

Vysoká škola: strojní a textilní
Fakulta: strojní

Katedra: materiálu a tváření
Školní rok: 1962/63

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. A d á m k a Jiřího
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 thematu: Jakost povrchu a rozměrová přesnost přesných odlitků ze slitin hliníku vyrobených metodou odlévání do keramických skořepin a metodou tlakového lití.

- Pokyny pro vypracování:
- 1) Stručný rozbor technologických postupů výroby odlitků oběma metodami, podrobněji rozveďte technologii v závodě Mikrotečna Uherské Hradiště, specifikujte výrobní problémy a vývoj.
 - 2) Shrňte poznatky o kritériích volby technologie podle požadovaných vlastností, přesnosti a jakosti povrchu odlitků, sledujte tento problém během svých měření a pokuste se o zhodnocení dosavadní praxe.
 - 3) Sledujte metody měření rozměrové přesnosti, směrnice pro konstrukci forem pro výrobu voskových modelů i pro konstrukci forem pro tlakové lití, dále postupy závodních kontrol včetně přejímacích předpisů.
 - 4) Zhodnoťte výsledky svých měření v závodě (vztah rozměrů formy, modelů a odlitků) u obou technologií a porovnejte s příslušnými rozměrovými normami.
 - 5) Prostudujte metody měření drsnosti odlitků v jednotlivých fázích výroby a proveďte a zhodnoťte příslušná vlastní měření - vztah jakosti povrchu formy a surového i zpracovaného odlitku.
 - 6) Proveďte kritické zhodnocení obou sledovaných technologií, hlavně s ohledem na dodržování rozměrové přesnosti a dosažovanou jakost povrchu a dále s ohledem na výrobní náklady se pokuste stanovit hospodárny počet kusů pro každou technologii.

V46/19635

Rozsah grafických laboratorních prací: těžiště v laboratorní práci

Rozsah průvodní zprávy: 50 - 60 stran včetně tabulek a diagramů

Seznam odborné literatury:

Doškář: Přesné lití do keramických forem.

Brabenec: Příručka pro slévače.

Ozerov: Lití po vyplavljajemym modeljam.

Škleník - Ozerov: dtto (Mašgiz 1961)

Guljaev: Točnost odlivok.

Kurčman: Točnoje lití.

Mlčoch: Měřidla a měření ve strojárnách.

Schlesinger: Jakost povrchu.

Golovin: Osobyje vidy lití.

Sebl: Lití kovů pod tlakem.

Sebl: Formy pro lití kovů pod tlakem.

Časopisy: Slévárství, Litejnoje proizvodstvo.

Referáty z konference o přesném lití z Gottwaldova a Uherského
Brodu.

Vedoucí diplomní práce: Prof. Ing. Bohumil O d s t r ě ě l

Konstanti: Ing. Jan Š i r l

Datum zahájení diplomní práce: 10. června 1963

Datum odevzdání diplomní práce: 20. července 1963

L. S.



Vedoucí katedry

Děkan

Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Doc. Ing. Jiří M a y e r

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63		DP — STR. 20. ČERVENCE 1963 Jiří Adámek
Autorské právo se řídí směrnicí MŠK podle závěrečné zprávy č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962 MŠK v Praze ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb. Jakost povrchu a rozměrová přesnost přesných odlitek ze slitin hliníku vyrobených metodou odlévání do keramických skořepin a metodou tlako- vého lití.		

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 1.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek
<u>O b s a h :</u>		str.
1.	Úvod.	4.
2.	Technologický postup výroby odlitků metodou vytavitelného modelu.	6.
2.1.	Princip a význam metody.	6.
2.2.	Formy na vytavitelné modely.	7.
2.3.	Výroba matečného modelu.	7.
2.4.	Výroba forem.	8.
2.5.	Materiály pro výrobu modelů.	8.
2.6.	Používané modelové směsi a jejich příprava.	10.
2.7.	Regenerace modelových směsí.	11.
2.8.	Výroba vytavitelných modelů.	11.
2.9.	Sestavování modelů.	12.
2.10.	Úprava povrchu modelů k formování.	13.
2.11.	Výroba formovacích směsí.	14.
2.12.	Příprava keramické krycí vrstvy.	15.
2.13.	Nanášení keramické krycí vrstvy na lící útvary.	15.
2.14.	Vytavování vosku.	16.
2.15.	Zaformování.	16.
2.16.	Vypalování forem.	17.
2.17.	Tavení materiálu, odlévání a chlazení forem.	17.
2.18.	Zbavování odlitků keramického obalu.	18.
2.19.	Oddělování odlitků od vtokové soustavy.	19.
2.20.	Konečná úprava odlitků.	19.
2.21.	Kontrola výroby a odlitků.	19.
2.22.	Přejímací podmínky.	20.
2.23.	Vzorový technologický postup.	22.
3.	Technologie lití kovů pod tlakem.	23.
3.1.	Princip a význam metody.	23.
3.2.	Formy.	24.
3.2.1.	Konstrukce forem.	24.

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 2.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek
		str.
3.2.2. Vyhazování odlitků z forem.		25.
3.2.3. Odvzdušnění forem.		25.
3.2.4. Tepelná rovnováha forem a jejich chlazení.		26.
3.2.5. Určení rozměrů pracovní dutiny formy.		26.
3.2.6. Výroba forem, normalizace, typizace, skupinová výroba forem podle Mitrofanova.		27.
3.2.7. Tepelné zpracování.		28.
3.3. Stroje pro tlakové lití - rozdělení.		28.
3.4. Stroje s teplou komorou.		29.
3.5. Stroje se studenou komorou vertikální.		29.
3.6. Stroje se studenou komorou horizontální.		30.
3.7. Dávkování materiálu do licího stroje.		31.
3.8. Tavení a udržování slitin na tavicí teplotě.		31.
3.9. Udržování forem.		32.
3.10. Nastavení optimálních pracovních podmínek.		33.
3.11. Přejímací předpisy.		33.
3.12. Výrobní postup.		34.
4.1. Rozměrová přesnost odlitků, vyrobených metodou odlévání do keramických skořepin a metodou tlakového lití.		35.
4.2. Metody a sledování rozměrové přesnosti v n.p. Mikrotechna.		37.
4.3. Vlastní zkoušky rozměrové přesnosti.		37.
4.4. Výsledky měření.		38.
4.5. Statistické vyhodnocení měření.		78.
4.6. Návrh na provozní aplikaci získaných údajů.		81.
5. Posouzení vlastností odlitků, odlévaných oběma metodami.		96.
5.1. Posouzení podle hustoty odlitků.		96.
5.1.1. Hustota a metody jejího zjištění.		96.
5.1.2. Určení hustoty odlitku nepřímou metodou.		96.
5.1.3. Hustota odlitku, litého do keram. forem.		97.
5.1.4. Hustota odlitku, odlévaného metodou lití kovu pod tlakem.		97.

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 3.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek
		str.
5.1.5. Zhodnocení měření.		98.
5.2. Posouzení vlastností odlitků podle makro a mikrovýbrusů.		98.
5.2.1. Příprava výbrusů.		98.
5.2.2. Makro a mikrovýbrusy odlitků vyrobených litím do keram. forem a tlak. litím.		98.
5.2.3. Seznam fotografií.		103.
5.2.4. Vyhodnocení makro a mikrovýbrusů.		103.
6. Jakost povrchu odlitků, vyrobených litím do keram. forem a tlakovým litím.		105.
6.1. Metody měření drsnosti povrchu.		105.
6.2. Vlastní zkoušky měření drsnosti povrchu.		105.
7. Volba technologie podle požadovaných vlastností, přesnosti a jakosti povrchu.		108.
8. Stanovení hospodárního počtu kusů pro technologii lití kovu do keram. forem a tlakového lití.		109.
9. Závěr.		112.
Seznam použité literatury.		113.

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 4.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

1. Ú v o d .

Při dobudování socialismu je nutné zvyšovat výrobnost ve všech odvětvích národního hospodářství. Klíčové postavení zde má strojírenství, které dodává stroje a zařízení pro všechna ostatní odvětví národního hospodářství a tak bezprostředně ovlivňuje jejich rozvoj.

Stoupající požadavky na produktivitu a kvalitu výroby vyžadují, aby všechny součásti strojů a různých zařízení byly vyrobeny předepsanou jakostí v předepsaných tvarech a rozměrech. Při tom všem je nutno prosazovat ve výrobě hospodárnost, bojovat za úspory paliv, energie, surovin a materiálů. Proto soudobé slévárenství hledá cesty, aby pomohlo omezit třískové obrábění, které splňuje podmínky přesnosti, tvarové dokonalosti a jakosti povrchu, ale které zároveň zvyšuje pracnost a výrobní náklady. Rovněž řeší otázku výroby součástí z materiálů nesnadno zpracovatelných třískovým obráběním.

Mezi novými výrobními postupy zaujímá důležité místo výroba přesných odlitků metodami lití kovu pod tlakem a lití do keramických forem. Proto pro jejich rozšíření ve slévárenství je nutné vědět o nynějších a konečných možnostech využití těchto způsobů výroby přesných odlitků. Jedná se hlavně o jejich rozměrovou přesnost a jakost povrchu. Ovšem současný stav technologií v těchto otázkách není zvláště uspokojivý, protože je založen na často nepřesných empirických zákonech a zkušenostech.

Úkolem mého diplomního zadání bylo zjistit rozměrovou přesnost a jakost povrchu odlitků ze slitin hliníku, vyrobených metodou lití do keram. forem a metodou tlakového lití. K tomu nutná měření a zkoušky jsem prováděl v n.p. Mikrotechna

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 5.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

v Uherském Hradišti a na katedře materiálu a tvářec-
ní VŠST Liberec.

Za pomoc při provádění zkoušek a měření bych
chtěl poděkovat kolektivu slévárny v n.p. Mikro-
techna v čele s inž. Angrem. Dále bych chtěl podě-
kovat za rady při vyhodnocování svých výsledků mě-
ření odbornému asistentovi inž. Exnerovi a asistentu
inž. Širlovi.

V Liberci, dne 20. července 1963.

Jiří Adámek

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 6. 20. ČERVENCE 1963 Jiří Adámek
2. Technologický postup výroby odlitků metodou vytavitelného modelu. 2.1. Princip a význam metody. Přesné lití vytavitelným modelem je starý slévárenský způsob, používaný moderní technikou. V současné době nabývá velkého rozmachu, způsobeného většími nároky na rozměrovou přesnost a jakost povrchu. Velmi zkráceně podaný postup při výrobě odlitků touto metodou, je následující: Modely s vtokovou soustavou, vyrobené ze snadno tavitelných materiálů se obalí několika vrstvami, nebo zalijí v rámech, samovolně tuhnoucí keramickou směsí. Po vysušení se model vytaví a vznikne keramická forma, do níž po zasypání křemenným pískem v krabici se naleje tekoucí kov. Velkou předností této metody je lití kovů a slitin do nedělených forem s velmi hladkým povrchem, což má vliv na přesnost výrobku. Použitím horkých forem, jejichž vysoká teplota zvyšuje zabíhavost odlévaného kovu, umožňuje výrobu drobných tenkostěnných a dutých odlitků. Ani tvarově složité dutiny neznamenaají ztížení výroby, neboť se snadno vytvoří na vytavitelném modelu jádru, u kterých výroba obráběním není složitá, protože jde o vnější tvary. S výhodou této metody se používá pro výrobky ze spec. slitin, které se obráběním nedají opracovat. U drahých slitin se přesným předlitím tvaru s malými přídávky na opracování ušetří značné množství slitinových materiálů. Metoda vytavitelného modelu je poměrně nákladný výrobní proces. Je to i přesto, že řadou výzkumných prací se odstraňují z výroby drahé modelní materiály, používá se suchých a sypkých vyplňovacích směsí a byly upřesněny podmínky, za kterých		

probíhá hydrolyza etylsilikátu. Uplatnění této metody je jen u součástí, které lze vyrobit jinými způsoby jen s vysokými výrobními náklady. Proto je možné ji ekonomicky využít jen při větší výrobní serii.

V této práci bude popsána jenom technologie přesného lití metodou vytavitelného modelu, používaná v n.p. Mikrotechna Uherské Hradiště, protože v rozsahu práce není možné postihnout celý současný stav metody.

2.2. Formy na vytavitelné modely.

Zhotovení forem pro výrobu voskových modelů je důležitým stadiem procesu přesného lití. Volba druhu formy se řídí podle množství, přesností a tvarové náročnosti odlitku.

Na formu klademe tyto požadavky:

Musí být velmi pečlivá úprava vnitřní pracovní plochy formy, jednoduché složení formy, zajištěno snadné vyjímání modelu z formy, a dále zajištěn správný způsob odlévání modelní směsi, trvanlivost formy a její spolehlivost v provozu.

Na formy používáme materiálů kovových (ocel, nízkotavitelné slitiny) a nekovových (umělé hmoty, sádra). Většinou se používá forem kovových pro jejich dobrou přesnost, jakost povrchu a trvanlivost.

Výroba forem se provádí: 1, mech.opracováním,
2, odléváním,
3, komb. způsobem,
4, galvanoplasticky,

2.3. Výroba matečného modelu.

Matečný model se vyrábí podle techn. výkresu dané součásti, který je doplněn o přídavky na smrštění a opracování, dělicí roviny, umístění vtokové soustavy atd.

Přesnost rozměrů matečných modelů musí být o 2 stupně lic. soustavy ISA vyšší než požadovaná přesnost odlitků. Také drsnost povrchu opracovaných ploch obráběním je poloviční než u výkresu odlitku a navíc se tyto plochy leští. Ale při leštění nesmí být porušen geometrický tvar. Nejlepší vlastnosti pro výrobu matečného modelu má ocel ČSN 11.600, která se nejméně deformuje nízkotavitelnými slitinami.

2.4. Výroba forem.

Způsob výroby forem je určen materiálem, ze kterého se bude forma vyrábět. Ocelové formy z jednoho kusu nebo s hrubě předlitým tvarem se vyrábějí běžným třískovým obráběním. Tato výroba je nákladná a vyžaduje mnoho času. Výhodou je jejich velká životnost (asi 200.000 modelů). Jejich použití je výhodné pro velké serie a velkou požadovanou přesnost. Formy z nízkotavitelných slitin s ocelovým pláštěm se vyrábějí zaléváním matečného modelu slitinou. Po odlití se dutina formy a dělicí rovina doleští a dělicí plochy se licují. Výrobní náklady jsou nižší, ale životnost je mnohem menší.

2.5. Materiály pro výrobu modelů.

Jako modelových hmot se používá voskových směsí, zmrzlé rtuti, nízkotavitelných slitin, polystyrenu, anorg. i org. sloučenin. Nejvhodnější jsou voskové modelové směsi, protože nejlépe reprodukuji podrobnosti kovových forem. Modely z plast.hmot mají několik nevýhod. Předně mají dosti vysokou teplotu tání, některé složité

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 9
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

tvary, z nich nejde vůbec vyrobit a při jejich odstraňování se úplně vypálí, takže oproti voskové směsi se nazpět do výroby nevracejí.

Vosky jsou chemickým složením estery vyšších mastných kyselin s vyššími mastnými alkoholy. Jsou jednak přírodní - produkty živočišné nebo rostlinné (např. včelí vosk), ale i uhlovodíkové, směsi parafinických a isoparafinických uhlovodíků - parafín, ceresín.

Pro voskové modelové hmoty používáme těchto surovin:

Parafín - minerální vosk, bílé nebo nazelenalé barvy, výrobek z nafty. Chem. složením je směs parafinických sloučenin. Má nízký bod skápnutí, malé smrštění, vyhovující tvrdost, nízkou stabilitu a pevnost.

Ceresín - bílé až žlutohnědé barvy. Je měkčí než parafín a má větší smrštění.

Stearín - produkt vzniklý štěpením živočišných tuků, v podstatě kyselina stearová. Zvyšuje pevnost voskových směsí, značně prodlužuje interval tuhnutí.

Montanní vosk - vzniká extrakcí hnědého uhlí. Chem. složením v podstatě kys. montanní s obsahem pryskyřice.

Včelí vosk - živočišný produkt barvy světložluté, je měkký, velmi tvárný.

Syntetické tvrdé vosky - nahražka přírodních tvrdých vosků. Výhodou je jejich stále chem. složení a čistota směsí. Jsou to estery vyšších mastných kyselin s vyššími mastnými alkoholy.

Modelové materiály musí mít výhodné vlastnosti jako:

- 1, malé smrštění a nízkou tep. roztažnost,
- 2, malou objemovou změnu při táhnutí,
- 3, minimální lepivost na stěny forem,
- 4, dostatečnou tvrdost, pevnost, stabilitu,
- 5, nesmí korodovat formu,
- 6, nesmí zanechávat po vytavení žádný zbytek v keram. formě,
- 7, nesmí být porušována obalovými hmotami,
- 8, má být částečně regenerovatelná,
- 9, má být vyrobena z tuzem. surovin a levná,

Jednotlivé suroviny pro voskové modely nemají všechny výhodné vlastnosti, proto se dělají jejich složité směsi. Podle způsobu výroby voskových modelů můžeme rozdělit modelní směsi na:

- a, měkkí voskové směsi pro grav. lití,
- b, měkkí voskové směsi zpěněné vzduchem pro výrobu tlakem,
- c, tvrdší voskové směsi pro vstřikové lití,

2.6. Používané modelové směsi a jejich příprava.

a, měkké voskové modelové směsi.

Měkké voskové směsi jsou v podstatě směsi parafínu, stearínu a ceresínu. V n.p.

Mikrotechna se používá směsi o složení:

50 % parafín

35 % stearín

15 % ceresín

Příprava směsi: odvážené suroviny se taví v kotli z nerezavějící oceli, nebo ve vhodné smaltované nádobě s míchadlem na olejové lázni s automatickou regulací teploty při maximální teplotě 110° C. Nejdříve se roztaví parafín při 70 - 80° C, po jeho rozpuštění se přidá stearín (90 - 100°)

a nakonec ceresín. Roztavená hmota se zahřívá tak dlouho, až se odpaří veškerá voda. Pak se nechá v klidu aby se nech. nečistoty usadily na dno. Nevýhodou směsi je velké smrštění. Pro snížení smrštění se směs v pastovacím lisu promíchá se vzduchem, čímž se vytvoří mazlavá modelová směs. Ta má proti normální směsi několik výhod:

- 1, má lepší molekulární soudržnost, která omezuje prudký rozstřík na dně formy při odstříknutí
- 2, odstříknutí se děje pod tlakem 1 - 1,5 atp., tím se dosáhne stlačení jemně rozptýleného vzduchu ve vosku a po vyjmutí z formy tento vzduch způsobuje snížení smrštění
- 3, vstřík. teplota mazlavé směsi je o něco málo větší než teplota tuhnutí a tím se sníží interval tuhnutí.

b, Modelové směsi na bázi polystyrenu:
V n.p. Mikrotechna se používá složení:

- 50 % kalafuny
- 30 % parafínu
- 20 % polystyrenu

Tato směs má poměrně vysokou pevnost, modely mají dobrou kvalitu povrchu, mají vysoký bod měknutí a vysokou rozměrovou stabilitu. Mezi jejich nevýhody patří malá tekutost, což má za následek vysoké lisovací tlaky a změny při přechodu z tuhého do tekutého stavu a tím i praskání skořepin při vytavování směsi.

2.7. Regenerace modelových směsí.

Výhodou voskových modelových směsí je znovupoužití již použité směsi. Protože obsahují několik procent vody, je nutné je upravit.

Vosky se zahřejí několik hodin při teplotě 110°C tak dlouho, až se veškerá voda vypaří. Pak se k směsi přidá 20 % nové voskové směsi. Závod si provádí regeneraci sám a pouze ve větším množství se použitá směs zasílá do n.p. Svit v Otrokovicích.

2.8. Výroba vytavitelných modelů.

Zhotovení voskových modelů je jednou z nejdůležitějších operací. Na ní ve velké míře závisí přesnost a čistota povrchu odlitku. Mazlavá modelová směs se prozatím připravovala ručně mícháním voskových směsí se vzduchem. Nyní se zavádí do provozu pastovací stroj, který sám směs připraví a tlačí ji do formy. V podstatě jde o dvě nádoby, z nichž v jedné se vosková směs taví a v druhé se ochlazuje na teplotu $42 - 44^{\circ}\text{C}$ a mísí se se vzduchem. Z této nádoby se pak tlačí do formy.

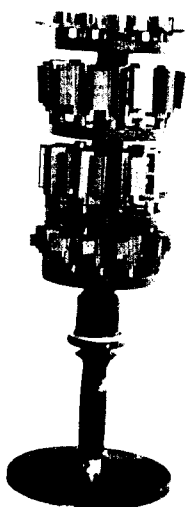
Pracovní postup při ručním plnění:

Nejdříve se očištěná stl. vzduchem forma mírně nahřeje, rozevře a pracovní část se potřе dělicím prostředkem. Forma se složí, vtokovou nálevkou se naplní směsí a zatíží se závažím a vtlačíme modelovou směs do dutiny formy. Naplněná forma se nechá pod tlakem do ztuhnutí modelové směsi. Po ztuhnutí se model opatrně vytáhne a očistí od přetoků, vzniklých netěsností dělicích ploch formy.

2.9. Sestavování modelů.

Pod tím rozumíme vhodné připojení modelů na vtokovou soustavu. Velké odlitky se zpravidla odlévají jednotlivě. Modely drobných součástí,

které se vyrábějí jednotlivě, ve skupinách, nebo v celých etážích se sestavují k hromadnému odlití co největšího počtu kusů najednou do stromečku. (obr. č. 1)



obr.č. 1

Tvar stromečku závisí na druhu materiálu a jeho metalurg. vlastnostech, obalování, vytavování, plnění formy tekutým kovem.

Jednotlivé díly vtok. soustavy se zhotoví odlitím vosku do vtokových a nálitkových formiček. Do kuželové vtokové nálevky zalijeme pro lepší manipulaci se stromečkem trubku $\varnothing 16$ mm a necháme ji vyčnívat pro uchycení. Nyní následuje vlastní připevnění modelů na vtokovou soustavu.

- Děje se:
- a, zaléváním vtoků vyt. modelů ve svislé poloze model. hmotami v přípravku,
 - b, zaléváním vtoků vyt. modelů, umístěných v otvorech na obvodu liciho přípravku,
 - c, zasunováním modelů do otvorů dopl. vtokového systému,
 - d, lepením modelů na dopl. vtokový systém,

2.10. Úprava povrchu formy k formování.

Aby se voskové modely nepřilepily ke stěně formy, musí se forma před vstříknutím model. hmoty opatřit tenkým filmem dělicího prostředku. Používá se rostlinných a minerál. olejů.

Ale před nanášením obalové směsi je nutné tyto děličky prostředky odstranit, protože se snižuje smáčivost. Minerální oleje se odstraňují v trýchloretylenu, rostlinné se rozpouštějí v metanolu.

