

strojní a textilní
Vysoká škola: v Liberci Fakulta: strojní
Katedra: materiálů a strojírenské Školní rok: 1983/84
metalurgie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DĚLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Jaroslava H A D A Č E**
obor **strojírenská technologie**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Studie možností optimalizace lisevacího procesu**
linky GZ v závodě LIAZ 04 na základě vyhodnocování
tvrdosti formy

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení s výrobou odlitků v závodě 04 LIAZ n.p. se zvláštním zaměřením na automatickou formovací linku GZ. Shrnutí podkladů v používaných formovacích materiálech a jejich vlastnostech, o požadovaných vlastnostech forem.
2. Příprava a zpracování metodiky komplexního posuzování vlastností formovacích směsí a zhotovené formy pro odlitek bloku motoru na lince GZ (pevnost, prodyšnost, tvrdost, formovatelnost apod.).
3. Provedení soustavných zkoušek vlastností forem se zvláštním zaměřením na tvrdost formy a její vztah k ostatním vlastnostem; návrhy úprav konstrukce tvrdoměru i postupu měření tvrdosti pro využití na lince GZ.
4. Shrnutí a zhodnocení získaných výsledků a zpracování návrhů jejich využití při optimalizaci lisevacího procesu na lince GZ včetně doporučení pro další řešení.

V 57/84 S

Rozsah grafických prací:

tabulky, grafy, schemata

Rozsah průvodní zprávy:

40 - 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

Petržela, L.: Slévárenské formovací látky
Rusín, K.: Disperzní formovací materiály
Rusín, K.: Měření jakosti formovacích hmot
Vyhlídka, J.: Diplomová práce 1983
Články z časopisů
Podklady n.p. LIAZ Liberec

Vedoucí diplomové práce:
konzultant

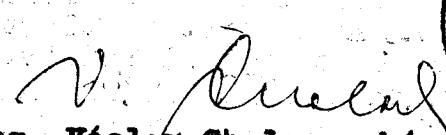
Doc. Ing. Zdeněk Holubec, CSc
Ing. Jan Šlajs (LIAZ Liberec)
Jan Skrbek (LIAZ Liberec)

Datum zadání diplomové práce:

1.9.1983

Termín odevzdání diplomové práce:

25.5.1984


Doc. Ing. Václav Chaloupecký, CSc

Vedoucí katedry




Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc

Děkan

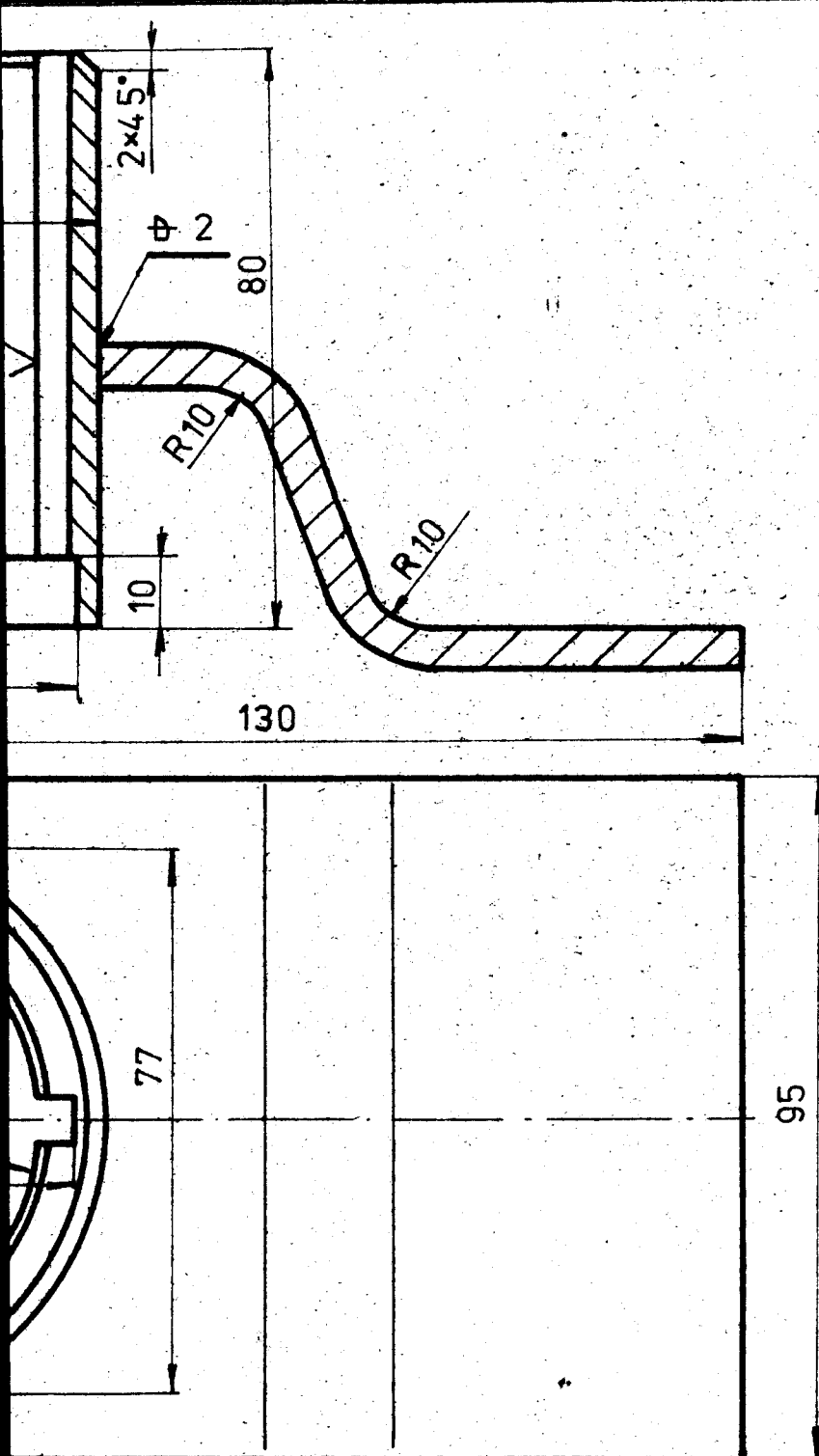
Liberci

28.8.

83

V dne 10

6.3 (0.4)



3	ELEKTRODA	E 42.11 ČSN 05 5022					
1	POUZDRO	TRUBKA Ø 95x20-90 CSN 42 5715	11 373	001	03	05	4
1	ZÁKLADOVÁ DES.	15x6-312 CSN 42 5524	11 373	001	1,1	1,1	3

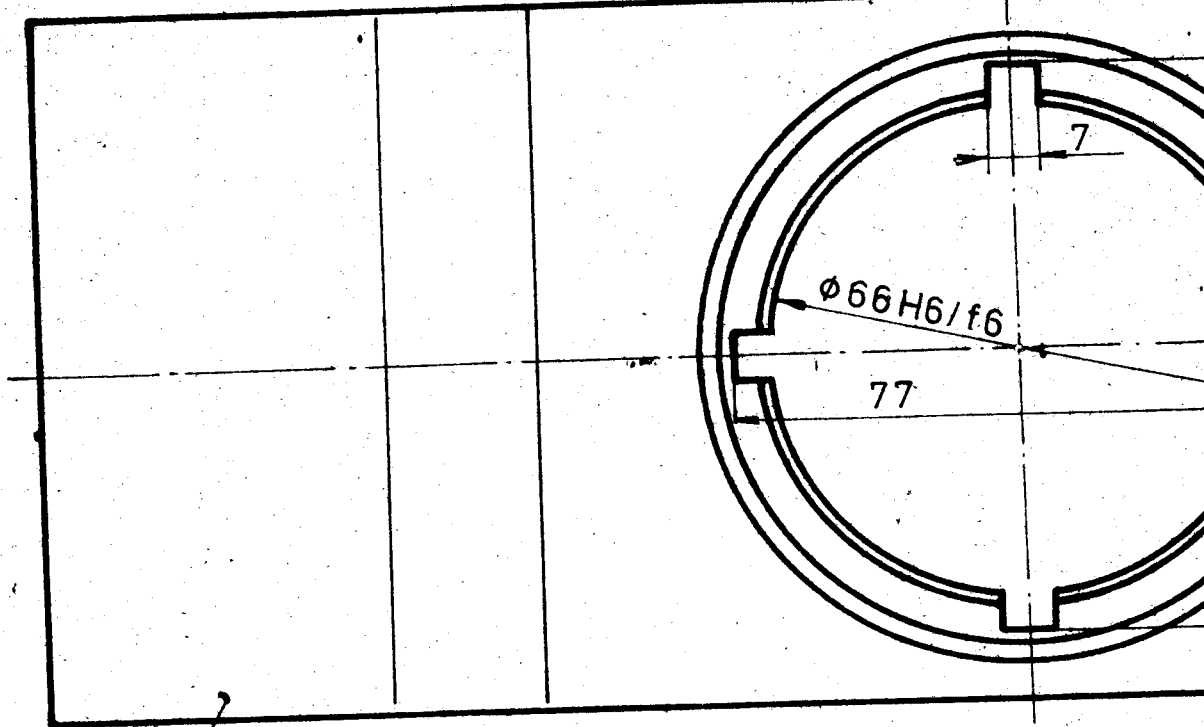
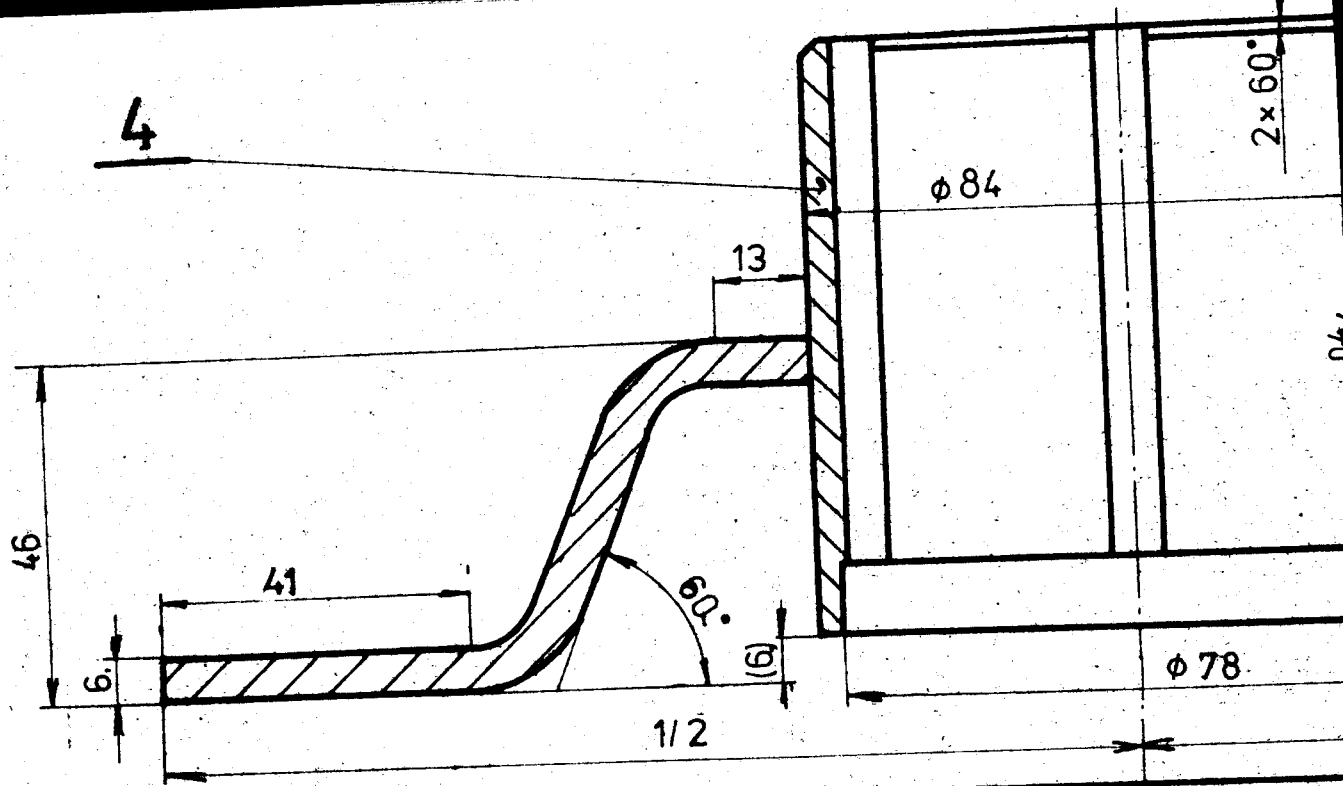
HADAČ J.

1:1

12.11.1983

VODÍČÍ
POUZDRO

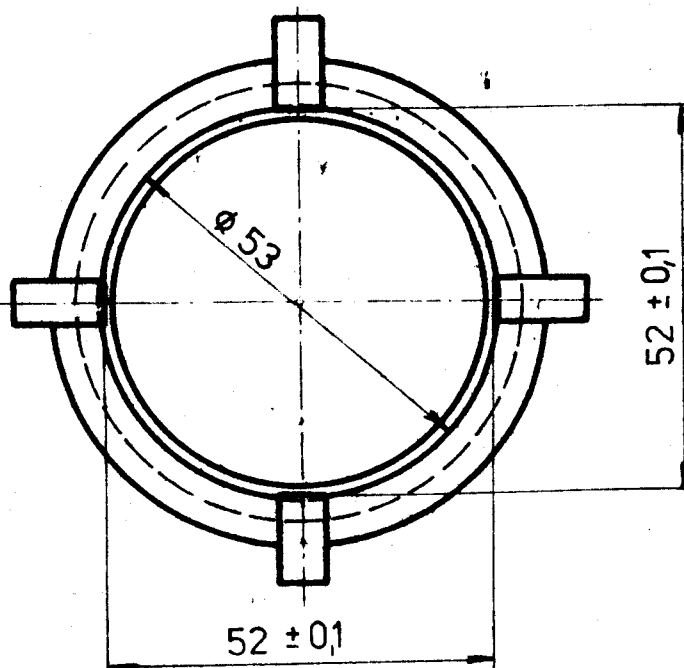
KMM-095-102



3

0,8 / (0,4)

POHLED P



BŘITOVÉ DESTIČKY PÁJET NA TVRDO MOSAZÍ

4	BŘITOVÁ DESTIČKA K 15 ČSN	22 0815			0,06	0,04		8
1	TĚLESO VRTÁKU	TRUBKA 670-10-110 ČSN 42 5715	11500		0,01	0,2	0,4	1

HADAČ J

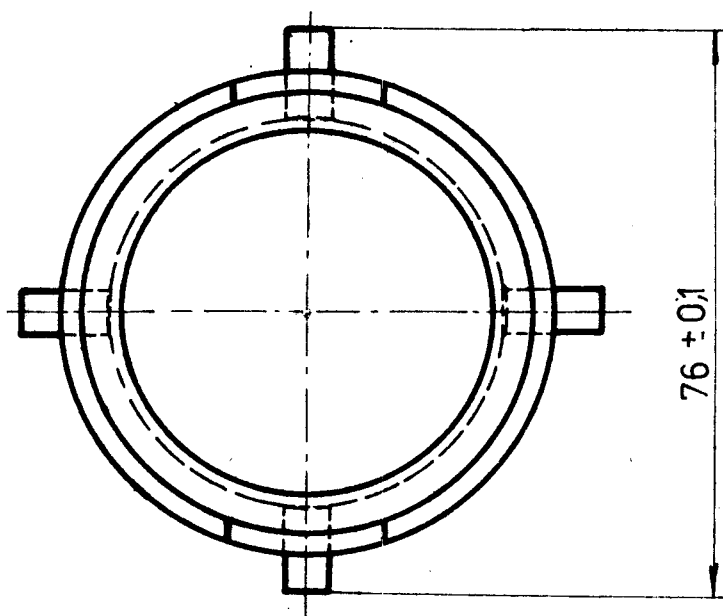
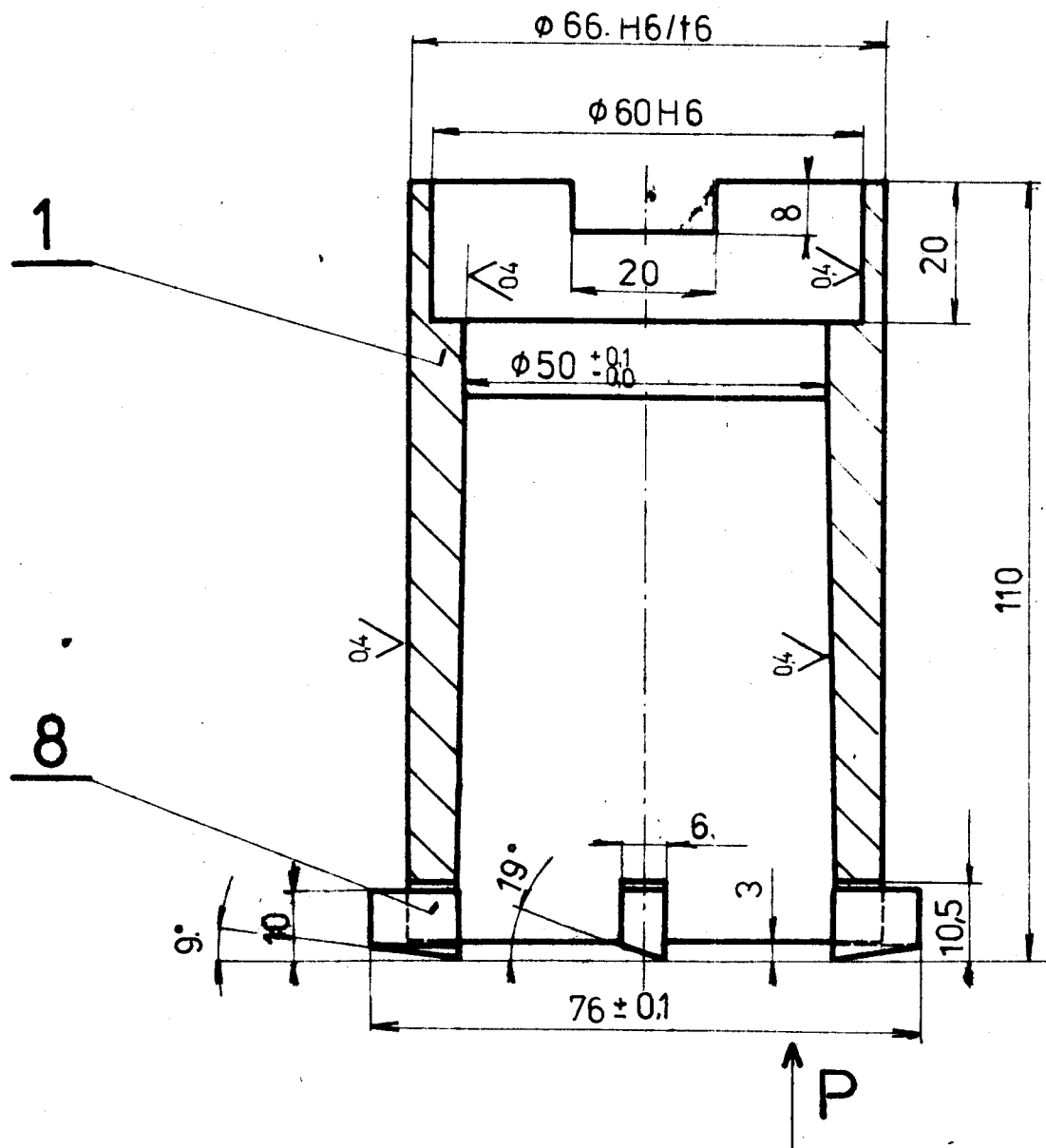
1:1

12.11.1983

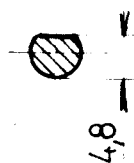
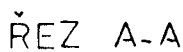
VŠST

KORUNOVÝ
VRTÁK

KMM-095- 101



10 RYSEK PO 1mm



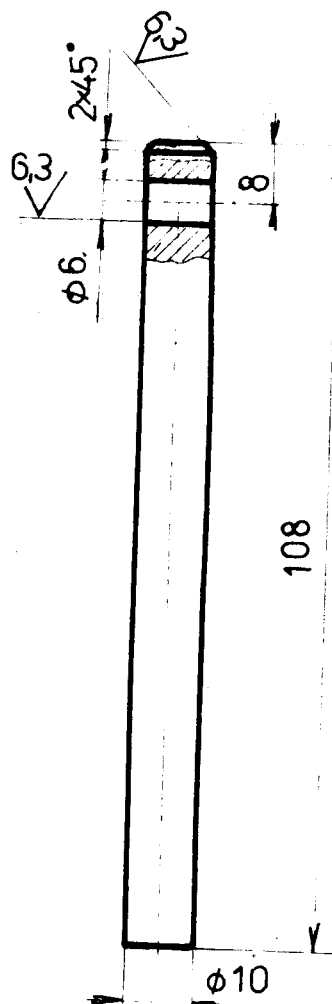
4

1:1

MĚŘÍCI
TYČ

KMM-095-304

~ ($\sqrt[6.3]{}$)



KRUH. TYČ $\phi 10 \times 110$ ČSN 42 5510

11373

001 0,1 0,1

5

HADAČ J.

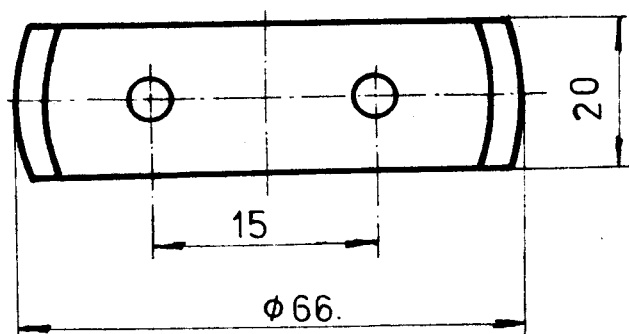
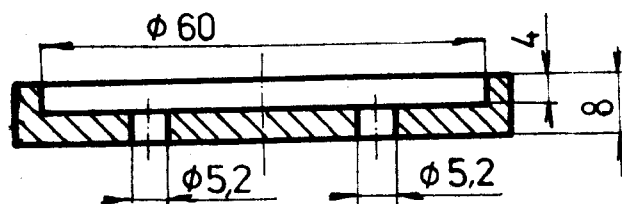
1:1

1.11.1983

VRATIDLO

KMM-095 - 103

3,2



KRUH.TYČ $\phi 70 \times 12$ ČSN 42 5510	11 373	001 005	009	7
--	--------	---------	-----	---

1:1

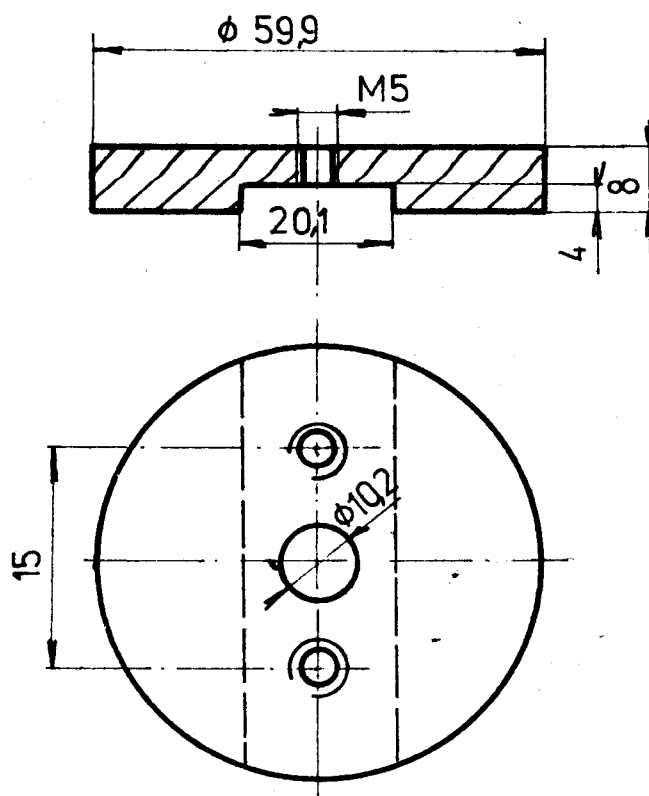
HADAČ J

1.11. 1983

PŘÍČNÍK

KMM-095-105

3,2



KRUH TYČ $\phi 65 \times 15$ ČSN 42 5510

001 0,09 0,10

6

HADAČ J

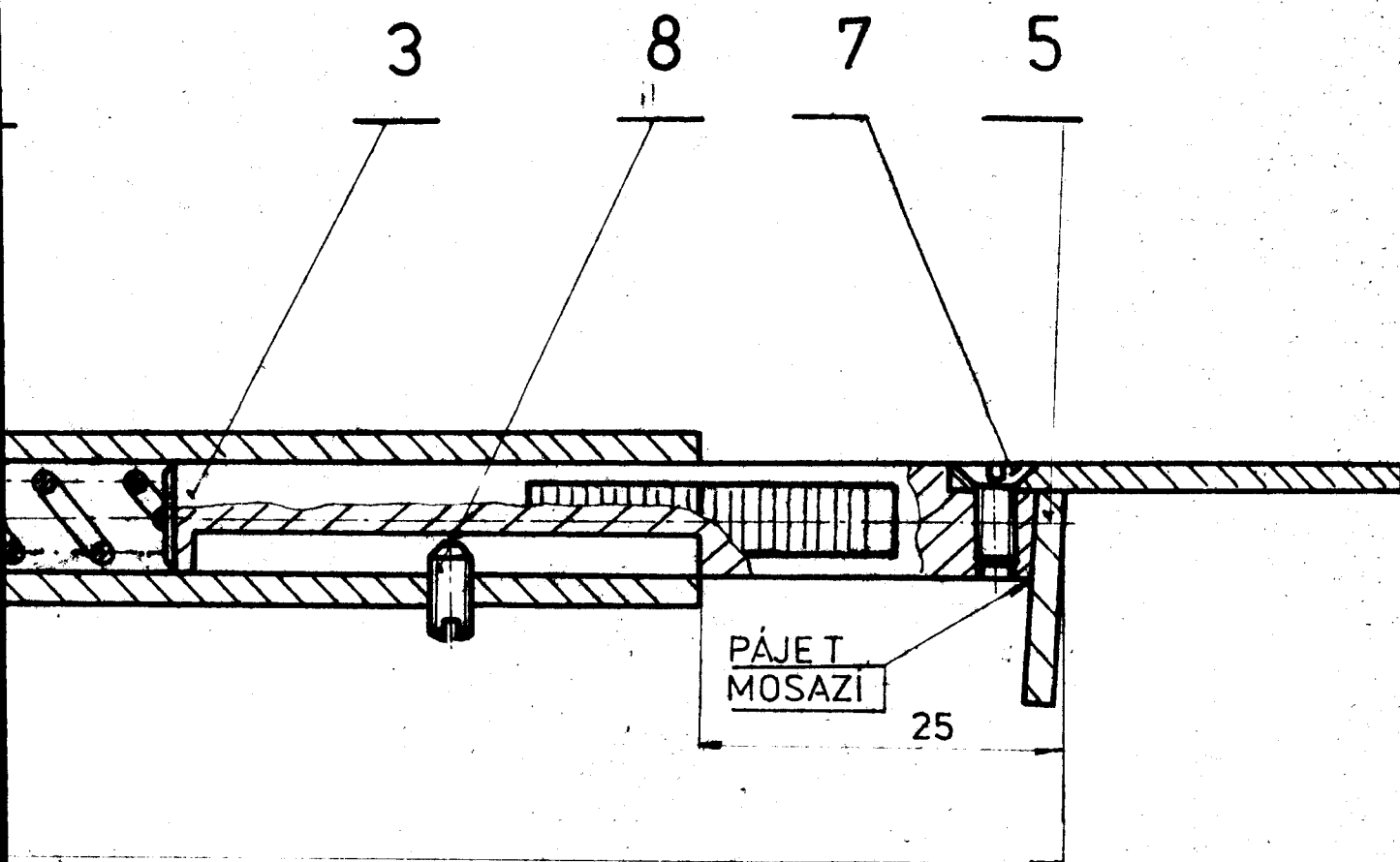
1:1

1.11.1983

V

STŘEDÍČÍ
VÁLEČEK

KMM-095- 106



1	ŠROUB M3-6	ČSN02 1185							8
2	ŠROUB M3-5	ČSN02 1151							7
1	PODLOŽKA	Ø10-2 ČSN42 5510	11 373.1	001	0,004	0,004	KMM095207		9
1	PRUŽINA	DRÁT Ø 1 ČSN42 6450	12 020				KMM095208		6
2	OPĚRKA	PLECH 2 ČSN42 5301	11 373.1		0,04	0,04	KMM095205		5
2	OPĚRKA	PLECH 2 ČSN42 7305	42 4250		0,05	0,05	KMM095204		4
1	POSUVNÝ DOTEK	Ø10 - 65 ČSN42 5510	11 373	001	0,10	0,15	KMM095203		3
1	PEVNÝ DOTEK	Ø10 - 35 ČSN42 5510	11 373	001	0,10	0,15	KMM095202		2
1	TĚLESO ODPICHU	Ø12-1153 ČSN42 7510	42 4250		0,30	0,40	KMM095201		1

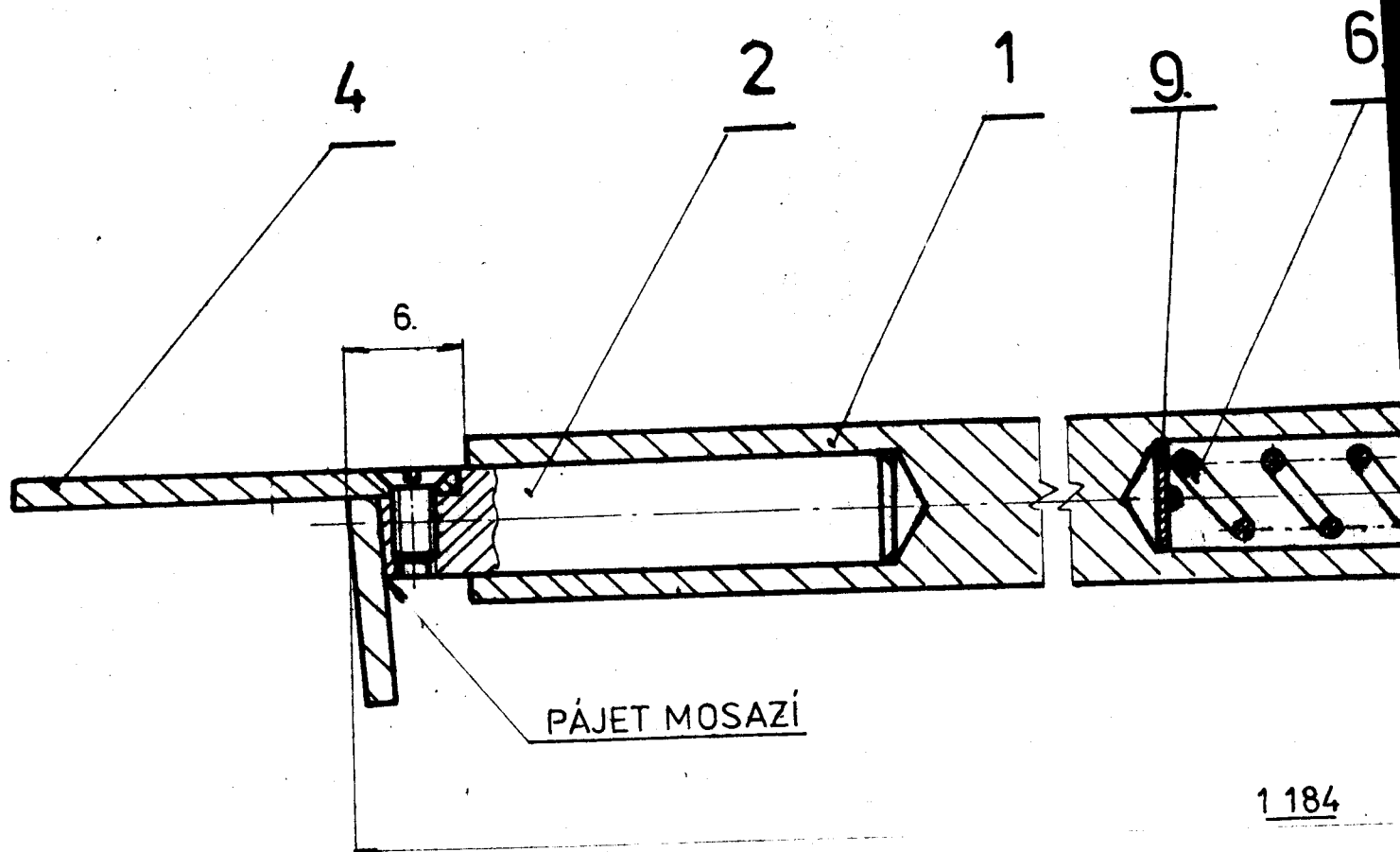
HADAČ J

2:1

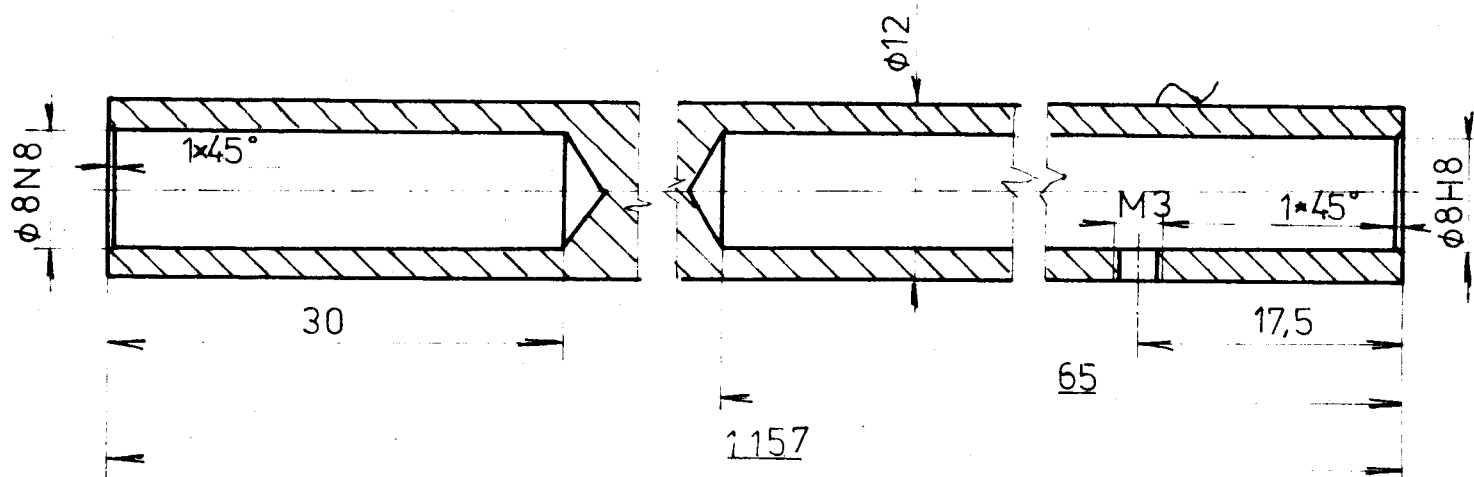
12.2. 1984

ODPICOVÉ
MĚŘIDLO

KMM-095-200



32
√ (≈)



$\phi 12 - 1163$

ČSN42 7510

42 4250

0,3 0,4

1

HADAČ J.

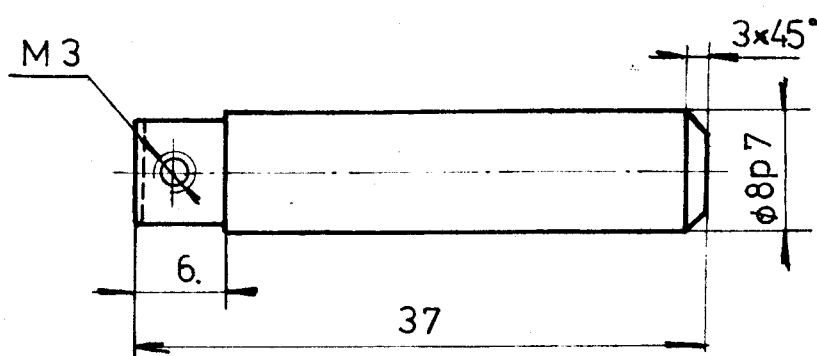
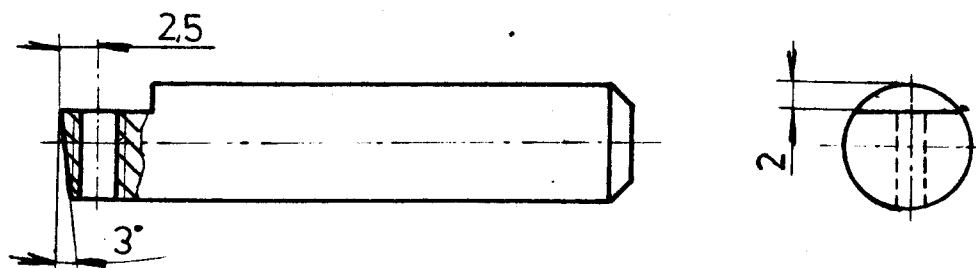
2:1

12.2.1984

TĚLESO
ODPICHU

KMM-095-201

32



$\phi 10 \pm 40$

ČSN 42 5510

11 373.1 001 0,10 0,15

2

HADAČ J.

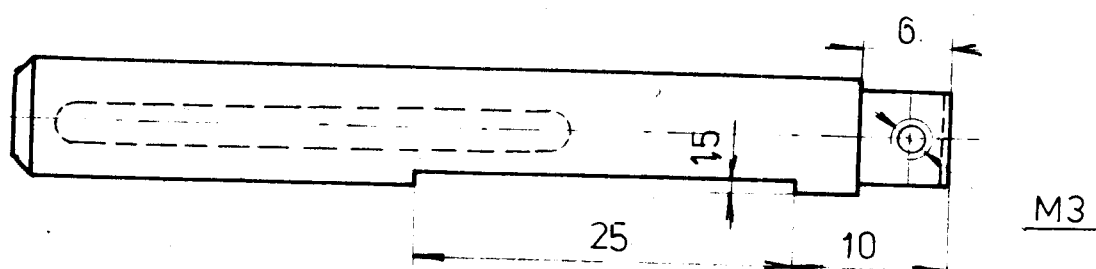
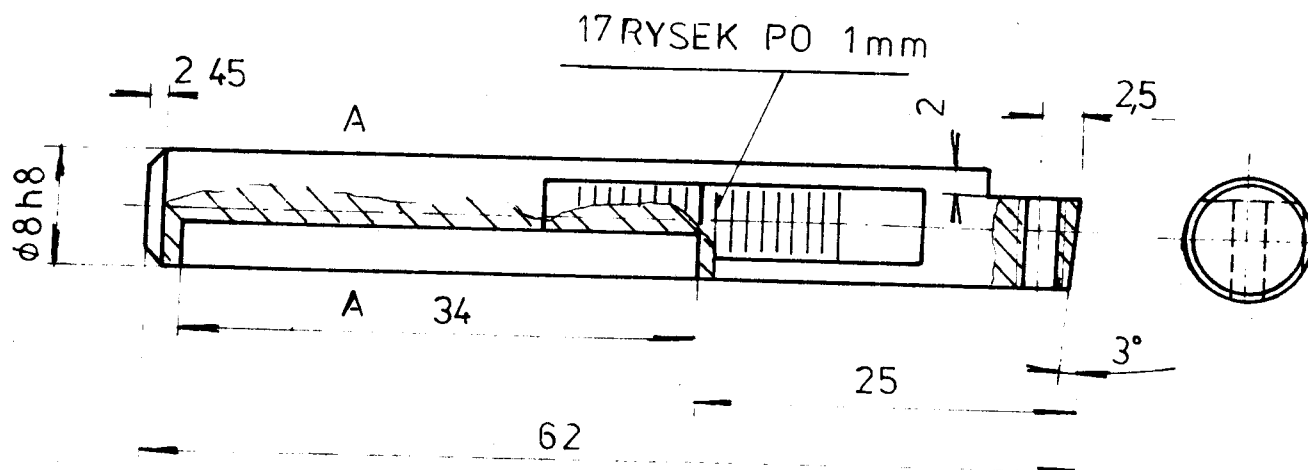
2:1

12 2 1984

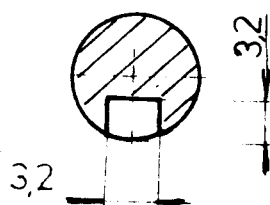
PEVNÝ
DOTEK

KMM-095-202

3,2



ŘEZ A-A



Ø 10-65

ČSN 42 5510

11 373 1 001 0,10 0,15

3

HADAČ J

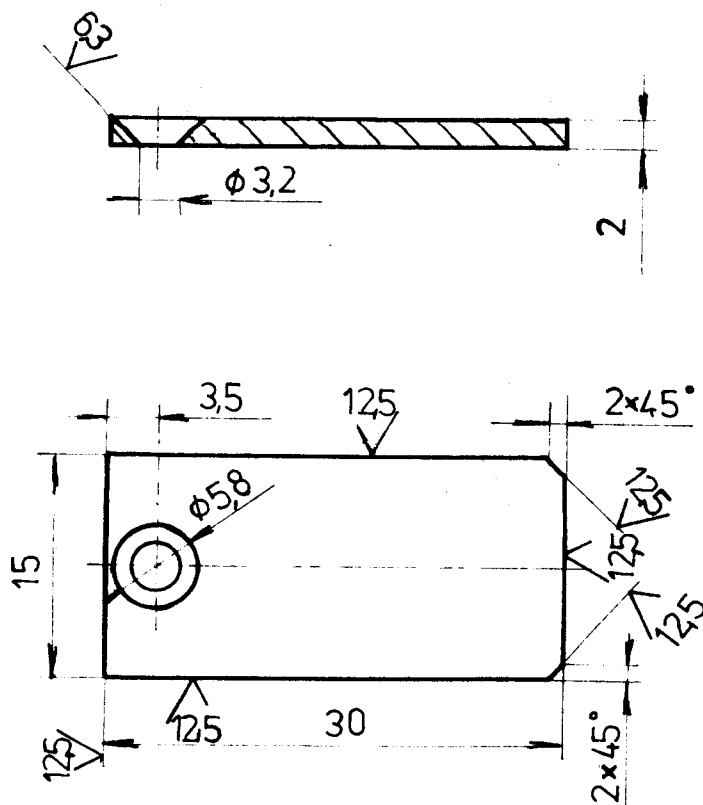
2:1

12.2.1983

POSUVNÝ
DOTEK

KMM-095 - 203

~ (125, 63)



PLECH 2

ČSN 42 7305 42 4250

0,05 0,05

4

HADAČ J.

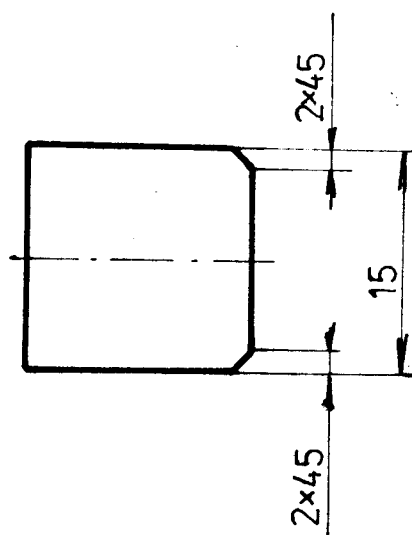
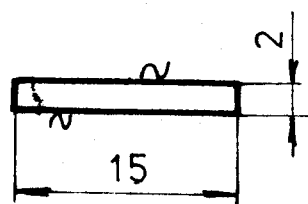
2:1

12.2.1984

OPĚRKA

KMM-095- 204

125
✓ (m)



PLECH 2	ČSN42 5301	11 373.1	001 004	004	5
---------	------------	----------	---------	-----	---

HADAČ J

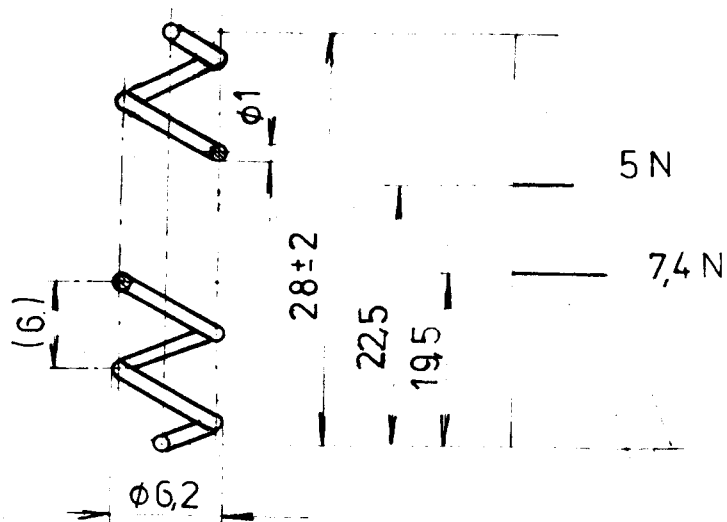
2:1

12.2.1984

OPĚRKA

KMM-095-205

POČET ČINNÝCH ZÁVITŮ	6
CELKOVÝ POČET ZÁVITŮ	6
SMYSL VINUTÍ	PRAVÝ
PRŮMĚR VODÍČÍHO ČEP	
PRŮMĚR KONTROL TRNU	
ROZVINUTÁ DÉLKA PRUŽINY	118



DRÁT $\phi 1$ 120 ČSN 42 6450

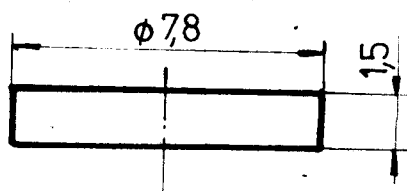
HADAČ J.

2:1

12.2.1984

PRUŽINA

KMM-095-206

 $\phi 10 - 3$

ČSN 42 5510

11373 .1 001.0004.0004

9.

HADAČ J.

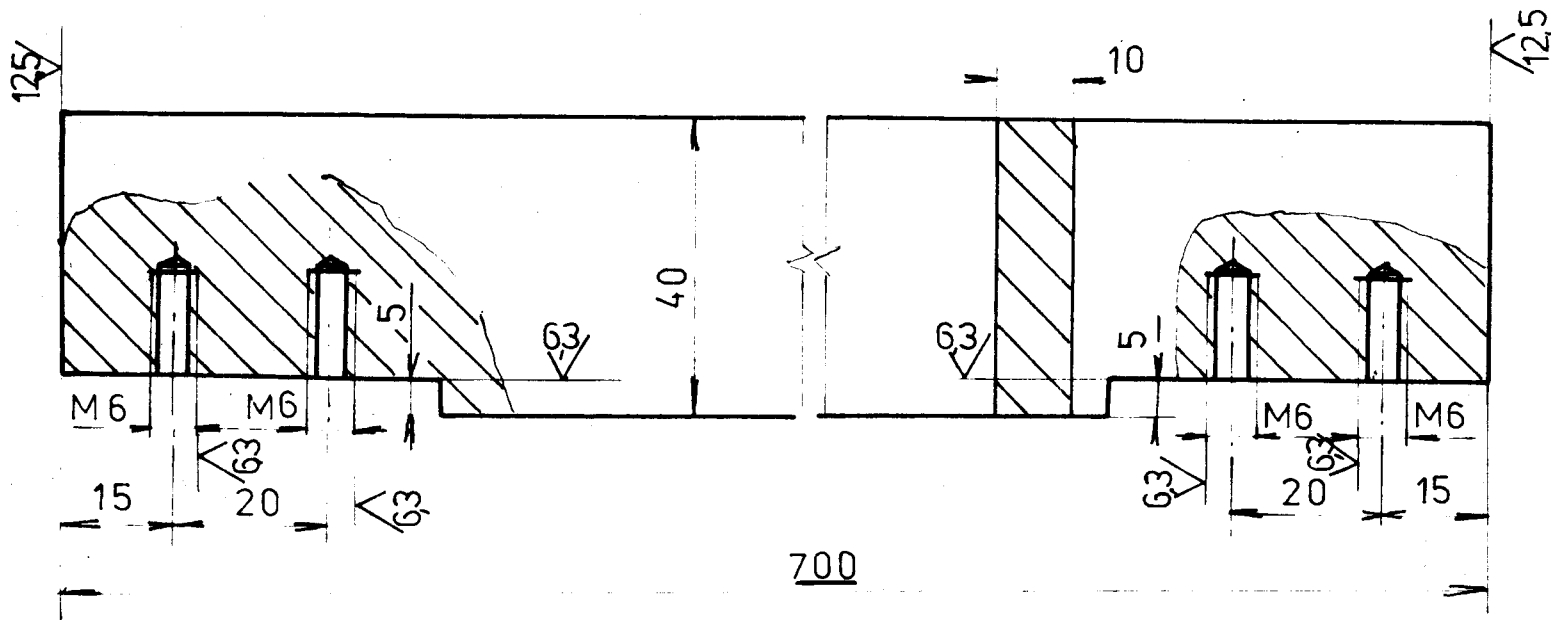
5:1

12.2.1984

PODLOŽKA

KMM-095 - 207

~ (125, 63)



10 x 40 - 705 ČSN 42 7524

42 4250

04 05

1

HADAČ J

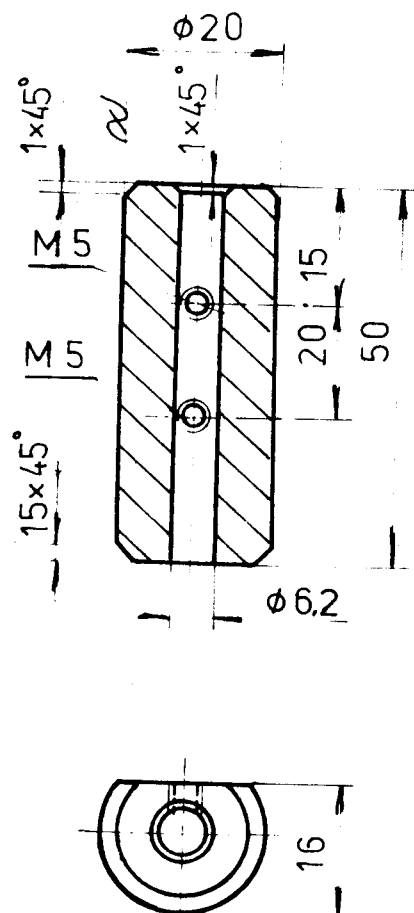
1:1

12. 2. 1984

NOSNÍK

KMM-095-301

6,3 / (x)



φ20 - 55

ČSN42 7510

42 4250

0,15 0,20

2

HADAČ J.

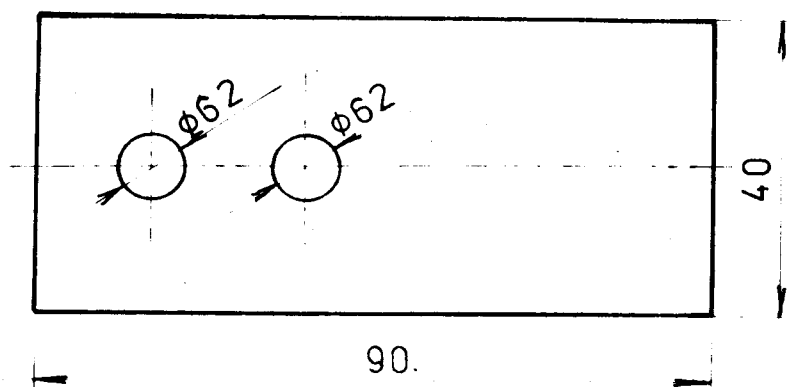
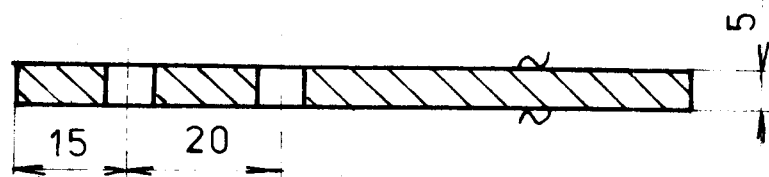
1:1

12.2 1984

POUZDRO

KMM-095 - 302

6.3 (n)



5 x 40-95

ČSN 42 7524

42 4250

0.07 0.07

3

HADAČ J.

12.2.1984

1:1

OPĚRKA

KMM-095-303

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

obor 23 - 07 - 8
strojírenská technologie
Katedře materiálů a strojírenské metalurgie

STUDIE MOŽNOSTÍ OPTIMALIZACE LISOVACÍHO PRO-
CESU LINKY GZ V ZÁVODĚ 04 NA ZÁKLADĚ VYHODNO-
COVÁNÍ TVRDOSTI FORMY

KMM - 095
Jaroslav H A D A Č

Vedoucí diplomové práce : Doc. Ing. Zdeněk Holubec, CSc
Konzultant : Skrbek /LIAZ Liberec/

Rozsah práce a příloh :

Počet stran : 102
Počet tabulek : 25
Počet obrázků : 11
Počet příloh : 40
Počet výkresů : 21

25. května 1984

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou
práci vypracoval samostatně s použitím uvede-
né literatury.


