku

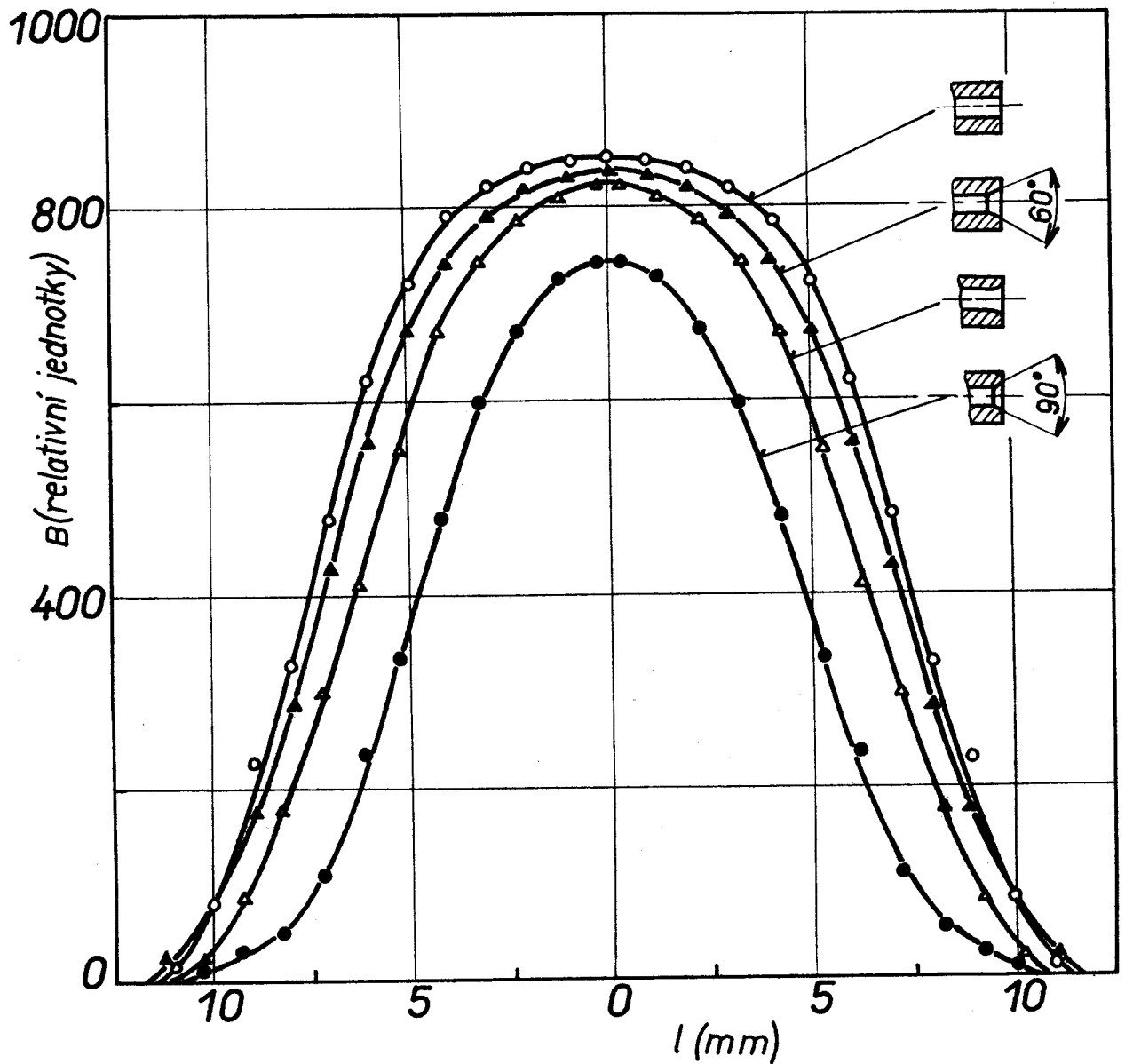
1 ... vzdálenost od středu

4.4.3. Rozložení rychlostí brusných zrn pro různé tvary trysek

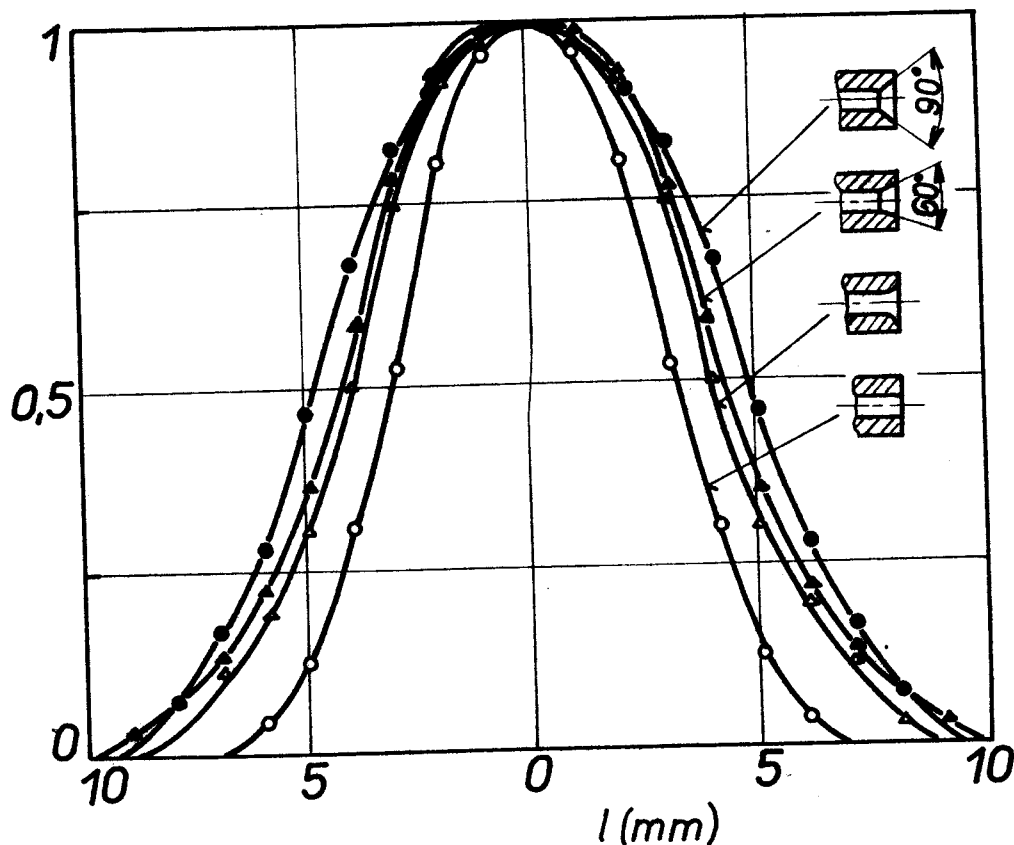
Zjišťování triboluminiscenční zářivosti brusných zrn bylo prováděno opět při tlaku 1,2 at. Vzdálenost trysek různých tvarů od vzorků byla 8 mm.

Na obr. 13 jsou zjištěné křivky triboluminiscenční zářivosti zrn brusiva pro různé tvary trysek průměru 1,5 mm. Na obr. 14 pak příslušná distribuční funkce rozložení

kolmých složek rychlostí pro průměr trysek 2 mm.



