

Vysoká škola: strojní a textilní
Fakulta: strojní

Katedra: materiálu a tváření
Školní rok: 1962/63

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. K ř e v k é h o Jaromíra
obor Strojírenská technologie

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

Název tematu: Jakost povrchů a rozměrová přesnost tlakově litých
odlitéků ze slitin hliníku.

- Pokyny pro vypracování:
- 1) Proveďte stručný rozbor technologických postupů výroby tlakově litých odlitéků (včetně výroby forem), podrobněji rozveďte technologii v závodě Národní n.p. Česká Lípa, specifikujte výrobní problémy, event. vývoj.
 - 2) Sledujte metody měření rozměrové a tvarové přesnosti, postupy závodních kontrol včetně přejímacích předpisů a norem. V provozních podmínkách proměřte serie dvou až tří typů odlitéků a vyhodnoťte rozměrové závislosti mezi formou a odlítkem.
 - 3) Proveďte kritické zhodnocení sledované technologie a výsledků svých měření, získané při normální seriové výrobě na předdiplomní praxi v závodě, hlavně s ohledem na dodržování rozměrové přesnosti, jakosti povrchu a příčin vad odlitéků.
 - 4) Proveďte ekonomické zhodnocení aplikace metody tlakového lití odlitéků ze slitin hliníku s ohledem na dosahovanou rozměrovou přesnost a kvalitu odlítka (zvláště hustota odlítka).

V 44/1963 S

Rozsah grafických laboratorních prací: těžiště v laboratorní práci

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

Seznam odborné literatury:

Schlesinger: Jakost povrchu.

Mlčoch: Měřidla a měření ve strojárnách.

Malík: Příprava výzkumu tlakového lití neželezných kovů (1956, Brno
VÚMT, zpráva Z 56-337)

Referativnyj žurnal - Chimija: 1955, č. 2, str. 231, ref. 2676

Časopis - Slévárenství: 1962, č. 9; 1962, č. 3; 1961, č. 2; 1956, č. 10

Časopis - Machinery London: 1958, č. 2407, str. 1531 - 1540;

1955, č. 2250, str. 1541-1542

1956, č. 2271, str. 833-839

Brabenec: Příručka pro slévače.

Guljajev: Točnost odlivok.

Chvojka: Zpracování hliníkových slitin.

Šebl: Lití kovů pod tlakem.

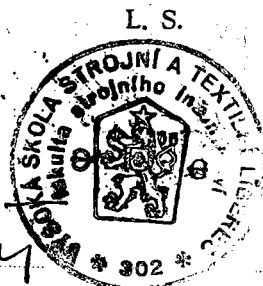
Šebl: Formy pro lití kovů pod tlakem.

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

Konsultanti: Ing. Jiří B a c h t í k

Datum zahájení diplomní práce: 10. června 1963

Datum odevzdání diplomní práce: 20. července 1963



Vedoucí katedry

Děkan

Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Doc. Ing. Jiří Mayer

v Liberci

dne

6. května

19 63

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t.	DP — STR. 1 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
Ú v o d. V poslední době rozvoj národního hospodářství klade důraz na zvýšenou přesnost a kvalitu odlitku, při nejnižších možných výrobních nákladech. Na to již nestačí klasická metoda odlévání do písku. V průběhu let byla vyvinuta celá řada pokrokových metod, které se snaží tento problém řešit. Mezi těmito metodami jedno z předních míst zaujímá metoda tlakového lití. Tato metoda se začala ve větším měřítku rozvíjet ve válce, ale hlavně po ní. Je to jedno z nejmladších odvětví slévárenské technologie, hlavně rozšířené v průmyslu automobilovém, motocyklovém, elektrotechnickém a včetných jiných odvětvích strojí výroby. Metoda tlakového lití se používá na různé materiály. Jedná se převážně o slitiny a to Al, Zn, Cu, Mg, Sn, Pb. Ve světovém měřítku neustále stoupá výroba Al. Trend výroby dokonce předčí výrobu železa. Vyplývá to jednak z jeho velmi dobrých vlastností a dále z toho faktu, že z kovů je ho v povrchu zemském nejvíce. /7%/. Již jenom z tohoto důvodu vyplývá, že v současné době pro naše národní hospodářství má největší význam lití Al slitin. Zinkové slitiny, které se sice lépe lijí - nižší teplota tavení, větší produkce /použití teplé komory/ - nemají tak dobré vlastnosti. Hlavně se jedná o vzdornost proti korozi, mechanické vlastnosti a větší váhu. Odlitky lité pod tlakem bývají velmi složité, s předlitými otvory a dutinami a v mnohých případech se zalitými vložkami z jiného kovu /nejčastěji Fe/. Jsou rozměrově přesné a často se montují a spojují s jinými součástmi bez opracování. Odlitky z hliníkových slitin lákaly konstruktéry hlavně pro svou malou váhu. Většímu rozšíření ovšem bránila cena Al, která se s rozvojem energetické základny snižuje. Dříve dokud nebylo známo lití pod tlakem, do kokil a jediná známá metoda bylo lití do písku, nevykazovaly odlitky z Al slitin dostatek předností, aby předčily tradiční odlitky litinové a kromě toho byly dražší. Proto se šedá litina dlouho držela zejména u větších odlitků /převodovky, bloky válců, skříně atd./ Rozvoji lití pod tlakem napomáhá i ta skutečnost, že země socialistického tábora se zaměřují na specializaci, to znamená,		

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t.

DP — STR. 2

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

že se bude vyrábět ve větších sériích, kde tlakové lití je velmi výhodné. Umožňuje totiž vysokou výrobnost, snížení nákladů na odlitek při lití, tak při opracování. Lící technika se neustále zlepšuje vývojem větších a dokonalejších strojů pro lití pod tlakem. To umožňuje přecházet z malých odlitků, které jsou typické, na odlitky střední /do 8 kg/ a velké / nad 8kg/.

Účelem práce bylo zjistit jaká je skutečná smršťivost, neboť v literatuře a v praxi se používají pouze hodnoty průměrné, všimnout si vlivů ovlivňujících rozměrovou přesnost a posoudit kvalitu odlitků /zvláště hustotu odlitku/. Tím, alespoň troškou přispět k hlubšímu propracování této metody.

Potřebné podklady byly získány ve slévárně n.p. Náradí v České Lípě, kde bylo provedeno i příslušné měření. Práce byla zpracována z větší části na závodě, kde jsem měl k dispozici potřebné pomůcky a z menší části na VŠST Liberec.

Dovolte mi poděkovat všem zaměstnancům slévárny a nářadovny za ochotu s jakou mi vycházeli vstříc. Zvláště bych chtěl poděkovat vedoucímu slévárny s. Vodičkovi za cenné praktické rady a zkušenosti a dále vedoucímu technologovi s. Malému a hlavnímu konstruktérovi s. Benčovi za všestrannou pomoc. Na druhé straně patří můj dík zaměstnancům školy, kteří ve mně probudili zájem o slévárenství, naučili mě určitému systému práce a obohatili mě o celou řadu zkušeností. Jedná se především o s. profesora Bohumila Odstrčila, odbor. asistentů ing. Exnera a Bachtíka.

1. S t r u č n ý r o z b o r t e c h n o l o g i c k ý c h p o s t u p ů t l a k o v ě l i t ý c h o d l i t k ů.

1.1. Podstata lití kovů pod tlakem.

Lití pod tlakem je technologický pochod, kterým je kov ve stavu tekutém nebo polotekutém tvarován pod tlakem do účelně zhotovených dutin, v určitém a zpravidla rychle se opakujícím cyklu. Všechna práce, související s výrobou /ve většině případů/, je ruční, kromě bezprostřední práce strojů, to je otvírání, zavírání formy a lisování /vstřík/. U této metody musíme počítat s většími ztrátami než při jiné výrobě, Ztráty vyplývají z podstaty metody a jedná se například: o přidávání kovů do kelímků v peci, udržování kovů na správné teplotě, regulaci teploty pece a podobně.

Tato metoda se nejvíce blíží ideální snaze přímé přeměny základního materiálu v hotový výrobek, k získání součástí jedinou operací. Z tohoto důvodu je tento postup považován jako nejrychlejší a nejhospodárnější ze všech způsobů lití. To ovšem platí, jestliže se jedná o výrobu větších sérií, které jsou větší než tak zvaná hospodárná série. Hospodárnou sérií se rozumí minimální počet odlitků odlitých při jedné upnutí formy na stroj, při niž je ještě výroba rentabilní. /Předpokládá se minimální počet odlitků vyrobených za dvě pracovní směny./

Podstata technologického procesu lití kovů pod tlakem je tedy v tom, že roztavený kov se vstříkne vysokým tlakem do ocelové formy, kterou dokonale vyplní a zůstává během chlazení /tuhnutí/ ve stroji pod tlakem. Forma se sestává ze dvou přímlehlých částí, jader a jiných pohyblivých částí, které vytváří vnější a vnitřní tvar žádané součástky. Forma je umístěna na vstřikovém stroji, což je ve většině případů mohutný hydraulický lis. Vlastní stroj se skládá ze dvou hydraulických částí vzájemně spojených vodícími sloupy. Jedna část obstarává uzavírání a otevírání formy a je k ní připevněna pohyblivá část formy. Druhá část umožňuje vstříknutí roztaveného kovu a je k ní připevněna pevná část formy. Vstříknutí kovů je umožněno vstřikovacím mechanismem. Obě poloviny formy jsou tedy upevněny přesně proti sobě na protilehlých stranách stroje. U modernějších strojů od pohybu pohyblivé části formy jsou odvozeny

pohyby ostatních pohyblivých částí a pracují více méně automaticky. Jedná se o pohyb šoupátek, na nichž jsou upevněná pohyblivá jádra a o pohyb vyhazováku. Lící stroj se tedy skládá z lisu, /hydraulického/ vstřikového mechanismu.

1.2. Druhy technologických postupů tlakově litých odlitků.

V podstatě můžeme rozdělit na dva způsoby podle uspořádání stroje a dále vstřikového ústrojí:

1. Stroje s teplou komorou a/ vstřikování kovu pístem
b/ vstřikování kovu vzduchem
2. Stroje se studenou komorou a/ vstřikovací ústrojí vertikální
b/ vstřikovací ústrojí horizontální

Postupu s teplou komorou se používá při odlévání nízko tavitelných slitin. Jedná se o slitiny cínu, olova a zinku. Zde nenastává vážná korose a erose strojních součástí. U staršího typu tohoto postupu jsou komora a píst stále ponořeny v kelímku s roztavenou slitinou /obr.1/. Kelímek je tedy součástí stroje. Vstřikovací píst je většinou spojen z hydraulickým válcem, který obstarává pohyb pístu. Komora se zužuje v hrdlo, jež je zakončeno na konci tryskou. Tato tryska je před vstřikem kovu přitlačována k pevné půlce formy, to je k jejímu vtokovému otvoru. Píst vytlačuje kov z komory do dutiny formy. Komora se plní při zpětném pohybu pístu, plnicím otvorem, který ji spojuje s kelímkem. Při pracovním pohybu se tento otvor uzavře pístem.

Modernější je uspořádání se vstřikováním pomocí stlačeného vzduchu/obr.2/. Liší se od předešlého, že k vtlačování kovu se použije místo pístu stlačeného vzduchu, jenž přímo působí na hlavu kovu. Plnicí otvor se zde uzavírá z vnějšku pomocí táhla s kuželovým zakončením.

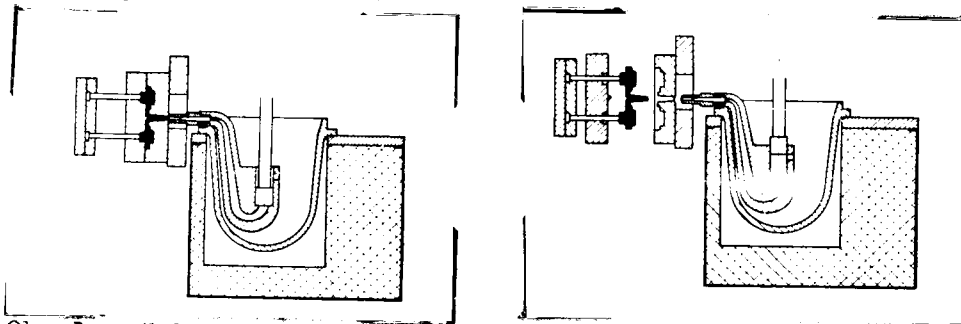
Postup se studenou komorou se požaduje i přes jeho pomalost /v porovnání s teplou/ u všech slitin s vyšší teplotou tavení. Zde kelímek pracovní pece není součástí stroje, je postaven zvlášť a kov z kelímku se dopravuje do tlakové komory plnicím otvorem ruční slévačskou lžící nebo jiným způsobem před každým vstřikem. Tento úkon se musí provést rychle, aby se vstřikovač příliš neohřál a materiál znatelně neochladil.

Tato metoda umožňuje použití vyšších tlaků a rychlostí. /Není zde koleno jako u postupu s teplou komorou/. Tlaková komora je zabudována v lisovací části stroje a je oddělena od formy.

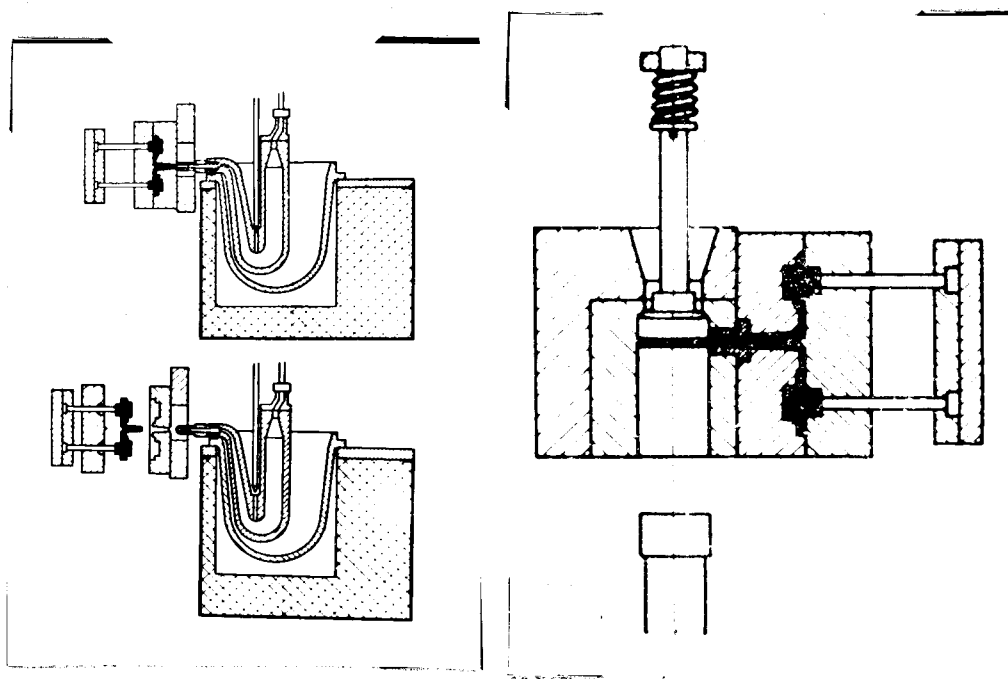
Uspořádání se studenou vertikální komorou /obr.3/ je starší. Toto uspořádání mají stroje typu "Polák". Dno plnicí komory tvoří tak zvaný spodní píst, jenž je pohyblivý. V počáteční poloze zakrývá otvor trysky a zabraňuje tak nalitému kovu předčasně vtéci do dutiny formy / bez tlaku/. Teprve po dosednutí vstřikovacího pístu na kov otevře spodní ~~střik~~ ~~tryska~~ píst otvor trysky, a kov je vysokým tlakem vstříknut do formy. Po dokončení vstřiku ~~vyjde~~ vstřikovací píst nahoru a spodní píst ustříhne zbytek kovu a vysune jej z komory.

Uspořádání s horizontální komorou má celou řadu předností, ale jednu nevýhodu, vyžaduje dokonalejší odvzdušnění. Do komory se dostane větší množství vzduchu, který se zalisuje. /Tvzení s. Vodičky/. Tato skutečnost se potvrdila při ověřování hustoty odlitků, jak o tom bude v další části práce zmínka. Komora zde je ~~u~~ uspořádána jak název říká horizontálně, má otvor, kterým ^{se} do ní nalévá kov. Komorou prochází vstřikovací píst. /obr.4/ Vnitřní průměr komory pokračuje ještě pevou polovinou formy až do dělicí roviny. Po nalití kovu do komory se píst začne pohybovat se zadní krajní polohy do předu. Po ukončení vstřiku a částečném stuhnutí se počne forma otvírat, při čemž vstřikovací píst vysune zbytek kovu z komory. Po dokončení otevření formy se vstřikovací píst vrátí do zadní polohy.

Výhody: vyšší výkon, spolehlivější provoz neb jednodušší vstřikovací zařízení, lepší využití kovu, neznečišťuje se materiál vhazováním vtokového špalku, mají větší tlak. Uspořádání se studenou komorou je universálnější můžeme použít ~~z~~ studenějšího materiálu.

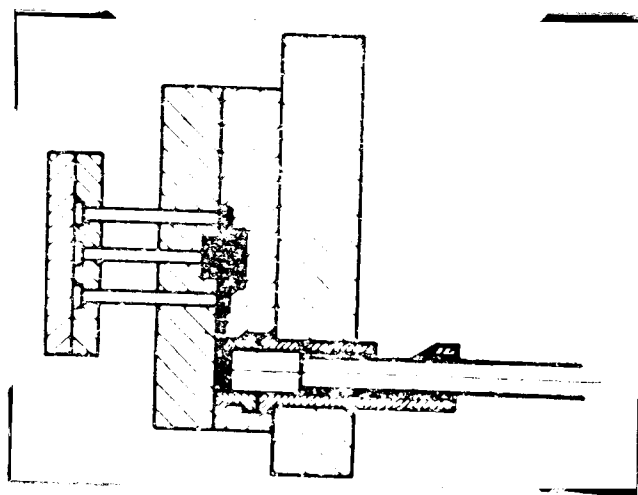


Obr.1. Schéma teplé komory - vstřikování pístem



Obr. 2. Schéma teplé komory-
vstřikování vzduchem

Obr. 3. Schéma studené komory-
vertikální



Obr. 4. Schéma studené komory - horizontální

VŠST LIBEREC DP - ST 12 9/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 7 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevský
1.3. Technologie tlakového lití použitá v nár. podniku Nářadí Česká Lípa. 1.3.1. Používaný materiál. Ve slévárně se používá výhradně jen silumín a to ČSN 42 43 30, ČSN 42 43 31, ČSN 42 43 84 a materiál tavený. Složení používaného silumínu: ČSN 42 43 30 = Al - Si 13; Si 10 - 13 %, Mn 0,3 - 0,5% Nečistot maximálně 0,6% / Fe 0,5%; Ti 0,1%; Cu 0,05%; Zn 0,05%/ eutektické až nadeutektické složení. ČSN 42 43 31 = Al - Si - Mg, Si 9 - 10%; Mg 0,2 - 0,4%; Mn 0,3 až 0,45%. Nečistot maximálně 0,6% / Fe 0,5%; Ti 0,1%; Cu + Zn 0,1%/ podeutektická slitina. ČSN 42 43 84 = Al - Si 10; Si 7 - 11%; Mn 0,2 - 0,5% Nečistot maximálně 3,5% / Fe 0,8 %; Cu 1,5%; Ni 0,5%; Mg 0,45%; Pb 0,2 %, Sn 0,2%; Zn 0,9%/ podeutektická slitina. Převážně se používá materiál ČSN 42 43 84, což je materiál nejlevnější, je to materiál II. tavení a materiál vratný, který je získán přetavením a rafinováním zmetků a vtoků. Je to materiál odpovídající téměř zcela materiálu ČSN 42 43 84. Materiál ČSN 42 43 31 a ČSN 42 43 30 je čistší, je to materiál I. tavení. ČSN 42 43 30 - hodí pro tenkostěnné odlitky, lépe ztéká. ČSN 42 43 84 - hodí pro silnostěnné odlitky, kde požadavek hladkého povrchu. 1.3.2. Používané zařízení. Ve slévárně se používá postupu se studenou tlakovou komorou, jež je pro hliníkové slitiny typická. Tomu odpovídá i vybavení slévárny, která je vybavena stroji se studenou tlakovou komorou. Většina strojů je s vertikální komorou značky "Polák". Jsou zde stroje různé konstrukce a velikosti. Vedle strojů staršího provedení jsou zde stroje nové s poloautomatickým ručním rozvaděčem, který řídí hydraulické táče jader, otvírání a uzavírání formy a vstřikování vzájemně na sobě závislém sledu. Je u nich možnost nastavení doby působení vstřikování, pístu na kov. U strojů staršího provedení se každý z těchto úkonů řídí vlastní pákou. Stroje s horizontální tlakovou komorou mají poloautomatické		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 8 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
řízení plnohydraulické. Všechny používané stroje jsou dvousloupové s plnohydraulickým uzavěrem a s provozním tlakem 120 kg/cm^2. K jejich pohonu je použito vysokotlakých čerpadel s vypínacím zařízením po dosažení požadovaného tlaku. Strojní vybavení dovoluje odlévat odlitky malé do váhy dvou kilogramů / CLP 220/55/. K tavení se používá udržovacích elektrických odporových pecí se samočinnou regulací /35 kW/ a každý stroj má svou vlastní pec. K tavení odpadu se používá rovněž elektrické odpadové peci /50 kW/. 1.3.3. Technologická příprava a sled operací. Před odlitím součástí technologický útvar vypracuje technologický postup, který vychází z výkresu formy. Určí se složitost odlitku a stanoví se norma času, tím že se rozpitvá tlakové lití na celou řadu úkonů. Ve slévárně používají koeficientů 1,2 , kterým násobí čas operační, aby se vůbec do normativu vešly. Ztrátový čas připočítávají jako přírážku operačního času podle druhu stroje. Ztrátový čas v sobě obsahuje ^{čas} na prvé kusy, které jsou zmetky, kdy forma je studená /není vinen dělník/, připočítávají 5 - 10 %. Použití koeficientu 1,2 odůvodňují: a/ nedodržením tlaku čerpadly, slévač má nucené přestávky, čeká až mu naskočí tlak. b/ špatnou konstrukcí některých forem / silně zmetkují/ Potřebné údaje pro slévače jsou uvedeny na technologické kartě: název odlitku, počet kusů, hodinový výkon, teplota formy, teplota kovů, materiál, životnost formy atd. Zajímavá je zadní strana, kde se sleduje zmetkovitost a závady formy na základě, kterých se provádí opravy formy, zajišťující odstranění zmetků a závad při dalších sériích. V užším slova smyslu je lití pod tlakem jedna operace, která se skládá z řady úkonů, které jsou předepsány. Jedná se o: čištění a mazání formy, uzavření formy, nalití materiálu, zalisování, odstranění tablety / zbytek materiálu v plnicí komoře u strojů s vertikální komorou/, mazání pístu a plnicí komory, otevření formy, uvěštnost hydraulické tahače, vyřazení odlitku z formy / může být ruční, pastorkem a tyčí, automatické - vyřazení ni tyčemi nebo stírací deskou, hydraulické/. Mohou být zařazeny podle druhu odlitku i zvláštní úkony jako je např. založit kovo-		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 9
		20. ČERVENCE 1963
		Jaromír Křevký

vou vložku, jádra nebo zálitek.

Po operaci tlakového lití následuje apretace / ohroťování/, která se provádí v hroťovně, jež je součástí slévárny. Apretace může zaujmout i několik operací.

Dělí se na: apretaci ruční - pilníkem
apretaci strojní - na prostřihovadlech, pilách, bruskách.

Zda se zařadí prostřihování či nikoliv, záleží na počtu kusů. Apretace má za účel odstranit otřepy, vtoky, zatekliny, popřípadně i nálitky. Po ohroťování dostaneme hrubý odlitek, jež je konečným výrobkem slévárny. Jestliže zákazník žádá odlitek surový, bez apretace, musí to být zvlášť dohodnuto, neboť běžně dodává slévárna odlitky ohroťované.

2. V ý r o b a a t e p e l n é z p r a c o v á n í f o r e m .

Hlavním úkolem této práce je rozměrová přesnost, která závisí především:

- 1/ přesnosti vyhotovení tvaru formy a její správné konstrukce
- 2 /technologických/ podmínkách lití
- 3/ správném stanovení přídavků na smrštění

To je důvodem, proč se těmito body budu zabývat hlouběji.

Forma pro lití pod tlakem je přesně opracovaná /tlaková kokila/ ocelová forma, která dává v uzavřené poloze všem plochám vyráběné součástky vnitřním i vnějším, žádoucím tvar a udržuje tento tvar uvnitř úzkých hranic proti deformujícím vlivům velkých tlaků a teplot.

Výrobě a konstrukci forem je nutno věnovat velkou pozornost, neboť na jejím provedení z velké části závisí kvalita odlitku a bezporuchový provoz při lití. Forma je na tlakovém lití to nejdražší / ve srovnání s vlastními náklady/ a její cena se pohybuje podle členitosti tvaru a počtu postranních jader v rozměru 10 - 50 tisíc. Jsou ovšem formy mnohem dražší, např. forma na výrobu bloků motorů. Musí tedy zákazník uvážit zda tento výrovní způsob je pro něho hospodárný. /Slévárna v České Lípě pracuje ze dvou třetin pro cizí závody/. O rentabilitě rozhoduje počet požadovaných odlitků a jejich složitost. Vzhledem ke známým pořizovacím nákladům musí mít forma co největší životnost, to znamená musí se z ní zhotovit tisíce odlitků, aniž by se

podstatně opotřebila. To klade nároky na konstrukci, opracování, ale hlavně tepelné zpracování.

2.1. Konstrukční příprava. /Jak prováděno ve slévárně n.p.

Náradí Č.Lipa/

Vlastní výrobě forem musí nutně předcházet konstrukční příprava výroby, která má za úkol vypracovat:

- 1/ Schvalovací výkres.
- 2/ Sestavu formy.
- 3/ Výkres na smrštění.
- 4/ Rozdetailování.

Od zákazníka dostane slévárna objednávku a výkres potřebné součásti. Zákazník obvykle nezná zásady lití pod tlakem, proto mu konstrukce upraví výkres tak, aby to vyhovovalo zásadám tlakového lití. Tomuto upravenému výkresu se říká schvalovací výkres. Zde je vyznačena dělicí rovina, rádiusy, úkosy, popřípadně žebrované stěny /na místo masivních/, stopy po vyhazovacích i vtok, popřípadně nějaká konstrukční změna. Ze schvalovacího výkresu se pořídí tři kopie, které se pošlou zákazníkovi a dvě si konstrukce nechá. Zákazník pošle jednu kopii zpět, jestliže je schválena je to na ní vyznačeno, popřípadně je zde vyznačeno s čím nesouhlasí a jaké změny požaduje. O změny se pak zákazník dohaduje s vedoucím konstrukce, který musí mít na paměti technologii výroby formy i možnosti tlakového lití. Konstrukteři mají zájem na tom, aby forma byla co nejjednodušší a tedy i nejlevnější.

Dříve než se forma začne konstruovat musí se spočítat plocha odlitku v dělicí rovině, abychom věděli, na který stroj forma přijde. Formy se totiž konstruují na určitý stroj, protože i stroje téže velikosti a téhož typu se liší. /Např. způsobem vyhazování/. Stroje rozdílné velikosti mají různé přitlačné síly a tudíž různé maximální povolené plochy odlitku v dělicí rovině. Dále ještě se musí spočítat plocha nařiznutí, jež je velmi důležitá pro získání kvalitního odlitku.

$$F = \frac{V}{v \cdot t}$$

V - objem odlitku cm³

v - střední rychlost materiálu ve vstoku

t - optimální doba plnění.

v, t - určí z diagramu

Potřebné údaje k výpočtu udává s. Valecký ve své zprávě - řešení vtokového systému.