Jaroslav H A D A Č

V Liberci dne 25. května 1984

O B S A H

	strana
1. ÚVOD	4
2. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	8
3. CHARAKTERISTIKA VÝROBY ODLITKU BLOKŮ VÁLCŮ VE SLEVÁRNĚ N.P. LIAZ LIBEREC	11

T E O R E T I C K Á Č Á S T

4. ROZBOR JEDNOTLIVÝCH VLVŮ NA JAKOST FORMY A ROZMĚROVOU PŘESNOST ODLITKU	12
4.1. Materiálové podmínky výroby forem	
4.1.1. Důležité vlastnosti formovacích směsí při jednotlivých fázích výro- by odlitků	14
4.1.2. Vliv zrnitosti a jejího rozdělení na vlastnosti formovací směsi	14
4.1.3. Vliv reologických vlastností pojiv na vlastnosti formovacích směsí	17
4.1.3.1. Thixotropní vlastnosti jílových pojiv	18
4.1.3.2. Plastická a pružná přetvoření při pěchování	18
4.1.4 Pojící schopnost systému ostřívo - jíl - voda	22
4.1.5. Vliv odpadů z jádrových směsí na vlastnosti jednotné vratné formo- vací směsi	23
4.1.6. Vliv přísad na jakost povrchu odli- tku, rozměrovou přesnost slévárenské formy a vlastnosti formovací směsi	24
4.1.7. Vliv teploty na vlastnosti upravených formovacích směsí	27
4.1.8. Vlastnosti jílových směsí za syrova	27
4.1.8.1. Vaznost jílových směsí	28
4.1.8.2. Prodyšnost jílových směsí	29
4.1.9. Vlastnosti jílových směsí při zpra- cování	

4.1.9.1. Zpěchovatelnost směsí	30
4.1.9.2. Tekutost	30
4.1.10. Hloubková a povrchová tvrdost slévárenské formy	31
4.1.11. Změny vlhkosti a tepelně dilatační pnutí při odlévání do bentonitových forem	32
4.1.12. Smršťování jílových pojiv	33
4.1.13. Změny jakosti jílových směsí po jejich oběhu výrobním procesem	34
4.2. Charakteristika jednotné formovací směsi	34
4.2.1. Složení jednotné formovací směsi pro formovací linku GZ ve slévárně LIAZ Liberec	37
4.2.2. Vlastnosti jednotné formovací směsi ve slévárně LIAZ Liberec	37
4.3. Technologické podmínky výroby forem	38
4.3.1. Výroba forem vyššími měrnými tlaky	38
4.3.2. Střásání	39
4.3.3. Lisování	40
4.3.4. Střásání s dolisováním	42
5. MOŽNOST OPTIMALIZACE LISOVACÍHO PROCESU NA ZÁKLA- DĚ MĚŘENÍ POVRCHOVÉ TVRDOSTI FORMY	42
6. STANOVENÍ MINIMÁLNÍ TVRDOSTI	46
E X P E R I M E N T Á L N Í Č Á S T	
7.1. Vytyčení úkolů pro měření povrchové tvrdosti v provozních podmínkách	49
7.2. Hodnocení současného stavu kontroly jakosti formy ve slévárně n.p. LIAZ Liberec	50
7.2.1. Rozbor naměřených technologických ho- dností za druhé pololetí 1983 v pískové laboratoři slévárny LIAZ Liberec	51
7.3. Hodnocení skutečných vlastností slévárenské formy	58

7.3.1. Konstrukce přípravku na odběr vzorků ze slévárenské formy	59
7.4. Měření povrchové tvrdosti v provozních podmínkách	60
7.4.1. Úprava tvrdoměru a konstrukce délkových měřidel	60
7.4.2. Ověření proměnlivosti povrchové tvrdosti formy v dělicí rovině	61
7.4.3. Provozní měření povrchové tvrdosti	66
7.4.4. Diskuze naměřených výsledků	87
7.4.4.1. Hodnocení naměřených hodnot z hlediska jejich účinku na povrchovou tvrdost	87
7.4.4.2. Hodnocení naměřených hodnot z hlediska jejich vlivu na rozměrovou přesnost odlitku	89
8. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	93
9. POUŽITÁ LITERATURA	96
10. SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ	98

1. Úvod

Charakterem současné epochy je boj dvou protikladných společenských soustav - socialismu a kapitalismu. V období, kdy Světová socialistická soustava se stala hlavní hybnou silou, kdy kapitalismus se dostal do všeobecné krize celé společnosti, kdy reakční kruhy v Západních zemích a zejména v USA neustále ohrožují světový mír, zvyšují kolo horečného zbrojení, ohrožují samou existenci lidstva, je velmi důležitá ekonomická a z ní vyplývající politická a vojenská síla Světové socialistické soustavy v čele se Sovětským svazem.

Naše socialistická společnost si je toho plně vědoma, což potvrzuje každodenní obětavá práce strany a lidu při budování rozvinuté socialistické společnosti. Aby bylo možné čelit stále ostřejším mezinárodně ekonomickým vztahům, vyvolanými krizovými jevy v ekonomice kapitalistických zemích, trvajícím vývozním diskriminacím kapitalistických států vůči socialistickým zemím, byly na XV. sjezdu KSČ přijaty náročné cíle pro československou ekonomiku. Bylo stanoveno, že v 7. pětiletém plánu má dojít k nárůstu národního důchodu o 14 - 16 %, přičemž průmyslová výroba se má za období 7. pětiletého plánu zvýšit o 18 - 20 %. Základním článkem rozvoje národního hospodářství zůstává strojírenství a elektrotechnika. Strojírenství má za úkol v období 7. pětiletého plánu zvýšit svoji výrobu o 33 - 35 %.

Slévárenství se svými výrobky značnou měrou podílí na strojírenské produkci, uvážíme-li, že odlitky tvoří stále asi 25% celkové hmotnosti strojů

Vědeckotechnická revoluce přinesla do našeho slévárenství velko-seriovou výrobu, specializaci sléváren, prvky automatizace, snížení namáhavé práce slévačů, zlepšení pracovního prostředí, zvyšování kvantity a kvality produkce. Přesto před vědeckotechnickým rozvojem ve slévárenství a v celém našem národním hospodářství stojí velké úkoly při intenzifikaci a zvyšování efektivnosti ekonomiky, jak vyplývá z 8. zasedání ÚV KSČ. Jde především o vysoké zhodnocování všech surovinových a materiálových zdrojů, zejména kovů, zajištění energeticky méně náročného rozvoje ekonomiky, rozvoj komplexní mechanizace a automatizace s využitím mikroelektroniky, rozvoj průmyslových robotů a manipulátorů a jejich široké uplatnění. Ve slévárenství půjde především o snižování hmotnosti odlitků a zvyšování jejich kvality při snížení energetické náročnosti při jejich výrobě. Cesta k řešení se nabízí v stanovení optimálních vlastností formovacích směsí v závislosti na technologickém zpracování, jejichž výsledkem by měl být rozměrově přesnější a povrchově kvalitnější odlitek.

Cílem této práce je studie možností optimalizace lisovacího procesu linky GZ pro odlitek bloku válců ve slévárně n.p. LIAZ Jablonec nad Nisou závod 04 LIAZ Liberec na základě měření povrchové tvrdosti formy. Úkolem je stanovit vztahy mezi základními měřenými technologickými vlastnostmi jednotné formovací směsi a povrchovou tvrdostí formy, což by mělo přispět k optimalizaci vlastností jednotné syntetické formovací směsi používané při výrobě forem bloku válců na formovací lince GZ a tím zvýšit rozměrovou a povrchovou kvalitu odlitku.

Problematika vzájemných vlastností formy je velmi rozsáhlá. I

přes tuto skutečnost jsem přesvědčen, že dílčí závěry diplomové práce budou pro výrobu přiměřeně využity, případně, že budou podkladem pro další prohlubující studie prováděné v n.p. LIAZ.

2. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

HF	- Fischerovy jednotky tvrdosti odečítané přímo na tvrdoměru
HB 25	- tvrdost podle Brinella při průměru vnikací kuličky 25 mm
GZ	- zkratka pro firmu Gustav Zimmermann z NSR
poz.	- pozice výkresu
z [mm]	- zdvih stráscacího stolu
W [J]	- energie
m [kg]	- hmotnost
v [m.s ⁻¹]	- rychlost
n	- počet rázů stráscacího stroje
A [J]	- práce
g [m.s ⁻²]	- gravitační zrychlení
[kg.m ⁻³]	- měrná objemová hmotnost
S [mm ²]	- velikost povrchu vtisku
F [N]	- zatěžující síla tvrdoměru
D [mm]	- průměr vnikací kuličky
h	- hloubka vtisku vyjádřeného v milimetrech nebo počtem dílků
d [mm]	- průměr vtisku
k [kg.mm ⁻¹]	- konstanta přístroje
$\bar{x}$	- střední hodnota
x_i	- náhodná veličina

m	- počet jevů příznivých
n	- celkový počet jevů
P	- pravděpodobnost
V	- variační koeficient
$\mathcal{H}$	- střední pravděpodobná chyba jednoho měření
σ	- směrodatná odchylka
σ_d	- napětí v tlaku
$\sigma(x)$	- střední chyba jednotlivých měření
$\sigma(\bar{x})$	- střední chyba aritmetického průměru
$f(x)$	- hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení
Φ_u	- distribuční funkce normálního normovaného rozdělení
$F(x)$	- distribuční funkce normálního rozdělení
M	- číslo zrnitosti dle AFS
D [n.j.p.]	- prodyšnost
p_d [Pa]	- dynamické tlakové namáhání
$p_{met.}$ [Pa]	- metalostatický tlak kovu

3. CHARAKTERISTIKA VÝROBY ODLITKU BLOKU VÁLCU VE SLÉVÁRNĚ n.p. LIAZ LIBEREC

Národní podnik LIAZ Jablonec nad Nisou je výrobcem nákladních silničních a užitkových vozidel s užitečnou hmotností nad 5 000kg. V konstrukci vozidel je použito celé řady dílů vyráběných technologií slévání. Výrobcem většiny odlitků používaných na vozidlech ŠKODA - LIAZ je závod 04 LIAZ Liberec. Vyrábí se zde blok válců motoru typu M 634 a Š 706, hlava válců, víka ložisek klikového hřídele, brzdové bubny, setrvačníky motoru a další drobné díly, z nichž některé jsou předmětem kooperace s jinými národními podniky. Hmotnost jednotlivých surových odlitků a jejich roční produkce je uvedena v tabulce č.1, kde je uvedena i hmotnost vtokové soustavy :

Druh odlitku	Hmotnost odlitku [kg]	Roční produkce [ks/rok]	Roční produkce [t/rok]
blok válců typ M 634	300,0	30 000	9 000
blok válců typ Š 706	330,0	4 000	1 320
hlava válců	40,0	75 000	3 000
víko ložiska	5,5	75 000	412
hmotnost vtokové soustavy	115,0		

Tabulka č. 1

Hmotnost surových odlitků včetně jejich roční produkce

Nosným programem tohoto závodu tvoří blok válců, posuzováno nejen podle hmotnosti a počtu vyráběných kusů, ale i podle složitosti tvaru a odtud vyplývajících nároků na technologii výroby.

Materiálem odlitku bloku válců motoru je šedá litina ČSN 42 2420.

Formy odlitku bloku válců jsou vyráběny z jednotné syntetické formovací směsi, kde je jako pojivo využíván natrifikovaný bentonit uváděný pod obchodním názvem Sabenil 450. Formovací směsi jsou připravovány v kolových mísičích typu MK - 3 a MKY - 710. Nosnou částí směsi, ostřivem, je křemenný písek Š - 27 z lokality Šajdíkovy Humence.

Modelové zařízení je vyrobeno z litiny a skládá se z modelu vršku a modelu spodku formy. Životnost modelového zařízení je stanoveno na 430 000 kusů forem. Vlastní forma je rovněž složena ze dvou částí, vršku a spodku, vzájemně oddělených horizontální dělicí rovinou.

Ve formovně je instalována universální automatická formovací linka od firmy Gustav Zimmermann z NSR. Formování se provádí do formovacích rámců o rozměrech 1 420 x 1 100 x 400/400 střásáním a dolisováním vysokými měrnými tlaky. Lisovací hlava je dělená na jednotlivé elementy. Tlaky jsou nastavitelné a blíže o nich bude pojednáno v dalším textu. Na jeden formovací rám se spotřebuje cca 2 000 kg jednotné formovací směsi.

Do spodku formy se zakládá 26 kusů jader o celkové hmotnosti u typu M 634 279,5 kg a u bloku válců typu Š 706 je hmotnost jader 329 kg. Jaderné směsi jsou připravovány na kolových mísičích typu

MK - 1 a MK - 2. Jádra jsou vyráběna metodou HB na vstřelovacích strojích typu Hottinger, K - 640, Röper a AVS - 16 z CT směsi, obalované směsi při využití metody Croning a pryskyřičné směsi Corephenit HBZ při použití metody Hot - Box.

Vlastní lití se provádí pomocí bubnové pánve ON 04 5547 o jmenovitém obsahu 1 000 kg, která je zavěšena na mostovém jeřábu. Teplota odlévání litiny se pohybuje v rozmezí 1 280 až 1 310°C. Licí doba je 26 až 29 sekund podle teploty odlévaného kovu. Výkon kuploven nestačí již výkonu formovny a formovací linky, čímž vznikají značné prostoje. Řešením problému má být velkokapacitní indukční předpecí.

Žihání odlitku bloku válců k odstranění pnutí probíhá přímo ve formě řízeným ochlazováním odlitku po dobu minimálně 160 minut. Tím odpadá další nutný ohřev a je dosahováno značných energetických úspor využitím energie akumulované v odlitku.

Vytłoukání odlitků z formy je automatické na vytłáčecím zařízení, které ke své činnosti využívá kmitů o rozdílných frekvencích a amplitudách. Odlitek je vytłoukán vlastní hmotností a současně dopravován k výstupu linky, kde se odstraňuje vtoková soustava. Další čištění se provádí na karuselové tryskací lince.

Ve vlastním objektu slévárny je umístěna obrobna bloku válců a brzdových bubnů, kam odlitky přicházejí po apretaci a kontrole slévárenských vad a rozměrů.

TEORETICKÁ ČÁST

4. Rozbor jednotlivých vlivů na jakost formy a rozměrovou přesnost odlitku

Při hodnocení vlastností slévárenské formy z hlediska získání přesného a kvalitního odlitku, je nutné se zabývat všemi aspekty jejího výrobního cyklu. Obecně lze konstatovat, že výsledné vlastnosti slévárenské formy jsou závislé jednak na materiálových a jednak na technologických podmínkách výroby formy. Do materiálových podmínek obvykle zahrnujeme :

- a/ mineralogické složení formovací směsi,
- b/ fyzikální vlastnosti formovací směsi,
- c/ chemické vlastnosti formovací směsi,
- d/ technologické vlastnosti formovací směsi,
- e/ fyzikálně chemické reakce mezi taveninou a slévárenskou formou.

Technologickými podmínkami výroby forem máme namysli :

- a/ použitý způsob zhutňování formovací směsi,
- b/ velikost vnějších sil použitých pro zhutnění formovací směsi,
- c/ způsob a rovnoměrnost plnění formovacího rámu formovací směsí,
- d/ tuhost modelového zařízení a formovacího rámu.

Ze zadání diplomové práce vyplývá úkol sledovat závislost výše jmenovaných vlastností na rozměrovou přesnost dutiny formy a jakost odlitku, včetně posouzení vlivu těchto vlastností na povrchovou tvrdost formy, z čehož by měl vyplynout závěr zda na základě měření tvrdosti je možné stanovit optimální podmínky pro lisování.

4.1. Materiálové podmínky výroby forem

4.1.1. Důležité vlastnosti formovacích směsí při jednotlivých fázích výroby odlitků

Vhodnost formovacích látek k výrobě forem a jader je podmíněna řadou vlastností. Každá operace při formování a dalším zpracování klade určité požadavky na formovací látky, a proto je musíme těmto požadavkům přispůsobovat. Souhrn těchto vlastností lze rozdělit do čtyř základních skupin /1/:

- 1/ Vlastnosti důležité pro formování:
 - a/ tekutost,
 - b/ spěchovatelnost,
 - c/ formovatelnost,
 - d/ lepivost.
- 2/ Vlastnosti důležité před odléváním kovu:
 - a/ mechanická pevnost forem a jader,
 - b/ tvrdost forem,
 - c/ otěr a drobivost forem,
 - d/ navlhlost forem,
 - e/ rozměrová přesnost forem.
- 3/ Vlastnosti důležité v průběhu odlévání kovu:
 - a/ prodyšnost forem,
 - b/ plynatost,
 - c/ objemové změny směsi při lití,
 - d/ odolnost proti deformacím při lití,
 - e/ průměrná pórovitost,
 - f/ odolnost proti erozi,
 - g/ zhroutivost.

4/ Vlastnosti po odlití:

- a/ rozpadavost,
- b/ odolnost proti pronikání kovu do pórů formy nebo jádra,
- c/ odolnost proti porušení formy nebo jádra chemickým působením kovu nebo jeho kyslíčnicků,
- d/ tepelná odolnost proti pronikání kovu do pórů formy nebo jádra.

Pro kontrolu většiny těchto vlastností nemáme dosud vhodné zkušební metody a nedovedeme je ani přesně definovat. Z uvedeného přehledu vlastností formovacích látek zdůrazňujeme tyto dvě skutečnosti /3/:

- a/ dnešními zkušebními metodami formovacích látek zjistíme jen malou část předpokladů pro výrobu kvalitních odlitků,
- b/ na všech důležitých vlastnostech formovacích směsí se podílí materiálové a jemnostní vlastnosti jejich složek, t.j. ostřiva a pojiva.

4.1.2. Vliv zrnitosti a jejího rozdělení na vlastnosti formovací směsi.

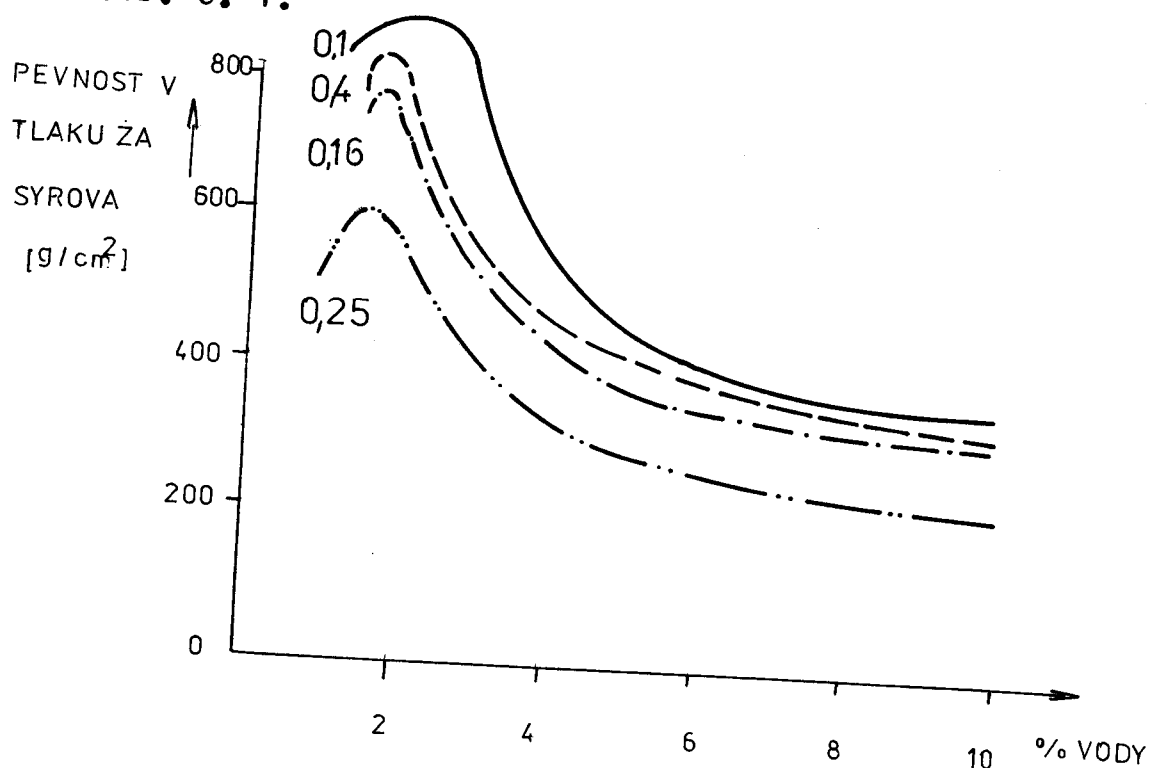
Provozní formovací směsi jsou několika komponentní systémy, jejichž vlastnosti jsou určeny těmito hlavními činiteli: druh ostřiva, druh a množství přísad, druh a množství odpadních produktů, příprava a zpracování směsi a jiné /2/.

Změny zrnitosti mají vliv na všechny technologické vlastnosti formovacích směsí. Je to přirozený důsledek rozdílů:

- a/ povrchu zrn různé velikosti,

- b/ počtu a rozlohy dotykových plošek mezi zrny,
c/ počtu a rozměru pórů v upěchovaném útvaru /3/.

První dvě okolnosti rozhodují o pevnostních vlastnostech za syrova i po vysušení, třetí pak o prodyšnosti a velmi často také o čistotě odlitků. Vliv zrnitosti na pevnostní vlastnosti udává obr. č. 1.



Obr. 1. Vliv velikosti pískových zrn na vaznost za syrova /3/

U hrubších písků je vaznost nižší, protože počet dotyků mezi jednotlivými zrny je malý. U velmi hrubých písků, je vaznost o něco zvýšena vlivem větší tloušťky pojiva na zrnech. Jemné písky mají nejvyšší vaznost, a to zásluhou četných dotykových plošek mezi zrny. Rozdíly vaznosti způsobené změnou zrnitosti jsou celkem malé. Na prodyšnost však má zrnitost značný vliv a tyto

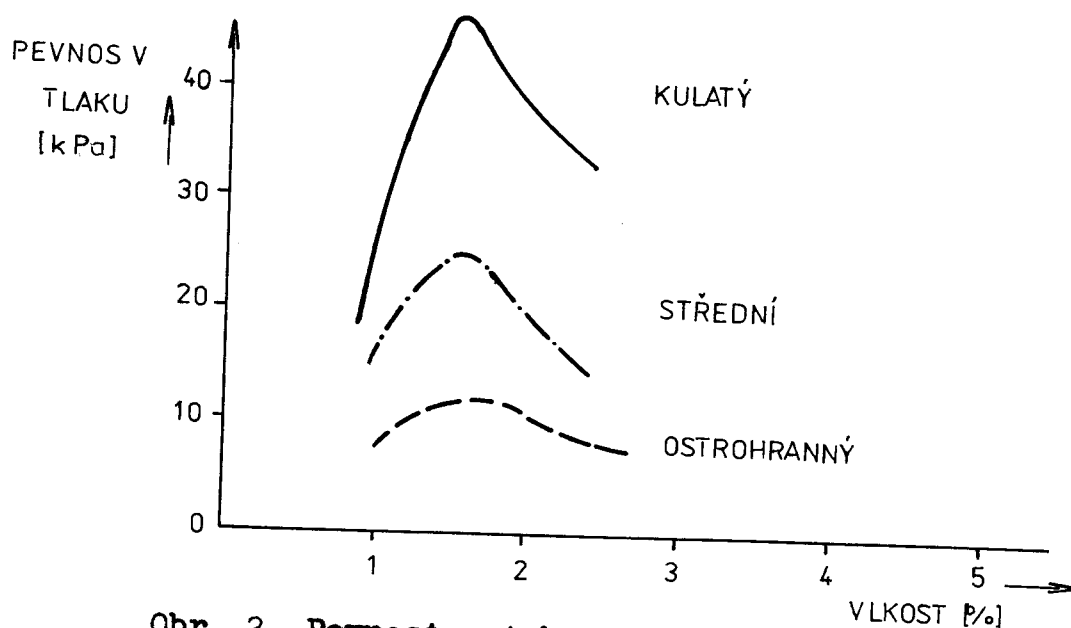
závislosti jsou technologicky důležitější. Prodyšnost prudce klesá se zjemňováním průměrné zrnitosti a při zmenšování čísla stejnoměrnosti. Číselně můžeme vyjádřit vliv jemnostního charakteru ostřiva na prodyšnost přirozených kulatých písků Beigsovým vztahem :

$$D = \left(\frac{714}{M - 16} \right)^2 \cdot 1,6 \quad , \quad (1)$$

kde: D je prodyšnost /vyjádřená v SI n.p.j./,

M je číslo zrnitosti dle AFS.

U hlinitých směsí, zvláště bentonitových, má tvar zrna vliv na zpěchovatelnost směsí. Obecně platí, že ostrohranný písek je hůře zpěchovatelný než písek s kulatými zrny, což má za následek větší prodyšnost formovací směsi. Ostrohranné písky mají však nižší pevnost za syrova i po vysušení. Ostrohranné písky jsou též vhodnější k přípravě syntetických směsí. Ztížená zpěchovatelnost totiž omezuje vznik zálupů. Zmíněné závislosti ukazuje obr. 2.

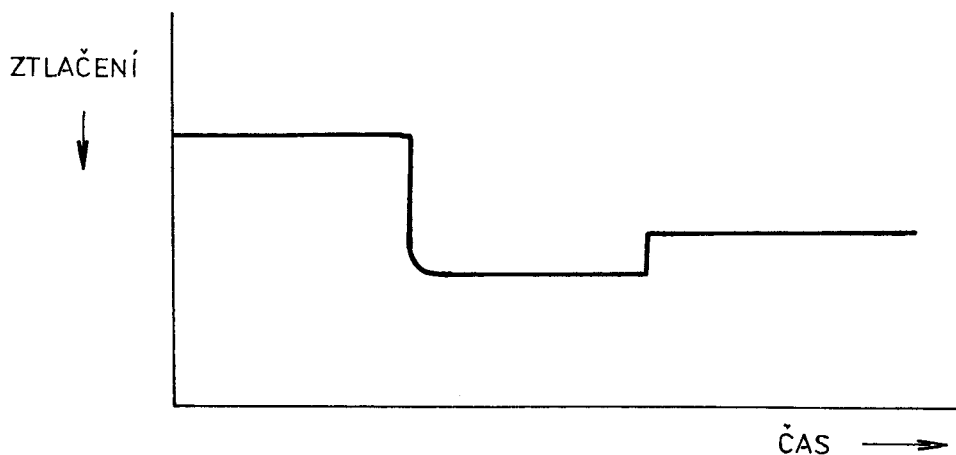


Obr. 2. Pevnost v tahu za syrova /bentonitový písek 5 % bentonitu/

4.1.3 Vliv reologických vlastností pojiv na vlastnosti formovacích směsí

O chování pojiv ve formovacích směsích rozhodují jejich reologické vlastnosti. U slévárenských jílových směsí jsou to především otázky plastických a pružných deformací při přechodu za syrova. Stejně důležité jsou vztahy mezi stavy napjatosti ve formě během působení tekutého kovu a deformace určující konečné rozměry odlitků.

Formovací směsi s jílovými pojivy patří mezi látky plasticko - elastické, u nichž plastičnost je důležitá z hlediska vazy a elastičnost se objevuje jako negativní jev při přechodu forem. Charakter druhu deformace udává obr. 3:



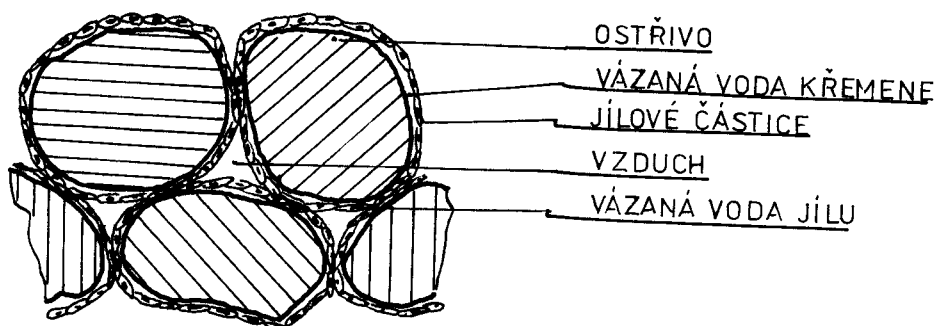
Obr 3. Charakteristika plasticko - elastické deformace, typické pro formovací směsi s jílovými pojivy.

4.1.3.1. Thixotropní vlastnosti jílových pojiv

Jíly patří mezi hydrogely, mají charakteristickou vlastnost, zvanou thixotropie /2/. U jílových směsí se projevuje thixotropie tak, že po prohnětení ztrácí část pevnosti. Tento jev se vysvětluje jednak tím, že se změnou polohy částic ztrácí část vazeb v kontaktech a jednak tím, že se volná voda rozptýlí po povrchu částic, pohltí adsorbované ionty a vnikne mezi kontakty. Po určité době klidu nabývá opět formovací směs svou pevnost, jelikož v nových kontaktech se opět naváže část vazeb Van der Waalsovými silami a osmickým tlakem se upraví rozdělení vody. Na tento jev je třeba pamatovat při odběru vzorků pro laboratorní zkoušky.

4.1.3.2. Plastická a pružná přetvoření při pýchování

Všechny materiály se řídí v určitém intervalu působení vnějších sil podle zákonů teorie pružnosti a plasticity /2/. U formovacích hmot, které jsou hmotami nedokonale pružnými, mají deformace dvě části : pružnou /dočasnou/ a plastickou /trvalou/. Formovací směs jako polydisperzní třífázovou soustavu si můžeme představit podle obr. 4.



Obr. 4. Schématický model polydisperzní třífázové soustavy.

Určit přetvárné vlastnosti takového heterogenního systému při různém stavu napjatosti je velmi nesnadné. Vlivem vnější síly při lisování se přiblíží částice směsi k sobě natolik, že vodní obaly v bodech dotyku se deformují a vázaná voda je vytlačována a částečně přechází do volného stavu. Dalším zvýšením lisovací síly již nastane deformace částic. Po odstranění vnějšího zatížení se částice vlivem pružnosti vlastní a především pružnosti vodních obalů od sebe oddalují. Toto oddálení může být navíc zvětšeno částečným obnovením - regenerací - původní tloušťky vodních obalů /zpětný přechod volné vody do vázaného stavu/.

Experimentálně bylo zjištěno, že křivky deformace se neshodují s křivkami lisování směsi, protínají se navzájem a vytvářejí hysterézní smyčky. Jejich tvar je ovlivněn druhem směsi, rychlostí lisování a dobou mezi po sobě jdoucími cykly. Podobně je tomu jako u Bauschingerova efektu polykrystalických kovových látek. Plocha těchto smyček charakterizuje množství tvaroměrné energie, jež je třeba pro spěchování směsi při následujícím zatížení ve stejném smyslu - obdoba zpevňování.

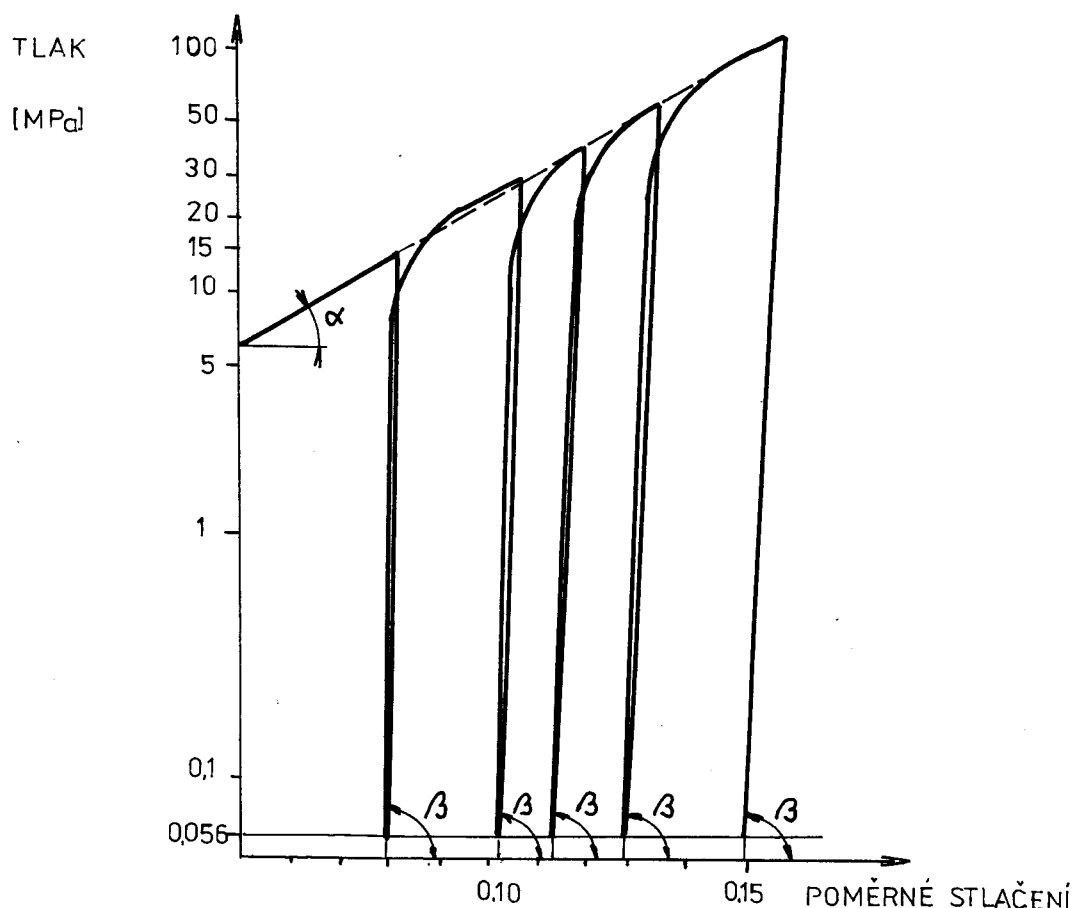
Při zobrazení těchto skutečností v semilogaritmickém měřítku můžeme stanovit dvě důležité charakteristiky přetváření formovacích směsí, které umožňují odvození zákona deformace. Těmito charakteristikami jsou součinitel stlačitelnosti, charakterizující chování směsi během lisování a součinitel odpružení, charakterizující chování směsi po odlehčení. Součinitel stlačitelnosti je definován poměrem:

$$C = \frac{1}{\epsilon_c} \lg \frac{p_2 + p_c}{p_1 + p_c}, \quad (2)$$

kde ϵ_c je celkové poměrné stlačení, které bylo způsobeno lisováním směsi při $\Delta p = p_2 - p_1$,

p_c je vnitřní napětí, závisející na druhu směsi, vůči hodnotě lisovacího tlaku zanedbatelné.

Součinitel stlačitelnosti je úměrný tangente úhlu α /viz obr, číslo 5/, je nezávislý na lisovacím tlaku a určuje nám vlastně zpěchovatelnost směsi /s jeho vzrůstající hodnotou zpěchovatelnost klesá/.



Obr. 5. Semilogaritmické zobrazení deformace a lisovacího tlaku.

Součinitel odpružení A je definovaný poměrem:

$$A = \frac{1}{\epsilon_{pruž.}} \cdot \lg \frac{p_2 + p_c}{p_1 + p_c}, \quad (3)$$

kde: $\epsilon_{pruž.}$ je poměrné odpružení, které bylo způsobeno lisováním směsi o $\Delta p = p_2 - p_1$.

Součinitel odpružení se zvyšováním obsahu bentonitu klesá, což se projeví i na menší deformaci dutiny formy.

Z obr. 5 můžeme usuzovat na důležitou vlastnost formovací směsi při lisování. Je to jev, který je podobný zpevňování houževnatých kovových materiálů vlivem pružně plastické deformace. Při lisování směsi, která již dříve byla vystavena vnějšímu tlaku, bude křivka stlačování částečně sledovat křivku pružné deformace. Teprve po dosažení hodnoty, odpovídající původnímu tlaku, lisování, nastává na křivce stlačování zlom a deformace při dalším zvyšování tlaku sleduje křivku, danou směrnicí úhlu alfa. Tato křivka odpovídá pružně plastickému stlačování. Plocha pod touto křivkou /přímkou/ odpovídá množství deformační energie, nutné pro zpěchování směsi na danou hodnotu deformace. Čím bude tato energie větší, tím hůře bude formovací směs zpěchovatelná /2/.

Uvolnění pružné deformace závisí na stavu napjatosti ve vy-lisované formě. Při lisování dochází v rozích kolem modelu k větššímu zpěchování, napětí u kolmých stěn modelu, vyvolané bočním tlakem, je vyšší než v ostatních částech dutiny formy - rozměr dutiny se zmenšuje. Podobně tomu bude u formování rámového, kdy

při dostatečné tuhosti formovacího rámu uvolnění pružné deformace směsi se projeví zmenšením rozměrů dutiny formy.

4.1.4. Pojící schopnost systému ostřivo - jíl - voda

Zpevňování jílových formovacích směsí je energetického charakteru, především působením Vander Waalsových sil /75 až 80%/ a kapilárních tlaků /25 až 80%/. V případě velmi vlhkých písků jsou vlivem velkých vzdáleností mezi jednotlivými zrny síly Van der Waalsovy skoro nulové a soudržnost směsi je dána pouze kapilárním napětím /2/. Obsahuje-li však směs malé množství vody, pak její pevnost závisí na pravděpodobnosti výskytu styku zrna a pojiva, což lze vyjádřit pomocní strukturního faktoru. Analytické vyjádření má podle GULJAJEVA tvar:

$$\sigma_{pd} = \frac{0,93 \cdot 10^{-33}}{l^4} \cdot n \cdot \pi \cdot r^2 \quad [\text{kPa}], \quad (4)$$

kde: σ_{pd} je pevnost v tlaku, [kPa]
 l je tloušťka blány vody ve směsi, [m]
 n je množství kontaktů na ploše 1 cm^2 ,
 r je poloměr kontaktu. [m]

Fyzikálně mechanické vlastnosti bentonitových směsí - pevnost, prodyšnost a plastická vaznost - lze vysvětlit vzájemným působením sil Van der Waalsových, kapilárního napětí a mechanického zapříčení jednotlivých zrn a částic.

4.1.5. Vliv odpadů z jadrových směsí na vlastnosti jednotné vratné formovací směsi

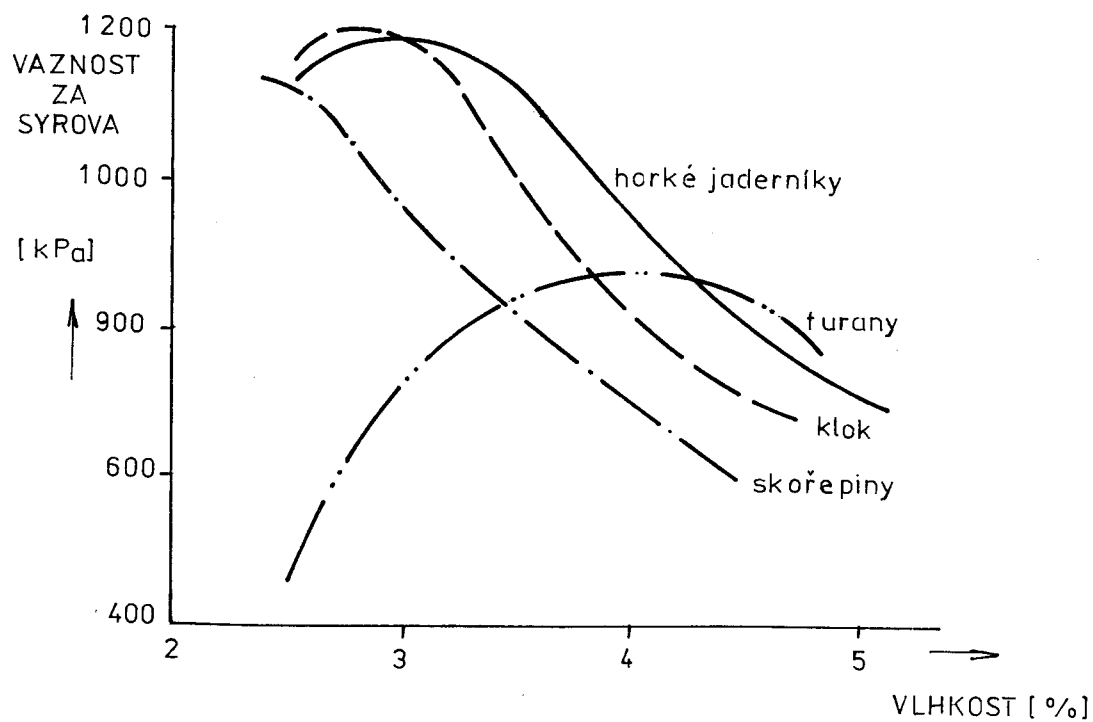
Odpad z jader se ve slévárně vyskytuje na několika místech, před odlitím a po odlití:

- 1/ zmetková jádra ihned po zhotovení,
- 2/ zmetková - poškozená jádra při dopravě nebo zakládání do forem,
- 3/ odpad z jader na vytloukacím roštu,
- 4/ odpad z jader při jejich mechanickém vytloukání /odpad z čistírny/,

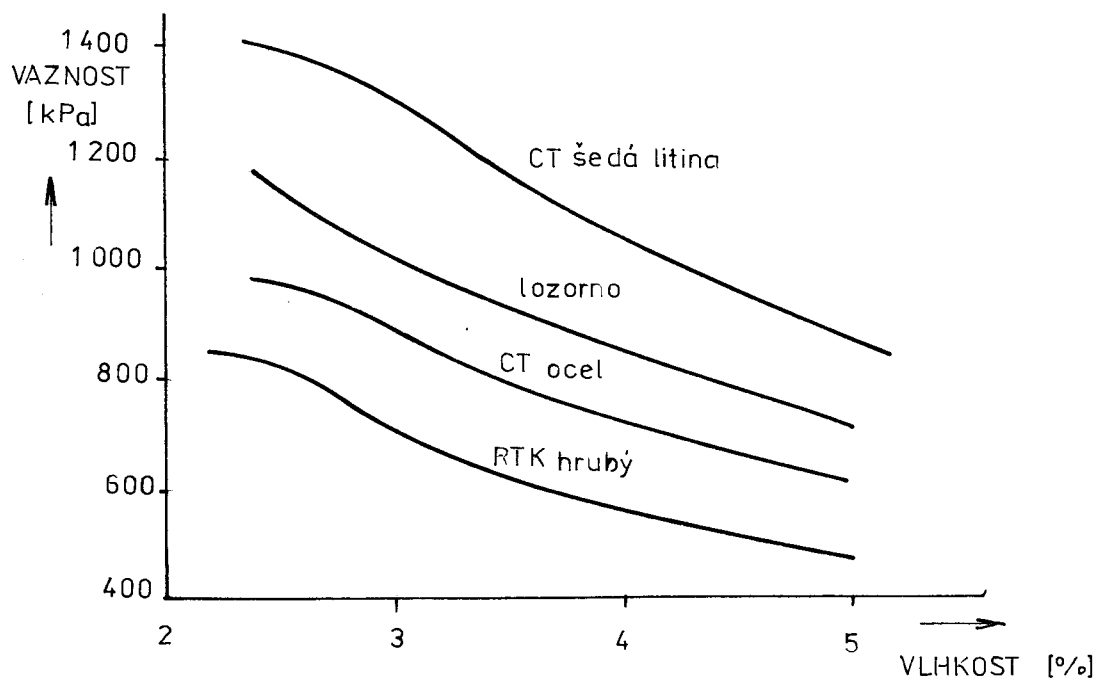
Z přehledu vyplývá, že odpad z jader na vytloukacím roštu je z největší části sypká směs, která propadne roštem a dostává se do vratného, většinou jednotného písku /4/.

Podle literatury /4/ je méně škodlivý odpad reagující alkalicky /CT/, než odpad, který reaguje kyselé /furan/. Ideální vlastnosti má odpad s nízkou nasákavostí reagující neutrálně /skořepiny/. Podle technologických vlastností je nejlepší právě, již jmenovaný, odpad ze skořepin, který má u směsí s bentonitem vlastnosti stejné nebo ještě lepší než nový písek. V tomto případě lze mluvit o zušlechtění ostřiva. Zbývající odpady z jader následují po stránce jakosti v pořadí CT ocel, horké jaderníky a CT šedá litina.

Odpad z furanů je v bentonitových směsích nanejvýš škodlivý. Bentonitová směs s furanovým odpadem je krátká, drobná a ani zvýšená vlhkost tyto nedostatky neodstraní. Vliv odpadních písků z jadrových směsí na vlastnosti bentonitových směsí ukazují obr. 6 a 7.



Obr. 6. Vliv vlhkosti na vaznost směsi se 7% bentonitu.



Obr. 7. Vliv vlhkosti na vaznost směsi se 7% bentonitu.

Pro výrobu bloku válců ve slévárně LIAZ Liberec se používá velké množství jader, jak již bylo uvedeno v kapitole 2. Převážná část jader je vyrobena z CT směsí. Vzhledem k množství připravované jednotné formovací směsi za jednu směnu, je množství odpadu z jádrových směsí ve formovací směsi velmi malé. Protože se ve slévárně LIAZ Liberec pro výrobu jader nepoužívají furanové pryskyřice, lze říci, že odpad z jádrových směsí nepůsobí negativně na vlastnosti jednotné formovací směsi.

4.1.6. Vliv přísad na jakost povrchu odlitku, rozměrovou přesnost slévárenské formy a vlastnosti formovací směsi

O jakosti povrchu odlitku rozhoduje především jemnost ostřiva a účinek přísady je pouze doplňující /1/. Ostřivo musí vyhovovat svou celkovou skladbou zrnitosti a není vhodné je dodatečně zjemňovat práškovými minerálními látkami, např. křemenou moučkou. Ty se projevují znatelně na jakosti odlitku až při vysokém obsahu /kolem 20%/, kde se neúnosně zvyšuje vlhkost a zhoršuje se prodyšnost směsí.

Jako přísady zlepšující povrch se uplatňují vesměs spalitelné uhlíkaté látky. Jejich účinek lze vyjádřit reakcemi:

- a/ Odplyněním přísady se tvoří redukční atmosféra.
- b/ Redukční atmosféra podmiňuje vznik lesklého uhlíku, vytvářejícího izolační vrstvu na styčné ploše formy s kovem.

Lesklý uhlík se tvoří z plynné fáze vzniklé z uhlovodíkových přísad /dehtu, benzolu, asfakolu/ a vylučuje se na horkých ploškách křemenných zrn při teplotě 650°C ve vrstvičkách tloušťky

-4
asi 10 mm. Je význačný tím, že se nesmáčí s kovem. Podle PETRŽELY se usazuje lesklý uhlík i na povrchu tekutého a tuhacího kovu, brání styku litiny s formou a mění povrchové vlastnosti litiny. Povlak lesklého uhlíku na litině není stálý, rozpouští se, je odnášen proudem kovu. Z hlediska účinnosti přísad je tedy důležité, kdy se objeví a jak dlouho vydrží. Lesklý uhlík může být rovněž příčinou vad odlitků, vzniká-li ho nadměrné množství. Lupínky zůstávají i na povrchu kovu jako šum s náznakem zavalenin.

c/ Látka přechází do kvaziplastického stavu, roste vlivem své velké roztažnosti do pórů směsi a přechází při tom v polokoks. S rostoucím intervalem měknutí přísady klesá drsnost povrchu odlitku.

Pokusy ukázaly, že přísada s intervalem měknutí spadajícím nejméně z 30% do kritického rozmezí roztažnosti křemene /300 - 575°C/, snižuje se nebezpečí vzniku zálupů. Destilační splodiny uhlíkatých látek ovlivňují šířku, tvorbu a vlastnosti suchého a kondenzačního pásma v syrové formě a spolupůsobí na rozměrovou stálost formy. Je třeba však rozlišovat nové směsi a směsi v cirkulaci. Například černouhelná moučka v čerstvých směsích zvyšuje pevnost v kondenzačním pásmu, ta však rychle v cirkulaci klesá vlivem látek rozkladu ve směsi kyselého charakteru./1/.

Ve slévárně LIAZ Liberec přidávají do jednotné formovací směsi pro zlepšení povrchových vlastností odlitků kamenouhelnou moučku a asfakol.

Asfakol je volná emulzní přísada obsahující jako základní

složky propanasfaltu a sulfitový výluh. Nahrazuje černouhelnou moučku, proti níž má některé výhody. Snižuje obsah bentonitu a vlhkost ve směsi, zlepšuje zpěchovatelnost směsi a jako tekutá přísada zlepšuje prostředí ve slévárně snížením prašnosti /5/.

4.1.7. Vliv teploty na vlastnosti upravených formovacích směsí

Formovací modelové i výplňové písky mohou být i vazné a přesto mohou způsobovat při formování velké obtíže, nejsou-li dostatečně ochlazeny.

Formuje-li se do teplých, rozpařených písků, je nutno počítat s tím, že vzniknou nesnáze a to :

- 1/ Formovací směsi rychle osychají, zvláště písky s bentonitem. Formy se špatně upravují a jsou drobnivé. V takovýchto případech jsou odlitky pískovité a při opracování se najde mnoho zadrženin.
- 2/ Nadměrný obsah vodní páry ve formách přestupuje často i do jinak dobrých jader. Na odlitcích jsou odvařeniny.
- 3/ Vodní pára ve formě může způsobit závady v roztaveném kovu. Formování do teplých písků je proto nebezpečné a provozně velmi nejisté. Teplota formovací směsi by se měla pohybovat okolo teploty místnosti, tj. nejvýše 30°C

4.1.8. Vlastnosti jílových směsí za syrova

Odlévání odlitků do syrových nevysušených forem má mnoho předností v porovnání s tradiční výrobou do formovacích směsí na sušení. Zkracuje výrobní cyklus mezi zaformováním a odlitím, zvy-

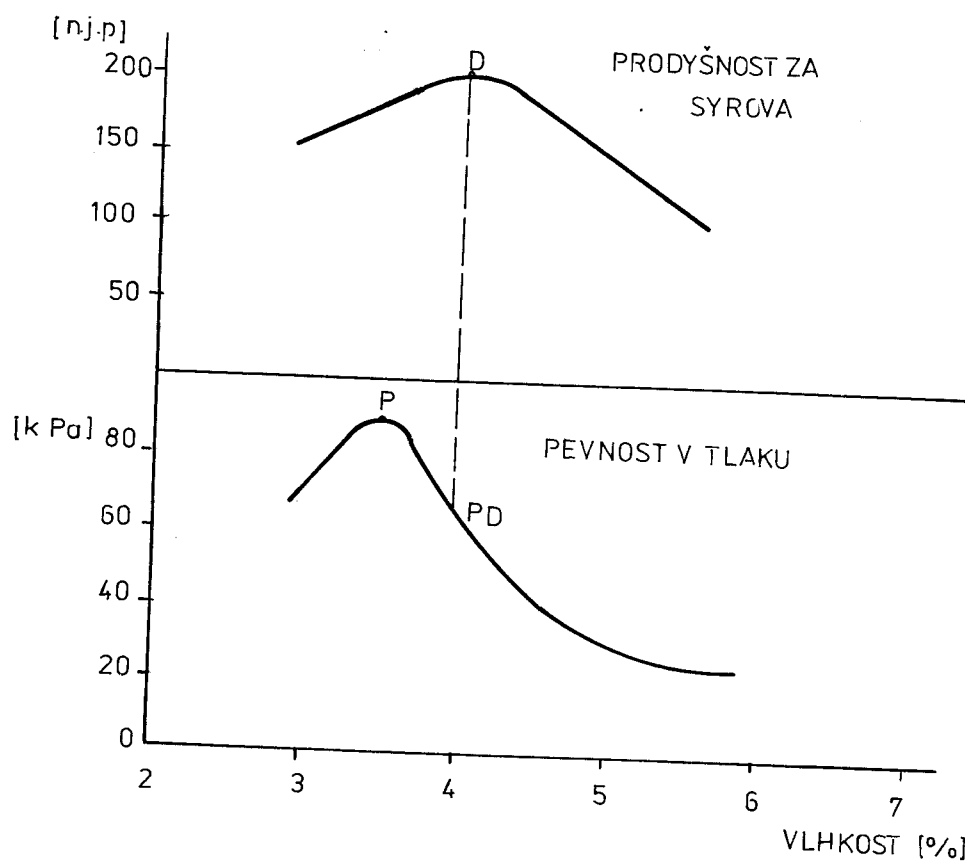
šuje výrobnost na jednotku plochy slévárny. Lití na syrovo je omezeno velikostí a hmotností odlitků, jehož tepelné pole ovlivňuje stav a chování syrové formy.

4.1.8.1. Vaznost jílových směsí

Vaznost je základní vlastností formovacích směsí, které používají pojiva o malé viskozitě, ale s vysokou mezí toku. Podle L. PETRŽELY je vaznost definována jako schopnost směsi zachovávat tvar určený formováním a stále překonávat odpor způsobený deformačními silami bez porušení souvislostí.

Míra vaznosti směsi je určována podle pevnosti v tlaku nebo ve střihu. Toto hodnocení však neodpovídá zcela pojícím schopnostem pojiva, jelikož při tlakovém namáhání zkušebních vzorků vznikají mezi zrny směsi třecí odpory, které ovlivňují výsledné pevnosti a neodpovídají přesně působení pojiva /2/.

Syntetické formovací směsi mají v závislosti na obsahu vody charakteristický průběh pevnosti, jak ukazuje obr. 8. U všech jílových směsí je při standartním zpěchování maximum pevnosti vždy před optimální vlhkostí směsi. Optimální vlhkost formovacích směsí určíme podle maxima na křivce prodyšnost - vlhkost. Rozdíl vlhkosti mezi maximální pevností v tlaku /P/ a optimální pevností v tlaku /PD/ není vždy stejný, protože závisí na druhu a množství použitého jílového pojiva



Obr. 8. Pevnost v tlaku a prodyšnost hlinitých písků za syrova v závislosti na vlhkosti.

4.1.8.2. Prodyšnost jílových směsí

Prodyšnost - je schopnost formovací směsi propouštět při určitém stupni zpěchování plyny a páry. Závisí rovněž na zrnitosti směsi a poměru jednotlivých komponentů. Tato hodnota neodpovídá skutečným poměrům při odlévání kovu, kdy dochází k vývinu plynů a par vlivem tepelné disociace vody a pojiva. Prodyšnost se stanoví podle prodyšnosti standartního zkušebního válečku. Je vyjádřena počtem krychlových centimetrů vzduchu, který proudí za 1 minutu částicí zkušebního tělíska v průřezu 1 cm^2 a délky 1 cm, při přetlaku vzduchu 1 cm vodního sloupce.