Obr.13. Závislost triboluminiscenční zářivosti B
na vzdálenosti l od středu pro různé tvary
trysek průměru 1,5 mm

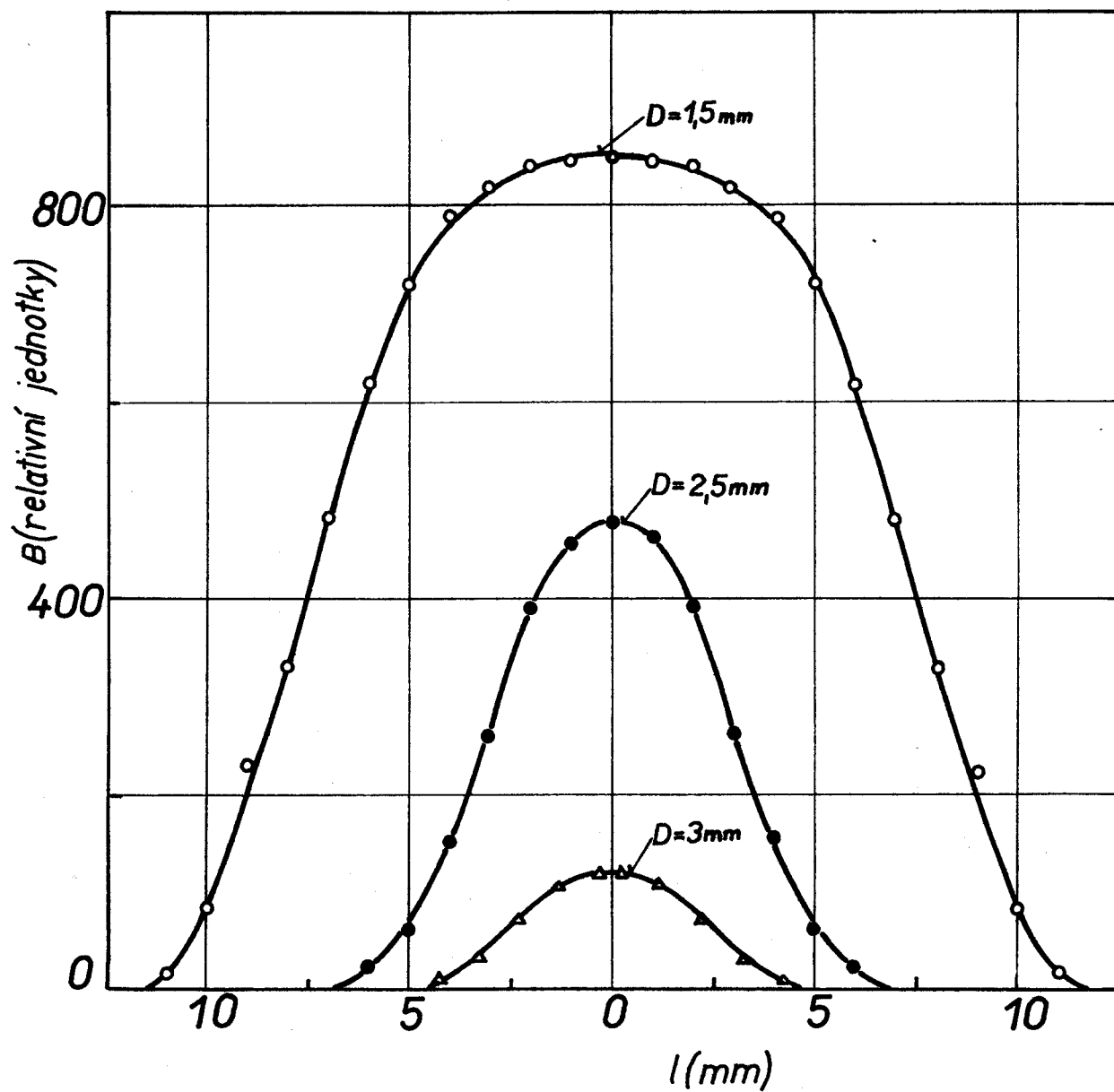


Obr. 14. Experimentální distribuční funkce rozložení kolmých složek rychlostí pro různé tvary trysek průměru 2 mm
1 ... vzdálenost od středu

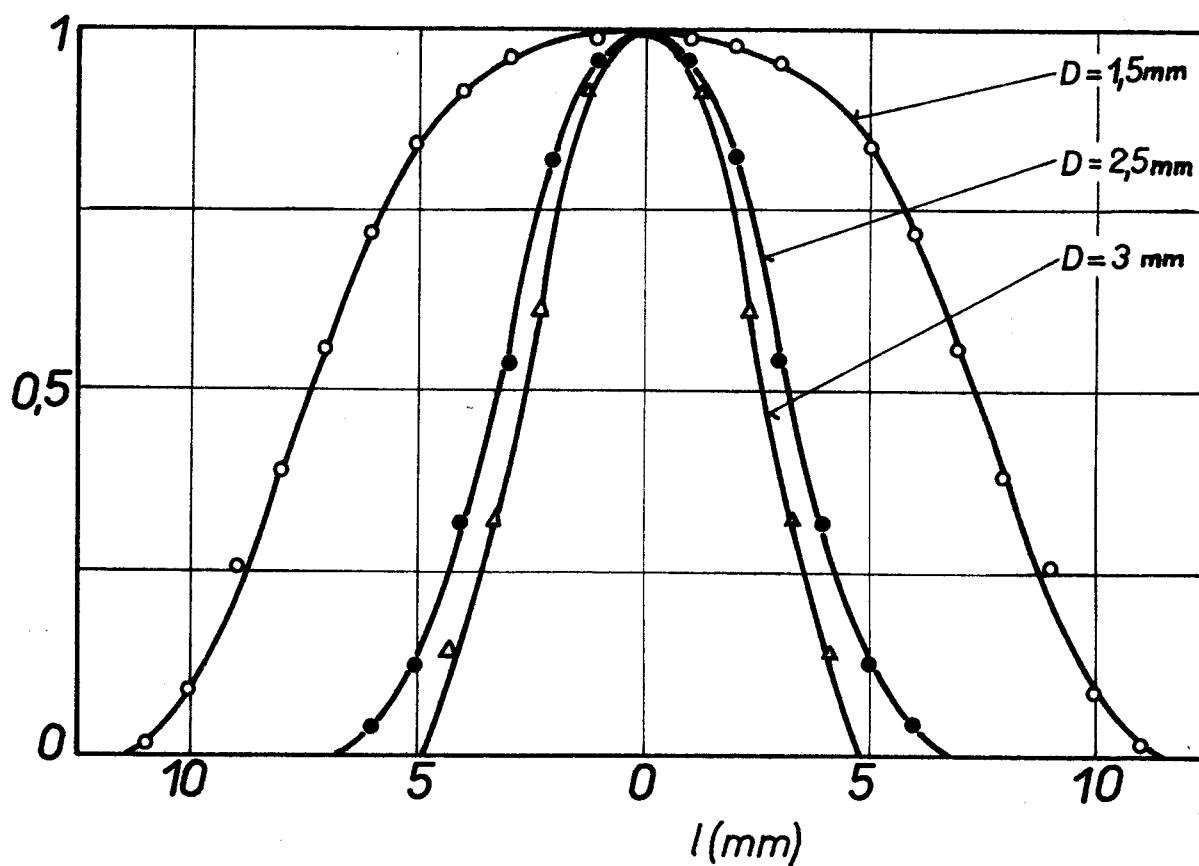
4.4.4. Rozložení rychlostí brusných zrn pro různé průměry trysek

Zjišťování triboluminiscenční zářivosti bylo prováděno za stejných podmínek jako v předchozím případě 4.4.3. Byly použity trysky různých průměrů s ostrými hranami.

Křivky triboluminiscenční zářivosti brusných zrn pro různé průměry trysek jsou na obr. 15, příslušná distribuční funkce na obr. 16.



Obr. 15. Závislost triboluminiscenční zářivosti B
na vzdálenosti l od středu pro různé
průměry trysek D



Obr. 16. Experimentální distribuční funkce rozložení kol-
mých složek rychlostí pro různé průměry trysek D
 l ... vzdálenost od středu

V grafech je vynesena křivka pro průměr trysky 2,5 mm. Tento průměr neodpovídá trysce na obr. 6. V tomto případě jde o trysku průměru 2 mm, jejíž průměr se vlivem abraze brusiva z předcházejících tryskání zvětšil až na 2,5 mm.

4.5. Zhodnocení výsledků

Ze získaných výsledků měření je patrné, že rozložení triboluminiscenční zářivosti odpovídající kolným složkám rychlostí brusných zrn v místě dopadu je zvonového tvaru pro všechny průběhy.

Z obr.9 a obr.10 je vidět, že s rostoucím tlakem nosného plynu dochází nejprve k růstu triboluminiscenční zářivosti a tedy i k růstu rychlostí brusných zrn dopadajících na vzorek. Pak dochází k nasycení a dá se očekávat, že podstatným zvýšením tlaku za jinak stálých podmínek nebude triboluminiscenční zářivost dále narůstat. S rostoucím tlakem také dochází k většímu rozptylu brusiva, jak ukazuje obr. 10.

Zajímavý je výsledek při měření závislosti triboluminiscenční zářivosti pro různé vzdálenosti trysky od vzorku. S rostoucí vzdáleností trysky od vzorku dochází nejprve k růstu triboluminiscenční zářivosti až do vzdálenosti 18 mm a poté k poklesu (obr.11).