2.11. Výroba formovacích směsí.

Formovací materiál, jeho volba a vlastnosti má rozhodující vliv na jakost budoucích odlitků. Form. materiál musí být nejen žáruvzdorný, ale musí být snadno zpracovatelný a musí umožňovat levnou výrobu. Je složen z vazné kapaliny, v níž jsou rozmíchány žáruvzdorné látky. Vazné kapaliny jsou vodné, vodně alkoholické, nebo jen alkoholické koloidní roztoky SiO_2 . Ztuhnutí form. směsi je vyvoláno stavovou změnou těchto koloidních roztoků. Vazná kapalina se připravuje hydrolyzou etylsilikátu.

Příprava základního hydrolyzátu v n.p. Mikrotechna:

2000 ccm etylsilikátu

1600 ccm etylalkoholu denaturovaného éterem

400 ccm zředěného vodního roztoku HCl (0,7%)

Hydrolyza se provádí ve skleněné nádobě a postup je následující:

ethylsilikát 40 se vlije do etylalkoholu, roztok se vlije do hydr. nádoby a za míchání se vpraví do roztoku odměrné množství zředěné HCl . Míchá se tak dlouho, dokud se směs nevyjasní. Roztok během míchání se nesmí zahřát na více než 35°C , jinak je nutno míchání přerušit. Potom se hydrolyzát zpracovává na vaznou kapalinu. Na 4 l hydrolyzátu se přidá:

3,2 l lihu

80 ml dibutylftalátu

100 ml konc. HCl

Vazná kapalina se uschovává v chladu a nechá se vyžrát 16 - 24 hodin.

Správně připravená vazná kapalina má hustotu odpovídající výtokové době, měřené Fordovým pohárkem, při teplotě 20° C 11 sec.

2.12. Příprava keramické krycí vrstvy.

Složení: pro stř. velikost dílců:

1800 g písku JM+200g mletého živce

425 g vazné kapaliny

drobné a členité součástky:

1800 g písku JM+200 g mletého živce

450 g vazné kapaliny

Obalová směs závisí na:

- a, jemnosti tuhé látky obalové hmoty. Čím vyšší bude jemnost mletého křemene, tím bude pevnost do určité míry stoupat. Zvyšování nad určitou mez způsobuje praskání obalu.
- b, na obsahu etylsilikátu ve vazné tekutině. Čím je obsah vyšší, tím snadněji praskají obaly.
- c, na způsobu přípravy vazné kapaliny a na složení obalové hmoty. Teplota se má pohybovat od 42 - 50° C. Rychlost narůstání teploty i max. teplota roztoku je tím vyšší, čím vyšší je obsah HCl, SiO₂ a H₂O v roztoku.

Čerstvě připravená směs se nechá ustát v klidu asi 24 hod., protože je prostoupena vzduch. bublinami. Před použitím je nutno směs promíchat, protože písek se usazuje na dně.

2.13. Nanášení keram. krycí vrstvy na licí útvary.

Strómeček se uchopí za horní část licí jamky a ponoří se do vazné kapaliny po dobu asi 10 sec. Po vyjmutí se pootáčí licím útvarem, aby přebytek keramiky mohl volně odkapat.

Potom se vloží útvar do střešacího stroje, ve kterém se zasype pískem T2S. Po nanešení obalu útvar schne asi 3 hodiny. Nedokonale usušené obaly, u nichž neproběhla dostatečně přeměna solu v gel, se při novém namočení v obalovací směsi rozleptávají a praskají. Obalování se provádí 4 x.

2.14. Vytavování vosku.

Vytavování se musí provádět tepelným nárazem, aby se od keramického obalu odtavila vrstvička vosku dříve, než se přehřeje celý voskový model. Tím se vytvoří spára, která umožní roztavení vosku bez nebezpečí prasknutí keram. obalu. V n.p. Mikrotechna se vytavování provádí v horké vodě. Stromečky se dají do drátěného přípravku a ponoří se do horké vody na dobu 30 - 60 minut. Po vyjmutí, vytavené skořepiny se vypláchnou horkou vodou. Tím se odstraní zbytky vosku a nečistoty, které se při vyjímání skořepiny z vody mohou dostat dovnitř.

2.15. Zaformování.

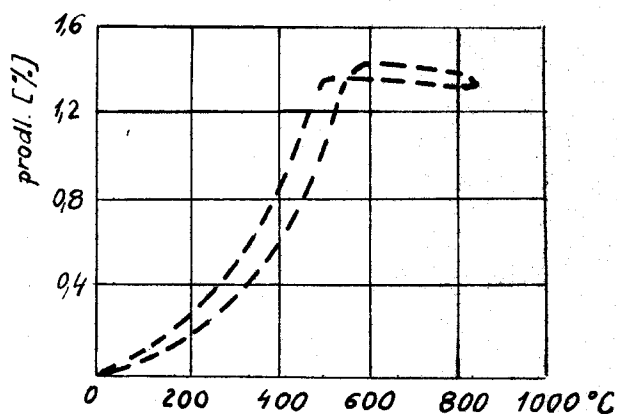
V n.p. Mikrotechna se používá převážně zasypané skořepiny a v malé míře též formování kašovitou výplní. K zasypání se používá křemenný písek. Zasypání se provádí ručně v krabicích ze žáruvzdorné oceli.

Pro formování kašovitou výplňovou směsí se používá těchto materiálů:

- 70 % křemenný písek
- 15 % šamotová drť
- 8 % mletý křemen
- 7 % cement hlinitý
- 2 % kalcinované sody na 100 % směsi

2.16. Vypalování forem.

Formy se vkládají do komorové pece se slabou oxyd. atmosférou při teplotě 200 - 250° C a mírně (40 - 65° C za hod.) se teplota zvyšuje do 600° C. Pak se teplota zvýší na 950 - 1000° C. Vypalování trvá 3 hod. Kysličník SiO₂ mění při teplotě 575° C krystalografickou strukturu, spojenou se zvětšováním objemu a proto je nutné vyvolat tuto přeměnu pomalým stoupaním teploty, aby formy nepopraskaly. Podle sov. prací se skořepina zhotovená z křem. písku vázaného etylsilikátem při ohřevu roztahuje a při ochlazování smršťuje podle grafu č. 1.



graf č. 1

Z grafu je patrné, že rozměry formy jsou stále při použití teplot mezi 600 - 900° C, to zn., že z hlediska rozměrové přesnosti použití těchto teplot je nejvýhodnější. Z hlediska krystalizace je však použití vysokých teplot forem při lití nevýhodné z důvodů hrubé krystalizace oceli.

2.17. Tavení materiálu, odlévání a chladnutí forem.

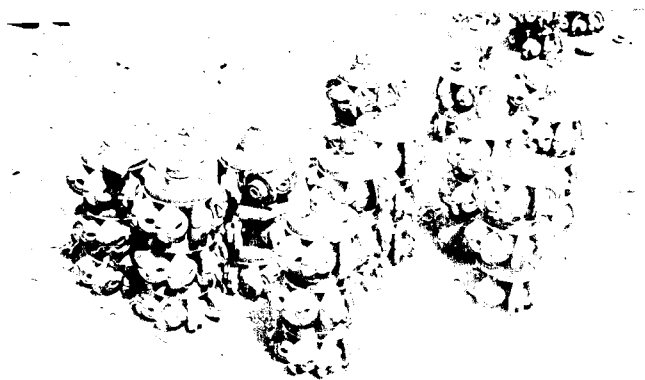
V n.p. Mikrotechna k tavení materiálů se

používá dvou druhů pecí podle materiálů. Na tavení slitiny Al-Si se používá dvou koksových pecí. Ocel a mosaz se taví v indukční bezjaderné peci.

Pro dosažení dobré rozměrové přesnosti a jakosti povrchu musí mít skořepina před litím určitou teplotu podle druhu odlévaného materiálu. Pro slitinu Al-Si se používá 300 - 350° C. Odlévání se provádí ručně z předeřáté pánve. Po odlití a ztuhnutí materiálu se skořepina vyjme z krabice a nechá se volně chladnout na vzduchu.

2.18. Zbavování odlitků keram. obalu.

Po odlití lpí na stromečku keramický obal, který se musí odstranit. V závodě se nejprve keram. obal odstraňuje ručně oklepáním. Viz obr. č. 2.



obr.č. 2.

Dále se čistí otryskáním v pneumatickém otryskavači. Pro otryskávání se používá litinové drtě. Z hlediska jakosti povrchu je mnohem lepší použít loužení v hydr. sodném. Loužení se provádí buď v roztoku 10 % NaOH v H₂O při teplotě 150° Celsia nebo v tavenině čistého NaOH při teplotě 500° C. Protože v závodě není pro toto zařízení, tento proces se zde neprovádí.

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 19. 20. ČERVENCE 1963 Jiří Adámek
	2.19. Oddělování odlitků od vtokové soustavy. Provádí se nejrozmanitějšími způsoby třískového i beztrískového obrábění podle druhu materiálu odlitků, způsobu sestavení a možnosti upínání stromečku. V n.p. Mikrotechna se odstraňují řezáním na pásové pile a rozbrušováním na brusce s rozbrušovacím kotoučem. Stromeček se v obou případech upíná do zvláštního přípravku. 2.20. Konečná úprava odlitků. Jedná se o úpravu délky vtoku, zabroušení ostrých hran dělicí plochy vtoku, vzniklých řezem nebo brusem, odstranění jemných nárůstků kuliček kovu, vyrovnaní nahodilých deformací. Konečnou úpravou je nakonservování v kapalině 5 - 10 % roztoku benzinového mýdla v tech. benzínu. 2.21. Kontrola výroby a odlitků. Důležitou funkci při složité výrobě odlitků má kontrola. Ta je jednak vstupní, mezioperační a výstupní. Při vstupní kontrole se kontroluje složení všech materiálů při výrobě používaných a také lící materiál. Mezioperační kontroluje všechny operace při výrobě. Provádí se u všech namátkově. U výroby modelu se kontroluje příprava hmot na vyt. modely, správná příprava a teplota mazlavé směsi, rozměrové úchytky, způsob sestavení do stromečku, velikost vtoku, vzdálenost umístění modelů na stromečku. Při obalování je prováděna namátková	

kontrola přípravy vazné a obalovací směsi, doba sušení, správného vytavování modelů. Při formování se musí dbát, aby licí otvor skořepiny byl zakryt víčkem. Při vypalování se musí dbát na to, aby byla dodržena teplota a doba vypalování. Při tavení a odlévání je nutné správné vsázkování a dodržení tavicí a licí teploty kovu a skořepiny. Při konečné úpravě se kontroluje správné oddělování odlitků od vtokové soustavy.

Výstupní kontrola kontroluje chem. složení materiálů, tep. zpracování, rozměry, vnitřní jakost, vnější vzhled odlitku.

Vady odlitků se rozdělují do těchto skupin:

- 1, dutiny,
- 2, přerušená souvislost,
- 3, vady povrchu,
- 4, vady tvarové, rozměrové a váhové,
- 5, vady mikrostruktury,
- 6, vady zjištěné laboratorně,

Rozměrově se odlitky kontrolují namátkově. Pouze odlitky s požadovanou vysokou přesností se kontrolují všechny pomocí běžných dotykových měřidel. Jakost povrchu se kontroluje kus po kuse. Povrch odlitků může vykazovat určité vzhledové vady, které ovšem z funkčního hlediska nesmějí snižovat životnost součástí.

2.22. Přejímací podmínky.

U nás pevné přejímací podmínky neexistují. Kdyňské strojírný vypracovaly návrh na technické podmínky pro přejímání odlitků, zhotovených přesným litím metodou vytav. modelu. Těchto podmínek je používáno v n.p. Mikrotechna.

V návrhu jsou obsažena tato důležitá ustanovení:

- 1, tvar odlitku - průřezy odlitku mají mít rovnoměrnou tloušťku max. 10 mm bez náhlých přechodů,
- 2, funkční plochy, kde je požadována zvýšená čistota a hladkost, mají přídavek na opracování,
- 3, tolerance - dovolené úchytky určuje norma ČSN 014470, přímo se zákazníkem se může sjednat jiná úchytky.

Tolerance:	funkční	rozměr (mm)	tolerance (mm)
		0-25	$\pm 0,125$
		nad 25	$\pm 0,5 \% \text{ jm. roz.}$
	všeobecná	0-30	$\pm 0,2$
		nad 30	$\pm 0,7 \% \text{ jm. roz.}$

Úhly: mezní úchytky kotovaných úhlů $\pm 0^{\circ}30'$

- 4, pro tolerance odlitku nutno dodržovat tolerance výroby modelů v jedné desetinné mezních odchylek odlitků,
- 5, v případě spec. požadavku mohou být dodrženy tolerance užší za cenu zvýšení nákladu na odlitek,
- 6, povrchová drsnost - mimo dovolené povrchové vady je stř. kvadr. úchytky nerovnosti pro hrubé ocelové odlitky 6,3 ,
- 7, stav odlitku - vnější a vnitřní vady,
- 8, zavaření drobných povrchových vad po dohodě se spotřebitelem,
- 9, tep. zpracování,
- 10, chem. složení uvedeno v mat. listech.

K tomuto návrhu se mají všechny slévárny přeslití vyjádřit. V současné době je praxe taková, že se přejímací podmínky sjednávají přímo s odběratelem. Musí však obsahovat všechny základní údaje: materiál, stav a rozměry odlitku, povrch.úprava, jakost povrchu, max. převýšení zbytku po vtoku, max. hl. oduhličení, velikost lícího zrna.

2.23. Vzorový technologický postup.

Tato výrobní dokumentace slouží nejen k výrobě a samotné kontrole, ale i k výrobě opakované a možnosti účinných zásahů do výroby na základě získaných zkušeností. Rovněž musí zachycovat údaje ekonomické.

Vzorový technol. postup, používaný v n.p.

Mikrotechna:

- 1, příprava modelního materiálu
- 2, zhotovit model - kontrola 100 %
- 3, zhotovit a sestavit vtokový kúl, nalepit modely na stromeček
kontrola: kontrolovat hladkost, nepraskavost, vzhled, spájená místa-100%
- 4, sušit křemenný písek při teplotě 500°C po dobu 4 hod.
- 5, připravit obalovou směs a obalit modelové útvary
kontrola: 10 %, nesmí vykazovat žádné trhliny
- 6, obalovat modelové útvary podle operace 5
kontrola: 10 %, druhá vrstva nesmí vykazovat žádné trhliny
- 7, obalovat modelové útvary podle operace 5
kontrola: 10 %, třetí vrstva nesmí vykazovat žádné trhliny
- 8, obalovat model. útvary podle operace 5
kontrola: 10 %, čtvrtá vrstva nesmí vykazovat žádné trhliny.
- 9, vytavit modelovou směs
- 10, po vytavení žíhat
- 11, připravit odlévací materiál
- 12, vytáhnout z pece formy nebo krabice se skořepinami a odlévat
- 13, po vychladnutí vyjmout odlité útvary z krabic, oklepat skořepiny

- 14, opískovat odlité útvary
15, odříznout odlité útvary od vtokového kúlu
kontrola: 100 % vzhledu

3. Technologie lití kovů pod tlakem.

3.1. Princip a význam metody.

Tlakové lití je metodou přesného lití. Podstata procesu lití kovů pod tlakem je v tom, že roz-tavený kov se vstříkne vysokým tlakem do ocelové formy, jejíž dutiny do podrobnosti vyplní a během tuhnutí zůstává pod tlakem.

Výrobky tlakového lití mají velké upotřebení v elektrotechnice (kryty el. motorů, rotory, statory) ve výrobě jemných přístrojů (fotopřístroje, psací stroje), v motocyklovém průmyslu (chladiče, válce).

Odlitky se vyznačují přesností, hladkým povrchem, je možno získat tenké stěny, vyžadují velmi málo dodatečné opracování a nízká váha odlitku zajišťuje úspory na materiálu. Mezi nedostatky tohoto způsobu můžeme zahrnout to, že odlitky lité pod tlakem mají menší tažnost, nesmí se používat při vyšších teplotách než 350° C a mají značnou pórovitost.

U materiálů, které chceme odlévat tímto způsobem, je rozhodující jejich teplota, tlak jakým je nutno kov vstříknout do formy a účinky kovu na materiál součástí stroje a formy.

Slitiny používané v nynější době pro lití pod tlakem můžeme rozdělit na tři základní skupiny podle výšky bodu tavení. Jsou to:

- 1, slitiny cínu, olova nebo zinku o teplotě tavení do 450°C ,
- 2, lehké slitiny hliníku nebo hořčíku o teplotě tavení do 660°C ,
- 3, slitiny mědi o teplotě tavení do 1000°C .

3.2. Formy.

Při lití odlitků se používá přesně vyrobených ocelových forem. Na jejich konstrukci a výrobě závisí z větší části kvalita odlitku a bezporuchový provoz při lití. V provozu jsou vystaveny vysokému mechanickému a tepelnému namáhání. Proto je nutné použít na výrobu forem materiálů, které mají tyto vlastnosti: dobrou pevnost za tepla a odolnost proti popouštění, vys. mez průtažnosti za vysokých teplot, dobrou tep. vodivost, malý souč. tep. roztažnosti, odolnost proti tep. nárazům, dobrou opracovatelnost.

Na výrobu forem se používá těchto leg. ocelí:

pro slitiny Al, Zn, Mg	ČSN 17027 F
Zn, Sn, Pb	ČSN 19430
Cu,	ČSN 19720

Na výrobu částí forem, které nepřicházejí do přímého styku s odlévanou slitinou se používá ocel třídy 10, 11, 12 a šedé litiny.

3.2.1. Konstrukce forem.

Konstrukce závisí na charakteru odlitku a na jeho množství. Musíme brát v úvahu nejen technologii vlastního lití, ale i technologii vlastní

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 25. 20. ČERVENCE 1963 Jiří Adámek
výroby. Formy jsou buď z jednoho kusu spec. oceli, nebo vložkové - dutina ze spec. oceli, vložená do ocelové vložky. Forma je složena z části pohyblivé (na ní jsou licovací kolíky) a pevné, která je připevněna na třmenu vstřik. ústrojí licího stroje. Vtoková soustava má umožnit dokonalé plnění dutiny formy kovem, při čemž proudící kov nesmí bezprostředně narážet na jádra, nesmí vyvolávat místní přehřání a nesmí bránit unikání vzduchu z dutiny formy. Snažíme se umístit vtok do nejtlustšího místa odlitku. Dělicí rovina formy má být souvislá. 3.2.2. Vyhazování odlitků z forem. Je nutné, aby odlitek po lití zůstal v pohyblivé části formy, kde je vestavěno vyhazovací ústrojí. Odlitek zaformujeme tak, aby pokud možno všechna jádra tvořící dutiny odlitku byla uložena v pohyblivém dílu formy. U zařízení k vyhazování odlitků se používá těchto uspořádání: 1, ruční vyhazování ozubenou tyčí a pastorkem s ruční pákou, 2, automatické vyhazování vyrážecími tyčemi, při čemž se využije zpětného chodu stroje, 3, automatické vyhazování stírací deskou, 4, hydraulické vyhazování hydr. vystrkováky. 3.2.3. Odvzdušnění forem. U forem je potíže s vytlačením vzduchu nejen z dutiny formy, ale i množství vzduchu z plnicího válce stroje a vtokového systému. Špatné odvzdušnění		

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 26.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

má za následek pórovitost odlitku.

Vzduch se odvádí odvodušňovacími kanály, položenými obvykle v dělicí rovině formy. Rovněž se odstraňuje vířením kovu v dutině, nepřerušovaným točením materiálu, správným tvarem a položením nařiznutí do dutiny formy. Aby odvd. kanály plnily správně svou funkci, zaplňují se kovem až naposled.

3.2.4. Tepelná rovnováha forem a jejich chlazení.

Stále se opakující teplotní cykly vyvolávají tepelná napětí. Výkyv teplot je do hloubky 5 mm dutiny formy značný.

Tep. spád závisí na tep. vodivosti materiálu, teplotě formy před litím a poměru hmot vlastní formy k hmotě odlitku. Větší poměr hmoty materiálu formy k hmotě odlitku usnadňuje předávání tepla z vrchních vrstev formy do celého objemu.

Odvod tepla přivedeného kovem, je do tělesa stroje, do okolního vzduchu a upínacích zařízení. U tlustostěnných odlitků nebo slitin s vysokou teplotou tání by doba chladnutí byla dlouhá a proto se teplo odvádí pomocí chlazení. Chladicí prostředky jsou voda, nebo stlačený vzduch. Při chlazení je důležité, aby voda nevnikala do dutiny formy. Část odlitku, která musí být naprosto bez pórů musí rychle ztuhnout a proto se chladí měděnými vložkami.

3.2.5. Určení rozměru pracovní dutiny formy.

Rozměry pracovní dutiny mají velký význam na rozměrovou přesnost odlitku. Při jejich určování se musí pamatovat na smrštění plnicího kovu. Celkové smrštění kovu je:

- 1, vlivem objemové změny tek.kovu až k počátku tuhnutí,
- 2, při tuhnutí odlitku před jeho vyjmutím z formy,
- 3, po vyjmutí odlitku z formy a jeho vychladnutí na normální teplotu prac. okolí.

Smrštění závisí na použitém materiálu, velikosti obj.součinitele, lici teplotě, teplotě odlitku, vyjímaného z formy a intenzitě chlazení.

Na konečné rozměry odlitku mají vliv kromě smrštění plnicího kovu i zvětšování formy při jejím ohřátí na provozní teplotu.

3.2.6. Výroba forem, normalizace, typizace, skupinová výroba forem podle Mitrofanova.

Formy mají mnoho shodných nebo podobných součástí. Jejich uspořádání má být vypracováno se zřetelem na co největší použití normalizovaných a typizovaných dílů.

Výroba forem se provádí:

- 1, třískovým obráběním,
- 2, lisováním tvaru za tepla,
- 3, lisováním tvaru za studena,
- 4, elektrojiskrovým obráběním,
- 5, přesným litím.

Při skupinové metodě výroby forem se formy třídí do skupin podle těchto zásad:

- a, dělicí roviny formy odlitku,
- b, systému vyhazování odlitku z formy,
- c, rozměrů odlitků,
- d, materiálu odlitků,
- e, počtu jader,
- f, způsobu tlak. lití - s vodorov. nebo svislou tl. komorou.

Pro každou skupinu se vytvoří technologický postup výroby a podle něho se vyrábějí vložky. Při změně programu výroby se pak mění místo formy jen vložka.

3.2.7. Tepelné zpracování.

Formy se nejdříve žihají k odstranění vnitř. pnutí při teplotě $600 - 650^{\circ}\text{C}$. Ochlazení probíhá v peci. Dále následuje kalení při teplotách podle druhu použitého materiálu. Ochlazování je v solných lázních. Nakonec se popouštějí na teplotu 500 až 650°C . Tím se získá pevnost $120 - 150\text{ kg/mm}^2$.