4.1.9. Vlastnosti jílových směsí při zpracování

4.1.9.1. Zpěchovatelnost směsí

Slévárenské pískové formy, vyráběné střešáním, lisováním, vibrací či vstřelováním, dosahují různého stupně zhutnění struktury formovací směsi. Toto zhutnění je kromě výrobního pochodu závislé i na složení jednotlivých směsí, které určují vlastnost zvanou zpěchovatelnost. Zpěchovatelnost je schopnost formovací směsi přetváření a dosažení určité objemové hmotnosti v uzavřeném objemu vlivem působících vnějších zatížení. Zpěchovatelnost závisí na vnitřním odporu směsi proti přetváření a na vnějším napětí. Vnitřní odpor směsi proti přetvoření je určen disperzitou ostřiva a vazností pojiva nebo přísad /2/.

4.1.9.2. Tekutost

Tekutost formovacího písku je jeho schopnost vyplňovat dutiny ve formě nebo jádru ve všech směrech. Čím je směs tekutější, tím lépe se střešáním, lisováním nebo metáním zpěchovává a tím rovnoměrnější je vnitřní struktura formy. Tekutost je v obráceném poměru k houževnatosti.

Laboratorně se tekutost směsí posuzuje buď zkouškou pádem /Shatter - Testu/ u které je přímé měřítko pro vyjádření tekutosti nebo použitím speciální trubice u přístroje +GF+, kde na tekutost směsi se usuzuje podle výšky vzorku po třech úderech zpěchovadla.

4.1.10. Hloubková a povrchová tvrdost slévárenské formy

Hloubková a povrchová tvrdost jsou vlastnosti, které forma získá při svém zpracování

Pro přímou korelaci hodnot vlastností směsí v laboratorních vzorcích a skutečných formách v provozu vyvinula firma Georg Fischer tzv. rázovou sondu. Sondou se měří jednoduchým způsobem odpor zpěchované směsi proti vnikání ocelového hrotu při určitém počtu rázů. Odpor velmi citlivě reaguje na změny jak zpěchovatelnosti, tak i změny vaznosti nebo prodyšnosti /2/.

Čím silněji je směs zpěchována, tím má vyšší vaznost, nižší prodyšnost a tím klade větší odpor proti vnikání hrotu zkušebního přístroje.

Povrchovou tvrdost definujeme jako odpor proti deformaci nebo vnikání tělesa /3/.

Charakteristika tvrdosti v závislosti na vaznosti jílových směsí je dána konstrukcí tvrdoměru. Povrchová tvrdost forem závisí na :

- a/ druhu formovací směsi,
- b/ obsahu pojiva a vlhkosti,
- c/ způsobu pěchování.

Tvrdost formy má vliv na jakost povrchu odlitků a jejich rozměrovou přesnost. Měkká forma, která je řídce upěchovaná, je náchylná k zalití pórů kovem a odlitky se špatně čistí.

V současnosti se používají vysoké měrné lisovací tlaky, které

vedou k tomu, že se běžně dosahují povrchové tvrdosti forem nad 90 +GF+. Při těchto vysokých tvrdostech je rozměrová přesnost odlitků dobrá. Na druhé straně se dosahuje vyššího zpěchování a tím dochází k nadměrnému nárůstu počtu kontaktů mezi jednotlivými zrny ostřiva, což vede při zahřátí formy k značným tepelným dilatacím - roztažnost křemene není dostatečně kompenzována pojivem.

4.1.11. Změny vlhkosti a tepelné dilatační pnutí při odlévání bentonitových forem

Povrchové části dutiny formy se při lití velice prudce ohřívají a na povrchu se vytváří několik milimetrů silná vrstva vysušené směsi. Vzniká tak písková skořápka, která leží na ještě vlhkém základě formovací směsi.

V uzavřeném, nedokonale odvzdušněném prostoru - formě, je vytlačován vzduch stoupajícím kovem přes zpěchovanou formovací směs. Zároveň však vzniká v povrchových vrstvách směsi pára a plyny z přísad, které působí v pórech směsi proti průchodu ohřátého vzduchu.

Křehká písková skořápka je výsledkem vysušení povrchu formy vlivem sálání nebo vedení tepla od tekutého kovu. Dalším působením tepla se každé zrno písku roztahuje. Při 573°C dochází ke krystalové přeměně křemene β v α a tím k lineárnímu roztažení o 0,4%. Silné roztažení však probíhá pouze v tenké prohřáté vrstvě. Může se stát, že tato skořápka je pevně držena vpravo i vlevo formou, která brzdí roztahování a tím vzniká v přehřáté vrstvě

napětí. Toto tlakové napětí se projevuje deformací přehřáté vrstvy a nakonec prasknutím. Při prohýbání skořápky drží tato na podkladě nepřehřáté formy, při čemž v místě styku vzniká napětí tahové. Když je překonáno, vzniká puchýř a jeho prasknutím po zalití kovem zálup. Formovací směs také obsahuje vodu, která v místech přehřátých nad 100°C se přeměňuje v páru a která pak kondenzuje ve studenějších vrstvách. Na povrchu vzniklá suchá skořápka sousedí s vrstvou s vysokým obsahem vody, který je dvojnásobkem původní hodnoty /2/.

Roztažnost formovacích směsí při vysokých teplotách vede ke vzniku expanzních sil. Brzděnou dilatací tenké pískové skořápky vzniká tlakové pnutí, které se projevuje její deformací nebo po překročení pevnosti materiálu jejím prasknutím.

4.1.12. Smršťování jílových pojiv

Chování pojiva za vyšších teplot má vliv na velikost rozměrových změn, případně může je zcela odstranit. Při podrobných měřeních bylo stanoveno :

- a/ Kaolinitické jíly po přechodném smrštění mírně narůstají do teploty asi 500°C a teprve pak silně smršťují. Tato skutečnost je nepříznivá, uvážíme-li, že se toto počáteční narůstání sčítá s roztažností křemene právě v oblasti kritických teplot.
- b/ Montmorillonitické jíly smršťují již od teplot 80°C , a to velmi značně.
- c/ Illitické jíly jsou z tohoto hlediska přechodným stupněm mezi jíly kaolinitickými a montmorillonitickými. Chovají se jak bentonity, smršťují však mírně.

Velká smrštivost bentonitů je velmi příznivá. Nesmí se však zapomínat, že křemen je ve formovací směsi ve velkém přebytku a že jeho roztaživost bude mít převahu. Velkým smrštěním Na - bentonitů si vysvětlujeme rovněž jeho pozitivní působení proti vzniku zálupů /2/.

4.1.13. Změny jakosti jílových směsí po jejich oběhu výrobním procesem

Při cirkulaci pískového systému výrobním procesem dochází k ovlivňování množství aktivního bentonitu a přísad ve směsi. Opakovaným odléváním dochází v partiích formy blízko odlitku k silnému zahřátí formovací směsi, aktivní bentonit při ohřevu nad 500°C se přeměňuje na metakaolinit, uhlíkaté přísady vyhořívají nebo se znehodnocují. Stupeň znehodnocení formovací směsi závisí na jejím tepelném ovlivnění a rychlosti cirkulace výrobním pochodem. Jeho velikost není možné určit exaktně dopředu a je nutno jej kontrolovat tak, aby bylo možné udržování konstantní hladiny pojiva a přísad v jednotné směsi.

Vlivem teploty dochází ve formovacích směsích k těmto změnám pojiva a ostřiva :

- a/ změna chemického charakteru pojiva,
- b/ strukturní změny pískových zrn.

4.2. Charakteristika jednotné formovací směsi

Jednotná formovací směs je syntetický materiál, skládající se z ostřiva, kterým je křemenný písek, aktivního bentonitu, který vystupuje jako pojivo, přísad a vody. Princip používání jed-

notné formovací směsi spočívá v tom, že její základ tvoří obíhající vratná směs, která se v každém cyklu pravidelně oživuje křemenným pískem, pojivem a přísadami /6/. Množství přidávaného bentonitu je při každém cyklu vyšší než přidávané množství ostřiva, protože slouží nejen k vázání nového křemenného písku, ale i k nahrazení znehodnocených surovin ve vratné směsi. Používání jednotné formovací směsi přináší i změnu vlastností směsi během provozu, která může vyvolat zhoršenou kvalitu odlitků a tím ekonomické ztráty. Změny vlastností formovací směsi je možné rozdělit na krátkodobé nebo dlouhodobé podle příčin jejich vzniku.

Krátkodobé změny vznikají zejména vlivem rozdílného prohřátí směsi ve formě, kdy dochází k rozdílnému stupni znehodnocení jednotlivých složek.

Naopak při dlouhodobých změnách, kterou jsou pro provoz závažnější, je nutno počítat se znehodnocením vlivem smísením s vytlučenou jádrovou směsí a s nedokonalým promísením v mísičích. Tento nedostatek vyžaduje zvýšení přídavku pojiva pro dosažení rovnocenné vaznosti.

Proti těmto nevýhodám, se kterými je nutno počítat, vystupuje do popředí universálnost použití pro různé druhy odlitků na téže formovací lince a možnost automatizace přípravy směsi.

Krátkodobé změny lze eliminovat regulací obsahu vody při udržování konstantní formovatelnosti. Dlouhodobé negativní změny lze odstraňovat řízením přítomnosti všech složek směsi a proto

je nutná pravidelná laboratorní kontrola všech vlastností reprezentující vratnou směs.

4.2.1. Složení jednotné formovací směsi pro formovací linku GZ ve slévárně LIAZ Liberec

Pro výrobu forem na formovací lince GZ ve slévárně LIAZ Liberec je používána jednotná vratná syntetická směs. Její složení je přehledně uvedeno v tabulce č. 2 :

SLOŽKA	mísič MK-3 kg	mn.sm. kg/t	%	mísič MKY-10 kg	mn.sm. kg/t	%
vratný písek	1 500	982,6	98,26	700	983,6	98,36
křemenný písek Š-27 K I - 27-B	1,5	1,0	0,10	0,7	1,0	0,10
Sabenil 450	20,0	13,0	1,30	9,1	13,0	1,30
kamenouhelná moučka jakost „b“	2,1	1,4	0,14	1,7	2,4	0,24
Asfakol	3,0	2,0	0,20	-	-	-

Tabulka č. 2. Složení jednotné formovací směsi pro linku GZ ve slévárně LIAZ Liberec.

Kromě toho při formování bloku válců motoru se model obkládá vaznou CT směsí. Na spodku formy se vaznou CT směsí provádí obklad partie vačkového hřídele až k přechodu do karteru. Účelem obkladu je zabezpečit povrchovou tvrdost formy a zabránit vzniku

zá lupů při působení odlitého kovu se zachováním všech ostatních vlastností daných zhuštěnou formou.

4.2.2 Vlastnosti jednotné formovací směsi ve slévárně LIAZ Liberec

Ve slévárně n.p, LIAZ Liberec jsou základní optimální technologické vlastnosti jednotné formovací směsi pro formovací linku GZ v rozmezích, které udává tabulka č. 3 :

vaznost za syrova	160 - 210 kPa
prodyšnost	min. 210 n.j.p. SI
vlhkost	2,7 - 3,3 %
koeficient deformace	650 - 750 j.
obsah vyplavitelných látek	9,5 - 13 %
obsah spalitelných látek	2,6 - 3,5 %
spěchovatelnost	39 - 46 %

Tabulka č. 3. Optimální technologické vlastnosti formovací směsi pro linku GZ ve slévárně LIAZ Liberec,

4.3. Technologické podmínky výroby forem

4.3.1. Výroba forem vyššími měrnými tlaky

Při výrobě forem dochází ke zhušťování volně nasypané formovací směsi, čímž směs nabývá na vaznosti a pevnosti potřebné

k tomu, aby forma odolávala tepelnému a mechanickému namáhání, jemuž je vystavena při odlévání, tuhnutí a chladnutí odlitku.

Ve slévárně n.p. LIAZ Liberec se směs zhušťuje v souladu se světovým vývojem střešáním s dolisováním vyššími měrnými tlaky. Mezi přednosti tohoto způsobu zhušťování vzhledem ke konvenčním způsobům výroby forem patří zejména :

- 1/ zlepšení rozměrové přesnosti a povrchové kvality odlitku,
- 2/ vysoký výkon formovací linky,
- 3/ snížení hlučnosti při formování,
- 4/ zvýšení pevnosti a tvrdosti formy.

Na druhé straně je nutné uvažovat i problémy, které metoda lisování vyššími měrnými tlaky přináší. Zejména se jedná o :

- 1/ snížená rozpadavost formy,
- 2/ zvýšení podílu pružných vlastností formovacích směsí na rozměro-
měrové změny dutiny formy,
- 3/ nebezpečí skrytých vad,
- 4/ vyšší spotřeba pojiva - bentonitu,
- 5/ možnost nepříznivé změny zrnitosti pískového zrna.

Ve slévárně n.p. LIAZ Liberec jsou lisovací tlaky nastavitelné. V současné době se vršek formy lisuje tlakem 3,7 MPa, spodek formy, který nese jádra a odlitý kov, tlakem 7 MPa. Lisovací hlava má 81 kusů tlačných elementů. Vnější dvě řady tlačných elementů lisují tlaky vyššími než vnitřní elementy. Tyto vnitřní elementy dolisovávají formu nad modelem. Tím se dociluje rovnoměrnější zhuštění a vytvářejí se podmínky proto, aby formy odo-

lávaly mechanickému namáhání, zejména pak metalostatickému tlaku.

Hodnota lisovacích tlaků byla stanovena po zkušenostech získaných provozem formovací linky. Jejich hodnota nebyla zatím experimentálně zjišťována.

4.3.2. Střásání

Při střásání se využívá ke zhuštění formovací směsi kinetické energie padající formovací směsi. Po naplnění formovacího rámu formovací směsí se stůl zvedá o zdvih z , tím získá rám s formovací směsí polohovou energii. Po dopadu rámu na stojan stroje dojde k transformaci polohové energie v kinetickou, která způsobí zhuštění formovací směsi.. Energie střásané formovací směsí při jednom zdvihu je vyjádřena vztahem :

$$W = \frac{1}{2} m \cdot v^2, \quad (3)$$

resp.

$$W = \frac{1}{2} m \cdot g \cdot z, \quad (4)$$

kde m je hmotnost směsi, v je rychlost stolu s formou a z je zdvih střásacího stolu. Celková práce, kterou je formovací směs po střásání zhuštěna, se stanoví ze vztahu :

$$A = W \cdot n, \quad (5)$$

kde n je počet zdvihů. Při střásání je největší zhuštění u modelové desky, protože zde působí celá hmotnost směsi. Naopak vrch formy zůstává trvale nezhuštěn, protože je zde hmotnost směsi

nulová. Z tohoto důvodu je nutné směs dolisovávat.

4.3.3. Lisování

Zhuštění formovací směsi při lisování nastává působením vnější síly po určitou dobu. Při stlačování formovací směsi vlivem vnitřního tření mezi částicemi směsi, vlivem tření o stěny formovacího rámu a modelu dochází k zmenšování účinné síly se vzdáleností od lisovací hlavy, což má za následek zmenšování hustoty směsi. To znamená, že největší zhuštění je pod tlačnou deskou a nejmenší zhuštění je naopak u modelové desky.

Je nutné vzít na vědomí, že formovací směs se nechová jako kapalina tj., že se v ní tlaky nešíří všemi směry. Nezávisle od charakteru zatížení následně probíhají tyto procesy /8/ :

1/ Přibližování částic směsi, což vyvolává zvětšení množství a plochy jejich kontaktů. Nakypřená formovací směs je nehomogenní a skládá se z celé řady hrudek, tvořené spojením několika zrn ostřiva obalených pojivem. Z počátku proces přechování jde na úkor rozrušení těchto hrudek a zaplnění velkých pórů. V závislosti na charakteru a vlastnostech pojiva se uspořádání struktury ukončuje v rozmezí tlaků 5 - 15 MPa.

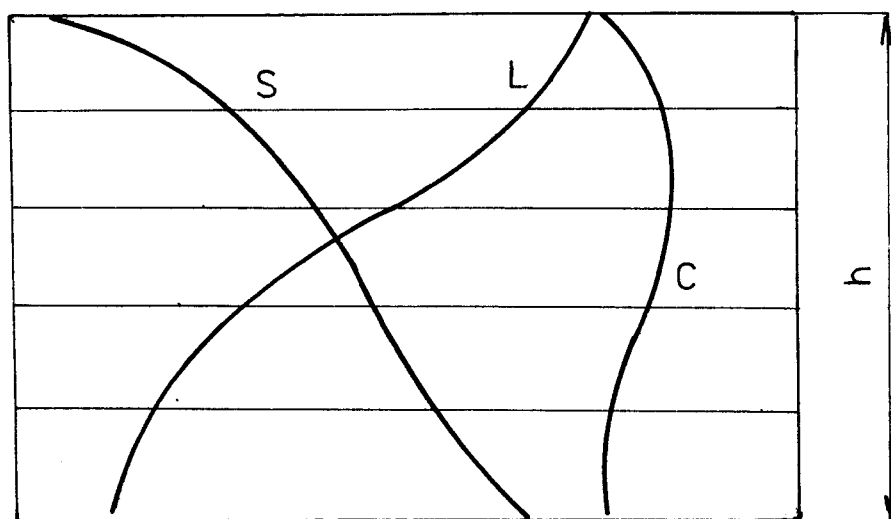
2/ Následuje deformace polotekutých pojiv, která probíhá vytlačněním této fáze ze zóny kontaktu do mezizrnových prostor. Výsledkem tohoto procesu je, že oddělené částice ostřiva mohou kontaktovat mezi sebou, tím vymizí i mezivrstva pojiva nebo se přemění na vysušenou hlínu. Tato skutečnost se projeví v následném zvýšení smykového tření, neboť dojde k přechodu od polokapalinového tření v tření suché. V jednom časovém okamžiku samozřejmě

nemůže dojít v celém objemu formovací směsi ke kontaktům jednotlivých zrn ostřiva, což způsobuje, že koeficient vnitřního tření roste v závislosti na určitém úseku stlačování. Vnitřní tření také roste vlivem zvětšujícího se počtu kontaktů obalů polotekutých fází.

4.3.4. Střásání s dolisováním

Pro získání vysoké přesnosti rozměrů tvarových elementů odlišných různě orientovaných v dutině formy, je nutné zabezpečit konstantní vlastnosti formy v celém objemu.

Střásání s dolisováním je způsob zhušťování formovací směsi, kde se využívá vlastností zhušťování střásáním a zhušťování lisováním. Jak již bylo uvedeno při lisování je největší zhuštění formovací směsi pod lisovací hlavou a směrem od lisovací hlavy se zhuštění zmenšuje, naopak je tomu u zhušťování střásáním, kdy největší zhuštění je u modelu. Kombinace těchto dvou způsobů zhušťování formovací směsi přináší vyrovnání vlastností formy v jejím objemu. Stejně zhuštění v objemu formy se na venek projeví vyrovnáním hodnot tvrdosti. Průběh tvrdosti v různých vrstvách formovací směsi při zhuštění střásáním s dolisováním je uvedeno na obr.9. Na tomto obrázku rozměr h představuje výšku formovacího rámu. Křivka S znázorňuje zhuštění směsi střásáním, křivka L podíl zhuštění lisováním. Výsledné zhuštění je dáno součtem a je vyjádřeno křivkou C. Z obr.9 vyplývá, že zhuštění a tím i tvrdost formy vyrobené střásáním s dolisováním má být v různých výškách formy přibližně stejné.



Obr. 9. Zhuštění formy při střešání s
dolisováním.

5. Možnost optimalizace lisovacího procesu na základě měření povrchové tvrdosti formy

V běžné slévárenské praxi se vlastnost formy po jejím technologickém zpracování zvláště nehodnotí. Vlastnosti formy se odvozují z naměřených hodnot při laboratorních zkouškách formovací směsi, při čemž technologické podmínky se berou jako optimálně stanovené a konstantní. Při hodnocení formovací směsi se ve slévárnách šedé litiny vychází stále se základních technologických vlastností, tj. vlhkosti, prodyšnosti a vaznosti, které se stanovují ve všech slévárenských provozech /9/. V tabulce 4 jsou uvedeny vlastnosti formovacích směsí včetně četnosti prováděných zkoušek ve slévárnách šedé litiny.

TABULKA č.4

Vlastnosti	Rozsah hodnot	Četnost stanovení	Kolik slev. %
Vlhkost [%]	2,5 - 4,6	5 - 30x za sm.	100
Prodyšnost [n.j.p.]	80 - 270	5 - 30x za sm.	100
Vaznost [kPa]	100 - 250	5 - 30x za sm.	100
Pevnost ve štěpu [kPa]	14 - 54	2 - 25x za sm.	25
Pevnost ve střihu [kPa]	24 - 45	2 - 10x za sm.	16
Pevnost v tlaku po vysušení 200°C [kPa]	max.500	2x za směnu	8
Spěchovatelnost [%]	28 - 65	2 - 10x za sm.	50
Deformace [%]	650 - 850	25x za směnu	16
Sypná objemová hmotnost [g/cm ³]	0,6 - 0,1	2x za směnu	8
Volná tekutost [%]	25 - 65	4x za směnu	8
Tekutost podle GF [%]	70 - 86	8 - 10x za sm.	8
Rázová houževnatost [%]	68 - 77	2x za směnu	8
Vyplavitelné látky [%]	8,5 - 15,0	1x za den,měs.	100
Spalitelné látky [%]	1,5 - 5,5	1x za den,měs.	66
Aktivní jíl MM	5,6 - 12	1 - 2x za den	58
pH vodního výluhu	8,4 - 8,8	1x za den	8
Síťový rozbor, d ₅₀	-	1x za měsíc	8

V předešlých kapitolách je uvedeno, že povrchová tvrdost je vlastnost formy, kterou získá po formování. Z rozberu tvrdosti vyplývá, že tato vlastnost závisí jak na materiálových, tak i na technologických podmínkách výroby formy. Z materiálových podmínek je to především /6/ :

a/ vlhkost formovací směsi,

- b/ spěchovatelnost,
- c/ pevnost v tlaku za syrova,
- d/ sypná objemová hmotnost,
- e/ množství vyplavitelných látek,
- f/ podíl aktivního jílu,
- g/ zrnitost,
- h/ ztráty žíháním.

Z technologických podmínek, které mají vliv na povrchovou tvrdost formy, lze uvést především :

- a/ způsob zhušťování formovací směsi,
- b/ velikost použitých vnějších sil při zhušťování.

Z uvedeného vyplývá, že je zde určitá analogie mezi povrchovou tvrdostí jako jedinou vlastností formy a komplexem vlastností, které má forma po zpracování. Je otázkou, zda stanovením povrchové tvrdosti získáme určitou veličinu, která objektivně hodnotí stav formy po zpracování. Je nutné přihlížet k tomu, že vlivem vnitřního tření částic, tření o stěny formovacího rámu a modelu a vlivem šíření tlaku ve formovacích směsích, je zhuštění v objemu formy proměnlivé, čímž dochází i ke změně povrchové tvrdosti formy.

Měření povrchové tvrdosti ve slévárnách se používá v omezeném měřítku, protože dosavadní měřicí přístroje v oblastech dnes používaných zhuštění formovací směsi jsou velmi nepřesné. Tento problém byl řešen v literatuře /6/. Výsledkem byl návrh a konstrukce nového měřicího zařízení pro měření tvrdosti, který

umožňuje měření povrchových tvrdostí dosahovaných lisováním vysokými tlaky s dostatečnou přesností. Tento měřicí přístroj je založen na principu Brinellovy metody měření tvrdosti. Konstrukční řešení přístroje pro měření tvrdosti je uvedeno v příloze.

6. Stanovení minimální tvrdosti

Aby slévárenská forma mohla odolávat mechanickému namáhání formy způsobené metalostatickým tlakem kovu, musí být vyrobena s odpovídajícím zhuštěním formovací směsi, které lze přibližně vyjádřit pevností v tlaku dané formovací směsi. Při uvažování mezního případu, kdy pevnost v tlaku formovací směsi je právě rovna tlaku, který vyvolá sloupec odlitého kovu, dostáváme:

$$\sigma_{pd} = p_{met} = h_k \cdot \rho \cdot g, \quad (6)$$

kde: σ_{pd} je pevnost formovací směsi v tlaku,
 p_{met} je metalostatický tlak kovu,
 h_k je výška sloupce kovu ve formě - lící výška,
 ρ je měrná hmotnost odlévaného kovu,
 g je gravitační zrychlení.

Pro praktické účely však vždy musí platit :

$$\sigma_{pd} > p_{met}. \quad (7)$$

Měřicí zařízení pro měření tvrdosti, které se používá ve slévárně LIAZ Liberec, a které je uvedeno v literatuře /6/, je založeno na Brinellově metodě měření tvrdosti kovových materiálů.

Tvrдост podle Brinella je vyjádřena poměrem zatížení F [N] k povrchu vtisku S [mm²]. Jde tedy v podstatě o vyjádření rovnosti mezi tlakem vyvolaným zátěžnou silou F měřicího zařízení na ploše S a vnitřními silami, které jsou vyvolány vnějším zatížením. Vzhledem k charakteru používaného měřicího zařízení a způsobu měření je nutné uvažovat, že průběh zatěžování není lineární, ale že se jedná v podstatě o dynamické zatěžování, kdy zátěžná síla působí prostřednictvím vnikacího tělíska na povrch formy uvolněním závaží z nulové výšky. V takovémto případě je nutné uvažovat, že zatížení je v okamžiku uvolnění rovno dvojnásobku statického zatížení, vyvolaného stejnou zátěžnou silou. Matematicky to lze vyjádřit vztahem :

$$\sigma_d = 2 \cdot p_s = 2 \cdot \frac{F}{S} = 2 \cdot \frac{G}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot h}, \quad (8)$$

kde: p_s je statické zatížení vyvolané silou F resp. G ,

F je zátěžná síla,

S je plocha, na kterou působí zátěžná síla - plocha vtisku vnikací kuličky,

G je hmotnost závaží v měřicím přístroji,

R je poloměr vnikací kuličky,

h je hloubka vtisku vnikací kuličky,

σ_d je napětí v tlaku vyvolané zátěžnou silou G [N]

Podle L. PETRŽELY /3/ má být tvrdost formy taková, aby deformace stěn dutiny formy způsobené metelostatickým tlakem kovu byly minimální.

Jestliže použijeme mezní podmínky (7) a budeme uvažovat, že pevnost v tlaku formovací směsi je rovna právě tlaku, který vyvolává zátěžná síla měřícího zařízení a použijeme-li obecné pravidlo o tvrdosti forem podle PETRŽELY, dostáváme :

$$h_k \cdot \rho \cdot g = 2 \cdot \frac{G}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot h} , \quad (9)$$

po matematické úpravě vztahu dostaneme :

$$h = \frac{G}{\pi \cdot R \cdot h_k \cdot \rho \cdot g} , \quad (10)$$

kde h je hloubka vtisku, jež odpovídá ploše vtisku, na které dojde k vyrovnaní sil mezi zátěžnou silou měřícího přístroje a vnitřními silami, které jsou rovny pevnosti v tlaku formovací směsi.

V případě výroby forem pro odlitek bloku válců motoru typ M 634 ve slévárně LIAZ Liberec je :

$$G = 51,33 \text{ N}$$

$$R = 12,50 \text{ mm}$$

$$h_k = 650,00 \text{ mm}$$

$$\rho = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$$

$$h = \frac{G}{\pi \cdot R \cdot h_k \cdot \rho \cdot g} = \frac{51,33}{3,14 \cdot 0,0125 \cdot 0,650 \cdot 7,87 \cdot 10^3 \cdot 9,81} = 0,026 \text{ m}$$

Při využití vztahu, který je uveden v literatuře /6/ :

$$HB_{25} = \frac{k}{h} = \frac{6,66963}{2 \cdot 600} = 2,56 \cdot 10^3 ,$$

kde HB 25 je tvrdost naměřená přístrojem pro měření tvrdosti podle literatury /6/, k je konstanta měřicího přístroje.

Při výpočtu minimální tvrdosti jsem uvažoval pouze jednu podmínku tj., aby odlévaný kov nezpůsobil destrukci formy. Proto takto stanovená minimální tvrdost formy je jen orientační, neboť nezahrnuje další vlivy, které na vyrobenou slévárenskou formou působí, jako jsou např. :

- 1/ stav napjatosti ve formě,
- 2/ mechanické namáhání formy při tuhnutí kovu,
- 3/ působení roztaveného kovu a s tím spojené objemové změny ostitřiva atd.

Je možné však konstatovat, že při výrobě forem odlitku bloku válců motoru typu M 634 ve slévárně LIAZ Liberec by neměla tvrdost formy poklesnout pod tuto hodnotu. V případě, že tvrdost formy bude menší než takto stanovená minimální nebude forma schopna plnit ani základní funkci, tj. udržení kovu v dutině formy.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7.1. Vytyčení úkolů pro měření povrchové tvrdosti v provozních podmínkách

Ze skutečností uvedených v kapitole 5 vyplývá, že úkolem je stanovit do jaké míry určuje povrchová tvrdost formy skutečný stav formy po technologickém zpracování. Je nutné též brát na zřetel proměnlivost tvrdosti na povrchu formy. Z toho plyne úkol stanovit, ve kterých místech je naměřená tvrdost pro formu charakteristická.

Pro zpracování tohoto úkolu jsem experimentální zkoušky rozdělil do těchto fází :

- 1/ Hodnocení současného stavu kontroly jakosti formy ve slévárně n.p. LIAZ Liberec.
- 2/ Provedení laboratorních zkoušek na zařízení, které modeluje proces střešání s dolisováním.
- 3/ Zjištění skutečného stavu formy po technologickém zpracování.
- 4/ Měření povrchové tvrdosti v provozních podmínkách.

Na úvod je nutné poznamenat, že laboratorní zkoušky s použitím přístroje modelující proces střešání s dolisováním se mě nepodařilo uskutečnit. Tento přístroj jsem volil s tím záměrem, že jsem chtěl se co nejvíce přiblížit skutečným podmínkám, které jsou ve formě pro odlitek bloku válců. Laboratorní přístroj totiž umožňuje zhotovení standartních válečků za podmínek odpovídajících provozu. Takto vyrobená zkušební tělíska ukazují proti válečkům pýchovaným běžným způsobem skutečné chování směsi v provozu /12/. S použitím tohoto přístroje jsem chtěl stanovit vzta-

hy mezi základními technologickými vlastnostmi jako je vaznost, prodyšnost, vlhkost a povrchovou tvrdostí a vztah mezi velikostí povrchového zatížení /lisovací tlaky/ a povrchovou tvrdostí. Při těchto laboratorních zkouškách jsem mohl mnohem snadněji zajistit konstantní podmínky pro měření a měřit vždy jednu závislost. Byl jsem si vědom, že zajištění konstantních podmínek pro měření za provozních podmínek je zcela nereálné.

Laboratorní přístroj, který modeluje proces střešání s dolisováním, vyrábí od roku 1972 švýcarská firma Georg Fischer. Bohužel v n.p. LIAZ Liberec tento přístroj nebyl k dispozici a v přiměřené době nebyli pracovníci slévárny jej schopný zajistit.

7.2. Hodnocení současného stavu kontroly jakosti formy ve slévárně n.p.LIAZ Liberec

Při kontrole jakosti formy se ve slévárně n.p. LIAZ Liberec postupuje ve shodě se standartní slévárenskou praxí. Sledují se jakostní hlediska formovací směsi, tj. materiálové podmínky, neboť jakost formovací směsi, zvláště zachování její stejnoměrnosti přímo souvisí s výrobou jakostního odlitku co do přesnosti rozměrů a dosažené kvality povrchů. Technologické podmínky, tj. počet zdvihů při střešání a velikost lisovacího tlaku byly stanoveny v průběhu zkušebního provozu a v současnosti se takto stanovené technologické parametry považují za optimální a konstantní.

Odběr vzorků pro zkoušky technologických hodnot jednotné formovací směsi provádí pracoviště pískové laboratoře podle časo-

vého diagramu, který vypracuje metalurg formovacích látek a vedoucí laboratoře. Stanovené technologické hodnoty jsou vypracovány v technologických postupech jednotlivých směsí, stanovení spalitelných látek provádí písková laboratoř 2x týdně, obsah vyplavitelných látek 2x měsíčně. V případě potřeby provádí písková laboratoř ostatní doplňující zkoušky - spěchovatelnost, pH vodního výluhu, sypnou objemovou hmotnost.

Z protokolu o měřeních pískové laboratoře za rok 1983 vyplývá, že se v průměru technologické parametry stanovují 5x za směnu, při čemž odběr vzorků se provádí náhodně. Podle zjištěných hodnot se usuzuje na kvalitu formovací směsi.

Takto prováděná kontrola však nestačí při výrobě forem na formovací lince. Jedna dávka nejakostní formovací směsi může narušit takt výroby forem nebo vede ke zmetkům /12/. Nekvalitní dávku formovací směsi nejčastěji působí :

- a/ proměnná jakost surovin, zvláště vratného písku,
- b/ nekvalitní obsluha /nedodržování technologických postupů, zvláště doby mísení/,
- c/ poruchy na úpravárenských zařízeních.

7.2.1. Rozbor naměřených technologických hodnot za druhé pololetí 1983 v pískové laboratoři slévárny n.p. LIAZ Liberec

Hodnoty technologických vlastností měřených ve slévárně n.p. LIAZ Liberec, tj. hodnoty prodyšnosti, pevnosti v tlaku, vlhkosti, vyplavitelných a spalitelných látek jsem převzal z protokolu o měřeních v pískové laboratoři za druhé pololetí roku 1983.

Jednalo se o 4 110 naměřených hodnot. Uvedené údaje jsem zpracoval na číslicovém počítači. Při sestavování výpočtového algoritmu jsem použil těchto matematických vztahů :

1/ střední aritmetický průměr :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i , \quad (11)$$

kde n je počet naměřených hodnot a x_i naměřená hodnota,

2/ střední pravděpodobná chyba jednoho měření :

$$\mu = \frac{2}{3} \sigma , \quad (12)$$

kde σ je směrodatná odchylka, která je definována vztahem :

$$\sigma = \left(\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \right)^{\frac{1}{2}} , \quad (13)$$

3/ střední chyba jednotlivých měření /9/ :

$$\sigma_x = \frac{(\sum x_i^2 - n\bar{x}^2)^{\frac{1}{2}}}{k} , \quad (14)$$

kde $k = n - 1$ a kde n je počet měření

4/ Střední chybu aritmetického průměru /9/ :

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} , \quad (15)$$

5/ Variační koeficient /9/ :

$$V = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \cdot 100 , \quad (16)$$

při čemž je možné prověřované metody rozdělit podle variačního koeficientu na tři základní skupiny /9/ :

a/ velmi přesné $V = 1,0$

b/ málo přesné $V = 3$

c/ průměrná přesnost $V = 1 - 3$

6/ Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (17)$$

kde: $\bar{x}$ je střední hodnota rozdělení,

x_i je naměřená hodnota,

σ je směrodatná odchylka.

Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5 chyby měření :

	prodyšnost [n.j.p.]	vlhkost [%]	pevnost v tlaku [kPa]
střední hodnota	241,03	3,24	187,67
max. hodnota	366,00	4,80	260,00
min hodnota	160,00	2,04	115,00
rozdílnost v jed.	206,00	2,76	145,00
rozdílnost v %	85,47	85,15	77,26
střední chyba jednotl. měření	0,93	0,01	0,52
střední chyba aritmet. prům.	0,03	0,0002	0,01
variační koeficient	0,38	0,28	0,27

Tabulka č.5. Chyby měření.

Rozložení jednotlivých naměřených hodnot udává histogram četností v příloze č. 1, 2, 3. Celý výpočtový algoritmus převedený do symbolického programovacího jazyka FORTRAN 4 včetně výsledků je uveden v příloze č. 4, 5, 6.

Na základě histogramu četností jednotlivých veličin, na které můžeme nahlížet jako na náhodné veličiny, můžeme určit, že jsou veličiny rozděleny podle normálního /Laplaceova - Gaussova/ rozdělení. Na základě této skutečnosti můžeme stanovit s jakou pravděpodobností se hodnoty vlastností formovací směsi pohybovaly za sledované období technologickým postupem stanovených mezí. Podle definice normálního rozdělení platí /13/ :

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = F(x_2) - F(x_1) = \Phi(u_2) - \Phi(u_1), \quad (18)$$

kde $F(x_2)$, $F(x_1)$ jsou hodnoty distribuční funkce normálního rozdělení při hodnotě náhodné veličiny x_1 , resp. x_2 a $\Phi(u_1)$ a $\Phi(u_2)$ jsou hodnoty distribuční funkce normálního normovaného rozdělení, jež jsou uvedeny v příručkách matematické statistiky, při čemž platí :

$$u = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (19)$$

V případě statistického hodnocení úrovně kontroly a jakosti přípravy jednotné formovací směsi ve slévárně LIAZ Liberec je :

1/ prodyšnost

$$P(x_1 < x) = 1 - \Phi(u_1)$$

$$x_1 = 210 \text{ n.j.p.}$$

$$\bar{x} = 241,0307 \text{ n.j.p.}$$

$$\sigma = 34,8087 \text{ n.j.p.}$$

$$u_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{210,0000 - 241,0307}{34,8087} = -0,8915$$

$$\Phi(-u_1) = 1 - \Phi(u_1) = 1 - 0,8133 = 0,1867$$

$$P(x \geq x_{\min.}) = 1 - 0,1867 = 0,8133 ,$$

kde $P(x \geq x_{\min.})$ znamená, že naměřené hodnoty prodyšnosti se pohybovaly s pravděpodobností 0,8133 ve stanovených mezích, tj. že 81,33% odebraných a prověřovaných vzorků mělo prodyšnost vyšší než je minimální stanovená technologickým postupem.

2/ pevnost v tlaku /vaznost/

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = \Phi(u_2) - \Phi(u_1)$$

$$x_1 = 160 \text{ kPa}$$

$$x_2 = 210 \text{ kPa}$$

$$\bar{x} = 187,6693 \text{ kPa}$$

$$s = 19,1494 \text{ kPa}$$

$$u_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{s} = \frac{160,0000 - 187,6693}{19,1494} = -1,4449$$

$$u_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{s} = \frac{210,0000 - 187,6693}{19,1494} = 1,166$$

$$\Phi(-u_1) = 1 - \Phi(u_1) = 1 - 0,9258 = 0,0742$$

$$\Phi(u_2) = 0,8780$$

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = 0,8780 - 0,0742 = 0,8038 ,$$

kde $P(x_1 \leq x \leq x_2)$ znamená, že naměřené hodnoty pevnosti v tlaku se pohybovaly s pravděpodobností 0,8038 ve stanovených mezích, tj. že 80,38 % odebraných vzorků mělo požadovanou pevnost v tlaku.

2/ vlhkost

$$P(x_1 < x < x_2) = \Phi(u_2) - \Phi(u_1)$$

$$x_1 = 2,7\%$$

$$x_2 = 3,5\%$$

$$\bar{x} = 3,2357 \%$$

$$\sigma = 0,3360 \%$$

$$u_1 = \frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{2,7000 - 3,2357}{0,3360} = -1,5940$$

$$u_2 = \frac{x_2 - \bar{x}}{\sigma} = \frac{3,5000 - 3,2357}{0,3360} = 0,7870$$

$$\Phi(-u_1) = 1 - \Phi(u_1) = 1 - 0,9441 = 0,0559$$

$$\Phi(u_2) = 0,7840$$

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = 0,7840 - 0,0559 = 0,7281,$$

kde $P(x_1 \leq x \leq x_2)$ znamená, že naměřené vlhkosti jednotné formovací směsi se pohybovaly z pravděpodobností 0,7281 ve stanovených mezích, tj. že 72,81 % vzorků odebraných z formovací směsi mělo požadovanou vlhkost.

Na základě definice pravděpodobnosti $P = \frac{m}{n}$, kde m je počet případů příznivých, n celkový počet případů, lze stanovit pravděpodobnost s jakou byl vzorek pro kontrolu jakosti formovací směsi odebrán právě s i -té formy.

Průměrná denní výrobnost formovací linky GZ ve slévárně LIAZ Liberec při uvažovaném taktu linky 2,75 minuty, využití pracovní doby na 90 % a směnosti rovné dvěma, je 162 forem. Již bylo uvedeno, že v průběhu pracovního dne je náhodně odebráno 10 vzorků. Z toho tedy plyne, že $P = \frac{m}{n} = \frac{10}{162} = 0,0617$, kde P je pravděpodobnost s jakou právě odebraný vzorek jednotné formovací směsi byl odebrán právě s i -té formy.

Poznámka: Hodnoty distribučních funkcí normálního normovaného rozdělení byly převzaty z literatury /14/

Sledujeme -li pouze výrobu forem bloku válců motoru, pak pravděpodobnost výroby právě forem bloku válců při uvažování roční výroby 34 000 bloku válců obou typů, při 260 pracovních dnech a z toho plynoucí denní výrobě 130 forem bloku válců, je :

$$P = \frac{n}{n} = \frac{130}{162} = 0,8020 ,$$

pak pravděpodobnost nastoupení obou jevů, tj. výroby forem bloku válců a odběru vzorku právě s této formy, při uvažování, že oba jevy jsou na sobě nezávislé, je :

$$P(AB) = P(A) \cdot P(B) = 0,0617 \cdot 0,8020 = 0,0495,$$

kde $P(AB)$ je pravděpodobnost s jakou můžeme předpokládat, že prověřovaný vzorek byl právě odebrán z formy bloku motoru. To znamená, že pouze u 4,95 % forem bloku válců motoru obou typů byla použita jednotná formovací směs prověřována.

Na základě stanovených údajů lze konstatovat, že úroveň kontroly jakosti formovací směsi je ve slévárně LIAZ Liberec nedostačující. Jednak se kontroluje jen stav formovací směsi, při čemž tento stav nelze již ovlivnit a jednak četnost prováděných zkoušek je vzhledem k složitosti a velikosti odlitků zcela nedostačující. Ukazuje se, že pro výrobu forem na formovacích linkách je zjišťování úrovně jakosti formovací směsi způsobem náhodného odběru vzorku newyhovující, a že jako podmínku dosažení dobré jakosti odlitku se vyžaduje nepřetržité zjišťování úrovně jakosti formovací směsi, tj. využívání automatické kontroly.

Dodržování technologického postupu při přípravě jednotné formovací směsi, jak je vidět z výsledků, má také určité rezervy.

7.3. Hodnocení skutečných vlastností slévárenské formy

V teoretické části jsem uvedl, že slévárenská forma musí splňovat řadu požadavků, které jsou často protichůdné. Jak tyto požadavky bude forma plnit se určuje z provedených laboratorních zkoušek formovací směsi. Obecně lze říci, že výsledky z dosud standartně používaných laboratorních zkoušek neodpovídají skutečným stavům, ve kterých se forma nachází. V podstatě to ani není možné, neboť laboratorní zkoušky se provádějí přesně definovaným způsobem, kdežto u slévárenské formy se mění případ od případu tvar, velikost, členitost dutiny formy, mění se sypná objemová hmotnost formovací směsi ve slévárenské formě, velikost vnějších zátěžných sil aj.

Podle mého názoru je však důležité znát skutečný stav formy a tedy i její schopnost plnit požadované funkce, zvláště v těch případech, kdy se při výrobě odlitků vyskytují určité problémy. Ze skutečného stavu formy pak lze, podle mého názoru, snadněji, přesněji i rychleji stanovit potřebné optimální materiálové a technologické podmínky potřebné pro výrobu slévárenských forem.

Z konzultací, které jsem uskutečnil ve slévárně LIAZ Liberec, vyplynulo, že při výrobě odlitků bloku válců motoru obou typů se vyskytuje řada problémů, které způsobují, že odlitek je málo jakostní.

Na základě těchto skutečností jsem se rozhodl provést serii zkoušek, které by umožňovaly zjistit z co největší pravděpodob-

ností skutečný stav formy včetně vztahu k povrchové tvrdosti. Za základ jsem vzal dosud prováděné laboratorní zkoušky formovací směsi, tj. stanovení pevnosti v tlaku /vaznosti/, prodyšnosti slévárenské formy a vlhkosti. Celý problém jsem zjednodušil tím, že dosavadní laboratorní zkoušky jsem ponechal, včetně způsobu vyhodnocování a měřících přístrojů, kromě přípravy zkušebního válečku. Tím se celý problém zredukoval na návrh zařízení pro odběr vzorku ze slévárenské formy.

7.3.1. Konstrukce přípravku na odběr vzorku ze slévárenské formy

Při konstrukci přípravku na odběr vzorků ze slévárenské formy jsem si stanovil dva základní požadavky, které musí tento přípravek splňovat :

- 1/ zajistit odběr celistvého neporušeného vzorku o rozměrech - průměr vzorku 50mm , výška vzorku 50 ± 1 mm,
- 2/ celkovou jednoduchost přípravku.

V principu jsem použil konstrukce korunového vrtáku. Při návrhu jsem uvažoval, že břitové destičky osazené na tělese korunového vrtáku, poněkud naruší povrch vzorku, tím že ostřívo se z povrchové vrstvy vzorku vytrhne. Proto jsem velikost otvoru v oblasti břitových destiček zvětšil o průměrnou hodnotu velikosti dvou zrn ostříva a vnitřní plochu jsem navrhl kuželovou s tím, že průměr u vrcholu vnitřního kužele je 50 mm. Výkresová dokumentace je uvedena v příloze.

Funkční způsobilost přípravku na odběr vzorků ze slévárenské

formy jsem nemohl uskutečnit, neboť vlivem organizačních změn a omezených výrobních kapacit slévárny LIAZ Liberec, nebyl tento přípravek realizován. Jeho realizaci proto doporučuji v případné další diplomové práci.

7.4. Měření povrchové tvrdosti v provozních podmínkách

Z uvedených skutečností vyplývá, že jsem celou problematiku tvrdosti forem byl nucen ověřit přímo na formovací lince GZ ve slévárně LIAZ Liberec za plného provozu.

Realizaci provozních měření jsem rozdělil na tři části:

- 1/ příprava měřidel včetně úpravy tvrdoměru a konstrukce měřidel
- 2/ ověření proměnlivosti povrchové tvrdosti v dělící rovině formy pro odlitek bloku válců motoru typu M 634,
- 3/ provedení seri dvou měření povrchové tvrdosti za plného provozu

7.4.1. Úprava tvrdoměru a konstrukce délkových měřidel

Měřicí přístroj na měření povrchové tvrdosti, který byl vyroben na základě literatury /6/, bylo nutné poněkud upravit. V dosavadním provedení totiž neskytal záruku konstantních podmínek při měření. Bylo nutné provést fixování výchozí polohy pro měření a rozšířit rozsah přístroje. Fixování výchozí polohy měřicího přístroje jsem provedl ^v děmi matkami M6 našroubovanými na upraveném kolíku /poz. 12/, který slouží jako vodící tyč pro rameno /poz. 11/. Tato poloha byla nastavena tak, aby vnikací kulička byla zároveň s hranou tělesa přístroje.

Pro měření rozměrů dutiny formy jsem navrhl jed nouúčelová měřidla. Při návrhu těchto měřidel jsem si kladl za cíl, aby měřidla byla :

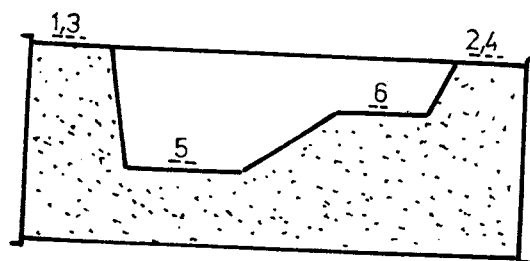
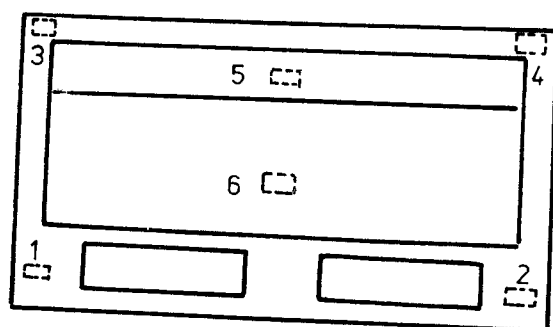
- a/ velmi jednoduchá,
- b/ lehká,
- c/ měřila s přesností minimálně 1 mm.

Pro měření délky a šířky dutiny formy jsem volil odpichová měřidla. Pro výrobu měřidel jsem zvolil materiál z lehké hliníkové slitiny ČSN 42 4250, který zaručoval, že měřidla při dostatečné tuhosti budou poměrně lehká.

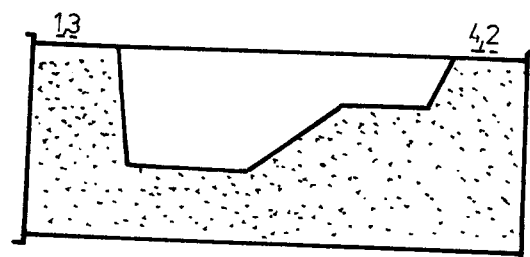
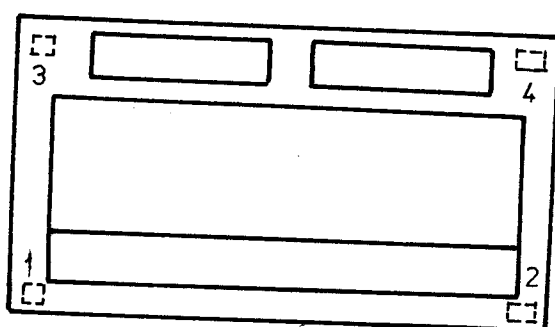
Pro měření hloubky dutiny formy jsem navrhl a zkonstruoval hloubkoměr. Princip konstrukce je odvozen z běžně používaného dílenského hloubkoměru. Aby nedocházelo k poškozování hran dutiny formy při měření, bylo nutné dotykové konce u měřidel šířky a délky opatřit opěrkami, jejichž montáž byla provedena s ohledem na 5 úkos dutiny formy. Komplexní výkresová dokumentace je uvedena v příloze.

7.4.2. Ověření proměnlivosti povrchové tvrdosti formy v dělicí rovině

Proměnlivost povrchové tvrdosti v dělicí rovině formy jsem ověřoval za plného provozu linky GZ na vršku i spodku formy bloku válců typ M 634. Pro měření jsem volil místa v dutině formy s ohledem na velikost přístroje a v těch místech kde vtisk, který zůstane po měření neznehodnocuje líc formy. Volba jednotlivých míst pro měření je schématicky znázorněna na obr.10.



SPODEK FORMY



VRŠEK FORMY

směr pohybu rámu na formovací
lince GZ

Obr. 10. Zvolená místa pro měření povrchové tvrdosti
na vršku a spodku formy odlitku bloku válců
motoru typ M 634.

Z obr. je zřejmé, že místa pro měření tvrdosti byly voleny
tak, aby bylo možné sledovat vliv členitosti modelu na tvrdost
formy.

Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 5 a 6

Tabulka č. 5 : Naměřené hodnoty povrchové tvrdosti formy a technologických vlastností formovací směsi. /1.měření/

Pořadové číslo formy		Povrchová tvrdost formy HB 25 . 10 ³								Tech. vl. for. směsi		
		Místo I	Místo II	Místo III	Místo IV	Místo V	Místo VI	Prodyš. [n.j.p.]	Vaznost [kPa]	Vlhkost [%]		
1	V	46,0	25,0	27,0	33,4	37,0	42,2	244	186	2,92		
	S	30,3	30,0	34,2	33,4	-	-					
2	V	25,7	24,0	63,5	25,6	37,1	41,7	279	200	3,08		
	S	26,7	28,8	28,4	27,2	-	-					
3	V	53,4	26,6	25,6	24,7	19,6	33,3	260	194	2,84		
	S	24,7	27,8	30,3	26,7	-	-					
4	V	25,6	55,6	22,2	19,0	22,2	26,7	260	200	3,00		
	S	35,1	26,7	26,7	30,3	-	-					
5	V	37,0	26,7	19,6	25,6	35,0	66,7	260	200	2,92		
	S	49,4	19,6	29,0	25,6	-	-					
6	V	28,3	33,3	20,2	21,5	37,0	24,0	272	190	3,20		
	S	26,7	20,0	47,6	44,5	-	-					

Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty povrchové tvrdosti a technologických vlastností formovací směsi
/1:měření/

Pořadové číslo formy		Povrchová tvrdost formy [HB 25 . 10 ³]						Tech. vl. for. směsi		
		Místo I	Místo II	Místo III	Místo IV	Místo V	Místo VI	Prodyš. [n.j.p.]	Vaznost [kPa]	Vlhkost [%]
7	V	47,6	49,4	19,6	30,3	41,7	30,3	260	232	2,84
	S	58,0	19,6	25,0	29,0	-	-			
8	V	38,0	33,0	19,6	19,6	33,0	30,0	260	217	2,08
	S	33,3	19,6	33,0	33,0	-	-			
9	V	78,0	24,0	19,6	19,6	33,0	47,6	272	209	2,84
	S	19,6	23,0	37,0	37,0	-	-			
10	V	37,0	37,0	20,2	19,6	19,6	26,7	272	210	3,04
	S	37,0	19,6	66,7	22,2	-	-			
11	V	51,3	89,0	23,8	19,6	47,6	31,7	252	200	2,84
	S	66,7	22,2	27,8	27,8	-	-			
12	V	49,4	31,8	66,7	21,5	37,0	31,0	252	203	2,72
	S	111,0	37,0	30,3	33,3	-	-			

Ze zjištěných hodnot, jež jsou pro přehlednost graficky zpracovány včetně hodnot prodyšnosti, vlhkosti a pevnosti v tlaku v příloze 7 až 14 vyplývá, že největší hodnoty povrchové tvrdosti se dosahuje v měřeném místě I, naopak nejmenší v měřeném místě IV. Dále přesto, že měřená místa byla zvolena v různých výškách formy jsou dosahované tvrdosti přibližně stejné. Podle praktických a teoretických podkladů vychází, že při zvětšení lisovacího tlaku dojde k většímu zhuštění formovací směsi a tím i ke zvětšení tvrdosti. V případě provedeného 1. měření tomu tak není, i když vršek formy je lisován v podstatě 1,5X menším tlakem, jsou tvrdosti zjištěné na spodku a vršku formy stejné nebo dokonce menší, jak tomu bylo v případě měřeného místa II na spodku formy. Je to způsobeno nedokonalým plněním formovacího rámu formovací směsí. Dochází k nakupení formovací směsi směrem ke kratší straně rámu, tj. k měřeným místům I a III. Proto jsou v těchto místech i největší tvrdosti. V případě měřeného místa II je formovací směsí nedostatek a tedy pro stejné zhuštění formovací směsi jaké je v místě I, by musela lisovací hlava vykonat větší dráhu, než jaká je v místě I. Výsledky mohly být ovlivněny i změnou stavu napjatosti ve formě, která je vyvolána stěnami rámu v jeho rozích.