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t.	DP — STR. 11 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
Čímž slabší odlitek, tím rychleji musí být vyplněn. Správné řešení vtokové soustavy je nejdůležitější činitel, který ovlivňuje hospodárnou výrobu odlitků. Síla naříznutí bývá od 0,5 až 2 mm. Záleží na síle stěny, podle s. Valeckého síla naříznutí maximálně je rovna 1/4 tloušťky stěny. Zvolí se tloušťka desek obou polovin formy a přikročí se k vlastní konstrukci formy. Forma se skládá: a/ z pevné části b/ z pohyblivé části Pohyblivou část formy / v širším slova smyslu / obvykle tvoří: pohyblivá deska /vlastní část/, stolička, vyhazovací deska s vyhazovákem, Stolička slouží k upevnění pohyblivé desky a k vedení vyhazovací desky. Důležité je i odvzdušnění formy, které se provádí v dělicí rovině. Špatně odvzdušněná forma způsobuje zvýšenou porositu a zmetkovitost odlitků. Vzduch obsažený ve formě nestačí utéci. K odvzdušnění se používají odvzdušňovací pytle / odvzdušňovací kanály /, které se umísťují v místech posledního plnění. Účelem přetokových kanálů je vypláchnutí znečištěného kovu, někdy slouží i k předehřívání vzdálených míst odlitku. Přetokové kanály totiž souvisí s odvzdušněním a rovněž se umísťují v místech posledního plnění /převážně/. Odvzdušnění v hlubokých tvarech se provádí pomocí vyhazováku, jader apod. Přepouštěcí kanál bývá 0,8 až 1 mm, odvzdušňovací 0,1 až 0,05 mm. Rozměry pracovní dutiny formy, jader obdržíme tím, že k rozměrům odlitků připočítáme přídavek na smrštění odlitku. ve slévárně n.p. nářadí se počítá s průměrným přídavkem 0,7 % /což není zcela správné, viz později/. Připočtením přídavku na smrštění k rozměrům odlitků, obdržíme výkres na smrštění, podle něhož se zhotovuje pracovní dutina. 2.2. Výroba forem. /Jak prováděna v n.p. Nářadí v Č.Lipě/ Formy se vyrábí kusovou výrobou a to hlavně obráběním. Je zde sice instalován i elektrojiskrový stroj VJK 2, ale ten se hlavně používá na údržbu, opravy. Při technologii forem bylo zvažováno, buď vyrobit přibližně 3 elektrody a nebo 1 kopírovací šablonu. Bylo rozhodnuto vedením, že kusy vhodné ke kopírování se budou provádět na kopírce a vyjiskrovače se bude používat v obtížných tvarech kalených materiálů. Důvodem, proč se nepoužívá VJK 2 k výrobě nových forem je značná cena elektrod, které		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t.	DP — STR. 12 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
	se zde zhotovují obráběním a dále má^{la} opakovatelnost dílů /vylučuje použití odlévaných elektrod/. Použití stroje má být zaměřeno v budoucnu i na obnovu forem, poškozených v povrchové vrstvě. Odjiskřením této vrstvy o určitý rozměr se zvýší životnost formy. K tomu ovšem je zapotřebí, aby mohla slévárna tavit mosaz a pokusně vyrábět odstřiky do nových forem a takto získané elektrody uschovávat pro použití, jak je výše uvedeno. K obrábění forem je použito strojního parku, který není příliš výhodný. Pro stávající výrobu by se hodilo několik menších kopírek. než jedna velká, kterou má nářadovna k dispozici. Potřebné modely si vyrábí frézař sám. Vnější tvary vyhotovuje stvrzené tkaniny. U vnitřních tvarů nejprve vyhotovuje vnější tvar, který zaleje epoxydovou pryskyřicí. Jestliže je k dispozici stará forma, odleje potřebné tvary přímo do ní a jen je opraví. výroba modelů je potom rychlejší. Slévárna pracuje z větší části z formami, které si vyrobí zákazníci, neboť kapacita nářadovny je nepostačující a kromě toho z poloviny je zaměřena na údržbu a opravu forem. Postup výroby formy je dán technologickým postupem, který je vypracován podle výkresu formy a rozpisky. Jedná se o postup velmi stručný, odpovídající kusové výrobě. V postupu je vyznačen sled operací. Obvyklý postup je takový, že po ohrubování formy se forma vyžihá a potom teprve dokončí. K dosažení co největší hladkosti formy se leští, většinou ručně a to před kalením. Účelem vyžihání je zmenšení pnutí a deformace při kalení. Tam, kde na tom moc nezáleží, se tvary dokončují po kalení. /Kuželový otvor pro vstřikovací trysku/. Vždy se přebroušuje dotyková plocha v dělicí rovině po kalení, na kterou se nechává přídavek 0,5 mm. <u>2.2.3. Novodobé způsoby výroby forem.</u> Jejich uplatnění je zejména při výrobě několika stejných forem, popřípadně při výrobě několikanásobných forem. Vedle obrábění jsou hledány nové způsoby výroby forem a to z těchto důvodů: obrábění je značně nákladné a zdlouhavé i při použití nejmodernějších a nejproduktivnějších metod obrábění. Nedostatek kvalifikovaných nástrojařů. Hledají se způsoby, které by celý pracovní postup zjed-	

nodušily při současném zvýšení produktivity práce. Mezi tyto metody patří:

Elektroerozivní obrábění

Přesné lití

Lisování tvarů za tepla

Lisování tvarů za studena

/Největší pozornost jsem z těchto metod věnoval na doporučení s. prof. Odstřčila elektroerozivnímu obrábění/.

2.3.1. Elektrojiskrové hloubení.

Skýtá možnost obrábět vysoce legované materiály bez ohledu na jejich tvrdost a houževnatost. Tímto opracováním docílujeme značné přesnosti tvaru a zvýšení životnosti forem. ~~Ne~~**vy**klé tvary, které dříve vyžadovaly dělení forem a tak omezovaly li-
cí tlak, mohou být vyrobeny nyní z jednoho kusu. Obtížné geo-
metrické tvary jaké se vyskytují u ozubených kol lze elektro-
jiskrově vyrobit bez potíží. Elektroerozivní obrábění používá-
me v ~~na~~ kombinaci s třískovým opracováním /dokončující/. Obrá-
bění pozůstává ze sledu mnoho jednotlivých výbojů koncentrova-
né elektrické energie, která se shromažďuje časově vhodným za-
pojením a rázem se uvolňuje na obráběném místě. Používá se
stejnosměrného proudu, kdy nástroj, což je elektroda, je při-
pojena na záporný pól. Tento způsob se podstatně liší od dosavad-
ních klasických způsobů obrábění a nese s sebou celou řadu no-
vých problémů. Elektroerozivní stroje pracují ~~úplně~~ automatic-
ky. Obsluha připraví pouze stroj upnutím elektrody a obrobku
do výchozí polohy. Na stroji lze také ~~na~~stavit určitý jiskrový
výkon potřebný pro hrubování, opracování na čisto. Jiskrový
výkon dán volenou kapacitou kondesátoru a napětím. Jiskrová
energie lze vyjádřit, ~~stroj~~ $W = 1/2 CU^2$, stroj VJK 2 je výrobek
Povážských strojíren a má 10 pracovních stupňů. Čím vyšší je
stupeň, tím je vyšší úběr /milimetrech krychlových za minutu/.
/Pro kalenou ocel úběr v rozsahu všech 10 stupňů je 1 až 300 mm³/min./
/Při použití mosazné elektrody Ms 58 a obráběné ploše 1 000 mm²/.
Největší hladkost dosažená u stroje VJK 2 je 3-6 mikronů a to
při nejnižších stupních. Na druhé straně maximální drsnost po-
vrchu je až 150 mikronů. Čím tvrdší jsou obráběné materiály,
tím je hladší je obrobený povrch /13/.
Elektroerozivní obrábění se vyznačuje: a/ mezerou mezi obrobkem

a elektrodou, která zamezuje dotyk.

b/ obrobitelnosti libovolně tvrdých a houževnatých materiálů

Použití tohoto způsobu závisí značnou měrou na správném vyplachování a na způsobu výroby elektrod. Pro hloubení formy či vložky bude vždy potřeba většího počtu elektrod / 3 -5/ a proto jejich cena vzhledem k hloubicímu efektu musí být, co nejnižší. Elektrody jsou vyráběny různými technologickými postupy: odlévání, stříkáním kovu, lisováním kovového prášku, třískovým obráběním. Použitý postup závisí také na zvoleném materiálu elektrod. Materiál elektrod má mít:

a/ dobrou elektrickou a tepelnou vodivost

b/ malý úbytek při hloubení

Používá se : Cu, Al, Zn, Ms 58, AlZn 20. Slitiny se vyznačují malou vodivostí, ale dobrými vlastnostmi slévarenskými, hodí se tedy na odlévání elektrod. Největší úběry se dosahují slitinami Ms 58, AlZn 20. Mají výhodný poměr úběru k úbytku. Odlévat je možno nejen v stávající formě / a to i tlakově /, ale i v sádrových a cementových formách. V poslední době v zahraničí na dokončovací operace s úspěchem používají zinkových slitin a to odlévaných. /13/

V současné době v zahraničí nabývá stále většího významu výroba elektrod stříkáním / schopováním /. Používá se u Cu, která se špatně lije. Stříkání se provádí do forem sádrových, cementových popřípadně z umělých hmot, které jsou zhotoveny z vzorků odlitků, nebo stříkáním do hotových forem. Formu musíme opatřit dělicím prostředkem. Stačí řídký olej. V sádrových formách se doporučuje nejprve nastříkat slabou vrstvičku zinku / asi 0,03 mm / 13/, lépe se pak oddělí nastříkaná elektroda. Měděné elektrody se stříkají v tloušťkách 0,5-5mm, podle toho zda elektroda je určena k hrubování, či dokončování. Nástříky se buď zalejí nízkotavitelnou slitinou, nebo se rozmístí v negativních formách špalíky, které se zastříkají, aby bylo za co elektrody upevnit. Výhodou stříkaných elektrod je, že jsou přesné a může se vycházet z modelů / vzorků /. Tento způsob je také velmi vhodný, jestliže se jedná o výrobu pouze jediné formy, jediné vložky. Způsob výroby elektrod obrábění neuvažují, protože je nákladný a málo produktivní.

Formy se mají vyrábět výlučně z vnitřním vyplachováním,

to znamená, že pracovní kapalina / petrolej / se přivádí zevnitř elektrody. Vyplachováním se rozumí usálovné přivádění pracovní kapaliny na určitá místa v záběru jsoucích ploch. Tato kapalina odvádí oddělené drobné částice kovu, uhlíku úzkou šterbinou kolem nástroje. Aby k tomu došlo musí se vyvolat velmi rychlé proudění v mezeře a to se docílí právě vnitřním vyplachováním. Kromě vnitřního vyplachování známe vyplachování vyvolané vířením, vibrací elektrody atd.

Nelze uplatňovat jednotný názor, že výroba všech forem novým elektrojiskrovým způsobem bude hospodárná a ekonomická. Hlavní měrou o tom bude rozhodovat / jak již jsem uvedl / hospodárnost při výrobě elektrod, jejichž výroba je hlavní položkou nákladů na výrobu formy. Nemělo by smysl vyhotovit několik elektrod a jimi vyhotovit jeden negativní tvar, který lze celkem méně pracně získat na fréze a pod.

Důležité je i použití elektrojiskrového obrábění při obnově forem - prohlubováním, nebo vyhotovením forem stejných, kde je možno zhotovit elektrody vlitím do původní formy. Elektrojiskrové obrábění proniká v poslední době stále více do všech průmyslových oborů a nahrazuje nedostatek strojní kapacity a kvalifikovaných kádrů.

2.3.2. Přesné lití.

Pro výrobu forem je zvláště výhodné přesné lití metodou trvalého modelu a to technologie studené keramické formy, tak zvaná Shawova metoda. U nás použití této metody je zatím ve stádiu vývoje. / Ve světě se používá od r. 1954 /. Je to přechod mezi litím metodou vytavitelného modelu a litím do kokil. Význam spočívá hlavně v tom, že je výhodná při odlévání větších odlitků, prototypů a malých serií. Výrobní náklady jsou poměrně nízké. Odpadá zde proti metodě s vytavitelným modelem výroba nákladné formy na výrobu voskových modelů a celý výrobní postup se zkrátí.

Potřebné výrobní zařízení i mechanisace je minimální. Nejnákladnější na této metodě je formovací hmota, vzhledem k značné spotřebě a ceně etylsilikátu "40". Bude tedy lití tím hospodárnější, čím bude úspora na výrobních nákladech větší. Nejvíce se výhody projeví u menšího počtu kusů a složitých tvarů.

Tato metoda jak je vidět se přímo nabízí na zhotovování forem. Formy se pak jenom, brousí a leští. Docilovaná přesnost u této metody je 0,25 - 0,5% rozměru a drsnost maximální $R = 30$ / U velkých odlitků litých pomocí vytavitelných modelů je drsnost mnohem horší až 150 mikronů /.

Postup metody:

Nejprve se vyrobí trvalý model. Zhotovuje se ze dřeva, sádry, plastických hmot, ba i z kovu / nejpresnější /. Druh materiálu závisí od počtu vyráběných odlitků a požadované přesnosti. V současné době s úspěchem používají modely z epoxydových pryskyřic, které se vyznačují vysokou hladkostí povrchu. Model se zaformuje buď přímo nebo se vloží do sádrové šněrovačky. Povrch modelu se opatří spolu s dělicí plochou a vtokovou soustavou tenkým filmem dělicího prostředku. Následuje zalití kašovitou formovací směsí. Aby se na povrchu modelu nezachytily vzduchové bublinky, naleje se nejprve velmi řídká formovací směs v tenké vrstvě a ta se zaleje kašovitou směsí. Odvzdušnění se napomáhá mícháním nebo lépe otřesy, po ztuhnutí směsi se forma rozebere a modely se vyjmou z forem. Ztuhlé díly formy se zapálí, aby se odpařil alkohol a splálil se. Následuje vypálení při teplotě 900 - 950 °C, jehož doba je závislá na velikosti formy / 2 - 8 hod. /. Vypálené díly zchladnou v peci asi na 150 °C a dále již chladnou na vzduchu. Ve vhodném přípravku se složí jednotlivé díly ve formu a opatří se pískovým nástavcem, aby se zvýšil tlak vlévaného kovu.

Abychom zlevnili cenu keramické formy, používáme pouze keramických vložek a to těch částí odlitku, na které se kladou zvýšené požadavky rozměrové přesnosti a hladkosti povrchu. To znamená, že u tlakových forem vyrábíme pouze vložku pracovní dutiny. Je zde ovšem otázka, zda nebude u formy lité příliš trpět životnost - primárním zrnem, jež je dosti hrubé.

2.3.3. Lisování tvaru za tepla a studena.

Tento způsob se mi nejeví dostatečně výhodný vzhledem k velké ceně lisovacího nástroje, který musí být z kvalitního materiálu a pečlivě tepelně zpracován. Úspor by se dosáhlo vůči obrábění jen při větším počtu stejných forem, což u nás zatím nepřichází v úvahu.

2.4. Materiál formy.

Při hledání nových materiálu hlavním vodítkem je životnost forem. Forma je drahý nástroj, musí mít pokud možno, co největší životnost. Namáhání forem je velmi intenzivní a ne jen mechanické / střídavé /, ale i tepelné, jsou zde účinky i fyzikálně chemické. Je mnoho požadavků, kterým by měla ocel na formy vyhovět, ale zatím se nepodařilo nalézt materiál, který by vyhovoval všem, v zásadě by měl mít:

Dobrou pevnost za tepla, vysokou mez průtažnosti za vysokých teplot, dobrou tepelnou vodivost, malého součinitele tepelné roztažnosti, odolnost proti tepelným rázům, stálost rozměrů při tepelném zpracování, odolnost proti erozním účinkům proudícího kovu atd.

Vlastnosti materiálu hutě ovlivňují chemickým složením a stupněm prokování. Pro lití Al slitn se používá na formy jednak domácích ocelí a jednak zahraničních značek. Základním legujícím prvkem je chrom. Do nedávna nejrozšířenější ocelí byla značka Poldi AK2 - speciál, nynější označení ČSN 17027F.

Dnes už pomalu bude patřit tato ocel historii, obzvláště tam, kde se bude požadovat větší životnost, což je většina případů. Tato ocel je vysocelegovaná a to chromem, má nízkou tepelnou vodivost, nejisté tepelné zpracování / s ohledem na výskyt delta feritu /.H/, je náchylná k povrchovému nauhličení a na výskyt austenitu v nauhličené vrstvě. S tím souvisí předčasný vznik trhlin v povrchové vrstvě. Výhodou této oceli je čistý povrch po tepelném zpracování, tato ocel není náchylná na oxidaci,

Ocel typu Poldi TLH - ČSN 19552 nemají těchto nevýhod. Jsou to oceli nízkolegované chrommolybdenovanadiové / 5%Cr, 1,4%Mo, 0,4%V, 0,35%C /. Jejich tepelná vodivost je o 60% větší. S tím souvisí menší přehřívání povrchu formy, menší teplotní gradient a menší náchylnost na vznik žárových trhlin. Z téhož důvodu nejsou oceli ČSN 19552 příliš citlivé na prudké ochlazení vodou.

Pro porovnání :

Životnost ČSN 17027F	25 000 - 30 000 vstřiků
ČSN 19552F	50 000 - 100 000 "

Životnost chrommolybdenvanadiové oceli je tedy zhruba 2 - 3x větší, Svou kvalitou téměř odpovídá dováženým ocelím rakouským / Böhler US Ultra 2, Alpine WSMA - 5% Cr, 0,4% V, 1,3% Mo /.

2.5. Tepelné zpracování forem.

Na tepelném zpracování hodně závisí dosažená rozměrová i tvarová přesnost odlitků. Nevhodným tepelným zpracováním nebo nedodržením předepsaného typového postupu se může přesně vyhotovená forma znehodnotit / okujením, deformacemi /. Při dodržování správného postupu, to je žihání na odstranění pnutí po ohrubování, ohřevu na kalicí teplotu a zakalení, správného popuštění, lze dovést rozměrových úchylek pod 0,1% jmenovitého rozměru //1/. Tato hodnota je asi polovinou dovolených úchylek odlitku, u větších rozměrů je poměr ještě menší, to vede k tomu, že kalená forma se už po kalení málokdy dohotovuje. / Jedna ze základních cest jak dostat přesný odlitek je docílení nejmenších možných rozměrových odchylek při tepelném zpracování /.

Typový postup pro tepelné zpracování vstříkových forem z oceli ČSN 17027F, ČSN 19552 / vypracovaný Strakonice / je závazný i pro kalírnu nár. pod. Náradí v České Lípě / není, ale dodržován /.

A / Kalení z komorové pece

1/ Žihání na odstranění pnutí po vyhrubování. Ohřev na žihací teplotu / záleží na druhu materiálu /. Setrvání na žihací teplotě 2 - 5 hod. podle velikosti formy. Poté se pec vypne a nechá se se vsázkou ochladit na 200°C, kdy se forma z pece vyjme.

2/ Ohřev ke kalení a vlastní zakalení. a/ ~~Ohřev~~ Formu chránit proti oduhličení, případnému okujení - zásypem suchého vypalného koksu / velikosti hrachu / v žihací krabici a novinovým papírem, který zuhelnatí a zabraňuje přístupu vzduchu. Otvory pro šrouby se zamáznou hlínou. Krabice se uzavře poklopem a utěsní hlínou.

b/ Krabice s formou se vloží do pece vyhřáté na 300°C a zvolna se ohřeje na předehřívací teplotu 800°C

Na této teplotě 2 - 4 hod. prodleva k prohřátí.

c/ Po náležitém prohřátí se teplota zvýší na kalicí teplotu, a to max. rychle. Buď se to přenesse do pece vyhřáté na kalicí teplotu, nebo se teplota zvýší v peci, kde bylo provedeno předeřhřátí. Prohřívání na kalicí teplotě bývá 5 - 10 min. na každých 10 mm tloušťky formy

d/ Po náležitém ohřevu na kalicí teplotě se krabice s formou výjme a forma opatrně se vybalí a nechá se zakalit. / Ve vzduchu popřípadě v oleji /.

3/ Popouštění se provádí co nejdříve po zakalení. Zásadně se provádí popouštění nejmeně dvojí. Teplota prvního popouštění se volí podle požadované tvrdosti, jestliže jsme dosáhli požadované tvrdosti, je další popouštění na teplotu o 30^oC nižší.

4/ Kontrola tvrdosti po, prvním i druhém popouštění.

B/ Formy kalené ze solné lázně.

Ze solné lázně se provede kalení jen těch částí forem, které se dají bezpečně ponořit do lázně. Jedná se o menší části. I u tohoto postupu se používá předeřhřevu, aby rozložení teplot bylo co možná nejrovnoměrnější.

Doporučuje se po 10 000 kusech formu znovu popustit k odstranění pnutí. Popouštění se provede při teplotě o 20^oC nižší, než bylo druhé popouštění. / Popouštěcí doba je 30 min. na každých 10 mm tloušťky /.

2.5.1. Problémy při kalení

a/ Vliv na rozměrové úchytky při kalení. Požadavek přesnosti formy.

b/ Oduhličení povrchové vrstvy.

ad a/ Je to vlastně otázka vlastních deformací. I při sebe dokonalejším postupu při kalení dochází k deformacím, ale jde o to, jak jsou tyto deformace velké. K snížení deformací na minimum bylo by vhodné mezioperační žihání, to znamená po každé hrubovací operaci a před vlastním kalením. Tím by se vyloučilo z hlavní části vnitřní pnutí, jež způsobuje deformace a tím i rozměrové změny. To je ovšem dosti nákladné. Tam, kde se požaduje velká přesnost, dokončují se tvary po kalení. Dnes ve světě se jde na menší tvrdosti a pevnosti. Kalilo se na pevnost I45-I60 kg/mm², nyní na I20-I40 kg/mm²/menší hodnota pro formu, vět-

VŠST LIBEREC	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 20 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
ší pro jádro. Nejenže se dá forma po kalení opracovat, ale má i větší životnost, méně pnutí. Povrch je nutno začernit, aby nelepil. /Vyvařením v oleji - 150°C/. Vyžaduje ovšem opatrnějšího zacházení neb je měkčí. ad b/ Aby se zabránilo oduhličení provádí se ohřev na kalicí teplotu, a to v komorových pecích v zásypu vypáleného koksu, litinových třísek nebo v solné lázni, či v ochranném plynu. Podle amerických zkušeností je i slabé oduhličení škodlivé a doporučuje se spíše mírné nauhličení /15/. Pro ocel ČSN 19552 není nauhličení tak škodlivé jako pro ocel ČSN 17027F, kde vede ke vzniku stabilního austenitu v povrchové vrstvě. V zahraničí byl zkoumán vliv různých zásypů a bylo zjištěno, že zásypy z vypáleného koksu a litinových třísek, kterých se u nás běžně používá mají mírně nauhličující vliv. To může vést k předčasné tvorbě žárových trhlinek. Jako neutrální se projevil zábal do papíru a měděné vlny /Cu vázala atmosferický kyslík, tím zabránila tvorbě nauhličujícího plynu/. Někdy mírné nauhličení působí i příznivě, zvyšuje odolnosti proti vymílání. Z hospodářských důvodů se balení do měděné vlny nedoporučuje, ale je výhodné malé množství přidat do obvyklých zásypů, aby vázala část kyslíku a tím zabránila z části tvorbě nauhličujícího plynu. 2.5.2. Nitridace U tlakového lití se ukázala nitridace forem a jader účinným prostředkem zvýšení odolnosti proti vymílání a lepení. /Svědčí o tom zahraniční zprávy/, /15/ Důležitou podmínkou je, aby nitridovaná vrstva byla tenká. Již doba deseti hodin při 510°C nám dává vrstvičku 0,1 mm, která je postačující. Naopak u tlustých vrstev je nebezpečí tepelných trhlin a odprýskávání vrstvy. /O tom svědčí zpráva ze Strakonice, která nedoporučuje nitridování. Považuje to za riskantní, neboť po čase dochází k odštipování vrstvy./ 2.5.3. Moderní způsob tepelného zpracování. Ohřev i kalení se provádí v ochranné atmosféře, je to kontinuální způsob tepelného zpracování. /U nás bude zřízeno toto tepelné zpracování během tohoto roku v Mladé Boleslavi./ 2.5.4. Žárové trhliny. Bylo zjištěno, že hlavní příčinou žárových trhlin je plastické		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t.	DP — STR. 21 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
přetvoření, vyvolané kmitavým namáháním. /12 /. Povrch formy je vystaven rytmu stlačování a roztahování /přirovnáno ke zkoušce v kmitavém ohybu za tepla/. Plastické přetvoření na povrchu dutiny v důsledku rozdílu teplot a tepelného protažení, zavinuje žárové trhliny. K snížení žárových trhlin přispívá. /12 /. a/ Snížení modulu pružnosti. Při sníženém modulu pružnosti je nižší napětí v oceli, při daném přetvoření. Při stejné mezi průtažnosti může materiál o nižším modulu pružnosti vykazat větší přetvoření pružné. b/ Snížení tepelného protažení. Celkové přetvoření je pak menší. c/ Zvýšená mez průtažnosti. Zvyšuje pružné protažení blízko meze průtažnosti oceli, na úkor plastického přetvoření. d/ Zvýšená odolnost proti vyhrátí při pracovních teplotách. Čím odolnější je materiál proti změknutí, tím větší odolnost má proti žárovým trhlinám. Naše oceli ztrácí bohužel při 650°C na pevnosti /licí teplota Al slitin/, to snižuje mez průtažnosti a tudíž i odolnost proti žárovým trhlinám. ad a/ a ad b/ - lze zlepšit jen užitím jiného základního materiálu / Mo, Ti, Nb, Zr/. ad c/ a ad d/ - lze ovlivnit přísadami k Fe. Proto vývoj forem omezen na tyto dvě vlastnosti. Slévač může při své práci zmenšit tvorbu žárových trhlin. Životnost forem s ohledem na tvoření žárových trhlin může být prodloužena: 1/ tepelně zušlechtit na nejvyšší možnou přípustnou tvrdost a tím docílit nejvyšší možné meze průtažnosti. 2/ Předehřátí až na pracovní teplotu-zmenšuje silně plastické změny formy, k nimž jinak dochází u studených forem. 3/ Práce s formou s nejvyšší možnou teplotou-zmenšuje plastické přetvoření. 4/ Užití nejnižší licí teploty kovu snižuje nejvyšší teplotu formy, kterážto snižuje plastickou deformaci. Forma kromě odolnosti vůči žárovým trhlinkám musí vykazovat řadu dalších vlastností. Jednou z nich je houževnatost, která zabrání použití oceli z nejvyšší mezíprůtažnosti, jež lze dosáhnout tepelným zpracováním./Popouštění na nižší teploty - nebezpečí změknutí formy provozem/.		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 22 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
Tuto kapitolu jsem z zařadil z toho důvodu, že žárové trhlíčky jsou nejčastější příčinou znehodnocení formy. 3. <u>P r o b l é m y s l é v á r n y .</u> Lze shrnout do několika bodů: 1/ životnost forem 2/ zmetkovitost 3/ stříkání plošných odlitků 4/ nedostatek strojní kapacity nástrojárny 5/ sortiment slévárny Odpověď na některé body, již daly předchozí kapitoly. Zde jsou příslušné poznakty sshrnuty a specifikovány na slévárny v České Lípě. ad 1/ Životnost forem závisí: a/ Na materiálu, aby co největší životnost je třeba používat ČSN 19552, čímž se sníží i pracnost formy na 1 t vyrobených odlitků. b/ Tepelném zpracování - je třeba dodržet typový postup. Nedodrží se se v tom, že formy se nebalí do novin /většinou/, neprovádí se stupňovitý ohřev, což má za následek, nerovnoměrné rozložení teplot /silné partie studené/, nestejněměrné zakalení a prakticky se to projeví tím, že občas nějaká forma po tisíci kusech praskne. Bylo by dobré použít mastkového nátěru / doporučeného v zahraničí/, který zabraňuje částečné oxidaci kovu při kalení. Častou vadou je nepřipustně zokružený povrch, zaviněný nebalením do novin a špatným utěsněním krabic. Povrch se potom musí po kalení znovu upravovat, čímž narůstají náklady a je po přesnosti. /Nepočítá se s přídavkem na opracování po kalení/. c/ Nevhodné chlazení. Je důležité, aby forma neměla velké teplotní rozdíly. Chladit musíme od počátku výroby, i když zprvu nepatrně, neboť puštění studené vody do formy vede k jejímu prasknutí. Na na to obzvláště háklivé formy z materiálu ČSN 17027F. Je třeba, aby se zavedlo ohřívání forem, bylo by méně žárových trhlíček a méně zmetků. Vymezila by se vůle vyhazováků. Za studena je větší a to umožňuje zastříknutí hliníkové slitiny. Vede to k zvýšenému počtu prasklých vyhazováků za studena. Nepravidelným cyklem rovněž značně kolísá teplota formy. d/ Špatná konstrukce formy. Způsobuje zvýšené opotřebení některých částí, hlavně jader.		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 23
		20. ČERVENCE 1963
		Jaromír Křevký

Některé formy jsou konstruovány bez chlazení, nebo z nedostatečným chlazením. Forma se pak přehřívá a slévač ji obvykle uměle ochlazuje vstříkáváním vody do formy, čímž tato značně trpí.

ad 2/ Zmetkovitost. Vinníkem bývá :

a/ slévárna
b/ nástrojárna
c/ konstrukce

Většinou bývá příčinou zmetků lajdáctví, např. na formě se udělá změna a zapomene se udělat v dokumentaci. Potom, když se forma znovu vyrábí má původní závady, čili opět zmetkuje. Někdy i nevhodnost metody, např. předlitím vroubkování, kde by bylo výhodnější protlačování. Zmetkovitost se pečlivě sleduje, aby mohly příslušné zásahy být učiněny. Slévárna má povolenou zmetkovitost 7,5% a má co dělat, aby se do ní vešla.

ad 3/ Stříkání plošných odlitků je velkým problémem, obzvláště, když mají slabé stěny. Dochází u nich ke zkrucování. Velkou roli zde hraje umístění vtoku. Slévárna se snaží vždy převést odlitek na žebrovaný, kde již zkrucování je minimální.

ad 4/ Nedostatek vhodných kopírek a tvarových ~~brusek~~ usek.

ad 5/ Sortiment slévárny. Slévárna má plán v tunách a lépe jej plní těžkými odlitky, které mají mnohem menší pracnost na 1 kg, než odlitky drobné.