3.3. Stroje pro tlakové lití - rozdělení.

Stroje pro lití kovů pod tlakem jsou v zásadě hydr. lisy. K pohonu se používá vysokotl. čerpadel. Pro vyrovnání poklesu tlaku při velkém a rychlém odběru tl. kapaliny musí být instalován hydropneumatický akumulátor. Nositelem tlaku je emulze vody s olejem nebo minerální oleje. U strojů na pohon olejem je čerpadlo ve stroji. Nádrž oleje ve frémě stroje. Čerpadla jsou lopatková, radiálně pístová nebo šroubová. Při použití emulze vody s olejem je čerpadlo umístěno vedle stroje a je spojeno potrubím s akumulátorem. Stroje lze bez obtíží zapojit na centrální vysokotlakové potrubí. Uzavírací systém forem je plnohydraulický nebo hydraulickomechanický.

Podle uspořádání vstřikovacího ústrojí rozeznáváme stroje:

- 1, stroje s teplou komorou, u nichž vstřikování kovů je buď pístem nebo vzduchem,
- 2, stroje se studenou komorou se vstřik. ústrojím vertikálním nebo horizontálním.

3.4. Stroje s teplou komorou.

Vyznačují se tím, že pracovní pec je součástí stroje. Tlaková komora je vytvořena buď přímo v kelímku, nebo je do kelímku vložena a její teplota je stejná s teplotou roztaveného kovu. Součásti komory jsou proto značně tepelně namáhány a používá se jich hlavně pro lití nízkotavitelných slitin, jako slitiny cínu, zinku, olova.

3.5. Stroje se studenou komorou vertikální.

Popis stroje:

Stroj se skládá ze dvou hydr. částí, vzájemně spojených vodicími sloupy. Jedna je v poloze horizontální a umožňuje otevírání a zavírání forem a druhá je v poloze vertikální a slouží k vstříknutí roztaveného kovu do formy. Tyto části jsou upevněny na základové desce. Na vodicích sloupech se pohybuje nosič forem, který je pevně spojen s uzavíracím pístem. Na třmen vert. části lisu se upíná pevná polovina formy a na nosič forem se upíná pohyblivá část formy. Operace prac. cyklu jsou řízeny soustavou ventilů, šoupátek a hydr. pístů. Ve třmenu vert. části lisu je zabudována vert. studená komora, vytvořená plnicím válcem, do které se slév. lžicí vlévá roztavený kov.

Dno plnicího válce tvoří spodní píst, jenž je pohyblivý. Jeho počáteční poloha je taková, že zakrývá otvor trysky, takže nalitý kov nemůže natékat do dutiny formy. Teprve před dosednutím vstřik. pístu na kov otevře spodní píst trysku a kov je vstříknut vysokým tlakem do dutiny formy. Po dokončení vyjede vstřik. píst nahoru, spodní píst ustříhne zbytek kovu v plnicím válci od vtoku a pohybem nahoru jej vysune z plnicího válce.

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 30. 20. ČERVENCE 1963 Jiří Adámek
Československo je největším výrobcem těchto strojů značky "Polák". Původní koncepce z roku 1930 se pro svou spolehlivost a jednoduchost, až na určitá zlepšení, udržela až do dnešních dnů. Naše slévárny jsou z největší části vybaveny těmito stroji: CLP 40/8, CLP 68/16, CLP 116/28, CLP 220/55, CLP 500/70 a nové typy CLP 85/16, CLP 180/30 a CLP 400/55. První číslo typového označení znamená uzavírací sílu v tunách a druhé sílu vstřikovací, také v tunách. V n.p. Mikrotechna používají dvou strojů typu CLP 40/8 a jeden typ CLP 85/15. 3.6. Stroje se studenou komorou horizontální. V porovnání se stroji s vert.komorou mají větší výkon a spolehlivější provoz v důsledku jednoduššího vstřik. ústrojí. Komora je tvořena horiz. válcem, ve kterém se pohybuje vstřik. píst. Při nalévání kovu je vstřik. píst v zadní poloze. Při pohybu dopředu je kov vtlačován do dutiny formy. Po ukončení vstřiku se počne forma otevírat a vstřik. píst vysune zbytek kovu z plnicího válce. Po dokončení otevření formy se vstřik. píst vrátí do zadní polohy. Vstřikovací část je přestavitelná směrem dolů pod osu uzav. válce. Toto přestavení umožňuje umístit odlitek ve formě vždy tak, aby těžiště průmětu plochy v dělicí rovině bylo pokud možno vždy v ose uzav. válce, čímž je zajištěna dobrá funkce uzavíracího mechanismu.		

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 31.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

3.7. Dávkování materiálu do lícího stroje.

Provádí se ručně slévačskou lžicí. Velikost těchto dávkovacích lžic se volí podle množství kovu, které je nutno do stroje dopravit pro odlití dobrého odlitku. Při lití hliníkových slitin je vhodné natírat povrch lžice ochranným nátěrem z kaolinového prášku, rozředěného vodou, nebo vodním sklem. Tím se prodlouží jejich životnost.

Již je také zkonstruováno automatické dávkování dávkovací pecí zn. Ajaxomatic. V podstatě jde o indukční pec s aut. dávkováním pomocí stlačeného vzduchu.

3.8. Tavení a udržování slitin na tavicí teplotě.

Při volbě tavicího zařízení nutno pamatovat na množství kovu, jež bude nutno roztavit při každé směně, způsobu odlévání, řízení tavicích teplot a nutno rovněž pamatovat na zdravotně hygienické podmínky v tavírně. Způsob vytápění tavicích pecí se zpravidla volí podle místních poměrů tak, aby tavení bylo co nejehospodárnější. Tavicí pece mohou být vytápěny koksem, olejem, plynem nebo elektrinou. Nejlepší jakosti taveniny a nejpresnější řízení teplot se dosáhne u indukčních pecí. Použití těchto pecí vede ke snížení nákladů na údržbu a ztrátu kovu při tavení k lepší jakosti a stejnorodosti taveniny a dochází k víření taveniny, vyvolané indukovanými proudy.

K udržování slitin na lící teplotě se používá udržovacích pecí kelímkových stacionárních. Jsou vytápěny plynem, olejem, nebo elektricky. Nejlepší udržování taveniny na kontrolované teplotě zaručuje udržovací el. odporové pece kruhového průřezu. K peci přísluší el. rozváděč, na jehož panelu jsou

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 32. 20. ČERVENCE 1963 Jiří Adámek
	umístěny všechny vypínače a stupnice měř. přístrojů. V rozváděči je zamontován padáčkový regulátor k měření a udržování topných spirál, ukazatel teploty pro měření teploty taveniny v kelímku, voltmetr pro měření sdruženého napětí za hlavními pojistkami a ampérmetr pro měření proudu topného obvodu. Dlouhým pobytem kovu v udržovací peci dochází k jeho znehodnocení. U hliníkových slitin nastává zvýšené okysličení atmosf. kyslíkem, což má za následek zvýšení ztrát kovů. V závodě se k tavení používají dvě koksové pece, které mají být nahrazeny pecemi, vytápěnými plynem. Udržovací pece (2) jsou el. obloukové. 3.9. Udržování forem. Před začátkem lití je nutné formu předeheřt na teplotu podle druhu odlévané slitiny. Předeheřtí se plynovým hořákem při pootevřené formě. Při nahřívání musí být vyhazovky zataženy do formy, aby se nevyžíhaly. Nahřátí formy se kontroluje dotykovým pyrometrem, nebo teplotními křídami. Během provozu je třeba před každou operací očistit dělicí rovinu formy a odstranit zbytky kovu, nejčastěji stlačeným vzduchem, nebo drátěným kartáčem. Aby se kov ve formě nelepil a odlitek snadno vyjímal, činné plochy formy se nanáší dělicím prostředkem, který má mít dobré mazací a dělicí vlastnosti, nesmí vytvořit mnoho plynu při spálení, nesmí zanechávat žádné stopy na odlitcích. Pro slitiny hliníku se používá roztoku grafitu ve vodě, nebo Alukol (kapalná nebo tuhá suspenze pigmentového Al v ropných produktech). Nanášení se provádí štětcem nebo rozprašovací pistolí. Pro mazání ostatních částí formy, které nepřicházejí do přímého styku s taveninou, se používá hustšího minerálního oleje	

nebo směsi oleje s grafitem.

Po skončení lití, kdy je forma sejmuta z lícího stroje, před uložením do skladu se musí důkladně očistit petrolejem a nakonservovat.

3.10. Nastavení optimálních pracovních podmínek.

Nová forma při předávání do provozu se musí řádně vyzkoušet a jestliže zkušební provoz splnil všechny předpoklady, vyhotoví se technologická karta. Do ní se nanesou všechny údaje, potřebné pro provoz formy i pro seřízení stroje při opakovaném lití.

Odlitky lité z počátku do chladné formy, jsou zpravidla zmetkovité. Za určitou dobu forma dosáhne optimální teploty a kvalita se zlepší. Optimální teploty formy pro lití různých slitin jsou:

slitiny Zn	150 - 200° C
Al, Mg	200 - 250° C
Cu	250 - 300° C

3.11. Přejímací předpisy.

Přejímací předpisy pro slitiny hliníku jsou uvedeny v technických dodacích předpisech ČSN 421431. Tyto dodací předpisy obsahují:

I. Názvosloví

II. Všeobecně - čís. označování slitin
značení odlitků

III. Technické požadavky - výkres odlitku

materiál odlitku, jeho
mech. vlastnosti

Rozměrová přesnost: netolerované rozměry mají
dov. úchytky j 13. Jedná-li se o tolerované
rozměry, musí se spotřebitel dohodnout se

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 34.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

slévárnou.
Minimální úkos 1°.
Doporučená délka 2-3 mm.
Nejvhodnější průměr 2,5 mm.
Pórovitost odlitku - je možno použít stupnice roentgenových snímků.

IV. Pokyny pro konstrukci a výrobu odlitků.
V. Zkoušení mech. vlastností.
VI. Způsob přejímání a dodávání.
Přejímání seriových odlitků.
Spotřebitel kontroluje odlitky na jakost povrchu a rozměry podle normy ČSN 421431. Provádí namátkovou kontrolu u 15ti ks na každých 100 kusů předložených odlitků. Jsou-li 2 kusy špatné, kontroluje dalších 35 kusů. Jsou-li z nich 3 špatné, t.j. z kontrolovaných 50 kusů 5 kusů špatných, kontroluje celou zásilku.
Odlitky, které neodpovídají normě ČSN 421431, případně doplň. předpisům, má spotřebitel právo vrátit.

3.12. Výrobní postup.

Výrobní postup, používaný v n.p. Mikrotechna:

- 1, příprava stroje,
- 2, příprava formy,
- 3, upnutí formy,
- 4, příprava materiálu,
- 5, ohřev formy,
- 6, lití, kontrola 10 % rozměrově i vzhledově,
- 7, demontáž formy,
- 8, odstranit vtoky, přetoky,
- 9, kontrola 100 % vzhledově.

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 35.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

4.1. Rozměrová přesnost odlitků, vyrobených metodou odlévání do keramických skořepin a metodou tlakového lití.

Při hodnocení metody výroby odlitků jedním z nejdůležitějších kryterií je jejich rozměrová přesnost. Otázka rozměrové přesnosti není dnes ještě tak docela objasněna, jako jiné problémy slévárenských procesů a jako přesnost součástí, opracovaných třískovým obráběním. Příčinou toho je velké množství faktorů, které na rozměrovou přesnost odlitků působí. Při řešení otázky rozměrové přesnosti je nutné sledovat vliv všech působících technol. faktorů na přesnost a vytvořit všeobecné matematické závislosti odchylek rozměrů.

Obecně lze říci, že hlavní vliv na přesnost odlitků, vyjádřenou velikostí odchylky od jm. rozměru má

- a, jakost povrchu odlitků,
- b, kolísání délk. smrštění, souvisící s druhem a kvalitou kovu a odporem formy proti smrštění,
- c, deformace odlitků během tuhnutí, chlazení a tep. zpracování.

Hlavními příčinami rozměrových odchylek odlitků, vyrobených metodou lití pod tlakem jsou nepřesnosti při výrobě vstřik. formy, nízkou teplotou nahřátí formy, přehřátým nebo studeným materiálem, smrštěním kovu ve formě.

U metody lití do keramických forem jsou odchylky způsobeny nepřesností formy pro výrobu modelů, vlastnostmi modelových hmot a přesností výroby modelů, rozměrovými změnami skořepiny, lící teplotou kovu a smrštěním kovu. Rozdílnou přesnost mají i různé obměny technologie.

Pro hodnocení celkové odchylky skutečného rozměru odlitku od jmenovitého, navrhuje Berg vzorec, v němž zahrnuje vlivy druhu technologie smrštění formy a výrobní přesnosti:

$$\sigma = a_1 + a_2 D + a_3 (0,001 D + 0,45\sqrt[3]{D})$$

σ = odchylka

D = jmenovitý rozměr

a_1 = koeficient technologie

a_2 = koeficient charakterizující kolísání smrštění a deformace forem

a_3 = koeficient charakterizující třídu výrobní přesnosti

Pro jednotkovou odchylku Berg použil vztah

$$i = 0,001 D + 0,45\sqrt[3]{D}$$

Tímto vztahem vyjadřuje závislost rozměrových odchylek na jm. rozměru podle kubické paraboly, jak jej užívá ISA. Výsledky měření však ukazují, že je u odlitků závislost lineární a nikoliv parabolická. Lépe tyto závislosti vyjadřují francouzská a anglická norma. Naše norma ČSN 014470 pro přesnost odlitků, vyrobených metodou vytavitelných modelů je rovněž založena na kubické závislosti.

Nevýhodou této závislosti je to, že pro malé rozměry je norma poměrně dosti volná a pro velké rozměry při hospodárné výrobě značně přísná.

Rozměrové tolerance u odlitků litých tlakovým litím mají podle normy ČSN 421431 dovolené úchytky j 13. I tato norma je založena na kubické závislosti a nevystihuje skutečnost jaká je. Pro velké rozměry je při hospodárné výrobě přísná a na malé rozměry dosti volná.

V sovětské literatuře je uváděna pro porovnání rozměrová přesnost získaná oběma metodami, kvalifikovaná třídami roz. přesnosti u třískového ob-
rábění:

Třída přesnosti podle OST
1013, 1014

	3	4	5	7
Tlakové lití	x	x	x	
Lití do ker.forem		x	x	x

4.2. Metody a sledování rozměrové přesnosti v n.p. Mikrotechna.

Podobně jako u ostatních sléváren, ani v n.p. Mikrotechna se neprovádí systematická kontrola rozměrové přesnosti kus po kuse. Je to proto, že výsledky při současném stavu výroby se pohybují v dovolených tolerancích, uvedených v normách ČSN 014470 a ČSN 421431.

4.3. Vlastní zkoušky rozměrové přesnosti.

Výsledky těchto zkoušek má být alespoň částečně získán názor na úroveň výroby přesných odlitků těmito metodami, především v úseku výroby forem (otázka přídatku jm. rozměru odlitku) a velikost toler. pole.

Postup a měřicí metody:

Rozměrová přesnost je určována u odlitků vyrobených ze slitiny hliníku ČSN 424331.

K měření rozměrové přesnosti u metody vyt.modelů byla vybrána základna č. H 132 C-18 D (obr.č. 3)

U metody lití kovu pod tlakem byly vybrány dílce:

můstek č. H 434 - 61 B 1 (obr.č. 4)

základna č. 111 - 1 D 8 (obr.č. 5)

rámeček č. 430 BP (obr.č. 6)

konzola č. H 215 - 68 D 2 (obr.č. 7)

U každé technologie bylo změřeno 50 ks. Měření bylo prováděno posuvným měřítkem s přesností 0,02 mm, mikrometrem s přesností 0,01 mm a mikrometrickým hloubkoměrem s přesností 0,01 mm.

Rozměr na formě byl přeměřen 5 x a stanoven jeho aritmetický průměr. Rozměry na odlitcích jsou rozděleny na rozměry s omezeným smršťováním a volným smršťováním.

4.4. Výsledky měření.

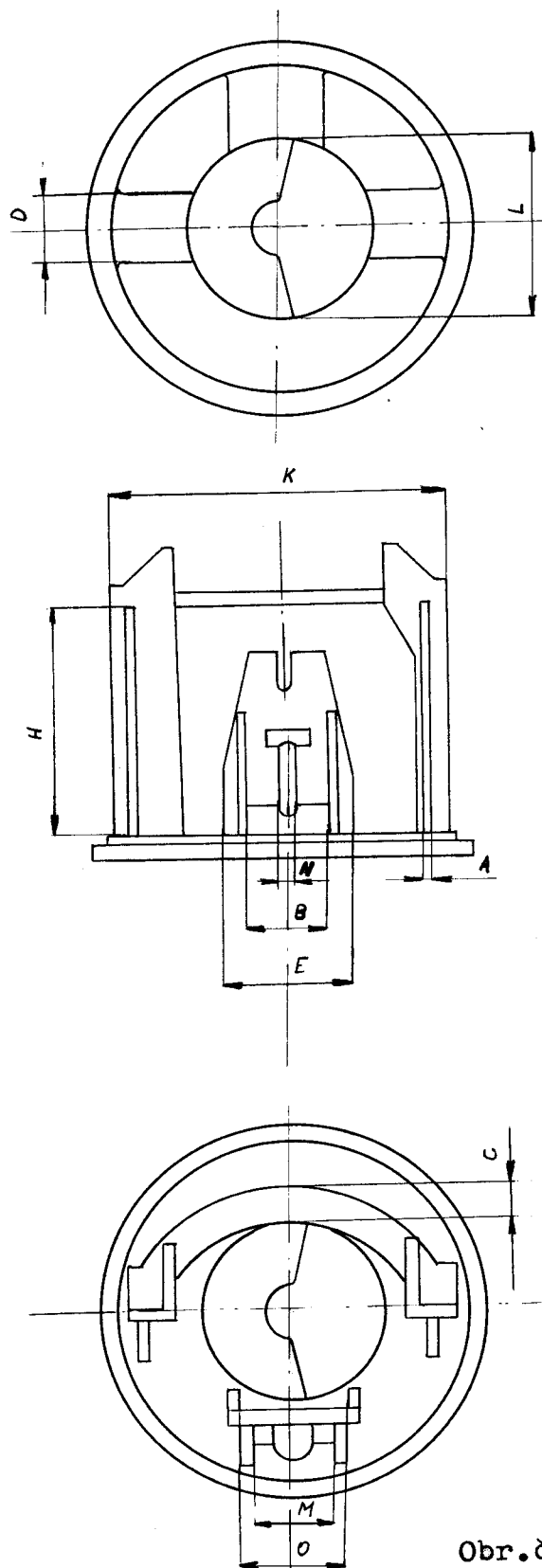
Všechny naměřené hodnoty formy a odlitku jsou sestaveny v tabulkách:

Přesné lití - volné rozměry		2 - 8
omezené rozměry		9 - 12
Tlakové lití - volné rozměry		13 - 18
omezené rozměry		19 - 23

Naměřené hodnoty odchylek odlitků proti rozměru formy byly seřazeny podle četnosti do tabulek takto:

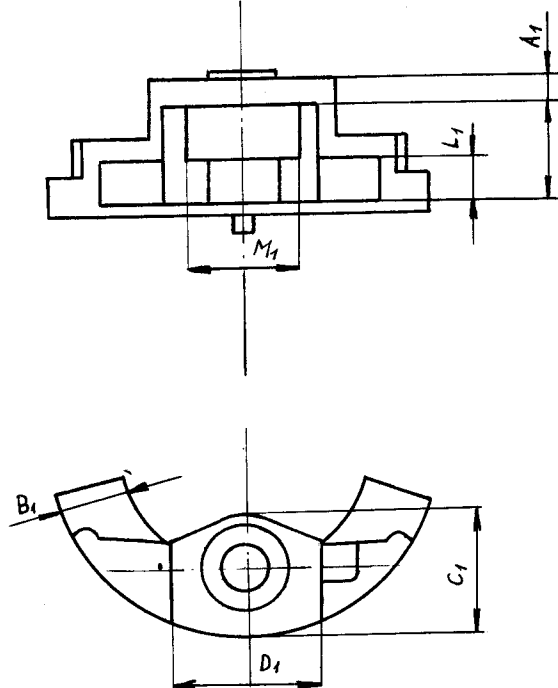
Přesné lití - volné rozměry		24 - 30
omezené rozměry		31 - 34
Tlakové lití - volné rozměry		35 - 40
omezené rozměry		41 - 45

Základna č. H 132 C-18 D:



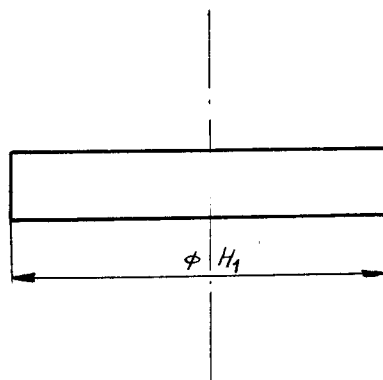
Obr.č. 3

Můstek č. H 434 - 61 B 1:



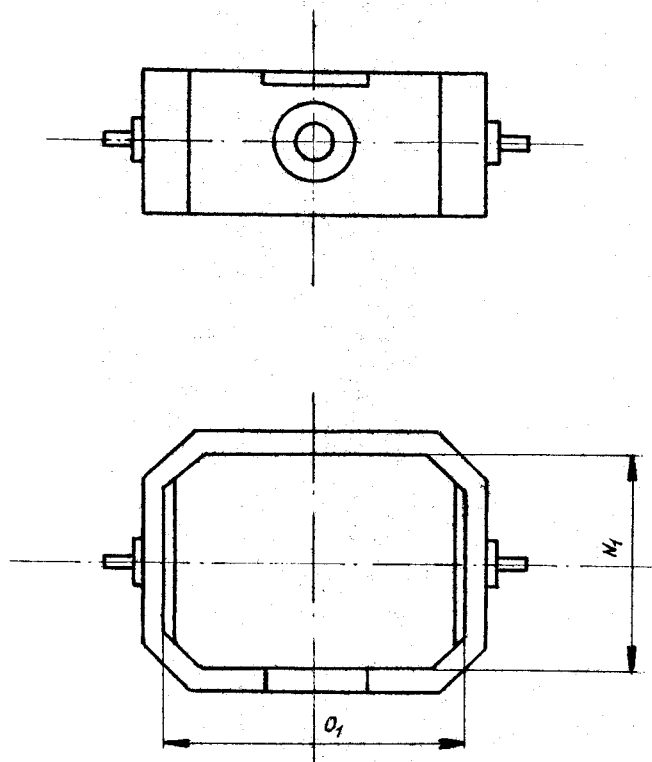
Obr.č. 4

Základna č. 111 - 1 D 8 :