Na základě těchto skutečností jsem pro další měření povrchové tvrdosti zvolil místo uprostřed formovacího rámu v jeho dělící rovině, kde je předpoklad, že plnění formovacího rámu formovací směsí je v souladu s požadovaným stavem a vliv rohů rámu na stav napjatosti je zde potlačen. Volba míst pro měření tvrdosti je provedena tak, aby při sestavování formy přišla tato

místa na spodku a vršku formy pod sebe.

7.4.3. Provozní měření povrchové tvrdosti

Pro zjištění jakosti formy pro odlitek bloku válců motoru typ M 634 vyráběné na formovací lince GZ jsem zvolil tyto veličiny :

- 1/ povrchovou tvrdost,
- 2/ šířku, hloubku a délku dutiny formy,
- 3/ objemové množství formovací směsi určené pro plnění formovacího rámu,
- 4/ rozdíly mezi úrovní formovací směsi po dolisování a plochou rámu v dělicí rovině,
- 5/ technologické vlastnosti formovací směsi /vlhkost, prodyšnost, pevnost v tlaku/
- 6/ šířku odlitku.

Veličiny 1/ až 4/ byly zjišťovány na každé poloformě bloku válců, tj. na každém vršku a spodku formy. Vzorky pro zjištění technologických vlastností formovací směsi byly odebrány z každé formy. Vyhodnocování technologických vlastností formovací směsi jsem prováděl na zařízeních pískové laboratoře.

Pro provedení měření jsem po dohodě se svým konzultantem zvolil úpravu jednotné formovací směsi tak, aby při 2. měření se hodnoty její vaznosti pohybovaly co nejblíže technologickým postupem maximálně povolené hodnotě a pro 3. měření tak, aby hodnoty vaznosti byly co nejmenší, ale ještě přípustné. Tímto zásahem jsem chtěl co nejvíce zvýraznit vliv vlastností formovací

směsi jednak na povrchovou tvrdost a jednak na rozměrovou přesnost odlitku.

Provedl jsem u každého typu formovací směsi měření na 51 formách bloku válců motoru typu M 634, při čemž vždy jeden druh měření jsem prováděl během jedné pracovní směny. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách. Pro přehlednost jsou naměřené údaje graficky zpracovány, neboť to umožňuje sledovat:

- a/ průběhy jednotlivých vlastností a naměřených hodnot,
- b/ rozptyl a mimořádné výchylky,
- c/ vzájemné vlivy a závislosti.

V průběhu měření jsem sledoval teplotu formovací směsi. Za dobu měření vzrostla teplota formovací směsi z 18°C na 32°C , což podle literatury /3/ je ještě přípustné. Teplotu formovací směsi jsem ještě jednou kontroloval ke konci pracovního týdne. Změny teploty formovací směsi byly obdobné, i když teplota formovacího rámu dosahovala až 70°C .

Naměřené hodnoty technologických vlastností formovací směsi jsem zpracoval na číslicovém počítači obdobným způsobem jako hodnoty v kapitole 7.2. Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.25a dále v příloze 38 až 40.

Tabulka č. 7 : Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy, šířky odlitku a technologických vlastností formovací směs. /2. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ⁻³]	Zákl. rozměry formy			dávk		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog. vl. for. sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
1	V	1 145,0	716,8	243,2	145	0,226	10	484,2	204	210	3,98
	S	1 23,8	712,3	244,2	165	0,258	20				
2	V	1 55,6	716,8	244,2	145	0,226	10	484,0	210	190	3,40
	S	1 27,7	712,3	244,2	160	0,250					
3	V	1 25,7	718,2	243,2	145	0,226	0	484,0	210	200	3,52
	S	1 27,2	713,1	244,2	160	0,250	-20				
4	V	1 27,2	716,8	243,2	145	0,226	0	485,0	214	210	3,60
	S	1 27,2	712,3	244,2	162	0,253	10				
5	V	1 31,8	716,8	244,2	145	0,226	10	484,5	210	190	3,32
	S	1 30,3	712,3	244,2	162	0,253	10				
6	V	1 25,7	716,8	243,2	145	0,226	0	484,5	230	200	3,52
	S	1 24,3	712,3	244,2	162	0,253	0				

Tabulka č. 8 : Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy, šířky odlitku a technologických vlastností formovací směsi. /2. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Zákl. rozměry formy			dávk		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog. vl. for, sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
7	V	1 186,25	716,8	244,2	145	0,226	30	484,5	210	210	3,22
	S	1 182,65	712,3	244,2	162	0,253	30	484,5	210	210	3,22
8	V	1 184,00	716,8	243,2	145	0,226	10	484,0	210	210	3,52
	S	1 182,00	712,3	244,2	162	0,253	20	484,0	210	210	3,52
9	V	1 184,00	716,8	243,2	145	0,226	10	484,1	214	215	3,44
	S	1 180,00	712,3	243,2	160	0,250	0	484,1	214	215	3,44
10	V	1 183,80	718,2	243,2	145	0,226	50	484,6	204	210	3,12
	S	1 183,80	712,3	243,2	160	0,250	30	484,6	204	210	3,12
11	V	1 183,80	716,8	244,2	145	0,226	0	484,0	198	220	3,08
	S	1 181,90	712,3	244,2	160	0,250	10	484,0	198	220	3,08
12	V	1 183,00	716,8	244,2	145	0,226	30	483,8	192	210	3,16
	S	1 181,90	712,3	244,2	160	0,250	30	483,8	192	210	3,16

Tabulka č. 9 : Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy, šířky odlitku a technologických vlastností formovací směsi. /2. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní roz. formy			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog. vl. for. sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
13	V	1 183,00	716,8	244,2	145	0,226	10	485,0	192	220	3,16
	S	1 181,90	712,3	244,2	160	0,250	20				
14	V	1 183,00	716,8	244,2	145	0,226	0	484,2	204	226	3,46
	S	1 181,9	713,2	244,2	160	0,250	10				
15	V	1 183,00	716,8	244,2	145	0,226	30	484,5	204	224	3,12
	S	1 183,00	712,3	244,2	160	0,250	30				
16	V	1 184,90	716,8	244,2	145	0,226	10	483,8	199	210	3,20
	S	1 181,90	712,3	244,2	160	0,250	10				
17	V	1 183,80	716,8	244,2	145	0,226	10	484,9	204	214	3,40
	S	1 181,90	712,3	244,2	160	0,250	20				
18	V	1 183,80	716,8	244,2	145	0,226	20	484,5	204	214	3,20
	S	1 181,90	712,3	244,2	160	0,250	20				

Tabulka č.10: Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy, šířky odlitku a technologických vlastností formovací směsi. /2: měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ⁻³]	Základní roz. formy			dávk		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog.vl.for. směsí		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
19	V	1 183,80	716,8	243,2	145	0,226	20	484,3	204	230	3,36
	S	1 184,90	712,3	241,2	158	0,247	10				
20	V	1 183,80	-	-	145	0,226	30	485,0	170	200	3,00
	S	1 183,00	712,3	244,2	158	0,247	20				
21	V	1 184,90	-	-	145	0,226	20	483,5	214	200	3,28
	S	1 183,00	712,3	243,2	158	0,247	10				
22	V	1 184,90	716,8	244,2	140	0,219	10	485,0	204	202	3,32
	S	1 183,00	713,1	244,2	158	0,247	10				
23	V	1 183,80	716,8	244,2	140	0,219	20	483,8	192	200	3,20
	S	1 183,80	712,3	243,2	158	0,247	20				
24	V	1 183,80	716,8	243,2	140	0,219	10	483,0	190	190	3,44
	S	1 181,90	712,3	243,2	158	0,247	0				

Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy, šířky odlitku a technologických vlastností formovací směsi. / 2. měření /

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní roz. formy			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Techn. vl. form. směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
25	V	1 183,8	716,8	244,2	-	-	-	483,0	244	216	3,16
	S	1 183,8	712,3	243,2	-	-	-	-	-	-	-
26	V	1 183,8	716,8	242,2	140	0,219	0	483,8	214	204	3,12
	S	1 181,9	712,3	243,2	158	0,247	10	-	-	-	-
27	V	1 183,8	716,8	243,2	140	0,219	0	483,8	214	200	2,92
	S	1 183,0	712,3	243,2	158	0,247	10	-	-	-	-
28	V	1 184,9	716,8	243,2	140	0,219	10	484,5	230	220	2,92
	S	1 185,4	712,3	244,2	158	0,247	0	-	-	-	-
29	V	1 184,9	716,8	244,2	140	0,219	20	484,2	214	220	2,92
	S	1 183,0	713,1	243,2	158	0,247	30	-	-	-	-
30	V	1 184,9	716,8	244,2	140	0,219	20	484,5	210	200	2,92
	S	1 181,9	713,1	243,2	158	0,247	30	-	-	-	-

Tabulka č.12: Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměrů dutiny formy, šířka odlitku a technologických vlastností formovací směsi. /2. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní roz. formy			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog.vl.for.směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
31	V	1 184,9	-	244,2	140	0,219	20	484,5	214	210	2,80
	S	1 183,0	712,3	244,2	158	0,247	20				
32	V	1 184,4	716,8	244,2	136	0,212	10	484,6	244	214	2,88
	S	1 183,0	712,3	243,2	155	0,242	20				
33	V	1 184,9	-	243,2	136	0,212	20	485,0	204	204	3,00
	S	1 183,0	712,3	243,2	155	0,242	20				
34	V	1 184,9	-	244,2	134	0,209	10	484,5	230	220	3,12
	S	1 181,9	713,1	244,2	150	0,234	30				
35	V	1 184,9	716,8	244,2	134	0,209	-30	485,0	214	200	3,24
	S	1 183,0	712,3	244,2	150	0,234	-10				
36	V	1 185,4	-	243,2	145	0,226	0	485,0	230	210	3,00
	S	1 183,0	713,1	244,2	155	0,242	0				

Tabulka č.13: Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměrů dutiny formy, šířky odlitků a technologických vlastností formovací směsi. /2. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Techn. vl.for. směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhkost [%]
37	V	1 183,8	716,8	243,2	145	0,226	30	-	230	220	3,00
	S	1 183,8	713,1	243,2	155	0,242	20	-			
38	V	1 184,9	716,8	243,2	145	0,226	20	-	230	230	3,00
	S	1 183,0	713,1	243,2	155	0,242	30				
39	V	1 183,8	716,8	243,2	145	0,226	30	483,5	230	230	3,20
	S	1 183,0	712,3	243,2	155	0,242	20				
40	V	1 183,8	716,8	244,2	145	0,226	40	484,0	230	204	3,32
	S	1 181,9	712,3	243,2	155	0,242	20				
41	V	1 183,8	716,8	244,2	135	0,211	20	484,0	230	220	3,28
	S	1 181,9	712,3	244,2	155	0,242	10				
42	V	1 184,9	716,8	244,2	135	0,211	20	485,0	230	210	3,24
	S	1 181,9	713,1	244,2	155	0,242	10				

Tabulka č.14 : Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměrů dutiny formy, šířky odlitků a technologických vlastností formovací směsi. /2:měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávká		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Techn. vl. for. směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
43	V	1 184,9	716,8	243,2	135	0,211	10	484,0	230	198	3,32
	S	1 181,9	712,3	243,2	155	0,242	10				
44	V	1 184,9	716,8	243,2	135	0,211	20	484,0	230	190	3,48
	S	1 181,9	713,1	243,2	152	0,237	0				
45	V	1 183,8	716,8	243,2	135	0,211	-10	483,0	260	200	3,36
	S	1 184,9	712,3	243,2	152	0,237	-20				
46	V	1 184,9	716,8	244,2	142	0,222	20	483,8	230	200	3,40
	S	1 181,9	712,3	243,2	160	0,250	20				
47	V	1 184,9	-	244,2	142	0,222	30	484,0	260	204	3,04
	S	1 183,8	712,3	243,2	160	0,250	20				
48	V	1 183,8	716,8	243,2	142	0,222	20	484,0	260	210	3,00
	S	1 181,9	712,3	243,2	160	0,250	30				

Tabulka č.15: Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměrů dutiny formy, šířky odlitků a technologických vlastností formovací směsi./2. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ⁻³]	Základní rozměry for.			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog, vl.for.směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
49	V	1 183,8	716,8	243,2	142	0,222	20	484,0	260	210	3,48
	S	1 181,9	712,3	244,2	160	0,250	10				
50	V	1 184,9	716,8	243,2	142	0,222	-10	484,0	244	195	3,20
	S	1 181,9	712,3	244,2	160	0,250	-20				
51	V	1 183,8	716,8	243,2	142	0,222	-10	484,0	280	190	3,24
	S	1 183,8	712,3	243,2	166	0,259	-10				

Tabulka č. 16: Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy a technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ⁻³]	Základní rozměry for.			dávk		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog. vl. for. sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
1	V	1 184,9	716,8	243,2	155	0,242	0	484,8	224	194	3,12
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	0				
2	V	1 184,9	716,8	243,2	155	0,242	0	484,6	224	180	3,12
	S	1 183,0	712,3	243,2	175	0,273	0				
3	V	1 184,9	716,8	243,2	155	0,242	0	485,0	204	160	3,56
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	0				
4	V	1 184,9	716,8	243,2	155	0,242	-10	484,0	214	156	3,32
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	10				
5	V	1 183,8	716,8	243,2	155	0,242	-10	-	204	174	3,44
	S	1 183,0	712,3	244,2	175	0,273	0				
6	V	1 181,9	716,8	243,2	155	0,242	-10	485,0	214	170	3,48
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	10				

Tabulka č.17: Naměřené hodnoty tvrdostí formy, rozměrů dutiny formy, technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost {HB25.10 ³ }	Základní rozměry for.			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog.vl.for.směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
7	V	1 183,8	716,8	243,2	155	0,242	+40	484,8	260	200	3,00
	S	1 181,9	713,1	243,2	175	0,273	+50				
8	V	1 184,9	718,2	243,2	150	0,234	-10	484,0	244	200	3,36
	S	1 183,0	713,1	244,2	165	0,258	-10				
9	V	1 183,8	716,8	243,2	150	0,234	-20	484,0	230	190	3,40
	S	1 183,0	712,3	243,2	165	0,258	-30				
10	V	1 184,9	716,8	243,2	150	0,234	-20	484,6	230	176	3,72
	S	1 183,0	713,1	243,2	165	0,258	-40				
11	V	1 184,9	718,2	243,2	155	0,242	-30	484,8	236	174	3,64
	S	1 183,0	712,3	243,2	175	0,273	-10				
12	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	-20	483,4	214	180	3,72
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	10				

Tabulka č.18: Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměrů dutiny formy, technologických vlastností formovací směsi. /3: měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog.vl.for.sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
13	V	1 181,9	716,8	243,2	165	0,258	10	484,5	214	170	3,36
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	-10				
14	V	1 184,9	716,8	243,2	165	0,258	0	484,6	230	176	3,52
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	0				
15	V	1 184,9	716,8	244,2	165	0,258	0	484,3	214	175	3,48
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	-10				
16	V	1 184,9	716,8	243,2	165	0,258	-	484,2	210	178	3,20
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	-				
17	V	1 184,9	716,8	244,2	165	0,258	-	484,6	252	170	3,28
	S	1 181,9	712,3	244,2	175	0,273	10				
18	V	1 184,9	716,8	244,2	165	0,258	10	483,5	230	178	3,40
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	0				

Tabulka č.19: Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměrů dutiny formy, technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávk		přesah [mm]	šířka vtlit. [mm]	Techn. vlast. for. směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
19	V	1 184,9	716,8	244,2	165	0,258	10	485,2	230	175	3,32
	S	1 181,0	712,3	243,2	175	0,273	0				
20	V	1 183,8	716,8	244,2	165	0,258	10	483,5	244	175	3,28
	S	1 183,0	712,3	243,2	175	0,273	10				
21	V	1 184,9	716,8	244,2	165	0,258	10	484,3	244	170	3,32
	S	1 184,9	713,1	244,2	175	0,273	0				
22	V	1 184,9	716,8	244,2	165	0,258	30	485,3	237	150	3,20
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	0				
23	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	0	484,5	237	150	3,36
	S	1 181,9	712,3	243,2	175	0,273	-20				
24	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	-10	485,2	244	165	3,28
	S	1 181,9	713,1	244,2	180	0,281	-10				

Tabulka č.20: Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměry formy, technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog, vl.for.sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
25	V	1 185,4	716,8	243,2	160	0,250	0	484,0	237	150	3,36
	S	1 183,0	712,3	243,2	180	0,281	-10				
26	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	-10	484,8	230	160	3,36
	S	1 183,0	713,1	243,2	180	0,281	-10				
27	V	1 184,9	716,8	244,2	160	0,250	-20	485,0	237	153	3,40
	S	1 181,9	712,3	243,1	180	0,281	-30				
28	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	-10	485,0	237	153	3,40
	S	1 183,0	712,3	243,2	180	0,281	0				
29	V	1 183,8	716,8	244,2	160	0,250	-20	485,0	214	190	3,48
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	10				
30	V	1 184,9	714,6	244,2	160	0,250	10	484,8	214	190	3,40
	S	1 181,9	713,1	243,2	180	0,281	30				

Tabulka č. 21: Naměřené hodnoty tvrdosti, rozměrů dutiny formy, technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávk		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog.vl.for.sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
31	V	1 183,8	713,1	243,2	160	0,250	30	483,4	214	195	3,36
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	20				
32	V	1 184,9	720,8	244,2	160	0,250	10	487,0	210	195	3,20
	S	1 181,9	713,1	243,2	180	0,250	20				
33	V	1 184,9	719,6	243,2	160	0,250	20	485,2	210	185	3,44
	S	1 183,0	713,1	243,2	180	0,281	20				
34	V	1 184,9	716,8	244,2	160	0,250	10	484,6	210	190	3,20
	S	1 183,0	713,1	243,2	180	0,281	10				
35	V	1 184,9	716,8	244,2	160	0,250	10	484,0	214	200	3,28
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	10				
36	V	1 184,9	716,8	244,2	160	0,250	10	485,0	210	200	3,40
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	40				

Tabulka č.22: Naměřené hodnoty tvrdosti forem, rozměrů dutiny formy, technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolg.vl.for.sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
37	V	1 183,8	718,2	243,2	-	-	-	485,0	204	195	3,44
	S	1 181,9	713,1	243,2	180	0,281	0				
38	V	1 184,9	716,8	244,2	160	0,250	0	485,0	210	185	3,44
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	10				
39	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	0	484,7	195	185	3,36
	S	1 181,9	712,3	244,2	180	0,281	0				
40	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	0	484,5	214	172	3,20
	S	1 181,9	-	243,2	180	0,281	10				
41	V	1 185,4	716,8	243,2	160	0,250	10	484,5	204	190	3,40
	S	1 181,9	713,1	243,2	180	0,281	10				
42	V	1 184,9	713,1	243,2	160	0,250	10	484,2	210	165	3,48
	S	1 181,9	712,3	244,2	180	0,281	20				

Tabulka č. 23: Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy, technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Zákl. rozměry. formy			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Techl. vl. for směsi		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlhk. [%]
43	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	20	484,0	210	182	3,40
	S	1 183,0	712,3	243,2	180	0,281	30				
44	V	1 183,8	716,8	243,2	160	0,250	10	483,8	214	190	3,48
	S	1 181,9	713,1	243,2	180	0,281	20				
45	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	20	484,0	214	182	3,28
	S	1 183,0	712,3	243,2	180	0,281	20				
46	V	1 183,8	716,8	243,2	160	0,250	20	484,0	214	195	3,20
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	20				
47	V	1 182,9	716,8	243,2	160	0,250	0	483,8	230	182	3,08
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	20				
48	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	0	483,5	237	185	3,36
	S	1 181,9	713,1	243,2	180	0,281	0				

Tabulka č.24: Naměřené hodnoty tvrdosti formy, rozměrů dutiny formy, technologických vlastností formovací směsi. /3. měření/

Pořadové číslo formy	Tvrdost [HB25.10 ³]	Základní rozměry for.			dávka		přesah [mm]	šířka odlit. [mm]	Technolog.vl.for.sm.		
		délka [mm]	šířka [mm]	hloubka [mm]	výška [mm]	objem [m ³]			prodyš. [n.j.p.]	vaznost [kPa]	vlh. [%]
49	V	1 184,9	716,8	244,2	160	0,250	10	482,5	230	170	3,40
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	20				
50	V	1 184,9	716,8	243,2	160	0,250	10	483,0	237	170	3,12
	S	1 181,9	712,3	243,2	180	0,281	0				
51	V	1 183,0	716,8	243,2	160	0,250	-10	483,2	230	175	3,20
	S	1 185,4	712,3	244,2	180	0,281	0				

Tabulka č.25: Charakteristiky naměřených technologických vlastností formovací směsi.

číslo měření	Technologická vlastnost	Průměrná hodnota	Rozptyl	Pravděp. chyba	Maximum	Minimum	Rozdíl	
							jednotky	%
2	prodyšnost [n.j.p.]	218,90	20,07	13,38	260,00	170,00	90,00	41,11
	vaznost [kPa]	208,88	10,67	7,11	230,00	190,00	40,00	19,15
	vlhkost [%]	3,22	0,22	0,15	3,98	2,80	1,18	36,65
3	prodyšnost [n.j.p.]	222,98	14,55	9,70	260,00	195,00	65,00	29,06
	vaznost [kPa]	177,90	14,30	9,53	200,00	150,00	50,00	28,11
	vlhkost [%]	3,35	0,15	0,10	3,72	3,00	0,72	21,50

7.4.4. Diskuze naměřených výsledků

Zhodnocení jednotlivých naměřených hodnot jsou rozdělena do dvou částí :

- 1/ hodnocení z hlediska povrchové tvrdosti,
- 2/ hodnocení z hlediska rozměrové přesnosti dutiny formy a odlitku.

Při hodnocení jsem bral na zřetel, že jednotlivé účinky se mohou buď kumulovat nebo se svým účinkem mohou rušit.

7.4.4.1. Hodnocení naměřených hodnot z hlediska jejich účinku na povrchovou tvrdost

V teoretické části jsem uvedl, že povrchová tvrdost je závislá především na vlastnostech formovací směsi a způsobu pěstování. Z naměřených výsledků a porovnáním přílohy 15 a 16 popř. 17 a 18 vyplývá, že se zvětšující se lisovací silou se zvětšuje povrchová tvrdost, což je v souladu s teoretickými poznatky. Dále z těchto porovnání je zřejmé, že povrchová tvrdost citlivě reaguje na změnu pevnosti v tlaku. Z porovnání příloh 15, 16 a 19 resp. 17, 18 a 20 dotáváme, že při snížení pevnosti v tlaku /vaznosti/ dojde ke zvětšení tvrdosti. Posuzovat vliv dalších technologických vlastností na povrchovou tvrdost /prodyšnost, vlhkost/ není tak jednoduché, ^c neboť skutečný stav prodyšnosti formy není znám a vlhkost, prodyšnost a vaznost jsou do jisté míry na sobě závislé. Při použití méně vazné formovací směsi, jak je tomu v případě 3. měření a lisovacího tlaku, jež se používá pro lisování spodku formy, dosahuje forma vysoké tvrdosti.

Dokonce lze zaznamenat extrémně vysokou povrchovou tvrdost. Nelze jednoznačně určit, jakými vlivy byla tato tvrdost dosažena. Porovnání přílohy 18, 20, 21 a 28 je zřejmé, že tyto extrémní povrchové tvrdosti nebyly dosaženy ani při minimu a ani při maximu vaznosti, nebyly ani zaznamenány extrémní výkyvy vlhkosti. Formovací rám byl sice plněn největším objemem formovací směsi, ale tento objem se používal i u forem u nichž tato extrémní tvrdost nebyla dosažena. Lze také konstatovat, že citlivost povrchové tvrdosti na změnu technologických vlastností formovací směsi se zvětšuje se zvětšujícím se lisovacím tlakem, což je zřejmé z rozptylu povrchových tvrdostí naměřených při 2. a 3. měření.

Do podmínek, které mají vliv na povrchovou tvrdost, a které by se daly měřit na formovací lince GZ, jsem při přípravě metodiky měření zahrnul i vliv sypného objemového množství. Na lince GZ se pro odměřování množství formovací směsi používá pouze měření objemu formovací směsi. Odměřovací zařízení na lince GZ plní současně dvě funkce. Měří požadovaný objem směsi a zároveň tento naměřený objem plní do formovacího rámu. Základní rozměry odměřovacího zařízení jsou shodné s formovacím rámem, tj. 1 420 x 1 100 mm. Objem směsi se měří podle výšky hladiny formovací směsi v odměřovacím zařízení. Regulace objemu formovací směsi se řídí podle údajů o úrovni formovací směsi po dolisování vzhledem k horní ploše rámu v dělicí rovině u předchozí poloformy. Je nutné v této souvislosti poznamenat, že objem směsi není totožný se sypnou objemovou hmotností. Objem směsi, který je odměřen v dávkovacím zařízení je do značné míry závislý na technologic-

kých vlastnostech formovací směsi, z nichž především na vlhkosti a vaznosti. Pro vlastní sestavení formy je důležitý údaj o rozdílu mezi úrovní formovací směsi po dolisování a plochou formovacího rámu v dělící rovině. Při velkých přesazích formovací směsi nad plochu rámu u obou poloforem může dojít při sestavení formy a zajištění pevného spojení k deformacím dutiny formy.

Z naměřených hodnot objemového množství a rozdílů mezi úrovní formovací směsi po dolisování a plochou rámu v dělící rovině, které jsou uvedeny přehledně v přílohách 23 až 27, vyplývá, že v případě 2. měření, kdy byla vaznost směsi větší, jsou používané objemy formovací směsi na formování menší než v případě 3. měření a pro formování spodku formy kde jsou vyšší lisovací tlaky, je používáný objem větší než u vršku formy. Tyto skutečnosti nejsou v rozporu s praktickými zkušenostmi a teoretickými znalostmi.

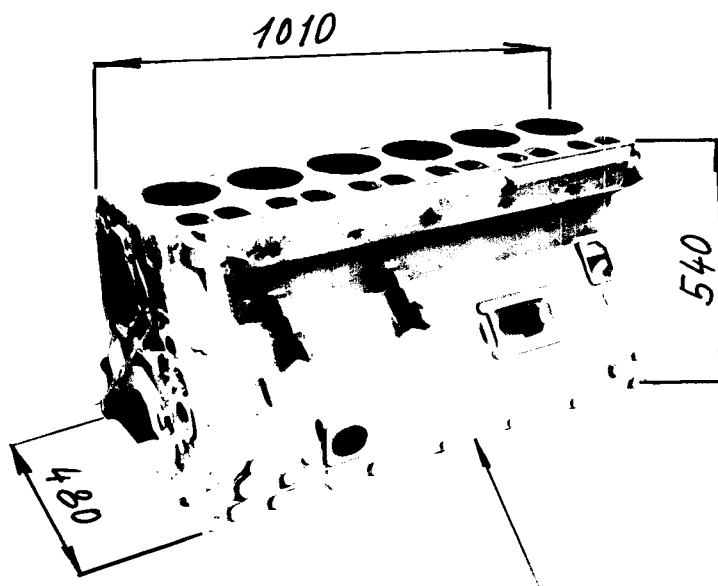
7.4.4.2. Hodnocení naměřených hodnot z hlediska jejich vlivu na rozměrovou přesnost odlitku

Rozměrová přesnost odlitku hraje důležitou roli pro ekonomické zhodnocení a efektivnost vlastní slévárenské výroby.

Pro hodnocení vztahu mezi přesností odlitku a přesností dutiny formy vyráběné na formovací lince jsem volil vztah mezi soustavou model - dutina formy - odlitek.

U dutiny formy jsem kontroloval základní rozměry dutiny - šířku, hloubku a délku. Jediný rozměr dutiny formy, který odpo-

vídal i rozměru odlitku byla hloubka, která po sestavení formy představovala šířku odlitku v oblasti vany. Ostatní základní rozměry odlitku jsou zajištěny nepravými jádry. Základní rozměry odlitku jsou uvedeny na obr. 11, kde šipkou je označeno místo, kde byl odlitek proměřován. Tomuto místu odpovídá i místo pro měření hloubky dutiny formy.



Obr. 11. Fotografie odlitku bloku válců motoru
typu M 634 s vyznačenými hlavními rozměry.

Z údajů, které jsou graficky vyneseny v příloze 29 a 30, je zřejmé, že rozměrová přesnost šířky odlitku není prakticky závislá na změně vlastností formovací směsi v mezích stanovených technologickým postupem, neboť v obou případech byla průměrná hodnota šířky bloku válců téměř stejná - 484,396 mm u 3. měření s rozptylem hodnot 0,741 a u 2. měření 484,226 mm s rozptylem

hodnot 0,551 mm. Vzhledem k tomu, že jmenovitý rozměr odlitku je 480 mm, je odlitek rozměrově větší v těchto místech o 4 mm než udává výkresová dokumentace. Tento fakt se již projevil u rozměrů dutiny formy, které byly oproti rozměru modelu vlivem deformace zvětšeny o hodnoty, které jsou patrné z přílohy č. 32. V této příloze je též patrné, že zvětšení lisovacího tlaku a ani změna vaznosti formovací směsi se neprojevila výrazně na změně deformace. Deformace tohoto rozměru jsou v podstatě stálé. V příloze 29 a 30 je čerchovanou čarou vyznačena velikost šířky odlitku při 1 % smrštění kovu, která byla získána odečtením smrštění kovu od příslušného rozměru dutiny formy. Rozdíl mezi čerchovanou a plnou čarou pak udává deformaci dutiny formy způsobené tekutým kovem a vztlakem plynu. Je patrné, že u vaznějších formovacích směsí jsou tyto deformace stěny dutiny formy menší, což zjistíme porovnáním přílohy 29 a 30.

Šířka dutiny formy, která po vložení jader představuje vlastní výšku odlitku, se v průběhu měření téměř neměnila. Na vlastní přesnost odlitku nemá ani vliv, pouze v případě velkých odchylek může dojít k těžkostem při zakládání jader. Zde se též neprojevila výrazně vliv vaznosti formovací směsi a velikosti lisovacího tlaku na rozměrové změny odlitku a dutiny formy. Tuto skutečnost vyjadřuje příloha č. 31 a 32.

U délky dutiny formy, která je v podstatě rozměrem 2x větší než ostatní základní rozměry, se již projevil jak vliv vaznosti směsi tak i vliv velikosti lisovacího tlaku. Z porovnání přílohy č. 32 a 33 vyplývá, že při zvětšení lisovacího tlaku se ro-

změry dutiny formy zmenšují, což se ještě zesiluje zmenšením vaznosti směsi. V převážné většině případů je délka dutiny menší než je jmenovitý rozměr modelu. V příloze 32 a 33 je to vyznačeno čerchovanou čarou. Zde se projevila ta skutečnost, že formovací směs se nechová jako kapalina - tlak se nešíří všemi směry. Mimo pyramidu zhuštění má tlak i vodorovnou složku, která nepůsobí proti modelu, ale proti stěně formy, tím se dostává opačný účinek než je tomu u ploch rovnoběžných s plochou lisovací hlavy. Projevují se zde i skutečnosti uvedené v kapitole 4.1.2.2.

Při sledování vlivu tvrdosti na rozměrovou přesnost se dostáváme do určitých potíží. Jak jsem již uvedl, lze přesnost výroby forem porovnat pouze měřením šířky odlitku. Protože tento rozměr se skládá v dutině formy ze dvou hloubek - hloubky vršku formy a spodku formy - dutiny formy, při čemž každá poloforma je vyrobena při jiných lisovacích tlacích. Podle mého názoru naměřené výsledky ukazují, že při zvětšení tvrdosti formy jsou rozměry odlitku přesnější. Je tomu například u odlitků s pořadovým číslem 11,25,49,34 u druhého měření, 31,49 u třetího měření, tj. tam, kde spodek i vršek formy byl vyroben s velkou tvrdostí a kde přesah formovací směsi nad úroveň rámu není velký. Ve 3. měření se u odlitku s pořadovým číslem 32 vyskytla extrémně vysoká hodnota rozměru šířky odlitku, při čemž obě poloformy byly vyrobeny s vysokou povrchovou tvrdostí. Zde se právě projevila vliv přesahů formovací směsi nad úroveň formovacího rámu. Podle mého názoru po sestavení a zajištění formy, které se děje velkými silami, došlo k posuvu celé dutiny vršku formy. Tento jev byl

byl pozorován u řady forem a to zejména po odlití, kdy vlivem tlaku plynu dutiny forem byly vytlačeny.

V průběhu měření jsem vždy na několika místech prověřoval, zda měřený rozměr má stálé hodnoty. Nezjistil jsem žádné velké odchylky od rovnoběžnosti měřených stěn. Z toho tedy vyplývá, že dutina formy má dobrou tvarovou přesnost a také, že se zde neprokázaly deformace formovacího rámu, což by se jinak projevilo vydutím dutiny formy.

Měření tvrdosti jsem se snažil provádět stále na stejném místě, neboť odchylka jen o několik desítek milimetrů zamenala naměřit zcela odlišnou hodnotu. Je to způsobeno několika vlivy:

- a/ nerovnoměrností plnění formovacího rámu,
- b/ vlivem výztužných příček ve formovacím rámu, které způsobují „odstínění“ zpěchování směsi,
- c/ existencí tzv. pyramidy zhuštění, vznikající vlivem bočních posuvů zrn.

8. Závěr a doporučení

Cílem diplomové práce byla studie možností optimalizace lisovacího procesu linky GZ v závodě 04 LIAZ Liberec na základě vyhodnocování tvrdosti formy. V rámci diplomové práce jsem provedl rozbor materiálových a technologických podmínek, které ovlivňují přesnost a povrchovou jakost odlitků, zhodnocení účinnosti kontroly jakosti formovací směsi ve slévárně LIAZ Liberec, byl navržen, konstrukčně zpracován přípravek na odběr vzorků z formy, délková měřidla pro určení rozměrů formy. Byly

dále provedeny provozní měření formy.

Na základě rozboru naměřených výsledků přistupuji k jejich shrnutí, z čehož vyplynou dílčí závěry a doporučení. Shrnutí výsledků a doporučení provádím přehledně v následujících bodech :

- 1/ Stávající kontrola jakosti formovací směsi ve slévárně LIAZ Liberec je nedostačující z hlediska četnosti, s ohledem na výrobu forem na lince GZ a velikost a složitost vyráběných odlitků.
- 2/ Přístroj vyrobený podle literatury /6/ a požívaný pro měření tvrdosti ve slévárně LIAZ Liberec má dostatečnou citlivost pro povrchové tvrdosti, jež jsou dosahovány na formovací lince.
- 3/ Tvrdost cizlivě reaguje na změnu vlastností formovací směsi a lisovacích tlaků.
- 4/ Rozptyl tvrdosti po povrchu formy je značný a je způsoben nerovnoměrným plněním formovacího rámu, konstrukcí formovacího rámu a způsobem přenosu tlaku ve formovací směsi.
- 5/ Základní rozměry dutiny formy jsou rozdílné od rozměrů uvedených ve výkresové dokumentaci. Rozměry délek jsou v 95%, šířek v 100% případech menší a rozměry hloubek jsou ve 100 % větší, při čemž přesnější rozměry jsou dosahovány u méně významných směsí lisovaných při vyšších tlacích.
- 6/ Odlitek vykazuje v průměru o 4 mm větší šířku než je požadována výkresovou dokumentací.
- 7/ Po dalších prohlubujících studiích vlivu vlastností formovací směsi a lisovacích tlaků na povrchovou tvrdost, lze měření tvrdosti formy použít pro řízení výroby forem na formovací lince GZ, zejména jako zpětnou vazbu pro automatické řízení.

Na základě shrnutých dílčích výsledků a poznatků doporučuji pro zvýšení rozměrové přesnosti forem odlitku bloku válců:

a/ z hlediska kontroly jakosti formovací směsi

- 1/ zvýšit četnost prováděných laboratorních zkoušek,
- 2/ využít předností laboratorního přístroje pro měření formovatelnosti P 40, který je ve slévárně k dispozici, zejména pro správné stanovení zavlhčení formovací směsi,
- 3/ zavést v nejbližším možném termínu automatickou kontrolu, formovací směsi,

b/ z hlediska vlastností formovací směsi :

při formování používat méně vaznou formovací směs s vazností 160 - 190 kPa a vlhkostí 3,0 - 3,2 %

c/ z hlediska technologie výroby :

provést zmenšení rozměrů modelu vršku i spodku formy o 1,8 mm v oblasti šířky vany bloku válců. Tímto zásahem dojde ke snížení hmotnosti odlitku o 2,86 kg, což představuje roční úsporu kovu 85 845,9 kg.

d/ z hlediska technického rozvoje :

uvažovat o zavedení automatického systému řízení výroby forem na lince GZ. Pro tento systém řízení výroby použít jako vstupní údaje informace o kvalitě formovací směsi z automatické kontroly formovací směsi, zpětnou vazbu zajistit měřením povrchové tvrdosti v dělicí rovině formy. Pro tento účel provést úpravu tvrdoměru, tak aby vyhovoval poměrům automatického řízení výroby, tj. převést gravitační princip měření na hydraulický nebo pneumatický.

e/ z hlediska zaměření dalších studií :

- 1/ realizovat přípravek na odběr vzorků z formy, který umo-

- žní stanovit závislost mezi prodyšností a lisovacími tlaky, z čehož by mělo vyplynout stanovení optima lisovacích tlaků.
- 2/ studium vlivu tekutého kovu a tlaku plynu na rozměrovou přesnost odlitku.
 - 3/ posoudit vliv příček ve formovacím rámu na zhuštění formovací směsi a navrhnout jejich optimální tvar.

Závěrem děkuji za odborné vedení a konzultace
vedoucím diplomové práce Doc. Ing. Zdeňku
Holubeovi, CSc a konzultantu Jaroslavu
Skrbkovi ze sléběrny n.p. LIAZ Liberec.

Hadouč Jaroslav

V Liberci dne 25. Května 1984

9. POUŽITÁ LITERATURA

- /1/ Píšek, F. : Slévárenství I.
Praha, SNTL 1974
- /2/ Rusín, K. : Disperzní formovací materiály.
Skripta VUT Brno
Praha, SNTL 1981
- /3/ Petržela, L. : Slévárenské formovací látky.
Praha, SNTL 1955
- /4/ Polášek, B. : Vliv odpadů z jader na vlastnosti bentonitových směsí.
Slévárenství č. 5/6, 1972, 420-424
- /5/ David, V. : Slévárenský kalendář.
Brno, ČSVTS 1970
- /6/ Vyhlídko, J. : Studium rozměrových změn slévárenské formy pro odlitek bloku válců ve slévárně LIAZ
Liberec. Diplomová práce VŠST Liberec 1983.
- /7/ Vetiška, A. : Teoretické základy slévárenské technologie.
Praha, SNTL 1974
- /8/ Akademiya Nauk CCCP : Technologičeskíe svojstva formov-
čnych směsej.
Moskva, IZDATĚLSTVO „NAUKA“ 1968
- /9/ Polášek, B.-Šimek, O. : Optimální složení bentonitových směsí
ve slévárnách šedé litiny zajišťované
na základě racionální kontroly.
Slévárenství 1982, 4, 140-146
- /10/ Hikl, O. : Nový přístup k hodnocení vlastností formovacích
směsí. Slévárenství 1972, 5/6, 212 - 214

/11/ Technologické předpisy formovacích a jádrových směsí.

Podniková norma slévárny LIAZ Liberec

/12/ Brodeček, J. : Kontrola formovací směsi.

Slévárenství 1972,3,158 -160

/13/ Kadeřábek, J. : Matematika III /Pravděpodobnost a statistika/. Skripta VŠST Liberec, 1979

10. SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESU

Přílohy

číslo přílohy
/výkresu/

obsah - název

1	Histogram četnosti - prodyšnost
2	Histogram četnosti - pevnost v tlaku
3	Histogram četnosti - vlhkost
4	Výpis z programu - prodyšnost
5	Výpis z programu - pevnost v tlaku
6	Výpis z programu - vlhkost
7	Průběh hodnot tvrdosti - místo V
8	Průběh hodnot tvrdosti - měřené místo I
9	Průběh hodnot pevnosti v tlaku - 1.měření
10	Průběh hodnot prodyšnosti 1. měření
11	Průběh hodnot vlhkosti - 1. měření
12	Průběh hodnot tvrdosti - měření místo IV
13	Průběh hodnot tvrdosti - měřené místo II
14	Průběh hodnot tvrdosti - měřené místo III
15	Průběh hodnot tvrdosti - 2.měření - vršek formy
16	Průběh hodnot tvrdosti - 2.měření - spodek formy
17	Průběh hodnot tvrdosti - 3.měření - vršek formy
18	Průběh hodnot tvrdosti - 3.měření - spodek formy
19	Průběh hodnot pevnosti v tlaku

- 20 Průběh hodnot pevnosti v tlaku - 3.měření
- 21 Průběh hodnot vlhkosti - 3.měření
- 22 Průběh hodnot vlhkosti - 2.měření
- 23 Průběh hodnot prodyšnosti - 2.měření
- 24 Průběh hodnot prodyšnosti - 3.měření
- 25 Průběh hodnot výšky hladiny formovací směsi
a rozdílů mezi úrovní formovací směsi a plochou
rámu v dělicí rovině- měření2. - vršek formy
- 26 Průběh hodnot výšky hladiny formovací směsi
a rozdílů mezi úrovní formovací směsi a plo-
chou rámu v dělicí rovině - 2. měření - spodek
- 27 Průběh hodnot výšky hladiny formovací směsi
a rozdílů mezi úrovní formovací směsi a plo-
chou rámu v dělicí rovině - 3. měření - vršek
- 28 Průběh hodnot výšky hladiny formovací směsi
a rozdílů mezi úrovní formovací směsi a plo-
chou rámu v dělicí rovině - 3.měření - spodek
- 29 Průběh hodnot šířky odlitku a dutiny formy /2./
- 30 Průběh hodnot šířky odlitku a výšky dutiny
formy - 3. měření
- 31 Průběh hodnot šířky dutiny formy - 2.měření
- 32 Průběh hodnot hloubky dutiny formy - 3.měření
- 33 Průběh hodnot délek dutiny formy - 2.měření
- 34 Průběh hodnot délek dutiny formy - 3.měření
- 35 Průběh hodnot hloubky dutiny formy - 2.měř.
- 36 Průběh hodnot šířky dutiny formy - 3.měření
- 37 Výpis z programu - prodyšnost - 2.měření
- 38 Výpisz programu - pevnost v tlaku - 2.měření

39

Výpis z programu - pevnost v tlaku - 3.měř.

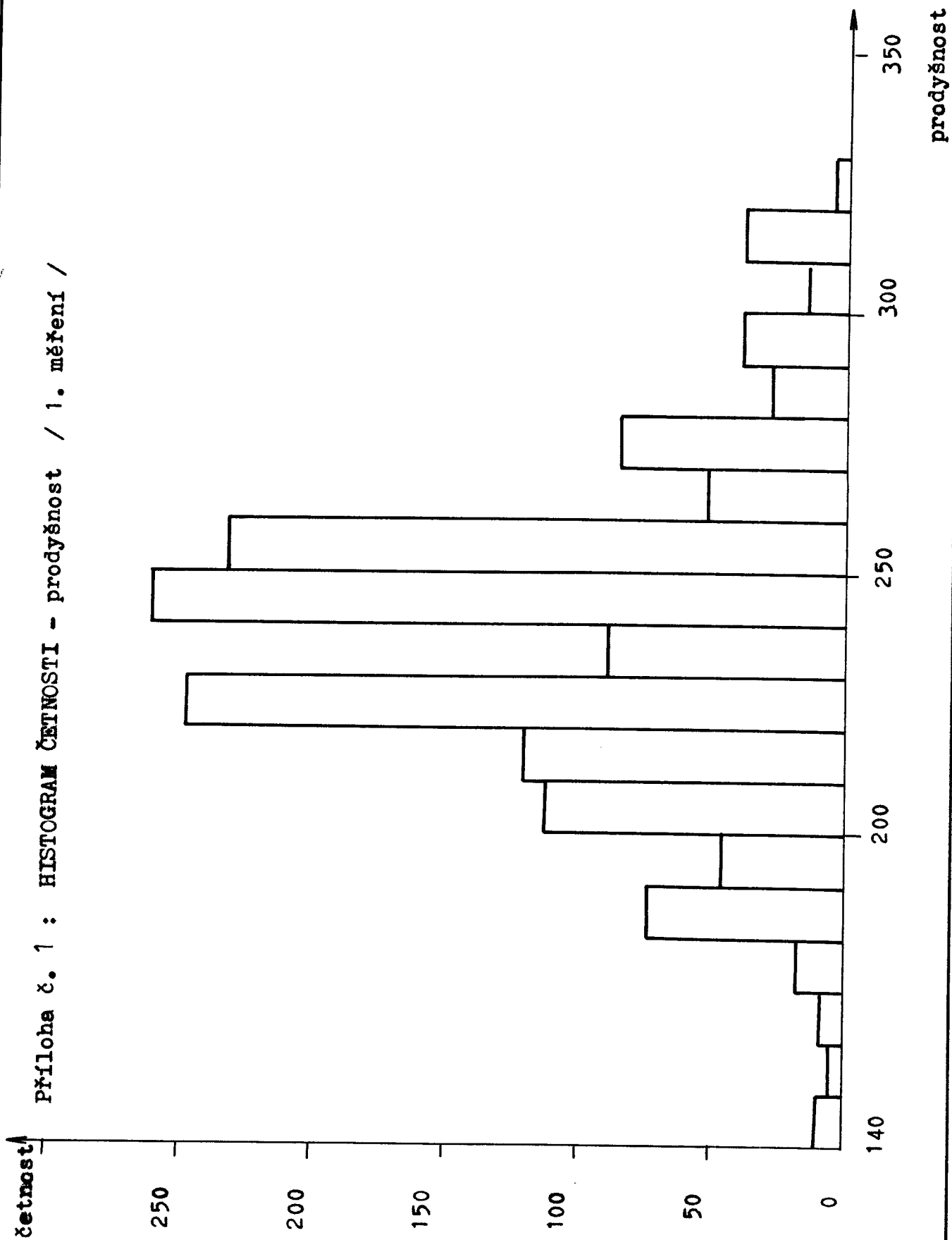
40

Výpis z programu - proužnost - 3.měření

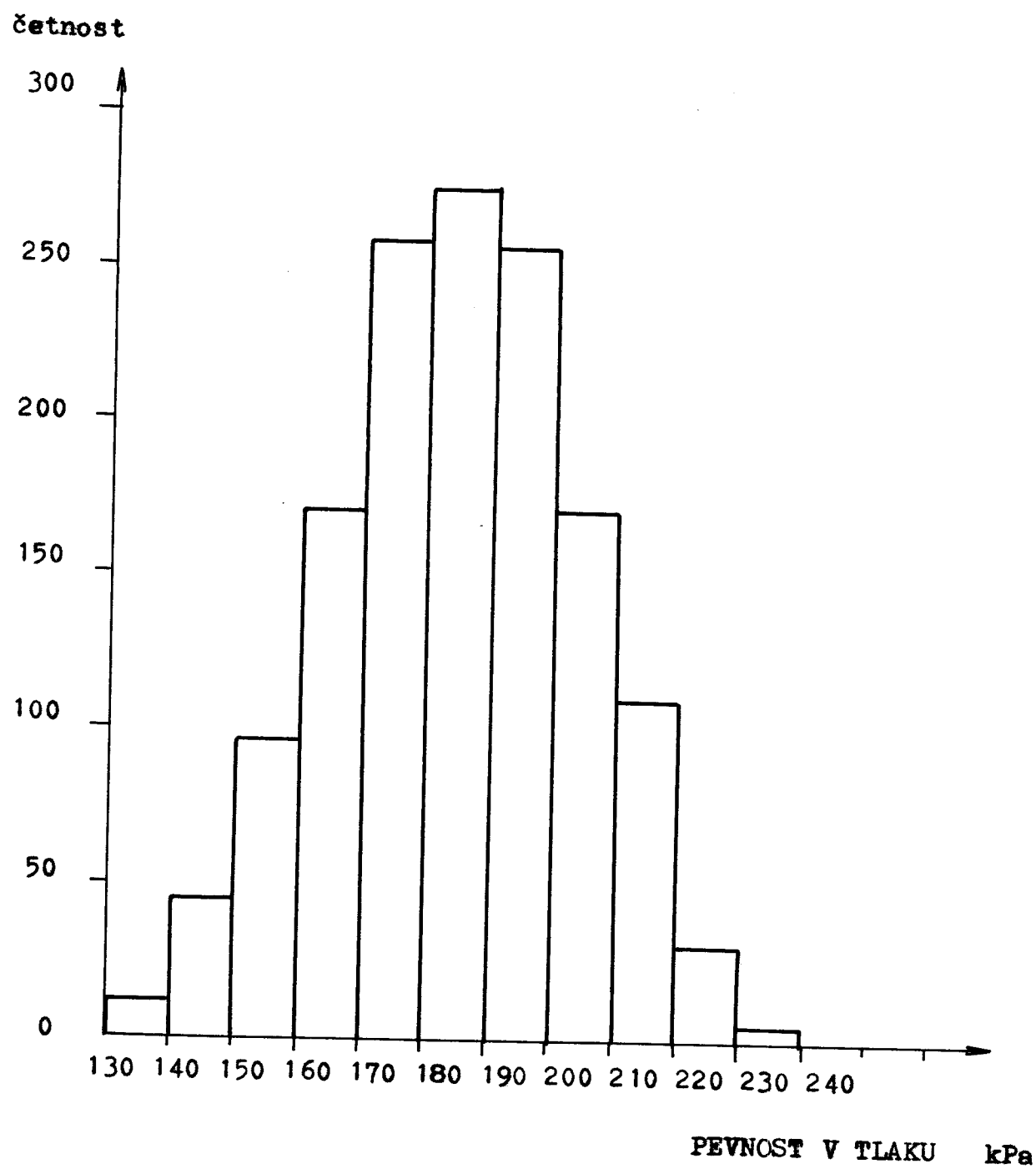
Výkresy

KMM-095-100	Přípravek pro odběr vzorků
KMM-095-101	Těleso vrtáku
KMM-095-102	Tyčka
KMM-095-103	Základová deska
KMM-095-104	Vodící pouzdro
KMM-095-105	Vratidlo
KMM-095-106	Středící váleček
KMM-095-107	Příčnick
KMM-095-200	Odpichové měřidlo
KMM-095-201	Těleso odpichu
KMM-095-202	Pevný dotek
KMM-095-203	Posuvný dotek
KMM-095-204	Opěrka
KMM-095-205	Opěrka
KMM-095-206	Pružina
KMM-095-206	Podložka
KMM-095-300	Hloubkoměr
KMM-095-301	Nosník
KMM-095-302	Pouzdro
KMM-095-303	Opěrka
KMM-095-304	Měřicí tyč

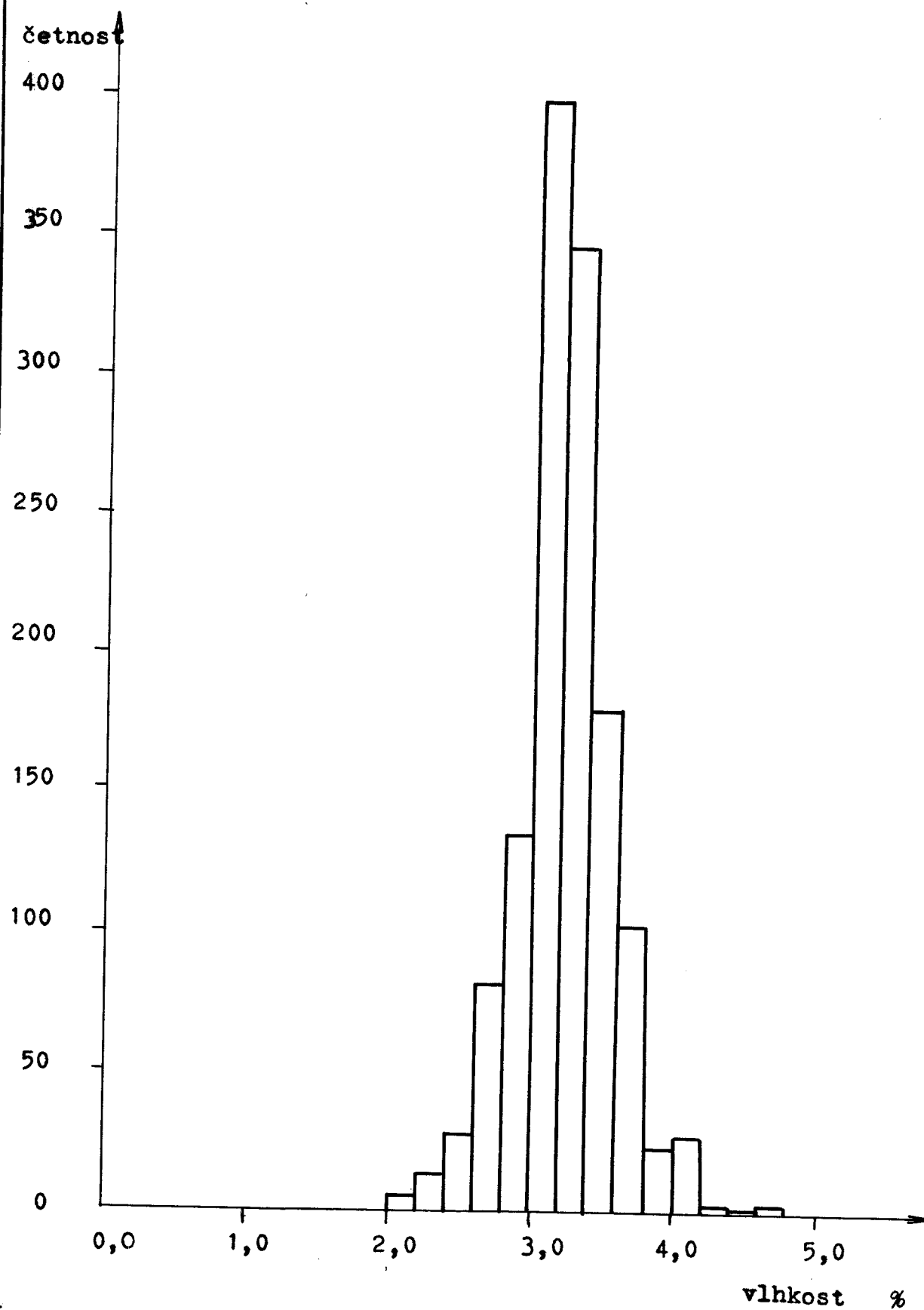
Příloha č. 1 : HISTOGRAM ČETNOSTI - prodyšnost / 1. měření /



