

Vysoká škola: strojní a textilní
v Liberci

Fakulta: strojní

Katedra: obrábění a ekonomiky

Školní rok: 1972/73

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Václava P l n é h o

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: Abrasivita prášků karbidu křemíku při tryskání a její souvislost se základními fyzikálními vlastnostmi

Pokyny pro vypracování:

1. Opakované tryskání s SiC dané zrnitosti.
2. Otryskávání oceli práškem SiC.
3. Abrasivita v závislosti na velikosti zrna.
4. Úprava tryskacího zařízení pro stálou dodávku prášku.
5. Návrh zařízení pro tryskání prášku s nosnou kapalinou.

Autorské právo 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 STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC I STUDENTSKÁ 8

S
V 15/1973

Rozsah grafických laboratorních prací:

20 - 30 stran formátu A 4

Rozsah průvodní zprávy:

Do 40 stran

Seznam odborné literatury:

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

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

Sodomka, L.: Vědeckovýzkumná zpráva VSST Liberec 1968

Jetleb, P.: Studium otrysk. prášku. Dipl. práce 1971, VŠST Liberec

Jetleb, P., Cinková, J.: Využití triboluminiscence ... Stud. věd.
práce z 15. června 1971

Černý, V.: Brusivo a brusné nástroje. SNTL Praha 1967

Kosolopova, T. J.; Karbidy. Metalurgija Moskva 1968

Karbid kremja. Naukova dumka. Kyjev 1966

Brepta, R., Prokopec, M.: Šíření napěťových vln ... Academia Praha 1968

Vedoucí diplomové práce:

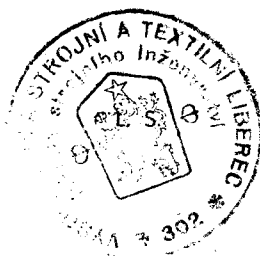
RNDr. Lubomír Sodomka, CSc

Konzultanti:

Ing. Jaromír Gazda

Datum zahájení diplomové práce: 16. 10. 1972

Datum odevzdání diplomové práce: 6. 7. 1973



Draský
Prof. Ing. Jaroslav Draský, CSc
vedoucí katedry

Kotšmíd
Prof. Ing. Dr. techn. F. Kotšmíd
děkan

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73
Fakulta strojní		OE str. 1

O b s a h

1.	Úvod	3
2.	Charakteristika eroze	5
3.	Opakované tryskání s karbidem křemíku dané zrnitosti	7
3.1.	Stanovení tryskacích podmínek	7
3.2.	Stanovení dávky	9
3.3.	Vlastní průběh zkoušky	11
3.4.	Vyhodnocení zkoušky	12
4.	Vliv druhů ocelí na erozi karbidem křemíku	26
4.1.	Přehled použitých materiálů	26
4.2.	Průběh zkoušky	27
4.3.	Vyhodnocení zkoušky	28
5.	Kapalinový tryskač	35
5.1.	Princip konstrukce	36
5.2.	Konstrukční řešení tlakové nádoby na míchá- ní pomocí piezokeramických destiček . . .	36
5.3.	Piezokeramické míchání emulze	39
5.4.	Konstrukční řešení tryskace	40
5.5.	Zhodnocení	41
6.	Abrazivita v závislosti na velikosti zrna karbidu křemíku	43
6.1.	Příprava prášku	43
6.2.	Průběh zkoušky	44

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 2

6.3.	Vyhodnocení zkoušky	44
7.	Závěr	48
8.	Literatura	49

Přílohy

Příloha 1 - graf 4

Závislost úběru Δm ocelí na množství M vytryskaného
prášku karbidu křemíku.

Příloha 2 - 17 výkresů nádoby na míchání *suspense*
pomocí piezokeramických destiček DP - 2

Příloha 3 - 6 výkresů tryskací komory DP - 3

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 3

1. Ú v o d

Mezi technologie opracování materiálů počítáme také ty, které užívají částic abrazivních materiálů různé zrnitosti. Jsou to:

- 1) Eroze, při které proud částic nesených obvykle vzduchem, nebo jiným plynným prostředím, naráží na povrch opracovávaného materiálu rychlostí určenou velikostí a směrem, vzhledem k povrchu opracovávaného materiálu.
- 2) Ultrazvukové opracovávání. Při tomto způsobu opracovávání jsou abrazivní částice smíšené s kapalinou, nejčastěji vodou, urychlovány kmitajícím zařízením. Částice pak narážejí na povrch materiálu, který opracovávají.
- 3) Abraze a broušení. Při této technice jsou částice fixovány v rovinné desce nebo kotouči, které se pohybují po povrchu opracovávaného materiálu za neustálého přitlačování vnější silou k povrchu.
- 4) Lapování a leštění. Touto technikou opracování jsou volné částice za pohybu tlačeny k opracovávanému povrchu prostřednictvím jiné plochy.

Všechny uvedené technologie, ať už je jejich definice jakákoliv, mají společné to, že při nich dochází k lokálnímu rozrušování materiálů a jedině za těchto podmínek jsou říditelné.

Eroze, která se podrobněji začala studovat od roku 1960, je z uvedených technologií fyzikálně nejpřístupnější jak k experimentování, tak i k teoretickému a

Autorská práva se řídí směnicemi MŠK pro režii
režie a režie č. 31 727/62, 31 727/62
15. srpna 1962. Všechny MŠK, 31. 8. 1962
31. 8. 1962 a 19. autorského zákona č. 115/53 Sb.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 4

a analytickému zpracování. Je také předmětem zájmu pro možnost jejího technologického využití při opracovávání tvrdých a křehkých materiálů otryskáváním nebo pískováním. Vedle toho se však setkáváme s erozí jako parazitním jevem v řadě technických problémů, z nichž je možno uvést poškozování rozvodů při pneumatickém transportu pevných látek.

U plynových a parních turbín jsou vlivem eroze poškozovány lopatky, čímž se snižuje jejich životnost. V raketových motorech poškozují eroze stěny trysek.

Z těchto důvodů se věnuje studiu eroze zvýšená pozornost.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 5

2. Charakteristiky eroze

Erozi E kvantifikujeme veličinou snadno definovatelnou a měřitelnou úbytkem hmoty Δm materiálu způsobeným jednotkovým množstvím abrazivního materiálu, takže

$$E = \Delta m / M$$

kde M je hmota částic užitých při erozi. Číselně se vyjadřuje veličinou obvykle s rozměrem (g/kg). Výhodnější je však popisovat erozi úbytkem objemu V způsobeným jednotkovým množstvím abraziva, takže

$$E = \Delta V / M = \Delta m / \rho \cdot M$$

udávané v (mm³/kg) nebo (cm³/kg).

Takto zavedená veličina je funkcí nejrůznějších vlivů, které se podílejí na mechnizmu eroze. Jsou to:

- 1) Velikost a směr rychlosti u částic dopadajících na povrch materiálu
- 2) Velikost, tvar a materiálové vlastnosti částic užitých při erozi (tvrdost, pevnost atd.)
- 3) Mechanické vlastnosti zkoušeného materiálu (pevnost, tvrdost, houževnatost, křehkost atd.)

Dá se očekávat, že eroze bude funkcí všech těchto veličin, z nichž některé samy o sobě jsou veličinami složitými, jako např. venost, tvrdost, tvar části atd.

10. 11. 1985

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 6

a analytickému zpracování. Je také předmětem zájmu pro
možnost jejího technologického využití při opracovává-
ní tvrdých a křehkých materiálů otryskáváním nebo písko-
váním. Vedle toho se však setkáváme s erozí jako parazit-
ním jevem v řadě technických problémů, z nichž je možno
uvě

Číslo 4.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	LP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 7

3. O p a k o v a n é t r y s k á n í s k a r b i - d e m k ř e m í k u d a n é z r n i t o s t i

3.1. Stanovení tryskacích podmínek

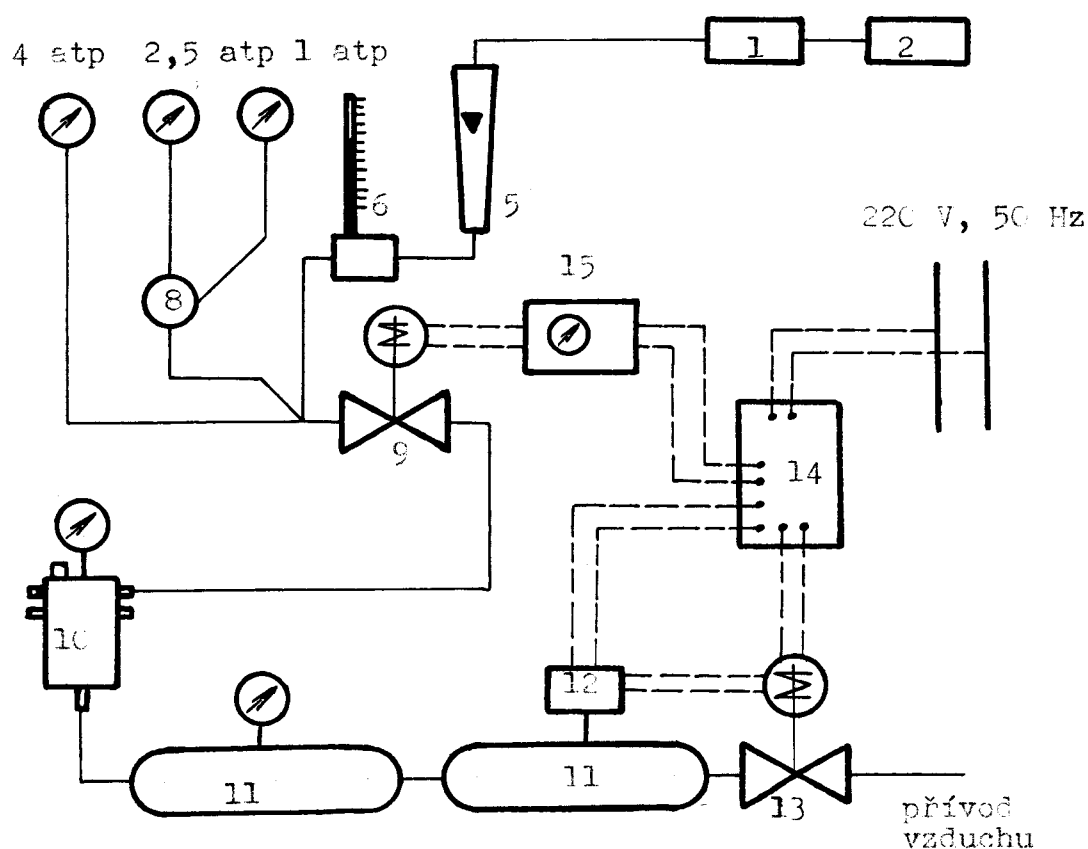
Vhodné stanovení tryskacích podmínek bylo velmi důležité, neboť zde působilo několik proměnných veličin:

- výběr tryskacího prášku
- zrnitost tryskacího prášku
- velikost tlaku nosného plynu
- vzdálenost trysky od vzorku
- průměr trysky

Zařízení, kterého jsme použili, bylo zkonstruováno v laboratořích katedry fyziky v Doubí u Liberce. Celé zařízení se skládá z tryskací komory, směšovací nádoby a měřicího panelu s rozvodem a regulací plynu. Blokové schéma celého zařízení je na obrázku 1.