4. O r g a n i z a c e k o n t r o l y a j e j í ú k o l y.

/Ve slévárně národního podniku Nářadí Česká Lípa/.

V čele kontroly je vedoucí kontroly. Jemu jsou podřízeni:

dílenský kontrolor slévárny
dílenský kontrolor nářadovny
třídičky - mezioperační kontrola
výchozí kontrola hrotovny

4.1. Dílenský kontrolor slévárny.

Provádí: a/ Kontrolu vzorků /při zastříkávání formy/
b/ Kontrolu prvních kusů série
c/ Průběžnou kontrolu

ad a/ Kontrola vychází z výkresu odlitku. V případě, že se jedná o nový odlitek, který se ještě nedělal. Proveďte se zástřik formy. Při kterém získáme menší sérii odlitků. V případě, že se jedná o odlitky pro hlavní závod, /nár.p. Nářadí/, provede se kontrola vzorků. Vzorky se nazývají prvé dobré kusy z nové formy. Na

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 24 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
	vzorku se kontrolují všechny rozměry vyznačené na výkrese. Naměřené hodnoty se zaznamenávají do protokolu, kde se zároveň k jednotlivým rozměrům poznamenává zda jsou v toleranci. či ne. U těch, které nejsou potom vedoucí konstrukce forem připiše zda závada lze nebo nelze odstranit. Ty závady, které lze odstranit poměrně snadno a jsou na závadu funkce nebo montáže, přikazuje opravit sám. Například malé odvzdušňovací kanály a podobně. Jinak se protokol překládá v hlavním závodě konstruktérovi, který povoluje odchylky. Ten má k dispozici výkresy celé sestavy a může rozhodnout zda dané závady jsou opravdu závadné a jsou-li možné nějaké odchylky. Obvykle první zástřik se neschválí, protože nikdy úplně nevyjdou všechny rozměry. Je to zaviněno nesprávným stanovením smrštění, uvolněním jádra a podobně. Na protokolu se vyznačí, na kterých změnách trvá a ty se musí provést. Na základě těchto změn se provede oprava formy. Opakuje se zástřik a celý postup. Po schválení rozměrů vzorků i s některými povolenými změnami se vzorek v hlavním závodě zablombuje. Rozměry vzorku jsou nyní pro slévárnu závazné s povolenými odchylkami J 13./netolerovaných rozměrů/. Dříve slévárna měla dost těžkostí s dodržením roztečí, dnes už ne, protože má k dispozici nářadovna přesnou vyvrtávačku. Jedná-li se o odlitky pro zákazníka, to znamená dodávané mimo závod, tak se kontroluje jen vzhled a zasílá se mu 6 vzorků. Zákazník si je sám prověří a vyjádří se k případným změnám, které bude požadovat. Respektivě, na kterých rozměrech bude trvat. Někdy nové formy schválí zákazník až po 3 000 kusech. Při tom si ověřuje zda je možné je použít i se stávajícími závadami. a) Sledují se pečlivě první kusy série. Případné odchylky od vzorků schvaluje konstruktér odchylkový./hl. závod/. Menší nepodstatné odchylky schvaluje vedoucí kontroly slévárny /přechodový rádius/. b) Průběžná kontrola většinou podle času kontrolora, správně se má od stroje každou hodinu brát vzorek, jestliže stroj jede na sérii. Jedná se hlavně o kontrolu vzhledovou, aby se někde něco nevystípllo a neuvolnilo /jádro/. <u>4.2. Dílenský kontrolor nástrojárny.</u> Vychází z výkresu, popřípadně skic, jestliže není výkres detailu. Kontroluje jednak operace provedené na jednotlivých pracovištích, to znamená provádí mezioperační kontrolu a dále	

kontrolu konečnou. Všechny díly formy je nutno, aby byly v tolerancích, když né, tak se vyzmetkují nelze-li je opravit.

Zatékání formy se zkouší voskem, to znamená, že do mírně předehté formy, která vymazána olejem se zaleje vosk. V případě, že kov nezateče, musí se provést změny na vtokové soustavě. Po kalení se obvykle kontroluje jen rovinnost desek formy /indik. hodinkami/ a ta bývá většinou v mezích přídatku na zarovnání do sedací plochy formy. Jinak se kontrolují ty rozměry, které se dokončují po kalení.

Forma, než jde ze stroje do skladu, tak se musí řádně vyčistit, a prohlédnout. Složitě části kontrolor ručně předkreslí. Výsledek prohlídky se zaznamená na technologickou kartu a je podkladem pro případné opravy formy.

4.3. Třídíčky a výchozí kontrola.

Třídíčky - třídí vzhledově všechny odlitky. Je zde tedy kontrola pouze vzhledová. Odlitky se považují za zmetky, když jsou nezalité, vydržené, mají velkou mapovitost a podobně. Ve sporných případech zda zmetek či né, rozhodne vedoucí kontroly. Účelem této mezioperační kontroly je zabránit apretaci zmetků. Výchozí kontrola - kontroluje hlavně apretaci.

5. R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .

5.1. Rozměrové tolerance odlitků.

Velké potíže při lití pod tlakem činí nedodržení rozměrů odlitků vzhledem k nízkým přípustným tolerancím. Netolerované rozměry odlitků mají dovolené úchyly J 13. Tyto úchyly platí též i pro rozteče. Jedná-li se o tolerované rozměry, musí se o nich dohodnout spotřebitel se slévárnou. Po dohodě jsou tyto rozměry pro slévárnu závazné.

Nedodržení požadované přesnosti může být zaviněno:

1/ Výrobou a konstrukcí forem

a/ nepřesností výroby forem

b/ nesprávným stanovením přídatku na smrštění

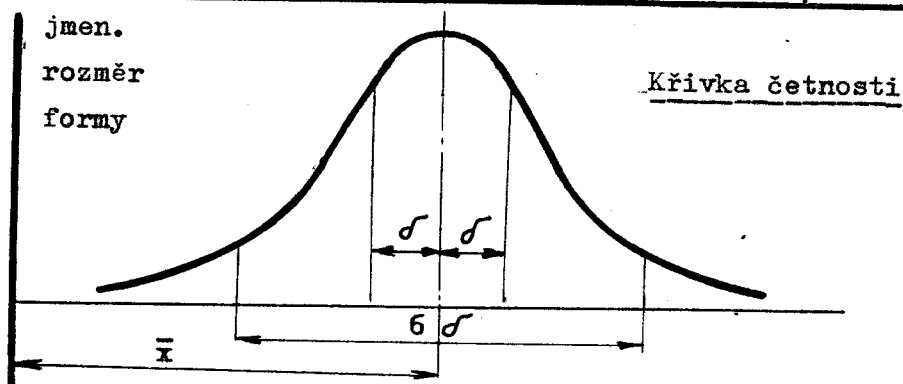
2/ Technologickými podmínkami lití

ad 1/ ad a/ nepřesnost výroby se hlavně projevuje po tepelném zpracování, kdy už se tvar dutiny ve většině případu nekontroluje a neopravová.

ad b/ nesprávné stanovení přídatku je velmi časté, neboť se používají hodnoty průměrné 0,6 až 0,7 % rozměru odlitku.

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR.26 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
Nepřesnosti ve zhotovení formy a hlavně použití průměrného přídatku na smrštění vedou k dodatečnému obrábění po zástřiku formy, kdy rozměry se upřesňují. Mnohdy ani nestačí jedna oprava, ale musí se jich provést více, čímž se váže kapacita nástrojárny a prodražuje výroba. ad 2/ Rozdílné technologické podmínky lití způsobují, že všechny odlitky z dané formy nejsou naprosto stejné. Je zde určitý rozptyl rozměrů odlitků litých pod tlakem, který je tím větší, čímž rozdílnější jsou technologické podmínky lití /teplota formy, kovu/. V průběhu stříkání vznikají ještě úchytky zaviněné: - a/ opotřebením licí formy - b/ špatným čištěním formy - c/ nedostatečným uzavřením licí formy-způsobeným licím strojem Rozměrové tolerance odlitku se rozpadnou: 1/ na mechanickou toleranci /dána strojem/ 2/ na toleranci licí formy / dána přesností výbory forem/ 3/ na metalurgickou toleranci /dána technologickými podmínkami lití/ <u>5.2. Rozměrové závislosti mezi formou a odlitkem.</u> Hlavním úkolem je stanovení míry smrštění, prověření stupně přesnosti používané technologie tlakově litých odlitků a stanovení ekonomicky dosažitelných výrobních tolerancí odlitků. Za tímto účelem bylo proměřeno 6 druhů odlitků litých pod tlakem z normální sériové výroby slévárny a stejný počet jím odpovídajících forem. U každého druhu bylo změřeno převážně 50 odlitků. V úvahu se braly rozměry, které bylo možno celkem spolehlivě naměřit na odlitcích i na formě. Vzhledem k tomu, že kromě technologických vlivů, jako je licí teplota slitiny, předehřívací teplota formy, mají značný vliv činitelé související s tvarem odlitků a to hlavně způsob tuhnutí a smršťování jednotlivých partií odlitků. Je nutno rozdělit rozměry do skupin zhruba se stejnými podmínkami smršťování. Teoreticky by se dalo říci, že na jedné straně budou rozměry volné, kde nic nebrání ve smršťování a na druhé omezené, kde smršťování brání jádra. / Jak známo z přesného lití/. Ve skutečnosti jsou rozměry poněkud složitější, což vyplývá z toho faktu, že ani na jednom z uvažovaných odlitků se nenašel rozměr, který by se mohl zcela volně smršťovat a zároveň by nešel přes dělicí rovinu.		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 27 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
Rozměry byly proto rozděleny na rozměry: a/ s převážně s volným smršťováním b/ s omezeným smršťováním c/ otvory d/ přes dělicí rovinu Podobně jako u přesného lití setkáváme se tedy i zde nejen s pojmy rozměrové přesnosti, to znamená dodržení předepsaných jmenovitých rozměrů, ale i s pojmem tvarové přesnosti. Oba pojmy spolu souvisí a výsledné rozměry odlitku jsou ovlivňovány jmenovitým rozměrem a tvarovým uspořádáním odlitku v blízkém okolí tohoto rozměru. Vyhodnocení bylo provedeno pomocí matematické-statistických úkonů, neboť^V současné slévárenské praxi jen statistický výpočet nám umožňuje s dostatečnou přesností zachytit všechny vlivy materiálu i celého výrobního postupu na dosahovanou přesnost. Teoreticky by bylo možné provést výpočet pomocí fyzikálních konstant / souč. roztažnosti s podobně/, výpočet by byl však pracný. Jeho výsledky nemohou být provozně spolehlivé, protože nezachycují vliv tvaru odlitku a celé řady individuálních vlivů, vyplývajících z použitého postupu. 5.2.1. Statistické vyhodnocování./theorie/ Rozměry jednotlivých druhů odlitků byly sestaveny podle velikosti rozměrů s vyznačením četnosti do pomocných tabulek /viz tabulka 1-30 a to pro každý rozměr formy zvlášť. Pro každý rozměr je zde vyjádřena odchylka, jakožto rozdíl rozměru formy a příslušného rozměru odlitku. Po propočtení hodnot uvedených v tabulce se určí: Průměrná odchylka celého souboru naměřených hodnot, což je aritmetický průměr odchylek, běžně označovaný $\bar{x}$. Jejíž hodnota určuje střed souboru a tudíž i osu souměrnosti křivky četnosti. $\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot n_i}{\sum n_i}$ K dosažení požadovaných zákonitostí musíme použít vyrovnávacího počtu, jehož důležitou hodnotou je směrodatná a krajní odchylka. Směrodatná odchylka: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 \cdot n_i}{\sum n_i} - \bar{x}^2}$ Krajní odchylka : $\mathcal{K} = 3$		



Tyto hodnoty jsou určeny pro každý jmenovitý rozměr formy a jsou základem dalších výpočtů. Vzhledem k tomu, že je známo, že pro určitý typ smršťování vzrůst průměrné odchylky v závislosti na jmenovitém rozměru je prakticky lineární. Bylo účelem z naměřených hodnot zjistit právě charakter této lineární závislosti numericky i graficky. Uvažujeme tedy závislost lineární a hledáme rovnici tak zvané regresní přímky ve tvaru:

$$y = b + ax$$

K tomuto výpočtu byly průměrné odchylky odlitku jednotlivých rozměrů forem sestaveny do tabulek podle druhu smršťování /tabulky 31-34/.

Po propočtení hodnot v tabulce a vypočítání příslušných průměrů jednotlivých sloupců se může přikročit k výpočtu rovnice přímky.

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

Kde: $\bar{x}$ $\bar{y}$ - jsou příslušné aritmetické průměry

b_{yx} - regresní koeficient udávající průměrnou změnu proměnné, odpovídající jednotkovému zvýšení proměnné x

σ_x^2 - rozptyl hodnot jmenovitého rozměru.

$$\sigma_x^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2 \quad b_{yx} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x^2}$$

Podobně určíme rozptyl hodnot y a regresní koeficient b_{xy} ,

který je ~~zde~~ vyjádřen rovnicí: $b_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_y^2}$

Geometrický průměr regresních koeficientů je mírou lineární závislosti. Jestliže je roven jedné, znamená to, že se jedná o úplnou přímou závislost.

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

Byly zjištěny následující závislosti mezi průměrnou hodnotou odchylky a jmenovitým rozměrem formy:

Pro volné smršťování: $y = 0,036 + 0,0056 \cdot x$

Pro omezené " " : $y = 0,117 + 0,0018 \cdot x$

Pro otvory : $y = 0,02005 + 0,00028 \cdot x$

Pro rozměry přes

dělicí rovinu: $y = 0,028 + 0,0027 \cdot x$

Závislosti byly zpracovány i graficky /*graf 1* /.

Z grafů nebo rovnic už potom lze přímo určit průměrnou hodnotu odchylky rozměru odlitku od rozměru formy.

Praktický význam má však hodnota nutného průměrného procentuálního přídávku, ke jmenovitému rozměru odlitku, kterou lze získat zpětným přepočtením podle následující úvahy.

$$\frac{y}{z} = \frac{x}{z} \quad \text{---} \quad \frac{x}{z}$$

Vycházíme ze jmenovitého rozměru mistrovského kusu x , k němuž určíme průměrnou odchylku odlitku a zbytek musí být průměrný jmenovitý rozměr odlitku z .

Hledáme funkci $y = f(z)$

Máme k dispozici:

$$y = ax + b$$

$$z = x - y$$

$$z = \frac{y-b}{a} - y$$

$$\frac{y}{z} = \frac{100}{1-a} \left(a + \frac{b}{z} \right) \%$$

Závislost byla zpracována jednak tabelárně a jednak do grafů, /*graf 2* / pro jednotlivé druhy smrštění. Zjištěné závislosti by měly být značně důležité pro praxi, protože přináší přesnější podklad pro konstrukci forem. Dosud se vypočítávaly rozměry forem / jak již bylo uvedeno / u hliníkových slitin ze jmenovitého rozměru odlitku s použitím přídávku ~~xx~~ 0,6 %. Nevhodnost tohoto způsobu se zejména projevuje u malých rozměrů, kde je přírůstek nepostačující.

Stanovení rozptylu.

K posouzení dosahovaného stupně přesnosti výroby a pro určení ekonomicky dosažitelných tolerancí stávající výrobou je nutné stanovit závislost rozptylu na jmenovitém rozměru formy. Ekonomii je nutno uvažovat z toho důvodu, že je možno zvyšovat přesnost zužováním tolerančního pole, tím že připustíme větší procento zmetků. Tím se ovšem výroba prodražuje. Ve většině případů se počítá s tak zvanou normální přesností, která odpovídá poli plus minus 3σ , to je rozptylu $/6\sigma/$. Odchylky mimo tyto meze se považují za odchylky zaviněné hrubou nedbalostí, neopatrností, selháním zařízení.

Normální přesnost podle teorie chyb nám dává pravděpodobnou zmetkovitost pouze 0,27 %. Pravděpodobná zmetkovitost se zjistí z křivky četnosti, jako poměr plochy pod křivkou, ležící v ně pole povolených tolerancí, ku celkové ploše pod křivkou.

/Například při povolené toleranci $\pm \sigma$ je zmetkovitost 32 %.

Obdobným způsobem jako při vyhodnocování průměrných odchylek byla vyrovnávacím počtem zjištěna závislost rozptylu na jmenovitém rozměru, opět s ohledem na charakter smršťování. Výsledky byly zpracovány početně i graficky /graf 4-7/

Prakticky přicházejí v úvahu rovnice:

Rozptyl rozměrů s volným smršťováním: $y = 0,055 + 0,0014 \cdot x$

— " — " — s omezeným smršťováním: $y = 0,041 + 0,0012 \cdot x$

Rozptyl otvorů: $y = 0,09 + 0,0006 \cdot x$

Rozptyl rozměrů jdoucích přes

dělicí rovinu: $y = 0,087 + 0,0073 \cdot x$

5.2.2. Vlastní měření a výpočet.

Materiál měřených odlitků převážně ČSN 424384 a tavený, jež má zhruba stejné vlastnosti. K měření bylo použito mikrometru, mikrom. hloubkoměrů, posuvky / s přesností 0,02 mm/, supita a podobně. Odlitky byly změřeny na měřicím pracovišti /obr.5/ a formy přímo v nástrojárně. Jednalo se o tyto druhy odlitků: vodítka jehel, motorové skříně, krabice, větráčky, stojany ložiska, základní části magnetu a podložky.

U některých druhů odlitků /základních/ byla měřena informativně i teplota formy a kovu, dotykovým a ponorným pyrometrem.



Obr.5 - Měřicí pracoviště ve slévárně

Vodítka jehel.

Materiál: tavený

č. formy 2 - 0205

Snažil jsem se zachytit od studené formy, ale úplně studená nebyla. Pevná půlka formy 40°C a pohyblivá 15°C . Rozběh byl sledován na rozměru délky - 1.

Pořadí odlitků od studené formy:

1	165,14
2	165,15
3	165,15
4	165,17
5	165,18
6	165,22
7	165,20

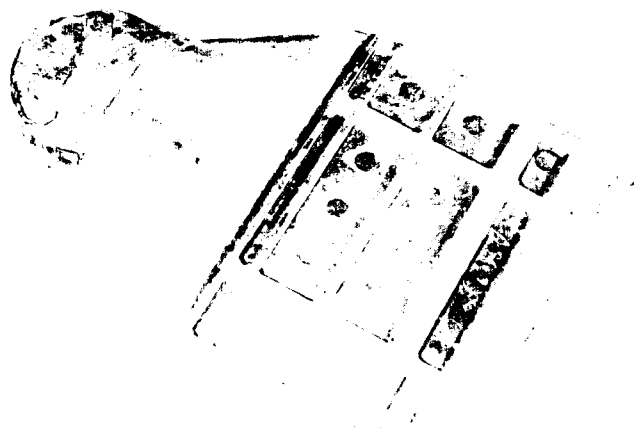
Odlitky 1 - 4 jsou zmetky z jiných příčin /nezalitím/.

Po 5 kusech, již teplota pevné půlky 210°C a pohyblivé 190°C .

Forma konstruována bez chlazení na horizontální vstříkový lis.

Forma byla chlazena proudem vody, který volně tekla po vnějšku formy. Nepřesnosti vznikaly zejména nečistotami v dělicí rovině.

Forma špatně odvzdušňovala a slévač vkládal do dělicí roviny smírkový papír. /Prostřík dosahoval až 0,3 mm/.



Obr. 6 - Vodítka jehel

VŠST LIBEREC

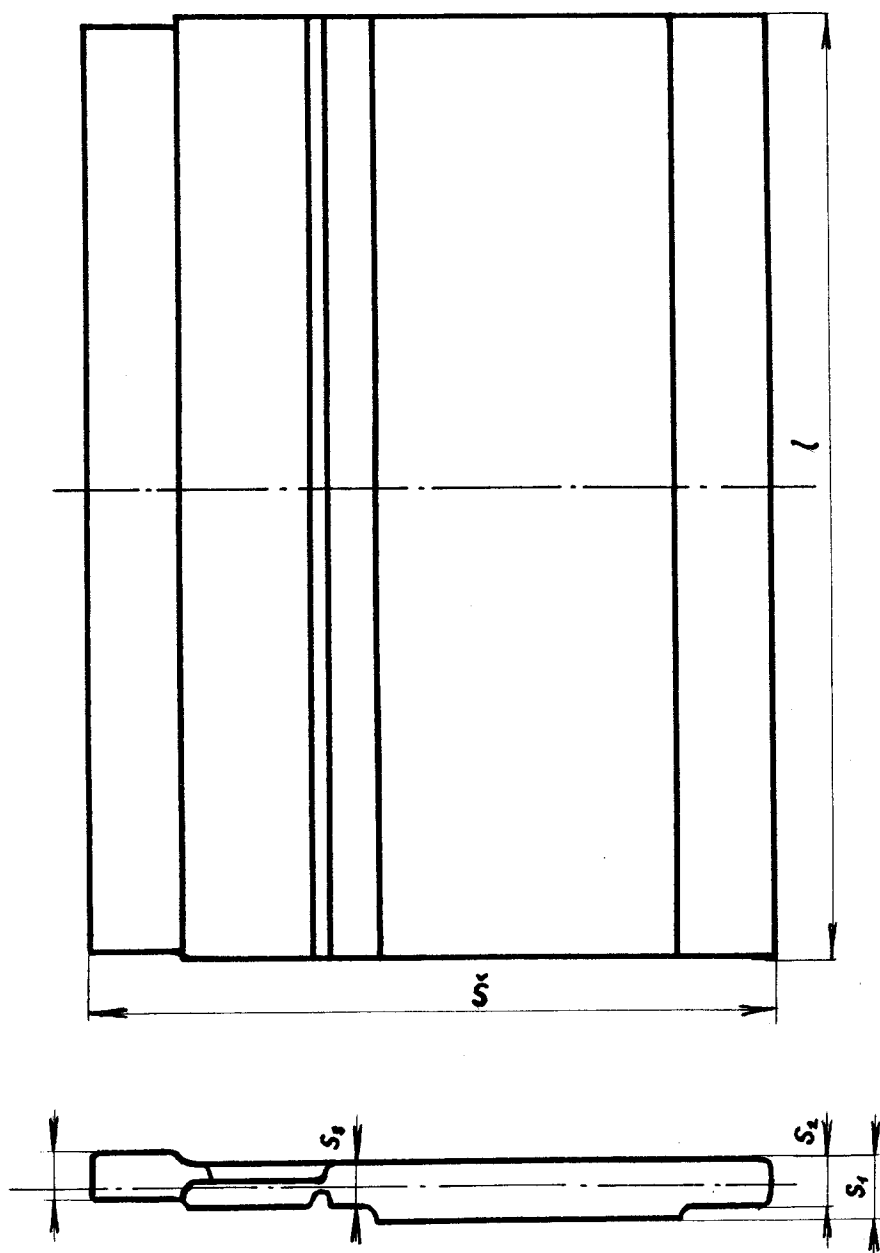
DP - ST 129/63

Rozměrová
přesnost

DP — STR. 32

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký



Obr.7 - Měřené rozměry na vodítku jehel.

VŠST LIBEREC EP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t.	DP — STR.33
		20. ČERVENCE 1963
		Jaromír Křevký

l = 166,20 /rozměr formy/

tab.č. I

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
165,17	2	1,03	2,06	1,0609	2,1218
165,18	5	1,02	5,10	1,0404	5,202
165,19	4	1,01	4,04	1,0201	4,0804
165,20	4	1	4	1	4
165,21	8	0,99	7,92	0,9801	7,8408
165,22	4	0,98	3,92	0,9604	3,8416
165,23	6	0,97	5,82	0,9409	5,6454
165,24	6	0,96	5,76	0,9216	5,5296
165,25	5	0,95	4,75	0,9025	4,5125
165,26	3	0,94	2,82	0,8836	2,6508
165,34	2	0,86	1,72	0,7396	1,4792
165,41	1	0,79	0,79	0,6241	0,6241
	50		48,70		47,5282

$$\bar{x} = 0,974 \quad \bar{x}^2 = 0,950564 \quad \kappa = 0,13035$$

$$\bar{x}^2 = 0,948676 \quad \sigma = 0,04345 \quad 2\kappa = 0,2607$$

š = 115,13 /rozměr formy/

tab.č. 2

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
114,42	1	0,71	0,71	0,5041	0,5041
114,44	1	0,69	0,69	0,4761	0,4761
114,45	3	0,68	2,04	0,4624	1,3872
114,47	1	0,67	0,67	0,4489	0,4489
114,48	7	0,65	4,55	0,4225	2,9575
114,49	3	0,64	1,92	0,4096	1,2288
114,50	3	0,63	1,89	0,3969	1,1907
114,51	8	0,62	4,96	0,3844	3,0752
114,52	10	0,61	6,10	0,3721	3,721
114,55	4	0,58	2,32	0,3364	1,3456
114,57	2	0,56	1,12	0,3136	0,6272
114,58	2	0,55	1,10	0,3025	0,6050
114,59	2	0,54	1,08	0,2916	0,5832
114,61	2	0,52	1,04	0,2704	0,5408
114,65	1	0,48	0,48	0,2304	0,2304

50

50,67

18,9217

$$\bar{x} = 0,6134 \quad \bar{x}^2 = 0,376260 \quad \kappa = 0,13986$$

$$\bar{x}^2 = 0,378434 \quad \sigma = 0,04662 \quad 2\kappa = 0,27972$$

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63		R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .		DP — STR.34	
				20. ČERVENCE 1963	
				Jaromír Křevký	
s ₁ = 11,98 /rozměr formy/ tab.č.3					
rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i n _i	x _i ²	n _i x _i ²
11,86	4	0,12	0,48	0,0144	0,0576
11,87	9	0,11	0,99	0,0121	0,1089
11,88	8	0,10	0,80	0,01	0,08
11,29	10	0,09	0,9	0,0081	0,081
11,90	5	0,08	0,4	0,0064	0,032
11,92	6	0,07	0,42	0,0049	0,0294
11,92	4	0,06	0,24	0,0036	0,0144
11,94	2	0,04	0,08	0,0016	0,0032
11,95	1	0,03	0,03	0,0009	0,0009
11,99	1	-0,01	-0,01	0,0001	0,0001
4,33				0,4075	
$\bar{x} = 0,0866$		$\bar{x}^2 = 0,00815$		$\chi = 0,0765$	
$\bar{x}^2 = 0,0074996$		$\sigma = 0,0255$		$2\chi = 0,153$	
s ₂ = 8,88 /rozměr formy/ tab.č.4					
rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i n _i	x _i ²	n _i x _i ²
8,79	3	0,09	0,27	0,0081	0,0243
8,8	6	0,08	0,48	0,0064	0,0384
8,81	12	0,07	0,84	0,0049	0,0588
8,82	9	0,06	0,54	0,0036	0,0324
8,83	8	0,05	0,4	0,0025	0,02
8,84	7	0,04	0,28	0,0016	0,0112
8,85	3	0,03	0,09	0,0009	0,0027
8,87	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
8,90	1	-0,02	-0,02	0,0004	0,0004
2,89				0,1883	
$\bar{x} = 0,0578$		$\bar{x}^2 = 0,003766$		$\chi = 0,0618$	
$\bar{x}^2 = 0,003341$		$\sigma = 0,0206$		$2\chi = 0,1236$	

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á

p ř e s n o s t .