Příloha č. 2 : HISTOGRAM ČETNOSTI - pevnost v tlaku



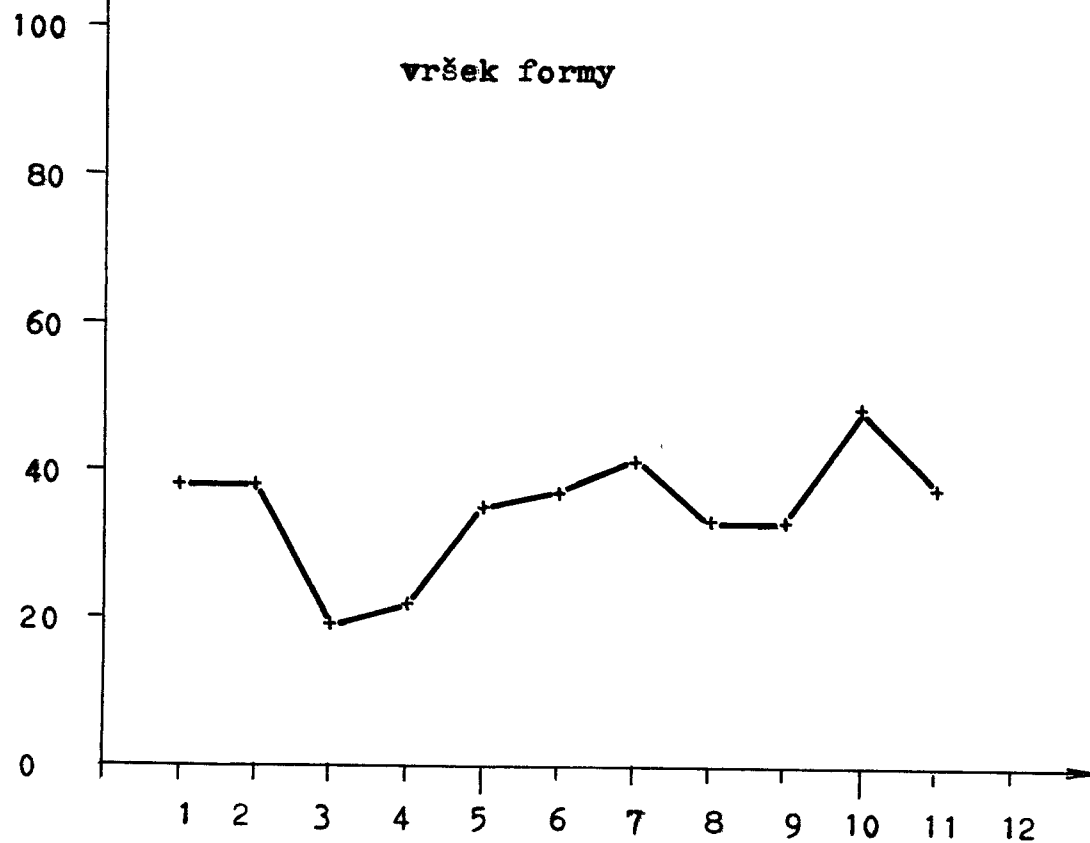
Příloha č. 3 : HISTOGRAM ČETNOSTI - vlhkost



Příloha č. 7 : PRŮBĚH HODNOT TVRDOSTI - měřené místo V

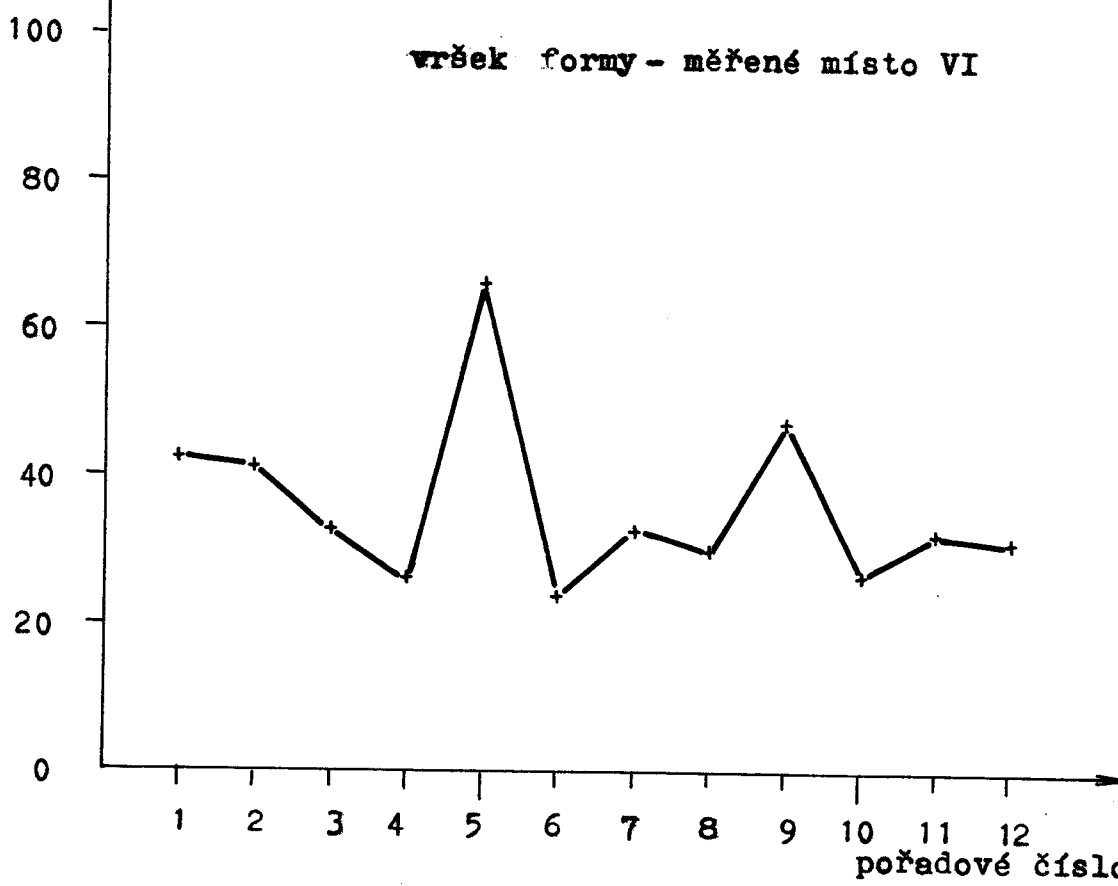
TVRDOST
-3
[HB25 10]

/ 1. měření /



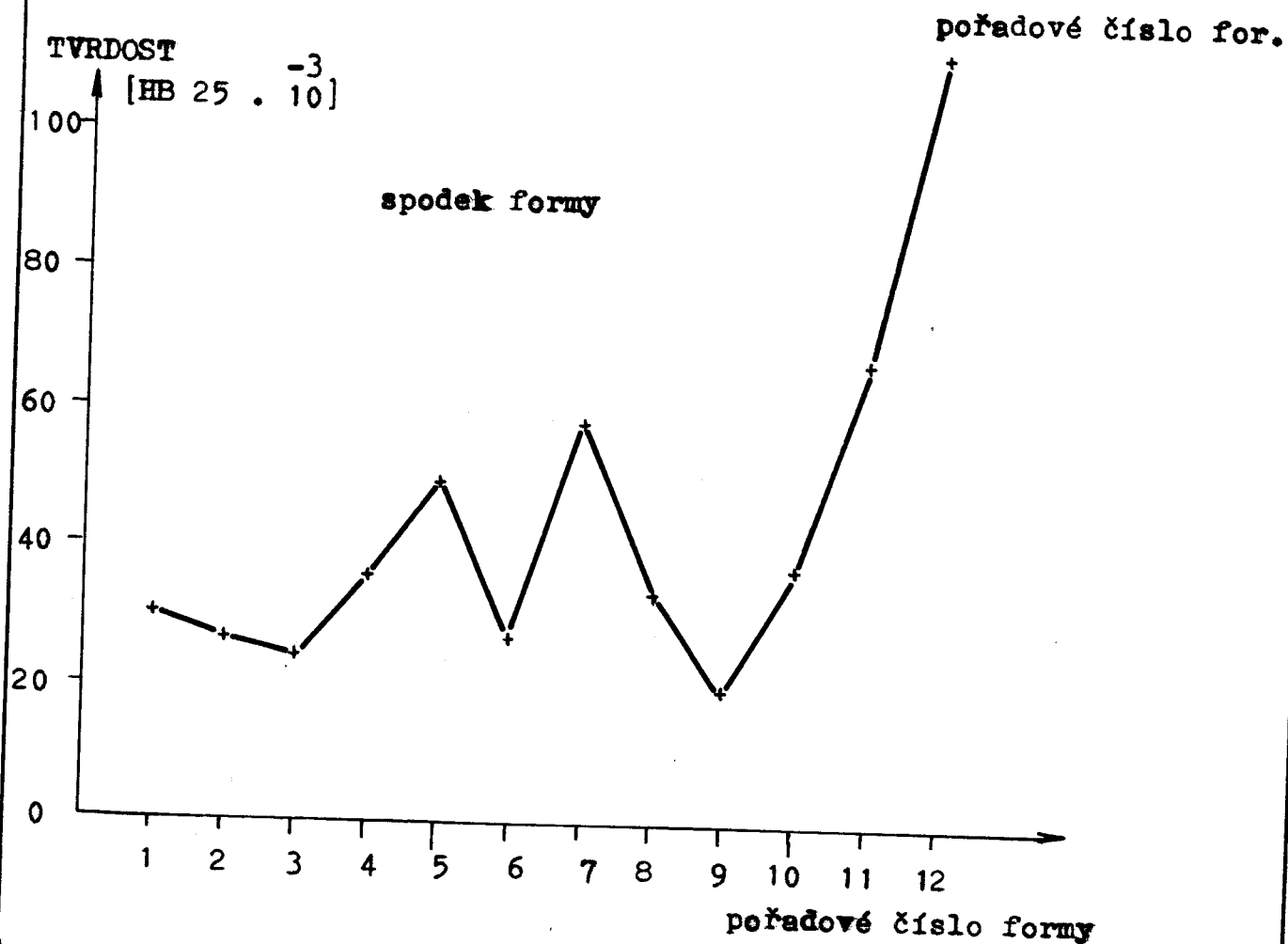
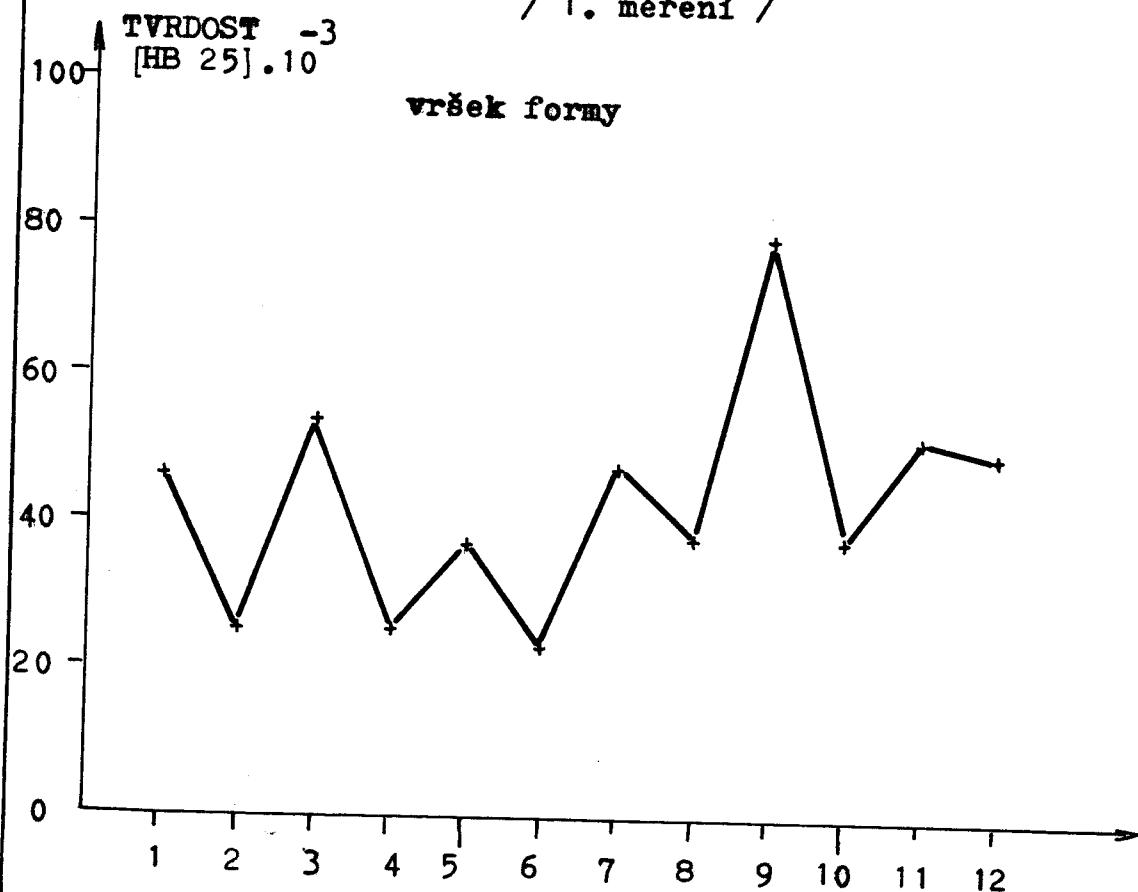
TVRDOST
[HB25]

pořadové číslo formy



Příloha č. 8 : PRŮBĚH HODNOT TVRDOSTI - měřené místo I

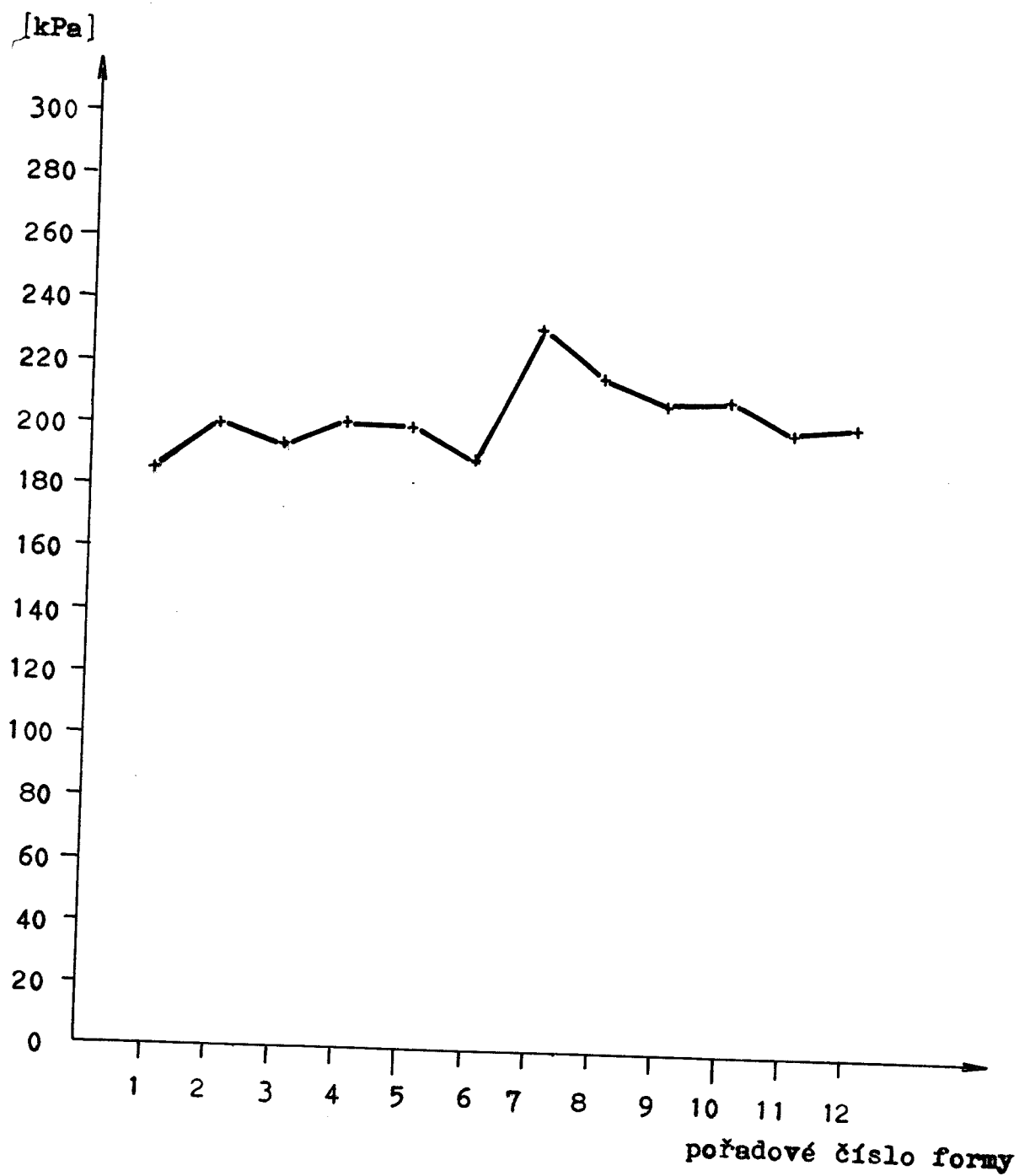
/ 1. měření /



Příloha č. 9 : PRŮBĚH HODNOT PEVNOSTI V TLAKU

/ 1. měření /

PEVNOST V TLAKU

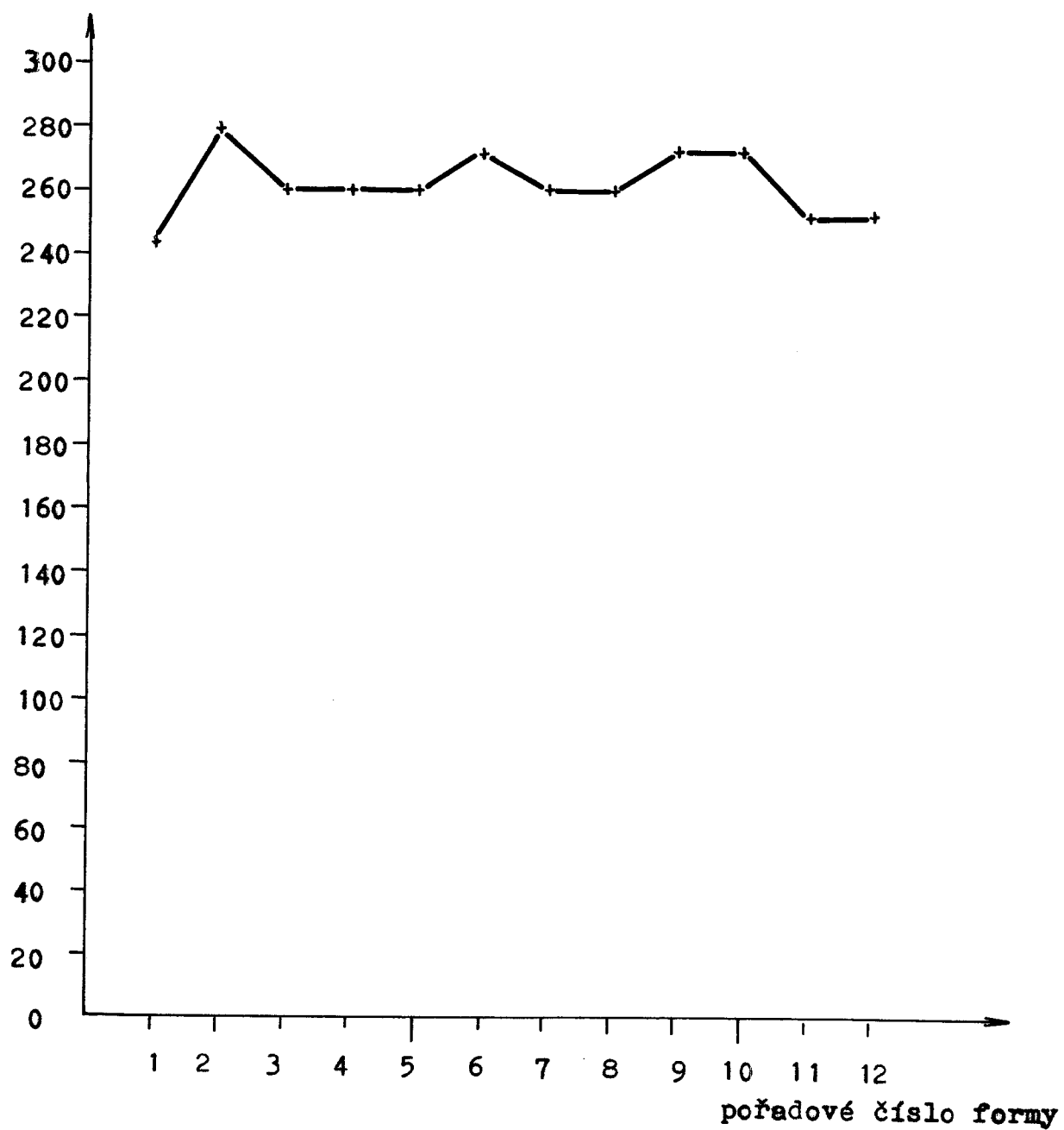


Příloha č. 10 : PRŮBĚH HODNOT PRODYŠNOSTI

/ 1. měření /

PRODYŠNOST

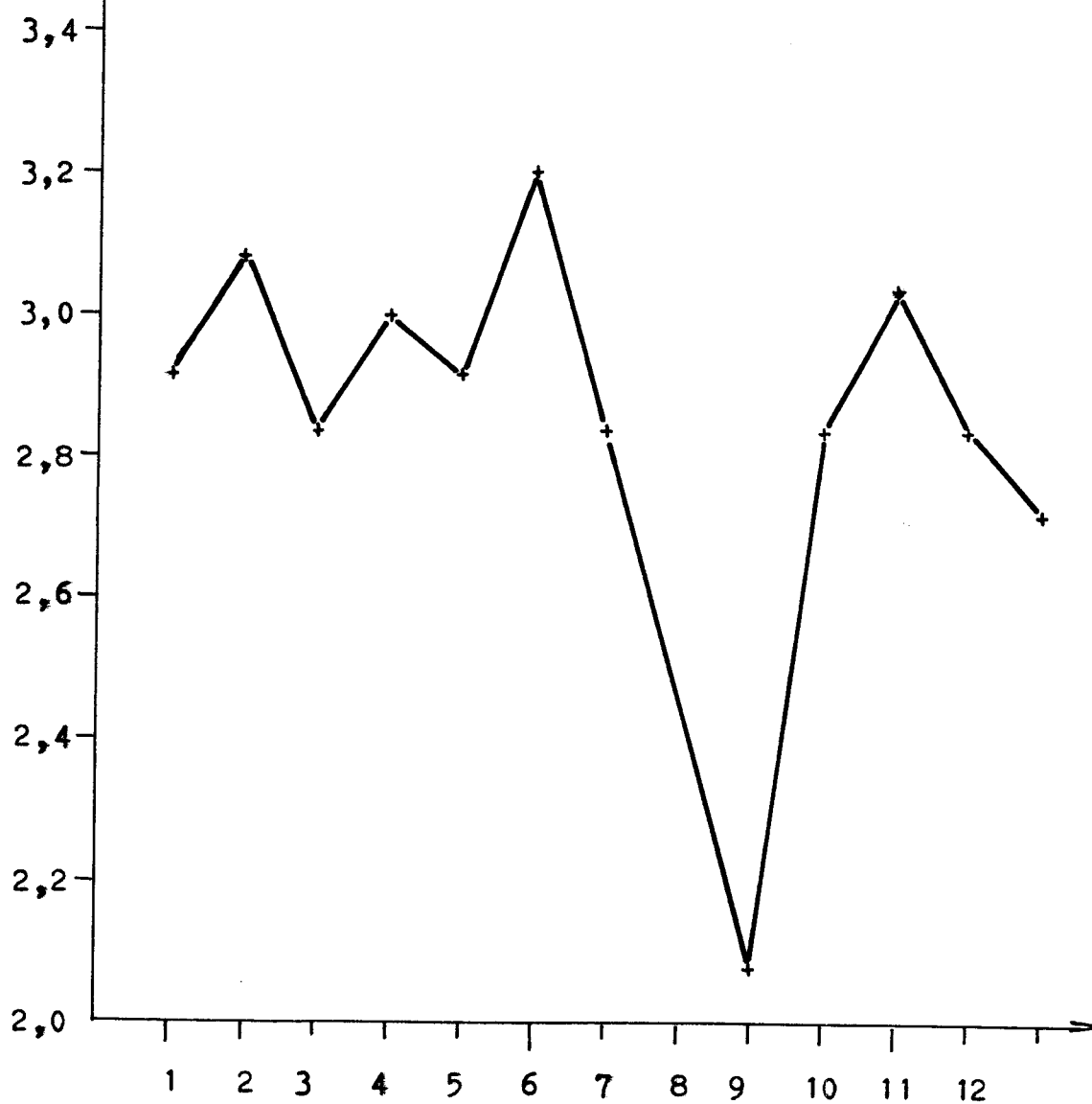
[n.j.p.]



Příloha č.11 : PRŮBĚH HODNOT VLHKOSTI - / 1. měření /

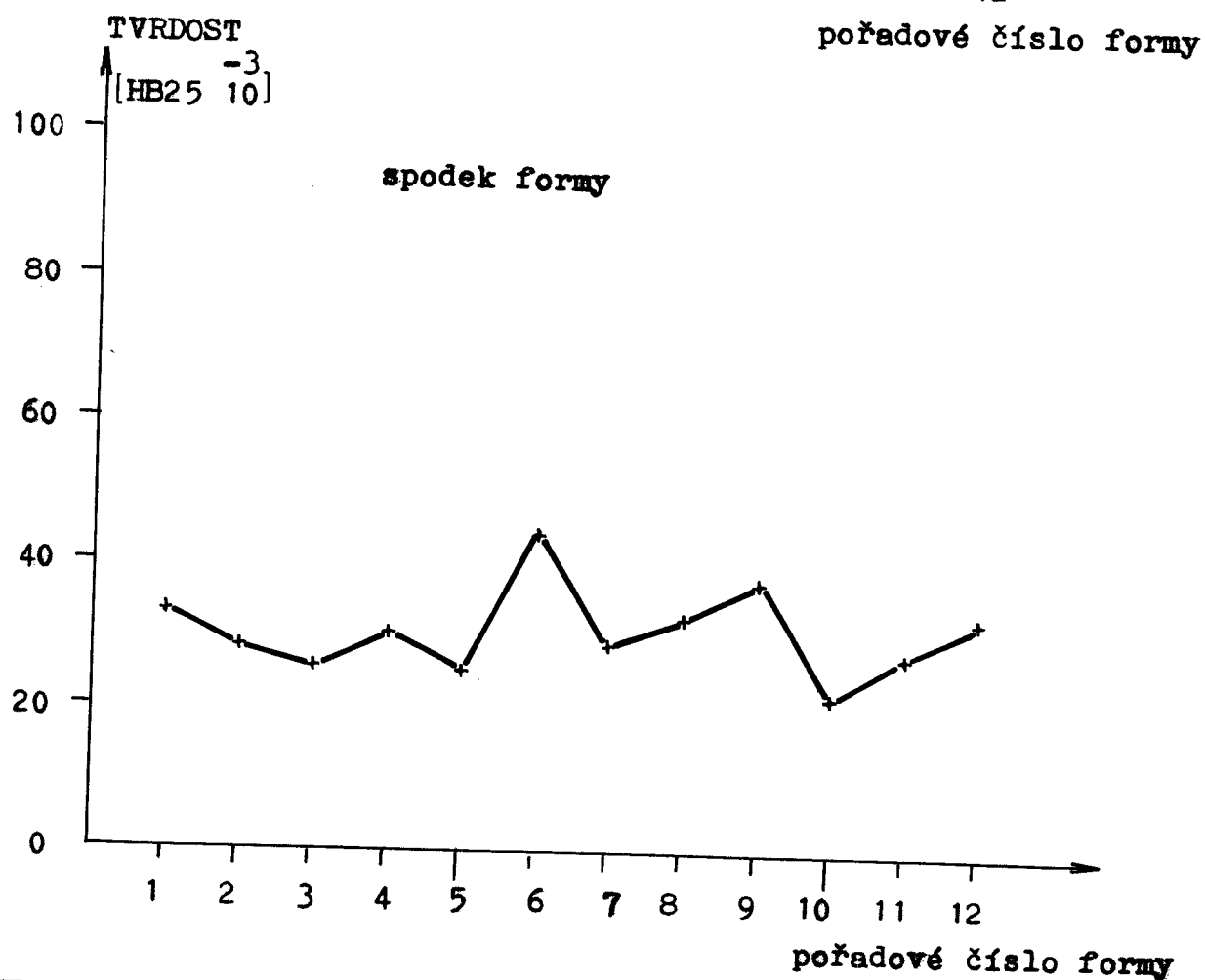
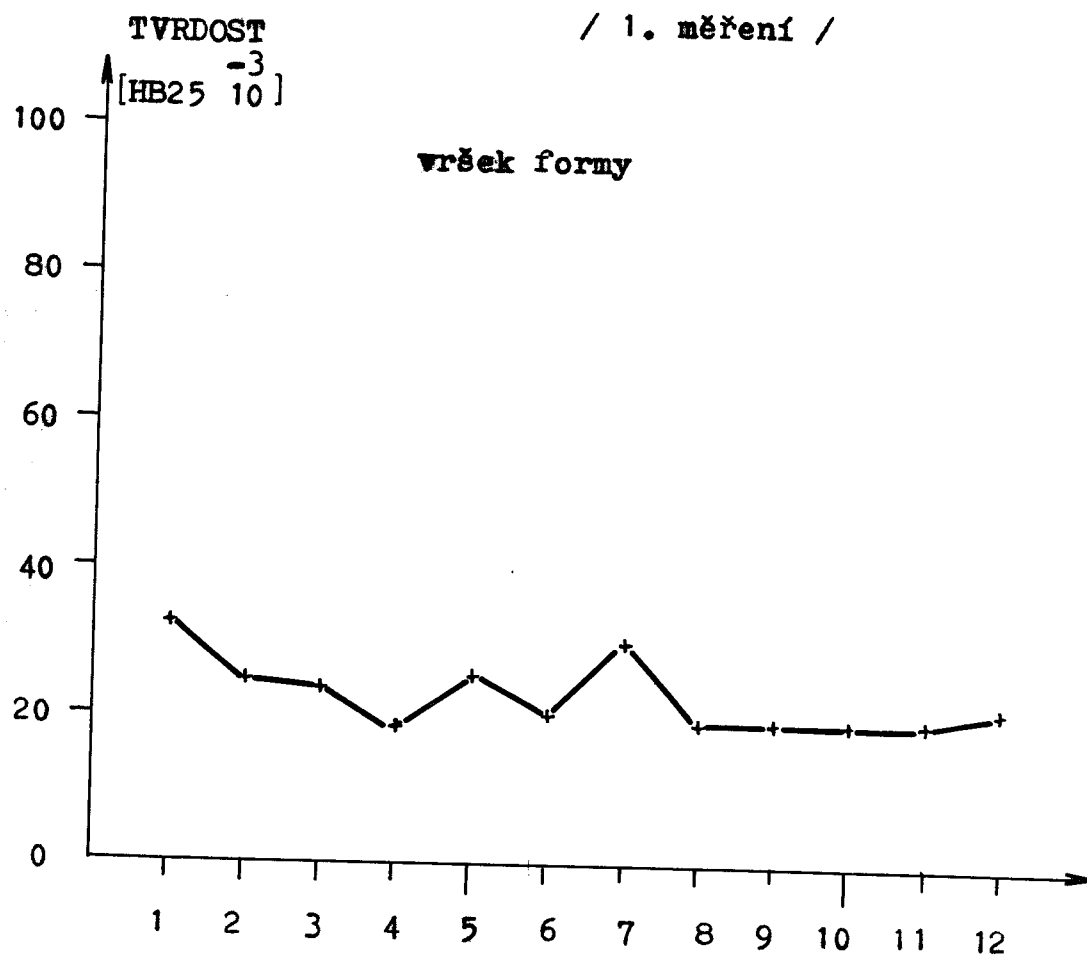
VLHKOST

[%]



pořadové číslo formy

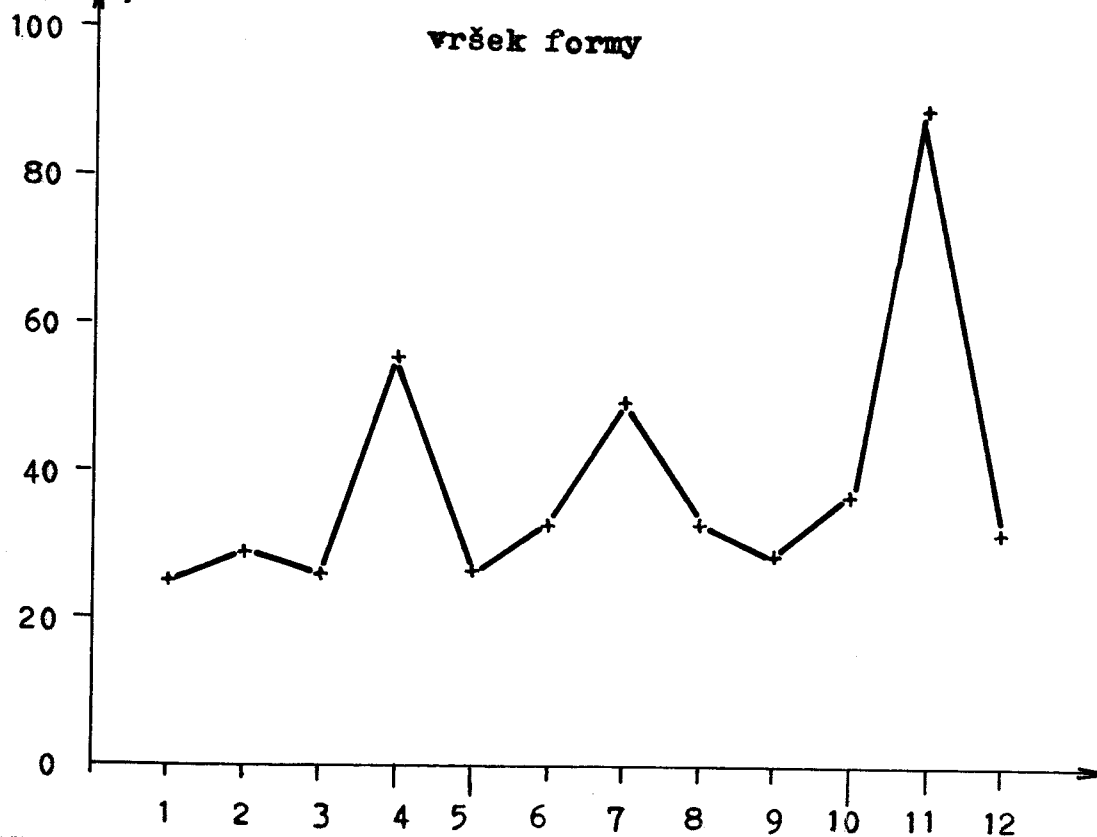
Příloha č.12 : PRŮBĚH HODNOT TVRDOSTI - měřené místo IV



Příloha č.13 : PRŮBĚH HODNOT TVRDOSTI - měřené místo II

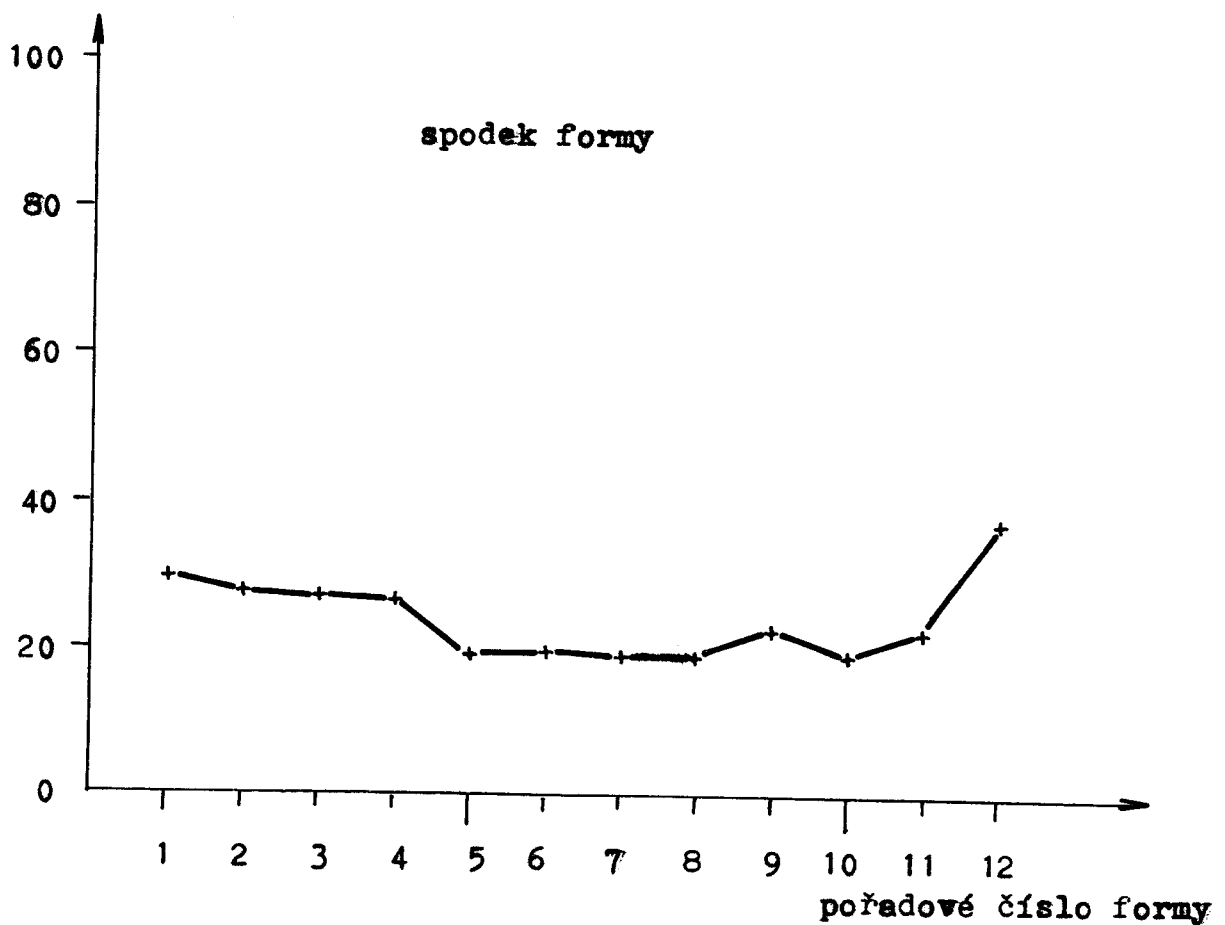
/ 1. měření /

TVRDOST₋₃
[HB25 10]



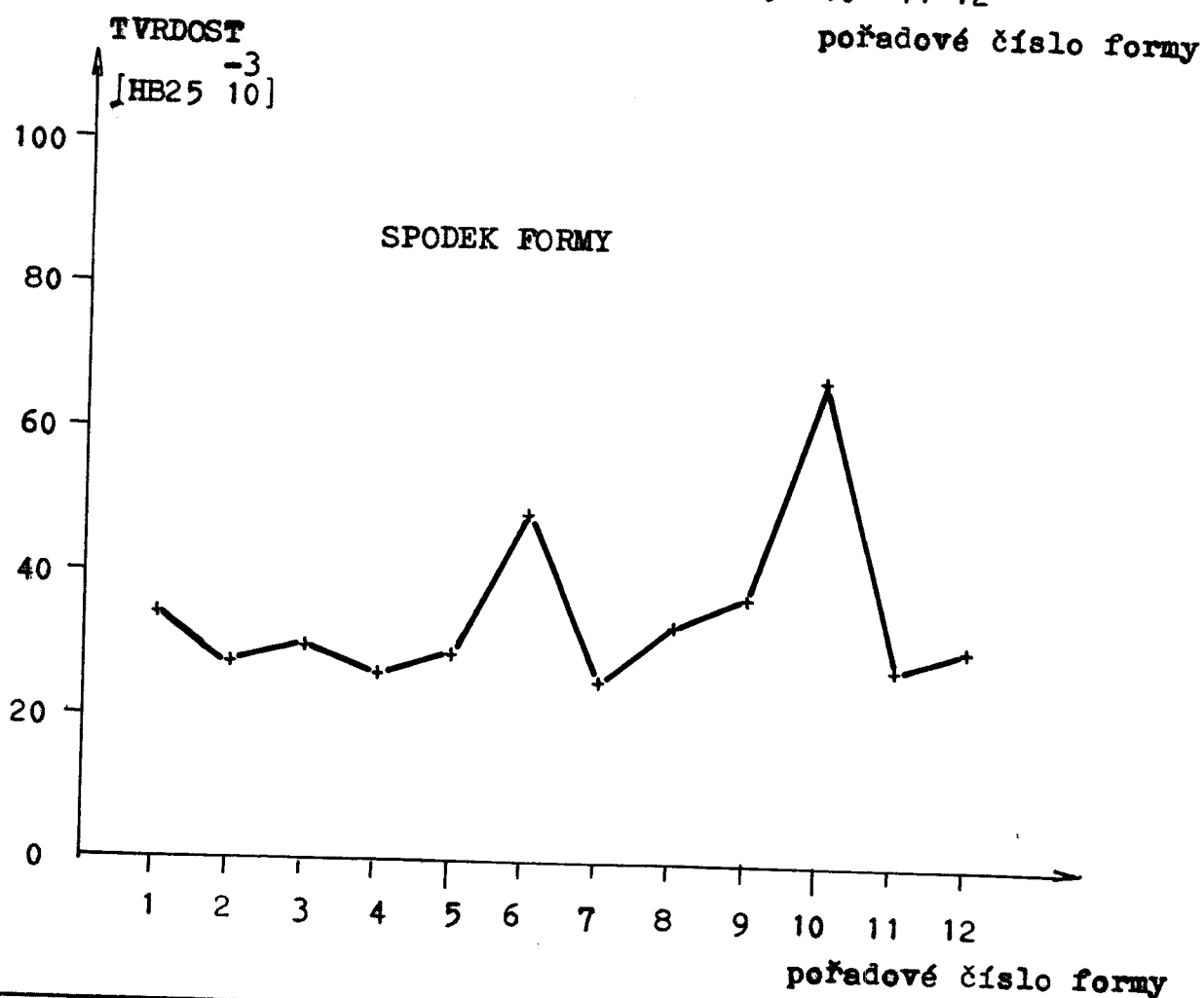
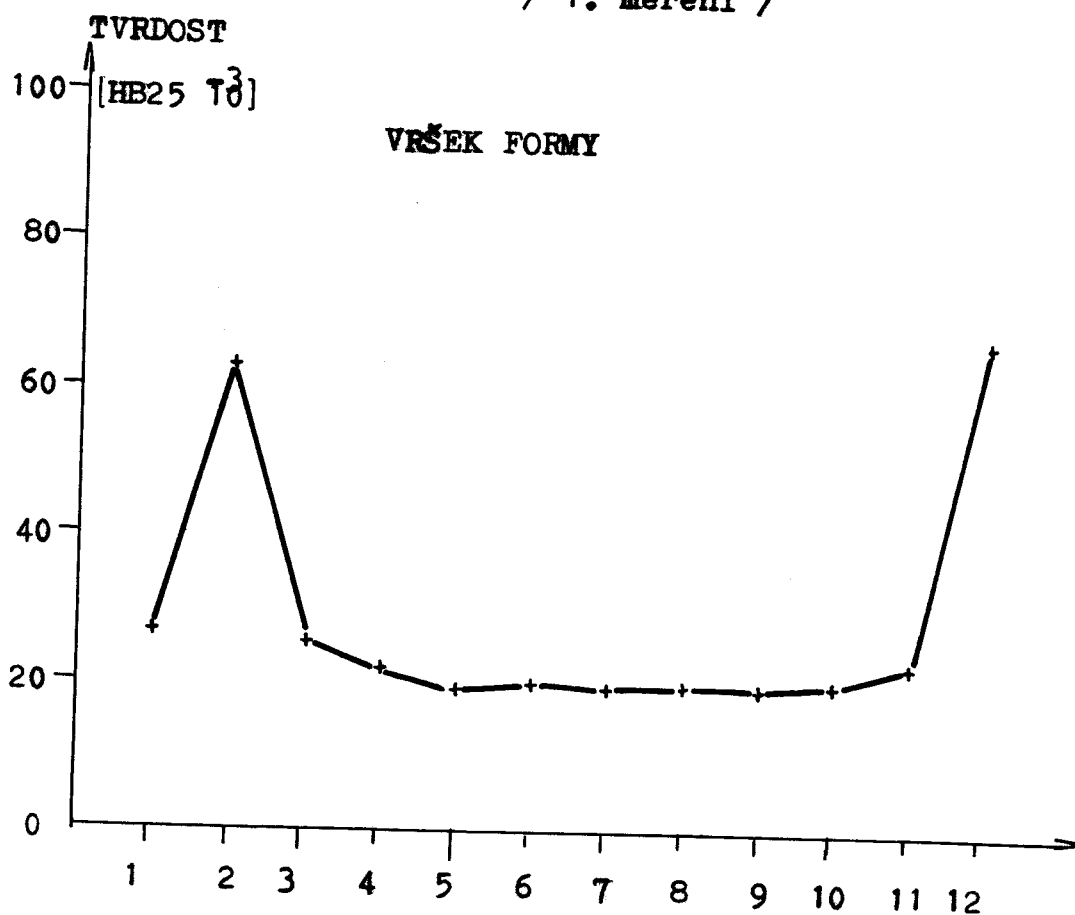
TVRDOST

₋₃
[HB25 . 10]



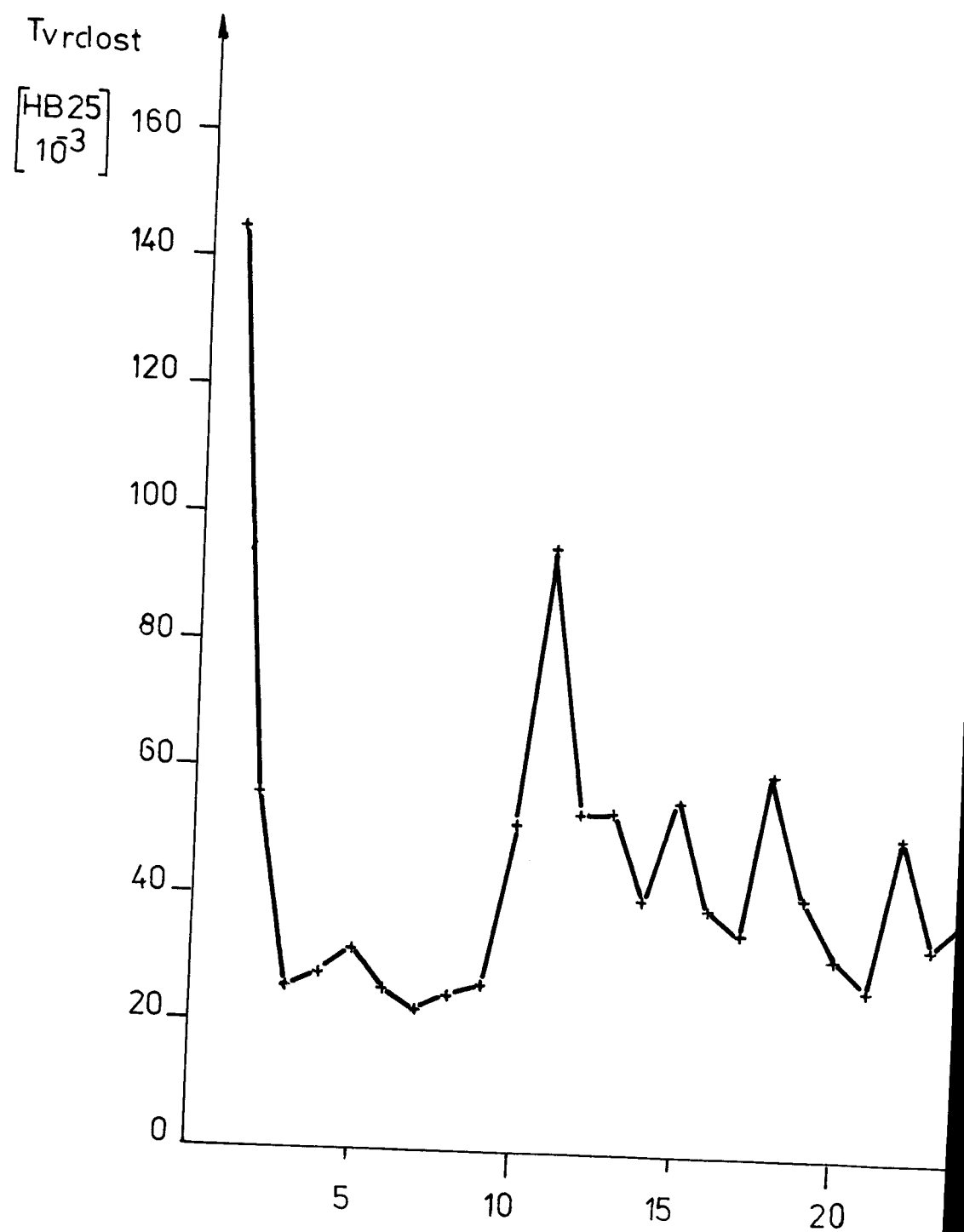
Příloha č.14 : PRŮBĚH HODNOT TVRDOSTI - měřené místo III