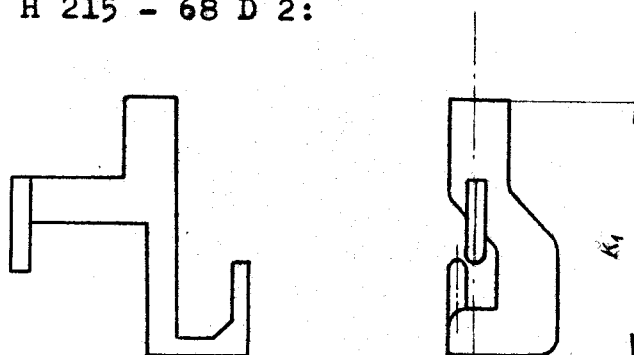
Obr.č. 5

Rámeček č. 430 BP:



Obr.č. 6

Konzola č. H 215 - 68 D 2:



Obr.č. 7

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 42.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Tabulka č. 2

Rozměr "A".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	2,28	18	2,20	35	2,26
2	2,22	19	2,28	36	2,26
3	2,20	20	2,22	37	2,24
4	2,26	21	2,26	38	2,26
5	2,22	22	2,26	39	2,26
6	2,26	23	2,24	40	2,26
7	2,26	24	2,26	41	2,24
8	2,26	25	2,24	42	2,24
9	2,28	26	2,24	43	2,26
10	2,28	27	2,28	44	2,26
11	2,26	28	2,26	45	2,24
12	2,28	29	2,26	46	2,26
13	2,28	30	2,26	47	2,26
14	2,22	31	2,26	48	2,24
15	2,26	32	2,26	49	2,24
16	2,28	33	2,26	50	2,26
17	2,28	34	2,24		

Tabulka č. 3

Rozměr "B".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	7,78	18	7,76	35	7,72
2	7,78	19	7,76	36	7,72
3	7,90	20	7,82	37	7,76
4	7,82	21	7,72	38	7,72
5	7,66	22	7,90	39	7,76
6	7,82	23	7,70	40	7,76
7	7,84	24	7,82	41	7,84
8	7,70	25	7,72	42	7,74
9	7,70	26	7,72	43	7,70
10	7,84	27	7,76	44	7,84
11	7,76	28	7,82	45	7,82
12	7,82	29	7,82	46	7,78
13	7,70	30	7,72	47	7,84
14	7,82	31	7,68	48	7,74
15	7,84	32	7,72	49	7,92
16	7,72	33	7,68	50	7,70
17	7,80	34	7,72		

Tabulka č. 4

Rozměr "C".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	10,96	18	10,88	35	10,98
2	10,90	19	10,96	36	11,04
3	11,04	20	10,92	37	10,84
4	10,94	21	10,90	38	10,82
5	10,84	22	10,94	39	10,90
6	10,96	23	10,92	40	10,92
7	10,96	24	11,00	41	10,88
8	10,88	25	10,90	42	10,96
9	10,88	26	10,92	43	10,86
10	10,96	27	11,04	44	10,88
11	10,96	28	11,02	45	10,90
12	11,08	29	10,96	46	10,94
13	10,90	30	10,90	47	10,90
14	10,92	31	11,06	48	10,84
15	10,94	32	10,88	49	11,00
16	11,00	33	11,02	50	10,96
17	10,92	34	10,88		

Tabulka č. 5

Rozměr "D".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	16,68	18	16,58	35	16,74
2	16,54	19	16,68	36	16,72
3	16,60	20	16,78	37	16,76
4	16,60	21	16,68	38	16,74
5	16,66	22	16,70	39	16,74
6	16,68	23	16,68	40	16,68
7	16,58	24	16,78	41	16,72
8	16,68	25	16,60	42	16,74
9	16,60	26	16,72	43	16,62
10	16,72	27	16,76	44	16,72
11	16,44	28	16,80	45	16,74
12	16,68	29	16,64	46	16,78
13	10,56	30	16,74	47	16,72
14	16,62	31	16,76	48	16,50
15	16,68	32	16,74	49	16,68
16	16,70	33	16,68	50	16,68
17	16,68	34	16,76		

Tabulka č. 6

Rozměr "E".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	25,28	18	25,28	35	25,36
2	25,20	19	25,26	36	25,36
3	25,32	20	25,32	37	25,24
4	25,30	21	25,08	38	25,30
5	25,20	22	25,32	39	25,36
6	25,30	23	25,32	40	25,26
7	25,24	24	25,36	41	25,30
8	25,24	25	25,20	42	25,32
9	25,24	26	25,30	43	25,18
10	25,24	27	25,34	44	25,30
11	25,28	28	25,30	45	25,26
12	25,34	29	25,16	46	25,20
13	25,16	30	25,30	47	25,34
14	25,20	31	25,14	48	25,22
15	25,16	32	25,20	49	25,38
16	25,16	33	25,28	50	25,28
17	25,24	34	25,34		

Tabulka č. 7

Rozměr "H".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	38,30	18	38,32	35	38,18
2	38,10	19	38,26	36	38,22
3	38,20	20	38,16	37	38,28
4	38,22	21	38,14	38	38,26
5	38,16	22	38,34	39	38,20
6	38,24	23	38,26	40	38,28
7	38,20	24	38,38	41	38,22
8	38,30	25	38,14	42	38,10
9	38,14	26	38,10	43	38,08
10	38,16	27	38,10	44	38,22
11	38,32	28	38,16	45	38,18
12	38,20	29	38,08	46	38,18
13	38,08	30	38,24	47	38,30
14	38,08	31	38,26	48	38,08
15	38,20	32	38,54	49	38,26
16	38,24	33	38,40	50	38,12
17	38,26	34	38,28		

Tabulka č. 8

Rozměr "K".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	65,98	18	65,19	35	65,90
2	65,60	19	65,98	36	66,00
3	65,50	20	66,08	37	65,94
4	65,96	21	65,80	38	65,96
5	65,52	22	65,82	39	65,82
6	65,96	23	65,78	40	65,84
7	55,86	24	65,72	41	65,96
8	66,08	25	65,70	42	65,84
9	65,64	26	65,78	43	65,70
10	66,06	27	65,88	44	66,00
11	66,16	28	65,94	45	65,58
12	66,06	29	65,68	46	65,86
13	65,48	30	65,72	47	65,76
14	65,62	31	65,86	48	65,52
15	65,64	32	65,50	49	66,12
16	65,96	33	65,54	50	65,76
17	65,90	34	66,00		

Tabulka č. 9

Rozměr "L".
(mm)

čís. vzorku	na měř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	6,09	18	6,06	35	6,06
2	6,04	19	6,08	36	6,07
3	6,08	20	6,06	37	6,09
4	6,08	21	6,05	38	6,10
5	6,03	22	6,07	39	6,07
6	6,06	23	6,10	40	6,08
7	6,05	24	6,08	41	6,05
8	6,06	25	6,02	42	6,11
9	6,08	26	6,03	43	5,74
10	6,07	27	6,09	44	6,10
11	6,11	28	6,10	45	6,07
12	6,07	29	6,06	46	6,05
13	6,04	30	5,63	47	6,06
14	6,06	31	6,07	48	6,10
15	6,09	32	6,11	49	6,09
16	6,09	33	6,04	50	6,07
17	6,08	34	6,10		

Tabulka č. 10

Rozměr "M".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	na měř. rozměr
1	15,00	18	14,98	35	14,98
2	14,92	19	14,96	36	14,98
3	14,92	20	15,00	37	14,96
4	14,94	21	14,84	38	14,96
5	14,92	22	14,86	39	14,96
6	14,98	23	14,98	40	14,94
7	14,88	24	14,98	41	14,94
8	14,94	25	14,88	42	14,88
9	14,86	26	14,88	43	14,84
10	14,94	27	14,98	44	14,96
11	14,64	28	15,00	45	14,94
12	14,88	29	14,96	46	14,98
13	14,84	30	14,94	47	14,88
14	14,96	31	14,98	48	14,96
15	15,00	32	14,86	49	14,96
16	14,98	33	14,90	50	14,94
17	14,96	34	14,94		

Tabulka č. 11

Rozměr "N".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	36,24	18	36,20	35	36,24
2	36,16	19	36,12	36	36,20
3	36,18	20	36,26	37	36,28
4	36,16	21	36,26	38	36,28
5	36,24	22	36,22	39	36,28
6	36,12	23	36,18	40	36,28
7	36,28	24	36,20	41	36,28
8	36,20	25	36,12	42	36,18
9	36,22	26	36,12	43	36,20
10	36,36	27	36,18	44	36,20
11	36,28	28	36,28	45	36,14
12	36,02	29	36,16	46	36,28
13	36,16	30	36,18	47	36,14
14	36,16	31	36,38	48	36,24
15	36,14	32	36,22	49	36,26
16	36,18	33	36,28	50	36,16
17	36,24	34	36,14		

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 52.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Tabulka č. 12

Rozměr "0".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	44,20	18	44,18	35	44,12
2	44,02	19	44,16	36	44,22
3	44,10	20	44,36	37	44,06
4	43,90	21	44,20	38	44,20
5	43,92	22	44,22	39	44,30
6	44,08	23	44,16	40	44,00
7	44,06	24	44,16	41	44,34
8	44,36	25	44,16	42	44,08
9	43,86	26	44,02	43	44,16
10	44,22	27	44,12	44	44,02
11	44,32	28	43,94	45	44,04
12	44,12	29	43,98	46	44,12
13	43,94	30	43,94	47	44,20
14	44,00	31	44,02	48	43,84
15	44,02	32	44,04	49	44,34
16	44,10	33	44,08	50	44,10
17	44,08	34	44,22		

Tabulka č. 13

Rozměr "A₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	4,46	18	4,46	35	4,44
2	4,46	19	4,46	36	4,46
3	4,46	20	4,46	37	4,44
4	4,46	21	4,44	38	4,44
5	4,46	22	4,44	39	4,42
6	4,46	23	4,44	40	4,44
7	4,46	24	4,46	41	4,44
8	4,44	25	4,44	42	4,46
9	4,46	26	4,46	43	4,44
10	4,46	27	4,46	44	4,42
11	4,46	28	4,42	45	4,44
12	4,44	29	4,44	46	4,44
13	4,46	30	4,44	47	4,46
14	4,46	31	4,44	48	4,44
15	4,44	32	4,44	49	4,44
16	4,44	33	4,42	50	4,44
17	4,46	34	4,44		

Tabulka č. 14

Rozměr "B₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	na měř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	8,22	18	8,20	35	8,21
2	8,22	19	8,21	36	8,21
3	8,22	20	8,22	37	8,21
4	8,23	21	8,21	38	8,21
5	8,22	22	8,22	39	8,20
6	8,22	23	8,20	40	8,22
7	8,22	24	8,21	41	8,21
8	8,20	25	8,20	42	8,22
9	8,21	26	8,21	43	8,21
10	8,21	27	8,22	44	8,21
11	8,21	28	8,21	45	2,20
12	8,22	29	8,20	46	2,22
13	8,21	30	8,21	47	2,21
14	8,21	31	8,22	48	2,22
15	8,21	32	8,21	49	2,22
16	8,20	33	8,22	50	2,22
17	8,21	34	8,21		

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 55.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Tabulka č. 15

Rozměr "C₁".
(mm)

čís. vzorku	na měř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	16,34	18	16,34	35	16,34
2	16,34	19	16,34	36	16,33
3	16,34	20	16,33	37	16,32
4	16,34	21	16,34	38	16,33
5	16,34	22	16,34	39	16,32
6	16,34	23	16,34	40	16,34
7	16,33	24	16,34	41	16,33
8	16,33	25	16,34	42	16,33
9	16,33	26	16,33	43	16,33
10	16,34	27	16,34	44	16,34
11	16,34	28	16,33	45	16,32
12	16,33	29	16,33	46	16,33
13	16,34	30	16,34	47	16,34
14	16,34	31	16,34	48	16,34
15	16,34	32	16,33	49	16,33
16	16,34	33	16,34	50	16,34
17	16,34	34	16,34		

Tabulka č. 16

Rozměr "D₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	na měř rozměr
1	21,78	18	21,79	35	21,78
2	21,78	19	21,79	36	21,79
3	21,78	20	21,78	37	21,78
4	21,78	21	21,78	38	21,78
5	21,78	22	21,79	39	21,79
6	21,78	23	21,79	40	21,78
7	21,79	24	21,80	41	21,78
8	21,79	25	21,78	42	21,78
9	21,78	26	21,78	43	21,78
10	21,78	27	21,79	44	21,79
11	21,79	28	21,79	45	21,77
12	21,78	29	21,78	46	21,78
13	21,79	30	21,78	47	21,78
14	21,78	31	21,78	48	21,78
15	21,78	32	21,79	49	21,78
16	21,78	33	21,78	50	21,78
17	21,78	34	21,78		

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 57.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Tabulka č. 17

Rozměr "E₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	34,94	18	34,94	35	34,96
2	34,98	19	34,96	36	34,94
3	34,94	20	34,96	37	34,96
4	34,94	21	34,92	38	34,96
5	34,96	22	34,96	39	34,92
6	34,94	23	34,96	40	34,90
7	34,96	24	34,98	41	34,96
8	34,92	25	34,96	42	34,94
9	34,92	26	34,94	43	34,94
10	34,92	27	34,98	44	34,94
11	34,94	28	34,96	45	34,92
12	34,90	29	34,96	46	34,92
13	34,92	30	34,96	47	34,92
14	34,92	31	34,98	48	34,90
15	34,94	32	34,98	49	34,92
16	34,96	33	34,92	50	34,90
17	34,96	34	34,98		

Tabulka č. 18

Rozměr "H₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	58,51	18	58,50	35	58,53
2	58,52	19	58,50	36	58,46
3	58,50	20	58,50	37	58,51
4	58,49	21,	58,51	38	58,52
5	58,51	22	58,52	39	58,52
6	58,50	23	58,49	40	58,52
7	58,51	24	58,51	41	58,50
8	58,52	25	58,51	42	58,46
9	58,52	26	58,53	43	58,48
10	58,54	27	58,50	44	58,52
11	58,53	28	58,48	45	58,51
12	58,49	29	58,49	46	58,46
13	58,53	30	58,48	47	58,49
14	58,53	31	58,48	48	58,48
15	58,46	32	58,52	49	58,47
16	58,51	33	58,44	50	58,50
17	58,45	34	58,53		

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 59.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Tabulka č. 19

Rozměr "K₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	6,09	18	6,10	35	6,10
2	6,09	19	6,09	36	6,10
3	6,09	20	6,09	37	6,10
4	6,09	21	6,10	38	6,10
5	6,10	22	6,08	39	6,10
6	6,09	23	6,10	40	6,10
7	6,09	24	6,08	41	6,10
8	6,09	25	6,09	42	6,09
9	6,10	26	6,10	43	6,01
10	6,09	27	6,09	44	6,09
11	6,09	28	6,09	45	6,04
12	6,09	29	6,09	46	6,09
13	6,09	30	6,08	47	6,10
14	6,07	31	6,10	48	6,08
15	6,09	32	6,09	49	6,09
16	6,09	33	6,10	50	6,10
17	6,07	34	6,09		

Tabulka č. 20

Rozměr "L₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	14,04	18	14,06	35	14,06
2	14,06	19	14,06	36	14,06
3	14,06	20	14,06	37	14,06
4	14,06	21	14,06	38	14,04
5	14,06	22	14,06	39	14,04
6	14,06	23	14,06	40	14,06
7	14,06	24	14,06	41	14,06
8	14,06	25	14,06	42	14,06
9	14,06	26	14,06	43	14,06
10	14,06	27	14,06	44	14,08
11	14,06	28	14,06	45	14,06
12	14,06	29	14,06	46	14,06
13	14,06	30	14,06	47	14,04
14	14,06	31	14,04	48	14,08
15	14,06	32	14,06	49	14,04
16	14,06	33	14,08	50	14,08
17	14,06	34	14,04		

Tabulka č. 21

Rozměr " M_1 ".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	18,98	18	19,98	35	19,02
2	19,00	19	19,00	36	19,04
3	19,00	20	19,00	37	19,02
4	19,00	21	19,98	38	19,00
5	18,98	22	19,00	39	19,02
6	19,00	23	19,00	40	19,02
7	19,00	24	19,00	41	19,02
8	19,02	25	19,00	42	19,02
9	19,00	26	19,00	43	19,02
10	19,02	27	19,00	44	19,02
11	19,00	28	19,00	45	19,00
12	19,00	29	19,00	46	19,00
13	19,00	30	19,02	47	19,00
14	19,00	31	19,02	48	19,00
15	19,02	32	19,02	49	19,02
16	19,00	33	19,00	50	19,00
17	19,00	34	19,02		

Tabulka č. 22

Rozměr "N₁".
(mm)

čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	31,02	18	31,00	35	31,04
2	31,02	19	31,02	36	31,02
3	31,02	20	30,98	37	31,04
4	31,02	21	31,00	38	31,02
5	31,02	22	31,00	39	31,02
6	31,02	23	31,02	40	30,98
7	31,02	24	30,98	41	31,02
8	31,00	25	31,02	42	31,00
9	31,00	26	31,02	43	31,00
10	31,02	27	31,00	44	31,04
11	31,02	28	31,02	45	31,02
12	31,04	29	31,04	46	31,02
13	31,02	30	31,04	47	31,00
14	31,00	31	31,00	48	31,00
15	31,00	32	30,98	49	30,98
16	31,00	33	31,00	50	31,00
17	31,00	34	31,02		

Tabulka č. 23

Rozměr "O₁".
(mm)

čís. vzorku	na měř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr	čís. vzorku	naměř. rozměr
1	38,20	18	38,20	35	38,18
2	38,20	19	38,18	36	38,18
3	38,16	20	38,16	37	38,10
4	38,18	21	38,20	38	38,16
5	38,18	22	38,16	39	38,14
6	38,20	23	38,16	40	38,14
7	38,20	24	38,12	41	38,18
8	38,18	25	38,12	42	38,20
9	38,18	26	38,18	43	38,18
10	38,20	27	38,18	44	38,16
11	38,22	28	38,16	45	38,16
12	38,08	29	38,14	46	38,16
13	38,16	30	38,14	47	38,20
14	38,18	31	38,14	48	39,16
15	38,16	32	38,10	49	38,18
16	38,18	33	38,18	50	38,18
17	38,20	34	38,12		

Rozměr "A"

Tabulka č. 24

Rozměr formy: 2,32 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
2,20	- 0,12	2	- 0,24	0,0144	0,0288
2,22	- 0,10	4	- 0,40	0,0100	0,0400
2,24	- 0,08	10	- 0,80	0,0064	0,0640
2,26	- 0,06	25	- 1,50	0,0036	0,0800
2,28	- 0,04	9	- 0,36	0,0016	0,0144
		50	- 3,30		0,2272

$\bar{x}=0,0660$

$\bar{x}^2=0,0045$

$\sigma=0,0141$

$\sigma_x=0,0423$

$\sigma_y=0,0094$

Rozměr "B"

Tabulka č. 25

Rozměr formy: 7,86 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
7,66	- 0,20	1	- 0,20	0,0400	0,0400
7,68	- 0,18	2	- 0,36	0,0324	0,0648
7,70	- 0,16	6	- 0,96	0,0256	0,1536
7,72	- 0,14	10	- 1,40	0,0196	0,1960
7,74	- 0,12	2	- 0,24	0,0144	0,0288
7,76	- 0,10	7	- 0,70	0,0100	0,0700
7,78	- 0,08	4	- 0,32	0,0064	0,0256
7,80	- 0,06	1	- 0,06	0,0036	0,0036
7,82	- 0,04	8	- 0,24	0,0016	0,0128
7,84	- 0,02	6	- 0,12	0,0004	0,0024
7,90	+ 0,04	2	+ 0,08	0,0016	0,0032
7,92	+ 0,06	1	+ 0,06	0,0036	0,0036
		50	- 4,46		0,6034

$\bar{x}=-0,0892$

$\bar{x}^2=0,0120$

$\sigma=0,0642$

$\sigma_x=0,1926$

$\sigma_y=0,0428$

Rozměr "C"

Tabulka č. 26

Rozměr formy: 11,126 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
10,82	- 0,306	1	-0,306	0,0936	0,0936
10,84	-0,286	3	-0,858	0,0818	0,2454
10,86	-0,266	1	-0,226	0,0708	0,0708
10,88	-0,246	7	-1,722	0,0605	0,4235
10,90	-0,226	8	-1,808	0,0511	0,4088
10,92	-0,206	6	-1,236	0,0424	0,2544
10,94	-0,186	4	-0,744	0,0346	0,1384
10,96	-0,166	9	-1,494	0,0276	0,2484
10,98	-0,146	1	-0,146	0,0213	0,0213
11,00	-0,126	3	-0,378	0,0159	0,0477
11,02	-0,106	2	-0,212	0,0112	0,0224
11,04	-0,086	3	-0,258	0,0074	0,0222
11,06	-0,066	1	-0,066	0,0044	0,0044
11,08	-0,046	1	-0,046	0,0021	0,0021

50

-9,500

2,0034

$\bar{x} = -0,1900$

$\bar{x}^2 = 0,0401$

$\sigma = 0,0630$

$\sigma^2 = 0,0040$

$\sigma^2 = 0,0040$

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 66.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Rozměr "D"

Tabulka č. 27

Rozměr formy: 16,873 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,5$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
16,50	-0,373	1	-0,373	0,1391	0,1391
16,54	-0,333	1	-0,333	0,1109	0,1109
16,56	-0,313	1	-0,313	0,0980	0,0980
16,58	-0,293	2	-0,586	0,0858	0,1716
16,60	-0,273	4	-1,092	0,0745	0,2980
16,62	-0,253	2	-0,506	0,0640	0,1280
16,64	-0,233	1	-0,233	0,0533	0,0533
16,66	-0,213	1	-0,213	0,0454	0,0454
16,68	-0,193	13	-2,509	0,0372	0,4836
16,70	-0,173	3	-0,519	0,0299	0,0897
16,72	-0,153	6	-0,918	0,0234	0,1404
16,74	-0,133	7	-0,931	0,0177	0,1239
16,76	-0,113	4	-0,452	0,0128	0,0512
16,78	-0,093	3	-0,279	0,0086	0,0258
		49	-9,257		1,9589

$$\bar{x} = -0,1888$$

$$\bar{x}^2 = 0,0399$$

$$\sigma = 0,0648$$

$$\sigma_x = 0,1944$$

$$\sigma_y = 0,0432$$

Rozměr "E"