DP — STR. 35

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

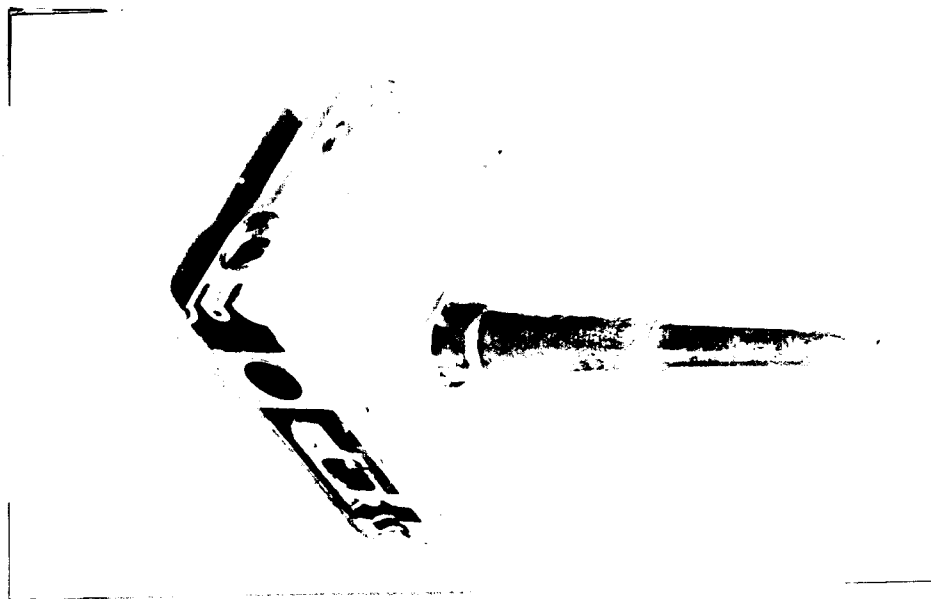
 $s_3 = 7,07$

tab.č.5

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
6,97	3	0,1	0,3	0,01	0,03
6,98	6	0,09	0,54	0,0081	0,0486
6,99	16	0,08	1,28	0,0064	0,1024
7,	9	0,07	0,63	0,0049	0,0441
7,01	6	0,06	0,36	0,0036	0,0216
7,02	5	0,05	0,25	0,0025	0,0125
7,03	2	0,04	0,08	0,0016	0,0032
7,05	2	0,02	0,04	0,0004	0,0008
7,07	1	-	-	-	-

3,48

0,2632

 $\bar{x} = 0,0696$ $\bar{x}^2 = 0,005264$ $\sigma^2 = 0,06147$ $\bar{x}^2 = 0,004844$ $\sigma = 0,02049$ $2\sigma = 0,12294$ 

Obr.8 - Motorová skříň

Motorové skříně.

Materiál : ČSN 424384

č. formy 2 - 0025

Lito na vertikálním lise.

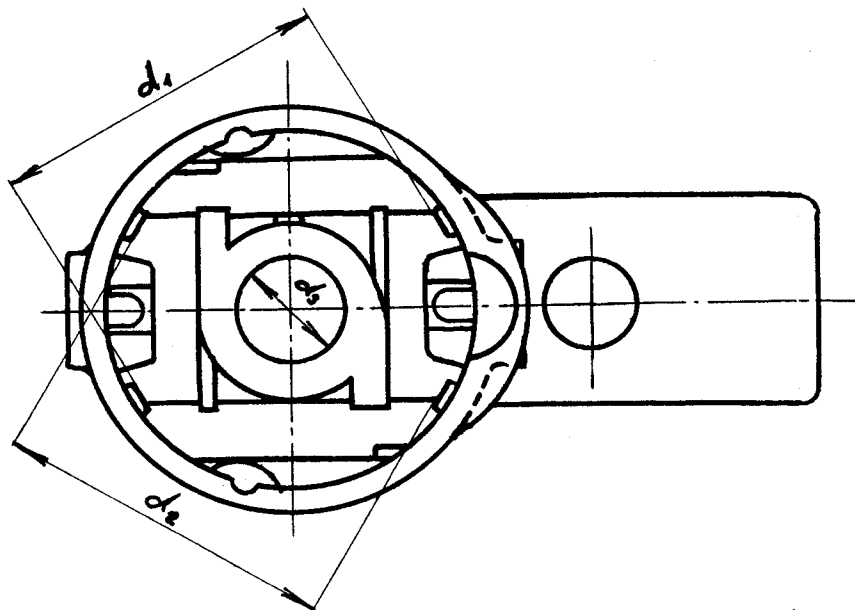
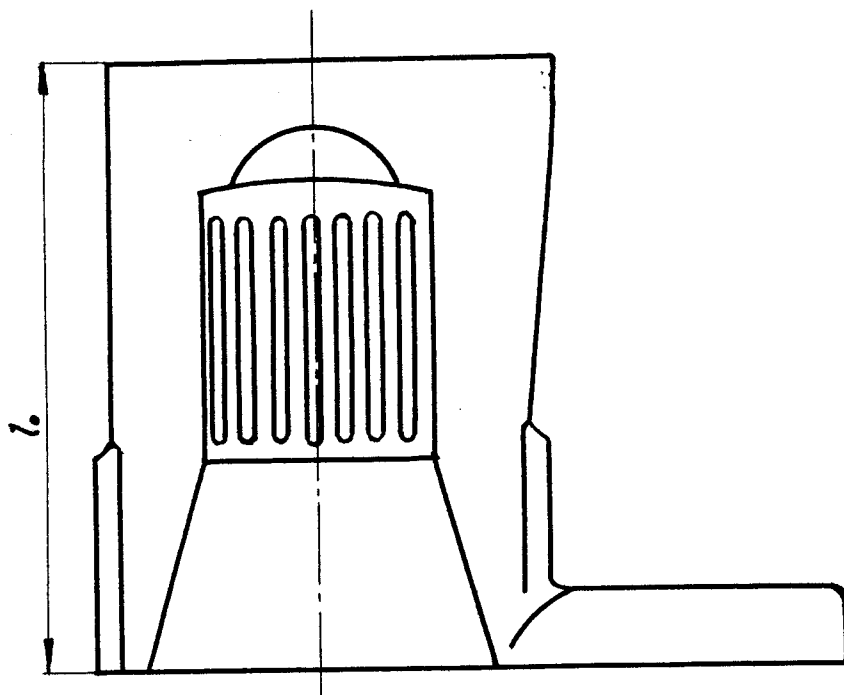
VŠST LIBEREC
DP - ST 129/63

Rozměrová
přesnost.

DP — STR. 36

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký



Obr.9 - Měřené rozměry na motorové skříni.

$d_1 = 85,92$

tab. č.6

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
85,82	1	0,1	0,01	0,01	0,01
85,84	1	0,08	0,08	0,0064	0,0064
85,85	3	0,07	0,21	0,0049	0,0147
85,87	6	0,05	0,3	0,0025	0,0150
85,88	7	0,04	0,28	0,0016	0,0112
85,89	4	0,03	0,12	0,0009	0,0036
85,90	6	0,02	0,12	0,0004	0,0024
85,91	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
85,92	2	—	—	—	—

$\bar{x} = 0,050666$

$\bar{x}^2 = 0,001654$

$\mathcal{K} = 0,06426$

$0,0634$

$\bar{x}^2 = 0,002113$

$\mathcal{J} = 0,02142$

$2\mathcal{K} = 0,12852$

 $d_2 = 85,93$

tab. č.7

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
85,82	1	0,11	0,11	0,021	0,021
85,83	1	0,1	0,1	0,01	0,01
85,85	2	0,08	0,16	0,0064	0,0128
85,86	2	0,07	0,14	0,0049	0,0098
85,87	3	0,06	0,18	0,0036	0,0108
85,88	8	0,05	0,4	0,0025	0,02
85,89	4	0,04	0,16	0,0016	0,0064
85,90	4	0,03	0,12	0,0009	0,0036
85,91	2	0,02	0,04	0,0004	0,0008
85,92	2	0,01	0,02	0,0001	0,0002
85,93	1	—	—	—	—

$\bar{x} = 0,02333$

$\bar{x}^2 = 0,0005443$

$\mathcal{K} = 0,04266$

$0,0865$

$\bar{x}^2 = 0,0007466$

$\mathcal{J} = 0,01422$

$2\mathcal{K} = 0,08532$

 $d_3 = 17,98$

tab. č.8

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
17,9	1	0,08	0,08	0,0064	0,0064
17,94	3	0,04	0,12	0,0016	0,0048
17,95	4	0,03	0,12	0,0009	0,0036
17,96	19	0,02	0,38	0,0004	0,0076
17,98	3	—	—	—	—
				0,7	0,0224

VŠST LIBEREC
DP - ST 129/63

Rozměrová
přesnost.

DP — STR. 38

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 0,02332 & \bar{x}^2 &= 0,002272 & \chi &= 0,0741 \\ \bar{x}^2 &= 0,002883 & \sigma &= 0,0247 & 2\chi &= 0,1482\end{aligned}$$

$l_0 = 99,14$ /rozměr formy/

tab. č.9

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
98,56	2	0,58	1,16	0,3364	0,6728
98,58	2	0,56	1,12	0,3136	0,6272
98,62	1	0,52	0,52	0,2704	0,2704
98,65	1	0,49	0,49	0,2401	0,2401
98,70	2	0,44	0,88	0,1936	0,3872
98,71	4	0,43	1,72	0,1849	0,7396
98,72	5	0,42	2,10	0,1764	0,8820
98,73	2	0,41	0,82	0,1681	0,3362
98,74	4	0,40	1,6	0,16	0,64
98,75	2	0,39	0,78	0,1521	0,3042
98,77	2	0,37	0,74	0,1369	0,2738
98,80	2	0,34	0,68	0,1156	0,2312
98,81	1	0,33	0,33	0,1089	0,1089

12,94

5,7136

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 0,43133 & \bar{x}^2 &= 0,186046 & \chi &= 0,62985 \\ \bar{x}^2 &= 0,190453 & \sigma &= 0,20995 & 2\chi &= 1,2597\end{aligned}$$

Základní část magnetu.

Material: ČSN 424384

č. formy

Lito na vertikálním vstřikovém lise.



Základní část magnetu.

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. ³⁹
		20. ČERVENCE 1963
		Jaromír Křevký

Obr.11 - Měřené rozměry na základní části magnetu.

$b_1 = 7,91$ tab. č.10

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
7,83	2	0,08	0,16	0,0064	0,0128
7,84	3	0,07	0,21	0,0049	0,0147
7,85	2	0,06	0,12	0,0036	0,0072
7,86	6	0,05	0,30	0,0025	0,0150
7,87	4	0,04	0,16	0,0016	0,0064
7,88	4	0,03	0,12	0,0009	0,0036
7,89	3	0,02	0,06	0,0004	0,0012
7,90	2	0,01	0,02	0,0001	0,0002
7,92	3	-	-	-	-
7,92	4	-0,01	-0,04	0,0001	0,0004
7,93	5	-0,02	-0,1	0,0004	0,002
7,94	5	-0,03	-0,15	0,0009	0,0045
7,95	6	-0,04	-0,24	0,0016	0,0096
50			0,57		0,0801
$\bar{x} = 0,0114$			$\bar{x}^2 = 0,00012996$		$\kappa = 0,11508$
$\bar{x}^2 = 0,001602$			$\sigma = 0,03836$		$2\kappa = 0,23016$

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á

p ř e s n o s t .

DP — STR. 40

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

$b_2 = 12,7$

tab. č. 11

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
12,50	1	0,20	0,20	0,04	0,04
12,51	3	0,19	0,57	0,0361	0,1083
12,52	6	0,18	1,08	0,0324	0,1944
12,53	4	0,17	0,68	0,0289	0,1156
12,54	4	0,16	0,64	0,0256	0,1024
12,55	5	0,15	0,75	0,0225	0,1125
12,56	12	0,14	1,68	0,0196	0,2352
12,57	11	0,13	1,43	0,0169	0,1859
12,58	3	0,12	0,36	0,0144	0,0432
12,59	1	0,11	0,11	0,0121	0,0121

50

7,50

1,1496

$\bar{x} = 0,1506$

$\bar{x}^2 = 0,022992$

$\mathcal{H} = 0,05298$

$\bar{x}^2 = 0,02268$

$\mathcal{S} = 0,01766$

$\underline{2\mathcal{H}} = 0,10596$

Stojany ložisek.

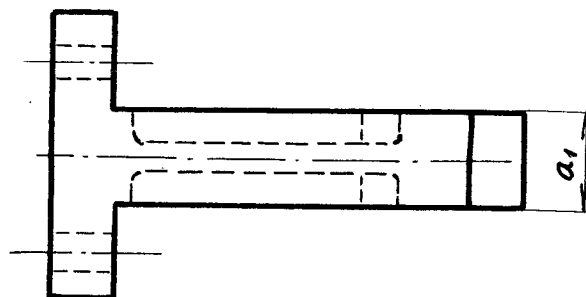
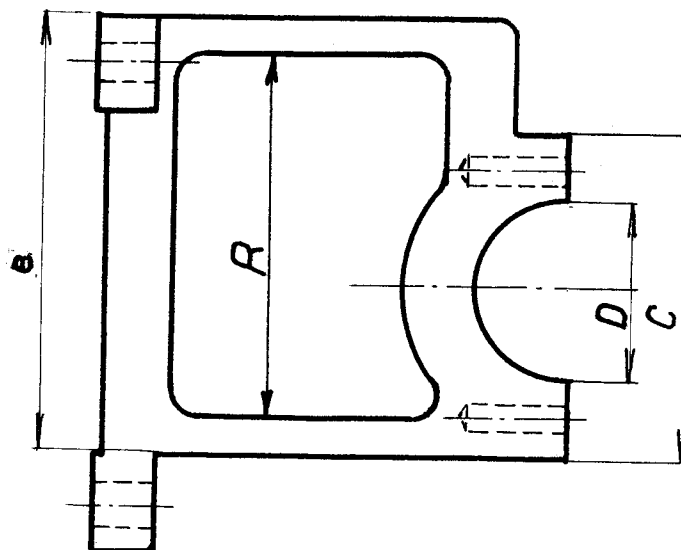
Materiál: ČSN 424384

forma č. 3 - 0123

Lito na vertikálním vstřikovém lise.

Obr.12 - Stojan ložiska.





Obr.13 — Měřené rozměry na stojanu ložiska.

$\bar{D} = 24,98$

tab. č.12

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i$
24,82	1	0,16	0,16	0,0256	0,0256
24,83	5	0,15	0,75	0,0225	0,1125
24,84	11	0,14	1,54	0,0196	0,2156
24,85	21	0,13	2,73	0,0169	0,3549
24,86	9	0,12	1,08	0,0144	0,1296
24,87	3	0,11	0,33	0,0121	0,0363

$\bar{x} = 0,1318$

$\bar{x}^2 = 0,01749$

$\bar{x} = 0,03273$

$\bar{x}^2 = 0,017371$

$\bar{s} = 0,01091$

$2\bar{x} = 0,06546$

VŠST LIBEREC		R o z m ě r o v á		DP — STR. 42	
LP — ST 129/63		p ř e s n o s t .		20. ČERVENCE 1963	
				Jaromír Křevký	
a ₁ = 13,08 /rozměr formy/ tab. č. 13					
rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i ·n _i	x _i ²	n _i ·x _i ²
12,91	2	0,17	0,34	0,0289	0,0578
12,95	2	0,13	0,26	0,0169	0,0338
12,96	4	0,12	0,48	0,0144	0,0576
12,97	10	0,11	1,1	0,0121	0,121
12,98	14	0,10	1,4	0,0100	0,14
12,99	15	0,09	1,35	0,0081	0,1215
13,00	2	0,08	0,16	0,0064	0,0128
13,01	1	0,07	0,07	0,0049	0,0049
50		5,16		0,5494	
$\bar{x} = 0,1032$		$\bar{x}^2 = 0,010988$		$\chi^2 = 0,055155$	
$\bar{x}^2 = 0,01065$		$\sigma^2 = 0,018985$		$2\chi^2 = 0,11031$	
C = 44,24				tab. č. 14	
rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i ·n _i	x _i ²	n _i ·x _i ²
43,99	1	0,25	0,25	0,0625	0,0625
44,02	4	0,22	0,88	0,0484	0,1936
44,03	5	0,21	1,05	0,0441	0,2205
44,04	14	0,2	2,8	0,0400	0,56
44,05	11	0,19	2,09	0,0361	0,3971
44,06	8	0,18	1,44	0,0324	0,2592
44,07	2	0,17	0,34	0,0289	0,0578
44,08	4	0,16	0,64	0,0256	0,1024
44,09	1	0,15	0,15	0,0225	0,0225
50		9,64		1,8756	
$\bar{x} = 0,1928$		$\bar{x}^2 = 0,037512$		$\chi^2 = 0,05532$	
$\bar{x}^2 = 0,037172$		$\sigma^2 = 0,01844$		$2\chi^2 = 0,11064$	
R = 49,61				tab. č. 15	
rozměr	n _i	odchylka	x _i ·n _i	x _i ²	n _i ·x _i ²
49,33	2	0,28	0,56	0,0789	0,1568
49,34	2	0,27	0,54	0,0729	0,1448
49,35	5	0,26	1,30	0,0676	0,3380
49,36	20	0,25	5,—	0,0625	1,2500
49,37	13	0,24	3,12	0,0576	0,7488
49,38	5	0,23	1,15	0,0529	0,2645
49,40	3	0,21	0,63	0,0441	0,1323
50		12,30		3,0352	

VŠST LIBEREC

DP - ST 12 9/63

R o z m ě r o v á

p ř e s n o s t.

DP — STR. 43

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

$\bar{x} = 0,246$

$\bar{x} = 0,060704$

$= 0,0411$

$\bar{x} = 0,060516$

$= 0,0137$

$= 0,0822$

$e = 60,15$

tab. č. 16

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
59,72	1	0,44	0,44	0,1936	0,1936
59,73	4	0,43	1,72	0,1849	0,7396
59,74	5	0,42	2,10	0,1764	0,8820
59,75	18	0,41	7,38	0,1681	3,0258
59,76	7	0,40	2,80	0,16	1,12
59,77	5	0,39	1,95	0,1521	0,7605
59,78	4	0,38	1,52	0,1444	0,5776
59,79	3	0,37	1,11	0,1369	0,4107
59,80	3	0,36	1,08	0,1296	0,3888

30

20,10

8,0986

$\bar{x} = 0,402$

$\bar{x} = 0,161972$

$* 0,057540$

$\bar{x} = 0,161604$

$= 0,01918$

$= 0,11508$

Větráčky.

Materiál : ČSN 424384

č. formy 1 - 0382

Lito na vertikálním lise v čtyřnásobné formě. V následující tabulce /17/ je zachycen vliv přerušení pracovního cyklu na jednu hodinu. Jsou zde průměrné hodnoty z pěti měření /odlitků/ po hodinové přestávce. /Teplota formy po pátém odlitku 200°C/. V dalších dvou řádcích jsou uvedeny průměrné hodnoty /z 5/ rozměrů vždy po 1 hodině provozu. Teplota formy už je konstatní /240°C/. Měnila se jen teplota kovu v rozmezí 50°C /630-680°C/. V souhlase s tím jak dělník vrazil housky do udržovací pece.

tab. č.17

hodinové intervaly	průměrné hodnoty z 5 měření					teplota formy
	a	c	F	f	d	
1	100,74	89,7	21,48	2,22	14,92	200°C
2	100,77	89,81	21,49	2,22	14,94	240°C
3	100,82	89,89	21,48	2,22	14,92	240°C

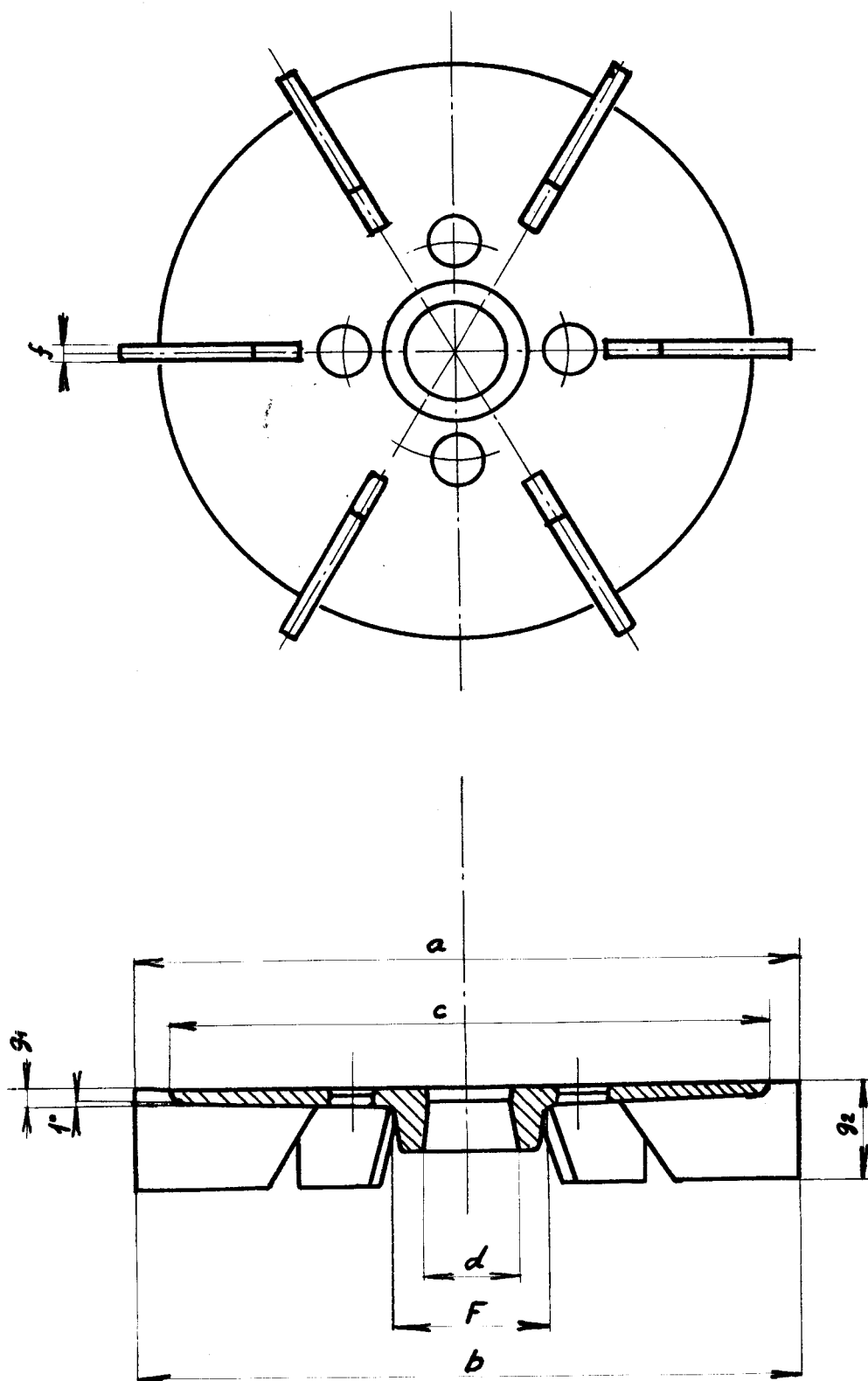
VŠST LIBEREC
DP - ST 129/63

Rozměrová
přesnost.

DP — STR. 44

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký



Obr. 14 - Měřené rozměry na větráčky.

VŠST LIBEREC

DP ST 129/63

Rozměrová

přesnost.

DP — STR.45

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký



Obr. 15 - Větráček /z čtyřnásobné formy/

 $a = 101,43$

tab. č.18

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
100,63	1	0,8	0,8	0,64	0,64
100,65	2	0,78	1,56	0,6084	1,2168
100,68	2	0,75	1,50	0,5625	1,125
100,70	2	0,73	1,46	0,5329	1,0658
100,71	4	0,71	2,84	0,5041	2,0146
100,73	6	0,7	4,2	0,49	2,94
100,75	4	0,68	2,72	0,4624	1,8496
100,76	8	0,68	5,36	0,4489	3,5912
100,78	4	0,65	2,60	0,4225	1,69
100,79	2	0,64	1,28	0,4096	0,8192
100,80	3	0,63	1,89	0,3969	1,1907
100,81	2	0,62	1,24	0,3844	0,7688
100,82	2	0,61	1,22	0,3721	0,7442
100,83	1	0,6	0,6	0,36	0,36
100,84	2	0,59	1,18	0,3481	0,6962
100,86	2	0,57	1,14	0,3249	0,6498
100,88	1	0,55	0,55	0,3025	0,3025
100,90	2	0,53	1,06	0,2809	0,5618

50

33,2

22,228

 $\bar{x} = 0,664$ $\bar{x}^2 = 0,440896$ $\chi = 0,18159$ $\bar{x}^2 = 0,44456$ $\sigma^2 = 0,06053$ $2\chi = 0,36318$

VŠST LIBEREC DP - ST 12 9/63		R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .				DP — STR. 46
						20. ČERVENCE 1963
						Jaromír Křevký
b = 101,18						tab. č.19
rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i n _i	x _i ²	n _i x _i ²	
100,44	2	0,74	1,48	0,5476	1,0952	
100,45	2	0,73	1,46	0,5329	1,0658	
100,46	2	0,72	1,44	0,5184	1,0368	
100,47	3	0,71	2,13	0,5041	1,5123	
100,48	5	0,70	3,5	0,49	2,45	
100,49	4	0,69	2,76	0,4761	1,9044	
100,50	5	0,68	3,40	0,4624	2,312	
100,51	3	0,67	2,01	0,4489	1,3467	
100,52	3	0,66	1,98	0,4356	1,3068	
100,53	5	0,65	3,25	0,4225	2,1125	
100,54	9	0,64	5,76	0,4096	3,6864	
100,55	3	0,63	1,89	0,3969	1,1907	
100,60	2	0,58	1,16	0,3364	0,6728	
100,61	2	0,57	1,14	0,3249	0,6498	
50		33,36		22,3422		
$\bar{x} = 0,6672$		$\bar{x}^2 = 0,445156$		$\mathcal{H} = 0,12324$		
$\bar{x}^2 = 0,446844$		$\mathcal{S} = 0,04108$		$2\mathcal{H} = 0,24648$		
F = 21,69		tab. č. 20				
rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i n _i	x _i ²	n _i x _i ²	
21,41	1	0,28	0,28	0,0784	0,0784	
21,43	2	0,26	0,52	0,0676	0,1352	
21,45	2	0,24	0,48	0,0576	0,1152	
21,46	2	0,23	0,46	0,0529	0,1058	
21,47	3	0,22	0,66	0,0484	0,1452	
21,48	4	0,21	0,84	0,0441	0,1764	
21,49	4	0,20	0,80	0,04	0,16	
21,50	4	0,19	0,76	0,0361	0,1444	
21,51	7	0,18	1,26	0,0324	0,2268	
21,52	12	0,17	2,04	0,0289	0,3468	
21,53	7	0,16	1,12	0,0256	0,1792	
21,54	1	0,15	0,15	0,0225	0,0225	
50		9,37		1,8389		
$\bar{x} = 0,1874$		$\bar{x}^2 = 0,035119$		$\mathcal{H} = 0,11994$		
$\bar{x}^2 = 0,036718$		$\mathcal{S} = 0,03998$		$2\mathcal{H} = 0,23988$		

VŠST LIBEREC
DP - ST 129/63

Rozměrová
přesnost.