/ 1. měření /

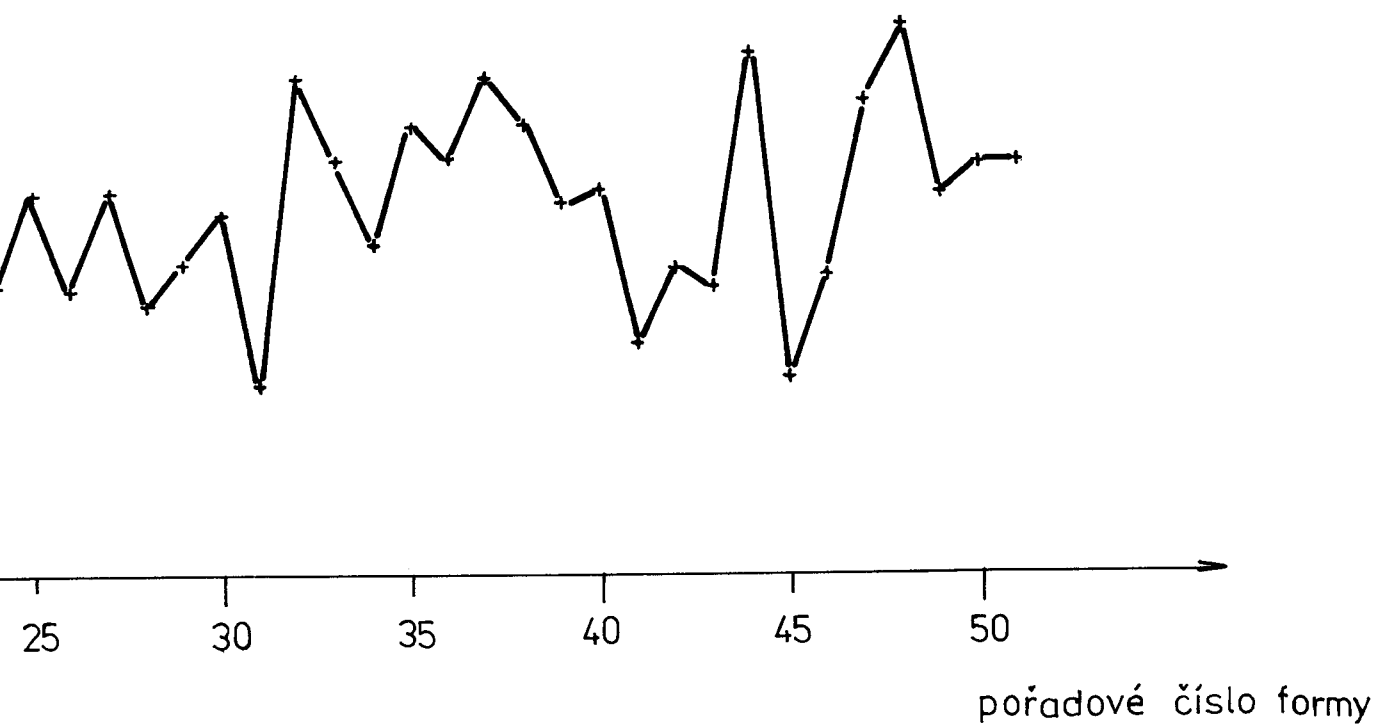


PŘÍLOHA č. 15: PRŮBĚH HODNOT TVR

vršek formy



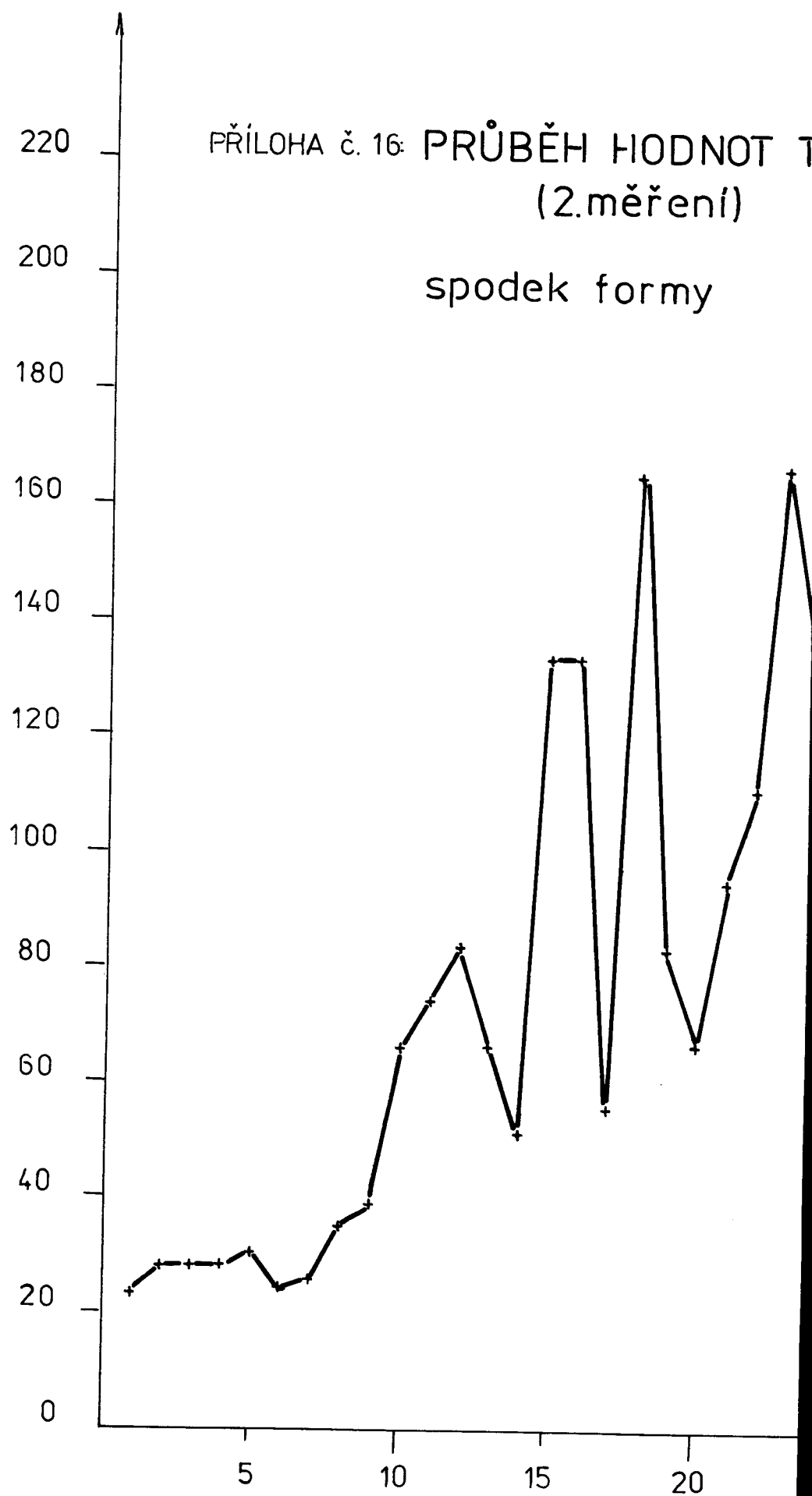
OSTI (2.měření)



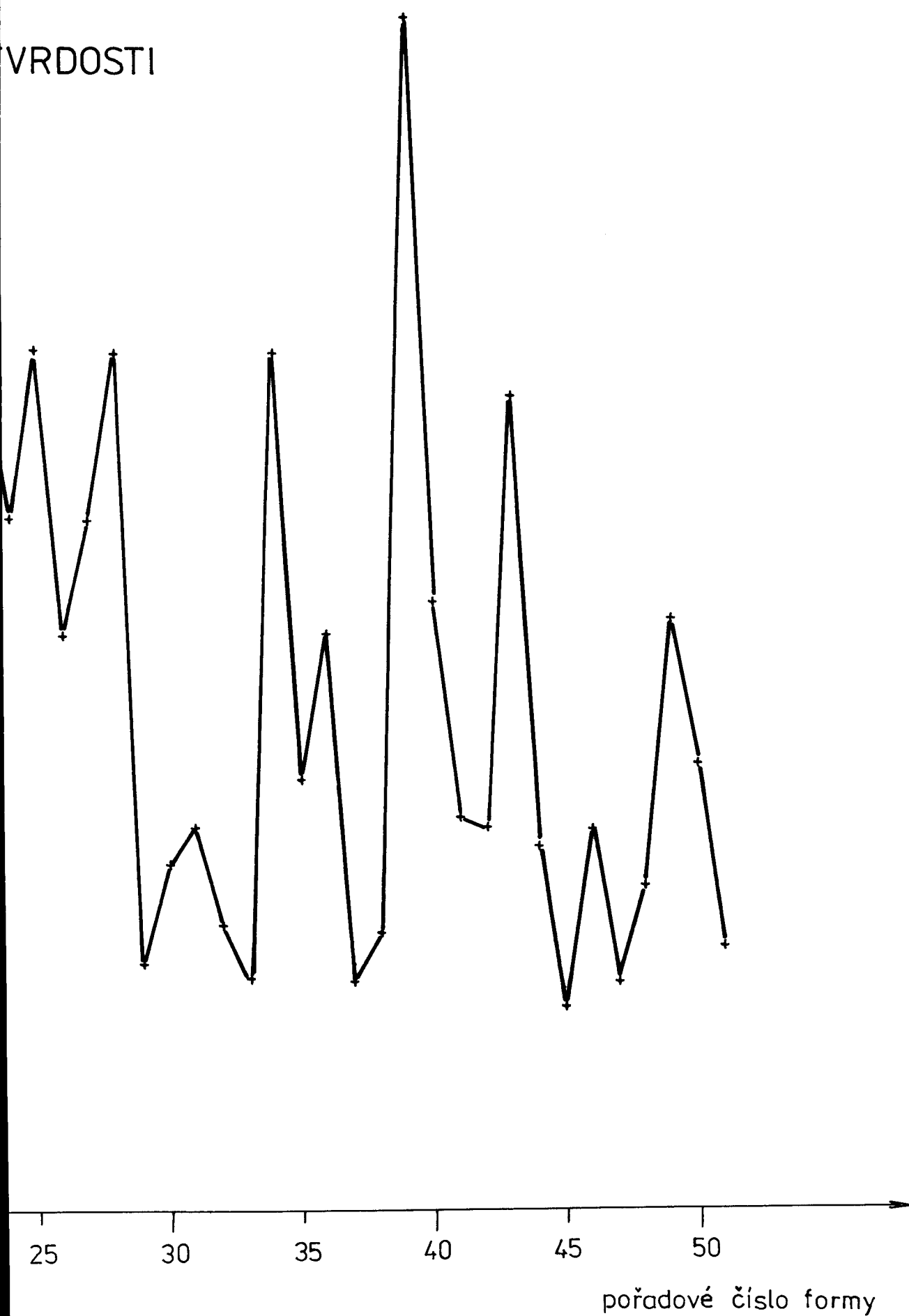
TVRDOST
[HB $25 \cdot 10^3$]

PŘÍLOHA č. 16 PRŮBĚH HODNOT T
(2.měření)

spodek formy

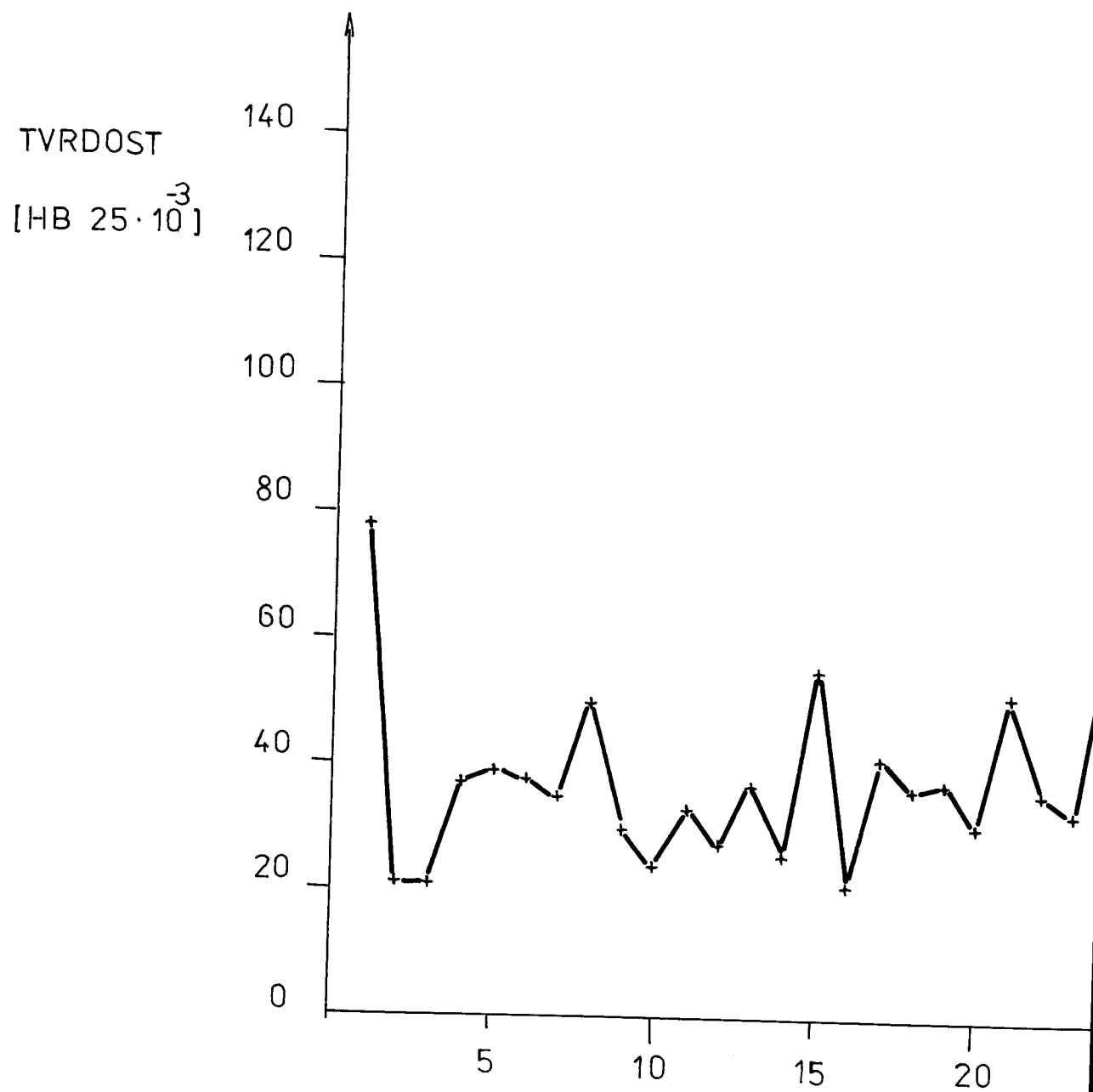


VRDOSTI

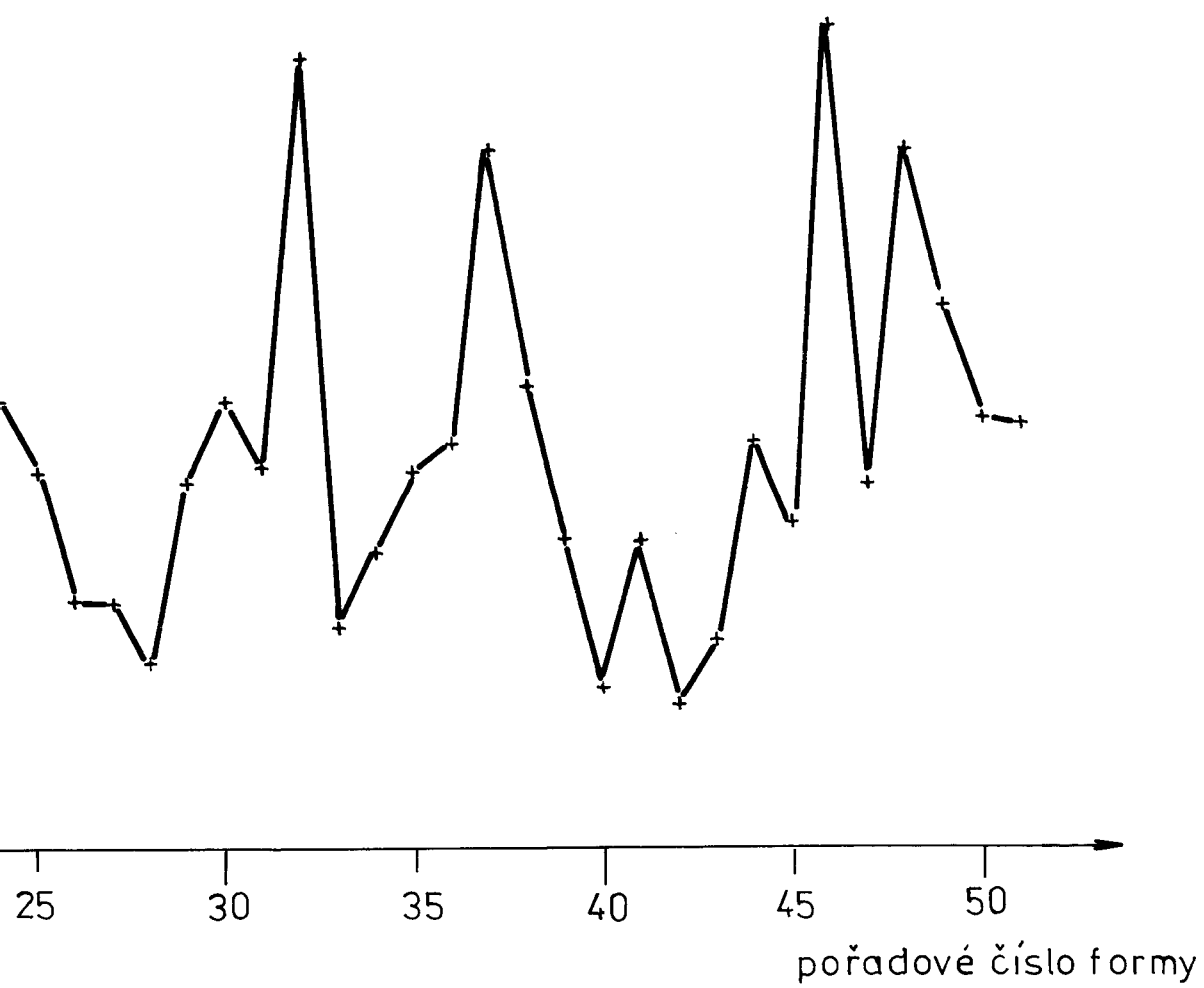


PŘÍLOHA č. 17 : PRŮBĚH HODNOT

vršek formy

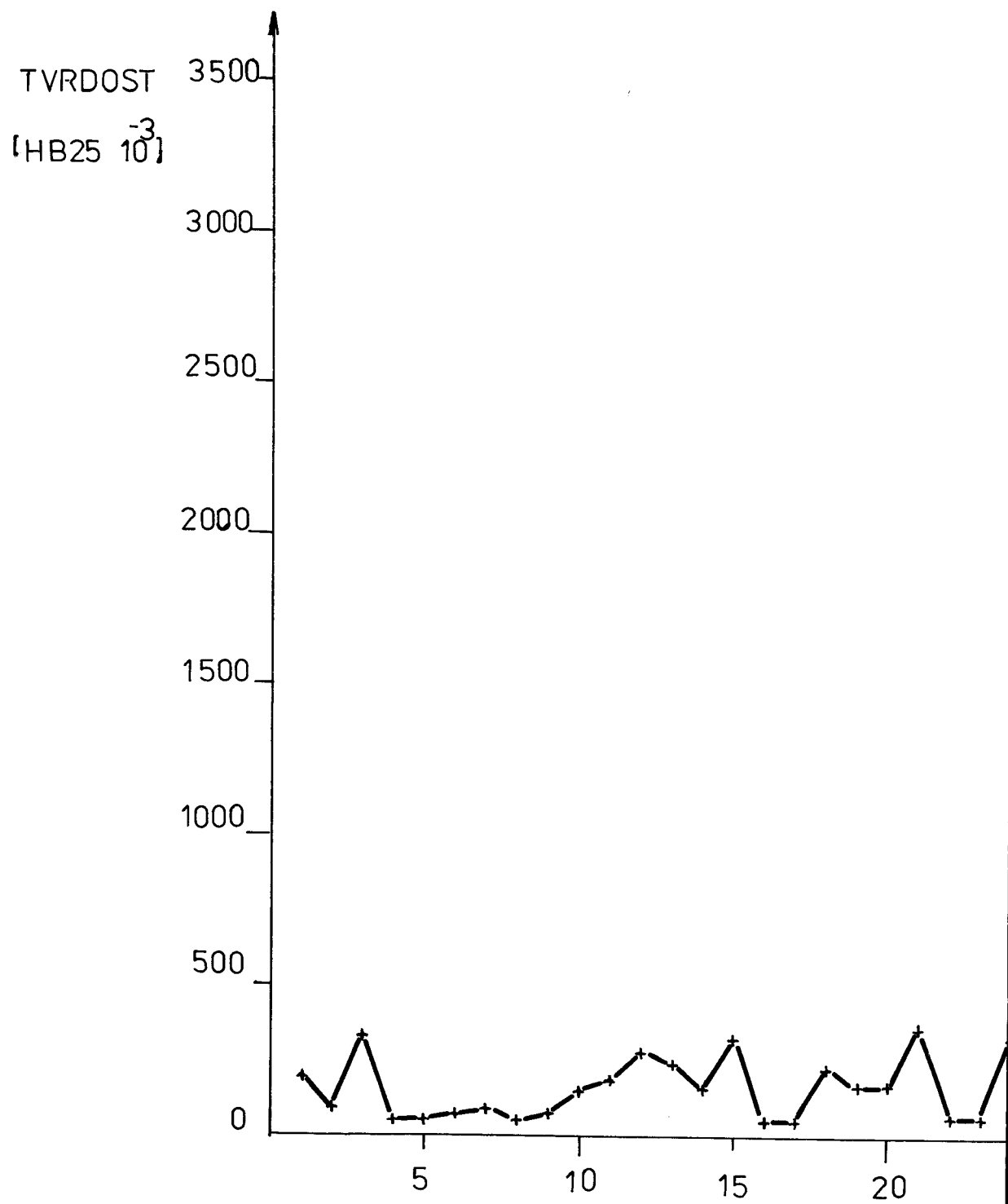


VRDOSTI (3. měření)

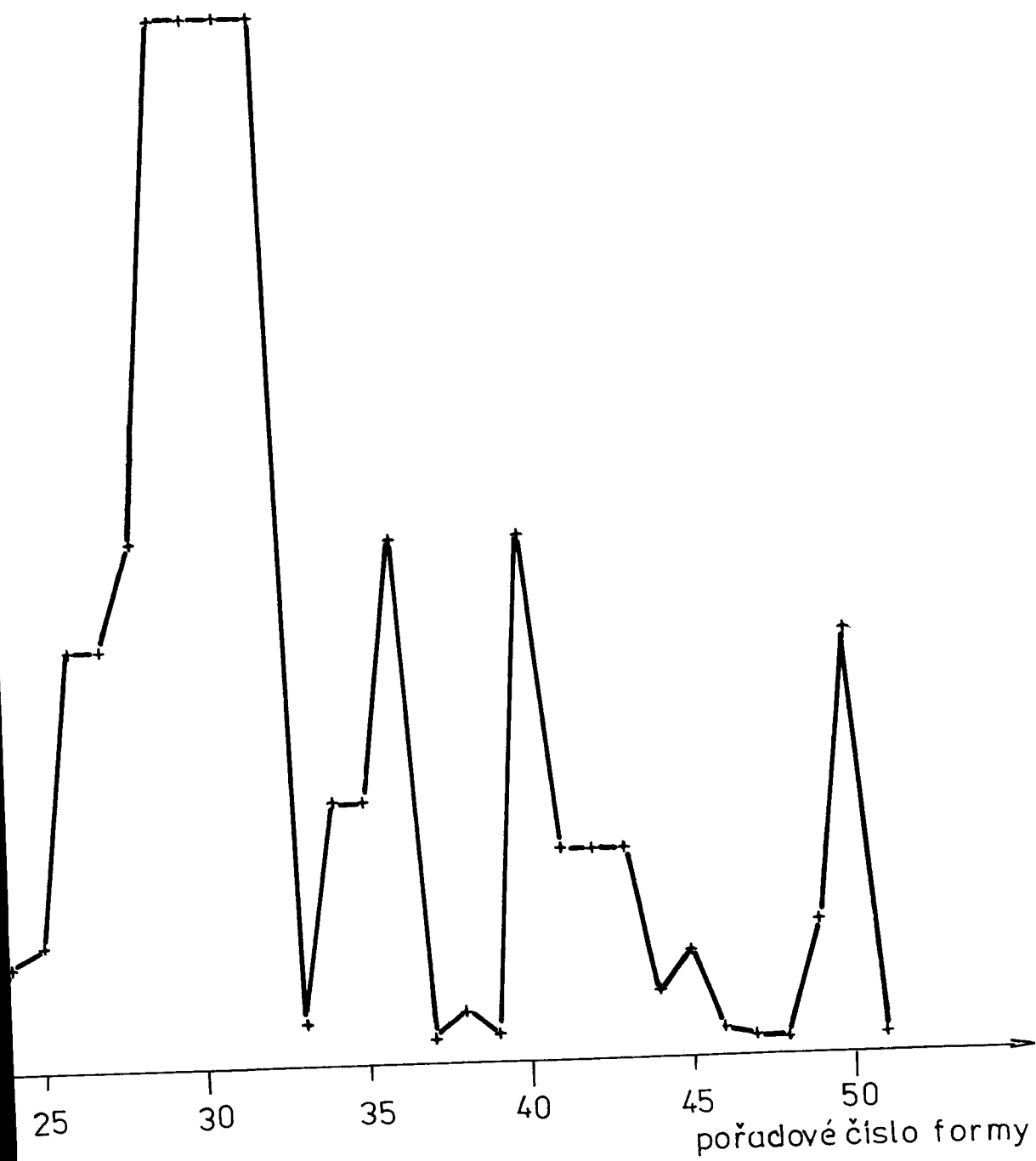


PŘÍLOHA č. 18 : PRŮBĚH HODNOT TVR

spodek formy

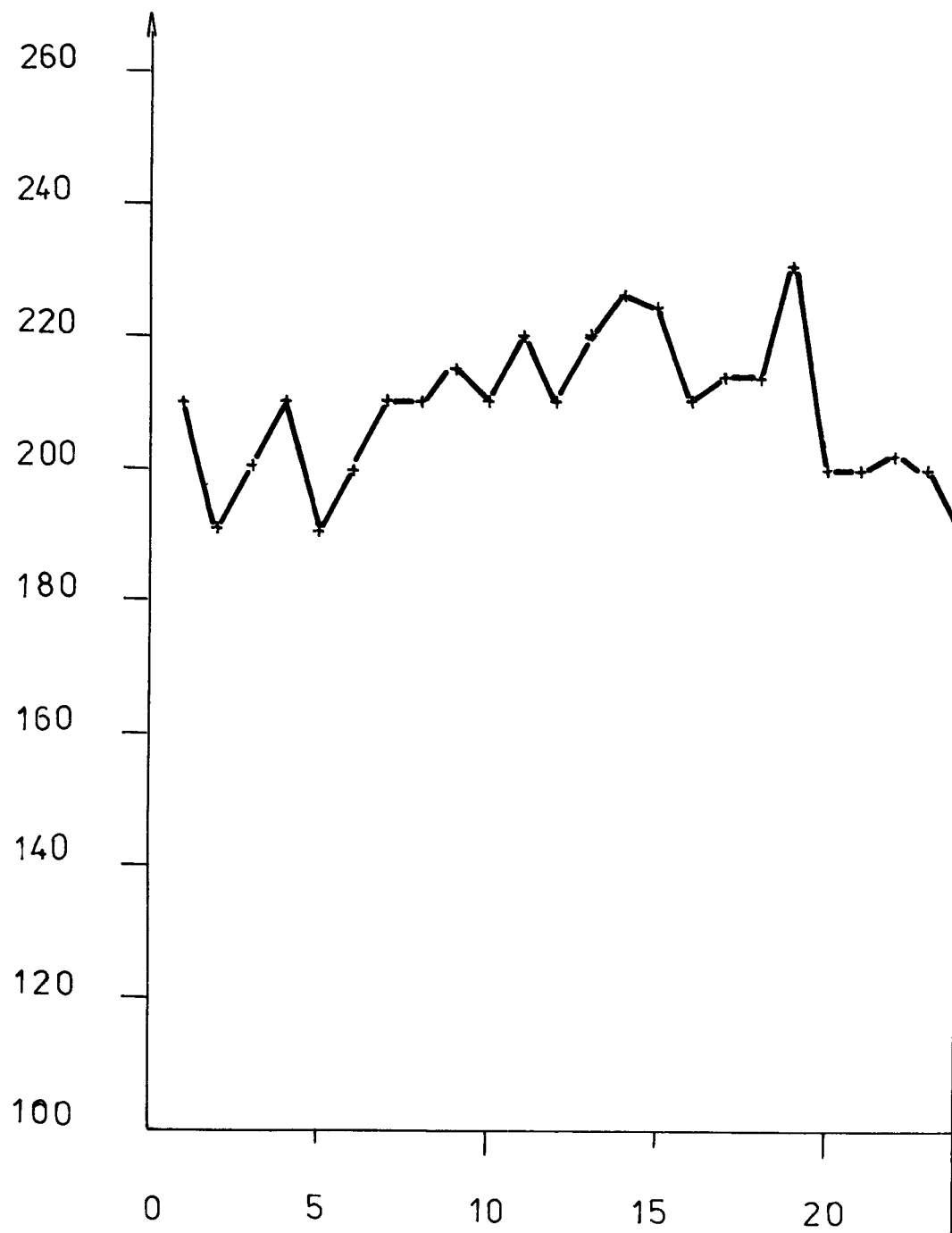


DOSTI (3.měření)

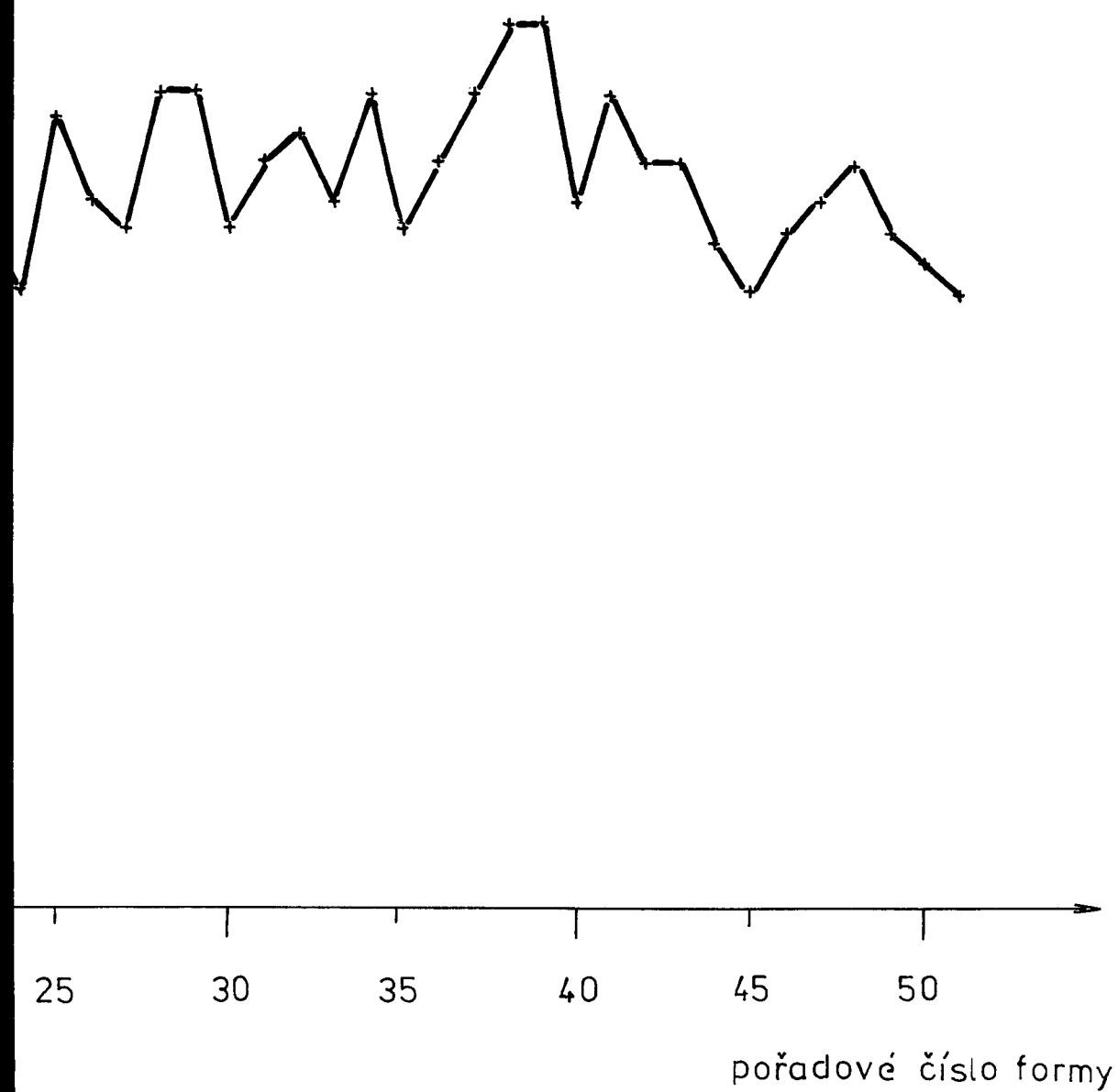


PŘÍLOHA č. 19: PRŮBĚH HODNOT PE

PEVNOST V
TLAKU
[kPa]

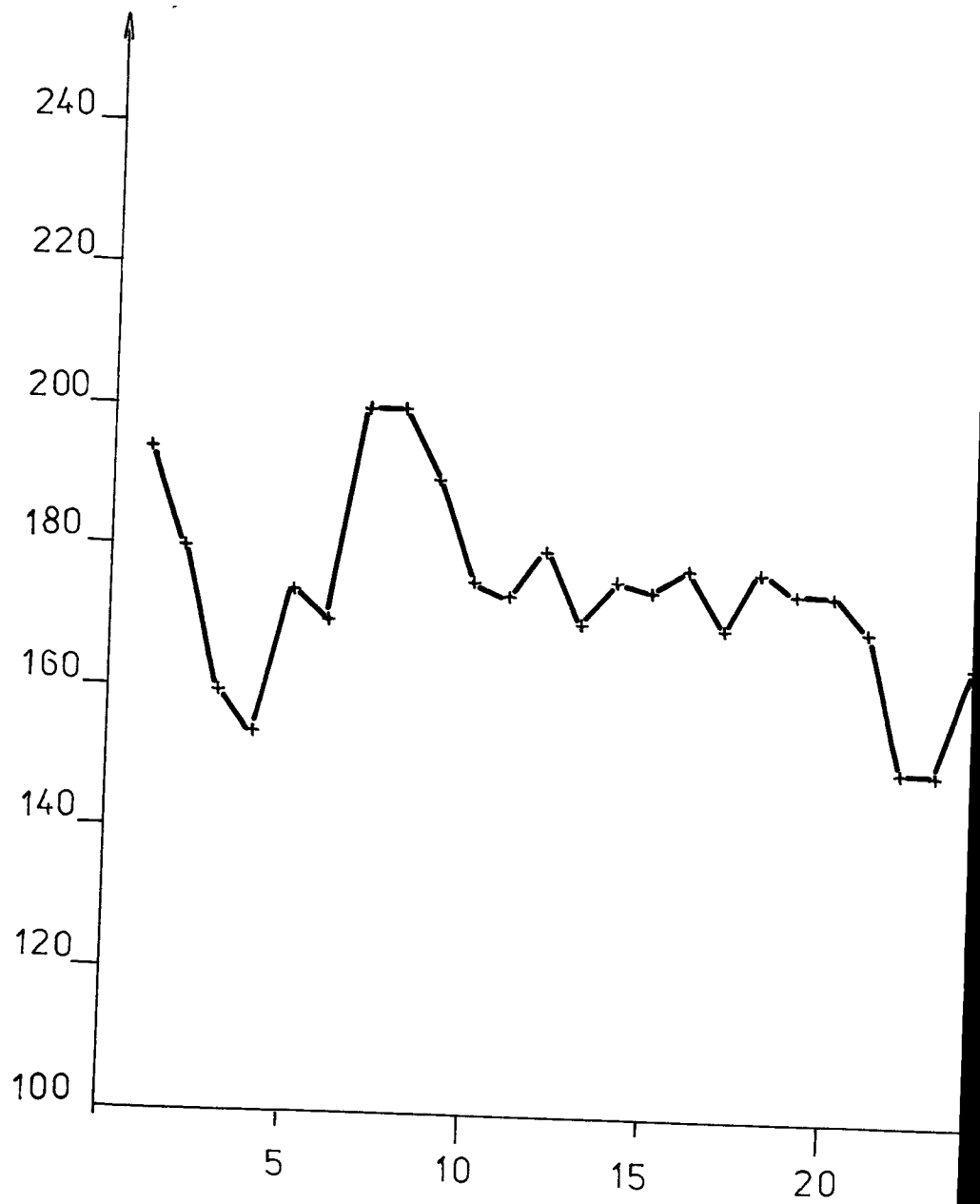


VNOSTI V TLAKU (2.měření)



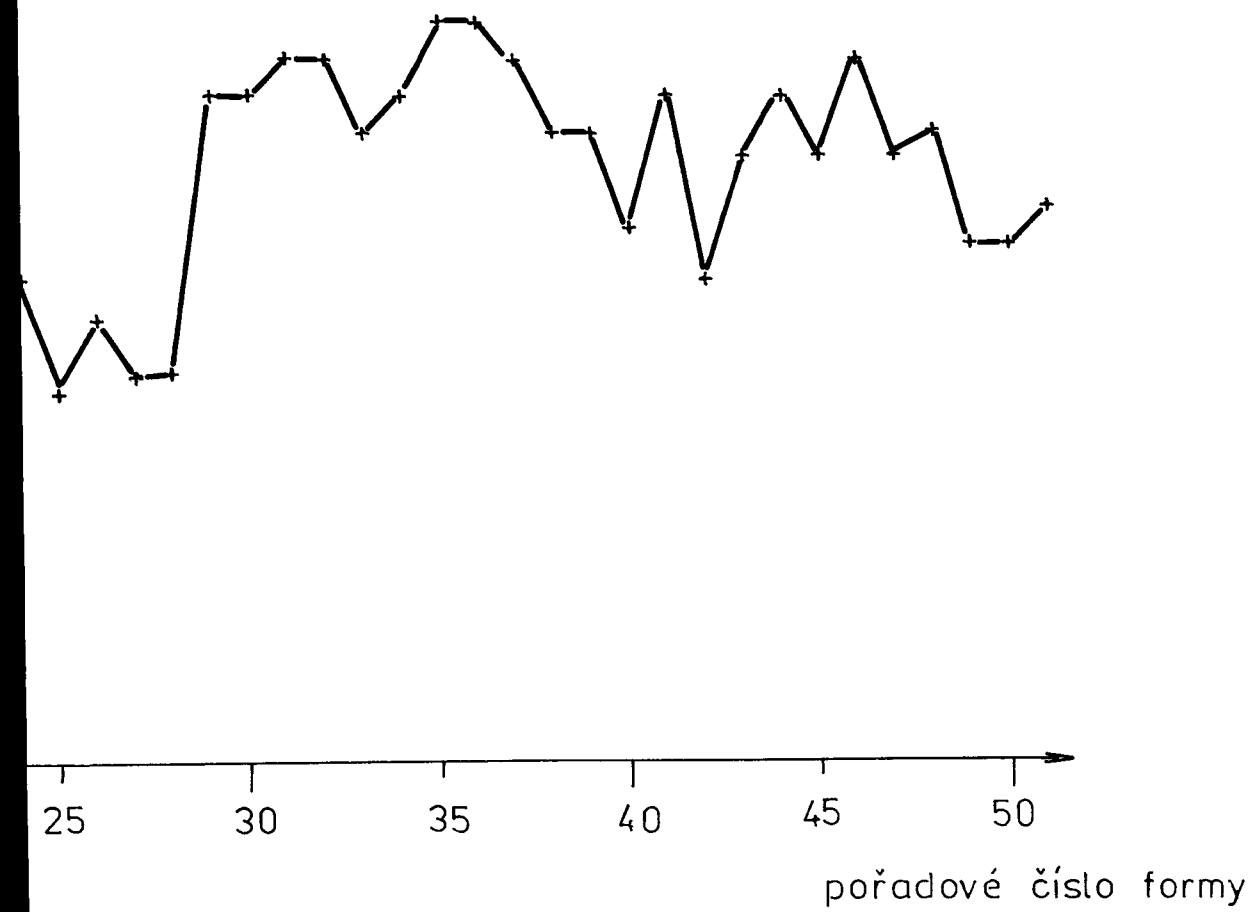
PŘÍLOHA č.20 PRŮBĚH HODNOT PEVNOSTI V TLAKU

PEVNOST V
TLAKU
[kPa]



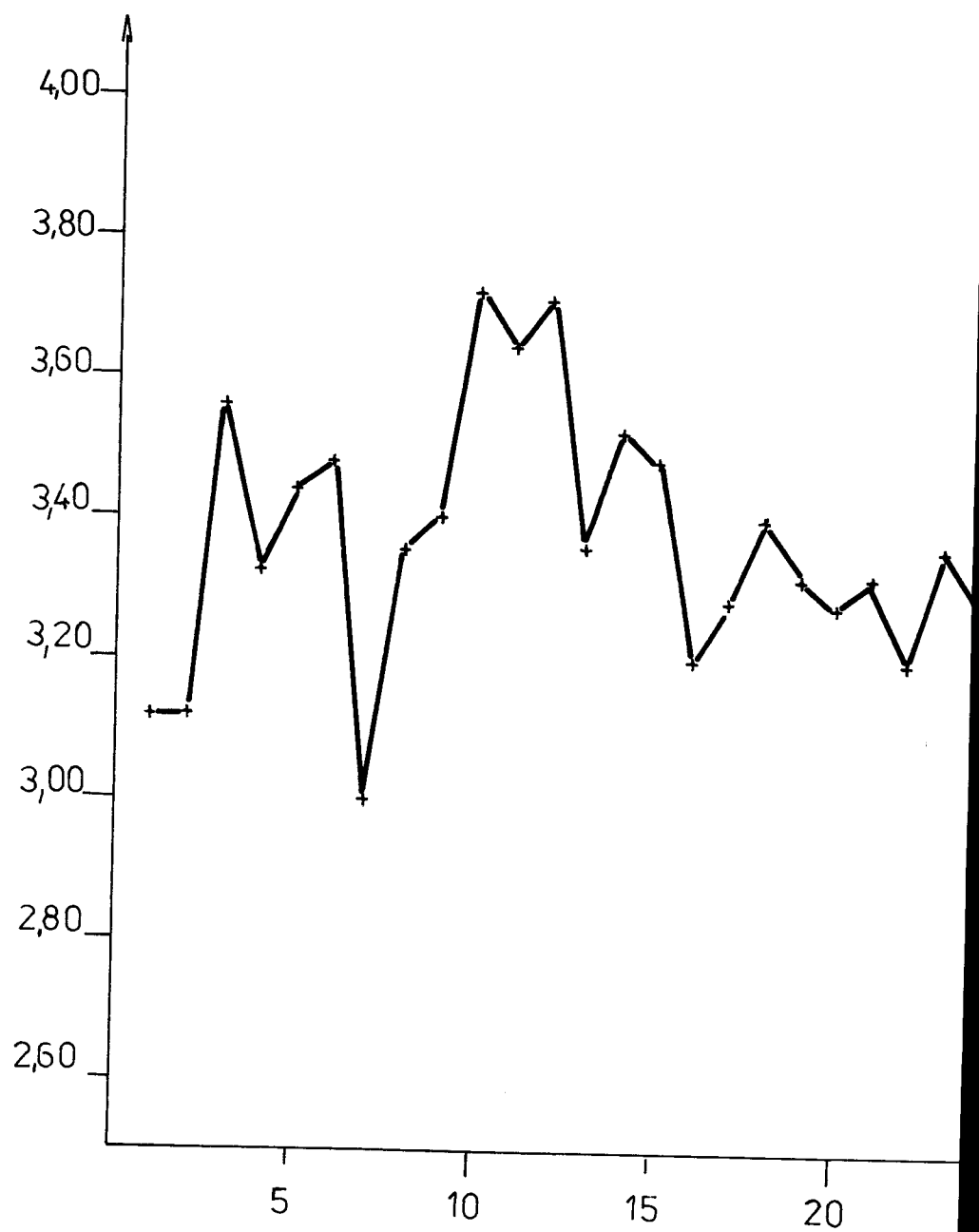
NOSTI V TLAKU

(3. měření)

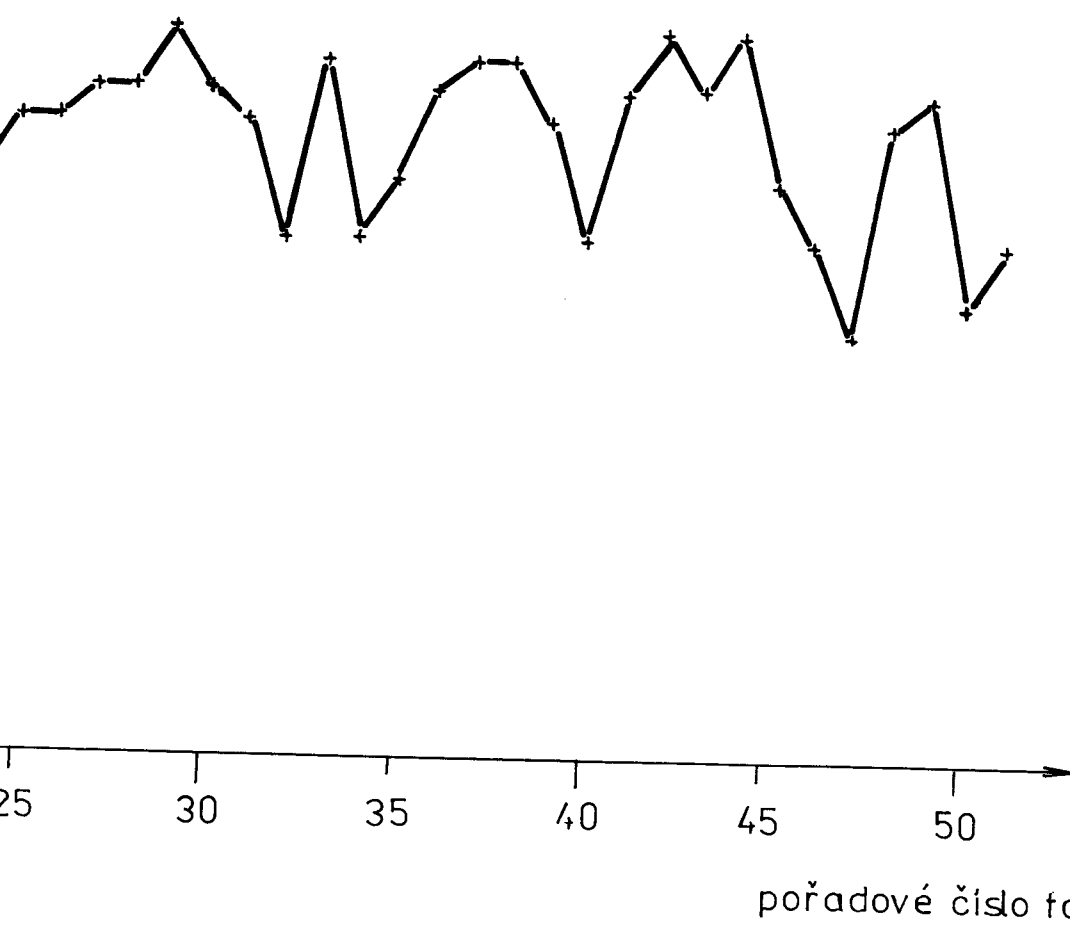


PŘÍLOHA č.21 : PRŮBĚH HODNOT V

VLHKOST
[%]

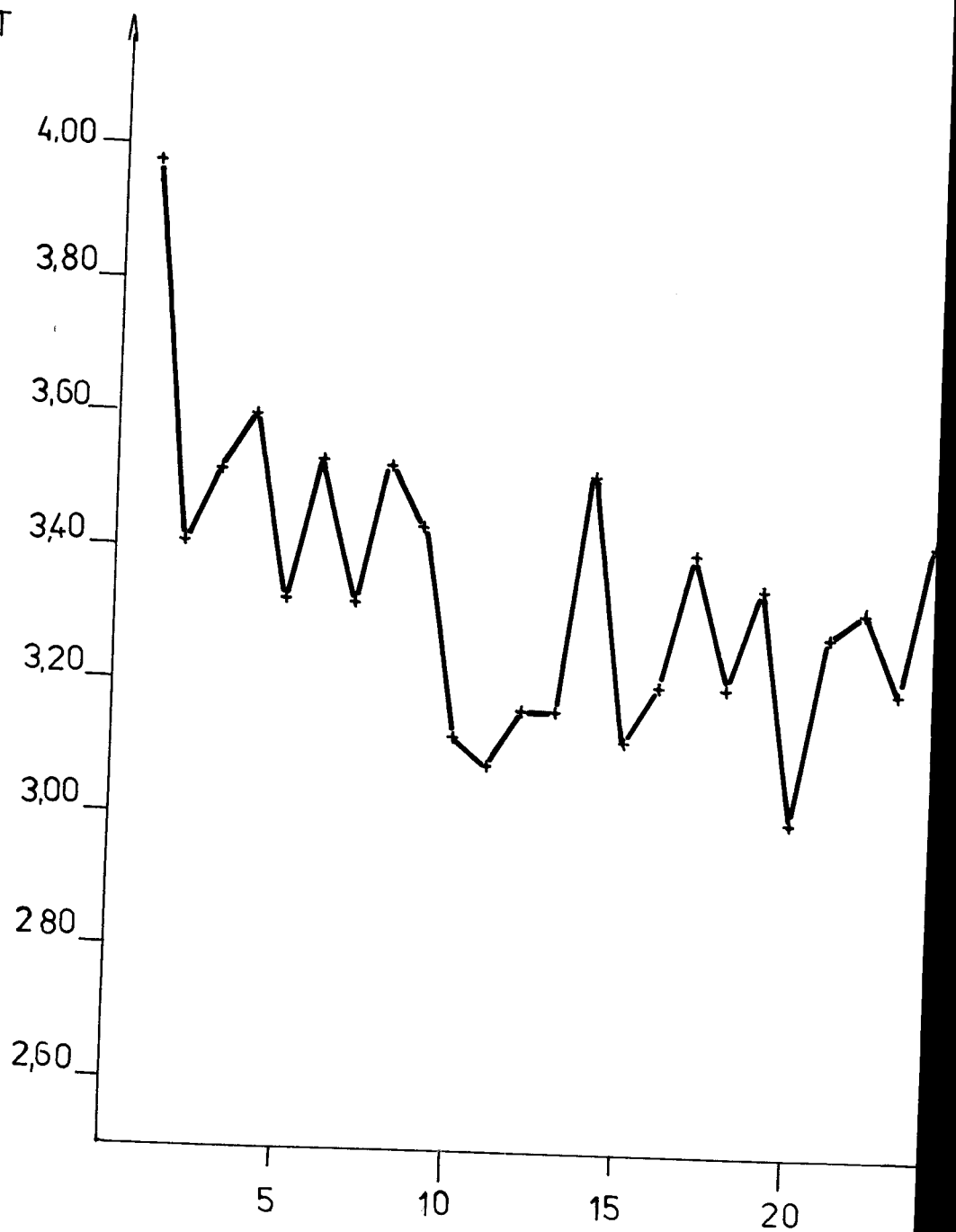


HKOSTI (3 měření)

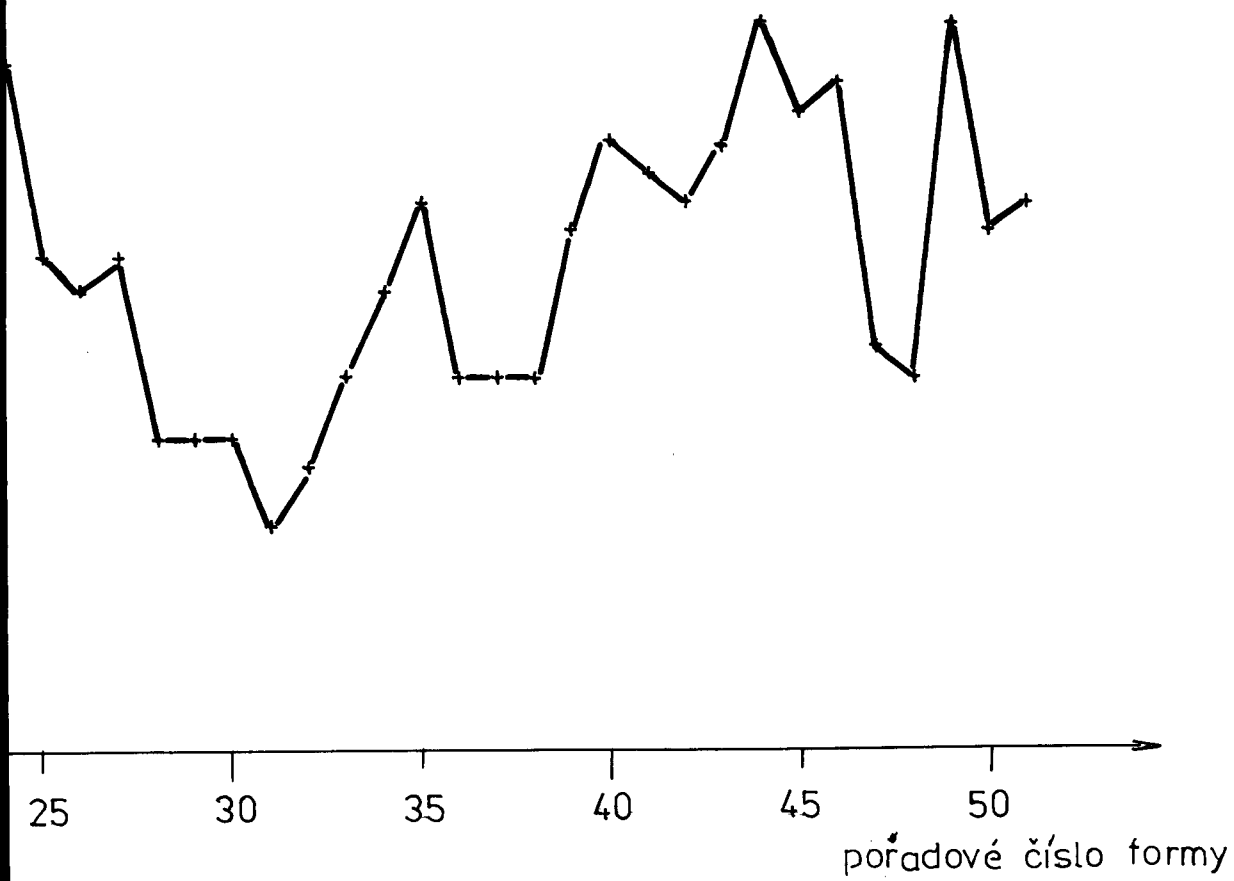


PŘÍLOHA č. 22 PRŮBĚH HODNOT VLHKOST

VLHKOST
[%]