Tabulka č. 28

Rozměr formy: 25,473 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,5$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
25,08	-0,393	1	-0,393	0,1544	0,1544
25,14	-0,333	1	-0,333	0,1109	0,1109
25,16	-0,313	4	-1,252	0,0980	0,3920
25,18	-0,293	1	-0,293	0,0858	0,0858
25,20	-0,273	6	-1,638	0,0745	0,4470
25,22	-0,253	1	-0,253	0,0640	0,0640
25,24	-0,233	6	-1,398	0,0533	0,3198
25,26	-0,213	3	-0,639	0,0454	0,1362
25,28	-0,193	5	-0,965	0,0372	0,1860
25,30	-0,173	8	-1,384	0,0299	0,2392
25,32	-0,153	5	-0,765	0,0234	0,1170
25,34	-0,133	4	-0,532	0,0177	0,0708
25,36	-0,113	4	-0,452	0,0128	0,0512
25,38	-0,093	1	-0,093	0,0086	0,0086

50 -10,390

2,3829

$$\bar{x} = -0,2078$$

$$\bar{x}^2 = 0,0477$$

$$\sigma = 0,0671$$

$$\alpha = 0,2013$$

$$\beta = 0,0447$$

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 68.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Rozměr "H"

Tabulka č. 29

Rozměr formy: 38,593 mm

Dovolená úchylka: + 1,00 mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
38,08	-0,513	5	-2,565	0,2616	1,3080
38,10	-0,493	4	-1,972	0,2416	0,9664
38,12	-0,473	1	-0,473	0,2223	0,2223
38,14	-0,453	3	-1,359	0,2039	0,6117
38,16	-0,433	4	-1,732	0,1862	0,7688
38,18	-0,413	3	-1,239	0,1695	0,5085
38,20	-0,393	5	-1,965	0,1544	0,7720
38,22	-0,373	4	-1,492	0,1380	0,5520
38,24	-0,353	3	-1,059	0,1236	0,3708
38,26	-0,333	6	-1,998	0,1109	0,6654
38,28	-0,313	3	-0,939	0,0980	0,2940
38,30	-0,293	3	-0,879	0,0858	0,2574
38,32	-0,273	2	-0,546	0,0745	0,1490
38,34	-0,253	1	-0,253	0,0640	0,0640
38,38	-0,213	1	-0,213	0,0454	0,0454
38,40	-0,193	1	-0,193	0,0372	0,0372
		49	-18,877	7,5929	

$\bar{x} = -0,3856$

$\bar{x}^2 = 0,1550$

$\sigma = 0,0825$

$\sigma^2 = 0,0068$

$\sigma^2 = 0,0068$

Rozměr "K"

Tabulka č. 30

Rozměr formy: 66,38 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,8$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
65,48	-0,90	1	-0,90	0,8100	0,8100
65,50	-0,88	2	-1,76	0,7744	1,5488
65,52	-0,86	2	-1,72	0,7396	1,4792
65,54	-0,84	1	-0,84	0,7056	0,7056
65,58	-0,80	1	-0,80	0,6400	0,6400
65,60	-0,78	1	-0,78	0,6084	0,6084
65,62	-0,76	1	-0,76	0,5776	0,5776
65,64	-0,74	2	-1,48	0,5476	1,0952
65,68	-0,72	2	-1,44	0,5184	1,0368
65,70	-0,70	2	-1,40	0,4900	0,9800
65,72	-0,68	1	-0,68	0,4624	0,4624
65,76	-0,64	2	-1,28	0,4096	0,8192
65,78	-0,62	2	-1,24	0,3844	0,7688
65,80	-0,60	1	-1,20	0,3600	0,3600
65,82	-0,58	2	-1,16	0,3364	0,6728
65,84	-0,56	2	-1,12	0,3136	0,6272
65,86	-0,54	3	-1,62	0,2916	0,8748
65,88	-0,52	1	-0,52	0,2704	0,2704
65,90	-0,50	3	-1,50	0,2500	0,7500
65,94	-0,46	2	-0,92	0,2116	0,4232
65,96	-0,44	5	-2,22	0,1936	0,9680
65,98	-0,42	2	-0,84	0,1764	0,3528
66,00	-0,40	3	-1,20	0,1600	0,4800
66,06	-0,32	2	-0,64	0,1156	0,2312
66,08	-0,30	2	-0,60	0,0900	0,1800
66,12	-0,26	1	-0,26	0,0676	0,0676
66,16	-0,22	1	-0,22	0,0484	0,0484

50 -29,88

17,8832

 $\bar{x} = -0,5840$ $\bar{x}^2 = 0,3575$ $\sigma = 0,1284$ $\alpha = 0,3852$ $\beta = 0,0856$

VŠST LIBEREC DP - ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 70.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

Rozměr "L"

Tabulka č. 31

Rozměr formy: 6,207 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
6,03	-0,177	2	-0,354	0,0313	0,0626
6,04	-0,167	3	-0,501	0,0278	0,0834
6,05	-0,157	6	-0,942	0,0246	0,1476
6,06	-0,147	4	-0,588	0,0216	0,0864
6,07	-0,137	10	-1,370	0,0192	0,1920
6,08	-0,127	8	-1,016	0,0153	0,1224
6,09	-0,117	6	-0,702	0,0138	0,0828
6,10	-0,107	6	-0,642	0,0114	0,0684
6,11	-0,097	3	-0,291	0,0094	0,0284

48

-6,406

0,8738

$\bar{x} = -0,1334$

$\bar{x}^2 = 0,0182$

$\sigma = 0,0229$

$\sigma_x = 0,0687$

$\sigma_y = 0,0086$

Rozměr "M"

Tabulka č. 32

Rozměr formy: 15,12 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,5$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
14,86	-0,26	3	-0,78	0,0676	0,2028
14,88	-0,24	3	-0,72	0,0576	0,1728
14,90	-0,22	6	-1,32	0,0484	0,2904
14,92	-0,20	1	-0,20	0,0400	0,0400
14,94	-0,18	3	-0,54	0,0324	0,0972
14,96	-0,16	8	-1,28	0,0256	0,2088
14,98	-0,14	10	-1,40	0,0196	0,1960
15,00	-0,12	10	-1,20	0,0144	0,1440
15,02	-0,10	4	-0,40	0,0100	0,0400

48

-7,84

1,3820

$\bar{x} = -0,1633$

$\bar{x}^2 = 0,0287$

$\sigma = 0,0461$

$\sigma_x = 0,1383$

$\sigma_y = 0,0307$

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 71.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Rozměr "N"

Tabulka č. 33

Rozměr formy: 36,48 mm

Dovolená úchylka: + 0,6 mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
36,12	-0,36	4	-1,44	0,1296	0,5184
36,14	-0,34	4	-1,36	0,1156	0,4624
36,16	-0,32	5	-1,60	0,1024	0,5120
36,18	-0,30	6	-1,80	0,0900	0,5400
36,20	-0,28	6	-1,68	0,0784	0,4704
36,22	-0,26	3	-0,78	0,0676	0,2028
36,24	-0,24	5	-1,20	0,0576	0,2880
36,26	-0,22	3	-0,66	0,0484	0,1452
36,28	-0,20	10	-2,00	0,0400	0,4000
36,36	-0,12	1	-0,12	0,0144	0,0144
36,38	-0,10	1	-0,10	0,0100	0,0100
		48	-12,74	3,5636	

$$\bar{x} = -0,2654$$

$$\overline{x^2} = 0,0742$$

$$\sigma = 0,0617$$

$$\sigma_x = 0,1851$$

$$\sigma_y = 0,0411$$

VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 72.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek

Rozměr "0"

Tabulka č. 34

Rozměr formy: 44,53 mm

Dovolená úchylna: $\pm 0,5$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
43,94	-0,59	3	-1,77	0,3481	1,0443
43,98	-0,55	1	-0,55	0,3025	0,3025
44,00	-0,53	3	-1,59	0,2809	0,8427
44,02	-0,51	5	-2,55	0,2601	1,3005
44,04	-0,49	2	-0,98	0,2401	0,4802
44,06	-0,47	2	-0,94	0,2209	0,4418
44,08	-0,45	4	-1,70	0,2025	0,8060
44,10	-0,43	3	-1,29	0,1849	0,5547
44,12	-0,41	4	-1,64	0,1681	0,6724
44,16	-0,37	5	-1,85	0,1369	0,6845
44,18	-0,35	1	-0,35	0,1225	0,1225
44,20	-0,33	4	-1,32	0,1089	0,4276
44,22	-0,31	4	-1,24	0,0961	0,3844
44,30	-0,29	1	-0,29	0,0841	0,0841
44,32	-0,27	1	-0,27	0,0729	0,0729
44,34	-0,25	2	-0,50	0,0625	0,1250
44,36	-0,23	2	-0,46	0,0529	0,1058

47

-19,29

8,4719

$\bar{x} = -0,4100$

$\bar{x}^2 = 0,1585$

$\sigma = 0,1082$

$\sigma^2 = 0,3246$

$\sigma^2 = 0,0721$

Rozměr "A₁"

Tabulka č. 35

Rozměr formy: 4,467 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,1$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
4,42	-0,047	2	-0,094	0,0022	0,0044
4,44	-0,027	26	-0,602	0,0007	0,0182
4,46	-0,007	22	-0,154	0,00004	0,0009
		50	-0,850		0,0235

$$\bar{x} = -0,0170$$

$$\bar{x}^2 = 0,0005$$

$$\sigma = 0,0136$$

$$\alpha = 0,0408$$

$$\gamma = 0,0092$$

Rozměr "B₁"

Tabulka č. 36

Rozměr formy: 8,24 mm

Dovolená úchylka: $- 0,2$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
8,20	-0,04	8	-0,32	0,0016	0,0128
8,21	-0,03	23	-0,69	0,0009	0,0207
8,22	-0,02	18	-0,36	0,0004	0,0072
8,23	-0,01	1	-0,01	0,0001	0,0001
		50	-1,38		0,0408

$$\bar{x} = -0,0276$$

$$\bar{x}^2 = 0,0008$$

$$\sigma = 0,0022$$

$$\alpha = 0,0066$$

$$\gamma = 0,0014$$

Rozměr "C₁"

Tabulka č. 37

Rozměr formy: 16,427 mm

Dovolená odchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
16,32	-0,107	3	-0,321	0,0114	0,0342
16,33	-0,097	16	-1,552	0,0094	0,1504
16,34	-0,087	31	-2,697	0,0076	0,2356
		50	-4,570		0,4202

$$\bar{x} = -0,0914$$

$$\bar{x}^2 = 0,0084$$

$$\sigma = 0,0120$$

$$\alpha = 0,0360$$

$$\gamma = 0,0080$$

Rozměr "D₁"

Tabulka č. 38

Rozměr formy: 21,893 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
21,77	-0,123	1	-0,123	0,0151	0,0151
21,78	-0,113	34	-3,842	0,0128	0,4352
21,79	-0,103	14	-1,442	0,0106	0,1484
21,80	-0,093	1	-0,093	0,0086	0,0086
		50	-5,500		0,6073

$$\bar{x} = -0,1100$$

$$\bar{x}^2 = 0,0123$$

$$\sigma = 0,0141$$

$$\sigma^2 = 0,0020$$

$$\sigma^3 = 0,0009$$

Rozměr "E₁"

Tabulka č. 39

Rozměr formy: 35,155 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
34,88	-0,275	1	-0,275	0,0756	0,0756
34,90	-0,255	11	-2,805	0,0650	0,7150
34,92	-0,235	15	-3,525	0,0552	0,8280
34,94	-0,215	17	-3,655	0,0462	0,7854
34,96	-0,195	6	-1,170	0,0380	0,2280
		50	-11,430		2,6320

$$\bar{x} = -0,2286$$

$$\bar{x}^2 = 0,0526$$

$$\sigma = 0,0200$$

$$\sigma^2 = 0,0040$$

$$\sigma^3 = 0,0013$$

Rozměr "H₁"

Tabulka č. 40

Rozměr formy: 58,98 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,5$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
58,44	-0,54	1	-0,54	0,2916	0,2916
58,45	-0,53	1	-0,53	0,2809	0,2809
58,46	-0,52	4	-2,08	0,2704	1,0816
58,47	-0,51	1	-0,51	0,2601	0,2601
58,48	-0,50	5	-2,50	0,2500	1,2500
58,49	-0,49	5	-2,45	0,2401	1,2005
58,50	-0,48	8	-3,84	0,2304	1,8432
58,51	-0,47	9	-4,23	0,2209	1,9881
58,52	-0,46	9	-4,14	0,2116	1,9044
58,53	-0,45	6	-2,70	0,2025	1,2150
58,54	-0,44	1	-0,44	0,1936	0,1936
		50	-23,90		11,5090

$$\bar{x} = -0,4780$$

$$\bar{x}^2 = 0,2302$$

$$\sigma = 0,0424$$

$$\sigma^2 = 0,0018$$

$$\sigma^3 = 0,0003$$

Rozměr "K₁"

Tabulka č. 41

Rozměr formy: 6,105 mm

Dovolená úchylka: $+ 0,1$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
6,01	-0,095	1	-0,095	0,0090	0,0090
6,04	-0,065	1	-0,065	0,0042	0,0042
6,07	-0,035	2	-0,070	0,0012	0,0024
6,08	-0,025	4	-0,100	0,0006	0,0024
6,09	-0,015	25	-0,375	0,0002	0,0050
6,10	-0,005	18	-0,090	0,00003	0,0004
		50	-0,795		0,0234

$$\bar{x} = -0,0159$$

$$\bar{x}^2 = 0,0004$$

$$\sigma = 0,0143$$

$$\sigma^2 = 0,0002$$

$$\sigma^3 = 0,0000$$

Rozměr "L₁"

Tabulka č. 42

Rozměr formy: 14,095 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,2$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
14,04	-0,055	7	-0,385	0,0030	0,0210
14,06	-0,035	38	-1,330	0,0012	0,0468
14,08	-0,015	4	-0,060	0,0002	0,0008
		49	-1,775		0,0686

$$\bar{x} = -0,0362$$

$$\bar{x}^2 = 0,0014$$

$$\sigma = 0,0138$$

$$\mathcal{K} = 0,0414$$

$$\mathcal{J} = 0,0092$$

Rozměr "M₁"

Tabulka č. 43

Rozměr formy: 19,08 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,2$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
18,98	-0,10	4	-0,40	0,0100	0,0400
19,00	-0,08	29	-2,32	0,0064	0,1852
19,02	-0,06	14	-0,84	0,0036	0,0504
19,04	-0,04	2	-0,08	0,0016	0,0032
		49	-3,64		0,2788

$$\bar{x} = -0,0743$$

$$\bar{x}^2 = 0,0057$$

$$\sigma = 0,0133$$

$$\mathcal{K} = 0,0399$$

$$\mathcal{J} = 0,0088$$

Rozměr "N₁"

Tabulka č. 44

Rozměr formy: 31,108 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
30,98	-0,128	5	-0,640	0,0164	0,0820
31,00	-0,108	17	-1,836	0,0117	0,1989
31,02	-0,098	22	-2,156	0,0096	0,2112
31,04	-0,078	6	-0,468	0,0061	0,0366
		50	-5,100		0,5287

$$\bar{x} = -0,1020$$

$$\bar{x}^2 = 0,0106$$

$$\sigma = 0,0134$$

$$\delta = 0,0402$$

$$\gamma = 0,0089$$

Rozměr "O₁"

Tabulka č. 45

Rozměr formy: 38,35 mm

Dovolená úchylka: $\pm 0,3$ mm

rozměr	x_i	n_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$
38,08	-0,27	1	-0,27	0,0729	0,0729
38,10	-0,25	2	-0,50	0,0625	0,1250
38,12	-0,23	3	-0,69	0,0529	0,1589
38,14	-0,21	5	-1,05	0,0441	0,2205
38,16	-0,19	12	-2,28	0,0361	0,4332
38,18	-0,17	16	-2,72	0,0289	0,4624
38,20	-0,15	10	-1,50	0,0225	0,2250
38,22	-0,13	1	-0,13	0,0169	0,0169
		50	-9,14		1,7146

$$\bar{x} = -0,1828$$

$$\bar{x}^2 = 0,0343$$

$$\sigma = 0,0284$$

$$\delta = 0,0752$$

$$\gamma = 0,0189$$

4.5. Statistické vyhodnocení měření.

Úkolem statistiky je v podstatě popisování datových statistických souborů a odhalování pravidelností, které se v nich projevují.

Podkladem pro řešení těchto úkolů je statistická kontrola, která tvoří souhrné sledování, zaznamenávání výsledků a jejich konfrontace s předpokládanými výsledky.

Pro účely stat. kontroly byla vypracována norma ČSN 2240-1940.

Výsledkem stat. kontroly odlišností je určení změny výrobní odchylky a získání zákonitosti některých parametrů ve výrobě.

Při určování stat. kontroly vycházíme z průměrné odchylky $\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot n_i}{n_i}$.

Její význam tkví v tom, že určuje osu souměrnosti Gaussovy křivky četnosti. Průběh Gaussovy křivky nám osvětluje vlastnosti a rozdělení náhodných odchylek rozměrů - odlišností a formy.

K odvození požadovaných zákonitostí z měření všech rozměrů musíme použít vyrovnávacího výpočtu. Charakteristickou hodnotou je směrodatná odchylka

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 \cdot n_i}{n_i} - \bar{x}^2}$$

Dalšími důležitými hodnotami jsou pravděpodobná odchylka

$$\sigma_p = \frac{2}{3} \sigma$$

a krajní odchylka $\sigma_k = 3\sigma$

Geometrický význam těchto odchylek je ten, že každá vytíná na Gaussově křivce část plochy pod křivkou, která procentuálně určuje pravděpodobnost výskytu odchylek.

Vytkneme-li na Gaussově křivce rozsah tolerančního pole, udává poměr plochy pod křivkou vně tohoto pole ku celé ploše pod Gaussovou křivkou pravděpodobné procento zmetků.

Z počtu pravděpodobnosti je určeno, že:

$\pm 2/3 \sigma = \mathcal{J}$ odpovídá 50 % zmetků

$\pm \sigma$ odpovídá 32 % "

$\pm 2\sigma$ odpovídá 5 % "

$\mathcal{H}$ odpovídá 0,27 % "

Z toho plyne, že zvyšování přesnosti má za následek větší procento zmetků. V praxi se většinou počítá s t.zv. normální přesností $\pm 3\sigma$ t.j. rozptylu 6σ . Odchytky mimo tyto meze jsou považovány za hrubou nedbalost a nepřipouštějí se.

Závislost rozptylu odchylek na jm. rozměru se určí vyrovnávacím výpočtem.

Při určování lineárního vyrovnávacího výpočtu určíme rovnici regresivní přímky tvaru

$$y = a \cdot x + b$$

a pro výpočet jednoduššího tvaru

$$y = \bar{y} + b_{yx} (x - \bar{x})$$

y - odchylka nebo rozptyl

x - jmenovitý rozměr

$\bar{x}$; $\bar{y}$ - aritmetické průměry

b_{yx} - regresivní koef., udávající přiměřenou změnu proměnné y, odpovídající zvýšení proměnné x o jednotku.

Regresivní koef. se určí: $b_{yx} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x^2}$

σ_x^2 - rozptyl hodnot jm. rozměru

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum x_i^2 \cdot n_i}{n_i} - \bar{x}^2$$

Stejným způsobem se určí reg. koef. b_{xy} .

σ_y^2 - rozptyl hodnot odchylek y .

Utvořením geom. průměru z reg. koeficientu dostaneme vyrovňovací koeficient:

$$r_{yx} = r_{xy} = \sqrt{b_{xy} \cdot b_{yx}}$$

Jeho význam spočívá v tom, že určuje míru lineární vyrovňovací závislosti.

Tento koeficient se pohybuje v rozmezí od -1 do $+1$. Jestliže se vyr. koef. rovná $+1$, vyrovňání je úplně přímo závislé. Při rovnosti -1 představuje vyrovňání úplně nepřímo závislé. Hodnoty mezi -1 ; $+1$ značí větší či menší těsnost k lineární závislosti. Když je roven 0 , je závislost nelineární.

Touto metodou byly vypočteny velikosti průměrných odchylek rozměrů a rozptyly odlitků proti formě. Jsou sestaveny tabelárně a graficky.