DP — STR. 47

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevský

$c = 90,3$

tab. č. 21

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
89,64	1	0,66	0,66	0,4356	0,4356
89,68	2	0,62	1,24	0,3844	0,7688
89,70	2	0,60	1,2	0,36	0,72
89,72	2	0,58	1,16	0,3364	0,6728
89,73	3	0,57	1,71	0,3249	0,9747
89,75	4	0,55	2,20	0,3025	1,21
89,76	4	0,54	2,16	0,2916	1,1664
89,77	3	0,53	1,59	0,2809	0,8427
89,79	3	0,51	1,53	0,2601	0,7803
89,81	7	0,49	3,43	0,2401	1,6807
89,82	3	0,48	1,44	0,2304	0,6912
89,84	2	0,46	0,92	0,2116	0,4232
89,85	2	0,45	0,90	0,2025	0,4050
89,88	1	0,42	0,42	0,1764	0,1764
89,91	1	0,39	0,39	0,1521	0,1521
89,94	1	0,36	0,36	0,1296	0,1296
90,	1	0,3	0,3	0,09	0,09
90,02	1	0,28	0,28	0,0784	0,0784
90,03	2	0,27	0,54	0,0729	0,1458
90,05	3	0,25	0,50	0,0625	0,1875
90,06	1	0,24	0,24	0,0576	0,0576
90,08	1	0,22	0,22	0,0484	0,0484

50

23,39

11,8372

$$\bar{x} = 0,4678$$

$$\frac{s^2}{n} = 0,218837$$

$$\chi^2 = 0,4014$$

$$\bar{x}^2 = 0,236744$$

$$s = 0,8028$$

$$2\chi^2 = 0,1338$$

$$d = 14,94$$

$$\text{tab. č. 22}$$

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
14,88	5	0,06	0,30	0,0036	0,018
14,9	15	0,04	0,64	0,0016	0,0256
14,92	18	0,02	0,36	0,0004	0,0072
14,94	10	-	-	-	-
14,96	1	-0,01	-0,01	0,0001	0,0001

50

1,29

0,0509

$$\bar{x} = 0,0258$$

$$\frac{s^2}{n} = 0,000666$$

$$\chi^2 = 0,05628$$

$$\bar{x}^2 = 0,001018$$

$$s = 0,11256$$

$$2\chi^2 = 0,01876$$

$g_1 = 2,08$

tab. č. 23

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
2,06	1	0,02	0,02	0,0004	0,0004
2,08	3	-	-	-	-
2,09	7	-0,01	-0,007	0,0001	0,0007
2,10	14	-0,02	-0,28	0,0004	0,0056
2,11	10	-0,03	-0,3	0,0009	0,009
2,12	10	-0,04	-0,4	0,0016	0,016
2,13	3	-0,05	-0,15	0,0025	0,0075
2,14	2	-0,06	-0,12	0,0036	0,0072

50

- 1,30

0,0464

$$\bar{x} = -0,026$$

$$\frac{s^2}{x} = 0,000676$$

$$\mathcal{H} = 0,04761$$

$$\bar{x}^2 = 0,000928$$

$$s = 0,01587$$

$$2\mathcal{H} = 0,09522$$

$$g_2 = 15,05$$

tab. č. 24

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
14,83	1	0,22	0,22	0,0484	0,0484
14,85	1	0,20	0,20	0,04	0,04
14,89	2	0,16	0,32	0,0256	0,0512
14,90	2	0,15	0,30	0,0225	0,0450
14,91	1	0,14	0,14	0,0196	0,0196
14,93	1	0,12	0,12	0,0144	0,0144
14,95	4	0,1	0,4	0,001	0,004
14,97	5	0,08	0,4	0,0064	0,0320
14,98	4	0,07	0,28	0,0049	0,0343
14,99	6	0,06	0,36	0,0036	0,0216
15,	8	0,05	0,4	0,0025	0,0200
15,01	4	0,04	0,16	0,0016	0,0064
15,02	3	0,03	0,09	0,0009	0,0027
15,03	2	0,02	0,04	0,0004	0,0008
15,04	3	0,01	0,03	0,0001	0,0003
15,05	2	-	-	-	-
15,07	1	-0,02	-0,02	0,0004	0,0004

50

3,44

0,3411

$$\bar{x} = 0,0688$$

$$\frac{s^2}{x} = 0,004733$$

$$\mathcal{H} = 0,1371$$

$$\bar{x}^2 = 0,006822$$

$$s = 0,0457$$

$$2\mathcal{H} = 0,2742$$

$f = 2,27$

tab. č. 25

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i n_i$	x_i^2	$n_i x_i^2$
2,20	2	0,07	0,14	0,0049	0,0098
2,21	2	0,06	0,12	0,0036	0,0072
2,22	11	0,05	0,55	0,0025	0,0275
2,23	25	0,04	1	0,0016	0,04
2,24	8	0,03	0,24	0,0009	0,0072
2,25	2	0,02	0,04	0,0004	0,0008

50

2,09

0,0925

$\bar{x} = 0,0418$

$\bar{x}^2 = 0,001747$

$\mathcal{K} = 0,0318$

$\bar{x}^2 = 0,00185$

$\mathcal{L} = 0,0106$

$2\mathcal{K} = 0,0636$

Krabice.

Materiál : ČSN 424384 + tavený

Pokusil jsem se sledovat od studené formy. Vybral jsem si nevhodnou formu, neboť silně zmetkovala. Při prvním kuse teplota formy 20°C. První čtyři kusy vyložené zmetky /nedolitě/. Po pěti odlitcích již teplota formy 220°C. U tohoto druhu odlitku byla nutná teplota lázně nad 700°C, jinak odlitky nedolitě. Při příliš velké teplotě formy - zmetky /povrchové staženiny/, Nejmenší zmetkovitost při teplotě taveniny 700 - 720°C a teplotě jádra 270 - 300°C. Pohyblivá půlka a jádro nechlazeno. Lito na horizontálním lise. První dobrý kus po 15 vstřicích.



Obr. 16 - Krabice.

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

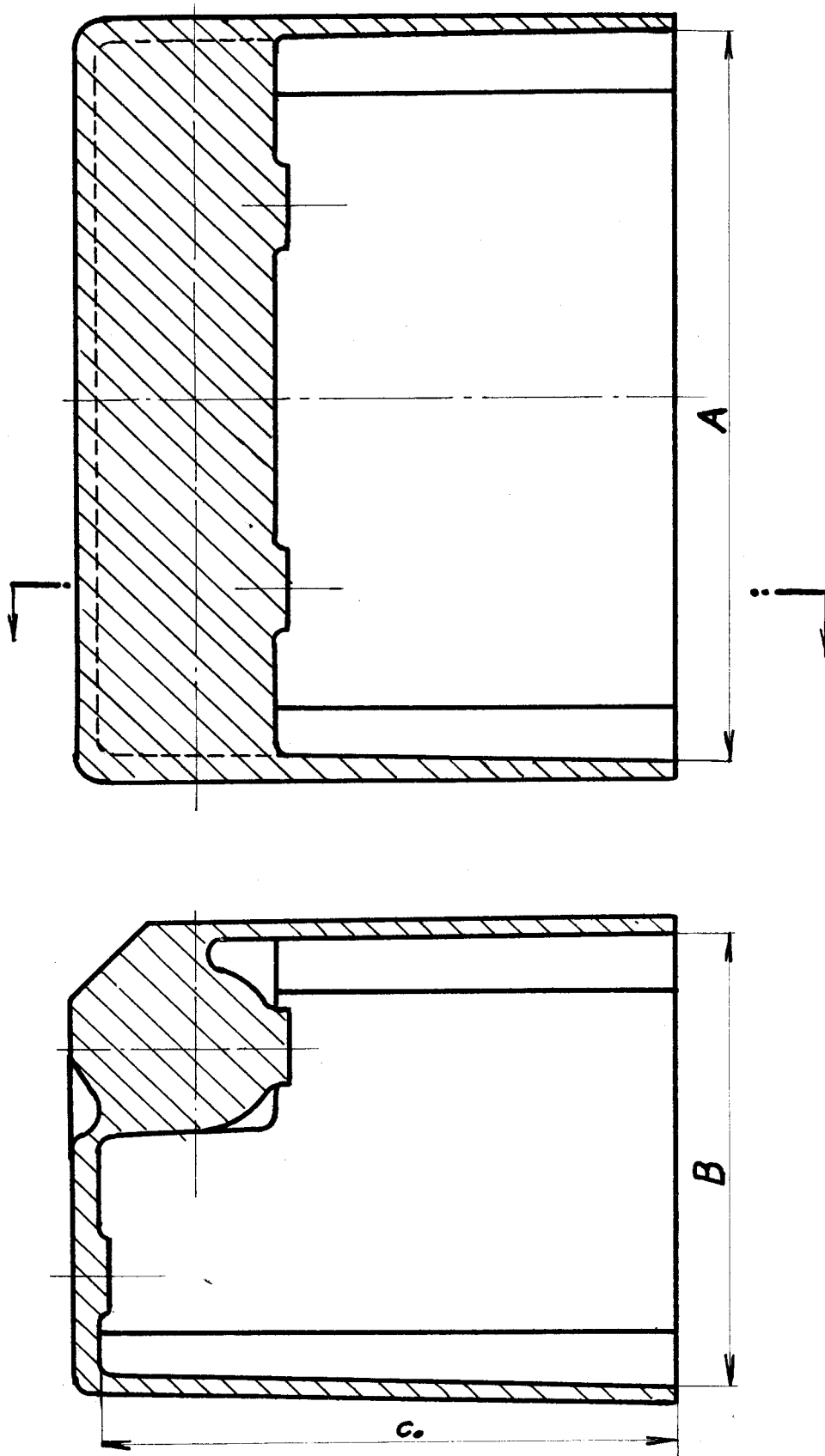
Rozměrová

přesnost.

DP — STR. 50

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký



Obr. 17 - Měřené rozměry na krabici.

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

Rozměrová

přesnost.

DP — STR. 51

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

A = 145,78

tab. č. 26

rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i ·n _i	x _i ²	n _i ·x _i ²
145,34	2	0,44	0,88	0,1936	0,3872
145,36	3	0,42	1,26	0,1764	0,5292
145,38	6	0,40	2,40	0,16	0,96
145,40	17	0,38	6,46	0,1444	2,4548
145,42	11	0,36	3,96	0,1296	1,4256
145,44	4	0,34	1,36	0,1156	0,4624
145,46	3	0,32	0,96	0,1024	0,3072
145,48	2	0,30	0,60	0,09	0,18
145,50	2	0,28	0,56	0,0784	0,1568

50

18,44

6,8632

 $\bar{x} = 0,3688$ $\bar{x}^2 = 0,136013$ $\sigma^2 = 0,10608$ $\bar{x}^2 = 0,137264$ $\sigma = 0,03536$ $2\sigma^2 = 0,21216$

B = 88,76

tab. č. 27

rozměr	n _i	odchylka x _i	x _i ·n _i	x _i ²	n _i ·x _i ²
88,36	2	0,4	0,8	0,16	0,32
88,38	1	0,38	0,38	0,1444	0,1444
88,40	2	0,36	0,72	0,1296	0,2592
88,44	3	0,32	0,96	0,1024	0,3072
88,46	1	0,30	0,30	0,09	0,09
88,54	2	0,22	0,44	0,0484	0,0968
88,56	2	0,20	0,40	0,04	0,08
88,62	2	0,14	0,28	0,0196	0,0392
88,64	4	0,12	0,48	0,0144	0,0576
88,66	3	0,10	0,30	0,01	0,03
88,68	1	0,08	0,08	0,0064	0,0064
88,70	2	0,06	0,12	0,0036	0,0072
88,72	2	0,04	0,08	0,0016	0,0032
88,74	3	0,02	0,06	0,0004	0,0012
88,76	7	—	—	—	—
88,78	5	-0,02	-0,10	0,0004	0,002
88,80	3	-0,04	-0,12	0,0016	0,0048
88,82	3	-0,06	-0,18	0,0036	0,0108
88,84	1	-0,08	-0,08	0,0064	0,0064
88,98	1	-0,22	-0,22	0,0484	0,0484

50

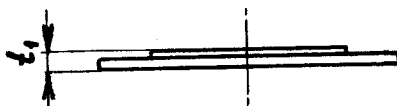
4,06

1,5148

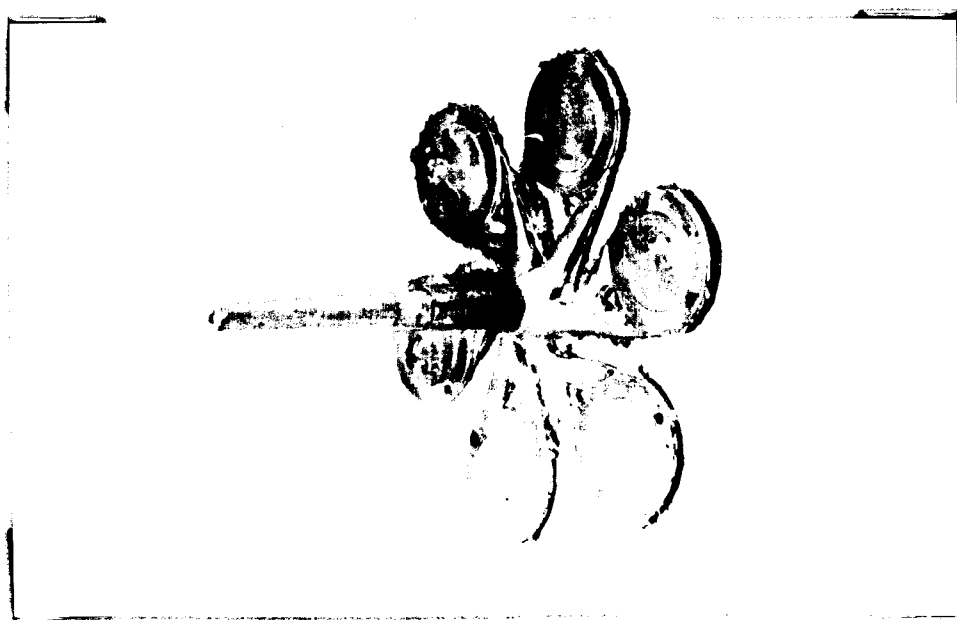
Podložky.

Materiál: tavený

Lito na vertikálním lise.



Obr. č.18 - Měřená hodnota na podložce.



Obr.19 - Podložky /šestinásobná forma/.

 $t_1 = 2,59$

tab. č. 30

rozměr	n_i	odchylka x_i	$x_i \cdot n_i$	x_i^2	$n_i \cdot x_i^2$
2,54	4	0,05	0,2	0,0025	0,01
2,55	16	0,04	0,64	0,0016	0,0256
2,56	15	0,03	0,45	0,0009	0,0135
2,57	8	0,02	0,16	0,0004	0,0032
2,58	4	0,01	0,04	0,0001	0,0004
2,59	2	-	-	-	-
2,60	1	-0,01	-0,01	0,0001	0,0001

50

1,48

0,0528

 $\bar{x} = 0,0296$ $\bar{x}^2 = 0,000876$ $\sigma^2 = 0,0402$ $\bar{x}^2 = 0,001056$ $\sigma = 0,0134$ $2\sigma = 0,0804$

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t .

DP — STR. 54

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

Určení závislosti průměrné odchylky na jmenovitém rozměru formy.

Prevažně volné smršťování.

tab. č.31

ozna- čení	jmen.roz. formy: x	δ odchylka y	x ²	y ²	x.y
f	2,27	0,0412	5,15	0,001747	0,0935
t	2,44	0,0474	5,95	0,002247	0,1157
e	60,15	0,402	3618,02	0,161604	24,1803
c	90,3	0,4678	8154,09	0,218837	42,2423
a	101,18	0,667	10237,39	0,445156	67,4871
b	101,43	0,664	10288,04	0,440896	67,3495
š	115,13	0,6134	13254,92	0,376260	70,6207
l	166,20	0,9742	27622,44	0,948676	161,912

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 79,888 & \bar{x} &= 9148,24 & \bar{x} &= 6382,01 & \sigma_x^2 &= 2766,24 \\ \bar{y} &= 0,48463 & \bar{y} &= 0,324428 & \bar{y} &= 0,234862 & \sigma_y^2 &= 0,089566 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 38,7161 & \overline{xy} &= 54,2501 \end{aligned}$$

$$b_{yx} = 0,00562 \quad b_{xy} = 173,43 \quad r = 0,987$$

$$y = 0,03566 + 0,00562 \cdot x$$

Omezené smršťování.

tab. č.32

ozna- čení	jmen.roz. formy: x	δ odchylka y	x ²	y ²	x.y
D	24,98	0,1318	624,00	0,017371	3,2924
C	44,24	0,192 8	1957,18	0,037172	8,5295
R	49,61	0,246	2461,15	0,060516	12,8041
A	145,78	0,3688	21251,81	0,136013	53,7636

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 66,153 & \bar{x} &= 6572,85 & \bar{x} &= 4376,2 & \sigma_x^2 &= 2196,7 \\ \bar{y} &= 0,2349 & \bar{y} &= 0,062768 & \bar{y} &= 0,055178 & \sigma_y^2 &= 0,00759 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 15,5393 & \overline{xy} &= 19,4474 \end{aligned}$$

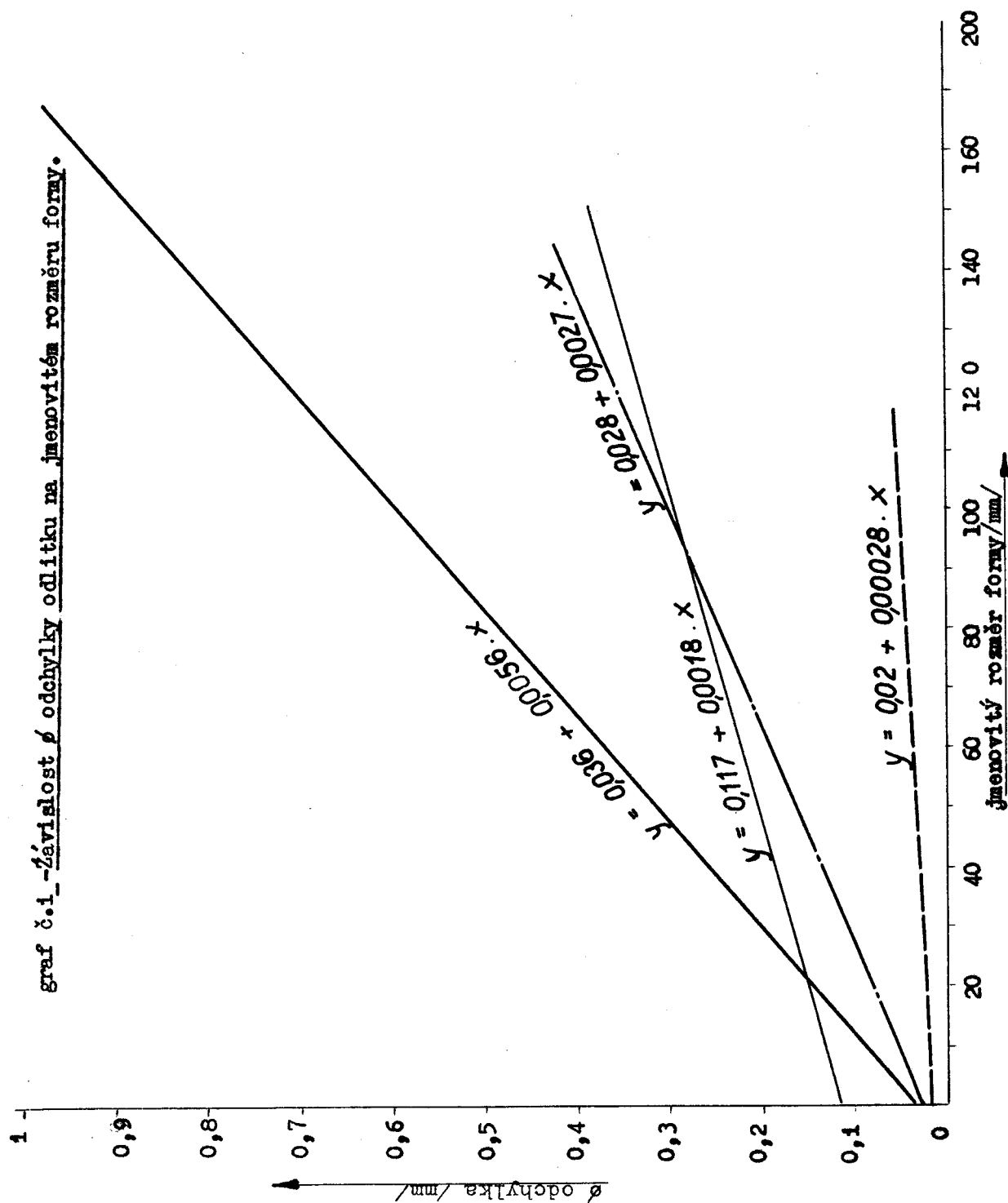
$$b_{yx} = 0,00178 \quad b_{xy} = 514,9 \quad r = 0,957$$

$$y = 0,1171 + 0,00178 \cdot x$$

VŠST LIBEREC		Rozměrová		DP — STR. 55	
DP — ST 129/63		přesnost .		20. ČERVENCE 1963	
				Jaromír Křevký	
Otvory.					
tab.č.33					
ozna- čení	jmen.roz. formy: x	δ odchylka y	x ²	y ²	x.y
d	14,94	0,0258	223,20	0,000666	0,385452
d ₁	17,98	0,0239	323,28	0,000544	0,418934
d ₂	85,92	0,0407	7382,25	0,001654	3,496944
d ₃	85,93	0,0477	7383,96	0,002272	4,098861
204,77		0,1375	15312,69	0,005136	8,400191
$\bar{x} = 51,193$		$\bar{x} = 3828,17$	$\bar{x} = 2620,72$	3	$\sigma_x^2 = 1207,45$
$\bar{y} = 0,03438$		$\bar{y} = 0,001284$	$\bar{y} = 0,001183$		$\sigma_y^2 = 0,003101$
$\bar{x} \cdot \bar{y} = 1,76104$		$\bar{xy} = 2,10005$			
$b_{yx} = 0,00028$		$b_{xy} = 3356,5$	$r = 0,96$		
$y = 0,02005 + 0,00028 \cdot x$					
Rozměry ovlivněné dělicí rovinou, šoupátkem.					
tab.č.34					
ozna- čení	jmen.roz. formy: x	δ odchylka y	x ²	y ²	x.y
s ₁	2,08	-0,026	4,33	0,000676	-0,0541
t ₁	2,59	0,0296	6,71	0,000876	0,0766
s ₃	7,07	0,0696	49,98	0,004844	0,4821
b ₁	7,91	0,0114	62,57	0,000130	0,0902
s ₂	8,88	0,0578	78,85	0,003341	0,5133
s ₁	11,98	0,0866	143,52	0,007500	1,0375
a ₁	13,08	0,1032	171,09	0,010650	1,3499
e ₂	15,05	0,0688	226,50	0,004733	1,0354
l _o	99,14	0,4313	9828,74	0,186045	42,7591
c _o	112,9	0,221	12746,41	0,048841	24,9509
280,68		1,0533	23318,7	0,267636	72,1609
$\bar{x} = 28,068$		$\bar{x} = 2331,87$	$\bar{x} = 787,81$		$\sigma_x^2 = 1544,06$
$\bar{y} = 0,10533$		$\bar{y} = 0,026764$	$\bar{y} = 0,011094$		$\sigma_y^2 = 0,01567$
$\bar{x} \cdot \bar{y} = 2,956402$		$\bar{xy} = 7,21609$			
$b_{yx} = 0,00276$		$b_{xy} = 271,84$	$r = 0,866$		
$y = 0,02786 + 0,00276 \cdot x$					

graf č.1_ závislost δ odchylky odlitku na jmenovitém rozměru formy.

- převážně volné smršťování
- · — · — přes dělicí rovinu
- - - - - otvory
- omezené smršťování



VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á

p ř e s n o s t .

DP — STR. 57

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

Určení průměrného procentuelního přídavku.

z - jmenovitý rozměr odlitku

p - průměrný procentuelní příravek k jmenovitému rozměru odlitku

Otvory.

$$y = 0,02 + 0,00028 \cdot x$$

$$\frac{y}{z} = 0,02808 + \frac{2,006}{z}$$

tab. č. 35

z	p %	z	p %	z	p %	z	p %
2	1,031	8	0,279	20	0,129	50	0,068
4	0,429	10	0,249	30	0,095	80	0,053
6	0,462	15	0,162	40	0,078	100	0,048

Volné smršťování.

$$y = 0,036 + 0,0036 \cdot x$$

$$\frac{y}{z} = 0,5632 + \frac{3,62}{z}$$

tab. č. 36

z	p %	z	p %	z	p %	z	p %
2	2,373	10	0,925	30	0,683	100	0,599
4	1,468	15	0,803	40	0,653	130	0,591
6	1,167	20	0,744	50	0,635	160	0,585
8	1,016	25	0,708	80	0,604	200	0,581

Omezené smršťování.

$$y = 0,117 + 0,0018 \cdot x$$

$$\frac{y}{z} = 0,2454 + \frac{11,723}{z}$$

tab. č. 37

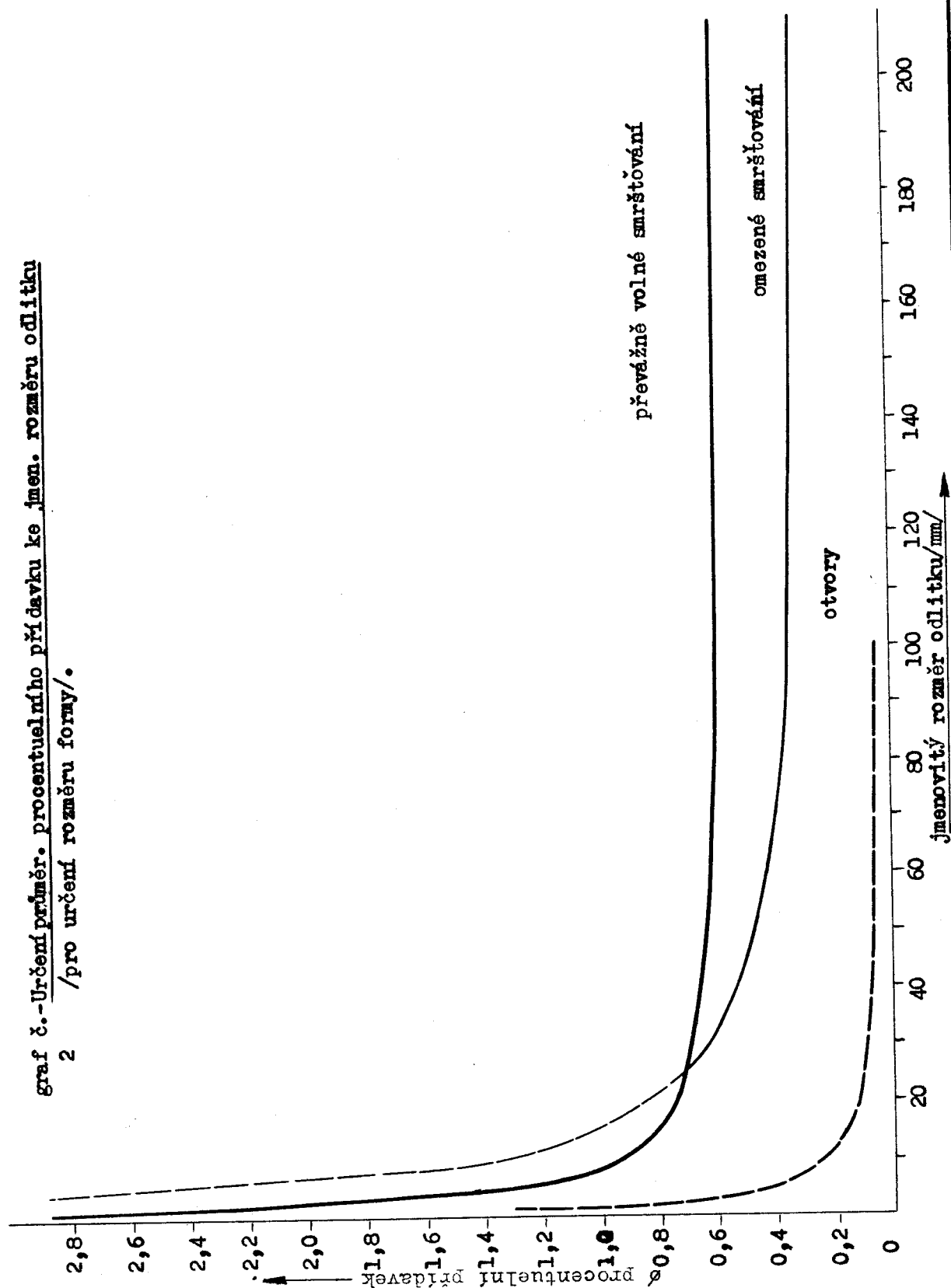
z	p %	z	p %	z	p %	z	p %
2	6,107	10	1,418	30	0,636	100	0,363
4	3,176	15	1,027	40	0,539	130	0,336
6	2,199	20	0,832	50	0,480	160	0,319
8	1,711	25	0,714	75	0,402	200	0,304

VŠST Liberec
DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t .