Směšovací nádoba je tvořena skleněnou nádobou na obsah 100 ml a z našroubovatelného uzávěru, kam ústí vstupní a výstupní trubice. Nádoba musí být v pracovní poloze postavena tak, aby uzávěr nebyl zasypán. Vlastní směšování plynu a prášku je způsobeno rozvířením prášku vzduchem vstupujícím do nádoby. Výstupní trubicí je pak prášek unášen do tryskače.

Tryskač je tvořen kostrou. Zadní část kostry je uzavřena zašroubovatelným víčkem, kterým prochází držák trysek s tryskou. Držákem je možno posunovat ve víčku a tím se mění vzdálenost nastavení trysky od otryskávaného vzorku. Opačný konec kostry je opatřen závitem, na který



Obrázek 1 - Blokové schéma tryskacího zařízení

1 - směšovač; 2 - tryskač; 5 - rotametr; 6 - clonka s diferenčním tlakoměrem; 7 - manometry s rozsahem 4 atp, 2,5 atp, 1 atp; 8 - pětipolohový ventil; 9 - elektromagnetický ventil; 10 - ruční regulátor tlaku; 11 - zásobníky vzduchu; 12 - tlakové čidlo; 13 - elektromagnetický ventil ovládaný 12; 14 - rozvodová deska; 15 - časový spínač

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 9

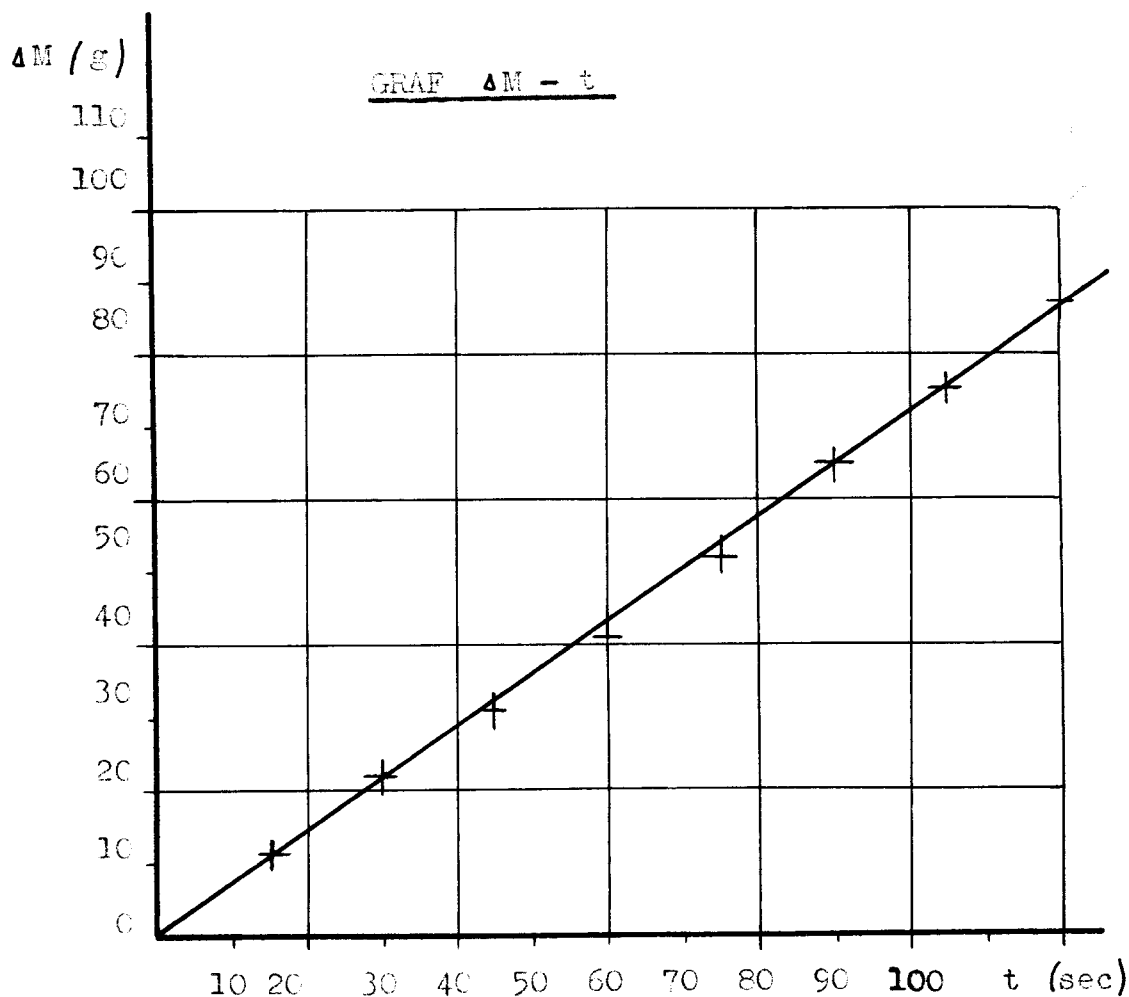
se našroubovává uzávěr, v kterém je uchycen otryskávaný vzorek. Aby nedocházelo k unikání brusiva kostrou tryskače do okolí, je celá kostra potažena plátěným krytem.

Pro přesné nastavení a kontrolu tryskacího tlaku a množství nám slouží kontrolní panel. Panel obsahuje tři kontrolní manometry s rozsahy: 0 - 4 atp, 0 - 2,5 atp, 0 - 1 atp, clonku s diferenčním vodním tlakoměrem, elektromagnetický ventil, pětipolohový rozvodový ventil, elektronický časový spínač JPF 288 3556 a rotametr. Elektronickým časovým spínačem se regulovalo sepnutí elektromagnetického ventilu a tím doba otryskávání. Pro rovnoměrnou dodávku vzduchu je zařízení doplněno dvěma tlakovými nádobami, které jsou automaticky udržovány na předem zvoleném tlaku pomocí elektrického tlakového relé, které ovládá elektromagnetický ventil na přívodu od centrálního rozvodu tlakového vzduchu. Při opakovaném tryskání karbidem křemíku jsme použili šedý prášek C 48 - zrnitost 150 (velikost zrna je v rozmezí 0,08 - 0,1 mm). Vzorek, který jsme otryskávali je z materiálu 11 423. Jedná se o kruhový výstřižek z plechu o průměru 42 mm, tloušťce 1,5 mm. Vzorek je označen 002. Pevnost materiálu $\sigma_{Pt} = 42 - 48 \text{ kp/mm}^2$, tvrdost 136 HV₁₀.

3.2. Stanovení dávky

Za pracovní tlak jsme zvolili v souladu s výsledky literatury [1] tlak $p = 1 \text{ atp}$, dále jsme stanovili, že použijeme k otryskávání trysky o vnitřním průměru $D = 1,5 \text{ mm}$

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 10



Graf 1.

Závislost úbytku prášku karbidu křemíku SiC - 150,
šedý, velikost zrn 80 - 100 mikronů, nosný tlak $p = 1$ atp,
exposice 15 sekund. Ve směšovací komoře bylo 100 gramů
prášku SiC, nádoba byla plněna na značku 60. Vzdálenost
trysky od vzorku 8 mm.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků krabidu. křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 11

se zaoblenými hranami a vzdálenost trysky od vzorku bude ve všech měřeních 8 mm. Tyto hodnoty tj. tlak 1 atp, průměr 1,5 mm a nastavení trysky od vzorku 8 mm jsou dodržovány ve všech měřeních této práce z důvodů srovnatelnosti výsledků. Pak jsme přistoupili ke stanovení

ΔM váhy vytryskávaného prášku na čase t , abychom mohli z této závislosti stanovit nejvhodnější váhu dávky. Prakticky jsme postupovali tak, že jsme směšovací nádobu naplnili na rysku se značkou 60, což odpovídalo váze prášku 100 g. Poté jsme počali tryskat v intervalech 15 vteřin. Po každém intervalu jsme zvažili směšovací komoru, kde předem známé váhy komory a obsahu jsme stanovovali úbytky prášku ΔM . Závislost ΔM - čas viz graf 1. Po úplném vytryskání prášku ze směšovače jsme jej vrátili z tryskací komory do směšovače a opět jsme v intervalech tryskali. Po pátém opakovaném tryskání jsme zjišťovali úbytek prášku, který byl zanedbatelný. Při vlastní zkoušce byl úbytek 3% původní váhy. Zjištění úbytku bylo velmi důležité z toho důvodu, že jsme během zkoušky nemohli doplňovat prášek novým, protože cílem zkoušky bylo zjistit abrazivitu prášku při opakovaném tryskání.