Průměrné odchylky:

Přesné lití - volné rozměry	tab.č. 46
omezené rozměry	" 47
Tlakové lití - volné rozměry	" 50
omezené rozměry	" 51

Rozptyly:

Přesné lití - volné rozměry	" 48
omezené rozměry	" 49
Tlakové lití - volné rozměry	" 52
omezené rozměry	" 53

Graficky:

Průměrné odchylky:

Přesné lití - volné rozměry	graf č. 2
omezené rozměry	" 3
Tlakové lití - volné rozměry	" 4
omezené rozměry	" 5

Rozptyly:

Přesné lití - volné rozměry	graf.č. 6
omezené rozměry	" 7
Tlakové lití - volné rozměry	" 8
omezené rozměry	" 9

4.6. Návrh na provozní aplikaci získaných údajů.

Měřením a stat. vyhodnocením byly určeny průměrné odchylky rozměrů odlitků proti formě. Zpětným přepočtem ze získaných průměrných odchylek byl určen průměrný procentuální přídavek k jm. rozměru odlitku pro výrobu forem. Hodnoty jsou sestaveny graficky:

Přesné lití	graf č. 10
Tlakové lití	" 11

Tabulka č. 46

x	y	x^2	y^2	x . y
2,32	0,0660	5,3824	0,000435	0,1541
7,86	0,0892	63,0436	0,000795	1,0401
11,126	0,1900	123,7879	0,036000	2,1139
16,873	0,1888	284,5886	0,035663	3,1884
25,473	0,2078	648,7973	0,043180	5,2977
38,593	0,3856	1489,3039	0,148687	14,2957
66,38	0,5840	4406,3044	0,341056	38,7659

168,705 1,7430 7021,2081 0,605916 64,8558

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 24,1000 & \bar{y} &= 0,2490 & \bar{y}^2 &= 0,0591 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 6,0009 & \overline{xy} &= 9,2651 & \overline{y^2} &= 0,0865 \\ \overline{x^2} &= 1003,0298 & \bar{x}^2 &= 580,8100 & \sigma_x^2 &= 422,2198 \\ \sigma_y^2 &= 0,0274 & b_{yx} &= 0,0077 & b_{xy} &= 118,8742\end{aligned}$$

$$y = 0,0634 + 0,0077 x \quad r_{xy} = 0,95$$

Tabulka č. 47

x	y	x^2	y^2	x . y
6,207	0,1334	38,5024	0,017742	0,8271
15,12	0,1633	228,6164	0,026518	2,4192
36,48	0,2654	1330,7904	0,070531	9,6818
44,53	0,4100	1981,1209	0,168100	19,2573

102,337 0,9721 3589,7301 0,281991 32,1854

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 25,3342 & \bar{y} &= 0,2430 & \bar{y}^2 &= 0,0590 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 6,1562 & \overline{xy} &= 8,0463 & \overline{y^2} &= 0,0707 \\ \overline{x^2} &= 891,4325 & \bar{x}^2 &= 646,9182 & \sigma_x^2 &= 244,5143 \\ \sigma_y^2 &= 0,0117 & b_{yx} &= 0,0076 & b_{xy} &= 93,4221\end{aligned}$$

$$y = 0,0505 + 0,0076 x \quad r_{xy} = 0,89$$

Tabulka č. 48

x	y	x^2	y^2	x . y
2,32	0,0840	5,3824	0,007056	0,1392
7,86	0,3825	63,0436	0,148324	3,0586
11,126	0,3780	123,7879	0,142884	4,2056
16,873	0,3888	284,5886	0,151124	6,5624
25,473	0,4026	648,7973	0,162086	10,2659
38,593	0,4950	1489,3039	0,245025	19,0020
66,38	0,7704	4406,3044	0,593516	51,1126
168,705	2,7432	7021,2081	1,448015	95,2791

$\bar{x} = 24,1000$

$\bar{y} = 0,3919$

$\bar{y}^2 = 0,1535$

$\bar{x} \cdot \bar{y} = 9,4433$

$\overline{xy} = 13,6113$

$\bar{y}^2 = 0,2069$

$\bar{x}^2 = 1003,0298$

$\bar{x}^2 = 580,8100$

$\sigma_x^2 = 422,2198$

$\sigma_y^2 = 0,0534$

$b_{yx} = 0,0098$

$b_{xy} = 78,3465$

$y = 0,1549 + 0,0098 x$

$r_{xy} = 0,87$

Tabulka č. 49

x	y	x^2	y^2	x . y
6,207	0,1374	38,5024	0,018823	0,8518
15,12	0,2766	228,6164	0,076341	4,1766
36,48	0,3702	1330,7904	0,136974	13,4976
44,53	0,6492	1981,1209	0,421381	28,8999
102,337	1,4334	3569,0301	0,653520	47,4259

$\bar{x} = 25,3342$

$\bar{y} = 0,3583$

$\bar{y}^2 = 0,1282$

$\bar{x} \cdot \bar{y} = 9,0686$

$\overline{xy} = 11,8564$

$\bar{y}^2 = 0,1633$

$\bar{x}^2 = 891,4325$

$\bar{x}^2 = 646,9182$

$\sigma_x^2 = 244,5143$

$\sigma_y^2 = 0,0350$

$b_{yx} = 0,0114$

$b_{xy} = 79,4946$

$y = 0,0773 + 0,0114 x$

$r_{xy} = 0,91$

Tabulka č. 50

x	y	x^2	y^2	x . y
4,467	0,0170	19,9603	0,000289	0,0759
8,24	0,0276	67,8976	0,000761	0,2274
16,427	0,0914	268,9698	0,008357	1,4456
21,893	0,1100	479,3925	0,012100	2,4082
35,155	0,2286	1238,4721	0,052121	5,2732
58,98	0,4780	3480,3297	0,228484	28,3104

145,162 0,9526 5555,0215 0,312112 37,7407

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 24,1937 & \bar{y} &= 0,1588 & \bar{y}^2 &= 0,0252 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 3,8710 & \overline{xy} &= 6,2901 & \bar{y}^2 &= 0,0520 \\ \bar{x}^2 &= 925,8369 & \bar{x}^2 &= 585,2529 & \sigma_x^2 &= 340,5840 \\ \sigma_y^2 &= 0,0252 & b_{yx} &= 0,0080 & b_{xy} &= 97,5444 \\ y &= -0,0214 + 0,0080 x & r_{xy} &= 0,88 \end{aligned}$$

Tabulka č. 51

x	y	x^2	y^2	x . y
6,105	0,0159	37,2125	0,000252	0,0970
14,095	0,0362	198,7835	0,001310	0,5104
19,08	0,0743	364,8034	0,005520	1,4291
31,108	0,1020	967,2098	0,010404	3,1722
38,35	0,1828	1467,1241	0,033110	7,0181

108,738 0,4112 3035,1333 0,050896 12,2268

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 21,5470 & \bar{y} &= 0,0822 & \bar{y}^2 &= 0,0067 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 1,7238 & \overline{xy} &= 2,4453 & \bar{y}^2 &= 0,0101 \\ \bar{x}^2 &= 607,0266 & \bar{x}^2 &= 464,2896 & \sigma_x^2 &= 142,7370 \\ \sigma_y^2 &= 0,0033 & b_{yx} &= 0,0046 & b_{xy} &= 206,1429 \\ y &= -0,0178 + 0,0046 x & r_{xy} &= 0,96 \end{aligned}$$

Tabulka č. 52

x	y	x^2	y^2	x . y
4,467	0,0816	19,9603	0,006609	0,3574
8,24	0,0132	67,8976	0,000174	0,1071
16,427	0,0720	268,9693	0,005184	2,6283
21,893	0,0846	479,3925	0,007157	1,8606
35,155	0,1200	1238,4721	0,014400	4,2186
58,98	0,2544	3480,3297	0,064719	14,9809

145,162 0,7124 5555,0215 0,098243 24,1529

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 24,1937 & \bar{y} &= 0,1187 & \bar{y}^2 &= 0,0140 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 2,8786 & \overline{xy} &= 4,0254 & \overline{y^2} &= 0,0163 \\ \bar{x}^2 &= 925,8369 & \bar{x}^2 &= 585,2529 & G_x^2 &= 340,5840 \\ G_y^2 &= 0,0023 & b_{yx} &= 0,0033 & b_{xy} &= 262,2741 \\ y &= 0,0462 + 0,0033x & & & r_{xy} &= 0,92 \end{aligned}$$

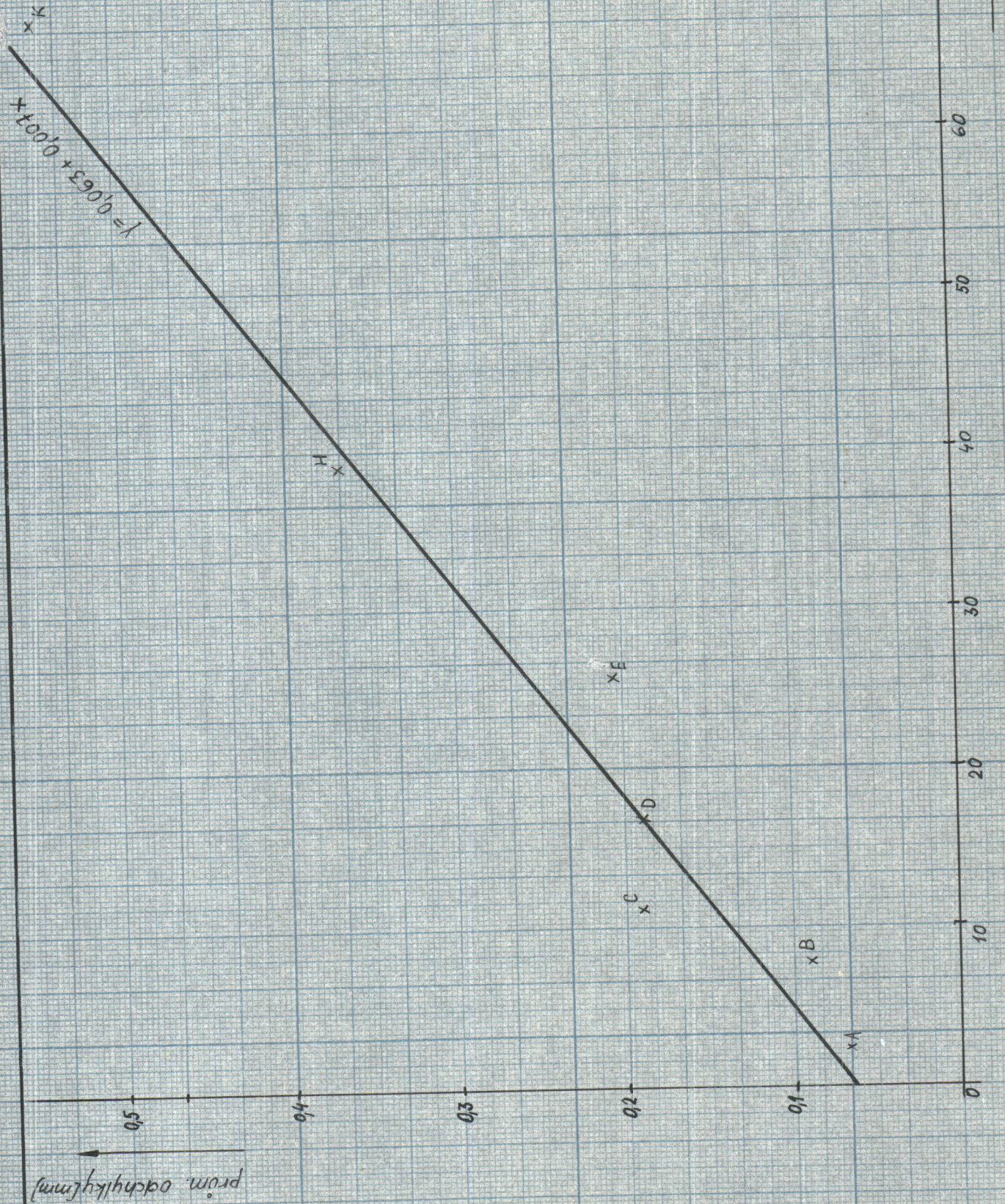
Tabulka č. 53

x	y	x^2	y^2	x . y
6,105	0,0858	37,2125	0,007361	0,5234
14,095	0,0828	198,7835	0,006855	1,1675
19,08	0,0798	364,8034	0,006368	1,5264
31,108	0,0798	967,2098	0,006368	2,4886
38,35	0,1704	1467,1241	0,029036	6,5195

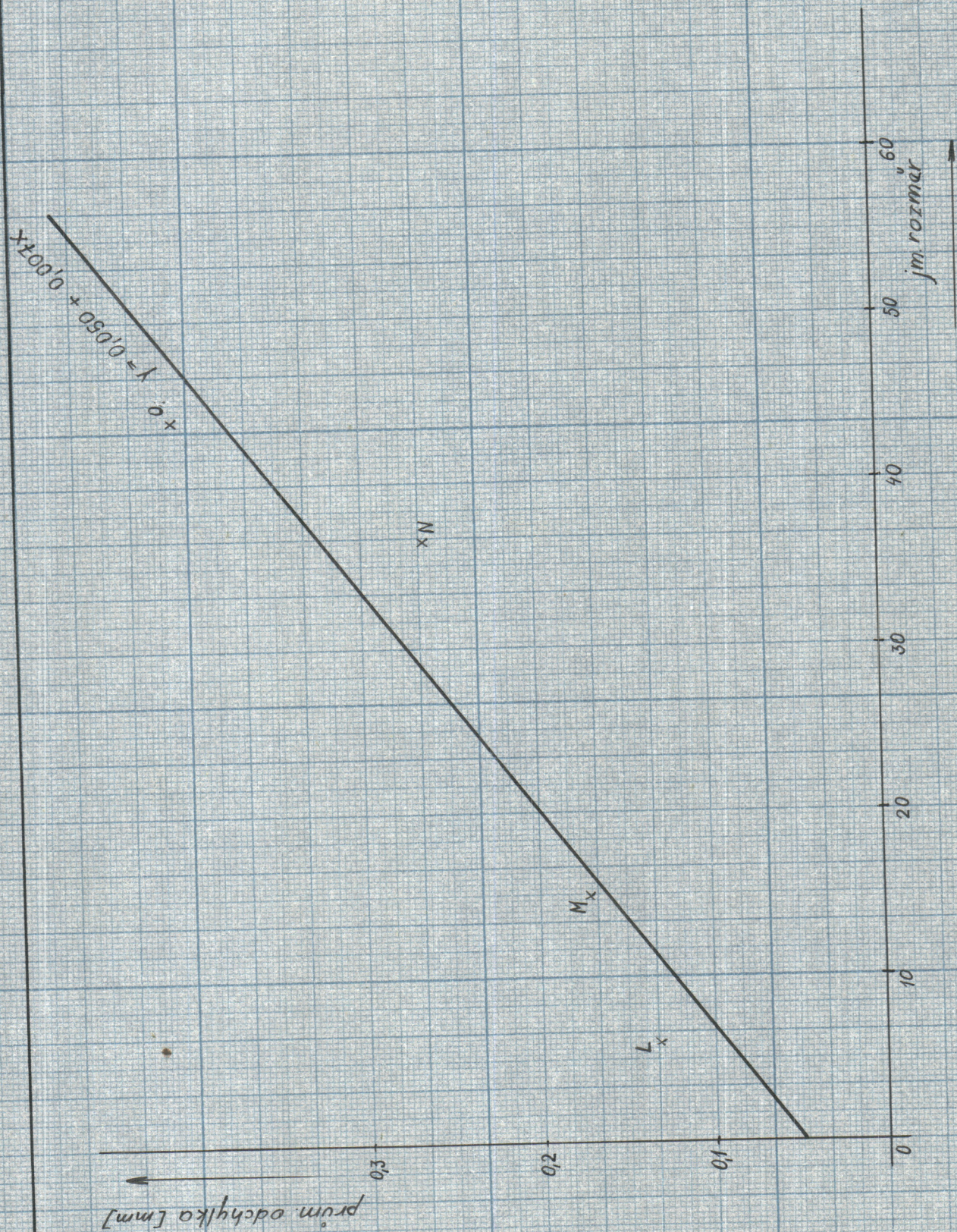
108,738 0,4986 3035,1333 0,055988 12,2254

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 21,5470 & \bar{y} &= 0,0997 & \bar{y}^2 &= 0,0099 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 2,1494 & \overline{xy} &= 2,4451 & \overline{y^2} &= 0,0112 \\ \bar{x}^2 &= 607,0266 & \bar{x}^2 &= 464,2896 & G_x^2 &= 142,7370 \\ G_y^2 &= 0,0012 & b_{yx} &= 0,0024 & b_{xy} &= 338,0834 \\ y &= 0,0446 + 0,0024x & & & r_{xy} &= 0,89 \end{aligned}$$