Nepřavidelnosti triboluminiscenční zářivosti se ukázaly při snímání rozptylu brusných zrn proměřované závislosti tvaru křivek na tvaru trysek. Pro průměr trysek 1,5 mm byl největší rozptyl u trysek s ostrými hranami a nejmenší u trysek se sražením hrany 45° (obr.13). Pro průměr 2 mm tomu bylo naopak. Nejmenší rozptyl jevíla tryška s ostrými hranami, největší tryška se sražením hrany 45° , jak je vidět z distribuční funkce rozložení kolných složek rychlostí pro průměr trysek 2 mm (obr.14). Stejný charakter křivek je i u trysek průměru 3 mm.

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.31 |

Studujeme-li křivky triboluminiscenční zářivosti pro různé průměry trysek za stejných podmínek, zjistíme zvětšenou zářivost se zmenšujícím se průměrem (obr.15). Také rozptyl rychlostí brusných zrn roste se zmenšujícím se průměrem (obr. 16). To je možné vysvětlit tak, že s klesajícím průměrem za jinak stejných podmínek, vzroste podle rovnice spojitosti výtoková rychlost právě tak, jako se zvětšujícím se tlakem .

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.32 |

5. Studium úběrů materiálů při jejich otryskávání proudem volného brusiva

5.1. Postup při zjišťování úběrů materiálů

Při tomto měření bylo použito opět tryskací zařízení popsané v 3.1. Před vlastním tryskáním byl každý vzorek očištěn a zvážen na analytických vahách A 3/200 ČSL.PAT. OHL. 0302317. Poté byl zvážený vzorek upevněn do hlavice tryskače a otryskán proudem brusiva SiC 150. Očištěný otryskaný vzorek byl zvážen.

Kromě váhových úbytků byly proměřovány i profily kráterů, vytvořené v materiálu při tryskání. Ideálním řešením by bylo proměřovat profily kráterů profiloměrem. Průměrná hloubka kráterů otryskaných vzorků však byla vyšší, než je schopno registrační zařízení profiloměru vyhodnotit.

Proto byla zvolena časově náročnější metoda mikroskopického proměření tvaru kráterů na monokulárním mikroskopu Meopta 111 734 při zvětšení 150 x. Vzorky skla a plexi-skla byly umístěny na saních mikroskopu a osvětleny denním světlem, vzorky mědi světlem umělým.

Podélný posuv vzorku pod objektivem byl prováděn pomocí mikrometrického šroubu saní mikroskopu po 0,2 mm. Hloubka kráteru se zjišťovala jemným zaostřováním mikrometrického posuvu mikroskopu, kde se zároveň odečítala na otočné stupnici hloubka zaostření, která je přímo hloubkou kráteru.

| | | |
|-----------------|--|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování mate- riálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.33 |

5.2. Příprava vzorků

Skleněnými vzorky byla upravená mikroskopická skla velikosti 30 x 30 mm a tloušťky 1 mm. Vzorky z plexiskla i měděného plechu byly stejné velikosti a tloušťky. Vzorky mědi byly kromě toho před vážením mechanicky opracovány broušením a leštěním.

5.3. Stanovení tryskacích podmínek

Při stanovení tryskacích podmínek se využilo poznatků zjištěných ve 4,3.

Důležitým požadavkem bylo zjištění maximální možné doby tryskání při zkoumání závislosti váhových úbytků na době tryskání, aniž by byl vzorek tryskaným brusivem proražen. Z předchozích prací bylo známo, že největší váhový i objemový úbytek vykazuje sklo. Proto byla maximální možná doba tryskání stanovena právě na něm. U zkoumaného skla došlo při nepřetržitém tryskání tryskou průměru 2 mm a tlaku 1 at k proražení vzorku za 104 vteřiny. Pro vlastní práci byla zvolena maximální tryskací doba 60 vteřin.

5.4. Výsledky měření

K zajištění reprodukovatelnosti měření byly otryskány tři vzorky za úplně stejných podmínek. Do tabulek a grafů jsou pak vyneseny průměrné hodnoty těchto tří měření. Ze získaných průměrných váhových úbytků Δm byl zjištěn objemový úbytek ΔV dle vzorce:

$$\Delta V = \Delta m / \rho ,$$

kde ρ je měrná hmota příslušného materiálu. V tomto přípa-

dě bylo skla $2,5 \text{ g/cm}^3$, plexiskla 1 g/cm^3 a mědi $8,9 \text{ g/cm}^3$ / 11 /. Při zjišťování profilů kráterů byla vždy vybrána sada otryskaných vzorků, jejichž váhový úbytek se nejvíce blížil průměrné hodnotě ze tří provedených měření.

5.4.1. Úběr materiálů v závislosti na době tryskání

Při zjišťování úběrů materiálů v závislosti na době tryskání byla použita tryska průměru 2 mm se zaoblenými hranami. Vzdálenost trysky od vzorku byla 8 mm, pracovní tlak nosného plynu 1,0 at. Jako materiály pro otryskávání byly zvoleny podložní mikroskopické sklo, plexisklo a měděný plech. V závislosti na tryskací době, odstupňované po šesti vteřinách do šedesáti vteřin, byl zjištěn váhový a objemový úbytek vzniklý otryskáním vzorků proudem volného brusiva. (tab.I, tab.II). Váhové úbytky v závislosti na době tryskání jsou vyneseny v grafu na obr.17 a objemové úbytky na obr.18.

Profily kráterů v závislosti na tryskací době, odstupňované po dvanácti vteřinách do šedesáti vteřin, pro všechny tři druhy materiálů jsou na obr.19. U mědi byl měřitelný profil kráteru pouze pro dobu tryskání šedesát vteřin.

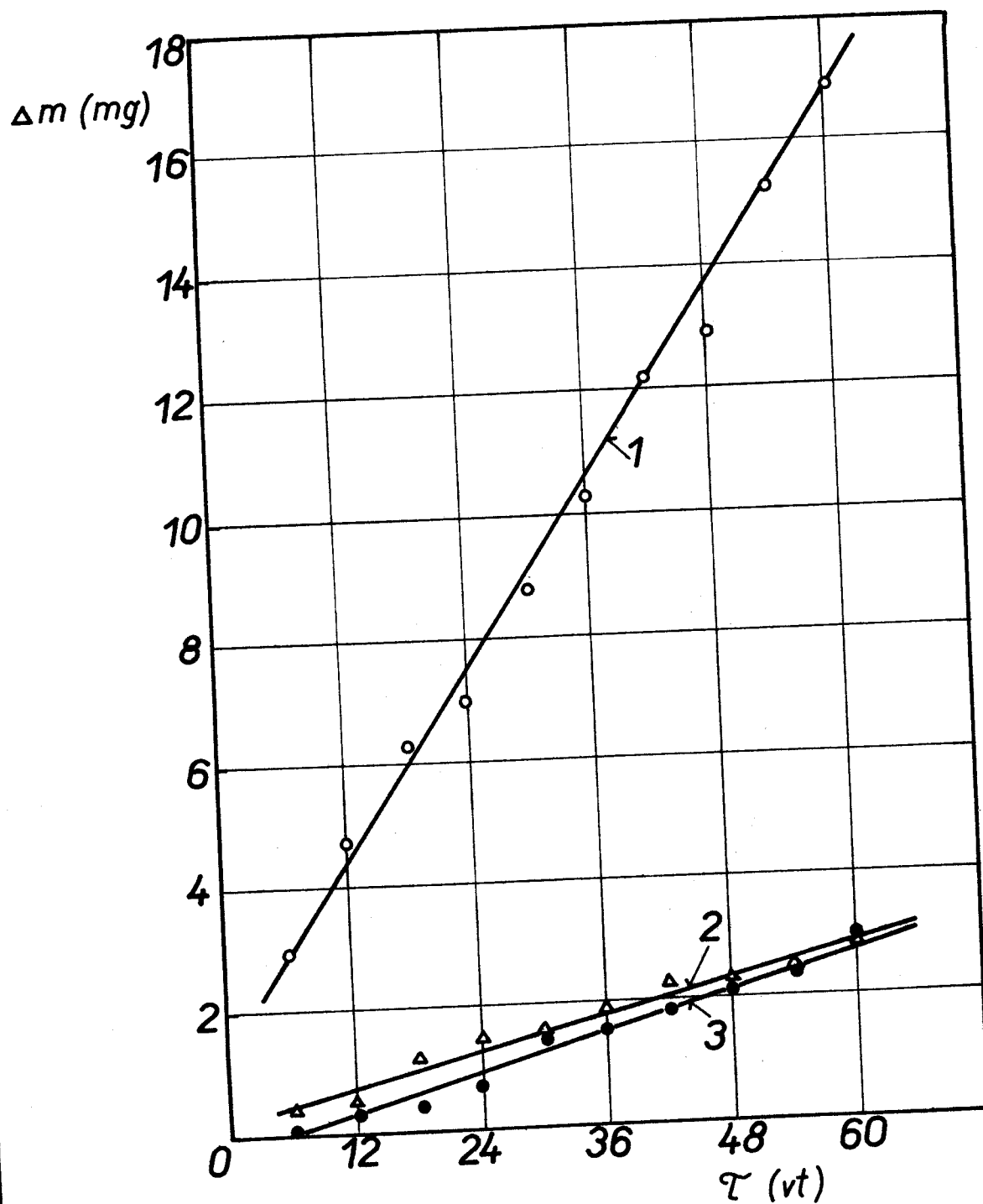
Kromě uvedených materiálů byla provedena zkouška otryskání monokrystalu křemene po dobu třiceti vteřin. Váhový i objemový úbytek křemene byl 4 x větší než úbytek skla za jinak stejných podmínek.