3.3. Vlastní průběh zkoušky

Z grafu ΔM - čas jsme si stanovili jako základní množství pro jedno opakování 60 g. Celý pokus trval tak dlouho, dokud nedošlo k vytvoření otvoru vlivem abrazivního působení brusiva na vzorek. Při zvolení velkého obsahu

VŠST Liberec	Abrativita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 12

dávky by byl malý počet opakování nežádoucích z důvodu malého množství hodnot při měření. Při velmi malém obsahu dávky by byla zkouška zbytečně zdlouhavá.

Při vlastní zkoušce jsme postupovali:

- a) Zjistili jsme si původní váhu vzorku a brusiva
- b) Během každého pátého opakovaného tryskání jsme zvážili vzorek a zkontrolovali úbytek prášku. Současně jsme odebírali malé množství brusiva, abychom pak pomocí monokulárního mikroskopu MEOPTA 111 734 mohli stanovit změny rozměrové a geometrické. Vážení vzorků jsme prováděli na analytických vahách A3/200 ČSL. PAT. OHL. 0302317. Při odběru vzorků brusiva jsme narazili na složitou problematiku výběru reprezentativního vzorku. Údaje o úbytcích jsou v tabulce 1.

3.4. Vyhodnocení zkoušky

Během zkoušky jsme uskutečnili 18 měření. To znamená, že jsme odebrali během měření 17 vzorků brusiva a 1 vzorek původního neotryskaného brusiva. Měření a odběr jsme prováděli po 0, 5, 10, 15, ... 65, 70, 80, 90 a 98 opakovaných tryskání. Při 98 opakovaném tryskání došlo k vytvoření otvoru ve vzorku vlivem abrazivního působení brusiva. V průběhu měření jsme odebrali 18 vzorků včetně jednoho neotryskaného vzorku brusiva. Všechny tyto vzorky jsme vyfotografovali pomocí mikroskopu při celkovém zvětšení mikroskopu 100 x (zvětšení okuláru

VŠST Liberec	Abrativita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DE - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 13

10x a zvětšení objektivu 10x). Zvětšení přídavného fotografického zařízení na mikroskopu bylo 1,5x. Z těchto 18ti negativů jsme vybrali 9, z kterých jsme zhotovili fotografie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Jako materiál pro negativy vylo použito desek NEGATIV - PLATTE - NO 20 - ORTOCHROMATISCH - citlivost 20 LIN. Vývojku a ustalovač jsme použili běžného typu. Doba expozice pro osvětlení negativů na mikroskopu byla 30 vteřin. Pozitivy byly zhotoveny na zvětšovacím přístroji MAGNIFAX, zvětšení bylo 3,5x. Celkové zvětšení tedy činí

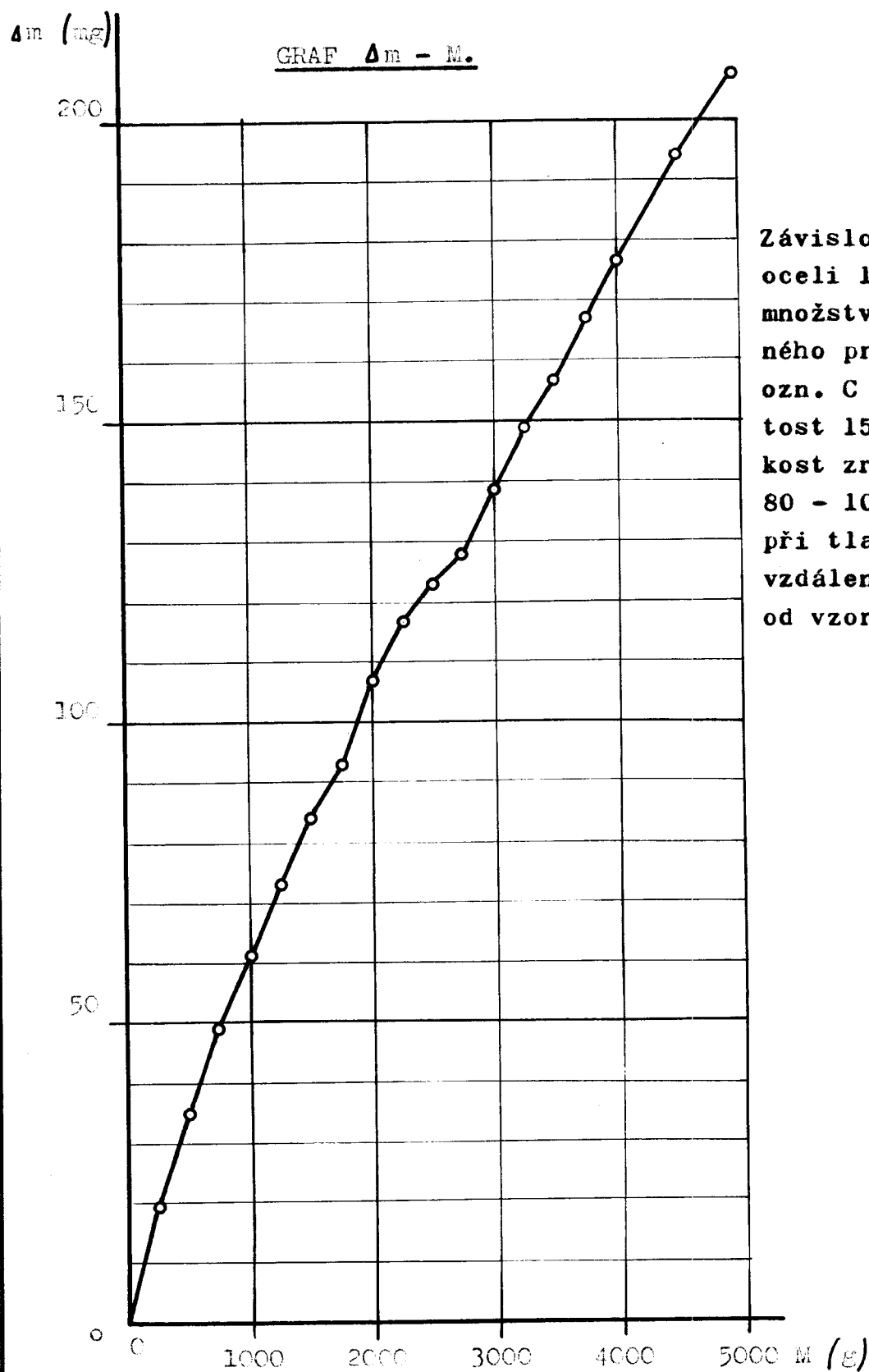
$$10 \times 10 \times 1,5 \times 3,5 = 525x.$$

Jednotlivé snímky odpovídají netryskanému brusivu, po 20tém, 30tém, 40tém, 50tém, 60tém, 70tém, 80tém, a 98tém opakovaném tryskání. Ze snímků je patrna změna tvaru a rovněž rozměrová změna. Zrna se během opakovaného tryskání zaoblují, ztrácejí ostré hrany. V brusivu přibývá úlomků, které tvoří prach. Na samotném prášku lze vizuelně pozorovat, že je špinavější, mazlavější a jemnější, což právě způsobují tyto úlomky, případně nabalení částic oceli na zrna. U některých negativů byla zrnka brusiva zcela obalena prachem. Odrolováním ostrých hran přibývá počet činných brusných částíček. Tím se vlastně kompenzuje ztráta abrazivnosti zrn. Úbytek otryskávaného materiálu je konstantní a brusivo i po četném opakování neztrácí abrazivitu. V tabulce 1 jsou váhové a objemové úbytky při jednotlivých opakování. Grafy $\Delta m - M (2)$ a $\Delta V - M (3)$ vyjadřují závislost váhového a objemového úbytku.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 14