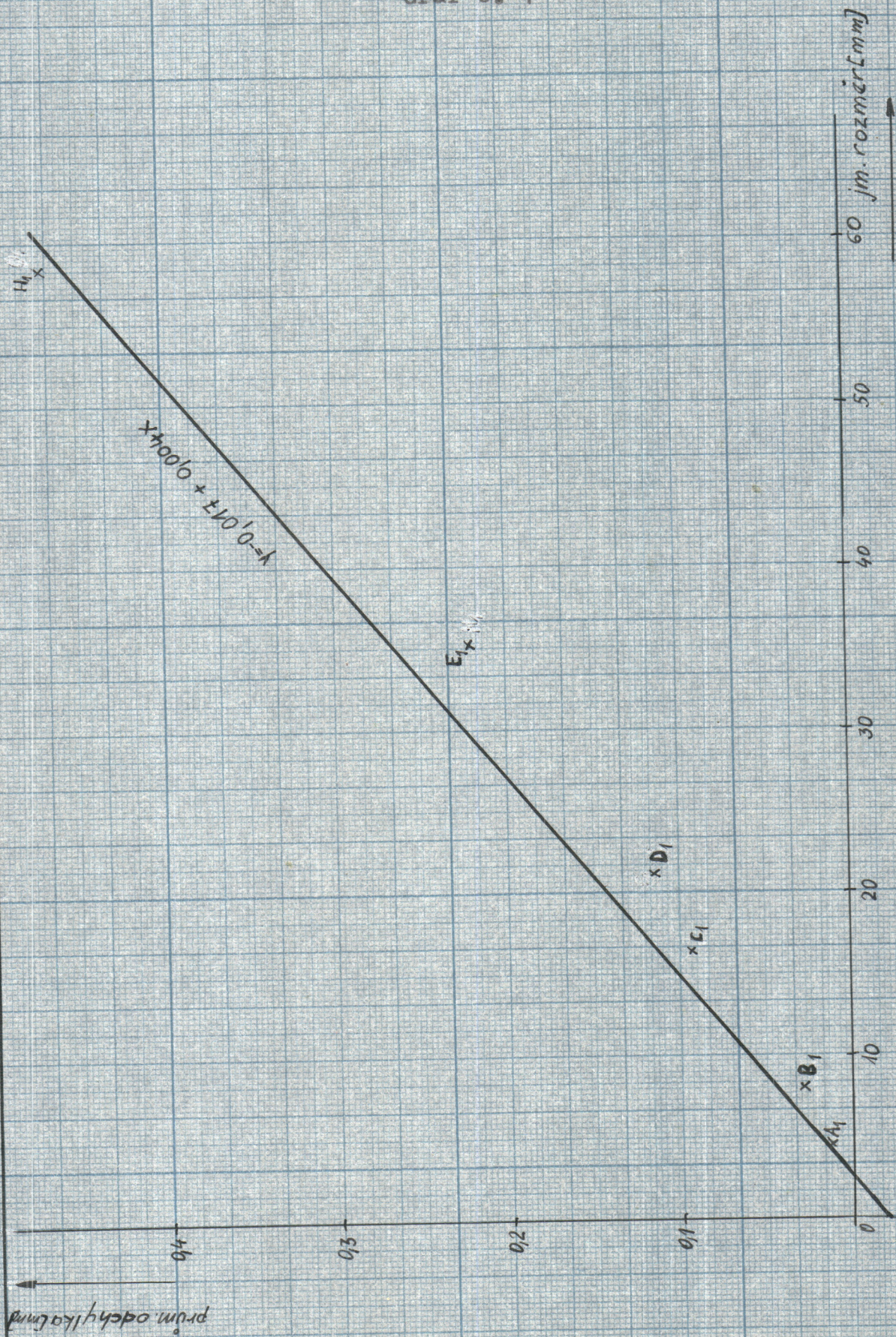
Graf č. 2



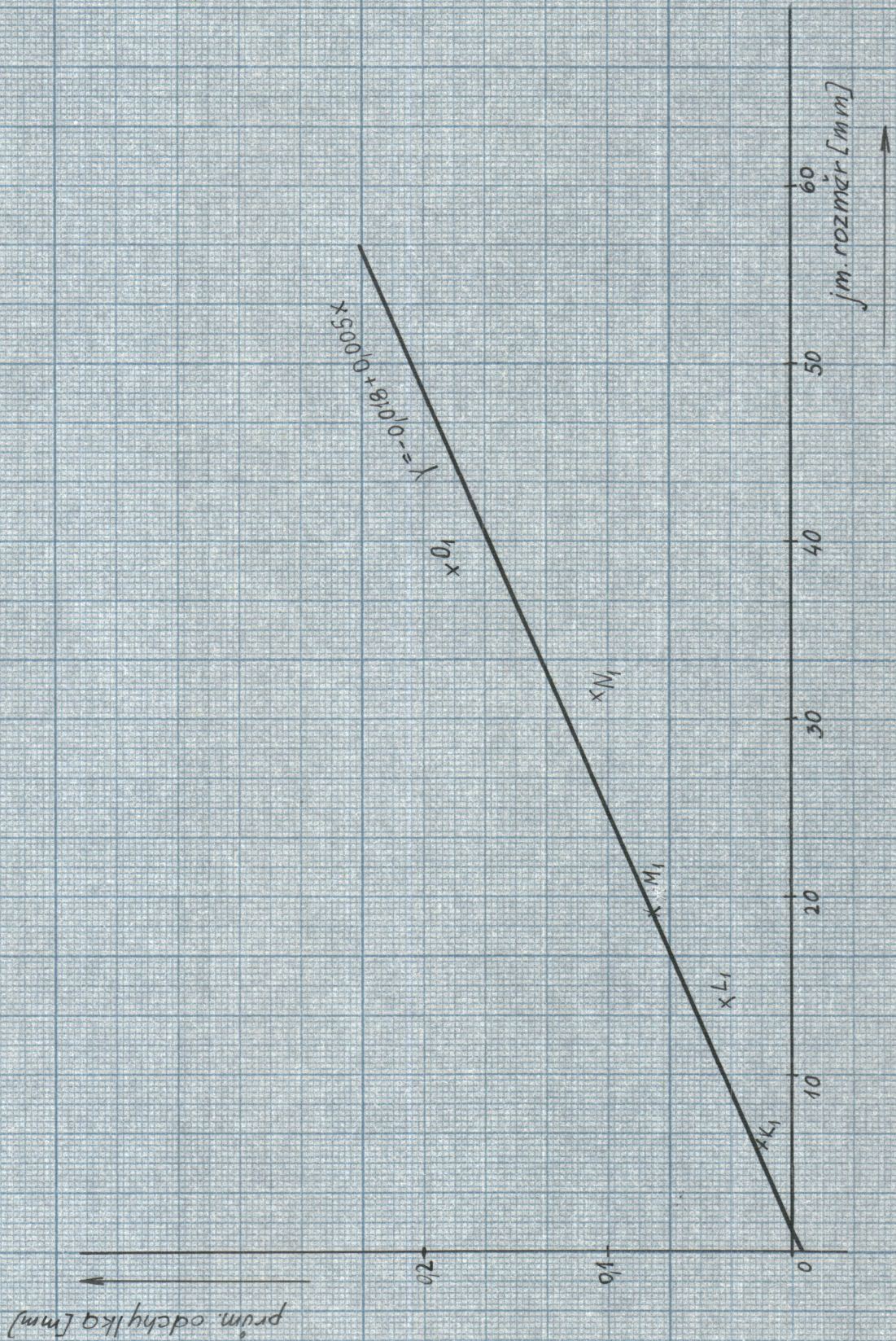
Graf č. 3



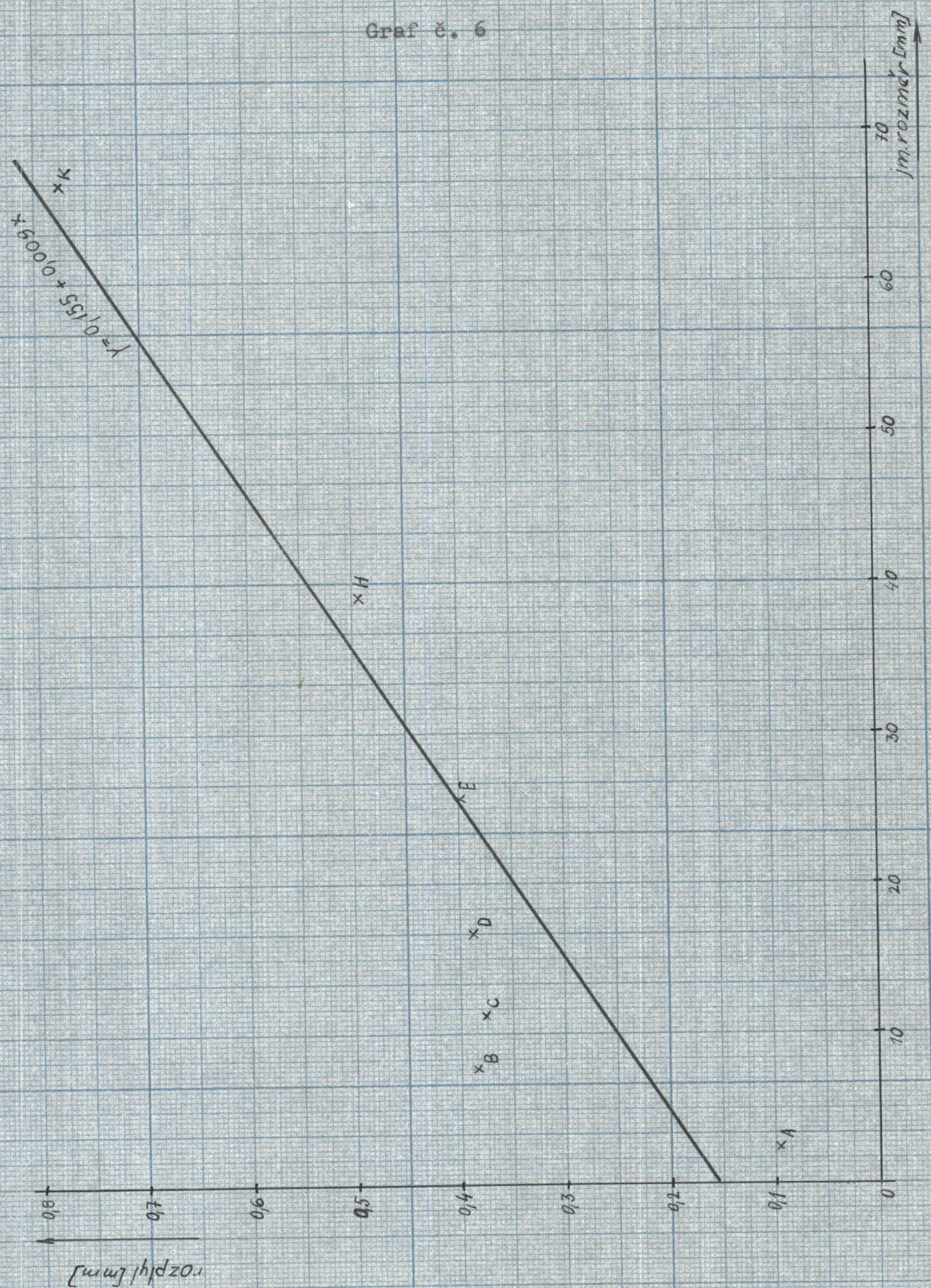
Graf č. 4



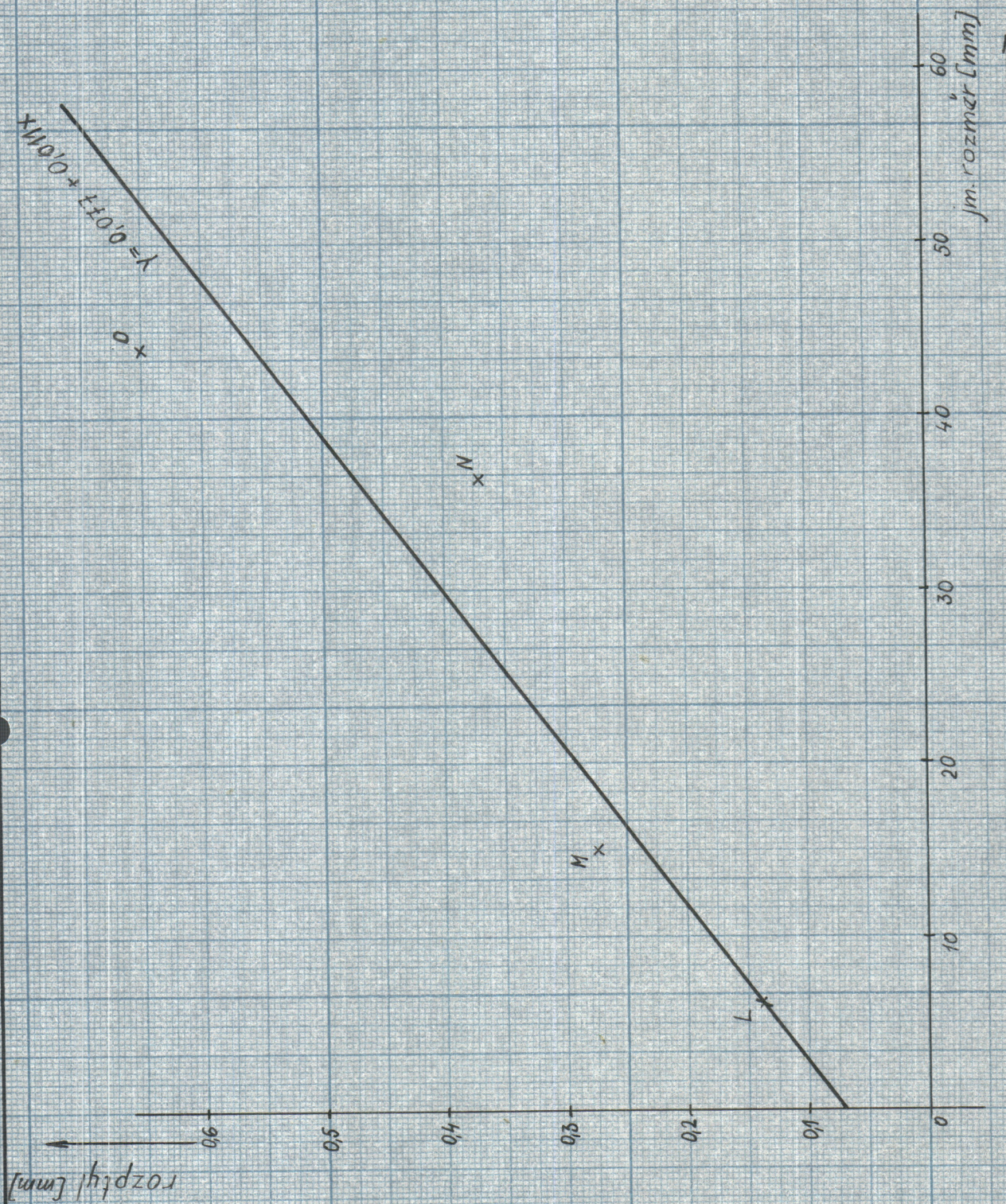
Graf č. 5



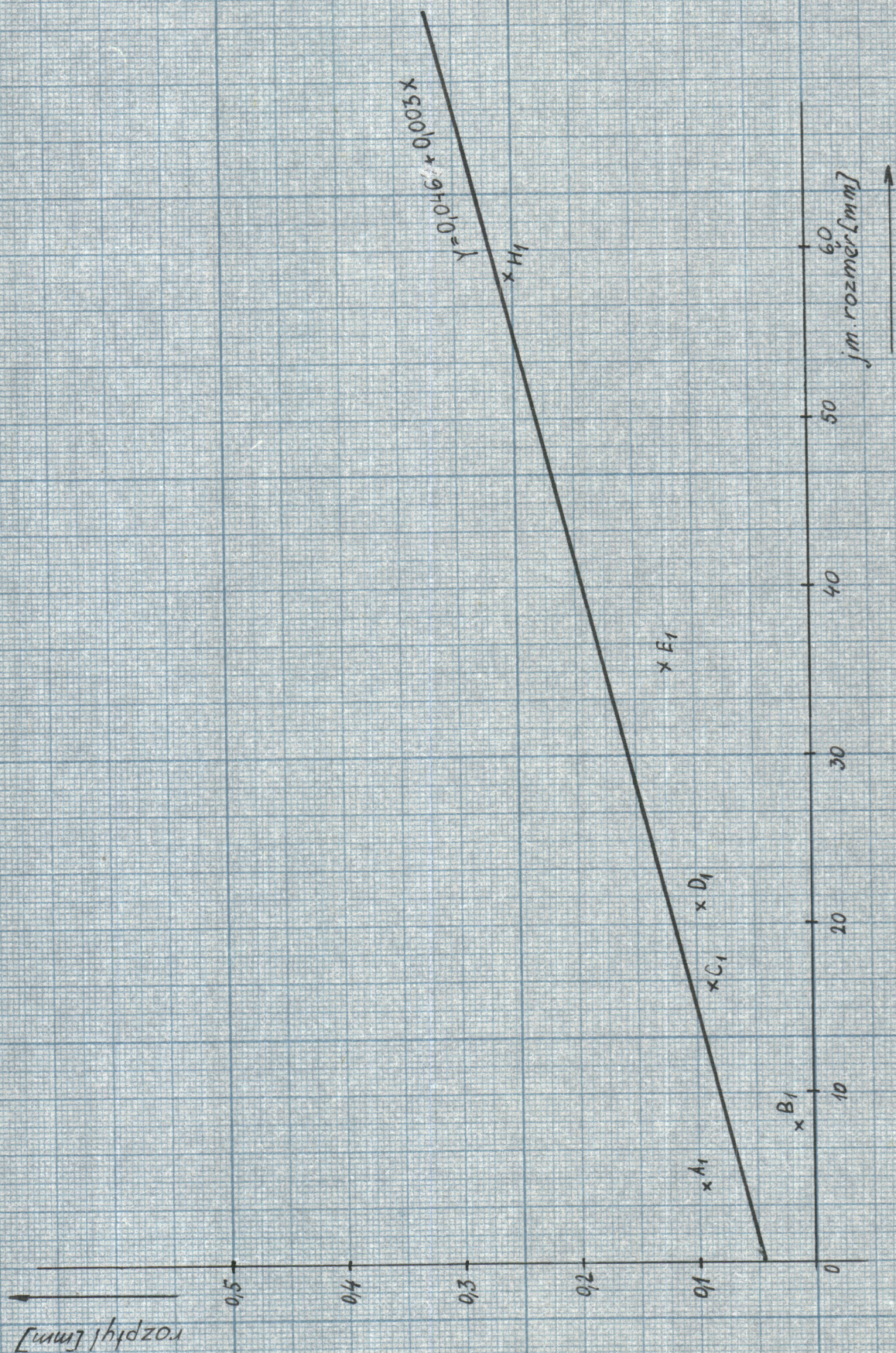
Graf č. 6



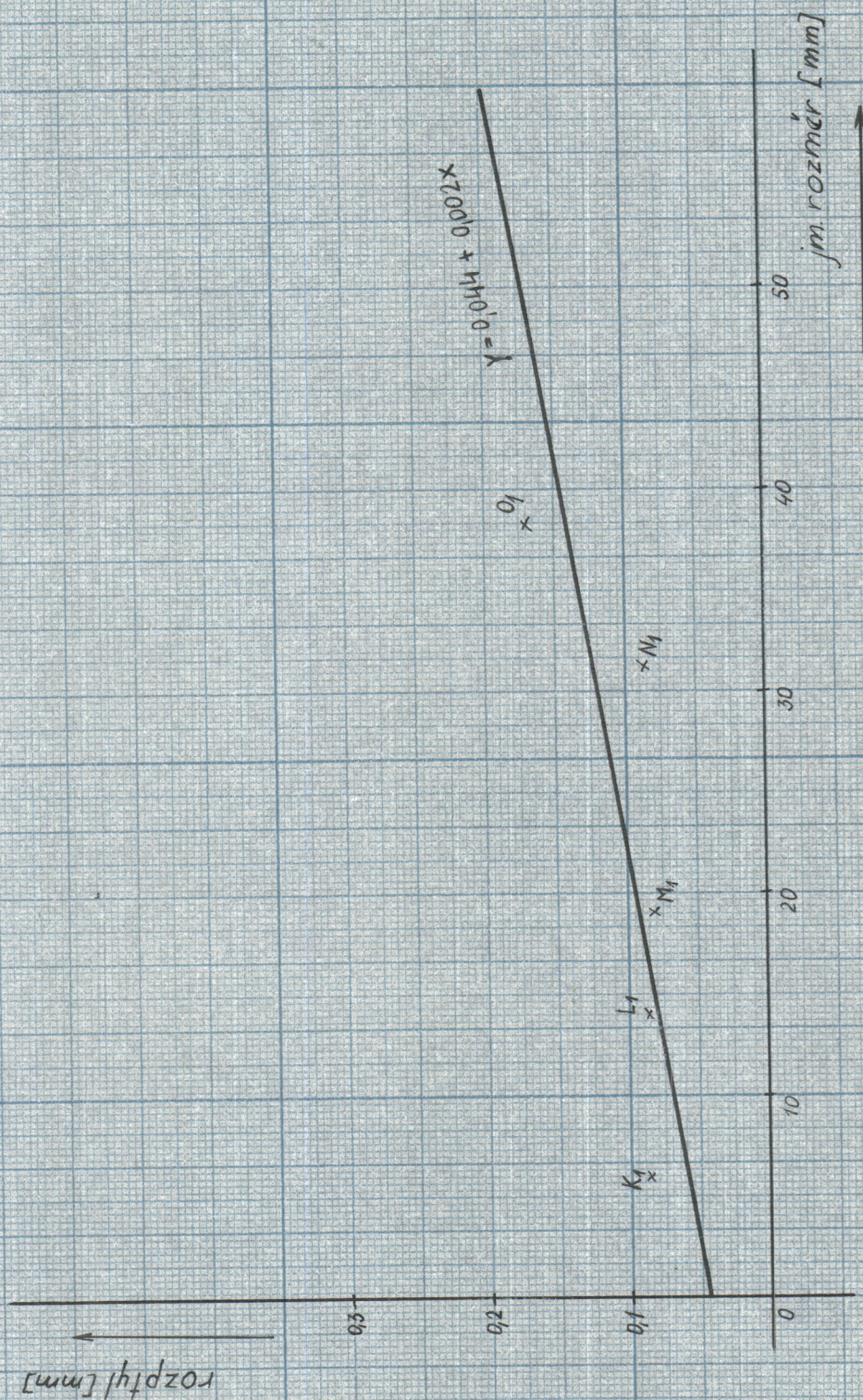
Graf č. 7



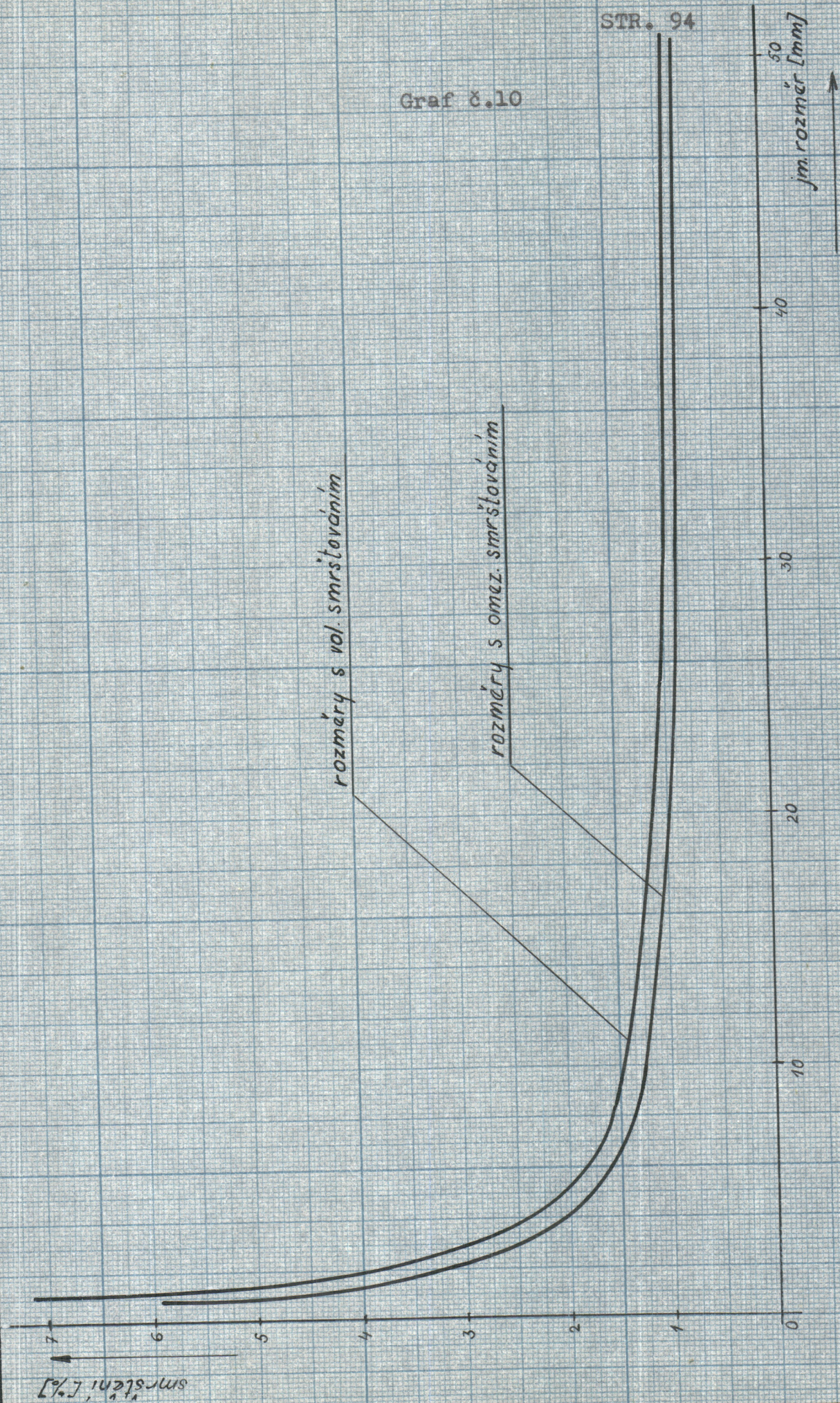
Graf č. 8



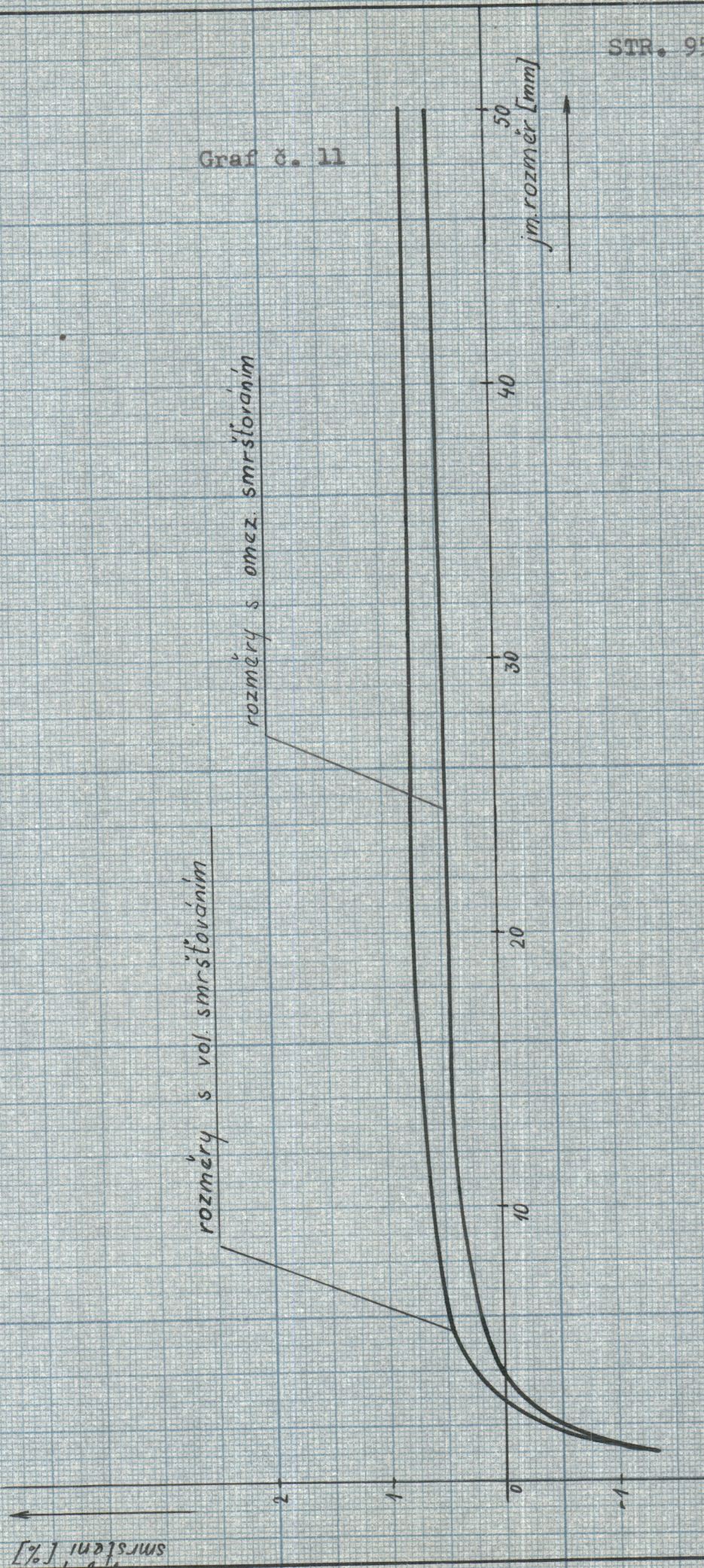
Graf č. 9



Graf č.10



Graf č. 11



5. Posouzení vlastností odlitků, odlévaných metodou lití do keram. forem a tlakového lití.

Je nutné, abychom dostávali odlitky lité těmito metodami nejen dobré rozměrové přesnosti a drsnosti povrchu, ale aby jejich mechanické vlastnosti, hustota, byly co nejlepší a pórovitost co nejmenší.

5.1. Posouzení podle hustoty odlitku.

5.1.1. Hustota a metody jejího zjištění.

Hustota homogenní látky je velikost hmoty, obsažené v objemové jednotce. Je označována ρ . V soustavě CGS její jednotka je g cm^3 a v MKS kg cm^3 . Při určování pórovitých těles dostáváme t.z. objemovou hustotu, jež je vlastně střední hustota všech tvořících složek.

Zjišťování hustoty látek se provádí:

přímá metoda: hmota M se stanoví vážením, objem V výpočtem z naměřených hodnot,

nepřímá metoda: měřením hmoty u stejného objemu kapaliny téže teploty, jakou má hmota M, je-li známa její hustota s.