| číslo vzorku | doba tryskání τ (vt) | průměrný váhový úbytek Δm (mg) | | |
|--------------|---------------------------|--|-----------|-----|
| | | sklo | plexisklo | měď |
| 1 | 6 | 3,0 | 0,4 | 0,1 |
| 2 | 12 | 4,8 | 0,5 | 0,3 |
| 3 | 18 | 6,3 | 1,2 | 0,4 |
| 4 | 24 | 7,0 | 1,5 | 0,7 |
| 5 | 30 | 8,8 | 1,6 | 1,5 |
| 6 | 36 | 10,3 | 1,9 | 1,6 |
| 7 | 42 | 12,2 | 2,3 | 1,9 |
| 8 | 48 | 12,9 | 2,3 | 2,2 |
| 9 | 54 | 15,3 | 2,5 | 2,4 |
| 10 | 60 | 16,9 | 2,9 | 3,0 |

Tab.I. Váhové úbytky Δm v závislosti na době tryskání τ

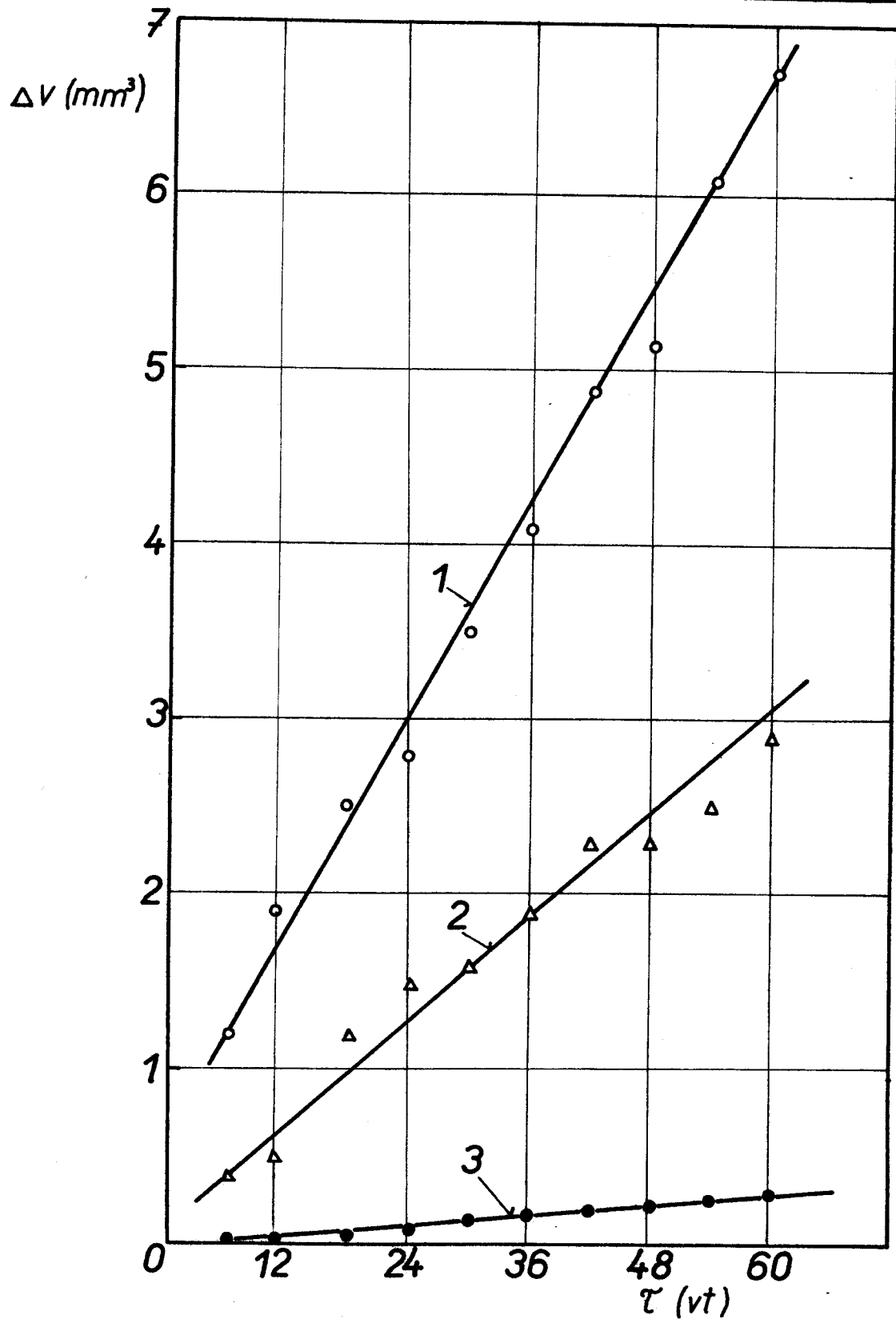
| číslo vzorku | doba tryskání τ (vt) | průměrný úbytek objemu ΔV (mm ³) | | |
|--------------|---------------------------|--|-----------|-------|
| | | sklo | plexisklo | měď |
| 1 | 6 | 1,2 | 0,4 | 0,011 |
| 2 | 12 | 1,92 | 0,5 | 0,034 |
| 3 | 18 | 2,52 | 1,2 | 0,045 |
| 4 | 24 | 2,80 | 1,5 | 0,079 |
| 5 | 30 | 3,52 | 1,6 | 0,168 |
| 6 | 36 | 4,12 | 1,9 | 0,180 |
| 7 | 42 | 4,88 | 2,3 | 0,213 |
| 8 | 48 | 5,16 | 2,3 | 0,247 |
| 9 | 54 | 6,12 | 2,5 | 0,290 |
| 10 | 60 | 6,76 | 2,9 | 0,337 |