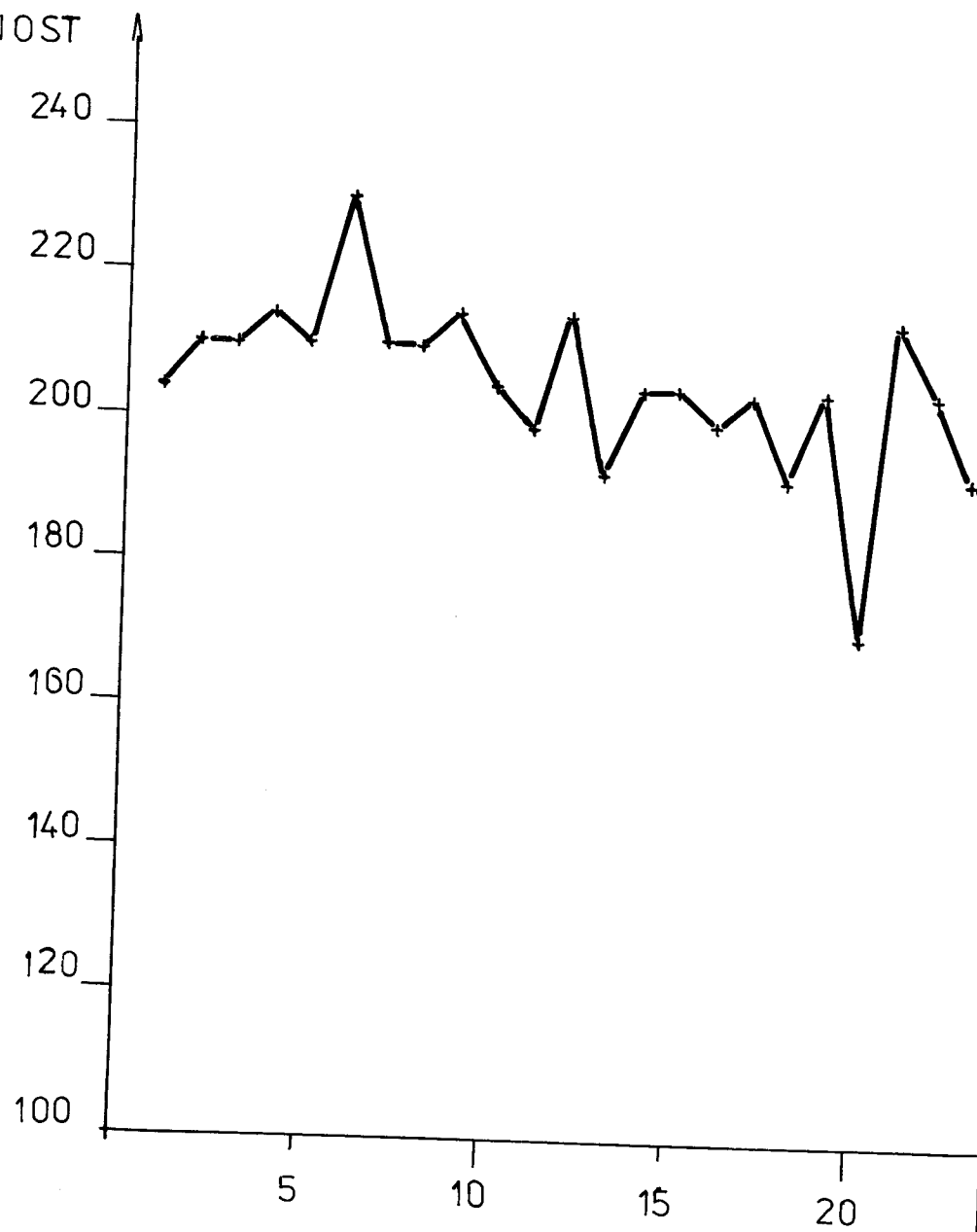


TI - 2. měření

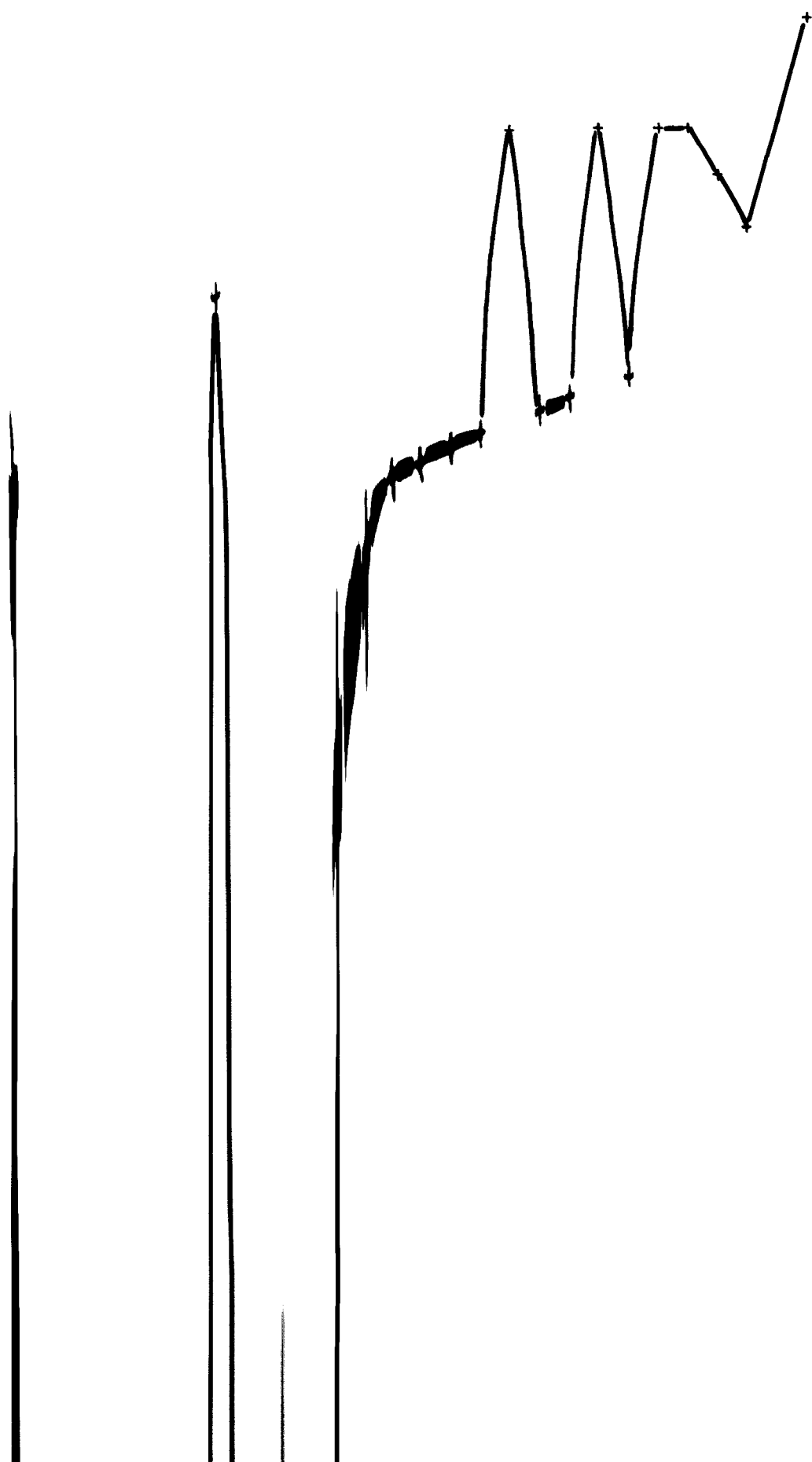


PŘÍLOHA č. 23 : PRŮBĚH HODNOT PRO

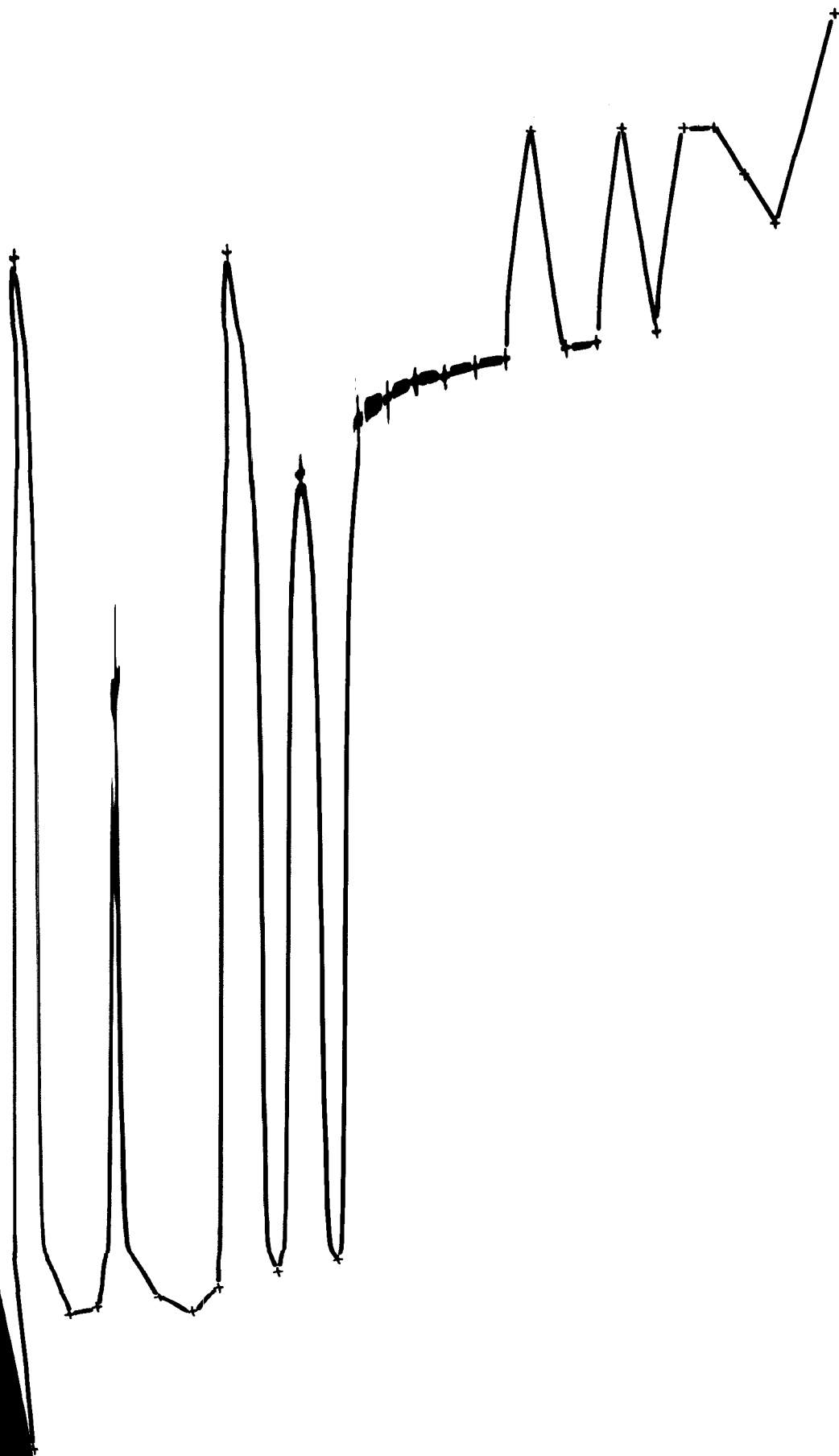
PRODYŠNOST
[n.j.p]



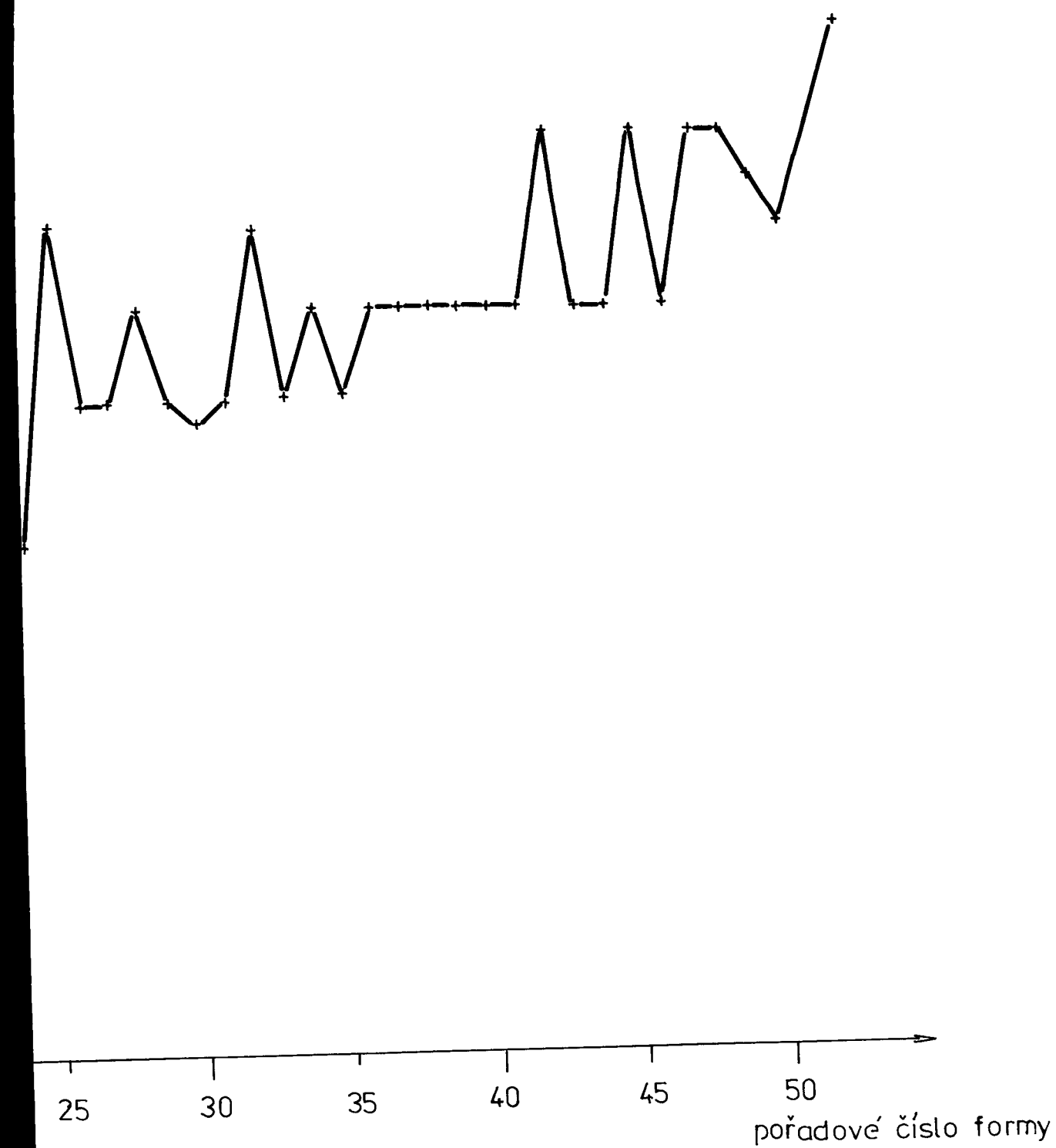
DYŠNOSTI - 2.měření



DYŠNOSTI - 2. měření

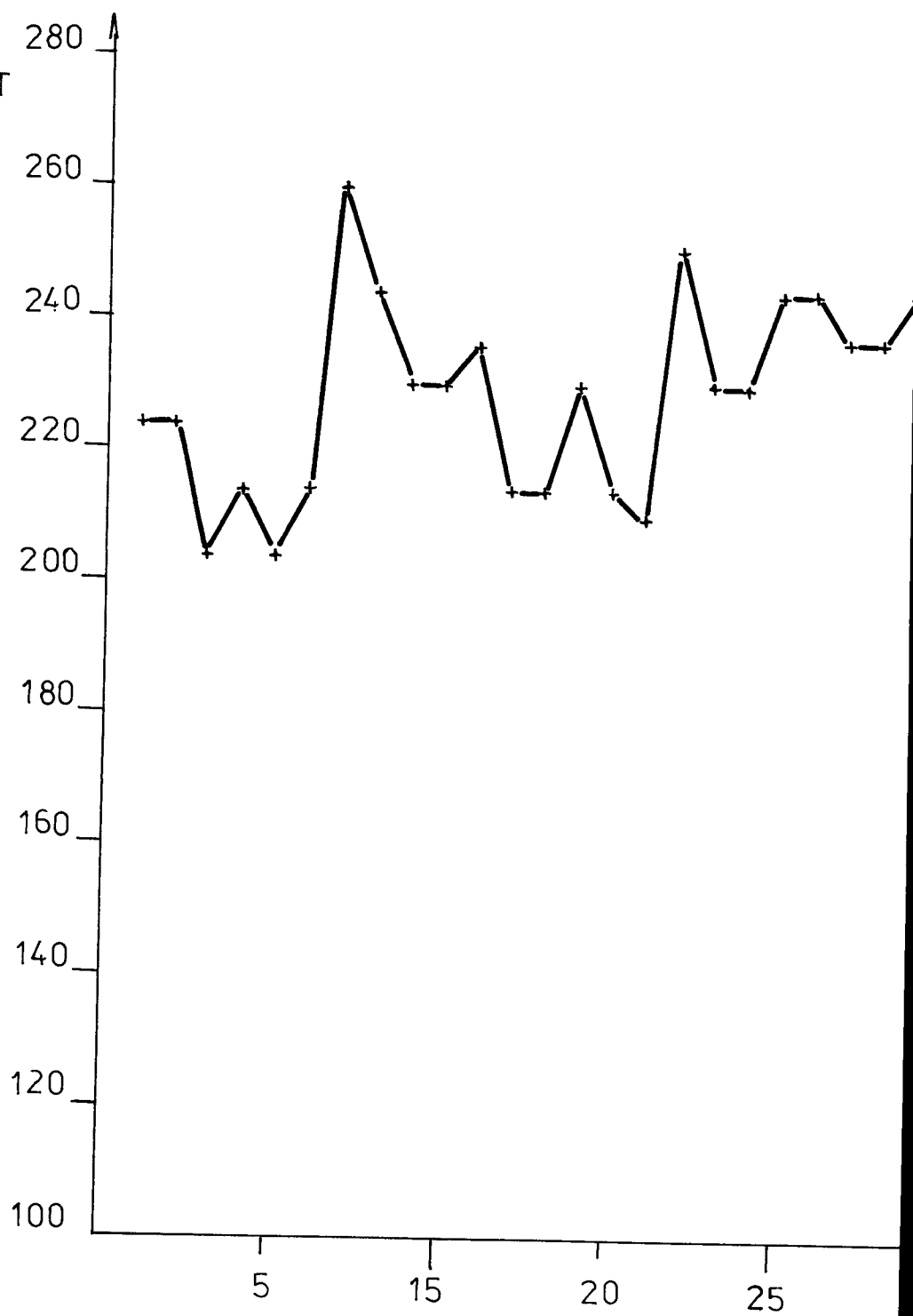


ODYŠNOSTI - 2.měření

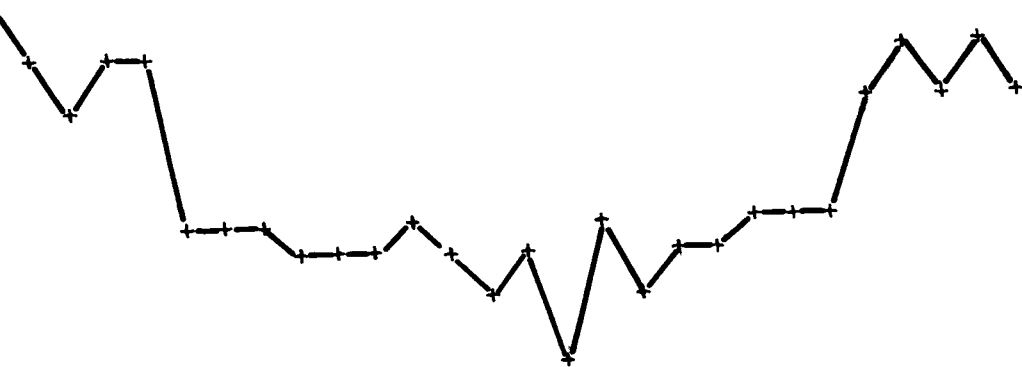


PŘÍLOHA č. 24 : PRŮBĚH HODNOT P

PRODYŠNOST
[n.j.p]



RODYŠNOSTI (3. měření)



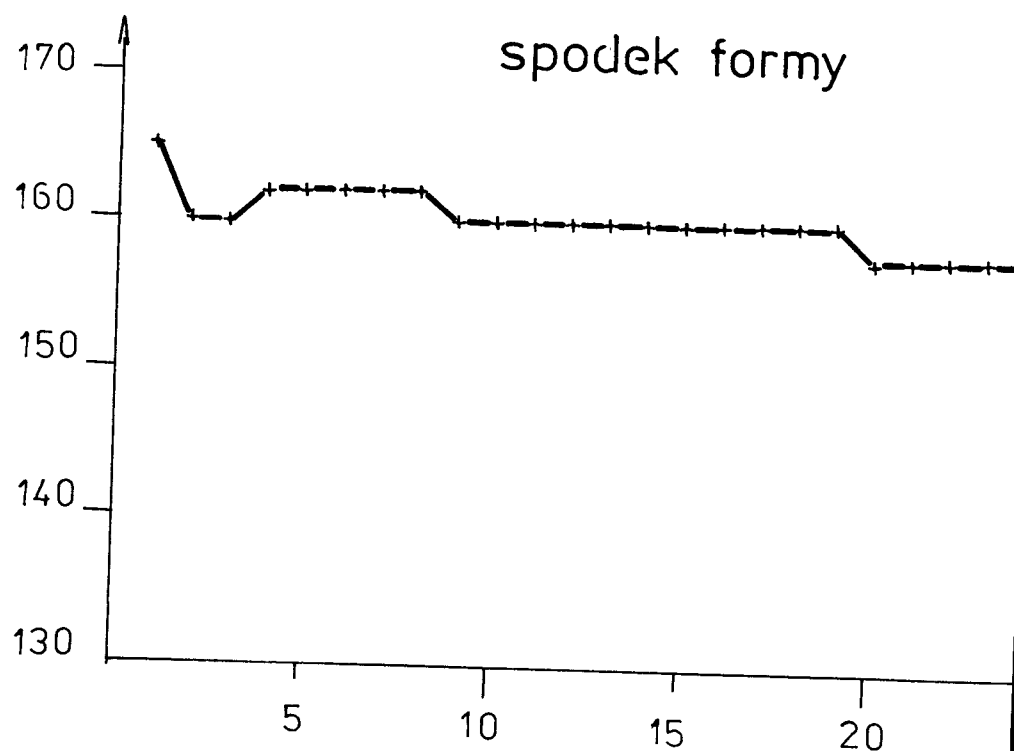
30 35 40 45 50

pořadové číslo formy

PŘÍLOHA č. 25 : PRŮBĚH HODNOT V
MEZI ÚROVNÍ FORMO

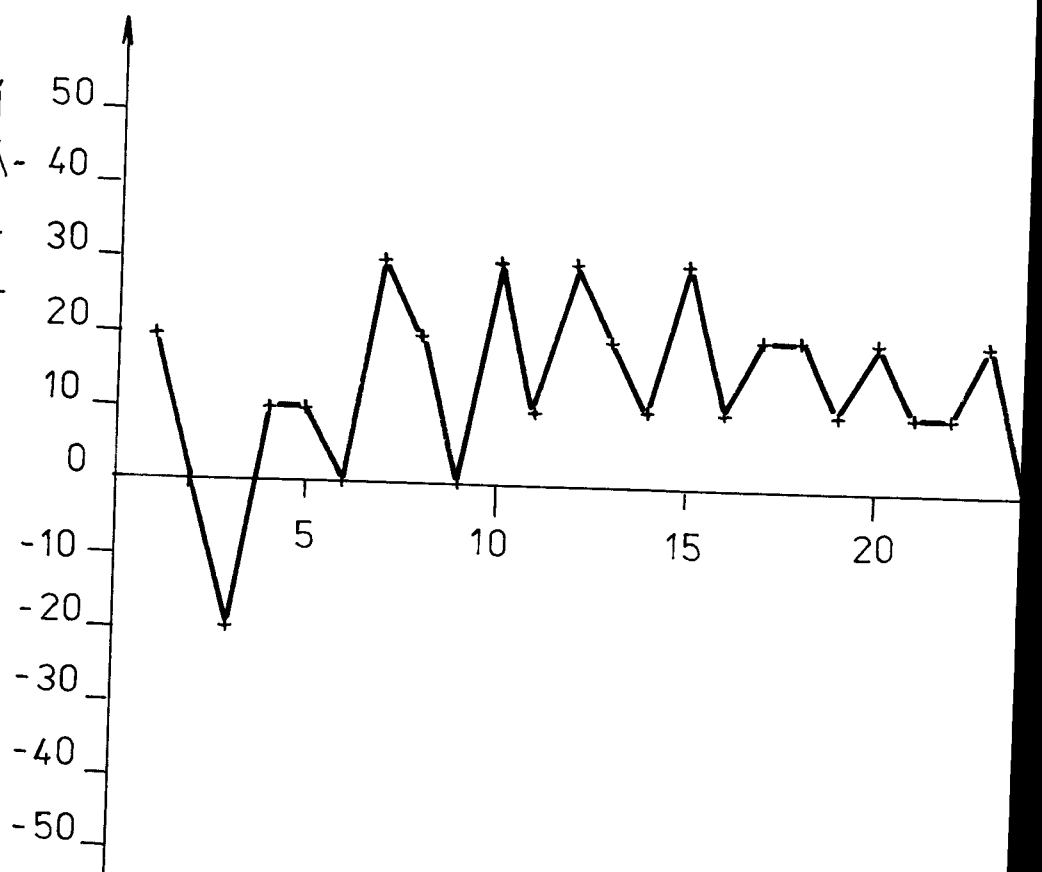
VÝŠKA HLADINY
FORMOVACÍ SMĚSI
V ODMĚŘOVACÍM
ZAŘÍZENÍ

[mm]

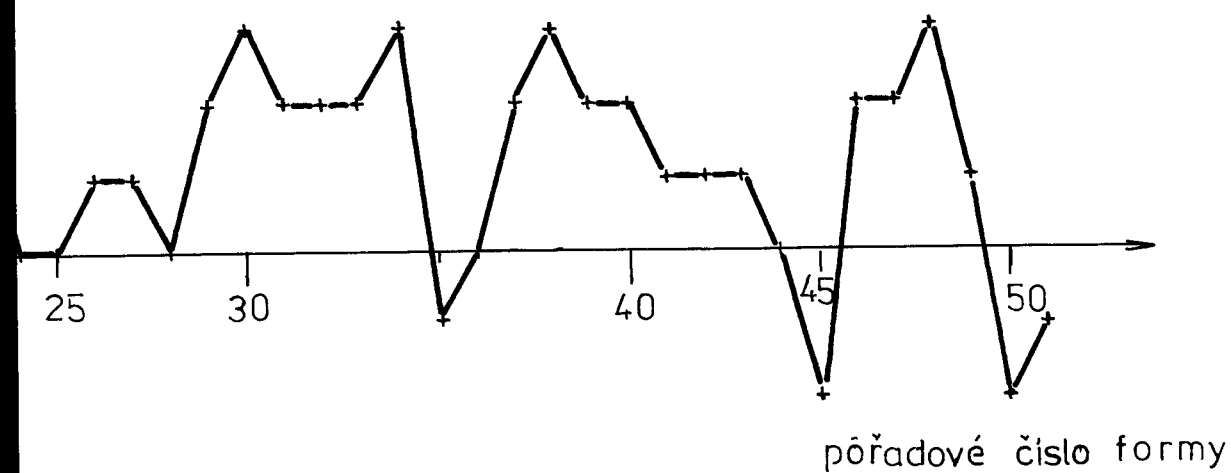
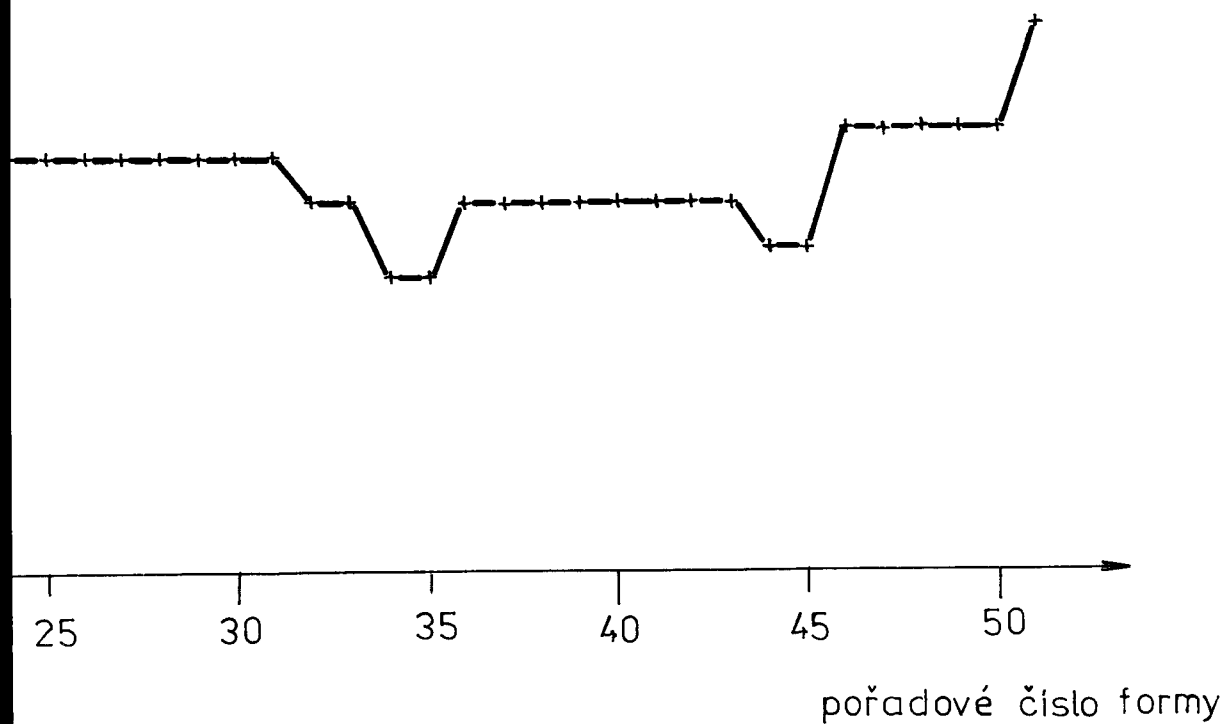


ROZDÍLY MEZI
UROVNÍ FORMOVACÍ
SMĚSI PO DOLISOVÁ-
NÍ A PLOCHOU RÁ-
MU V DĚLÍCI ROVI-
NĚ

[mm]

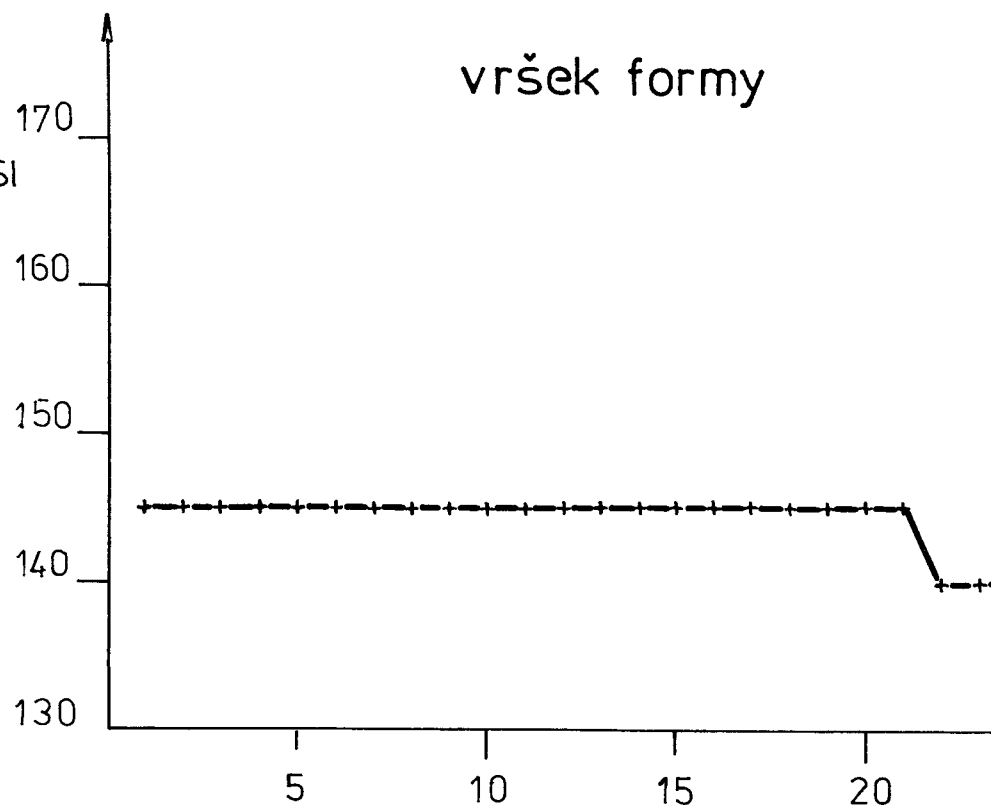


VÝŠKY HLADINY FORMOVACÍ SMĚSI A ROZDÍLŮ VACÍ SMĚSI A PLOCHOU RÁMU V DĚLÍCÍ ROVINĚ (2. měření)

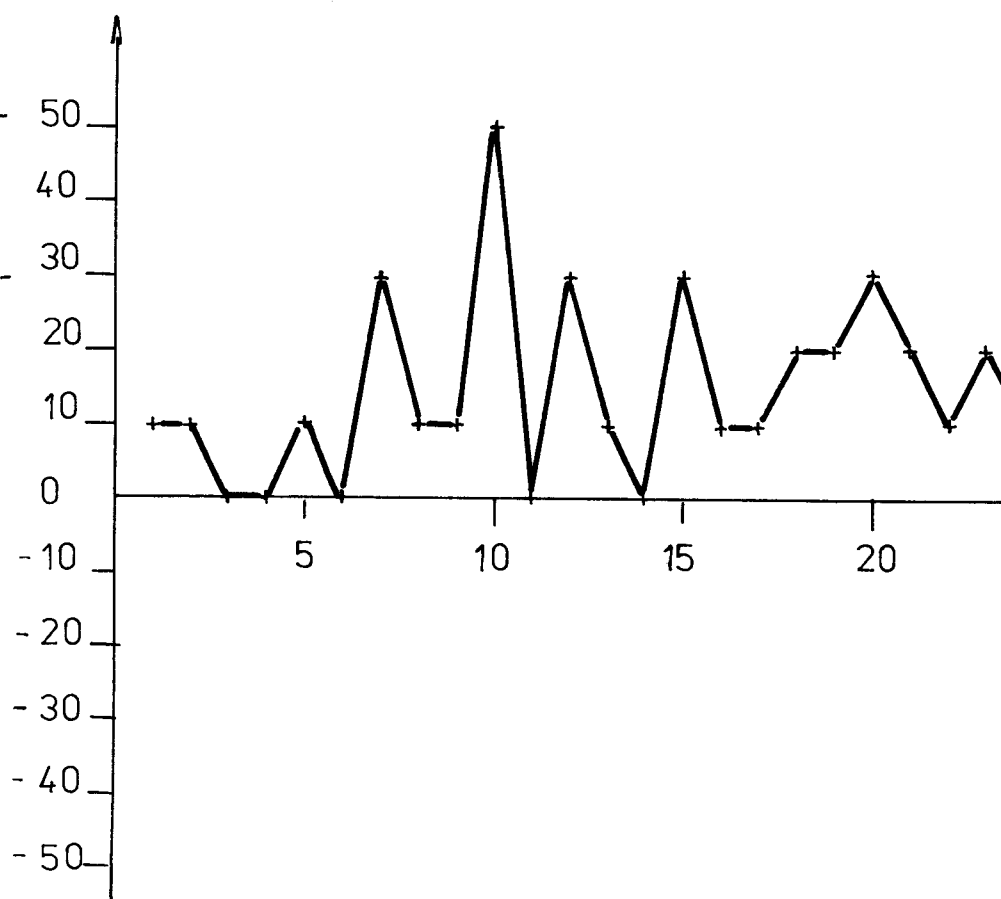


PŘÍLOHA č. 26 : PRŮBĚH HODNOT VÝŠ
MEZI ÚROVNÍ FORMOVACÍ

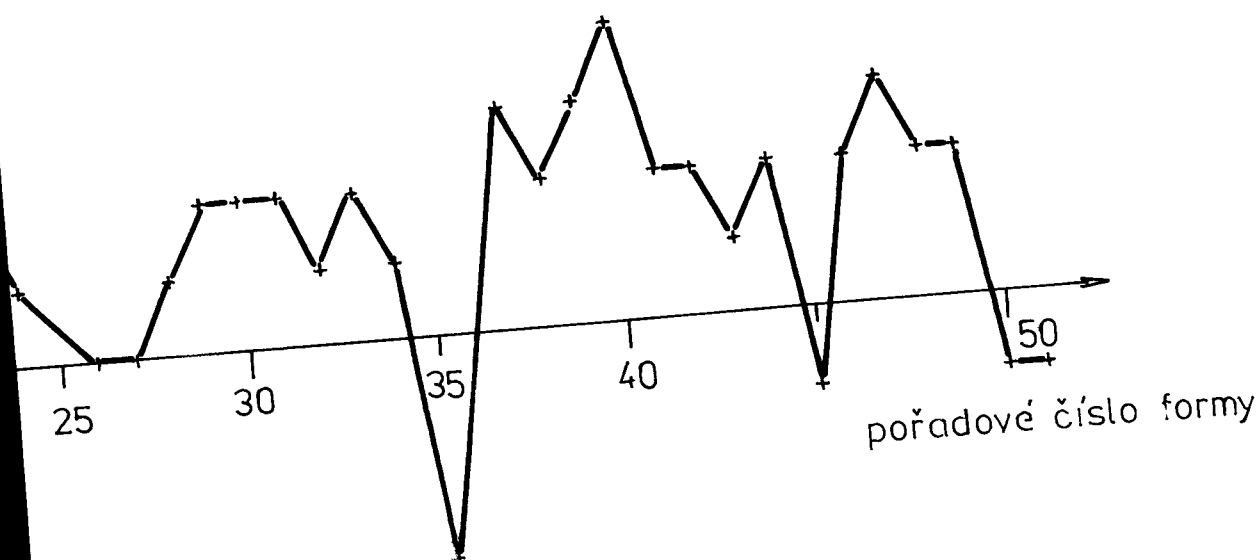
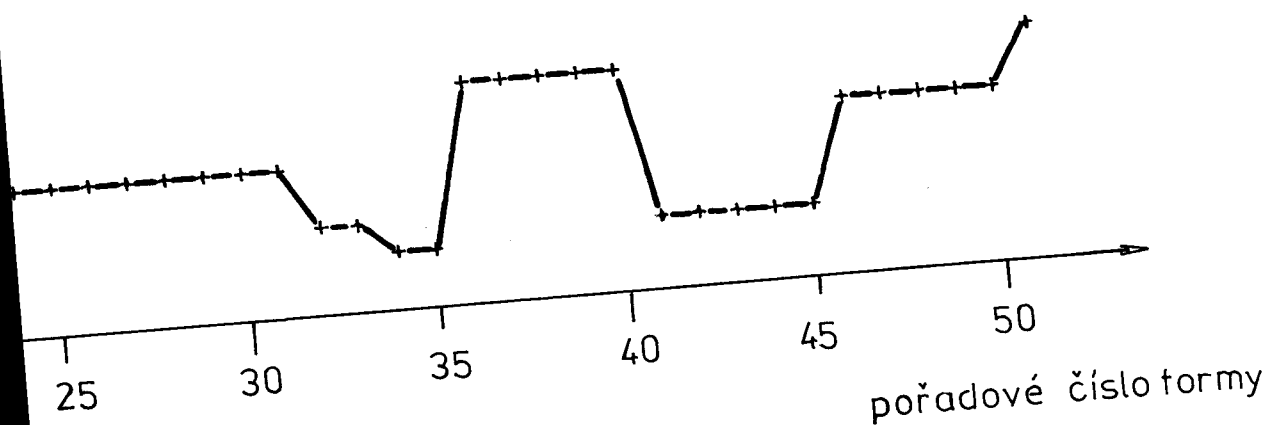
VÝŠKA HLADINY
FORMOVACÍ SMĚSI
V ODMĚŘOVACÍM
ZAŘÍZENÍ
[mm]



ROZDÍLY MEZI
ÚROVNÍ FORMOVA-
CÍ SMĚSÍ PO DO-
LISOVÁNÍ A PLO-
CHOU RÁMU V DĚ-
LÍČÍ ROVINĚ
[mm]



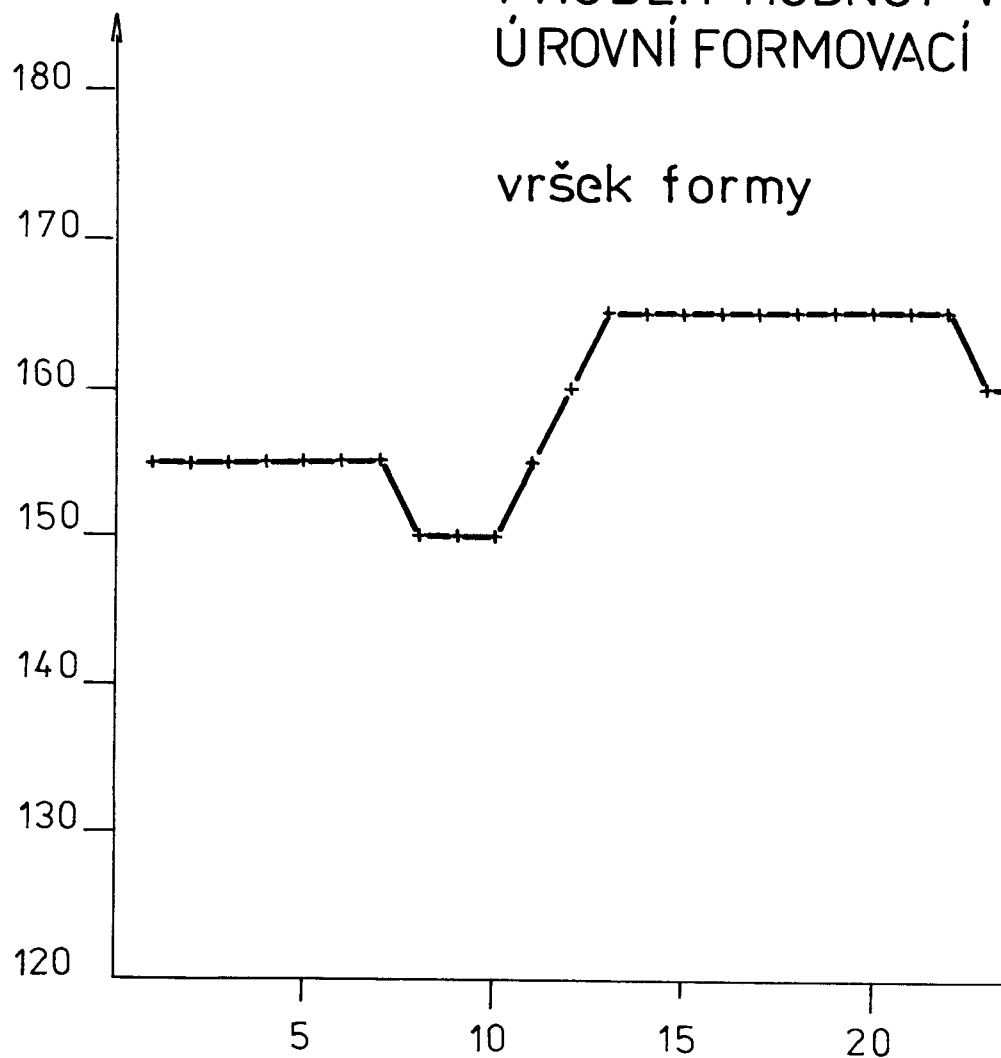
KY HLADINY FORMOVACÍ SMĚSI A ROZDÍLŮ
VACÍ SMĚSI A PLOCHOU RÁMU V DĚLÍCI ROVINĚ
(2. měření)



PŘÍLOHA č. 27 : PRŮBĚH HODNOT V
ÚROVNÍ FORMOVACÍ

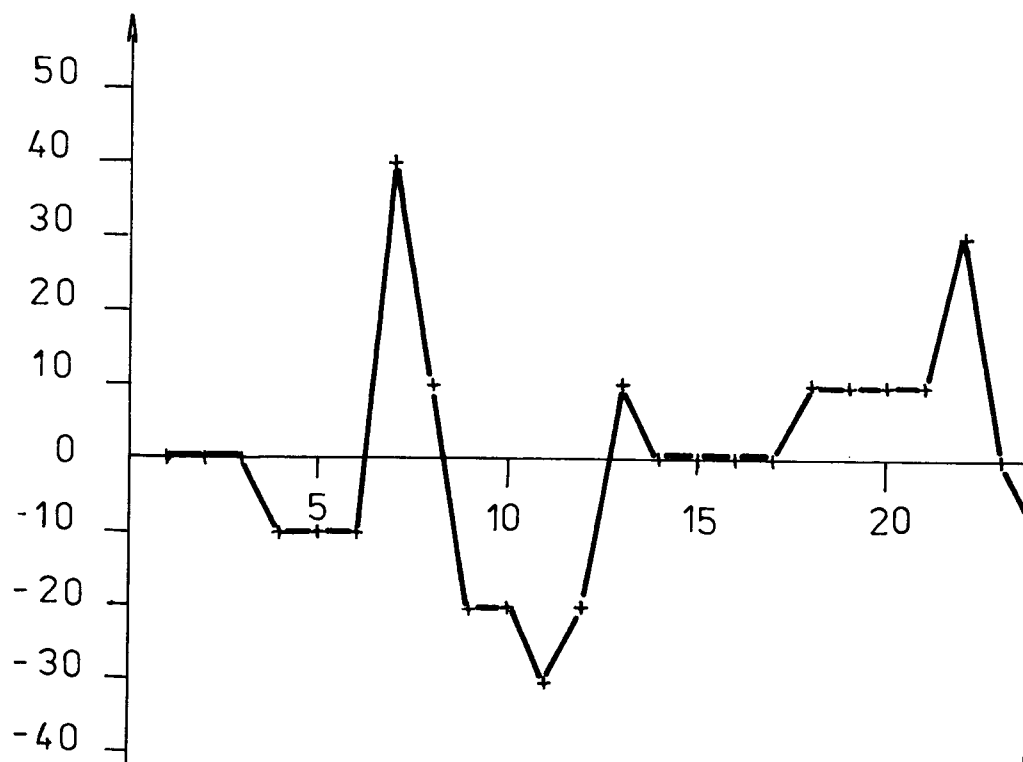
VÝŠKA HLADINY
FORMOVACÍ SMĚSI
V ODMĚŘOVACÍM
ZAŘÍZENÍ

[mm]

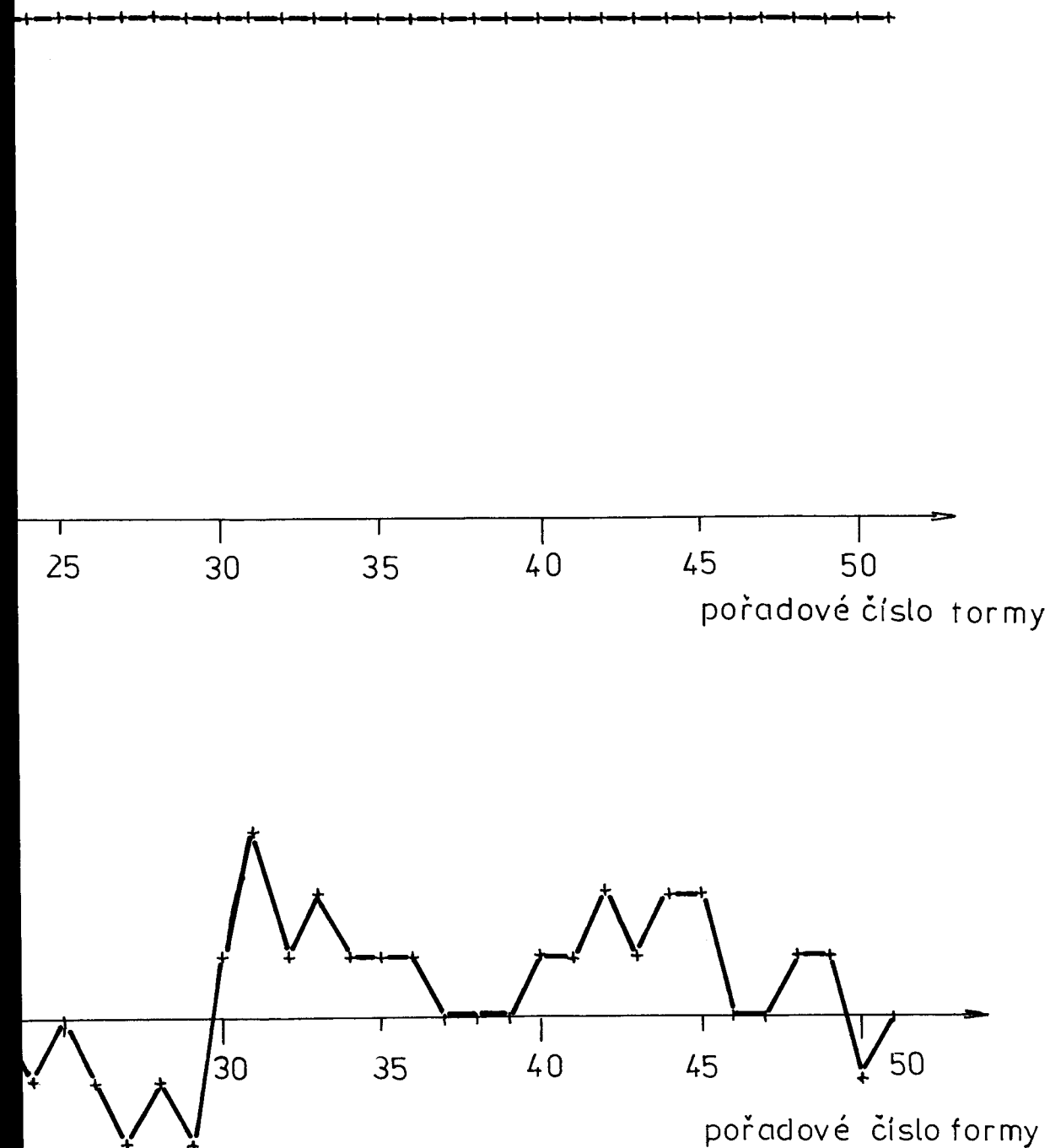


ROZDÍLY MEZI
ÚROVNÍ FORMOVACÍ
SMĚSI PO DOLISO-
VÁNÍ A PLOCHOU
RÁMU V DĚLÍCI
ROVINĚ

[mm]

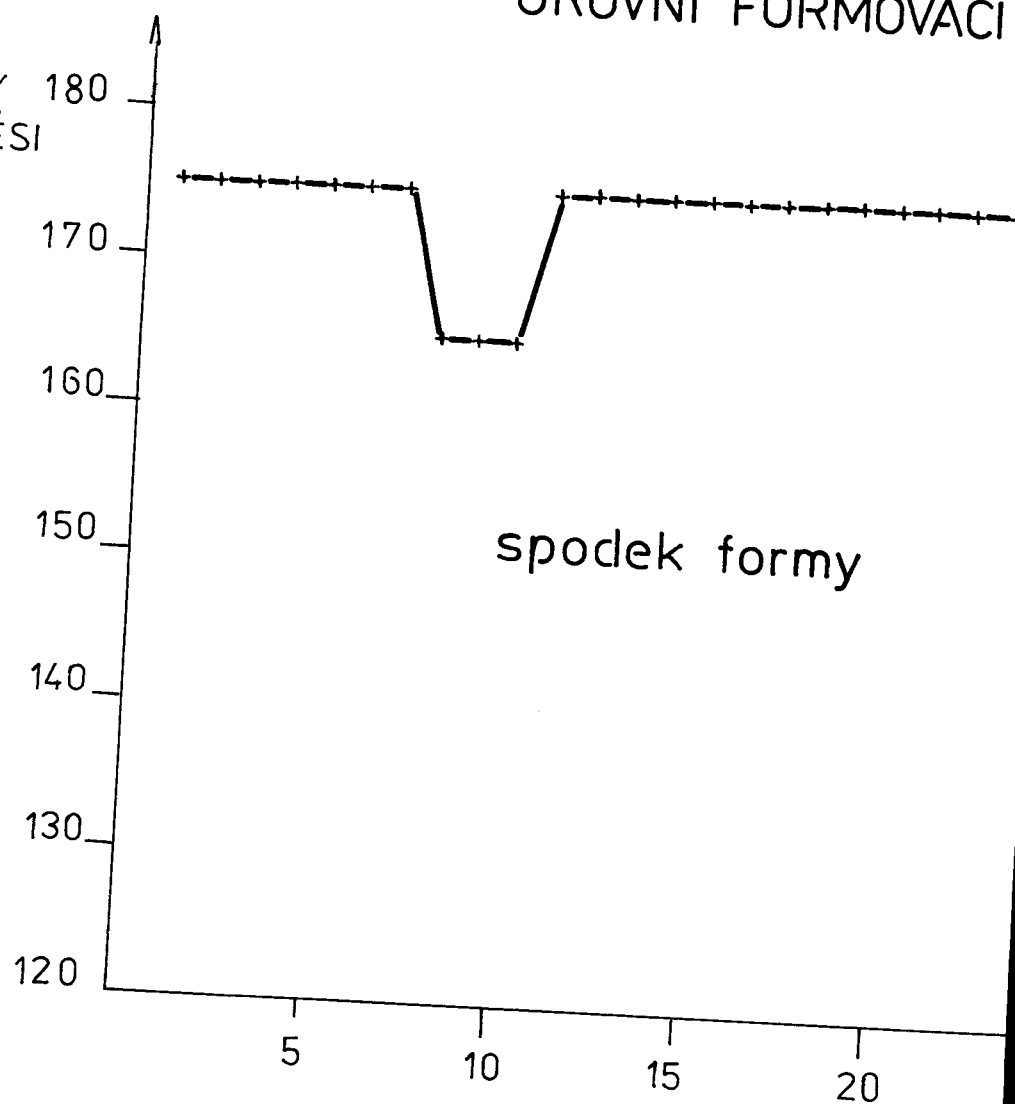


ÝŠKY HLADINY FORMOVACÍ SMĚSI A ROZDÍLŮ MEZI SMĚSI A PLOCHOU RÁMU V DĚLÍCÍ ROVINĚ (3.měření)