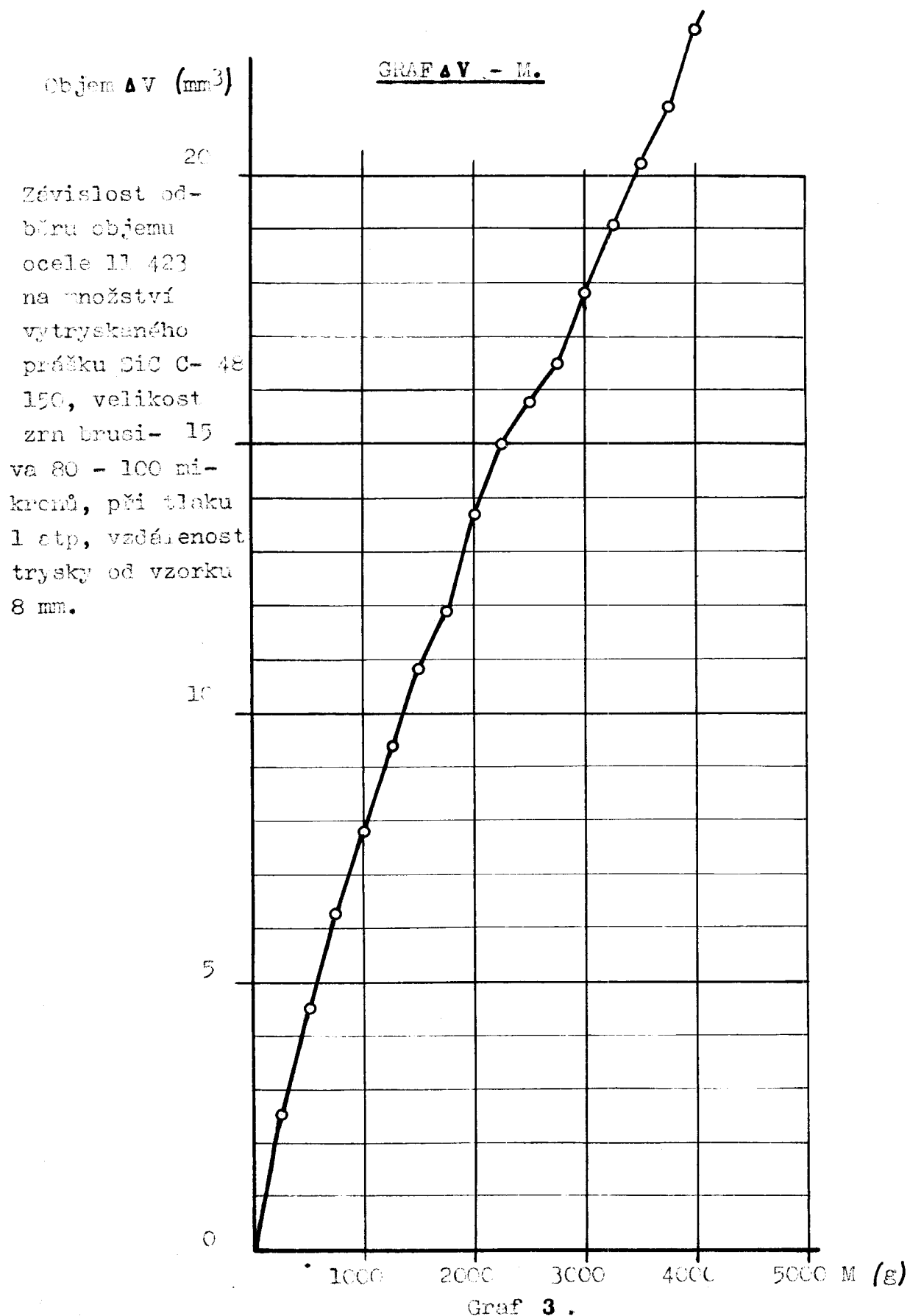
Opakované tryskání n_i	Váha vzorku m_i g	Váhový úbytek $m_i = m_0 - m_{1i}$	Objemový úbytek V mm ³	Označení fotografie
0	15, 4396	0, 0	0, 0	1
5	15, 4201	0, 0195	2, 55	2
10	15, 4044	0, 0352	4, 55	
15	15, 3908	0, 0488	6, 30	3
20	15, 3787	0, 0609	7, 85	
25	15, 3665	0, 0731	9, 40	4
30	15, 3550	0, 0846	10, 85	
35	15, 3436	0, 0960	11, 90	5
40	15, 3323	0, 1073	13, 70	
45	15, 3226	0, 1170	15, 05	6
50	15, 3165	0, 1231	15, 80	
55	15, 3115	0, 1275	16, 45	7
60	15, 3004	0, 1392	17, 85	
65	15, 2908	0, 1488	19, 10	8
70	15, 2828	0, 1568	20, 25	
75	15, 2730	0, 1666	21, 30	9
80	15, 2627	0, 1769	22, 75	
90	15, 2454	0, 1942	24, 90	
98	15, 2315	0, 2081	26, 64	

TABULKA 1 .



Závislost odběru
oceli 11 423 na
množství vytryska-
ného prášku SiC
ozn. C - 48, zrní-
tost 150 na veli-
kost zrn brusiva
80 - 100 mikronů,
při tlaku 1 atp,
vzdálenost trysky
od vzorku 8 mm.

Graf 2 .





0 20 40 60 80 100 mikronů

Fotografie 1 - neotrysaný prášek SiC

Karbid křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x

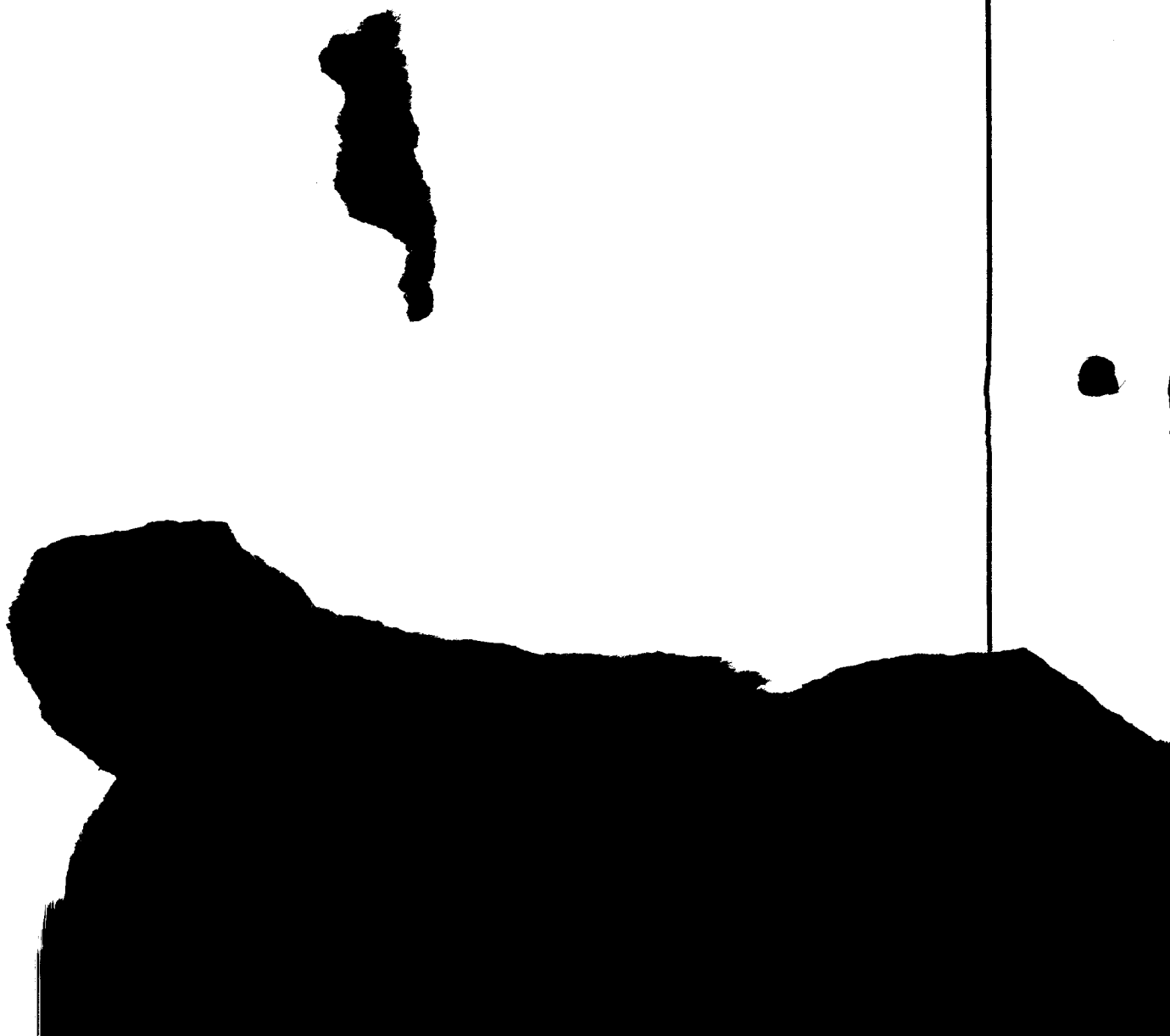
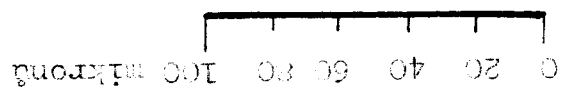
VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu	DP - ST - 985/73
--------------	---------------------------	------------------

VČST Liberec

Abrazivita prášků karbidu

DP - ST - 985/73

Fotografie 2 - prášek SiC opakované tryskán - 10 x
Karbíd křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x





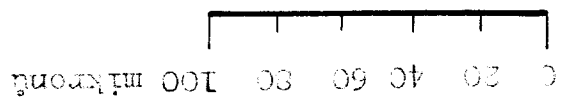
0 20 40 60 80 100 mikronů



Fotografie 3 - prášek SiC opakovaně tryskán - 20 x
Karbid křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x



Fotografie 4 - průřez SiC opakovane tryskan - 30 x
Karbíd kremíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x



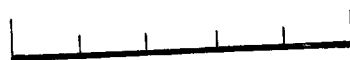


Str 21

foto zvlášť, moc
hlavě a moc křivka

Fotografie 5 - prášek SiC opakovaně tryskán - 40 x
Karbíd křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x

0 20 40 60 80 100 mikronů





VŠST Liberec	Fekukta strojní	
	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	
		D



0 20 40 60 80 100 mikronů

Fotografie 6 - prášek Sic opakovaně tryskán - 50 x
Karbid křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x

VŠT Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 23



0 20 40 60 80 100 mikronů

Fotografie 7 - prášek SiC opakovaně tryskán - 60 x
 Karbid křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
 velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 24



0 20 40 60 80 100 mikronů

Fotografie 8 - prášek SiC opakovaně tryskán - 80 x
Karbid křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x



0 20 40 60 80 100 mikronů

Fotografie 9 - prášek SiC opakovaně tryskán - 98 x
Karbid křemíku C - 48 šedý, označení zrnitosti 150,
velikost zrn 80 - 100 mikronů. Zvětšeno 525 x

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DF - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 26

4. V l i v d r u h u o c e l i n a e r o s i k a r b i d e m k ř e m í k u .

Při tomto měření bylo použito tryskací zařízení popsané v části 3. Také základní podmínky tryskání byly zachovány t.j. tlak 1 atp., tryska o průměru 1,5 mm a vzdálenost trysky od otryskávaného vzorku 8 mm. Pouze jsme otryskávali různé druhy materiálů.

Úkolem této zkoušky bylo stanovit velikost úběru materiálu lišící se svojí pevností, tvrdostí a houževnatostí. Vybrali jsme si materiály běžně užívané a materiále tepelně zpracované.

4. 1. Přehled použitých materiálů.

11 110 - $\sigma_{m, \tau} = 55 \text{ kp/mm}^2$, obrobiteľnosť veľmi dobrá. Je materiál hodící se pro rychlořezné automaty, obsah uhlíku 0,1 %. Tato ocel se běžně nazývá automátovou ocelí. Vzorek měl označení 1. Tvrdost 177 HV.

11 373 - $\sigma_{\tau, t} = 37 - 42 \text{ kp/mm}^2$, jedná se o široce používanou ocel, má dobré svařitelné vlastnosti a označení 2. Tvrdost 191 HV.