5.1.2. Určení hustoty odlitku nepřímou metodou.

Nejdříve odlitek zvážíme na vzduchu (G_1). Pak jej ponoříme do vody a znovu zvážíme. (G_2). Pro teplotu kapaliny t a barometrický tlak b, redukovaný na nulovou teplotu, vyhledáme v tabulkách hodnoty s a G .

$$S = \frac{G_1}{m} (s - G) + G$$

$$m = G_1 - G_2$$

G - spec. hmota vzduchu

s - hustota vody

5.1.3. Hustota odlitku litého do keram. formy.

Naměřené hodnoty:

váha na vzduchu $G_1 = 80,98 \text{ g}$
váha ve vodě $G_2 = 50,32 \text{ g}$
rozdíl vah $m = 30,66 \text{ g}$
teplota vody $t = 19^\circ \text{ C}$
bar. tlak vzduchu $b = 740 \text{ mm Hg}$
hustota vody při $t = 19^\circ \text{ C}$. . . $s = 0,9984 \text{ g/cm}^3$
spec. hmota vzduchu při $b=740\text{mmHg}$ $G = 0,0011 \text{ g/cm}^3$

$$S = \frac{G_1}{m} (s - G) + G = \frac{80,98}{30,66} (0,9984 - 0,0011) = 2,641$$

Hustota $S = 2,641 \text{ g/cm}^3$.5.1.4. Hustota odlitku odlévaného metodou lití
kovu pod tlakem.

Naměřené hodnoty:

váha na vzduchu $G_1 = 11,43 \text{ g}$
váha ve vodě $G_2 = 7,06 \text{ g}$
rozdíl vah $m = 4,37 \text{ g}$
teplota vody $t = 23^\circ \text{ C}$
bar. tlak vzduchu $b = 740 \text{ mm Hg}$
hustota vody při $t = 23^\circ \text{ C}$. . . $s = 0,9975 \text{ g/cm}^3$
spec. hmota vzduchu při $b=740\text{mmHg}$ $G = 0,0011 \text{ g/cm}^3$

$$S = \frac{G_1}{m} (s - G) + G = \frac{11,43}{4,37} (0,9975 - 0,0011) = 2,615$$

Hustota $S = 2,615 \text{ g/cm}^3$.Hustota materiálu ČSN 424331 $S = 2,650 \text{ g/cm}^3$.

5.1.5. Zhodnocení měření.

Získané výsledky ukazují, že hustota odlitku litého do keram. formy, je větší než hustota odlitku, litého tlakovým litím. To znamená, že pórovitost u prvně jmenovaného odlitku je menší.

5.2. Posouzení vlastností odlitků podle makro a mikrovýbrusů.

5.2.1. Příprava výbrusů.

Výbrusy se připravují na smirkových papírech zrnění 1 M; 1 F; 0; 4/0. Předlešťují se na soukených kotoučích. Leštění se provádí na sametových kotoučích. Jako brousicí kapaliny se používá Dujardin 3.

5.2.2. Makro a mikrovýbrusy odlitků vyrobených litím do keram. forem a tlak. litím a jejich zhodnocení.



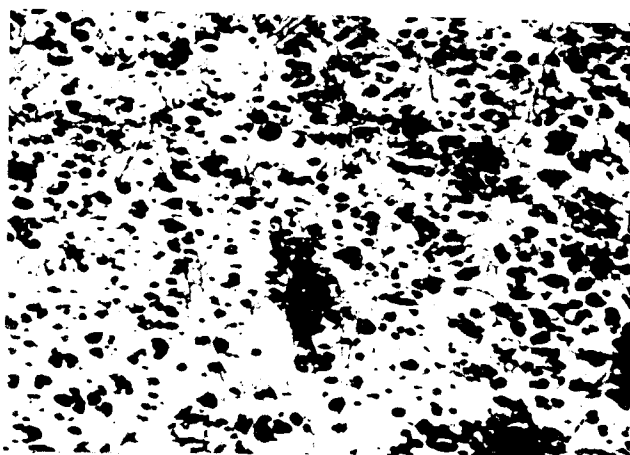
Obr. č. 1

Zvětšení 50 x



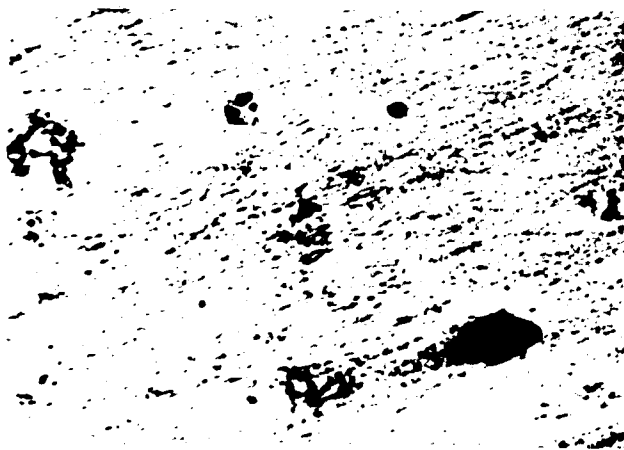
Obr.č. 2

Zvětšení 50 x



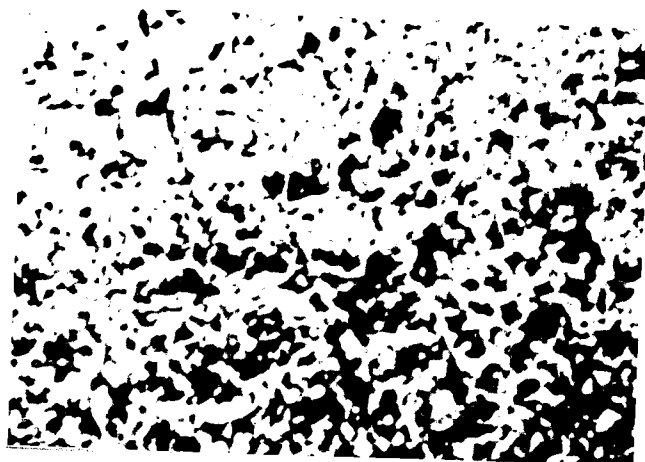
Obr.č. 3

Zvětšení 50 x



Obr.č. 4

Zvětšení 50 x



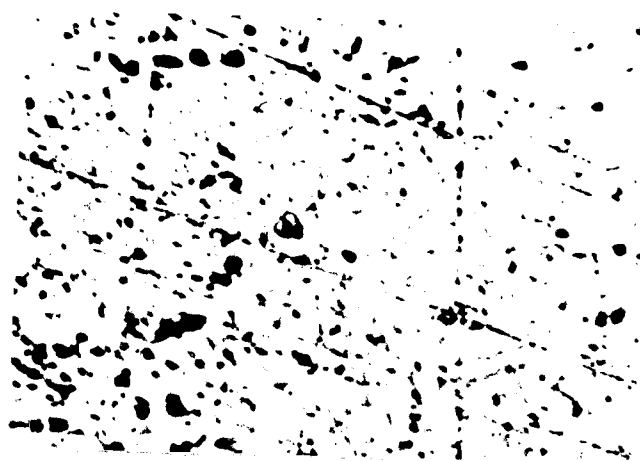
Obr.č. 5

Zvětšení 50 x



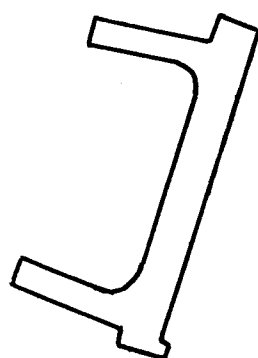
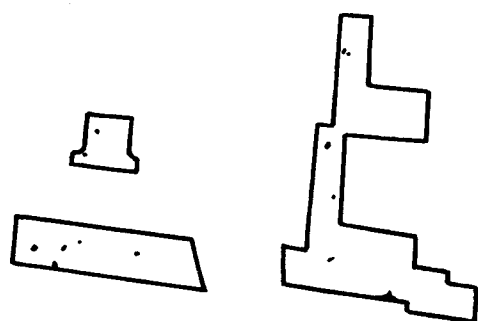
Obr.č. 6

Zvětšení 50 x



Obr.č. 7

Zvětšení 50 x



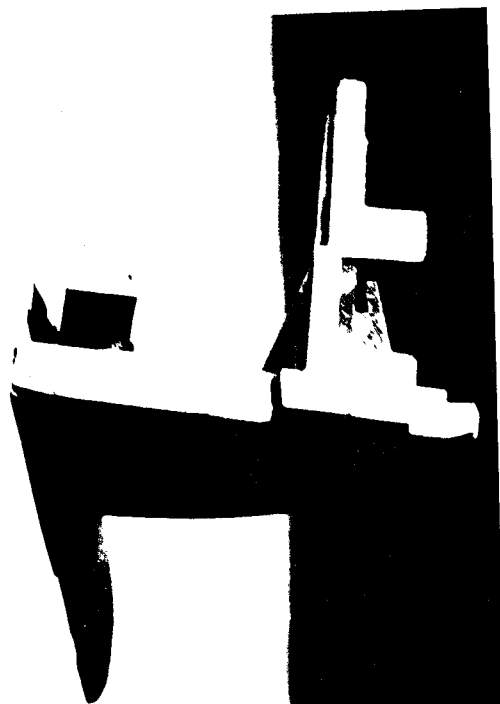
VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozmerová přesnost.

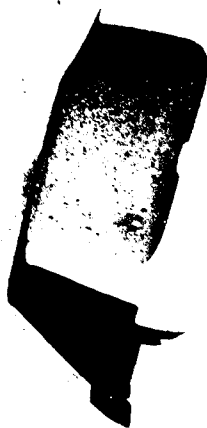
DP — STR. 101.

20. ČERVENCE 1963

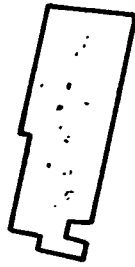
Jiří Adámek



Obr. č. 8



Obr. č. 9



VŠST LIBEREC
DP-ST 136/63

Rozměrová přesnost.

DP — STR. 102.

20. ČERVENCE 1963

Jiří Adámek



Obr.č. 10



Obr.č. 11

5.2.3. Seznam fotografií.

obr.č.

- | | |
|----|--|
| 1 | okraj odlitku litého do keram. formy |
| 2 | roh odlitku " " " " |
| 3 | oblast mikropórovitosti odlitku litého do keram. formy |
| 4 | okraj odlitku litého do keram. formy |
| 5 | oblast mikropórovitosti odlitku litého pod tlakem |
| 6 | okraj odlitku litého pod tlakem |
| 7 | mikropórovitost uprostřed odlitku |
| 8 | řez odlitkem litým do keram. forem |
| 9 | " " " " " " |
| 10 | řez odlitkem litým pod tlakem |
| 11 | " " " " " |

5.2.4. Vyhodnocení makro a mikrovýbrusů.

U odlitků odlévaných metodou lití kovů pod tlakem je homogenita snižována plynovými bublinami. Je to zaviněno tím, že vlastní naplnění dutiny formy trvá krátkou dobu a vzduch se nemůže všechen z formy odvodušňovacími kanály uvolnit.

Pórovitost se vyskytuje u nestejnoměrné tl. stěny, náhlých přechodů, velkého nashromáždění materiálu.

Příčinou bublinatosti odlitků odlévaných do keram. forem zpravidla bývá nedostatečně vypálená forma, která je zdrojem plynů ze zbytků modelových hmot.

V místech, ve kterých tavenina tuhla naposled, je možnost vzniku staženin. U odlitků s nestejnou tl. stěn, nesprávné polohy a průřezu vtoku, se

mohou vytvořit řediny - místní nashromaždění mikrostaženin. Posouzením makrovýbrusu odlitek možno říci, že větší pórovitost se vyskytuje u odlitek tlak. lití (obr.č. 10, 11) než u odlitek litých do keram. forem (obr.č. 8, 9).

Mikropórovitost u odlitek obou technologií je menší na okraji (obr.č. 1, 2, 4) než uprostřed (obr.č. 3, 7).

6. Jakost povrchu odlitků, vyrobených litím do keram. forem a tlakovým litím.

Aby se jednotlivé součásti, dílčí celky strojů a zařízení bez dodatečného ručního opracování mohly dobře montovat, je nutné, aby jejich povrch měl co nejlepší jakost. Proto drsnost součástí musí být v soulase s technickými normami. Platí zde norma ČSN 014450.

6.1. Metody měření drsnosti povrchu.

- a, kvalitativní, subjektivní metoda ocenění drsnosti povrchu plochy pozorováním a srovnáním se vzorkovnicí,
- b, kvantitativní, stanovení číselných hodnot ($R_{\max}$; R_z ; R_a ; R_q).

6.2. Vlastní zkoušky měření drsnosti povrchu.

Měření bylo prováděno na odlitcích základna č. H 132 C - 18 D a můstek č. H 434-61 B 1. Měření bylo prováděno na přístroji Somet typu MDP 2. Při měření profiloměrem se snímá profil měř. povrchu diamantovým hrotem tvaru čtyřbokého jehlanu s vrcholovým úhlem 90° a zaoblením $r = 3\mu$. Integrační přístroj přímo ukazuje hodnoty střední aritmetické odchylky od střední čáry profilu R_a . Naměřené hodnoty jsou sešstaveny v tabelárně.

Přesné lití:

apretovaný odlitek	tab. č. 54
surový odlitek	" 55

Tlakové lití:

surový odlitek	" 56
--------------------------	------

Forma na vytav. modely tab.č.57

Z výsledků měření vidíme, že jakost odlitků tlakového lití je lepší než u odlitků litých do keram. forem.

Sovětská literatura uvádí porovnání jakosti povrchu odlitků tlakového lití a lití do keram. forem takto:

Třída jakosti
podle GOST 2781-51

	4	5	6	7	8
Tlakové lití		x	x xx	x xx	xx
Lití do keram. forem	x	x	x xx	xx	

x = sov. sledování jakosti povrchu

xx = amer. sledování jakosti povrchu

Jakost povrchu u tlak. lití závisí na režimu plnění formy a na drsnosti vstřik. formy. Drsnost vstřik. formy musí být o třídu nižší než drsnost odlitku.

U lití do keram. forem závisí na složení odlévaného kovu, na složení žáruvzdorného materiálu pro keram. formy, na drsnosti formy pro vyt. modely.

Tabulka č. 54

měření	vzorek č.		
	1	2	3
1.	5,0	4,0	4,6
2.	4,6	4,2	4,8
3.	4,8	4,6	4,4

$$\bar{R}_a = 4,6 \mu$$

Tabulka č. 55

měření	vzorek č.		
	1	2	3
1.	0,4	1,5	1,2
2.	1,1	1,5	0,7
3.	0,5	1,2	1,1

$$\bar{R}_a = 1,0 \mu$$

Tabulka č. 56

měření	vzorek č.		
	1	2	3
1.	0,35	0,40	0,34
2.	0,38	0,36	0,41
3.	0,46	0,32	0,38

$$\bar{R}_a = 0,38 \mu$$

Tabulka č. 57

měření	
1.	0,05
2.	0,06
3.	0,06

$$\bar{R}_a = 0,056 \mu$$

VŠST LIBEREC DP-ST 136/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 108.
		20. ČERVENCE 1963
		Jiří Adámek

7. Volba technologie podle požadovaných vlastností přesnosti a jakosti povrchu.

V n.p. Mikrotechna volba technologie se provádí podle kritérií:

- a, otázka hutnosti odlitku a tím otázka pevnosti,
- b, otázka seriovosti,
- c, otázka jakosti povrchu,
- d, otázka rozměrové přesnosti.

ad a, měřením hustoty odlitků, vyrobených oběma technologiemi a posouzením výbrusů lépe vyhovuje technologie přesného lití,

ad b, při větších seriích se výhodněji používá tlakového lití,

ad c, jakost povrchu u odlitků vyrobených tlakovým litím je lepší než u odlitků, vyrobených litím do keram. forem; u nich je povrch opískován a proto jeho kvalita je horší.

ad d, rozměrová přesnost u technologie tlakového lití je větší než u lití do keram. forem.

8. Stanovení hospodárného počtu kusů pro technologii lití kovu do keram. forem a tlakového lití.

Určení hospodárného počtu kusů pro tu nebo onu technologii je do jisté míry závislé na složitosti daného výrobku. Pro výpočet byl vybrán odlitek střední složitosti skříně převodu č. 9032D1.

Skříně převodů byla vyrobena obráběním, přesným litím a tlakovým litím.

Údaje o výrobě:

Technologie třískového obrábění:

Vyrobena celkem k	803 ks
Režie v n.p. Mikrotechna R	300 %
Cena materiálu na 1 ks M_t	4,12 Kčs
Mzda na 1 ks M_z	8,72 Kčs

$$M_{z\text{ cel}} = M_z \cdot k = 8,77 \cdot 803 = 6.823,14 \text{ Kčs}$$

$$M_{t\text{ cel}} = M_t \cdot k = 4,12 \cdot 803 = 3.312,37 \text{ Kčs}$$

$$R = M_{z\text{ cel}} \cdot 3 = 6.823,14 \cdot 3 = 20.469,22 \text{ Kčs}$$

$$\begin{aligned} \text{Výrobní náklady } N &= M_{z\text{ cel}} + M_{t\text{ cel}} + R = 6.823,14 + \\ &+ 3.312,37 + 20.469,22 = 30.604,76 \end{aligned}$$

Výrobní náklady skříně převodů, vyrobené třískovým obráběním = 30.604,76 Kčs.

Technologie lití do keram. forem:

Vyrobena celkem k	803 ks
Cena formy pro výrobu vyt.modelů F . .	3.261 Kčs
Režie v n.p. Mikrotechna R	300 %
Cena materiálu na 1 ks M_t	0,79 Kčs
Mzda na 1 ks za odlévání	4,59 Kčs
Mzda na 1 ks za obrábění odlitku . . .	0,27 Kčs
Celková mzda na 1 ks M_z	4,86 Kčs

$$M_{z\text{ cel}} = M_z \cdot k = 4,86 \cdot 803 = 3.903,14 \text{ Kčs}$$

$$M_{t\text{ cel}} = M_t \cdot k = 0,79 \cdot 803 = 636,37 \text{ Kčs}$$

$$R = M_{z\text{ cel}} \cdot 3 = 11.709,00 \text{ Kčs}$$

Výrobní náklady $N = M_{z, cel} + M_{t, cel} + R + F = 3.903,14 + 636,37 + 11.709,00 + 3.261,00 = 19.508,37$

Výrobní náklady skříně převodů, vyrobené litím do keram. forem = 19.508,37 Kčs.

Technologie lití kovu pod tlakem:

Vyrobeno celkem $k \dots \dots \dots 803$ ks
Cena formy pro tl.lití na stroj Polák 40/8 15000Kčs
Režie v n.p. Mikrotechna R $\dots \dots \dots 300$ %
Cena materiálu na 1 ks $M_t \dots \dots \dots 0,79$ Kčs
Mzda na kus při tlak. lití $\dots \dots \dots 0,55$ Kčs
Mzda na 1 ks za obrábění odlitku $\dots \dots \dots 1,55$ Kčs
Celková mzda na 1 ks $M_z \dots \dots \dots 2,10$ Kčs

$M_{z, cel} = M_z \cdot k = 2,10 \cdot 803 = 1.686,30$ Kčs

$M_{t, cel} = M_t \cdot k = 0,79 \cdot 803 = 636,37$ Kčs

$R = M_{z, cel} \cdot 3 = 1.686,30 \cdot 3 = 5.058,90$ Kčs

Výrobní náklady $N = M_{z, cel} + M_{t, cel} + R + F = 1.686,30 + 636,37 + 5.058,90 + 15.000,00 = 22.381,20$

Výrobní náklady skříně převodů, vyrobené litím kovů pod tlakem = 22.381,20 Kčs.

Stanovení hosp. počtu kusů je následující:

$$C_1 = P_1 \cdot x + S_1$$

$$C_2 = P_2 \cdot x + S_2$$

$$C_1 = C_2 \Rightarrow x = \frac{S_2 - S_1}{P_1 - P_2}$$

$C_1 \dots \dots$ celkové náklady na výrobu u technol. lití do keram. forem

$C_2 \dots \dots$ celkové náklady na výrobu technol. lití kovů pod tlakem

$P_1 \dots \dots$ proměnlivé náklady na výrobu technol. lití do keram. forem

P_2 . . . proměnlivé náklady na výrobu technol.
lití kovu pod tlakem

S_1 . . . stálé náklady na výrobu technol. lití
do keram. forem

S_2 . . . stálé náklady na výrobu technol. lití
kovu pod tlakem

x . . . počet vyrobených kusů

Do proměnlivých nákladů počítáme pouze mzdy, protože náklady za materiál jsou stejné. Do stálých nákladů počítáme cenu za formy.

$$x = \frac{15.000 - 3.261}{4,86 - 2,10} = 3.939$$

Ekonomicky výhodnější lití metodou lití kovu pod tlakem bude až od 3.939 ks.

9. Z á v ě r .

Sledoval jsem stav technologií lití do keram. forem a tlakového lití, zvláště rozměrovou přesnost a jakost povrchu.

Závěrem lze říci:

- a, V provozu se prakticky neprovádí soustavná kontrola rozměrové přesnosti. Provádí se jen u odlitků, u nichž odběratel v přejímacích předpisech žádá o dodržení odchylky menší než stanovují normy ČSN 014470 a ČSN 421431.
- b, Z porovnání získaných výsledků a norem je patrné, že naše normy jsou pro menší rozměry volnější a pro velké rozměry přísné.
- c, Rozměrová přesnost u metody lití kovu pod tlakem je vyšší, než u metody lití do keram. forem.
- d, Hustota materiálu je větší u odlitků, vyrobených metodou lití do keram. forem.
- e, Odstraňováním keramiky odlitků, vyrobených metodou lití do keram. forem, otryskáním se zhoršuje jakost povrchu odlitků.

Seznam použité literatury:

Doškář J. a kol.: Přesné lití do keram. forem,
Praha 1961

Doškář J. - Kašťánek: Přesné lití - výroba přesných
odlitek metodou vyt. modelů,
Praha 1961

Ozerov V. A. a kol.: Lití po vyplavljajemým model-
jam, Mašgiš 1958

Guľajev B. B. a kol.: Točnost odlivok, Mašgiš 1960

Brabenec: Příručka pro slévače

Schlesinger G.: Jakost povrchu, Praha 1950

Mlčoch L. a kol.: Měřidla a měření ve strojárnách,
Praha 1955

Cyhelský L. - Zelinka L.: Statistické metody v pří-
kladech, Praha 1961

Horák Z. a kol.: Technická fyzika, Praha 1961

Zkušenosti s technologií přesného
lití v VŘR Uherský Brod

O přesném lití metodou vytavitel-
ných a spalitelných modelů.
Celostátní konference Gottwaldov
1960

Šebl J.: Lití kovů pod tlakem, Praha 1961

Šebl J.: Formy tlakového lití, Praha 1961

Červášek J.: Lití kovů pod tlakem,

Wasgestianová: Základy metalografické techniky

Obolencev F.D.: Káčestvo litých pavěrchnostěj,
Mašgiš 1961