DP - STR. 58
20. července 1963
Jaromír Křevký

graf č. - Určení průměr. procentuelního přídávku ke jmen. rozměru odlitku
2 /pro určení rozměru formy/.



VŠST Liberec
DP - ST 129/63

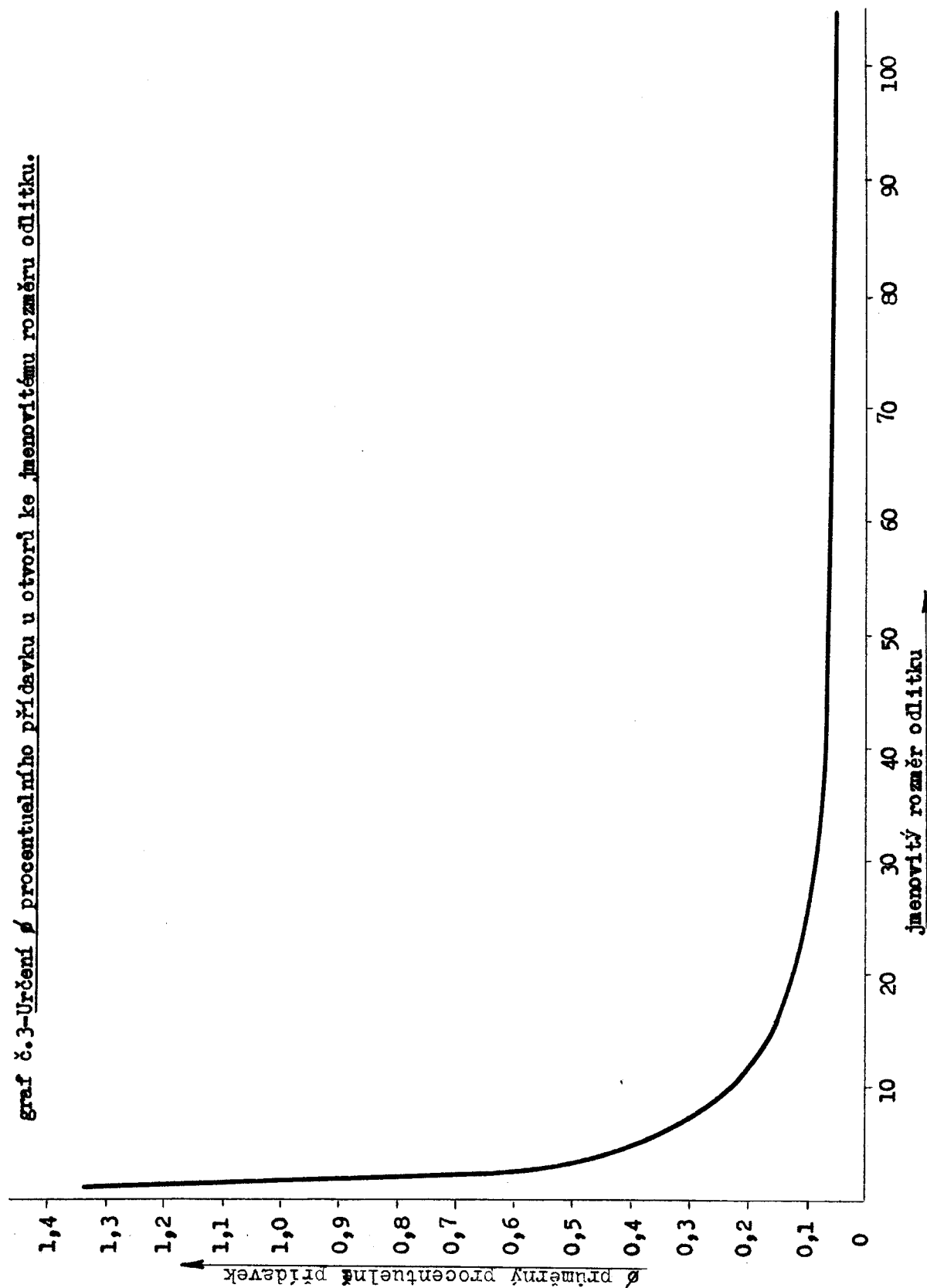
R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t .

DP - STR. 59

20. července 1963

Jaromír Křevký

graf č.3-Určení δ procentuelního přídeavku u otvorů ke jmenovitému rozměru odlitku.



VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t	DP — STR. 60
		20. ČERVENCE 1963
		Jaromír Křevský

Přes dělicí rovinu.

$$y = 0,028 + 0,0027 \cdot x$$

$$y/z = 0,2807 + 2,807/z \quad \text{tab. č. 38}$$

z	p %	z	p %	z	p %	z	p %
2	1,684	10	0,561	30	0,374	100	0,309
4	0,982	15	0,468	40	0,351	130	0,302
6	0,747	20	0,421	50	0,337	160	0,298
8	0,631	25	0,393	80	0,316	200	0,294

U r č e n í r o z p ě t y l u.

Otvory.

tab. č. 39

ozna- čení	jmen.roz. formy: x	δ odchylka y	x ²	y ²	x.y
d	14,94	0,1126	223,20	0,012679	1,6822
d ₁	17,98	0,0853	323,28	0,007276	1,5337
d ₂	85,92	0,1285	7382,25	0,016512	11,0407
d ₃	85,93	0,1482	7383,96	0,021963	12,734

$$\begin{aligned} 204,77 & \quad 0,4746 & 15312,69 & \quad 0,05843 & 26,9914 \\ \bar{x} = 51,193 & \quad \bar{x} = 3828,17 & \quad \bar{x} = 2620,723 & \quad \sigma_x^2 = 1207,45 \\ \bar{y} = 0,11865 & \quad \bar{y} = 0,014608 & \quad \bar{y} = 0,014078 & \quad \sigma_y^2 = 0,00053 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} = 6,07405 & \quad \bar{xy} = 6,74785 \\ b_{yx} = 0,000558 & \quad b_{xy} = 1271,3 & \quad r = 0,842 \end{aligned}$$

$$y = 0,09008 + 0,000558 \cdot x$$

Omezené smršťování.

tab. č. 40

ozna- čení	jmen.roz. formy: x	δ odchylka y	x ²	y ²	x.y
D	24,98	0,0655	624	0,00429	1,6362
C	44,24	0,1106	1957,18	0,01223	4,8929
R	49,61	0,0865	2461,15	0,00748	4,2913
A	145,78	0,2122	21251,81	0,04503	30,9345

$$\begin{aligned} 264,61 & \quad 0,4748 & 26294,14 & \quad 0,06903 & 41,7549 \\ \bar{x} = 66,153 & \quad \bar{x} = 6572,85 & \quad \bar{x} = 4376,2 & \quad \sigma_x^2 = 2196,65 \\ \bar{y} = 0,1187 & \quad \bar{y} = 0,017508 & \quad \bar{y} = 0,0141016 & \quad \sigma_y^2 = 0,003406 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} = 7,8524 & \quad \bar{xy} = 10,4387 \\ b_{yx} = 0,00118 & \quad b_{xy} = 757,4 & \quad r = 0,947 \\ & \quad y = 0,0406 + 0,00118 \cdot x \end{aligned}$$

VŠST LIBEREC
DP - ST 12 9/63

rozměrová
přesnost.

DP — STR. 61

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevský

Převážně volné smršťování.

tab.č. 41

ozna- čení	jmen.roz. formy:x	odchylka y	x^2	y^2	x.y
f	2,27	0,0636	5,15	0,004045	0,14437
t	60,15	0,11508	3618,02	0,013243	6,92206
a	101,18	0,1126	10237,39	0,012679	11,39287
b	101,43	0,2399	10288,04	0,057552	24,33306
š	115,43	0,27972	13254,92	0,078243	32,28808
l	166,20	0,2607	27622,44	0,067966	43,3283

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 91,06 & \bar{x} &= 8291,92 & \bar{x} &= 10837,66 & \sigma_x^2 &= 2543,74 \\ \bar{y} &= 0,1786 & \bar{y} &= 0,031898 & \bar{y} &= 0,038955 & \sigma_y^2 &= 0,007057 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 16,2633 & \bar{xy} &= 19,73473 \\ b_{yx} &= 0,00136 & b_{xy} &= 491,91 & r &= 0,818 \\ y &= 0,0548 + 0,00136 \cdot x \end{aligned}$$

tab. č 42

ozna- čení	jmen.roz. formy:x	odchylka y	x^2	y^2	x.y
g ₁	2,08	0,0952	4,33	0,009063	0,198016
t ₁	2,59	0,0804	6,71	0,006464	0,208236
s ₃	7,07	0,1229	49,98	0,015104	0,868903
b ₁	7,91	0,2302	62,57	0,052992	1,820882
s ₂	8,88	0,1236	78,85	0,015277	1,097568
s ₁	11,98	0,153	143,52	0,023409	1,83294
a ₁	13,08	0,1103	171,09	0,012166	1,442724
s ₂	15,05	0,2742	226,5	0,075186	4,12671
l ₀	99,14	1,2597	9828,74	1,586844	124,88658
c ₀	122,9	0,4803	12746,41	0,230688	59,02887

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 28,068 & \bar{x} &= 2331,88 & \bar{x} &= 787,81 & \sigma_x^2 &= 1544,06 \\ \bar{y} &= 0,29298 & \bar{y} &= 0,202719 & \bar{y} &= 0,085837 & \sigma_y^2 &= 0,116882 \\ \bar{x} \cdot \bar{y} &= 0,223363 & \bar{xy} &= 19,55115 \\ b_{yx} &= 0,00734 & b_{xy} &= 96,97 & r &= 0,844 \\ y &= 0,08696 + 0,00734 \cdot x \end{aligned}$$

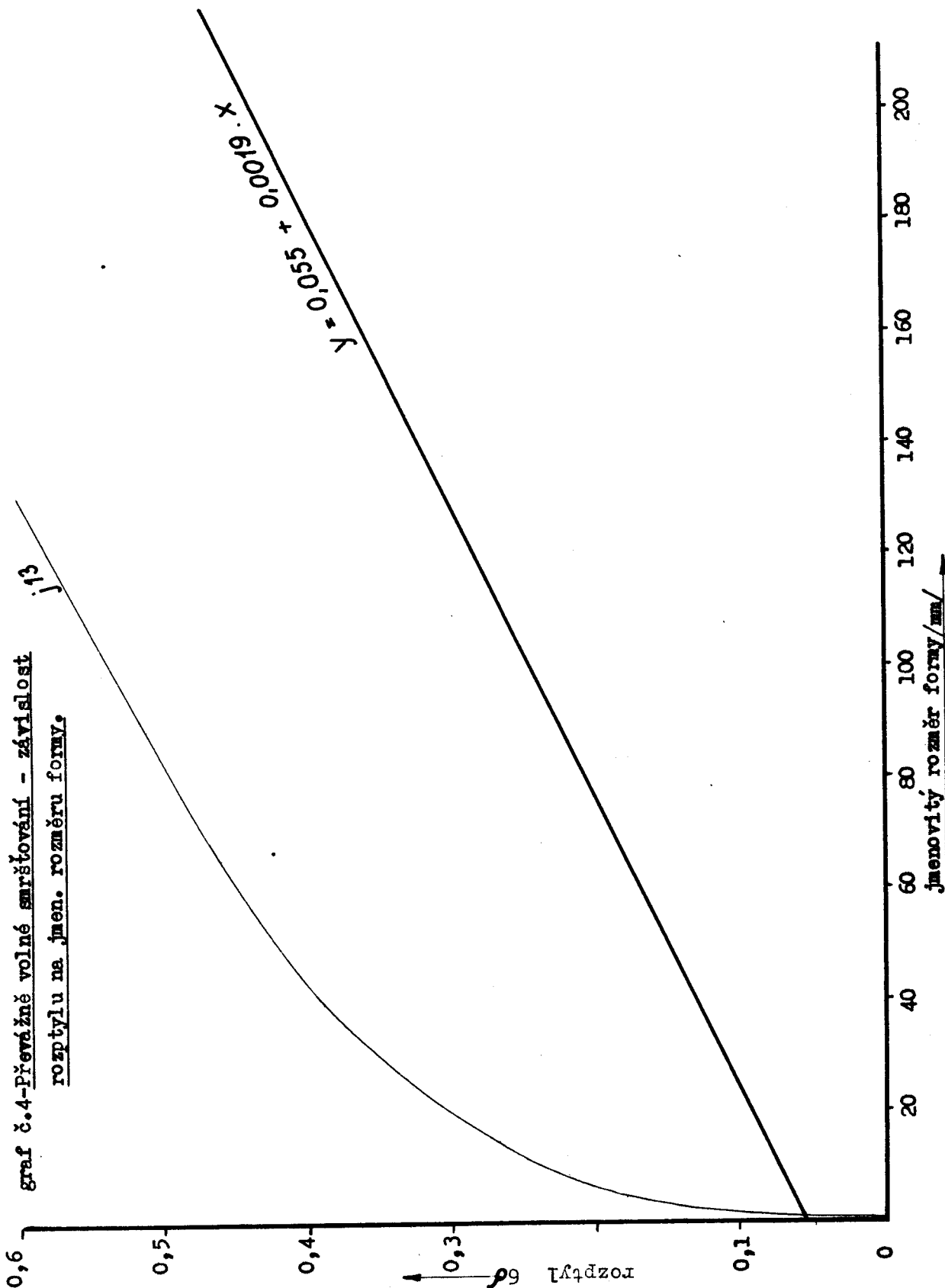
VŠST Liberec
DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t.

DP - STR.62

20. července 1963

Jaromír Křevký



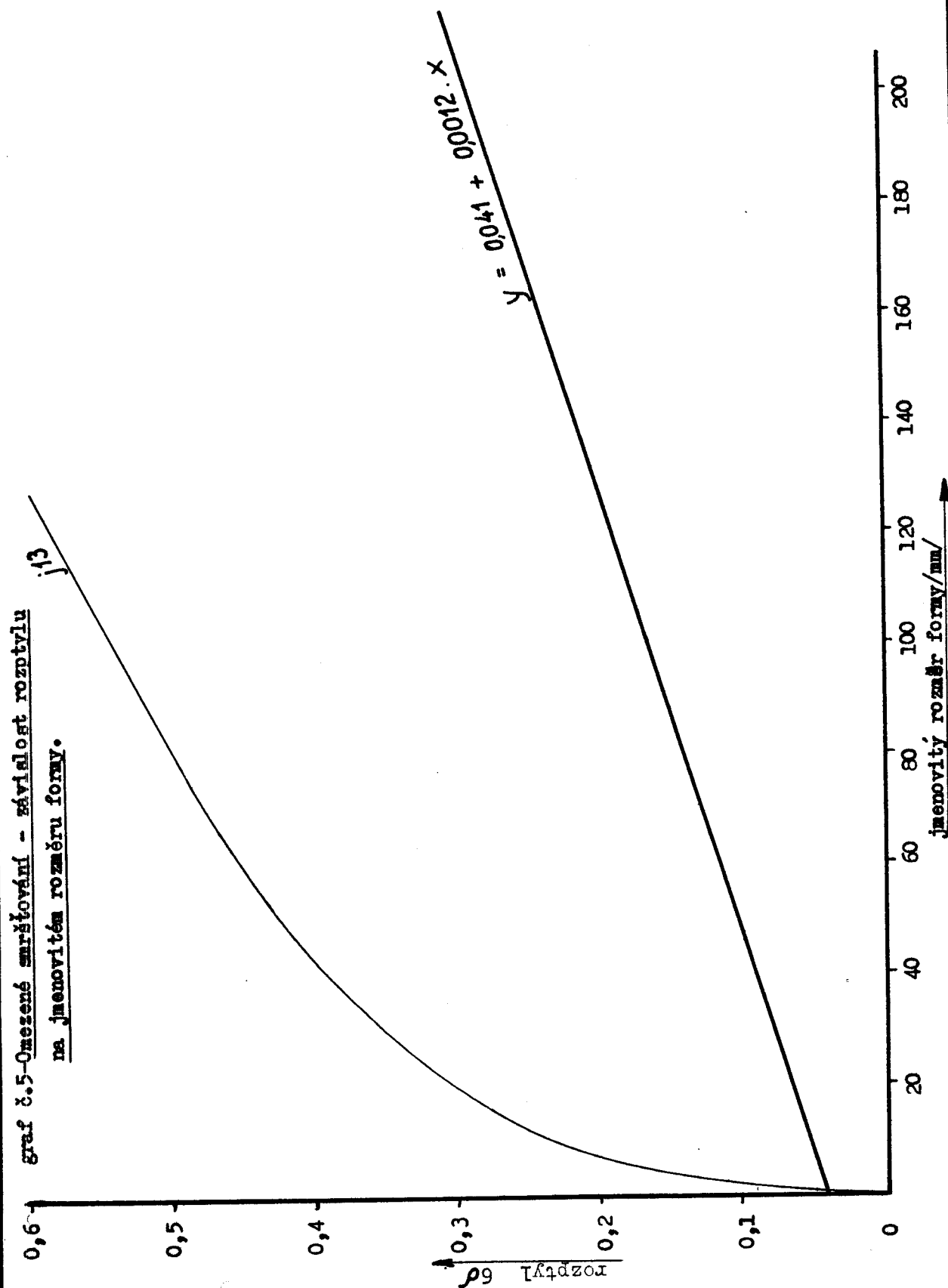
VŠST Liberec
DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t .

DP - STR. 63

20. července 1963

Jaromír Křevký



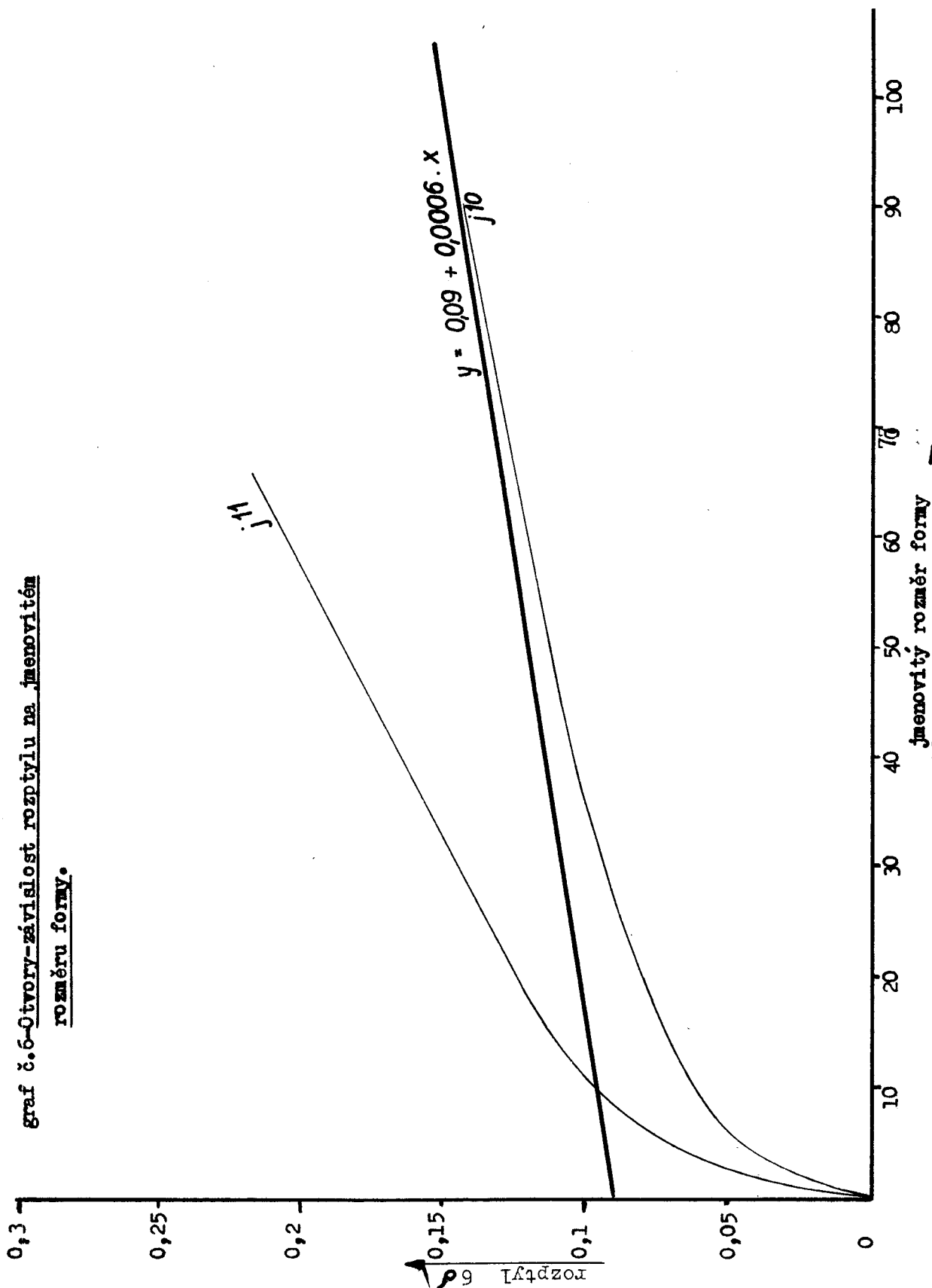
VŠST Liberec
DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t.

DP - STR. 64

20. července 1963

Jaromír Křevký



VSŠT Liberec

R o z m ě r o v á

DP - STR. 65

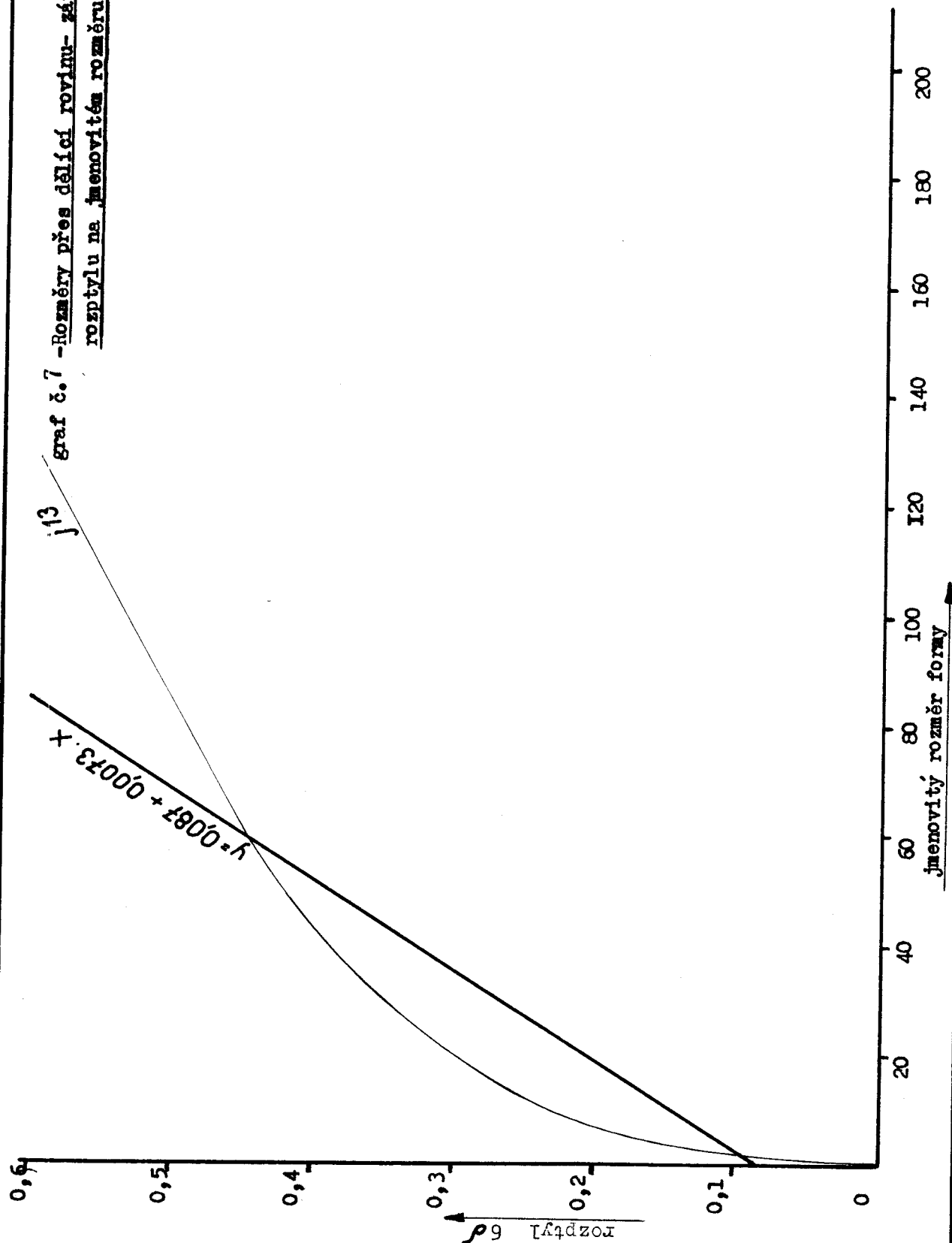
DP - ST 12 9/63

p ř e s n o s t.

20. července 1963

Jaromír Křevký

j¹³ graf č. 7 - Rozměry přes dělicí rovinu- závislost
rozptylu na jmenovitém rozměru formy.



VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 66 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevský
5.3. <u>Zhoanocení rozměrové přesnosti.</u> Plakové lití je jedno z nejpřednějších způsobů odlévání a jeho přesnost by mohla být ještě vyšší, než udává norma. K tomuto tvrzení mě opravňují výsledky z řešení rozptylu na sledovaných odlitcích. Vidíme z grafu /graf č.4,5,6,7, /, že tolerance dosažené omezeným i volným smršťováním se dosti hluboce pohybují pod j.13 a odpovídají téměř stupni j11. To je ovšem za zjednodušených podmínek, neboť zde nejsou uvažovány nepřesnosti související s výrobou formy. Hlavně uvažovány jen rozdílné lici podmínky. Rozdíl mezi tolerancí j13 a zjištěným rozptylem tvoří rezervu pro nepřesnosti formy. Slévárny nerady jdou na přesnější stupně, protože si tím tuto rezervu snižují. Odchylnou jmenovitého rozměru formy se totiž celá čára závislosti rozptylu posouvá. Větší požadovaná přesnost je spojena s mnohem většími náklady, jak již o tom byla zmínka /kapitola 5.1./, protože nářadovna se více méně na správný rozměr trefuje. / pro nedostatek vhodných podkladů/. Odchylny zaviněné nepřesnosti forem lze z velké části vyloučit: 1/ Dohotovování tvaru formy po tepelném zpracování, neboť i při správně dodržovaném postupu tepelného zpracování vznikají rozměrové úchylny pod 0,1 % jmenovitého rozměru /2.5./, což činí zhruba polovinu z dovolené úchylny j13, Znamená to ovšem také jít na menší pevnosti forem /120-140 kg/mm²/ a mít k dispozici tvarové brusky. /Což nářadovna slévárny - nemá/. 2/ Užívat správných procentuelních přídavků na smrštění v závislosti na druhu smršťování a velikosti jmenovitého rozměru. Správné stanovení míry smrštění v závislosti na jmenovitém rozměru a druhu smršťování bylo účelem této práce /graf 2,3/. Z řešení, jak je vidět z grafů a tabulek vyplynulo, že nejmenší přídavky na smrštění jsou u otvorů, kde materiálu ve smršťování brání pevné jádro. Největší přídavky jsou u rozměrů s převážně volným smršťováním, neboť zde má materiál při tuhnutí nejméně zábran. Řešení rozměrů ovlivněných dělicí rovinou a šoupátkem jsem provedl více méně informativně. /Při stanovení procentuelního přídavku rozměru vycházíme z ostatních druhů smršťování, podle toho o jaké smršťování se jedná./ Zásadně rozměry, které mají být přesné, nedávat do dělicí roviny. Je zde velký rozptyl rozměru /graf 7/. Rozměry jsou ovlivněny nečistotami dělicí roviny, jež		

mají za následek nedostatečné uzavření stroje. Často sám dělník vkládá do dělicí roviny smirkový papír, aby mu forma lépe odvzdušňovala, tím je ovšem po přesnosti. Je to dáno tím, že kontrola odlitků je více méně vzhledová a špatné odvzdušnění se projevuje i na povrchu odlitku.

Další možná cesta zvýšení přesnosti je dodržováním zhruba stejných technologických podmínek lití. /Alespoň u stejného druhu odlitků/.

Vliv technologických podmínek lití na přesnost rozměrů.

- a/ Rozdílná teplota formy. je příčinou i rozdílných rozměrů formy. Obzvláště se to projevuje po nasazení formy, kdy teplota formy se značně liší od teploty optimální. Pokusil jsem se tento vliv zachytit a zjistil jsem jisté rozdíly /setiny/ mezi odlitky odlitými při studené a optimální teplotě formy. Tento vliv ovšem není podstatný, protože první odlitky, které se podstatněji liší se stejně zahazují, neboť to jsou zmetky z jiných příčin /nezateklé/. Smrštění odlitku je na počátku výroby větší.
- b/ Různé doby tuhnutí odlitků ve formě. Předčasné vyhození odlitek se dále smršťuje volně a jeho výsledné rozměry jsou menší. Tato závada se dá odstranit strojem s poloautomatickým cyklem, kde lze dobu, po kterou je forma uzavřena přesně nastavit.
- c/ Různá teplota odlévané slitiny. Přehřátím se materiál znehodnocuje /velké zrno/ a dále tuhne. Existují slévárny tlakového lití, které pracují se slitinami v těstovitém stavu, zde smrštitivost nepatrná.
- d/ Jistý vliv bude mít i rychlost vlévání kovu do formy a velikost vstřikové síly.
- e/ Mazání forem. Teplota formy během každého cyklu podléhá výkyvům. Z toho důvodu, že odlitek odevzdává teplo pracovní dutině. Maže-li se celá dutina, vytváří se izolační vrstvička, která brání předávání tepla. Je důležité mazat jen tu část dutiny formy, kde je to nezbytné pro vyjmutí.
- f/ Hladkost povrchu formy. Hladký povrch umožňuje plynulý tok materiálu a plynulé smršťování odlitků. /Malé tření/.

Z vyjmenovaných technologických vlivů mají pro slévárnu v České Lípě největší význam první tři. Největší procento odchylek je zde /zřejmě/ zaviněno tím, že během lití značně kolísá lící teplota až o 50°C. Příčina je v tom, že udržovací pece se používají jako tavící. Po vhození housky teplota minimálně

klesla o 25°C . Tato závada bude v budoucnu vyřešena, neboť se staví velká odporová vanová pec /150 kW/, která bude zásobovat udržovací pece roztaveným kovem.

Většina strojů sice nemá poloautomatický cyklus, ale ty které ho mají, tak se u nich neužívá, což není správné.

Vlastní měření do jisté míry trpělo úkoly, které při tlakovém lití jsou nezbytné. Pro obecnější platnost zjištěných zkonitostí bylo by zapotřebí proměřit větší množství odlitků a i zároveň systematicky sledovat licí podmínky, neboť na nich do značné míry záleží.

6. K v a l i t a o d l i t k u.

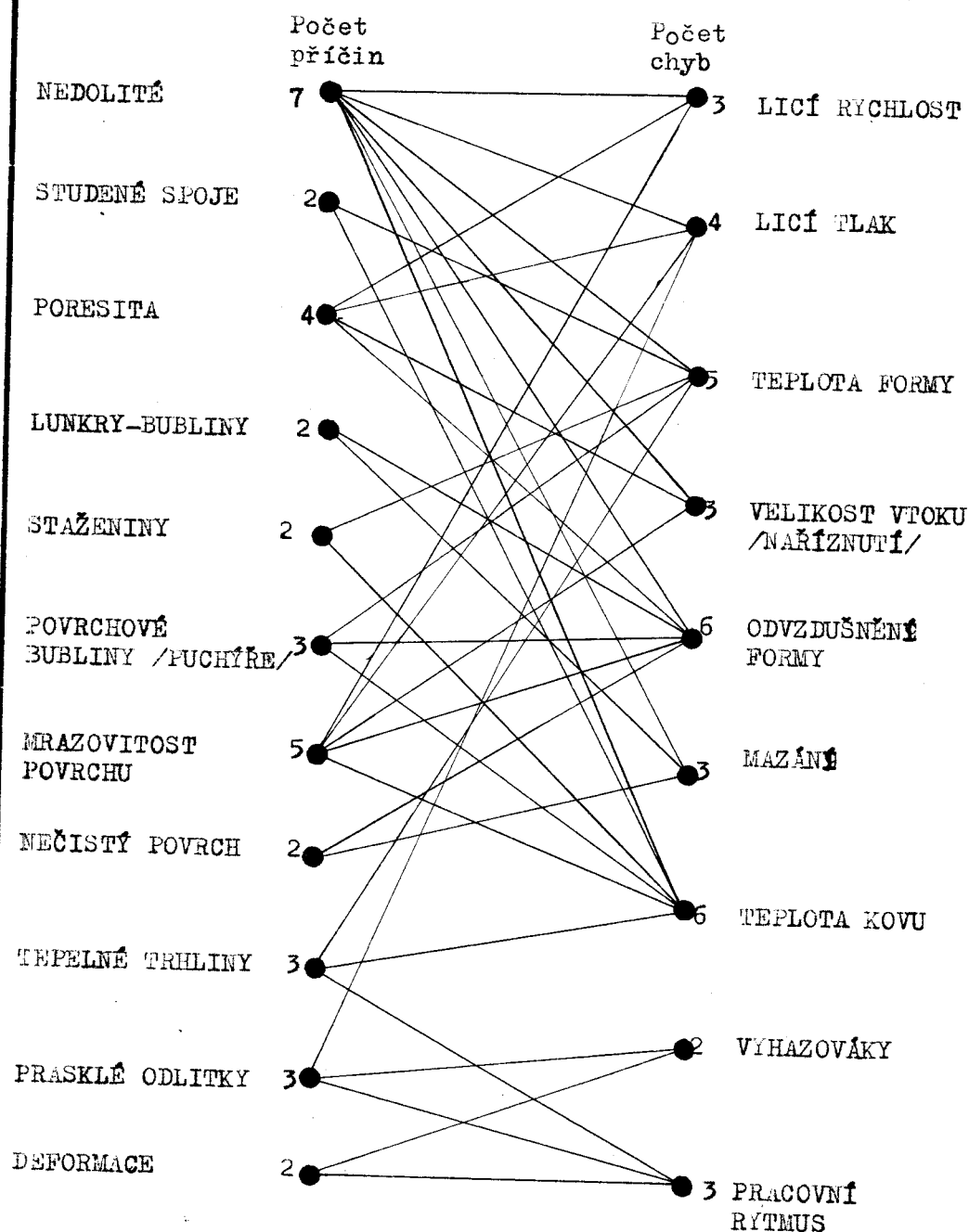
Kvalita odlitku je určována vnitřními vadami a jakostí povrchu. Jakost povrchu vyjadřuje čistotu povrchu odlitku a je dána povrchovými vadami a mikrogeometrií povrchu odlitku. Odlitek je tím kvalitnější čím má méně povrchových a vnitřních vad. Objasnění příčin mnohých závad dává tabulka vypracovaná v USA - přehled příčin hlavních chyb odlitků litých pod tlakem. *obr. 20/*

6.1. Povrchové vady.

Odlitky lité pod tlakem se většinou mechanicky neobrábí. Kromě úseků, kterými se spojují s jinými součástmi. Tvoření místních povrchových vad zabraňuje získat vysokou čistotu povrchu, která může být zajištěna vhodnou konstrukcí formy.

K těmto povrchovým vadám patří:

- 1/ Drobné otřepty v podobě mříšky, tak zvané vrásky, které vznikají tvořením zárovňých trhlin. Forma se pokrývá sítí drobných trhlinek, které se postupně prohlubují, rozvírají a zhoršují její povrch a nakonec jí vyřazují z používání, neboť s tím souvisí zhoršování jakosti povrchu odlitku.
- 2/ Vzorkovaný povrch nebo-li mráz, jsou to stopy povrchových zavalenin, které se tvoří při lití do studené formy nebo při rozprašování kovu. Nejčastěji vzniká mráz litím do studené formy /méně než 180°C / a tato vada v tomto případě jde do malé hloubky, 0,01 mm a může být odstraněna leštěním. Mrazovitost vzniká rozprášením kovu, ale tato je hlubší a méně častá. /Zmenšením vtokového zářezu/.
- 3/ Povrchová poresita - drobné dírky. Jejich příčinou je většinou vlhkost a nevhodné mazání.
- 4/ Mapovitost /čmouhy na povrchu/ bývá obvykle doprovázena po-

Přehled příčin hlavních chyb odlitků litých pod tlakem.

Obr. 20 - Vady odlitků.

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 70 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
vrchovou poresitou. Zaviněná nevhodným mazaním a nebo příliš velkým mazaním. 5/ Povrchové bubliny. Špatné odvzdušnění formy a přebytek nátěru, který neshoří do zalití kovu, vznikají plyny, které nestačí utéci. 6/ Lepení kovu na formu je nejčastější příčinou zmetků. Způsobemno mnoha činiteli, z nichž nejdůležitější jsou: nerovný povrch prac. dutiny, trysky; rozrušení pracovní dutiny, jádra, tekutým kovem vstupujícím kolmo; přehřátí kovu; nedostatečný nátěr na plochách s velkým třením /kde malé úkosy/; povrch obrobený po kalení a nezačerněný. Odlitky nedolitě, přesazené a podobně jsou vyložené zmetky. Všechny uvedené vady se na odlitcích vyráběných v České Lípě v menším nebo větším měřítku vyskytují. Jestliže je vad více, než povoluje odběratel, jsou vyzmetkovány./Odběratel např. povoluje určitý maximální počet vrásek na délku 10 mm/. Vždy jsou vyzmetkovány jedná-li se o vady způsobené lepením kovu na formu a povrchové bubliny. Nejčastější závadou povrchu byla mrazovitost, která se vyskytovala hlavně u tenkostěnných odlitků a to na nejvzdálenějších místech od vtoku /studená forma/. U krabic se velmi často vyskytovala povrchová poresita, Zaviněná zřejmě tím, že forma nebyla chlazena, přehřívala se a slévač ji uměle ochlazoval proudem vody. /Značné kolísání teplot se projevilo i na přesnosti/. U tohoto odlitku byla také největší zmetkovitost, vlivem rozdílných tloušťek stěn. 6.2, <u>Drsnost povrchu odlitku.</u> Drsnost povrchu odlitku a formy spolu souvisí. Čím hladší povrch formy, tím je i hladší povrch odlitku. Lesklý povrch formy však není výhodný. Zhoršuje se prostup tepla /odraz/, a způsobuje lepení kovu. Nejvýhodnější je povrch po zakalení a nebo začernění. Lesklý povrch odlitku se ani ve většině případu nepožaduje. Na lesklém povrchu jsou totiž dobře viditelné povrchové vady /mrazovitost, mapovitost, vrásky/. Správný stříkaný odlitek má mít sametově stříbrný vzhled. Drsnost povrchu byla proměřena na VŠST Liberec a to na 17 odlitcích z 6 forem. K proměření bylo použito profilometru s piezoelektrickým snímačem, kde drsnost je vyjádřena střední odchylkou od střední čáry profilu.		

$$R_a = 1/L \int y \cdot dl$$

L — integrovaná délka povrchu /4mm/

y — jednotlivá odchylka od střední čáry
profilu

dl — element délky

Drsnost naměřených součástí je uvedena v tabulce /tab.č.43/.
Zvláště byla měřena drsnost ploch rovnoběžných s dělicí rovinou
i ploch kolmých na dělicí rovinu. Hodnoty uvedené v tabulce ja-
ko průměrné jsou z většího počtu měření. /ne průměr min. a max.
hodnoty/. Mrazovitý povrch je označen indexem — m.

6.2.1. Vyhodnocení drsnosti povrchu.

Rozmezí drsnosti při neuvažování mrazovitosti:

a/ na plochách rovnoběžných s dělicí rovinou

$$R_a = 0,08 - 0,73 \mu$$

b/ na plochách kolmých na dělicí rovinu

$$R_a = 0,1 - 0,9 \mu$$

Mrazovitost zhoršuje jakost povrchu a způsobuje zvětšení drs-
nosti v našem případě až na $1,5 \mu$. Drsnosti $R_a = 0,6 - 0,9 \mu$
obvykle způsobeny drobnými vráskami a povrchovou poresitou.

Drsnost ploch kolmých na dělicí rovinu je horší, než
ploch rovnoběžných s dělicí rovinou. Příčinou je zvýšené tření
při vyhazování odlitku a s tím související zvýšené mazání těch-
to ploch. Plochy kolmé na dělicí rovinu mají být hlazeny ve
směru vyndávání odlitku, čili v tomto směru mají být hladší.
Tato praxe, i když je známa se většinou ve slévárně neaplikuje.
Tímto opatřením se vyndávání odlitku usnadní /zmenší se tření/
a sníží se zmetkovitost/odlitky se nezadírají/.

Zjistit drsnost povrchu formy nebylo v mých silách, neboť
formy povětšinou váží přes 100 kg. U forem vložkových proměřit
jen vložky rovněž nešlo, neboť se jednalo o málo hluboké duti-
ny, které na profilometru, který má škola k dispozici změřit
nelze.

Pro porovnání spíše informativní jsem proměřil drsnost po-
vrchu leštěného zakalého jádra. ~~obr.~~ tab. 44/

$$R_a = 0,089 - 0,09 \mu$$

Jaromír Křevký

Tab. č. 43

tab. č.44

drsnost	n _i	n _i R _a	drsnost	n _i	n _i R _a	drsnost	n _i	n _i R _a
0,06	2	0,12	0,09	3	0,27	0,12	2	0,24
0,07	5	0,35	0,1	3	0,3	0,13	1	0,13
0,08	7	0,56	0,11	1	0,11	0,14	1	0,14

6.3. Vnitřní vady - porovitost.

Z vnitřních vad je nejzávažnější poresita, která přímo ovlivňuje hustotu a nepropustnost odlitku. Plynové vměstky mají tvar drobných dutinek /porů/ a velkých dutin. Vznikají z plynu obsaženého ve formě a v kovu. Pory bývají poblíž středu stěny a velké dutiny v místech nahromadění materiálu. Mikrobublínky a drobné bublinky, které rozloženy po celém průřezu vznikají z mikrostaženin a plynu, který je v kovu chemicky vázán a nebo rozpuštěn. Při tuhnutí se plyn uvolňuje. Rychlejšímu uvolňování plynu napomáhá rychlejší chlazení / Al dobou vodivost/. Mikrostaženiny a soustředné staženiny vznikají v důsledku smršťování v intervalu tuhnutí a nedoplněním tekutým kovem. Mikrostaženiny a mikrobublínky tvoří mikroporovitost.

Poresita je nejčastější vadou odlitků litých pod tlakem. Vznik vzduchových vměstků se dá vysvětlit například; velkou rychlostí plnění formy, při které nestačí úplně uniknout vzduch z dutiny formy. Čím větší je tloušťka stěn odlitku, tím větší je množství vzduchových vměstků, neboť více vzduchu je uzavřeno ve formě. Hlavním důvodem je tedy nedostatečné odvzdušnění a přehnané mazání. Tvoření vzduchové porovitosti napomáhá:

a/ Nesprávný směr proudu kovu při lití. Vstupuje-li kov kolmo k stěnám formy nebo jader, značně víří, což je jednou z hlavních příčin zachycení vzduchu. Zářezy je nutno umísťovat rovnoběžně nebo tečně ke stěnám formy a jader.

b/ Vstup kovu do formy z několika stran. Při tomto vstupu kovu může velmi lehce nastat víření. Víření vznikne při střetnutí dvou proudů roztaveného kovu. Z toho důvodu je třeba přivádět kov do formy pokud možno z jedné strany.

c/ Velká rychlost vstupu kovu do formy. Příčinou je nedostatečný průřez lícího kanálu/viz výše/.

Odvzdušnění se zlepší: odvzdušňovacími kanály, přetokovými kanály, dělením formy, použitím zvláštní vtokové soustavy /kde se nejdříve zaplní místa, která se špatně odvzdušňují/.

Poresitou se tedy nemyslí jenom plynné vměstky, ale i staženiny. Ty jsou většinou vyplněny vzduchem, takže tvoří bubliny, jestliže v nich je tlak větší než 1 ata. /7 /. V další části se často používá názvu - řediny. Jsou to drobné staženiny.

6.3.1.

Zjištění porovitosti.

K posouzení porovitosti bylo použito:

a/ určení hustoty metodou dvojího vážení

b/ rentgenových snímků

c/ makrovýbrusů

d/ mikrovýbrusů

ad a/ Hustotou /spec. váhou/ rozumíme hmotu dělenou objemem. Je to hmota objemové jednotky. Určujeme -li jí u porovitých těles /nehomogeních/ dostáváme tak zvanou objemovou váhu, jež je vlastně střední hustotou všech složek tvořících vyšetřovanou látku. Hustota souvisí s teplotou a i tlakem a při přesném zjišťování je nutno k nim přihlídnout. Metodou dvojího vážení se zjišťuje hustota nepřímou. Vypočte se podle následujícího vzorce:

$$\rho = m/M \cdot /s - \sigma/ + \sigma$$

$$m = M_1 - M_2$$

M_1 = váha součástí na vzduchu

M_2 = váha součástí ve vodě

s = specifická váha vody

σ = specifická váha vzduchu

Měření bylo provedeno:

Teplota vody: 8°C $\Rightarrow s = 0,99,849$

Teplotě vzduchu 18°C $\Rightarrow \sigma = 0,00115$

Výsledky měření a výpočtu v tabulce /tab. č. 45/. Podle norem specifická váha silumínu:

ČSN 424331 $\rho = 2,65\text{g/cm}^3$

ČSN 424384 $\rho = 2,65\text{g/cm}^3$

Specifická váha odpovídající silumínu zjištěná vážením části housky se od údajů literatury příliš neliší, což umožňuje použít této metody. Jistá nepřesnost je způsobena tím, že nebylo použito hydrostatických vah /katedra nemá k dispozici/. Specifická váha odlitků vychází větší, než housek. Uplatňuje se zde zřejmě ve značné míře vliv doplňovacího vnějšího tlaku

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t.	DP — STR. 75 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevký
při tuhnutí, /zmenšuje stažení/, jež převyšuje i vliv nedokonalého odvzdušnění formy. Výchozí materiál /housky/ tuhne volně bez doplňovacího tlaku. a) b/ Roentgenovy snímky měly za úkol odhalit místa s největší poresitou. Od každého druhu odlitku byl vzát, alespoň jeden vzorek a ten byl prozářen. /příloha 1,2,3,4/. Před vyhodnocením roentgenových snímků byla provedena povrchová prohlídka. <u>Vyhodnocení.</u> Roentgenogram 2275: Příloha 1. Podložka 1 - Zčernání na snímku v místě kruhového nálitku pod pravým vyhazovačem je způsobeno povrchovou vadou. Podložka 2 - V místě kruhového nálitku nahoře je zřejmě nekovový vměstek. Podložka 3 - Totéž nad pravým vyhazovákem. Větráček 1 - V náboji pod levou vymezovací značkou proti lopatce je šluk ředin. V protilopatce a dole mezi lopatkami je rovněž šluk ředin /vtok/. Větráček 2 - V místě měrky 3. drátku zprava je větší šluk ředin /porů/. Samostatný por je v 5.drátku zprava. V nálitku proti vymezovací značce také šluk. Roentgenogram 2276: Příloha 2 Povrch nevykazoval hrubších viditelných vad. Po ploše odlitku je rozmístěna celá řada šluků ředin a bubliny a řediny jednotlivé. Odlitek tedy značně poresní. Roentgenogram 2277: Příloha 3 Povrch nevykazuje hrubších vad. Pouzdro vrtačky - v držáku stěny se vyskytují jednotlivé řediny menšího charakteru. Jinak odlitek bez vady. Stojan ložiska - poblíž vtoku odlitku bublina a šluk ředin. Základní část magnetu - v přechodové části šluk ředin. Roentgenogram 2278: Příloha 4 V zesílené kruhové části velký šluk bublin a ředin, zabírající téměř jednu třetinu odlitku. V místech slabé stěny jakost dobrá. a) c/- Makrovýbrusy. Byly provedeny v místech největších vad. Východiskem byly Roentgenovy snímky, podle nichž se roentgenované odlitky rozřezaly. Makrovýbrus byl proveden na brusných papírech 1/0 - 4/0.		

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	Rozměrová přesnost.	DP — STR. 76 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevský
/Nové označení 240 - 400/ Výbrusy byly ofoceny /bez naleptání/ a příslušné snímky s patrnou porositou jsou na obrázcích 22 - 29. ad d/ Mikrovýbrusy. Mikrovýbrus byl proveden na dvou vzorcích v místech, kde není žádná patrně viditelná poresita. /obr.21,22/. Vzorky byly broušeny na papírech 1/0-6/0 /240 - 600/ a leštěny na soukeném kotouči a malými otáčkami /150 ot/min./ pomocí kysličníku hořečnatého, rozmíchaného ve směsi vody s alkoholem /1:1/. Porovnání vzorků bylo provedeno na metalografickém mikroskopu /Zeiss Epityp/ a focení v místech označených / obr. 21,22/. Snímky mikrovýbrusů na obrázcích 30-33. 6.3.2. Vyhodnocení porovitosti. Hustota odlitku je tím větší, čím odlitek má stejnoměrnější tloušťku stěn a čím více se tato blíží tloušťce optimální 2 - 3 mm. Roentgenovy snímky potvrdily správnost teorie Fromrovy, která říká že odlitek se plní odzadu /obr.34/, neboť většina bublin, ředin poblíže vtoku. Dále potvrdily i to, že odlitky lité na horizontálních lisech /krabice, vodičko jehel/, jsou poresnější a formy, které se upínají na horizontálním stroji musí být dokonaleji odvzdušněny. / Do horizontální komory se nabere více vzduchu, který se zatlačí do formy. / Poresita pokud není příliš velká spotřebitelům nevádí. Jedná se většinou o odlitky, na které nejsou kladeny zvýšené nároky na mechanické hodnoty, hlavně se u nich jedná o vzhled. Poresita značně vadí u vodiček jehel, do kterých se frézují drážky, čímž se vnitřní vady obnažují a odlitky jsou vyzmetkovány. Dá se řešit lepším odvzdušněním formy. U krabic /obr.25/, kde v zesílené části je velký zhluk bublin a ředin, který normálně podle norem je nepřipustný, v tomto případě nevádí, jestliže nepřesahuje $\varnothing$ 35 mm, který přijde do nálitku vyvrtat. Většinou nepřesahuje, neboť když dutiny jsou patrné ve vyvrtaném otvoru, jsou krabice slévárně vráceny. Dříve byl otvor předléván a zmetkovitost byla ještě větší. /Příkosti s vytahováním dlouhého jádra o malém úkosu. / Na rozříznutém vzorku /obr.25/, je vidět, že vady přesahují předepsaný průměr /zmetek/. Mikrovýbrusy, ukázaly že největší mikroporovitost je ve středu masivních částí /obr.30/, kdežto na okraji ji mikroporovitost		

VŠST LIBEREC DP - ST 139/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t.	DP — STR. 77
		20. ČERVENCE 1963
		Jaromír Křevký

Hustota odlitku:

tab. č. 44

Druh odlitku	označení	Váha M_1 na suchu	Váha ve vodě M_2	m	Hustota	Materiál /ČSN/
skříň	1	229,61	144,87	87,74	2,7	424384
vodítko	1	359,	238,96	120,04	2,97	tavený
	2	362,39	240,58	121,81	2,98	
ložisko	1	84,25	52,94	31,31	2,69	424384
	2	82,	51,38	30,62	2,67	
větráček	1	52,565	33,17	19,40	2,7	424384
	2	51,91	32,68	19,23	2,69	
	3	53,4	33,84	19,57	2,72	
magnet	1	33,21	21,02	12,19	2,717	424384
	2	33,79	21,72	12,07	2,77	
	3	33,38	21,06	12,32	2,7	
podložka	1	7,07	4,68	2,39	2,95	424384
	2	6,76	4,48	2,28	2,97	
	3	6,94	4,58	2,36	2,93	
krabice	1	898,5	569,95	328,55	2,72	tavený 424384
housky	1	534,000	211,	123	2,71	tavený
	1	245,8	141,5	84,3	2,68	424331
	1	52,1	32,6	19,5	2,67	424384

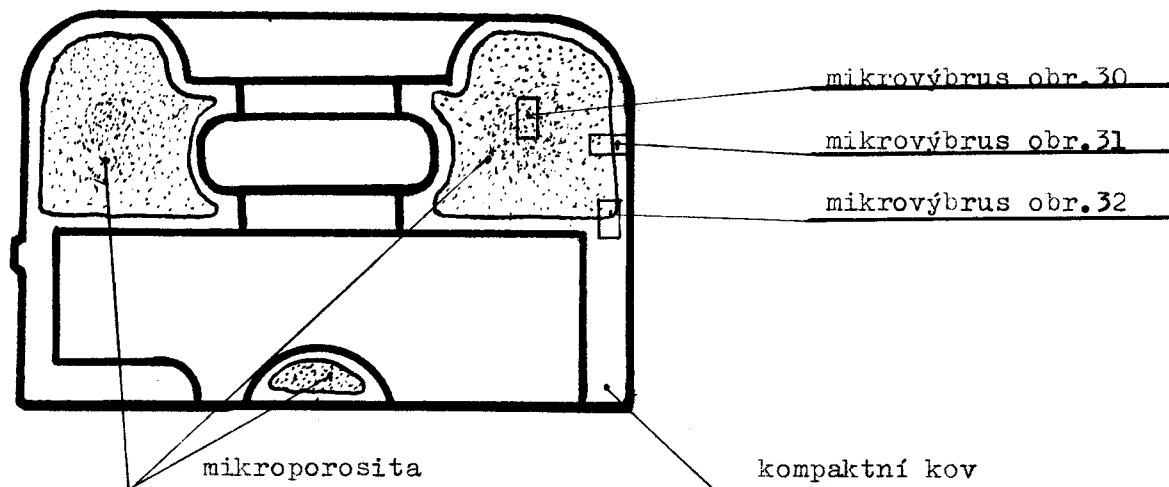
/mikrostažení a mikrobubliny/ celkem nepatrná. Mikrovýbrusy byly provedeny jen na dokreslení porovitosti tlakově litých odlitků.