11 600 - $\sigma_{\tau, t} = 60 - 72 \text{ kp/mm}^2$, ocel se hodí na součástky vysoce namáhané. Označení 3, tvrdost 187 HV.)

12 010 - cementační ocel, obsah uhlíku 0,07 - 0,14%, manganu 0,35 - 0,65%, křemíku 0,17 - 0,37%, v žíhacím stavu je pevnost 34 kp/mm^2 , po cementování a zakalení $\sigma_{\tau, t} = 45 - 65 \text{ kp/mm}^2$. Označení nezakaleného vzorku 4, označení zakaleného vzorku

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 27

12 060 - ocel hodná ke zušlechtění, obsah uhlíku 0,52 - 0,60%, v zušlechtěném stavu je pevnost 70 - 85 kp/mm². Tvrdost nezušlechtěné oceli 211 HV, označení 5, v zušlechtěném stavu, tvrdost 545 HV, označení 5".

14 420 - jedná se o ocel nitridační, v zušlechtěném stavu je $\sigma_{p,t} = 110 \text{ kp/mm}^2$, tvrdost nezušlechtěné oceli je 163 HV, označení 6, v zušlechtěném stavu 786 HV, označení 6".

15 260 - chromvanadová ocel k zušlechťování, obsah uhlíku 0,47 - 0,55 %, chrom = 0,9 - 1,2%; vanad = 0,1 - 0,2 %. V zušlechtěném stavu $\sigma_{p,t} = 90 - 105 \text{ kp/mm}^2$. V nezušlechtěném stavu tvrdost 184, označení 7 a v zušlechtěném stavu tvrdost 668 HV, označení 7".

17 241 - jedná se o ocel ohnivzdornou, maximální obsah uhlíku 0,12%, manganu = 2%, chromu = 17 - 20%, niklu = 8 - 11%. $\sigma_{p,t} = 50 \text{ kp/mm}^2$. Tvrdost 198 HV, označení 8.

Poznámka:

Měření tvrdosti bylo provedeno podle normy ČSN 42 1374, zatížení bylo 30 kg.

4. 2. Průběh zkoušky:

Pro otryskávání jsme použili prášek karbidu křemíku C - 48 /šedý/ označení zrnitosti 150 (velikost zrna 80 - 100 mikronů). K měření jsme měli k dispozici celkem 12 druhů

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 28

vzorků. Z toho 4 vzorky materiálu 11 110, 11 373, 11 600 a 17 241 nebyly tepelně zpracovány. Vzorky z oceli 12 010, 12 060, 14 420 a 15 260 byly jak v původním nezpracovaném stavu, tak i v zušlechtěném stavu. U všech vzorků jsme měřili jejich tvrdost. K tomu jsme použili Vickersův tvrdoměr HP0 250 (výrobce VEB-Werkstoffprüfmaschinen - Leipzig) a původní váhu na analytických vahách A 3/200 ČSL.PAT. OHL - 0302317 viz tabulka 2.

Jednotlivé vzorky jsme opakovaně otryskávali v dávkách 60 g. Pak po každém pátém, desátém, patnáctém, dvacátém, dvacátémpátém a třicátém opakovaném tryskání jsme vzorky vážili. Údaje jsou v tabulce 2.

4. 3. Vyhodnocení:

Z hodnot tabulky 2 jsme sestrojili graf 4, viz příloha 1. Z grafu je vidět, že největší úbytky měla automatová ocel 11 110, která svým chemickým složením je přizpůsobena pro obrábění na automatech. Ocel obsahuje zvýšené procento síry, která způsobuje, že ocel je křehčí. Toto nám potvrzuje závěry z literatury 2, kde největší úbytky mělo sklo, pak plexisklo a nejmenší měděný plech. U ostatních vzorků klesal úbytek současně se zvyšující se pevností materiálu. U některých vzorků, které byly tepelně zpracovány, byl úbytek větší oproti tepelně nezpracovaným. U oceli 15 260, 12 060 to bylo však opačně. I to souvisí s tím, že vlivem tepelného zpracování se nezvyšuje pevnost, tvrdost, křehkost u všech ocelí stejně.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 29

Na grafu 5 je závislost $\Delta m/M$ - tvrdost v HV při $M = 900$ g. Z něho je vidět, že není možné z provedených měření určit zákonitost, která by se dala vyjádřit analyticky.

Je třeba doporučit pro další měření na oceli k přihlédnutí jiných mechanických vlastností jako je vrubová houževnatost atd.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 30

Materiál 11 110			Materiál 11 373		
označení 1 tvrdost 177 HV			označení 2 tvrdost 191 HV		
Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)	Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)
0	44, 0333	0, 0	0	44, 1299	0, 0
5	44, 0136	0, 0197	5	44, 1135	0, 0164
10	43, 9976	0, 0357	10	44, 0986	0, 0313
15	43, 9793	0, 0547	15	44, 0824	0, 0474
20	43, 9598	0, 0747	20	44, 0672	0, 0626
25	43, 9417	0, 0920	25	44, 0527	0, 0771
30	43, 9225	0, 1112	30	44, 0385	0, 0912

Materiál 11 600			Materiál 12 010		
označení 3 tvrdost 187 HV			označení 4 tvrdost 246 HV		
Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)	Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)
0	44, 7823	0, 0	0	45, 1802	0, 0
5	44, 7702	0, 0121	5	45, 1683	0, 0119
10	44, 7577	0, 0246	10	45, 1570	0, 0232
15	44, 7454	0, 0369	15	45, 1452	0, 0350
20	44, 7336	0, 0487	20	45, 1357	0, 0445
25	44, 7216	0, 0607	25	45, 1247	0, 0555
30	44, 7104	0, 0719	30	45, 1146	0, 0656

Tabulka 2

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 31

Materiál 12 010 kalený			Materiál 12 060		
označení 4' tvrdost 836HV			označení 5 tvrdost 211HV		
Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)	Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)
0	44, 0510	0, 0	0	45, 3090	0, 0
5	44, 0358	0, 0152	5	45, 3016	0, 0080
10	44, 0219	0, 0291	10	45, 2927	0, 0169
15	44, 0078	0, 0432	15	45, 2842	0, 0254
20	43, 9927	0, 0582	20	45, 2749	0, 0347
25	43, 9784	0, 0725	25	45, 2668	0, 0428
30	43, 9648	0, 0862	30	45, 2586	0, 0510

Materiál 12 060 kalený			Materiál 14 420		
označení 5' tvrdost 544 HV			označení 6 tvrdost 163 HV		
Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)	Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)
0	44, 5635	0, 0	0	44, 2725	0, 0
5	44, 5572	0, 0063	5	44, 2644	0, 0081
10	44, 5500	0, 0135	10	44, 2551	0, 0174
15	44, 5419	0, 0216	15	44, 2453	0, 0272
20	44, 5341	0, 0294	20	44, 2366	0, 0359
25	44, 5238	0, 0397	25	44, 2275	0, 0450
30	44, 5172	0, 0463	30	44, 2180	0, 0545

Tabulka 2

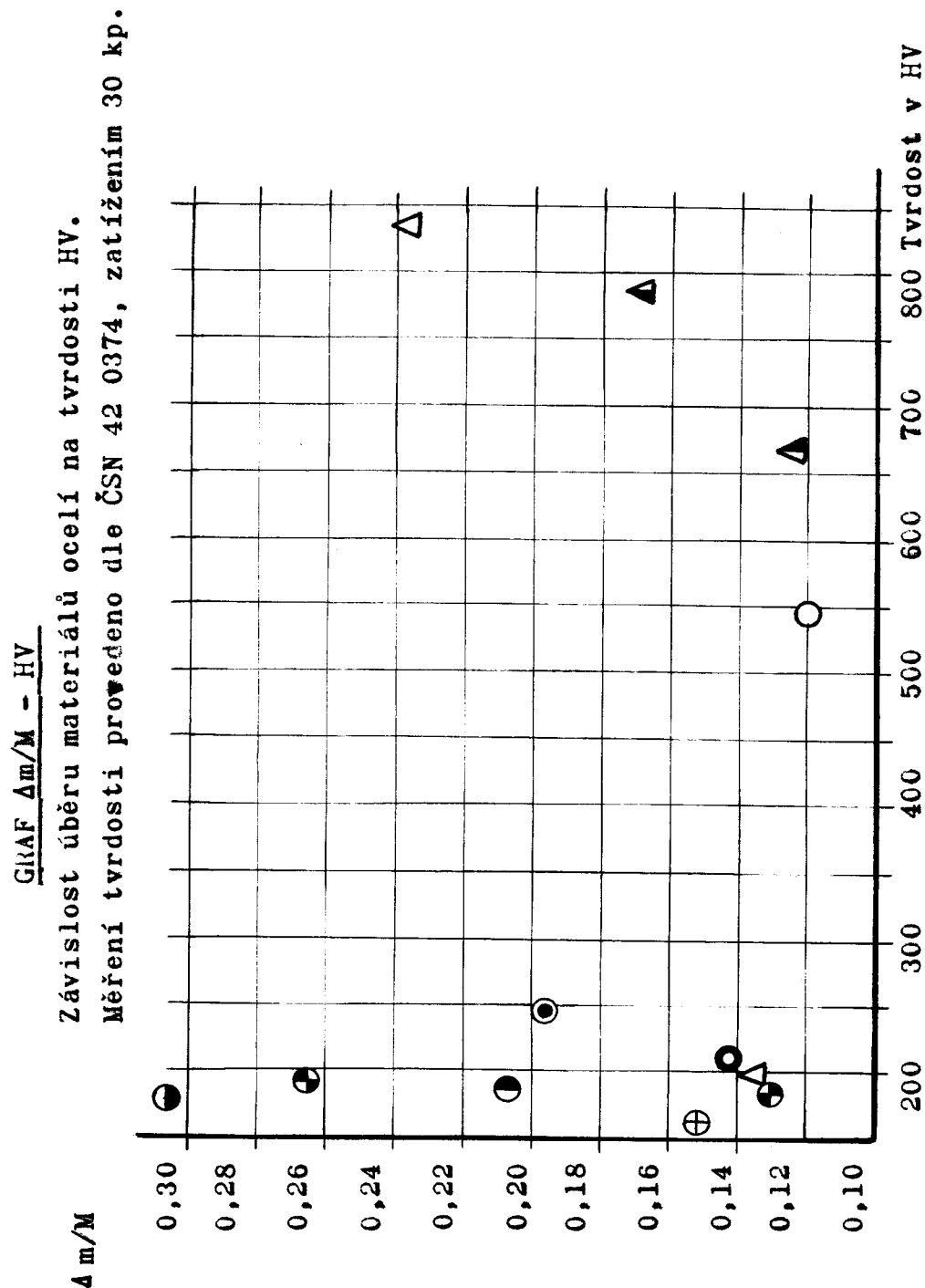
VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. vyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 32