Tab.II. Objemové úbytky ΔV v závislosti na době tryskání τ



Obr. 17. Závislost váhových úbytků Δm na době tryskání τ

1 ... sklo
 2 ... plexisklo
 3 ... měď

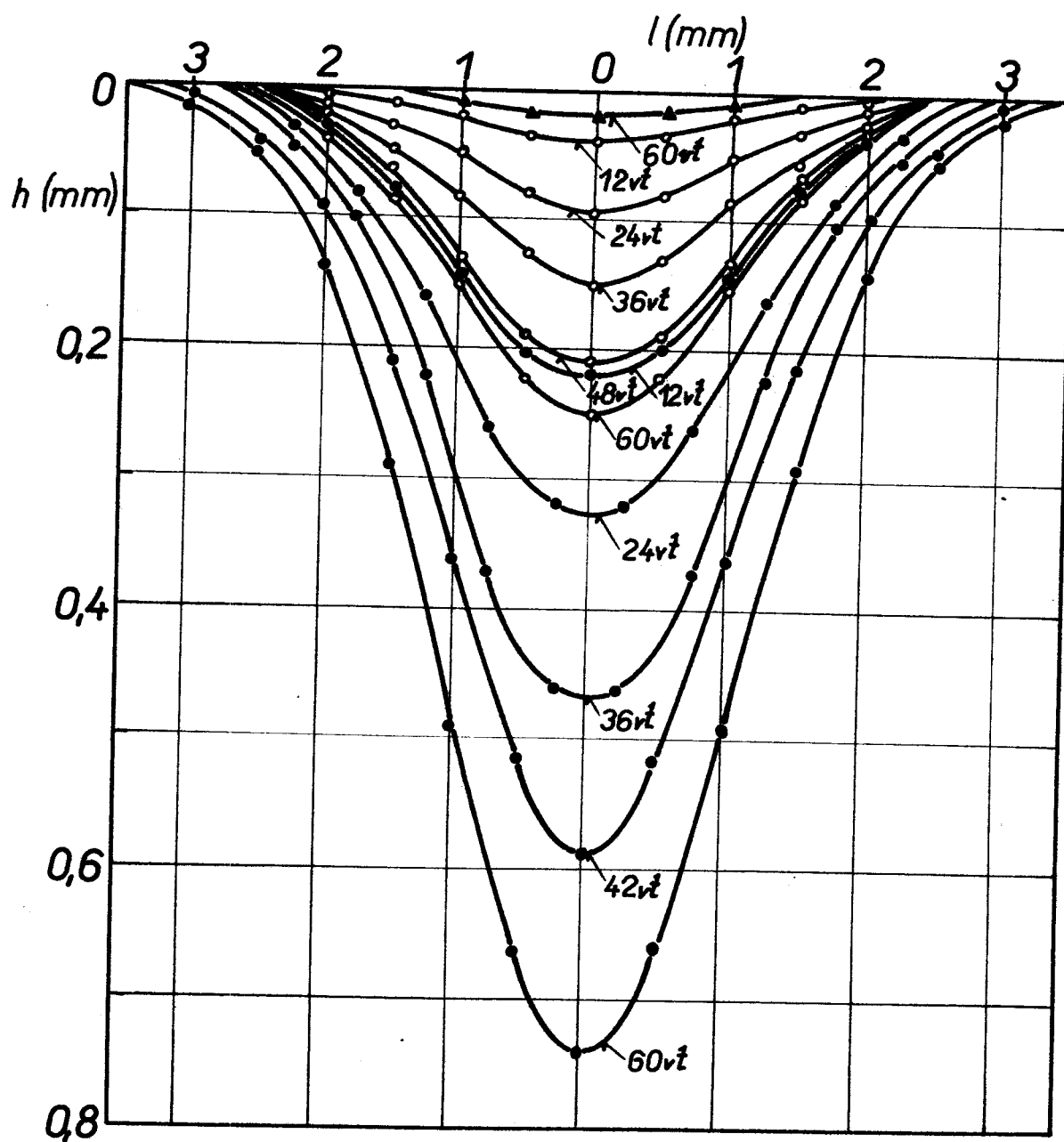


Obr.18. Závislost objemových úbytků ΔV na době tryskání τ

1 ... sklo

2 ... plexisklo

3 ... měď



Obr.19. Profily kráterů pro různé doby tryskání

▲ měď

○ plexisklo

● sklo

l ... vzdálenost od středu

h ... hloubka kráteru

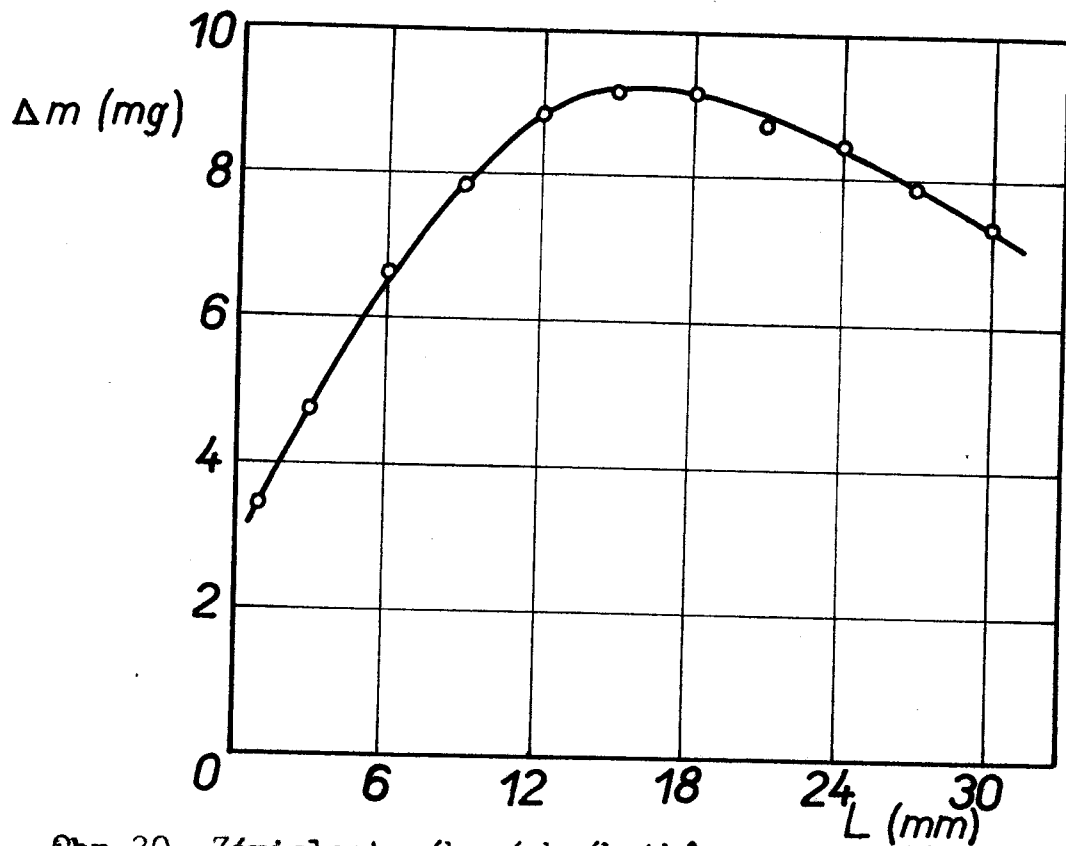
5.4.2. Úběr materiálu v závislosti na vzdálenosti trysky od vzorku

V této práci byla použita tryska průměru 1,5 mm se zaoblenými hranami. Tlak nosného plynu byl opět 1 at, doba tryskání byla zvolena 25 vteřin. Váhový a objemový úbytek byl zjišťován v závislosti na zvětšující se vzdálenosti trysky od skleněného vzorku po 3 mm až do vzdálenosti 30 mm. Zjištěné váhové a objemové úbytky jsou v tab.III.

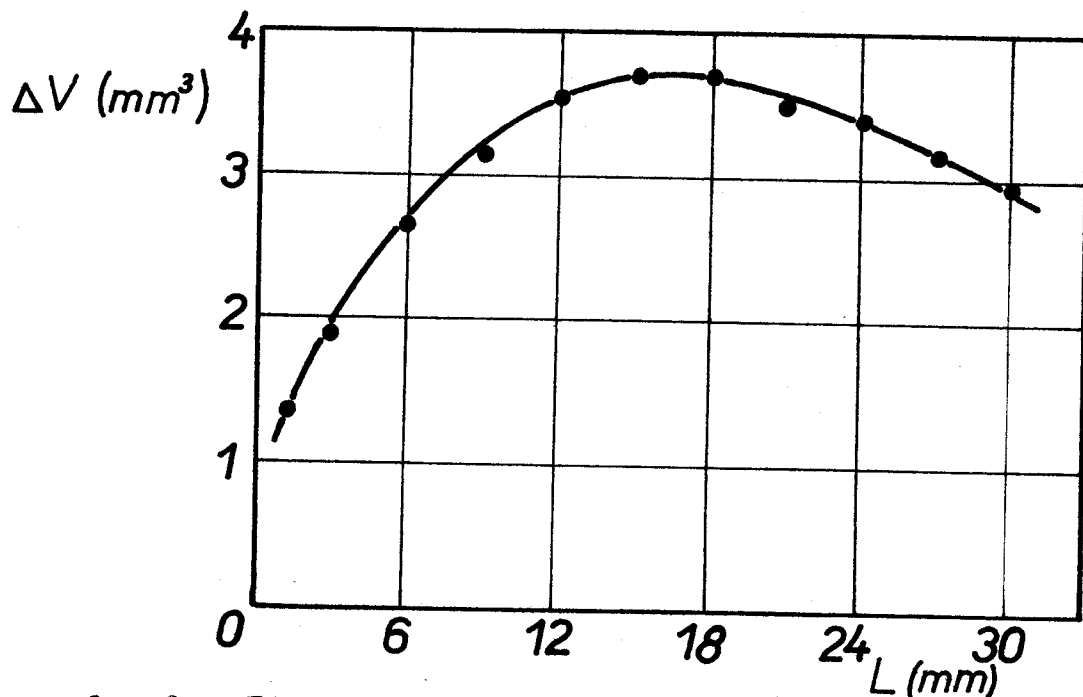
Závislosti váhových a objemových úbytků na vzdálenosti trysky od vzorku jsou na obr.20 a obr.21. Profily kráterů pro různé vzdálenosti trysky od vzorku po 6 mm jsou na obr.22.