7. E k o n o m i c k é z h o d n o c e n í m e t o d y t l a k o v ě h o l i t í. /Al slitin/.

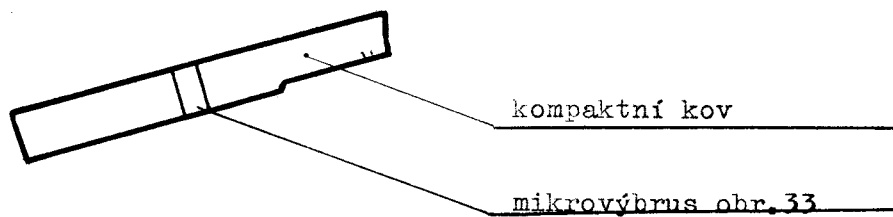
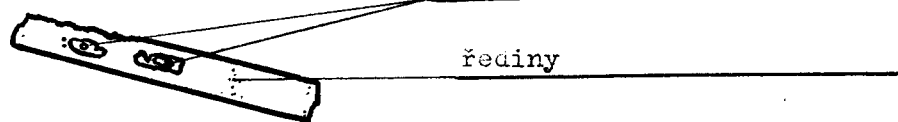
Tlakové lití je nejproduktivnější způsob lití, protože se jím roztavený kov /tekutý, polotekutý/ mění v hotový přesný výrobek minimálním počtem operací. Těžištěm této metody je výroba sériová a hromadná.

Vešle nákladů přímých /mzdy slévačů/ materiál/, které v průběhu doby klesají, jsou zde náklady nepřímé - skryté, které s rostoucí technikou stále stoupají. Jedná se především o náklady na údržbu zařízení /tavicí pece, stroje/ a hlavně údržbu a opravu forem. /Forma ne skutečně nasazena k sériové výrobě,

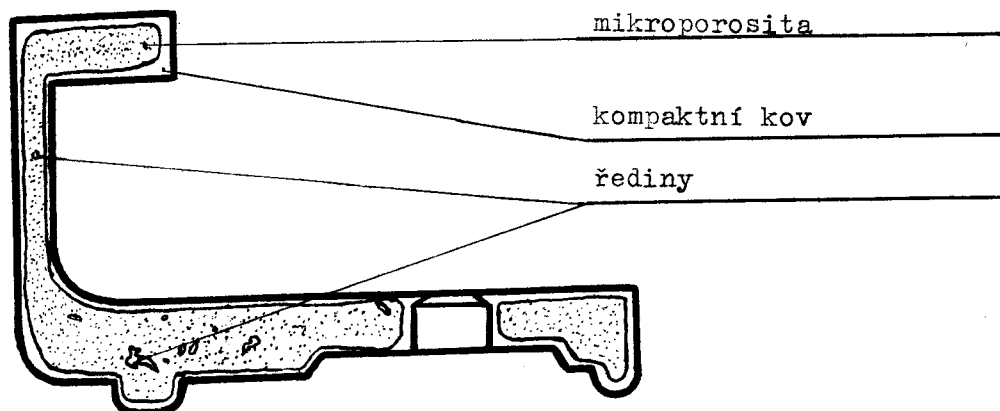
Obr. 21 a -



staženiny Obr. 22 b



Obr. 23



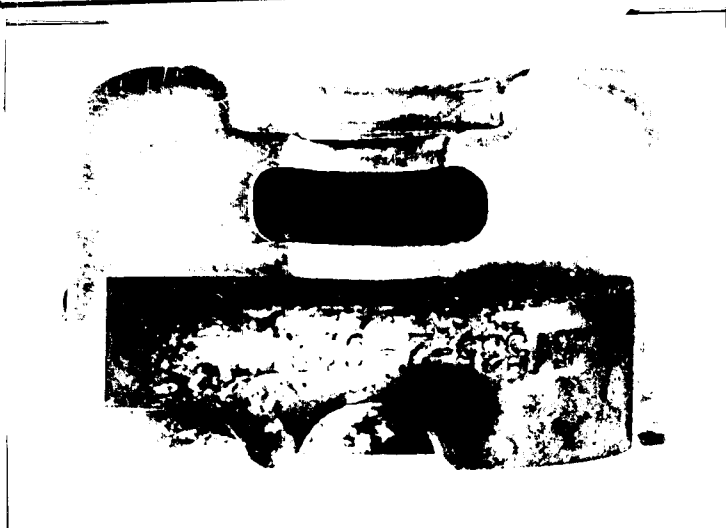
VŠST Liberec
DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t.

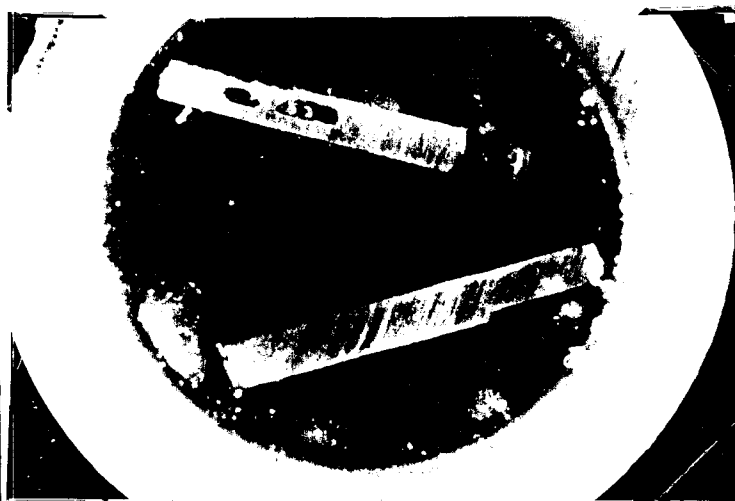
DP - STR. 79

20. července 1963

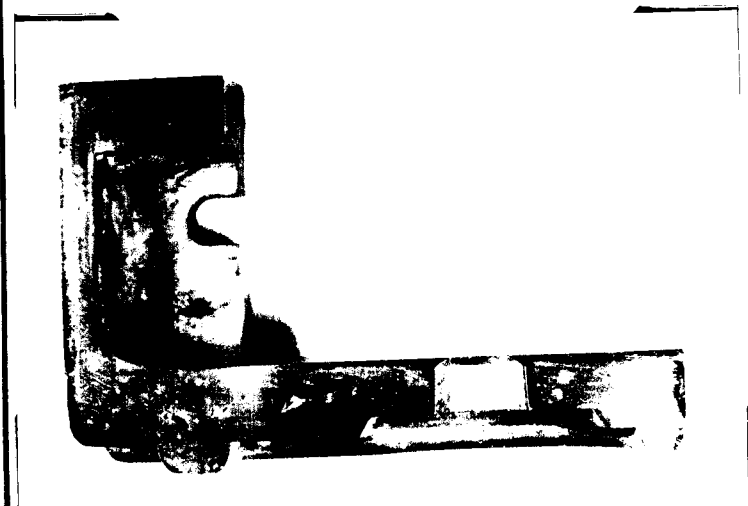
Jaromír Křevký



Obr. 21b - Částečný řez držákem motorové skříně v místech, kde není patrná žádná větší vada. Na vzorku je patrná mikroporosita.



Obr. 22b - Řez lopatkou větráčku /viditelné vady/ a podložkou.
/Měřítko 3 x 1/



Obr. 23b - Řez základní částí magnetu /středem/. Je zde celá síť ředin a bublin /měřítka/.
/ Měřítko 2 x 1/

VŠST Liberec
DP - ST 12 9/63

R o z m ě r o v á
p ř e s n o s t .

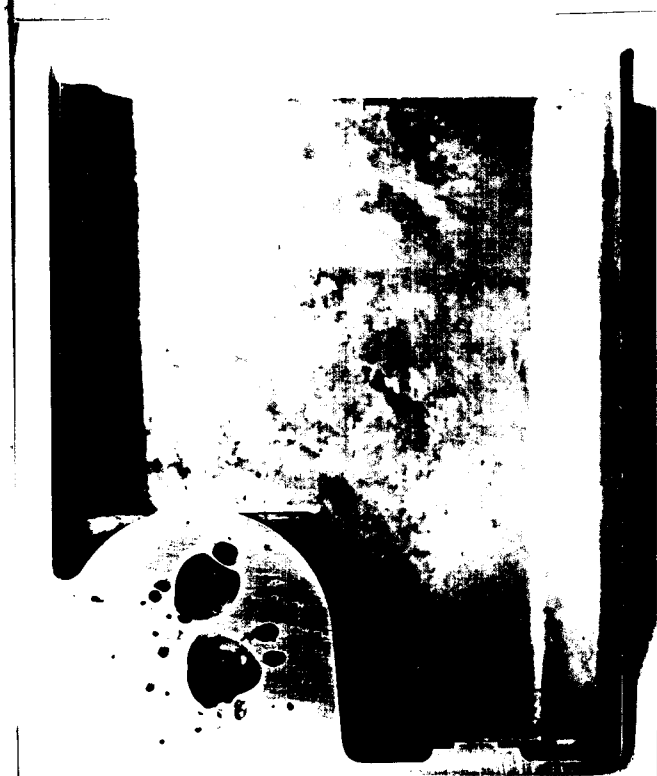
DP - STR. 80

20. července 1963

Jaromír Křevký



Obr.24 - Částečný řez /makro-
výbrus/ stojanu ložiska.
/Staženiny, bublinky, řediny/
/Měřitko 4:1/



Obr.25 - Řez krabice /makro-
výbrus/. Celá skupina bublin
a ředin v kruhovém nálitku.
Slabé stěny bez viditelné va-
dy.
/Měřitko 1:1,2/



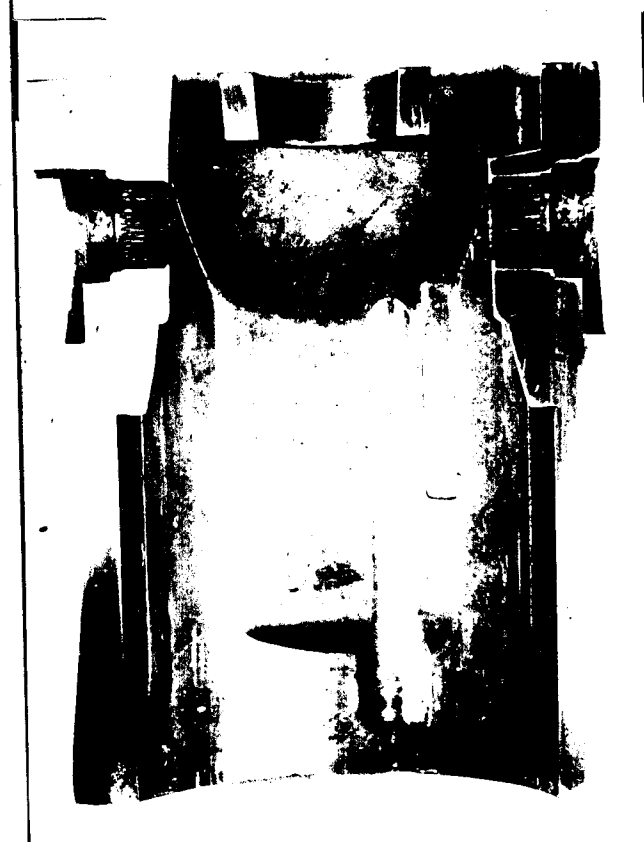
Obr.26 - Zvětšená část kruho-
vého nálitku.
/Měřitko 1,5:1/

VŠST Liberec DP - ST 129/63	Rozměrová přesnost.	DP - STR. 81
		20. července 1963
		Jaromír Křevký



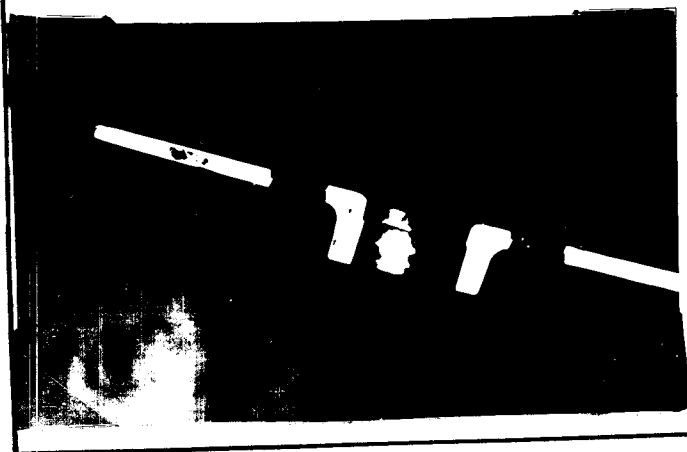
Obr. 27 - Podélný řez kruhovým nálitkem.

/Měřítko 1,5:1/



Obr. 28 - Podélný řez motorovou skříní /bez držáku/.

Kvalitní odlitek /na obrázku je patrná mikroporosita/
/Měřítko 1:1/



Obr. 29 - Řez větráčkem.

V silnějších částech je patrná mikroporosita.

/Měřítko 1:1/

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

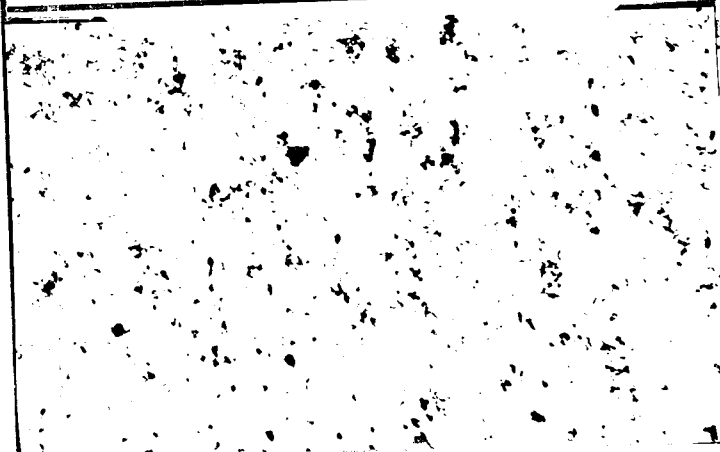
Rozměrová

přesnost.

DP - STR 82

20. ČERVENCE 1963

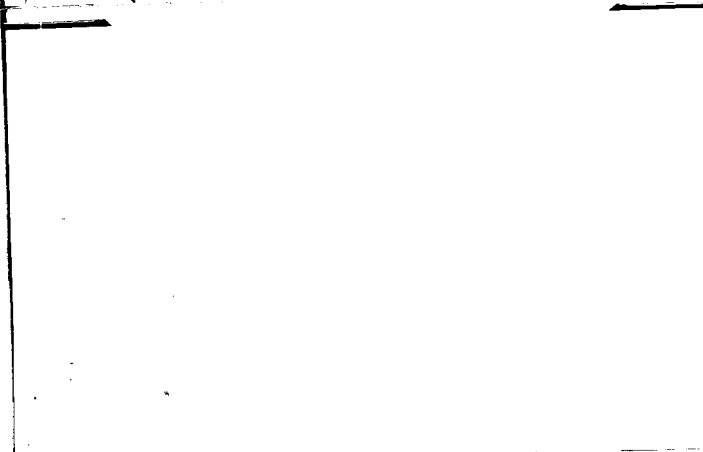
Jaromír Křevký



Mikrovýbrusy.

Měřítko 50:1

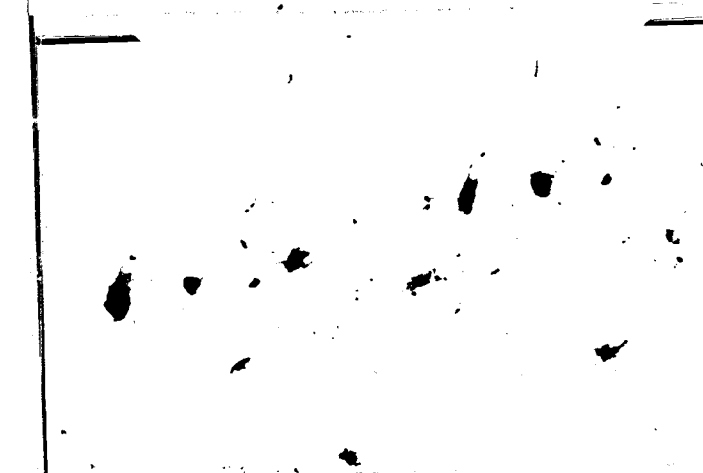
Obr. 30 - Mikrovýbrus
vzatý ze středu ma-
sivní stěny /obr.
21a/ Značná mikro-
porosita.



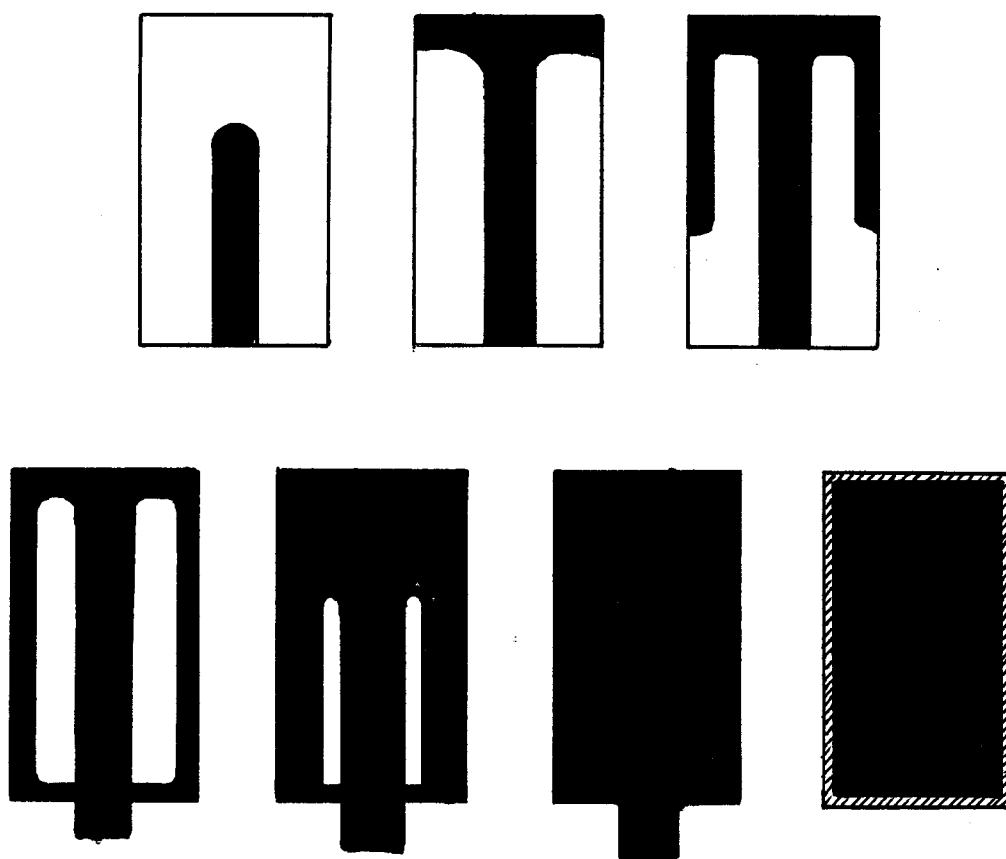
Obr. 31 - Mikrovýbrus
v přechodu do okraje.
/obr. 21a/



Obr. 32 - Mikrovýbrus
tepelný uzel /obr.
21a/



Obr. 33 - Mikrovýbrus
přes tloušťku pod-
ložky /obr. 22a/



Obr. 34 - Plnění odlitku./Podle theorie Fromrovy/.

několikrát se opravuje, aby se dosáhlo požadované přesnosti a hladkosti povrchu/. Chceme-li dobře kalkulovat musíme tyto skryté náklady dobře postihnout /19 /.

Co do přesnosti se tlakovému lití blíží přesné lití /vytavením/ a kokilové lití. Výhodou přesného lití proti tlakovému je, že zde^{ne} musí být úkosy, což vadí zejména u přesných otvorů, které se předlejují na čisto a dále to, že zde není dělicí rovina a pohyblivá šoupátka, která mají jistou vůli. /Nepřesnosti/. Nemůžeme u tlakovéh^o lití dát přesný rozměr do dělicí roviny.

V budoucnu až budou dodrženy naprosto stejné lící podmínky u určitého druhu odlitku, bude správně navrhnutá i přesně vyrobená forma /viz 4.2./, žádný z dosavadních způsobů lití, se tlakovému lití nevyrovná, co do přesnosti, jakosti povrchu, hustoty a produkce. /Přesné lití má své uplatnění u menších sérií, kde tlakové i kokilové lití je příliš nákladné./

Nejvíce se tlakovému lití blíží lití do kokil. Co do kvality

i přesnosti je tlakové lití výhodnější. Při kokilovém lití je větší propal, slévač musí kov více přehřát, aby mu zatekl /700°C/. Odlitky mají drsnější povrch, je zde více vratného materiálu /mohutný vtok/ a produkce je zhruba poloviční u stejného druhu odlitku. Rozdíl je nejvíce patrný na drobných odlitcích /u tlakového lití možnost více vložkové formy/ a nejméně na těžkých kusech. Minimální tloušťka stěny u kokilového lití je 4 mm. Výrobní náklady na 1 kg stríkaných odlitků jsou 14 - 15 Kčs u kokilových odlitků 18 Kčs. U stríkaných odlitků je velká režie /údržbaři seřizovači/. V těchto nákladech ovšem není započítána cena formy /kokily/, které si zákazník buď vyrobí sám nebo si je nechá udělat a potom je zaplatí výrobci najednou. Musí se tedy zákazník sám zajímat o tom, který způsob pro něj je výhodnější /kokila je levnější/. O tom zda bude zařazeno tlakové či kokilové lití ve většině případů rozhoduje počet vyráběných kusů.

Například pro srovnání - výroba kapoty. Dříve se vyráběla kokilově a nyní tlakově. Vyrábí se asi 1 500 kusů ročně.

označení:	cena	váha odlitku:	výrob.náklady:
	formy kokily:		
kokila	12 350 Kčs	0,279 kg	5,32 Kčs
forma	17 500 Kčs	0,193 kg	2,36 Kčs

Úspora na výrobních nákladech za jeden rok uhradí rozdíl ceny formy a kokily.

Zmetkovitost tlakových odlitků je větší než kokilových /7,5 až 8 %/. Vyplývá to ze složitější formy i složitějšího technologického pochodu. /Některá forma až 50% zmetkovitost/. Požadavky na odlitky lité pod tlakem /v České Lípě/ jsou hlavně: přesnost /otvory, rozteče/, vzhled a u odlitků dále opracovávaných požadavek hustoty odlitku. /Po opracování, aby nebyly díry/.

Oblast použití tlakových odlitků ze slitin hliníku je velká. Rozšíření tohoto výrobního způsobu na další součásti, které se doposavad vyrábí obráběním /ve větších sériích/ a nebo jiným méně produktivním způsobem, by znamenalo pro naše národního hospodářství velké úspory. Snížila by se značně pracnost na výrobcích i spotřeba materiálu. Důležité je i nahrazování součástí z jiných materiálů hliníkovými slitinami. /Tam, kde to pevnost dovolí/.

Velkou roli u sléváren tlakového lití v současné době hraje

VŠST LIBEREC

DP - ST 129/63

R o z m ě r o v á

p ř e s n o s t .

DP — STR.85

20. ČERVENCE 1963

Jaromír Křevký

sortiment. Plán je totiž postaven v tunách a nepřihlíží k sortimentu. Pro slévárnu jsou výhodnější těžší kusy, které méně pracné/ lépe se s nimi vejdou do ceníku tlakově litých odlitků, který rozlišuje součásti do tří skupin složitosti. Tato závada se vyřeší v příštích letech, kdy součásti budou děleny podle složitosti 22 skupin pracnosti a bude se přihlížet k sortimentu.

8. Z á v ě r.

Problémů ve slévárnách tlakového lití je celá řada. Snažil jsem se v úvodní části zmínit, alespoň na některé činitele /tepelné zpracování/, které ovlivňují přesnost tlakového odlitku a jeho kvalitu. Věmi jsem se zabývat nemohl, protože práce by se stala velmi objemnou a přesáhla by stanovený rámec.

Zhodnocení vlastní části práce je provedeno vždy za příslušnými statěmi /rozměrové přesnost, jakost povrchu, hustota odlitku/. Pro obdržení objektivnějších údajů bylo by ovšem zapotřebí proměřit mnohem větší množství druhů odlitků, což z hlediska časového nebylo možné.

VŠST LIBEREC DP - ST 129/63	R o z m ě r o v á p ř e s n o s t .	DP — STR. 86 20. ČERVENCE 1963 Jaromír Křevský
	<u>Seznam použité literatury.</u> 1/ Šěbl J. - Formy pro lití kovu pod tlakem./Praha 1962/. 2/ Šěbl J. - Lití kovu pod tlakem./Praha 1961/. 3/ Guljajev B.B. - Točnost odlivok./Moskva 1962/. 4/ Pljáčikij V.A. - Předupřezděnije porokov v odlivkách iz cvětných splavov. 5/ Flešinger A. - Vady odlitků ze šedé litiny./ Praha 1952/. 6/ Chvojka J. & Brzobohatý M. - Zpracování a použití hliníku a jeho slitin./Praha 1961/. 7/ Příbyl J. - Tuhnutí a nalitkování odlitků./Praha 1954/. 8/ Doškář J. - Přesné lití do keramických forem./Praha 1961/. 9/ Mlčoch L. - Měřidla a měření ve strojárnách./Praha 1955/. 10/ Exner J. - Zpráva o stavu a výsledcích dosavadního výzkumu v oboru rozměrové přesnosti přesných odlitků. /Přednáška na aktivu o přesném lití na VŠST Liberec/. 1962. 11/ - Typový technologický postup pro tepelné zpracování ocelí vstříkovacích forem pro Al slitiny./Zkušební ústav Strakonice/. 12/ Kron - Warum Brandrissbildung bei Druckguss - formen? 13/ Schulz H.J. - Obrábění forem na tlakové lití elektroerosivními stroji./NER/. 14/ Uxa V. - Výroba sklářských lisových forem elektrojiskrovým hloubením./Obalové a lisované sklo n.p. Dubí u Teplic/. 15/ Lundgren P. - Betrachtungen ueber die Waermebehandlung des Formstahls mit 0,40% C.1% Si.5% Cr.1% V 1,5 % Mo. 16/ H.j. - Pressure die - casting of aluminium Part IV - Delection of die steel Metal indrustrý /1952/ 17/ Valecký J. - Poznámky z vývoje velkých odlitků litých pod tlakem. 18/ Soška, Beneš, Sodomka - Fyzikální praktikum. 19/ Gutmüller - Kostenanalyse und Kostenkontrolle von Druckgussteilen.	

O b s a h.

Úvod	1
1. Stručný rozbor technologických postupů tlakově litých odlitků:	3
1.1. Podstata lití kovu pod tlakem	3
1.2. Druhy technologických postupů tlakově litých odlitků:	4
1.3. Technologie tlakového lití používaná v n.p. Nářadí v České Lípě:	7
1.3.1. Používaný materiál	7
1.3.2. Používané zařízení	7
1.3.3. Technologická příprava a sled operací	8
2. Výroba a tepelné zpracování forem	9
2.1. Konstrukční příprava	10
2.2. Výroba forem / v Nářadí/	10
2.3. Novodobé způsoby výroby forem	12
2.3.1. Elektrojiskrové hloubení	13
2.3.2. Přesné lití	15
2.3.3. Lisování tvarů za studena a tepla	16
2.4. Materiál formy	17
2.5. Tepelné zpracování forem	18
2.5.1. Problémy při kalení	19
2.5.2. Nitridace	20
2.5.3. Moderní způsoby tepelného zpracování	20
2.5.4. Žárové trhlínky	20
3. Problémy slévárny	22
4. Organizace kontroly a její úkoly	23
4.1. Dílenský kontrolor slévárny	23
4.2. Dílenský kontrolor nástrojárny	24
4.3. Třídačky a výchozí kontrola	25
5. Rozměrová přesnost	
5.1. Rozměrové tolerance odlitků	25
5.2. Rozměrové závislosti mezi odlitkem a formou	26
5.2.1. Statistické vyhodnocování /teorie/	27
5.2.2. Vlastní měření a výpočet	30
5.3. Zhodnocení rozměrové přesnosti	66
6. Kvalita odlitku	68
6.1. Povrchové vady	68
6.2. Drsnost povrchu odlitku	70
6.3. Vnitřní vady - porovitost	73
7. Ekonomické zhodnocení metody tlakového lití	77
8. Závěr	85
Seznam použité literatury	86



Wolfen

Leonor 1925