Materiál 14 420 kalený			Materiál 15 260		
označení 6' tvrdost 786 HV			označení 7 tvrdost 184 HV		
Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)	Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)
0	44, 0146	0, 0	0	45, 1014	0, 0
5	44, 0041	0, 0105	5	45, 0943	0, 0071
10	43, 9944	0, 0202	10	45, 0854	0, 0160
15	43, 9836	0, 0310	15	45, 0780	0, 0234
20	43, 9724	0, 0422	20	45, 0696	0, 0318
25	43, 9632	0, 0514	25	45, 0624	0, 0390
30	43, 9523	0, 0623	30	45, 0544	0, 0470

Materiál 15 260 kalený			Materiál 17 241		
označení 7' tvrdost 668 HV			označení 8 tvrdost 198 HV		
Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)	Opak. tryská- ní n_i	Váha vzorku m_i (g)	Váhový úbytek $\Delta m_i = m_0 - m_i$ (g)
0	44, 3753	0, 0	0	46, 6530	0, 0
5	44, 3676	0, 0077	5	46, 6452	0, 0080
10	44, 3602	0, 0151	10	46, 6365	0, 0167
15	44, 3522	0, 0232	15	46, 6281	0, 0251
20	44, 3439	0, 0315	20	46, 6203	0, 0329
25	44, 3361	0, 0393	25	46, 6115	0, 0417
30	44, 3296	0, 0458	30	46, 6032	0, 0500

Tabulka 2

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 33



GRAF 5

Autorské právo se řídí směnicemi MŠK (19) a (20) a
zákonem o autorském právu č. 121/1962 Sb., o právu
autorském a o právu souvisejícím s ním, ve znění
zákonu č. 121/1962 Sb. a zákona č. 115/1992 Sb.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 34

Vysvětlivky ke grafu č. 5

	-	ocel 11 110	
	-	ocel 11 600	
	-	ocel 11 373	
	-	ocel 14 420	
	-	ocel 15 260	
	-	ocel 12 060	kalená
	-	ocel 12 010	
	-	ocel 12 060	
	-	ocel 17 241	
	-	ocel 15 260	kalená
	-	ocel 14 420	kalená
	-	ocel 12 010	kalená

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 35

5. Návrh kapalinového tryskače

Při studiu erozivních vlastností materiálů a prášků se nejčastěji používá tryskací techniky. Nosným prostředím abrazivních prášků bývá obvykle plyn, nejčastěji vzduch. Mají-li se dostat abrazivní prášky do nepřetržité cirkulace, vyžaduje to dosti náročné zařízení. Při provozu jsou navíc i potíže s utěsněním obvodu a prostředí je prašné.

Obtížné je i určovat rychlost proudících částic abraziva v plynném prostředí, která není stejná jako je rychlost vzduchu.

Tyto technické potíže se dají částečně odstranit užitím kapalného nosného prostředí pro abrazivum. Je-li nosným prostředím kapalina, mohou jejím vhodným výběrem přistoupit ještě k erozivním účinkům abraziva i chemické účinky kapaliny. Vznikne tedy při užití kapalného nosného prostředí nová problematika, která nebyla dosud řešena v takovém rozsahu jako eroze při otryskávání s plynným nosným prostředím. Kromě erozivních vlastností suspense prášků v kapalném nosném prostředí je možné řešit touto technikou i erozivní vlastnosti samotných kapalin a řadu zcela nových otázek mechanismu elektrochemických jevů na povrchu látek.

Proto jsme přistoupili ke konstrukci tryskacího zařízení k použití pro studium eroze jak samostatných kapalin, tak i erozivních kapalných suspensí. Míchání suspensí je řešeno užitím piezokeramických elementů.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 36

5.1. Princip konstrukce

Celá konstrukce míchače je řešena tak, že se vlastně jedná o tlakovou nádobu napojenou na tryskač. Uvnitř nádoby je umístěna vibrační deska, pomocí níž je uskutečněno míchání. Jelikož se bude vždy míchat abrazivní suspenze, nebylo by vhodné uskutečnit míchání pomocí pohybujících se částí, jako jsou lopatky atd., protože by brusivo velmi rychle opotřebovávalo pohybující se části.

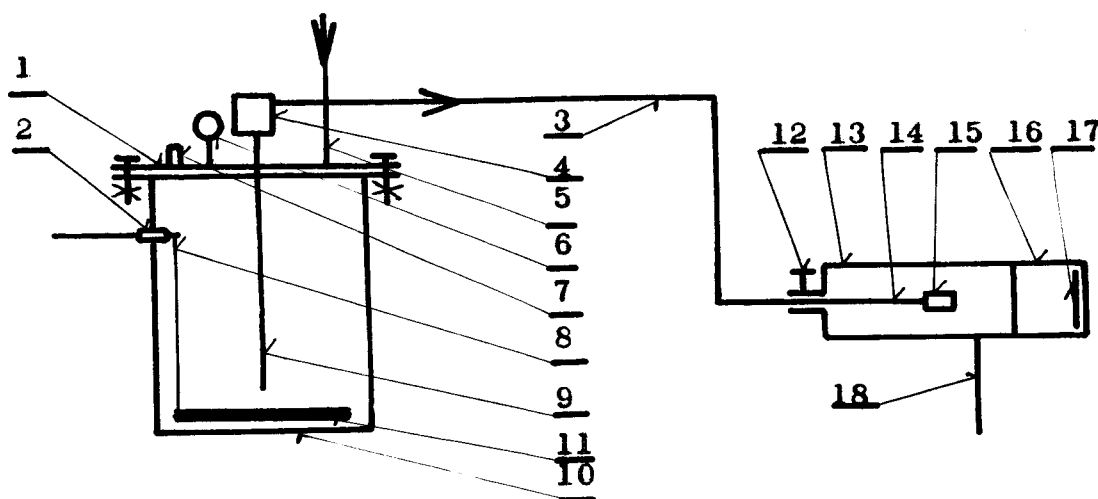
Při hledání vhodného způsobu míchání se proto využilo známého efektu piezokeramických materiálů, kde vlivem měnící se polarizace se piezokeramický materiál stlačuje a roztahuje. Při dostatečně vysoké frekvenci elektrického proudu se materiál rozkmitá a tím i své okolí. V našem případě jsme použili čtyři kruhové piezokeramické destičky. Aby nedošlo k izolaci kmitání destiček, je vnitřek vibrační desky zalit olejem. Tím se odstraní vzduch či vzduchové bubliny, které by nám nejvíce snižovaly účinnost kmitání.

Na víku nádoby je umístěn přívod vzduchu, kontrolní manometr, odvod suspenze je proveden hadicí do tryskače. Princip celé konstrukce je na obr. 2.

5.2. Konstrukční řešení tlakové nádoby na míchání pomocí piezokeramických destiček

Tlaková nádoba na piezokeramické míchání se skládá z vlastní tlakové nádoby a vibrační desky. Nádoba je zhotovena na obsah zhruba 10 litrů o jmenovité světlosti $D = 150 \text{ mm}$ a tloušťce stěny $T = 5 \text{ mm}$. Po stranách válce

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 37



1 - víko tlakové nádoby, 2 - průchodka, 3 - hadice,
4 - koleno, 5 - přívod vzduchu od kompresoru, 6 - kontrolní manometr, 7 - nalévací otvor, 8 - vodič, 9 - odvodní trubka, 10 - tlaková nádoba, 11 - vibrační deska, 12 - aretační šroub, 13 - tryskací komora, 14 - nosič trysek, 15 - výměnné trysky, 16 - víčko, 17 - otryskávaný vzorek, 18 - držák tryskače.

jsou umístěny dva průzory, které jsou k sobě natočeny o devadesát stupňů. Toto umístění je záměrně voleno z několika důvodů:

- vlastní funkce ke kontrole obsahu nádoby
- ke sledování procesu míchání, jedním průzorem budeme osvětlovat obsah a druhým se sleduje proces míchání.

Pootočení o devadesát stupňů je voleno z toho důvodu, aby nedocházelo k oslňování pozorovatele u druhého prů-

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 38

zoru. Takto konstruované průzory mají také tu výhodu, že nebude obtížné čišťení nádoby při výměně suspense.

U dna tlakové nádoby je umístěna zátka, která nám má umožnit lepší čišťení.

Na víku míchače jsou umístěny:

- kontrolní manometr na tlak 0 - 6 atp
- nalévací otvor je tvořen přivařenou přírubou a slepou maticí
- vstup tlakového vzduchu od kompresoru
- odvod míchané suspense do tryskací komory, která byla konkrétně k tomuto účelu konstruována.

Vlastní vstup do odváděcí trubky je umístěn 20 mm nad vibrační deskou, která je umístěna na dně tlakové nádoby. Tím je vyloučeno nabírání usazeného brusiva.

U odváděcího potrubí bylo přihlédnuto k nebezpečí, že u kolena bude docházet k silné mechanické erozi. Jelikož trubka je poměrně slabá - 1 mm - došlo by poměrně v krátkém čase k její poruše. Proto bylo zhotoveno speciální koleno, které má zesílené stěny.