| číslo měření | vzdálenost trysky od vzorku L (mm) | průměrný váhový úbytek Δm (mg) | průměrný objemový úbytek ΔV (mm ³) |
|--------------|------------------------------------|--|--|
| 1 | 1 | 3,5 | 1,40 |
| 2 | 3 | 4,8 | 1,92 |
| 3 | 6 | 6,7 | 2,68 |
| 4 | 9 | 7,9 | 3,16 |
| 5 | 12 | 8,9 | 3,56 |
| 6 | 15 | 9,2 | 3,68 |
| 7 | 18 | 9,2 | 3,68 |
| 8 | 21 | 8,8 | 3,52 |
| 9 | 24 | 8,5 | 3,40 |
| 10 | 27 | 7,9 | 3,16 |
| 11 | 30 | 7,4 | 2,96 |

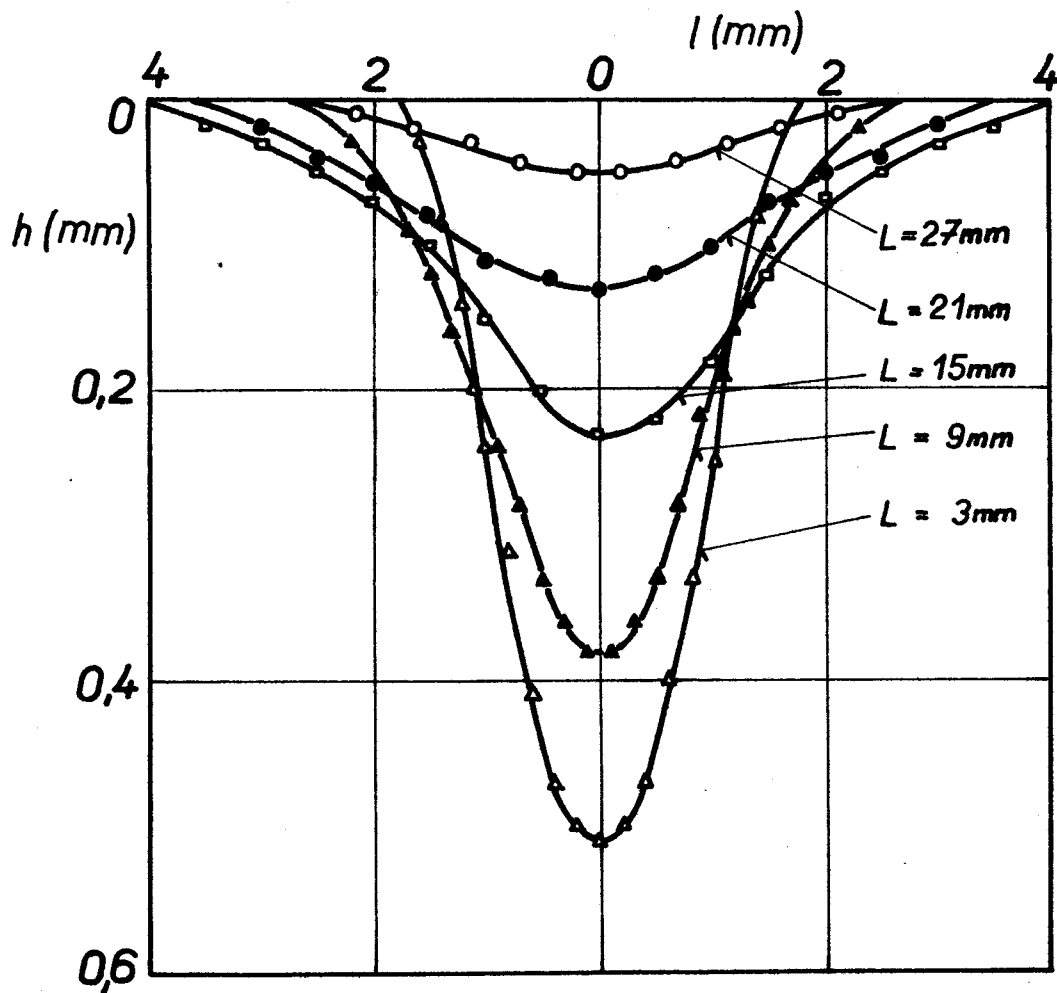
Tab.III. Váhové a objemové úbytky skla pro různé vzdálenosti trysky od vzorku



Obr.20. Závislost váhových úbytků Δm na vzdálenosti L trysky od vzorku



Obr.21. Závislost objemových úbytků ΔV na vzdálenosti L trysky od vzorku



Obr.22. Profily kráterů pro různé vzdálenosti L trysky od vzorku

l ... vzdálenost od středu

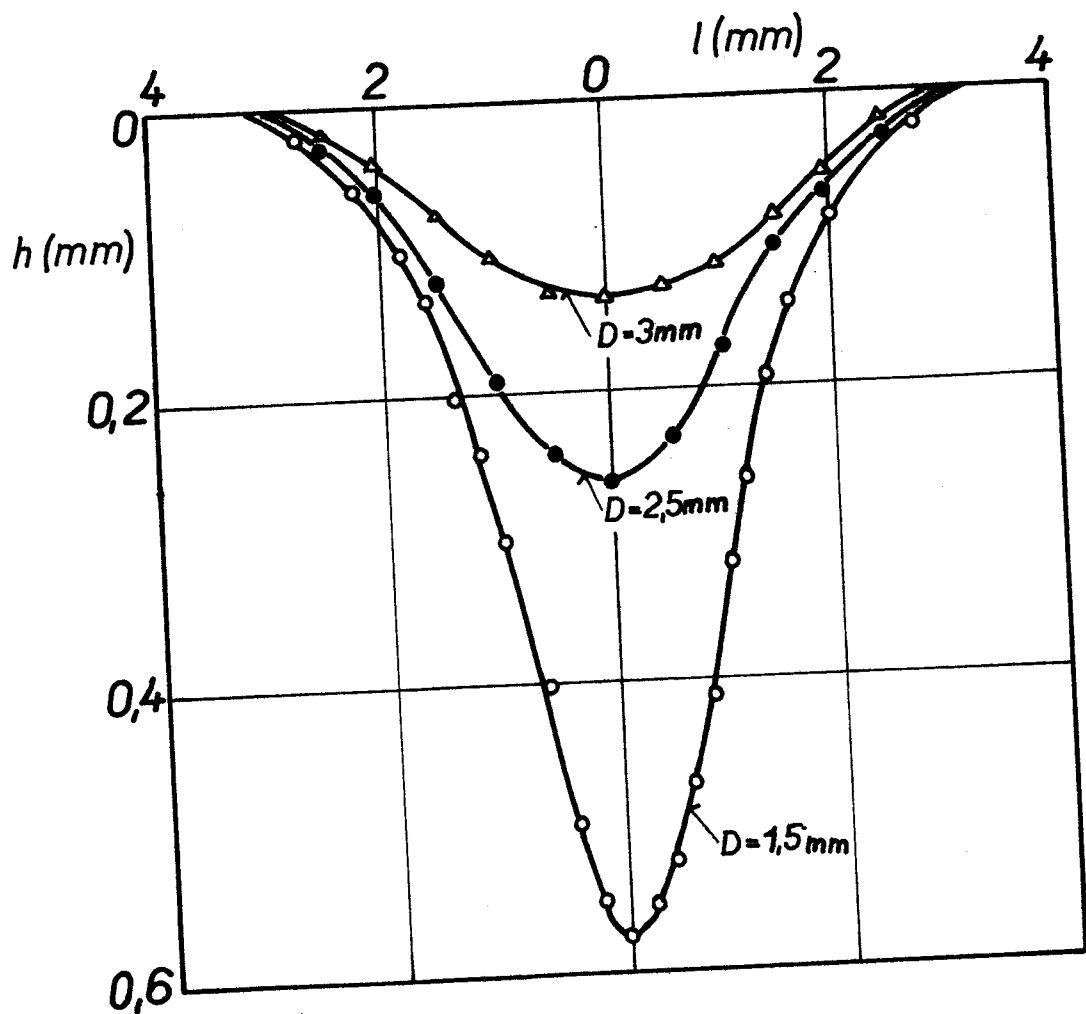
h ... hloubka kráteru

5.4.3. Úběr materiálu v závislosti na průměru trysky

Při tryskání byla použita sada trysek různých průměrů se zaoblenými hranami. Vzdálenost trysky od skleněného vzorku byla 8 mm, tlak nosného plynu 1 at a tryskací doba 25 vteřin. V tab.IV jsou zjištěné váhové a objemové úbytky v závislosti na průměru trysek. Tvary kráterů pro různé průměry trysek jsou na obr.23.