Asi 30 mm pod přírubou nádoby je umístěna silonová průchodka, jíž vede vodič na jehož konec je přichycen kabel. Celý spoj musí být dokonale izolován. Druhý konec kabelu je přiletován k elektrickému rozvodu na vibrační desce. Opět místo vstupu vodiče do desky musí být dokonale utěsněno, aby nedocházelo k pronikání emulze do vnitřku vibrační desky. Bližší popis vibrační desky je v následující kapitole. Podrobný výkres tlakové nádoby je v příloze 2.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 39

5.3. Piezokeramické míchání emulze

Vlastní míchání je uskutečněno kmitáním desky. Toto kmitání je umožněno kmitáním čtyř piezokeramických destiček. Jedná se o typ PKM 30, což je tuhý roztok typu $\text{PbZrO}_3 - \text{PbTiO}_3$ (roztok zirkoničitanu a titaničitanu olovnatého), výrobcem je Tesla n.p. Hradec Králové. Průměr destiček $D = 30 \text{ mm}$, tloušťka $t = 3 \text{ mm}$. Hodnoty napájecího generátoru jsou $0 - 1 \text{ kV}$ a 1 kHz .

Tyto čtyři destičky jsou zasazeny ve vyfrézovaném osazení základní izolační desky o tloušťce 10 mm , kde je současně umístěn i elektrický rozvod. Tento rozvod je zhotoven ze dvou výstřižků plechu. Jeden výstřižek je umístěn pod piezokeramickými destičkami, současně svým profilováním přitlačuje destičky na horní výstřižek, který je svým výstupkem (jazýčkem) připojen ke kabelu. Spodní výstřižek má dva jazýčky přečnívající ven z desky vibrátoru a dotýkající se stěny válce. Tím je uskutečněn elektrický obvod. Spodní výstřižek má podobu kříže, horní je čtvercový.

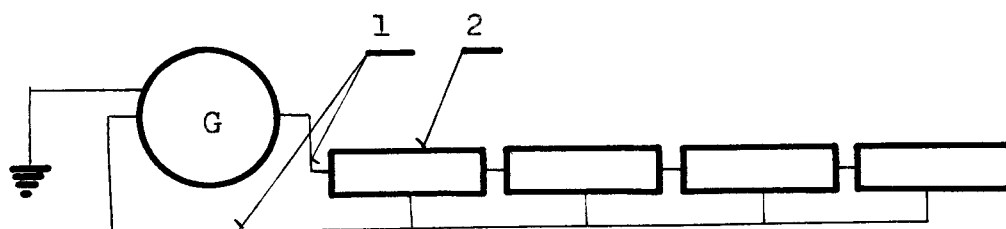
Materiál základní desky, tak i přitlačné, je z plexiskla.

Celý vnitřek musí být dokonale zalit olejem, aby nedocházelo k tlumení kmitání vzduchem či vzduchovými bublinami.

Přitlačná deska o síle 1 mm je uzpůsobena pro průchod kabelu. Spoj mezi základní deskou a přitlačnou deskou musí být dokonale nepropustný, aby nedocházelo k pronikání suspense dovnitř a tím k vytíkáni oleje do suspense. Celá vibrační deska je umístěna na dně nádoby a současně je

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 40

zde upevněna pomocí dvou šroubů a pružinek. Tím je za-
mezeno jakémukoliv posunu desky po dně. Princip elektric-
kého zapojení viz obr. 3.



Obrázek 3.

G - generátor, G - 1 kV, 1 kHz; 1 - vodiče;

2 - piezokeramické destičky;

5.4. Konstrukční řešení tryskače

Celý tryskač se skládá z tryskací komory (pozice 1),
na kterou je našroubováno víko tryskače (pozice 2). Na
dně víka je umístěn vzorek, který chceme tryskávat. Vzo-
rek může být jak kruhového, tak i čtvercového tvaru.
Maximální průměr či uhlopříčka je 44 mm. Ve dně víka je
otvor o průměru 32 mm. Na protilehlé straně víka t. zn.
na dně komory, je otvor, kterým prochází nosič výměnných
trysek (pozice 5). Na něj se našroubovává sada 12 výměn-
ných trysek lišících se od sebe různými tvary výstupu.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 41

Výměnné trysky byly navrženy v literatuře (2). Na vnější straně dna komory je aretační šroub (pozice 6), jímž se zajišťuje vzdálenost trysky od otryskávaného vzorku. Na povrchu nosiče je vyryta milimetrová stupnice o rozsahu 0 - 40 mm, pro rychlejší a přesnější nastavení.

Na válcové stěně komory je otvor, jímž se odvádí tryskací prášek i sespense. Na plášti komory je připáje-na matice (pozice 3) v níž je zašroubován držák tryskače (pozice 4), který je uchycen na pohybujících se sáních nasazených v rybinovitém vedení.

Pracovní poloha tryskače je volena tak, aby podélná osa tryskače byla horizontálou. Tryskač slouží nejen k práci s kapalnými suspensemi, ale i k otryskávání samotným brusným práškem.

Poznámka: Popsané pozice 2 - 6 jsou v příloze ozn.3.

5.5. Zhodnocení

Při konstrukci zařízení na míchání suspense pomocí piezokeramických destiček bylo přihlédnuto k maximální jednoduchosti a levnosti.

Při vlastní konstrukci se vycházelo z několika návrhů. Původně namísto dvou průzorů se uvažovalo o hladinoměru. Od tohoto návrhu jsme upustili, protože nesplňoval určité požadavky obsluhy zařízení na dokonalé čištění. Při tomto návrhu bylo pozorování uskutečněno pomocí kulatého průzoru umístěného na víku a přímého osvětlení vnitřku. Toto řešení nám neumožňovalo pozorovat mechanismus míchání v celém průřezu nádoby, pouze na hladině.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 42

Dalším návrhem bylo, že se uvažovalo o přímém styku piezokeramických destiček se suspensí, která by byla současně elektrolytem.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	LP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 43

6. A b r a z i v i t a v z á v i s l o s t i n a v e l i k o s t i z r n a

Při stanovování abrazivity v závislosti na velikosti zrn brusiva jsme již použili novou tryskací komoru viz příloha 2, která byla konstruována v části 4. I když komora byla konstruována pro kapalinné nosné prostředí, je ji také možno použít k tryskání v plynném nosném prostředí. Komora byla pouze doplněna pro odsávání prášku vysavačem ETA.

6.1. Příprava prášku

Základní podmínky měření, to znamená tlak 1 atp, směšovací komora, otryskávaný materiál části 3, tryska a vzdálenost trysky od vzorku byly shodné jako v části 3. U tohoto měření bylo velmi důležité mít k dispozici prášky karbidu křemíku v přesně stanovených mezích zrnitosti. Konkrétně se jednalo o prášek C-48 /šedý/. Vlastní třídění jsme prováděli na laboratorní prosívačce a použili síta výrobce STAV ZVIČÍN provoz Ivančice u Brna. Prášek jsme prosívali na zrnitost označení 100 (velikost zrna 0,125 - 0,160 mm), označení 120 (velikost zrna 0,1 - 0,125 mm), označení 150 (velikost zrna 0,080 - 0,100 mm), označení 200 (velikost zrna 0,080 - 0,063 mm) a menší 280 (velikost zrna menší nežli 0,050 mm). Každý prášek jednotlivé zrnitosti jsme potřebovali minimálně 250g.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 44

6.2. Průběh zkoušky

Pro pět druhů brusného prášku jsme potřebovali 5 zkušebních vzorků. Materiály vzorků musely být shodné a shodovaly se s materiálem v části 3. Označení jednotlivých vzorků bylo 2, 3, 4, 5, 6. U těchto vzorků jsme stanovili původní váhu m_0 na analytických vahách A 3/200 ČSL PAT. OHL. 030 2317. Každý vzorek byl otryskáván. Pak jsme stanovili jednotlivé úbytky v závislosti na zrnitosti brusiva. Hodnoty o úbytcích a časech jsou v tabulce 3. Hodnoty z tabulky 3 nám byly jako podklady pro Δm - zrnitost graf 6 a Δt - zrnitost graf 7.

6.3. Vyhodnocení zkoušky

Při stanovení abrazivity na velikosti zrna brusiva jsme poprvé mohli vyzkoušet nově konstruovanou tryskací komoru. Tato komora nám dovolila použít daleko větší dávky, v krajním případě neomezenou dávku, protože se vytryskaný prášek může plynule vyssávat z tryskací komory. Kdežto u staré tryskací komory byla dávka omezena kapacitou tryskače. Tryskač se musel také vždy demontovat. Tím jsme současně podstatně zrychlili průběhy zkoušek.

Z úběru materiálu Δm na zrnitosti viz graf 6 je vidět, že u velmi jemných zrnitostí menších 50 mikronů jsou úbytky velmi malé. Ale již od zrnitosti 50 - 80 mikronů dochází k daleko intenzivnějšímu úbytku. U hrubších zrnitostí nad 80 mikronů již nedochází ke zvyšování abraze, úbytek se ustaluje.

U časové závislosti otryskávání vzorků přesně stanoveným množstvím brusného prášku na velikosti zrn to-

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 45

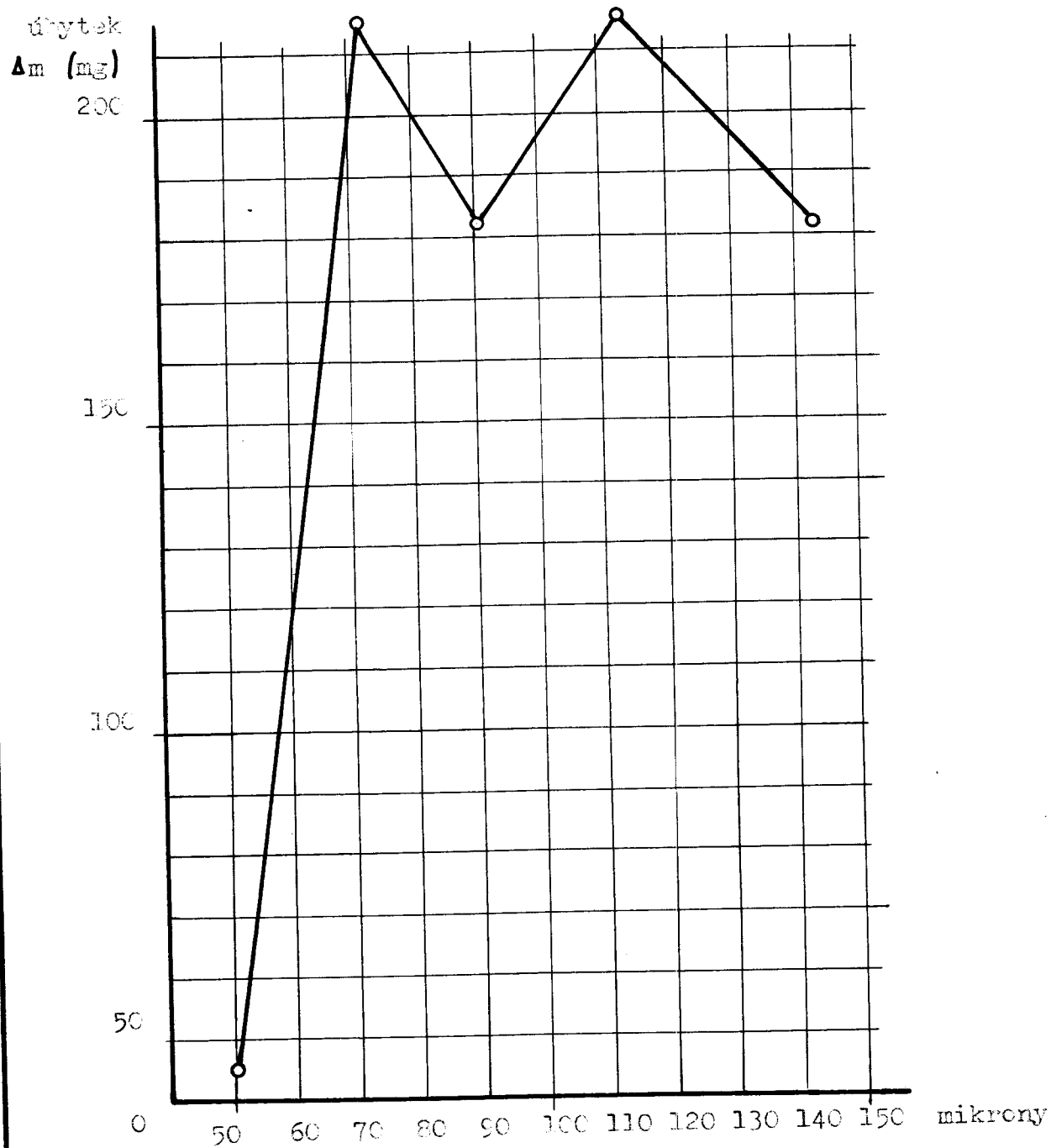
hoto abraziva viz graf 7, je výrazné časové minimum při zrnitosti 70 mikronů. U velmi jemných zrn je značně delší doba vytryskávání nežli u hrubších zrn. Tento průběh je pravděpodobně způsoběn aerodynamickými vlivy při vytryskávání.

Pro zpřesnění výsledků závislosti Δm - zrnitost a čas - zrnitost by bylo vhodnější, aby se zkoušky

Označe- ní bru- siva	Zrnitost mikrony	Ozna- čení vzorku	Původní váha vz. m. (g)	Váha po otryskání m (g)	Váhový úbytek Δm (g)	Čas
100	125 - 160	5	14, 7035	14, 6853	0, 0182	6'59"
120	100 - 125	2	13, 3038	13, 2832	0, 0205	6'35"
150	80 - 100	3	14, 6980	14, 6798	0, 0182	6'28"
200	63 - 80	4	13, 2312	13, 2097	0, 0215	6'16"
menší 280	menší 50	6	13, 3101	13, 3056	0, 0045	7'15"

Tabulka 3.

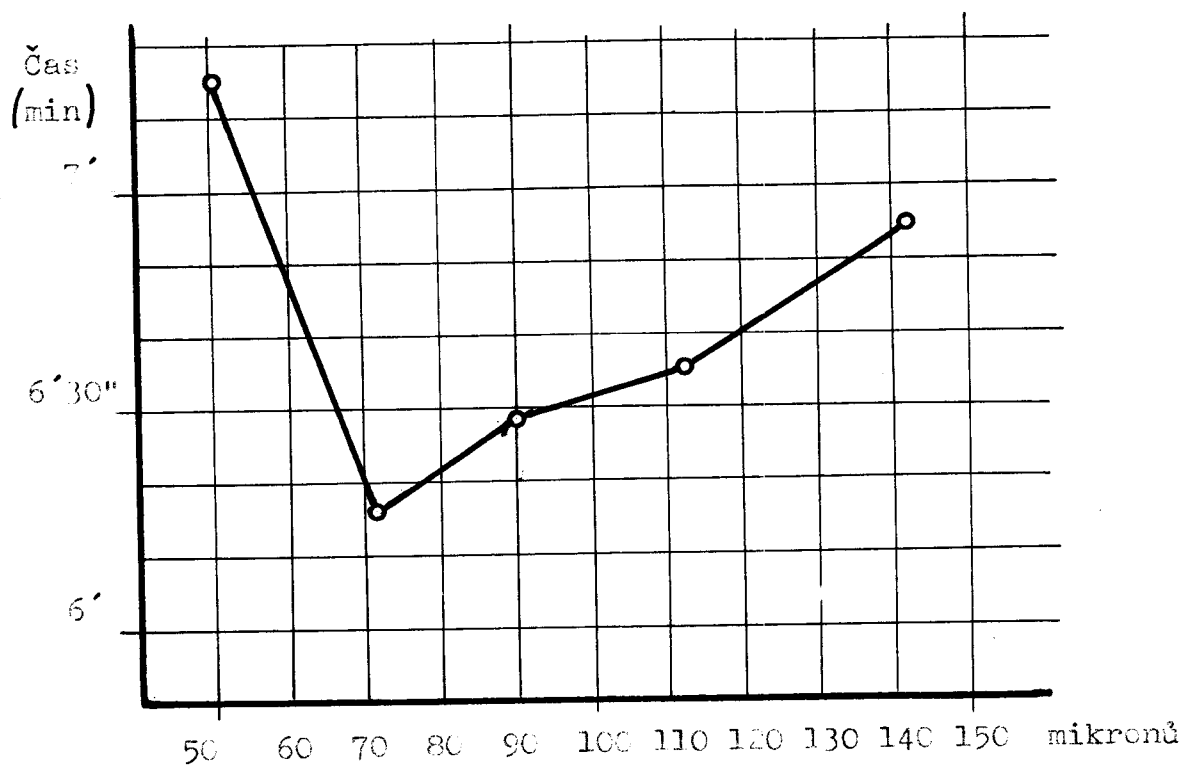
provedly četněji a na více druzích materiálů. Přesto průběhy těchto závislostí se shodují s průběhy uváděnými v literatuře 1.

GRAF Δ_m - zrnitost.

Graf 6 .

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 47

GRAF 7 - zrnitost.



Graf 7.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 48

7. Z á v ě r

Z uvedených výsledků viz graf 2,3 je vidět, že výhové nebo objemové úbytky oceli jsou při velkém počtu opakování tryskání práškem karbidu křemíku konstantní. To má ten význam, že v praxi při pracích, kde se bude používat tryskání těchto prášků, bude možno využívat tento prášek ve značné míře.

Při stanovení abrazivity jednotlivých druhů oceli není možné jednoznačně stanovit, která ocel bude mít větší nebo menší abrazi. Z grafu viz příloha 1 je vidět, že tato závislost závisí na mnoha činitelích a my zatím nemůžeme rozhodnout, které mají hlavní vliv. Proto doporučujeme v dalších pracích sledovat tuto problematiku podrobněji. Například velikost abraze v závislosti na velikosti vrubové houževnatosti ocelí. Také bude třeba stanovit nejvhodnější postup při výběru reprezentativních vzorků prášku z většího množství.

Z grafu 7 je vidět, že je pravděpodobně závislý čas potřebný k vytryskávání daného objemu prášku na aerodynamických činitelích při tryskání. Současně i velikost zrn ovlivňuje velikost abraze, viz graf 6.

V konstrukční části této práce jsme navrhli tryskač, který umožňuje tryskání v kapalném prostředí. Současně v této části byla navržena a zhotovena nová tryskací komora, která je vhodná jak pro plynné, tak i kapalně prostředí. Bylo velkou výhodou, že jsme měli možnost tuto komoru v průběhu této práce vyzkoušet.

VŠST Liberec	Abrazivita prášků karbidu křemíku a jejich souvislost se zákl. fyz. vlastnostmi	DP - ST - 985/73	
Fakulta strojní		OE	str. 49

Tato komora ve všech případech předčila starou tryskací komoru. Dovolila nám tryskat neomezeně dlouhou dávku, prostředí bylo méně prašné.,Současně svojí jednoduchostí obsluhy umožnila značně zkrátit vedlejší časy obsluhy, což má velký význam při větších počtech opakování.

Na závěr této diplomové práce bych chtěl poděkovat prof. Ing. Jaroslavu Draskému CSc za podporu a zájem, dále RNDr. Lubomíru Sodomkovi za cenné rady a všestrannou pomoc a Aleši Kleprlíkovi za pomoc při měřeních a přípravě vzorků. Zároveň bych chtěl poděkovat kolektivu vývojových dílen za včasné dodání našich zakázek.

8. L i t e r a t u r a

1. Sodomka, L.: Eroze materiálu proudem částic: připraveno k publikaci
2. Jetteb, P.: Diplomová práce. VŠST Liberec 1971
3. Jetteb, P.; Cinková, J.: Využití triboluminiscence ... studentská vědecká práce
4. Černý, V.: Brusivo a brusné nástroje. SNTL Praha 1967
5. Kosopolopova, T.J.: Karbidy. Metalurgija Moskva 1968
6. Karbid Kremja. Naukova dumka. Kyjev 1966
7. Plný, V., Brunner, J.: Kapalinový tryskač. Studentská vědecká práce duben 1973 VŠST Liberec