| číslo měření | průměr trysky D (mm) | průměrný váhový úbytek Δm (mg) | průměrný objemový úbytek ΔV (mm ³) |
|--------------|----------------------|--|--|
| 1 | 1,5 | 9,2 | 3,68 |
| 2 | 2,5 | 8,1 | 3,24 |
| 3 | 3,0 | 6,0 | 2,40 |

Tab.IV. Váhové a objemové úbytky skla pro různé průměry trysek



Obr.23. Profily kráterů pro různé průměry trysek D



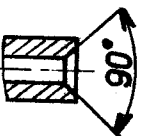
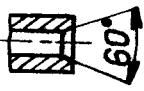
l ... vzdálenost od středu

h ... hloubka kráteru

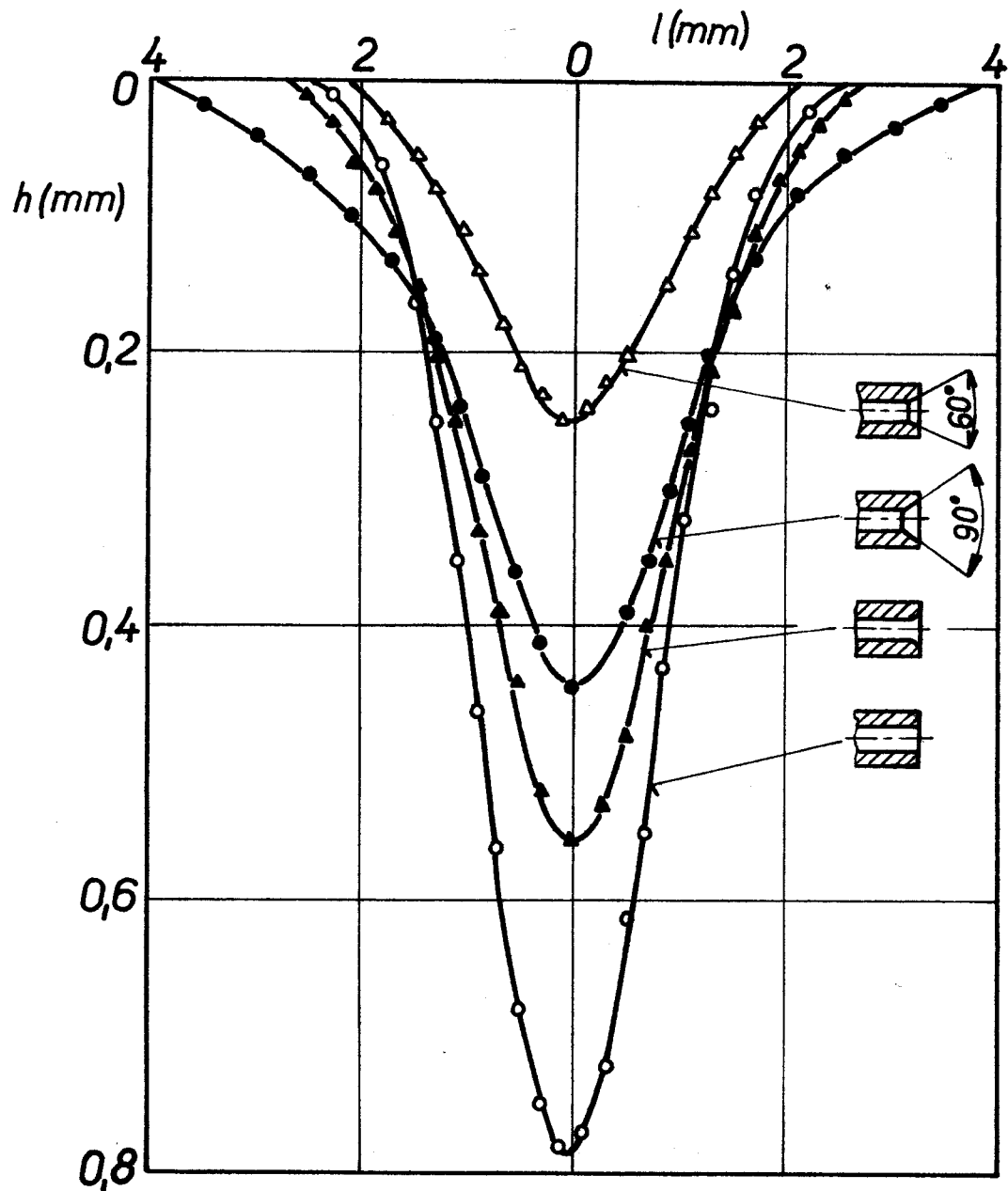
5.4.4. Úběr materiálu v závislosti na tvaru trysky

V tomto případě byla použita sada trysek průměru 1,5 mm různých tvarů. Vzdálenost trysky od skleněného vzorku, tlak nosného plynu i doba tryskání byly stejné jako v 5.4.3.

Zjištěné váhové úbytky v závislosti na tvaru trysky jsou v tab.V, profily kráterů na obr.24.

| číslo měření | tvar trysky | průměrný váhový úbytek Δm (mg) | průměrný objemový úbytek ΔV (mm ³) |
|--------------|---|--|--|
| 1 |  | 10,6 | 4,24 |
| 2 |  | 9,4 | 3,76 |
| 3 |  | 7,4 | 2,96 |
| 4 |  | 6,4 | 2,56 |

Tab.V. Váhové a objemové úbytky skla pro různé tvary trysek průměru 1,5 mm



Obr.24. Profily kráterů pro různé tvary trysek

l ... vzdálenost od středu

h ... hloubka kráteru

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.45 |

5.5. Zhodnocení výsledků

Z uvedených výsledků na obr.17 a obr.18 je vidět, že *obr. 17 a 18* úbytek materiálů v závislosti na tryskací době za uvedených tryskacích podmínek je lineární. Této příznivé závislosti se dá využít ke kvantitativnímu vyjádření úběru materiálu. Závislost se dá popsat směrnicí přímkové závislosti v grafech na obr.17 a obr.18. Kvantitativní veličinou popisující úběr materiálu P bude tedy veličina určená vztahem:

$$P = dV/dt,$$

kde V je objem a t je čas. Na základě takto zavedené míry úběru materiálů při jejich otryskávání bylo zjištěno, že nejnadhěji se opotřebuje křemen, pak sklo, zatím co plexisklo a měď se opotřebovávají mnohem pomaleji. Tyto skutečnosti lze vysvětlit mnohem větší houževnatostí mědi a plexiskla než má sklo a křemen.

Zajímavý je výsledek při měření váhových úbytků skla pro různé vzdálenosti trysky od vzorku (obr.20). S rostoucí vzdáleností trysky od vzorku dochází nejprve k růstu váhových i objemových úbytků až do vzdálenosti 15-18 mm, a pak k poklesu. Tomuto nemonotónnímu průběhu odpovídají i průběhy tvaru kráterů na obr.22, kde pro vzdálenost trysky od vzorku 15 mm je největší šířka kráteru. Šířka pole zasaženého brusivem sice se zvětšující se vzdáleností roste, ale na okrajích pole je povrch účinkem brusiva pouze matný a hloubka kráteru neměřitelná. Souvislost tvaru kráterů vzniklých abrazí brusiva a stejně tak i souvislost váhových úbytků pro různé vzdálenosti

trysky od vzorku s tvarem křivek triboluminiscenční zářivosti pro různé vzdálenosti, jsou zřejmé z obr.11. Průběh triboluminiscenční zářivosti je nemonotónní s maximem zářivosti opět pro vzdálenost trysky od vzorku 18 mm.

Z tab.IV, kde jsou vyneseny váhové a objemové úbytky skla pro různé průměry trysek plyne, že se zmenšujícím se průměrem trysky roste váhový i objemový úbytek skla. To je v souladu s rovnicí spojitosti

$$v_1 F_1 = v_2 F_2 ,$$

kde v je rychlost a F plocha. Jestliže se zmenší průměr trysky, vzroste rychlost brusných zrn, zvětší se jejich kinetická energie a proto je i větší úbytek materiálu. Stejně i hloubka kráterů roste se zmenšujícím se průměrem trysky (obr.23). Tyto výsledky odpovídají průběhu triboluminiscenční zářivosti pro různé průměry trysek na obr.15, kde triboluminiscenční zářivost roste též se zmenšujícím se průměrem trysky.

Studujeme-li váhové a objemové úbytky skla pro různé tvary trysek průměru 1,5 mm (tab.V), vidíme, že největší váhový i objemový úbytek je při použití trysky s ostrými hranami a nejmenší pro trysku se sražením hrany 30° , což je vidět též na obr.24.

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskáním prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.47 |

6. Závěr

Uvedená práce ukázala na souvislost triboluminiscenčních křivek vzniklých snímáním triboluminiscenční zářivosti brusných zrn dopadlých na skleněnou překážku s abrazivními účinky těchto zrn na povrchu skla. Z triboluminiscenčních křivek je možno usoudit na rozložení brusných zrn podle jejich kolmých složek rychlostí a stanovit optimální podmínky pro studium otryskávání materiálů.

V další práci bude třeba sledovat rychlost otryskávání s jinými mechanickými veličinami, jako je tvrdost materiálu, křehkost a jiné. Bude třeba provést další pokusy, zvláště pak na monokrystalech, aby bylo možné ověřovat mechanismus otryskávání látek.

Děkuji prof. Ing. Jaroslavu Draskému CSc za podporu a zájem, RNDr. Lubomíru Sodomkovi CSc za cenné rady a všestrannou pomoc a Aleši Kleprlíkovi za pomoc při měření a přípravě vzorků.

| | | |
|-----------------|--|----------------------|
| VŠST Liberec | Studium opracování materiálů tryskání prášků | Katedra OE |
| Fakulta strojní | | DP ST 863/71 str.48. |

7. Literatura

/1/ Sodomka, L. : Jemná mechanika a optika 8 (1963)

/2/ Sodomka, L. : Jemná mechanika a optika 9 (1964)

/3/ Sodomka, L. : Čs. čas. fyz. 18 (1968) 497

/4/ Sodomka, L. : Mechanické buzení luminescence, Sborník věd. výzk. prací, VŠST Liberec (1965)

/5/ Sodomka, L. : Patentní přihlášky č. PV 1807-71
PV 1808-71

/6/ Hellmann, B. : Čištění a úprava odlitků, Prům. vydavatelství, Praha (1952)

/7/ Kovofiniš n.p. Ledeč n. Sáz. : Tryskač k vyhlazování HYF, (Popis a návod pro obsluhu)

/8/ Jareš, V. : Ocel, SNTL Praha (1958)

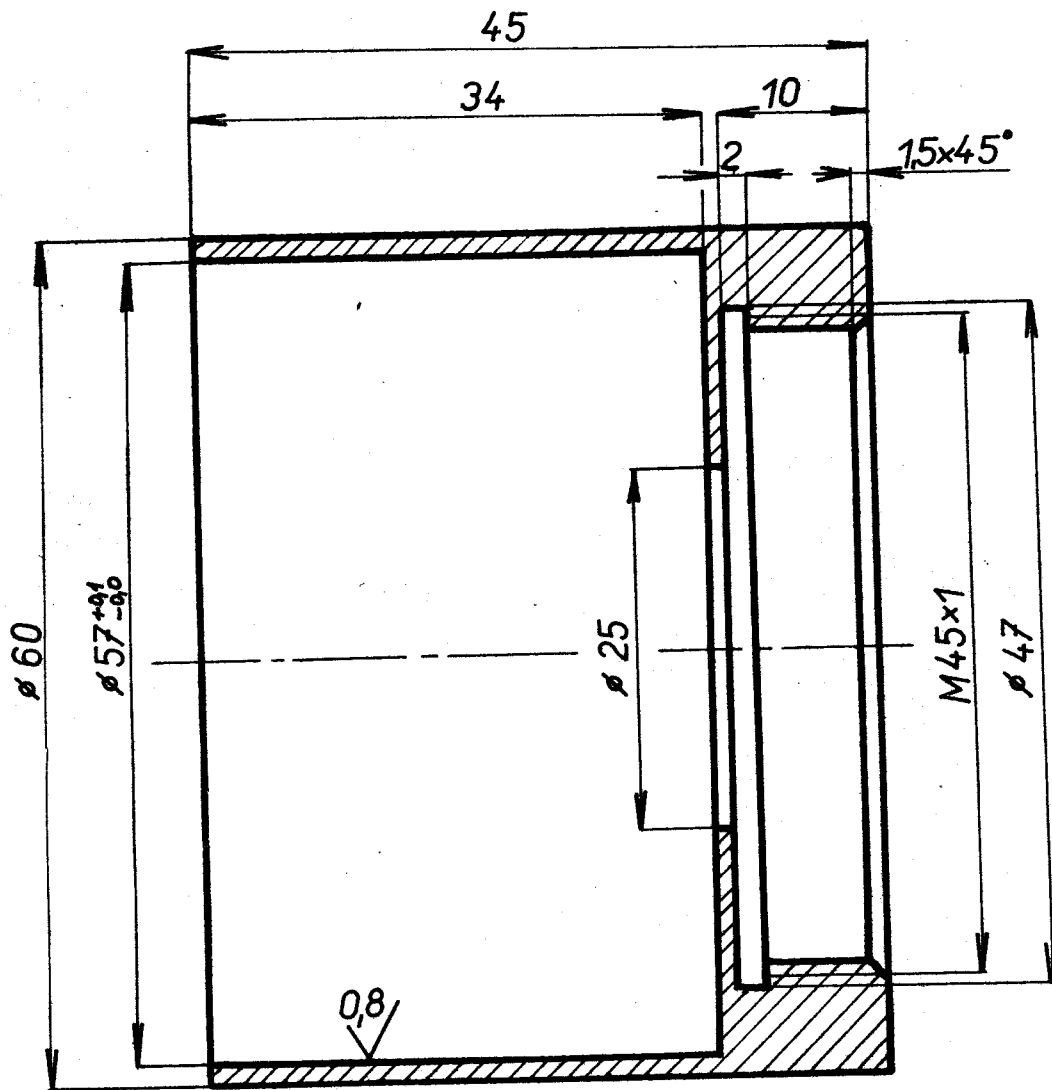
/9/ Kratochvíl, J. : Sběrka příkladů z nauky o teple I, SNTL Praha (1965)

/10/ Bartoš, J. : Strojnické tabulky, SNTL Praha (1966)

/11/ Valouch, M. : Tabulky konstant, ČSAV Praha (1958)

/12/ Vlk, M. : Obrázky v technických publikacích, SNTL Praha (1961)

3,2 (0,8/)



CHEMICKY ČERNIT

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|------------------------------|--------------|-------------------------|------------|---------|----------|---------------|------|---|---|
| № 65 - 50 | | ČSN 42 5510 | 11 500 | | | | | | | | |
| Číslo kusů | Název - Rozměr | Polotovary | Mat. konečný | Mat. výchozí | Třída odp. | Č. váha | Hr. váha | Číslo výkresu | Pos. | | |
| Poznámka | | | | Celková čistá váha v kg | | | | | | | |
| Měřítka 2:1 | Kreslil | <i>Jtob</i> | Čís. sním. | N | D | P | D | P | I | Z | X |
| | Přezkoušel | | | | | | | | | | |
| | Návrh. ref. | | Č. trans. | | | | | | | | |
| | Výr. provedl | Schválil Dne | | | | | | | | | |
| Typ | Skupina | | Stary výkres | Nový výkres | | | | | | | |
| VŠST | | Název HLAVICE TRYSKAČE | | DP ST 863/71-01 | | | | | | | |
| | | | | Počet listů | | | | | | | |
| | | | | list | | | | | | | |