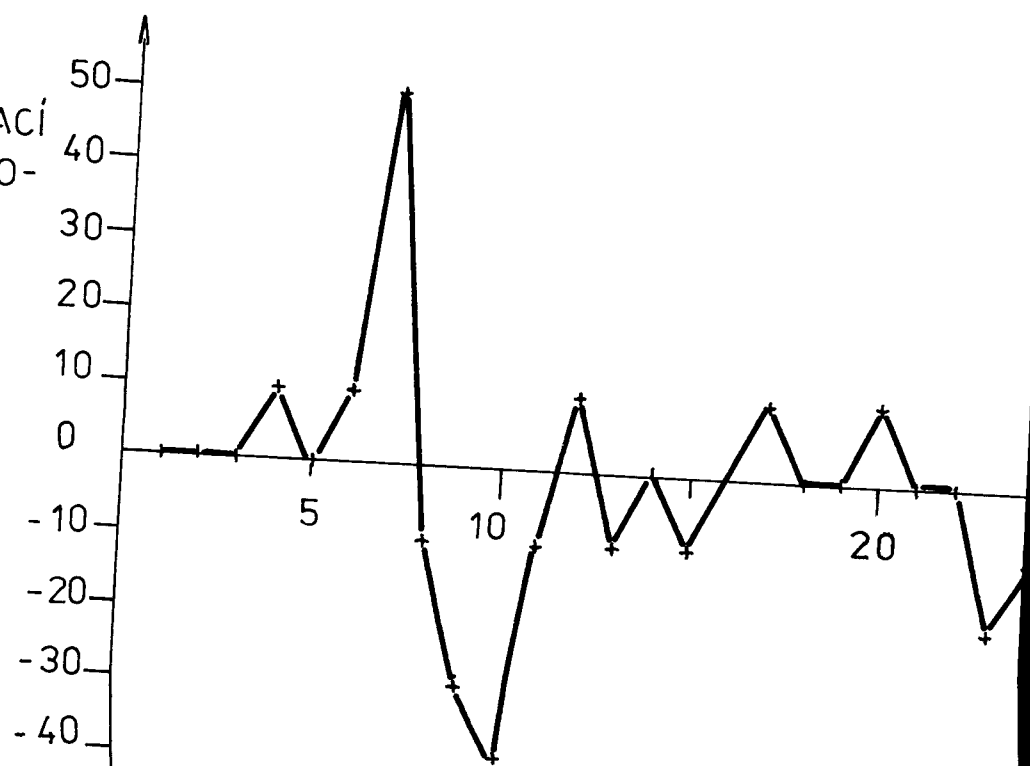


PŘÍLOHA č. 28 : PRŮBĚH HODNOT V ÚROVNÍ FORMOVACÍ

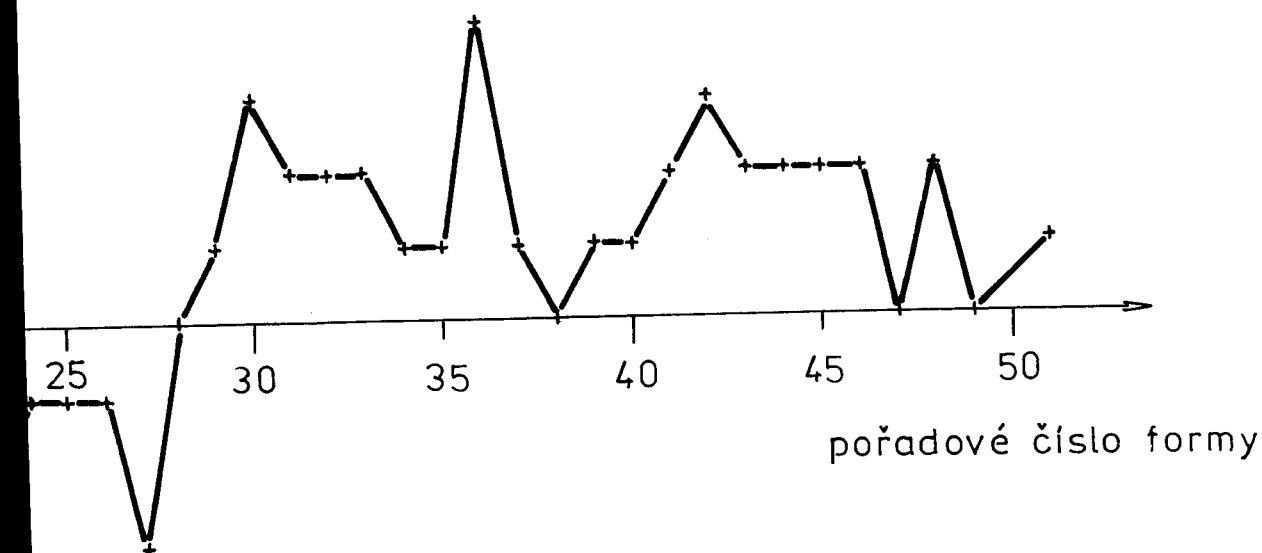
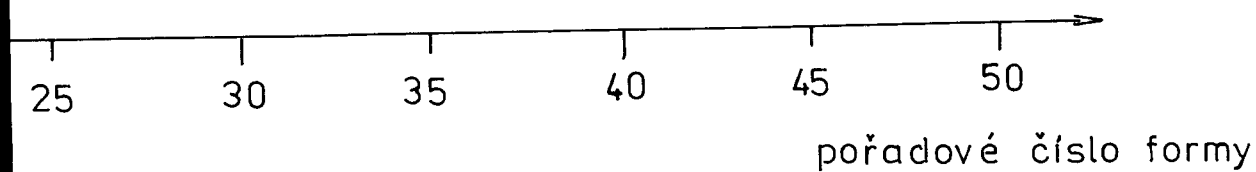
VÝŠKA HLADINY 180
FORMOVACÍ SMĚSI
V ODMĚŘOVACÍM
ZAŘÍZENÍ
[mm]



ROZDÍLY MEZI
ÚROVNÍ FORMOVACÍ
SMĚSI PO DOLISO-
VÁNÍ A PLOCHOU
RÁMU V DĚLÍCI
ROVINĚ
[mm]



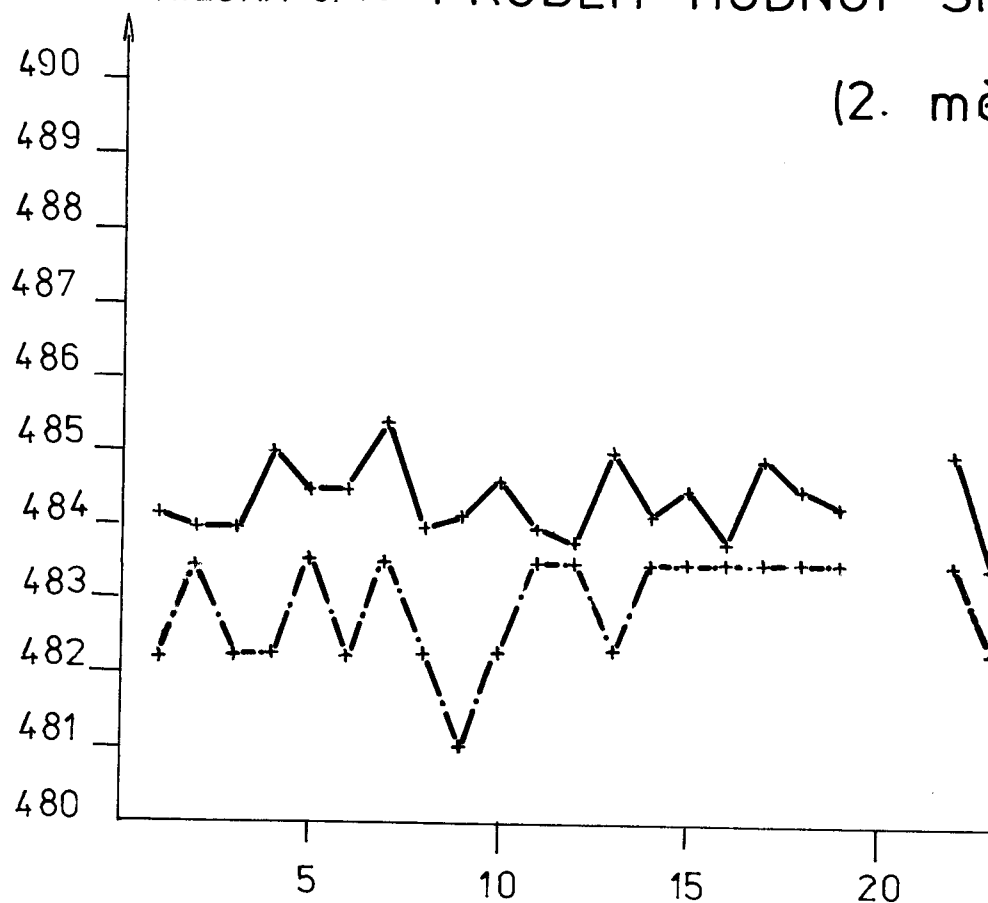
SKY HLADINY FORMOVACÍ SMĚSI A ROZDÍLŮ MEZI MĚSI A PLOCHOU RÁMU V DĚLÍCI ROVINĚ (3.měření)



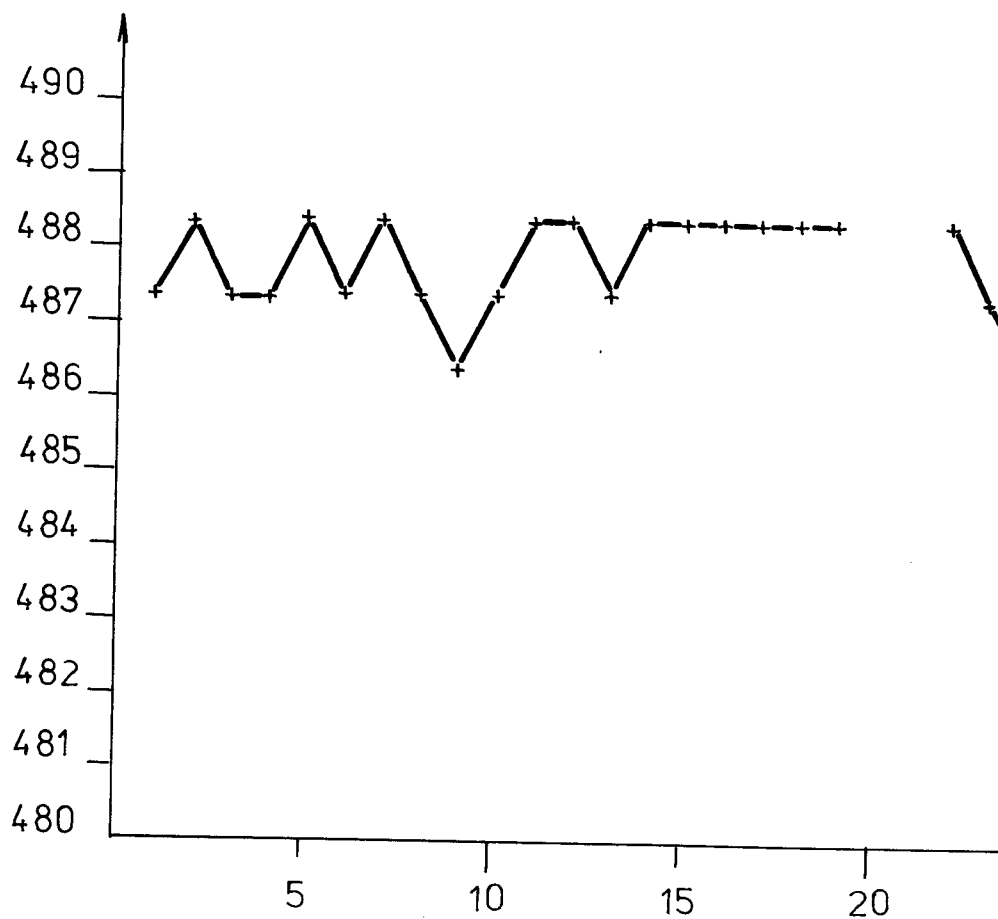
PŘÍLOHA č. 29: PRŮBĚH HODNOT ŠÍŘKY

(2. měření)

ŠÍŘKA ODLI-
TKU
[mm]



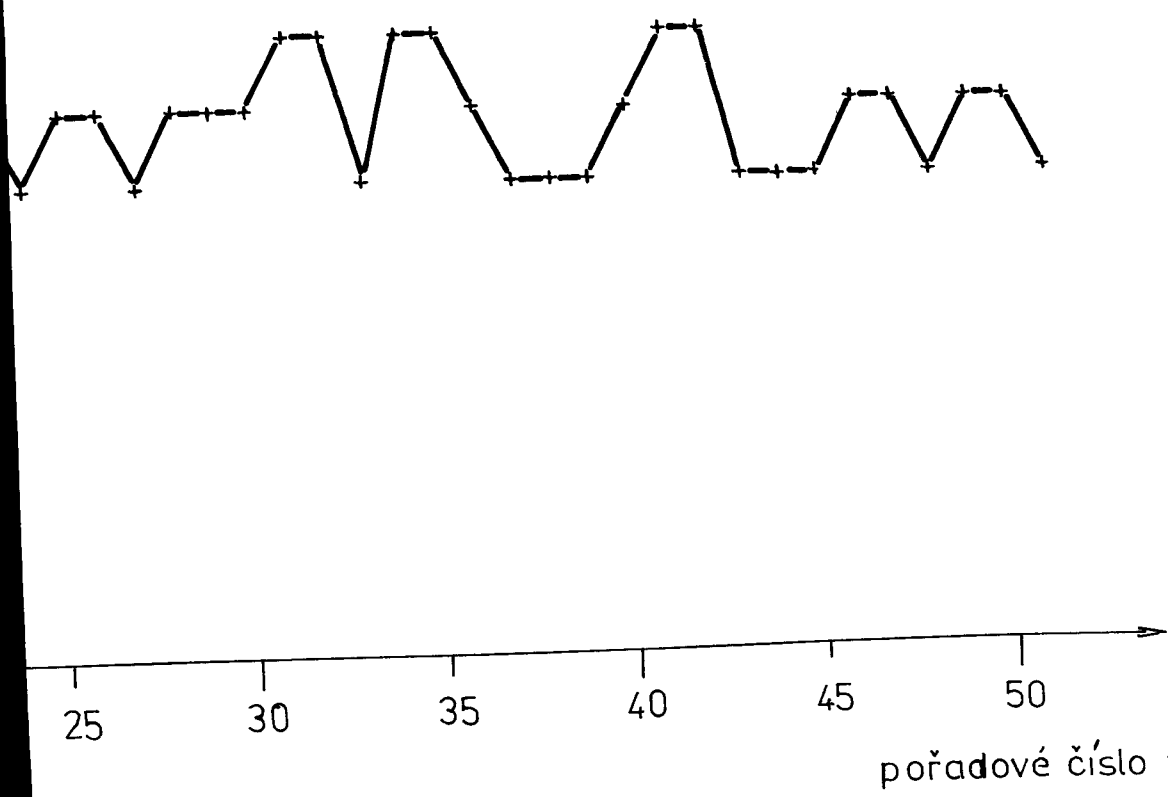
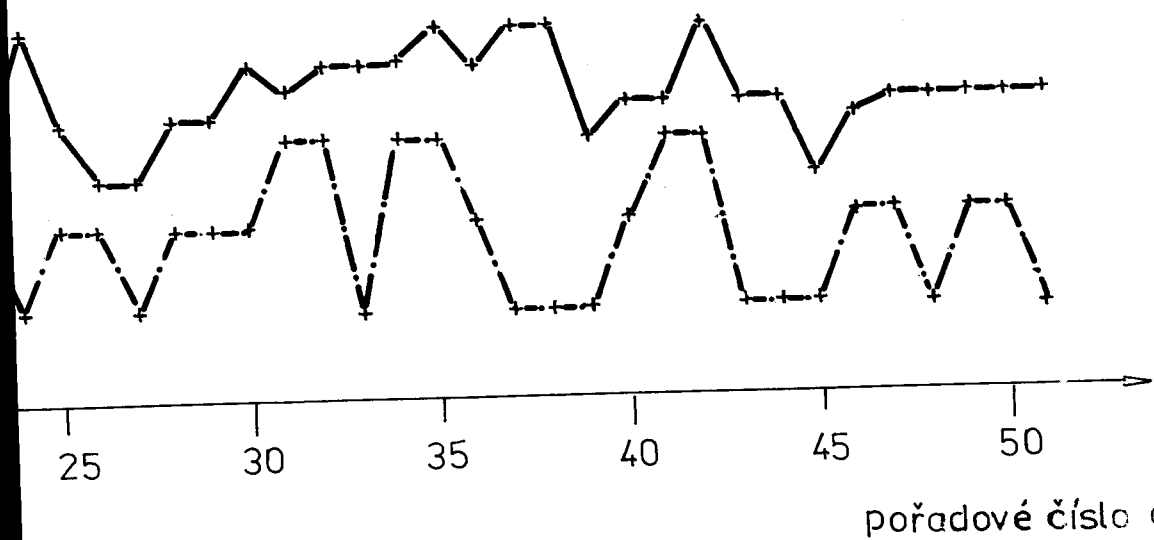
VÝŠKA DUTINY
FORMY
(součet hlou-
bek dutiny
formy)
[mm]



KY ODLITKU A DUTINY FORMY

eni)

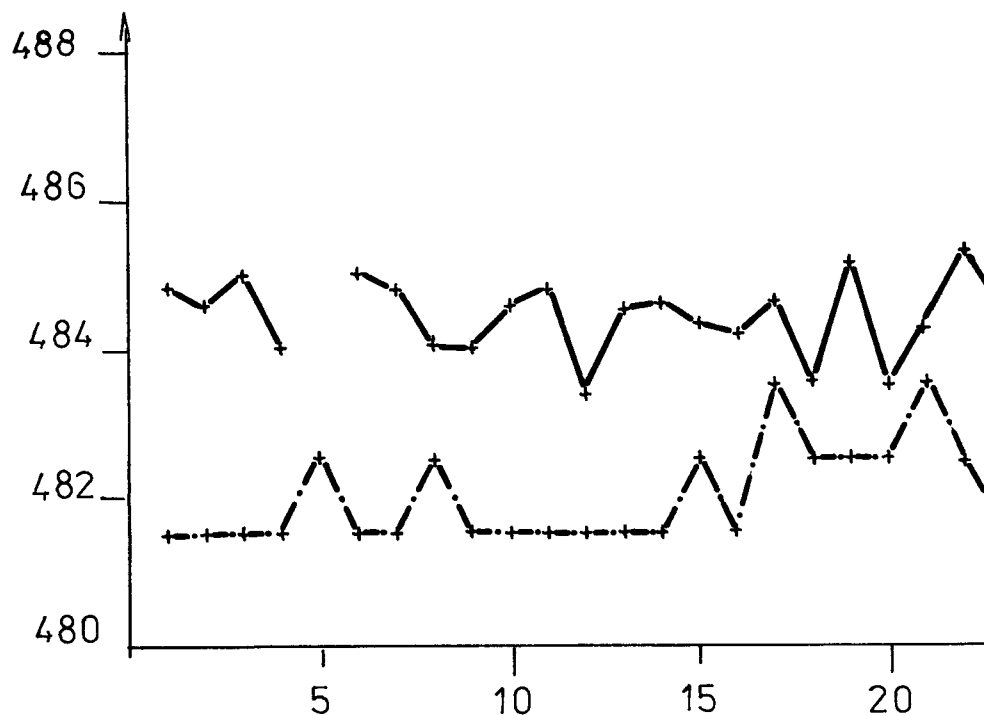
--- teoretická šířka odlitku
při 1 % smrštění kovu



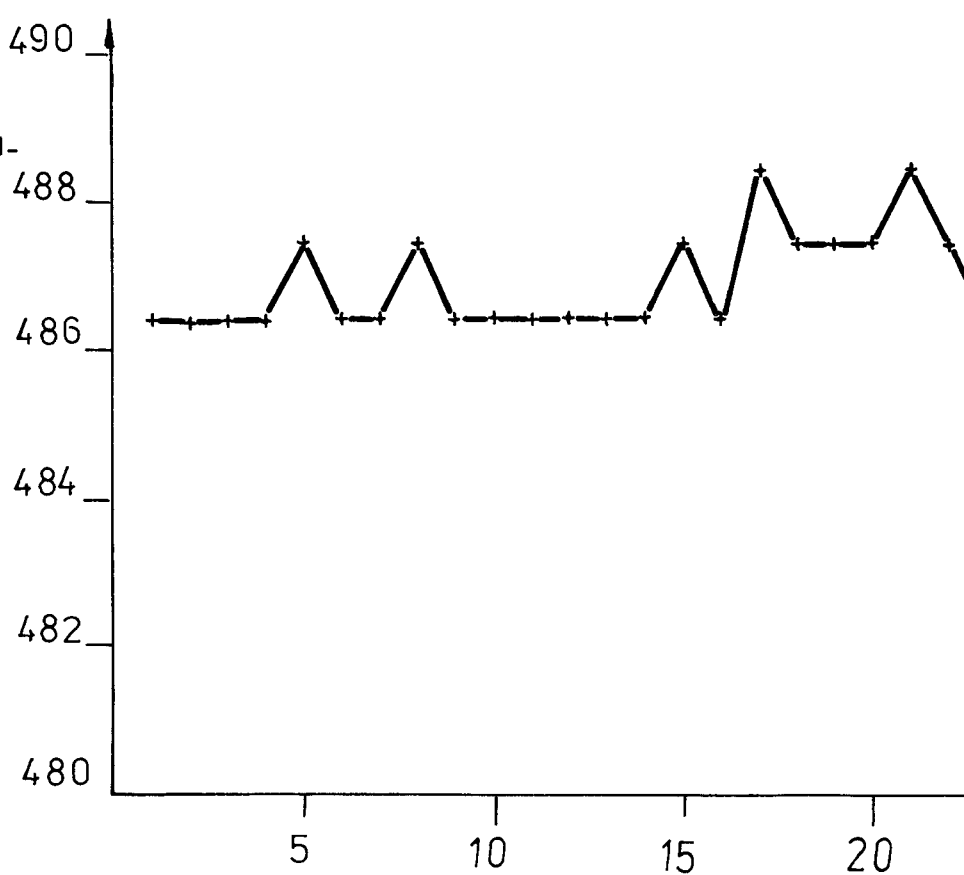
PŘÍLOHA č. 30 : PRŮBĚH HODNOT ŠÍŘKY

(3. měř.)

ŠÍŘKA
ODLITKU
[mm]



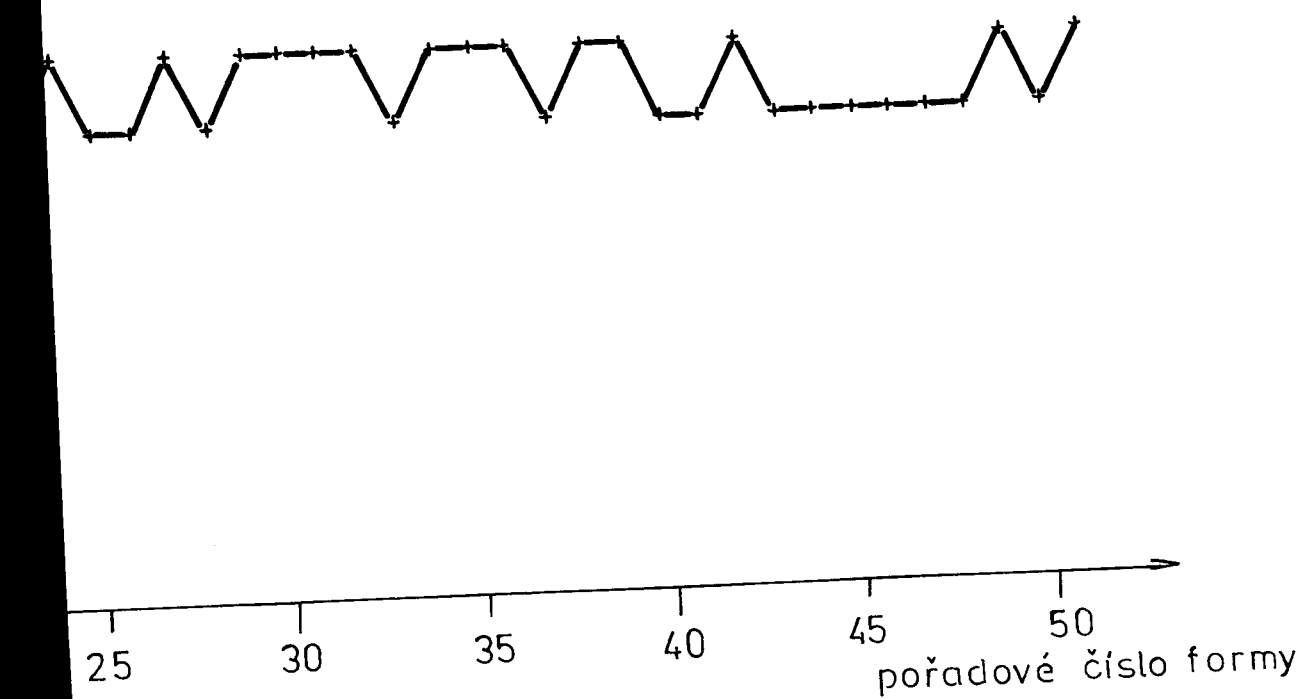
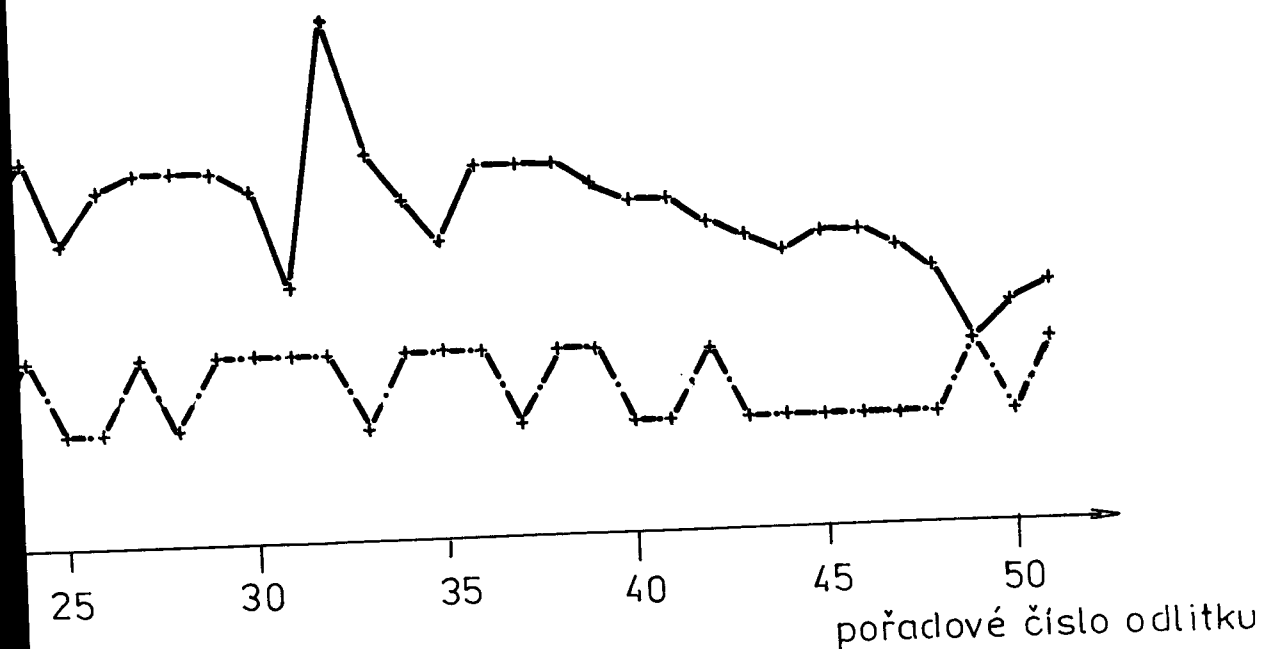
VÝŠKA DU-
TINY FORMY
(součet hlou-
bek dutiny
formy)
[mm]



KY ODLITKU A VÝŠKY DUTINY FORMY

ení)

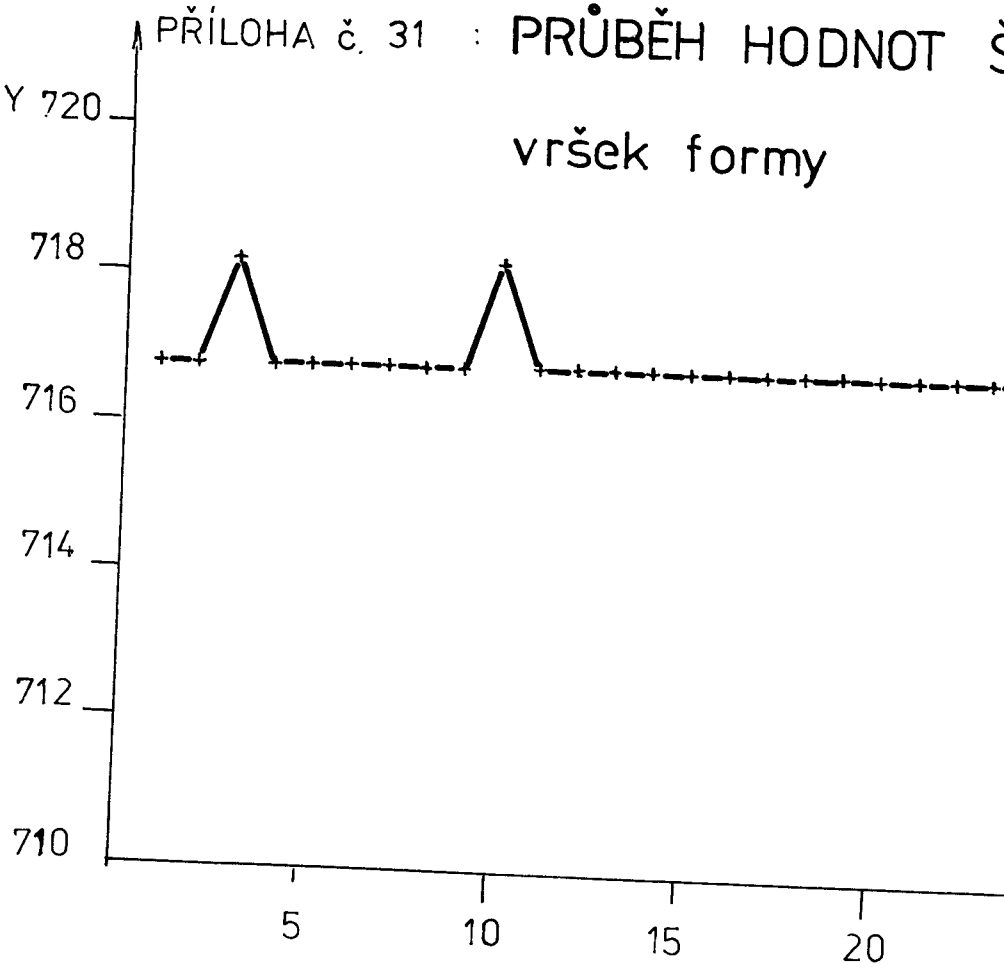
--- teoretická šířka odlitku při
1 % smrštění kovu



PŘÍLOHA č. 31 : PRŮBĚH HODNOT Š

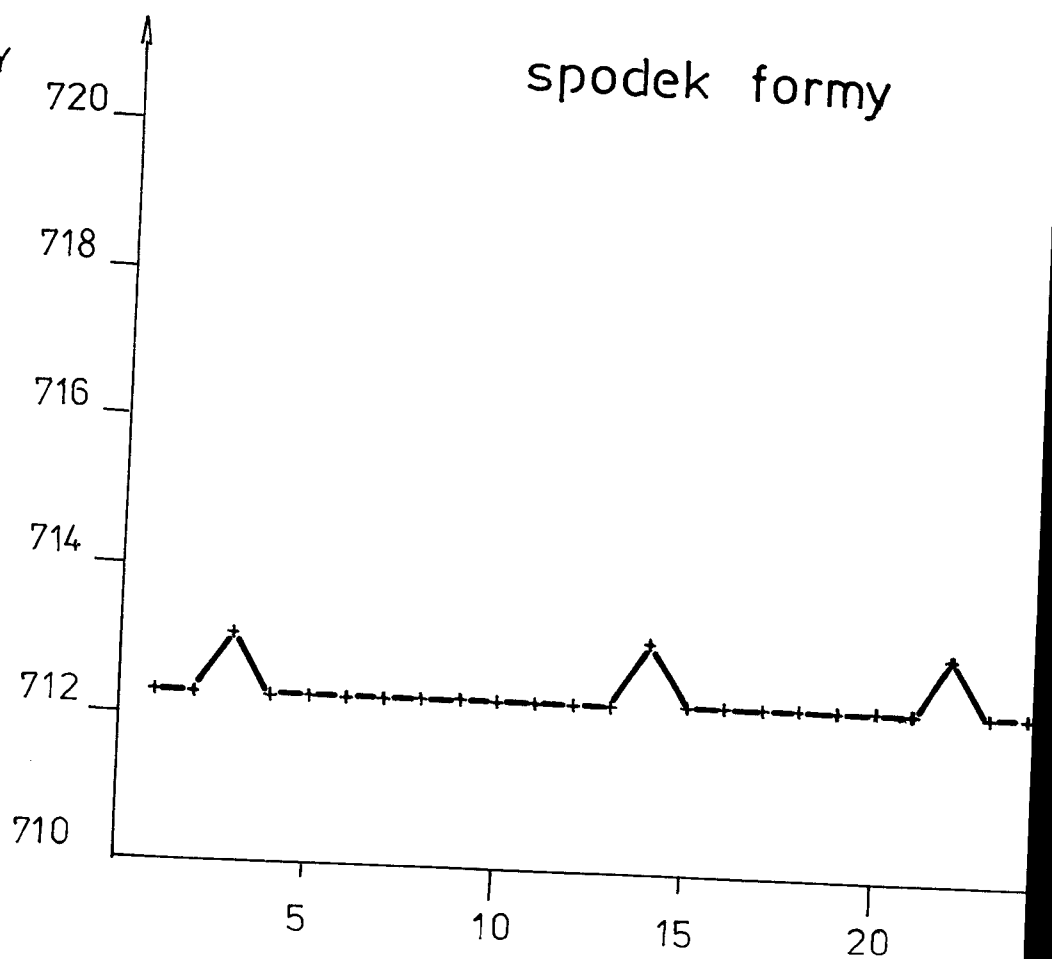
ŠÍŘKA DUTINY 720
FORMY
[mm]

vršek formy

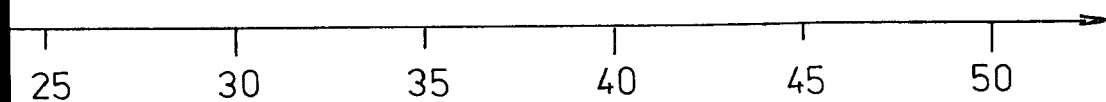
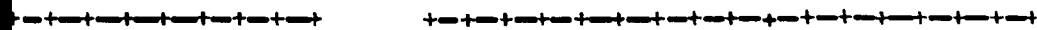


ŠÍŘKA DUTINY
FORMY
[mm]

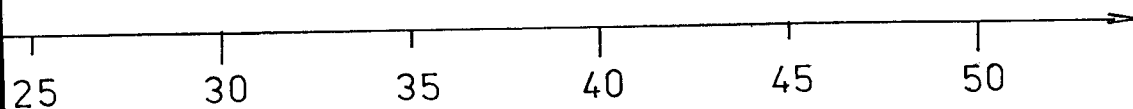
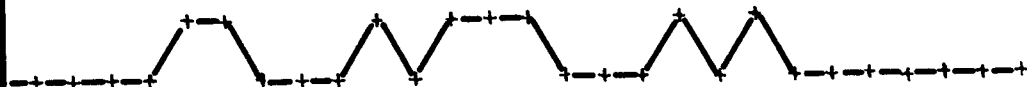
spodek formy



ŘKY DUTINY FORMY (2. měření)



pořadové číslo formy

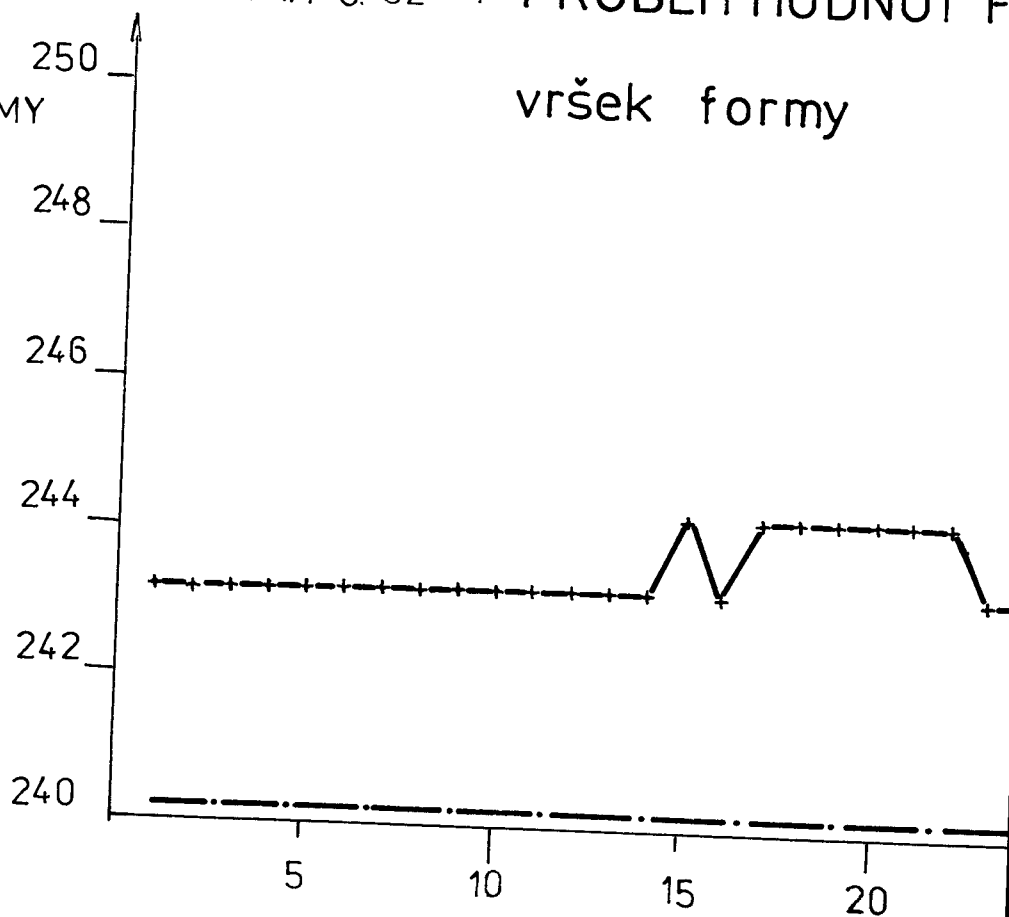


pořadové číslo formy

PŘÍLOHA č. 32 : PRŮBĚH HODNOT

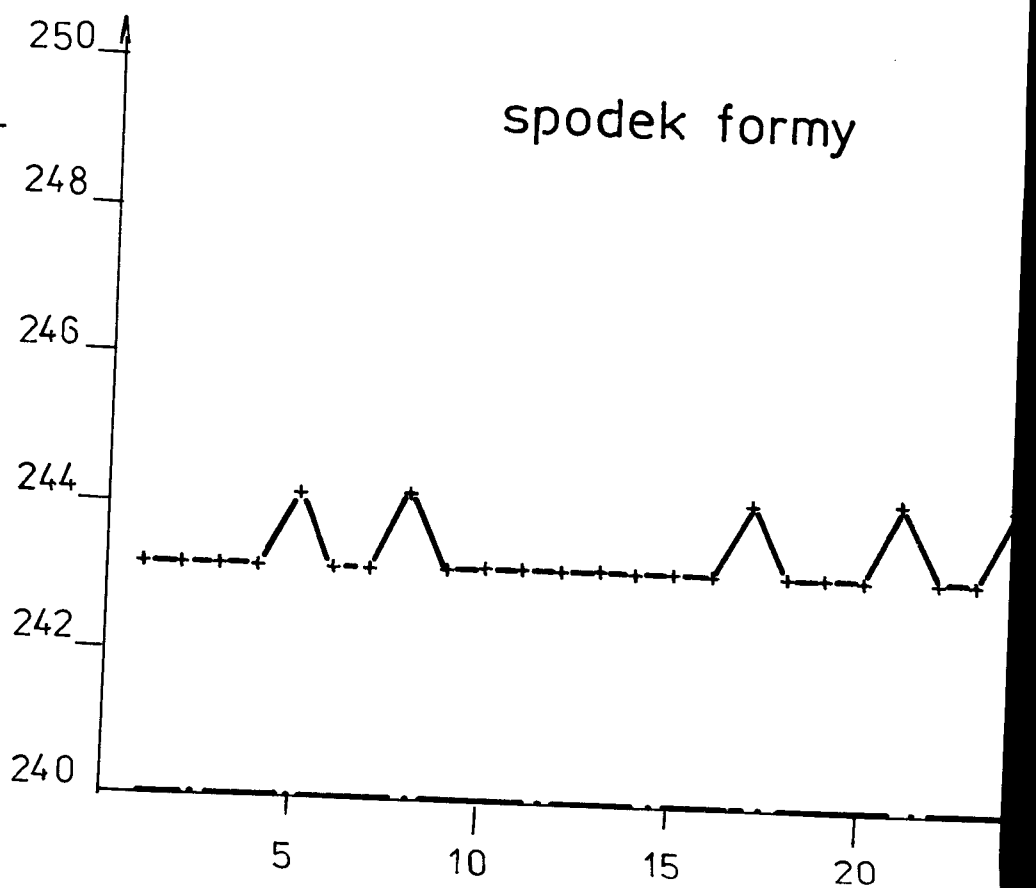
HLOUBKA
DUTINY FORMY
[mm]

vršek formy



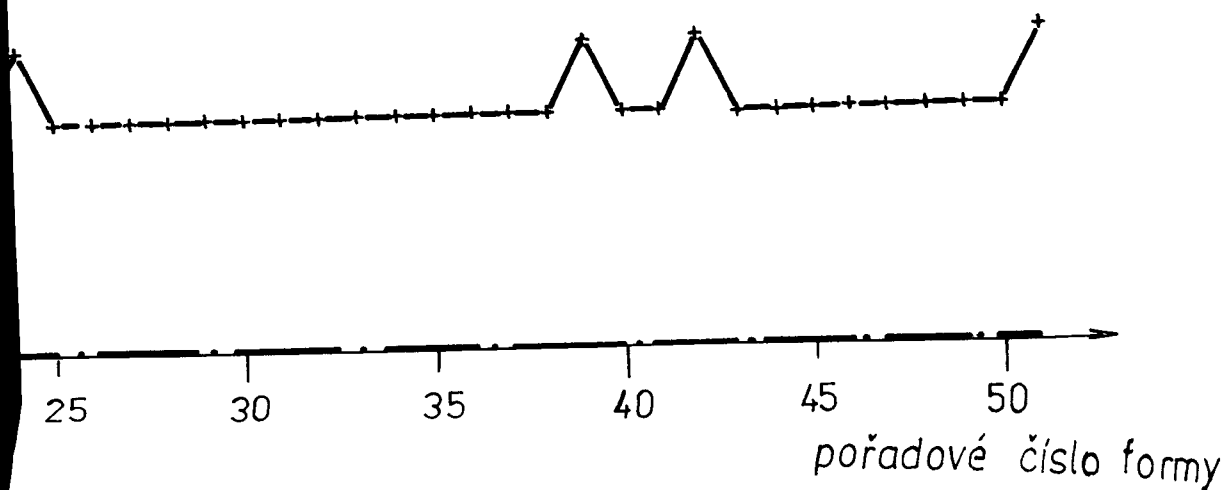
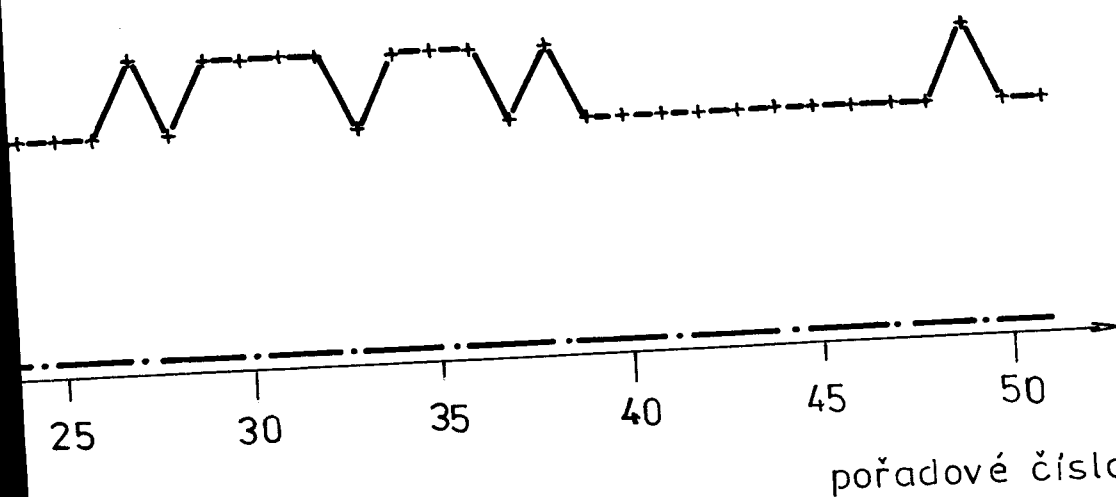
HLOUBKA DU-
TINY FORMY
[mm]

spodek formy

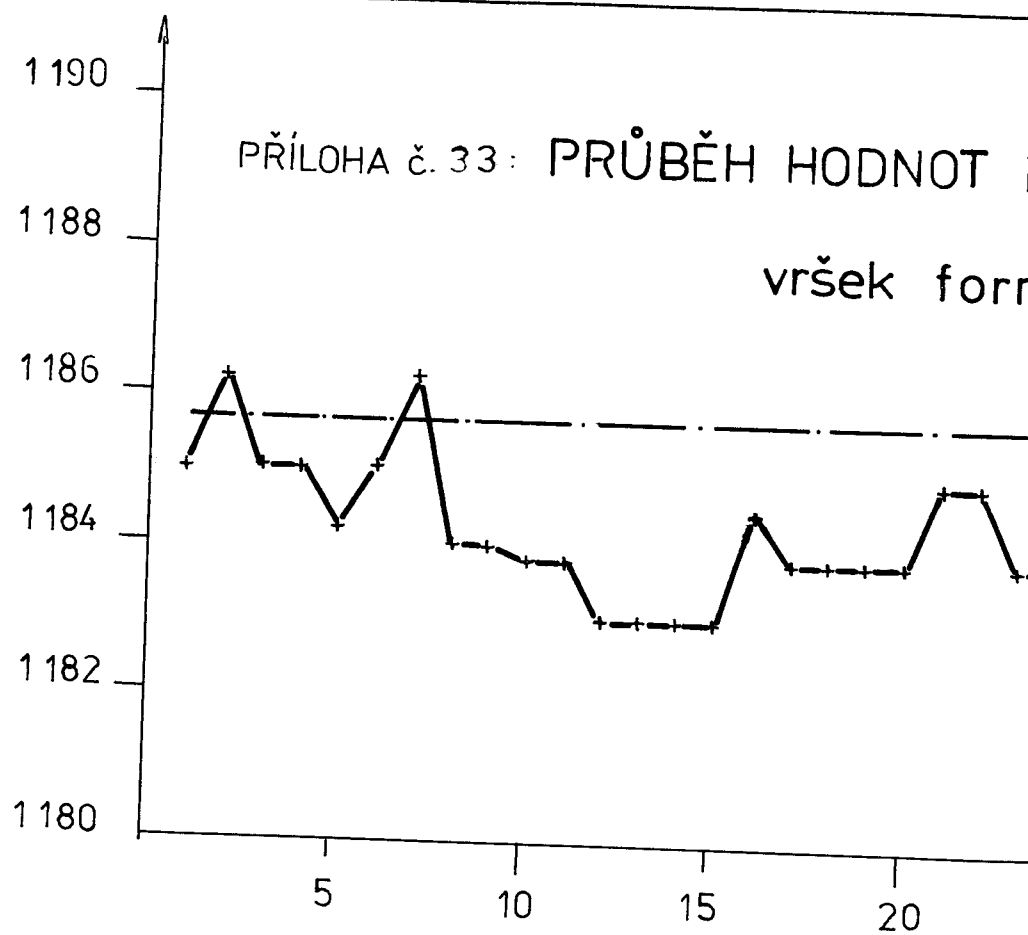


LOUBKY DUTINY FORMY (3.měření)

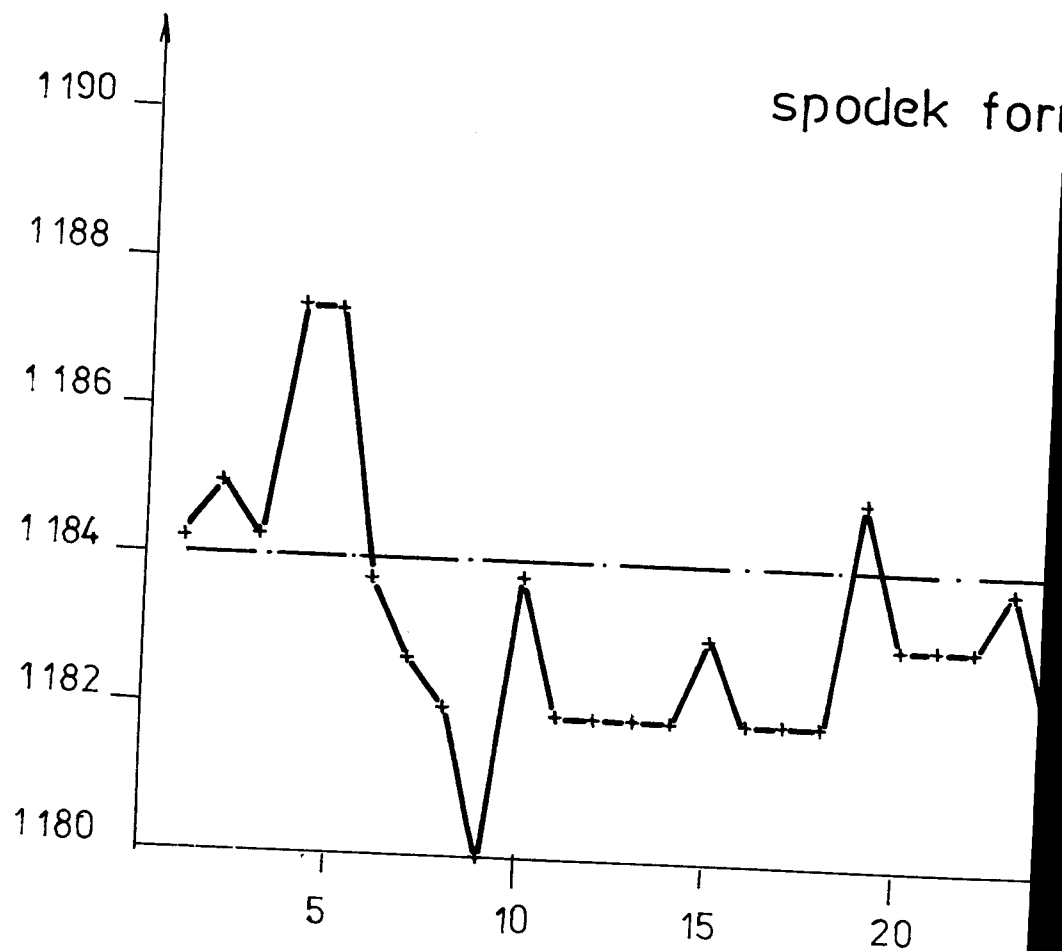
— odpovídající rozměr
na modelu



DĚLKA
[mm]

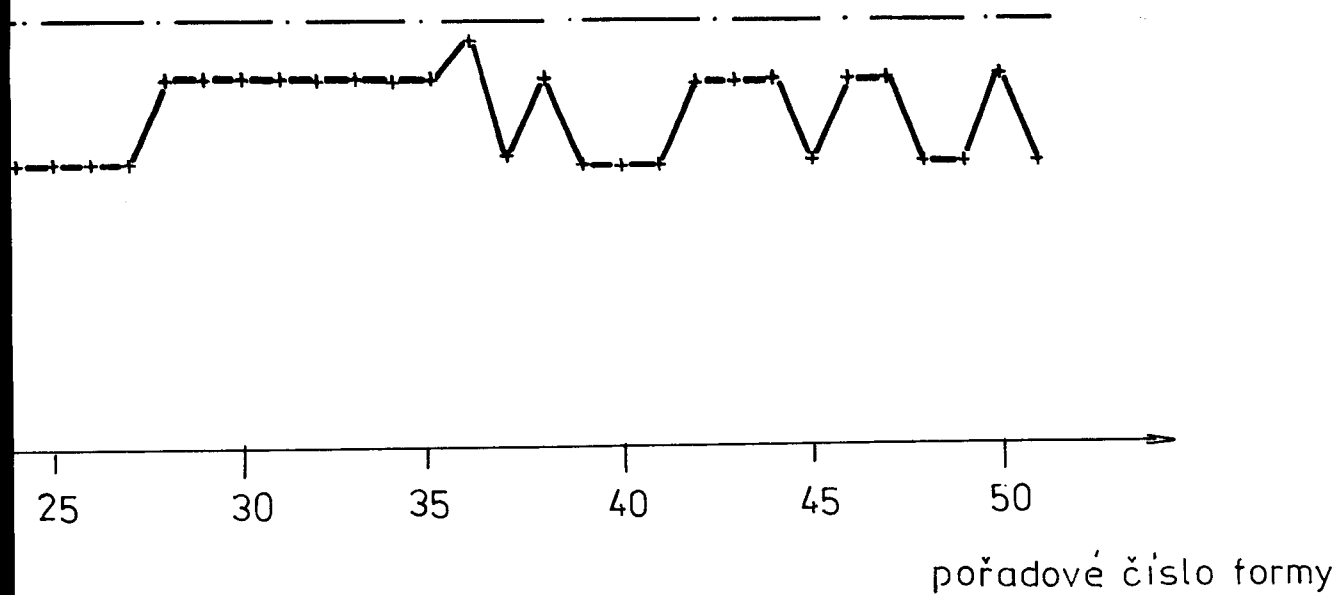


DĚLKA
[mm]

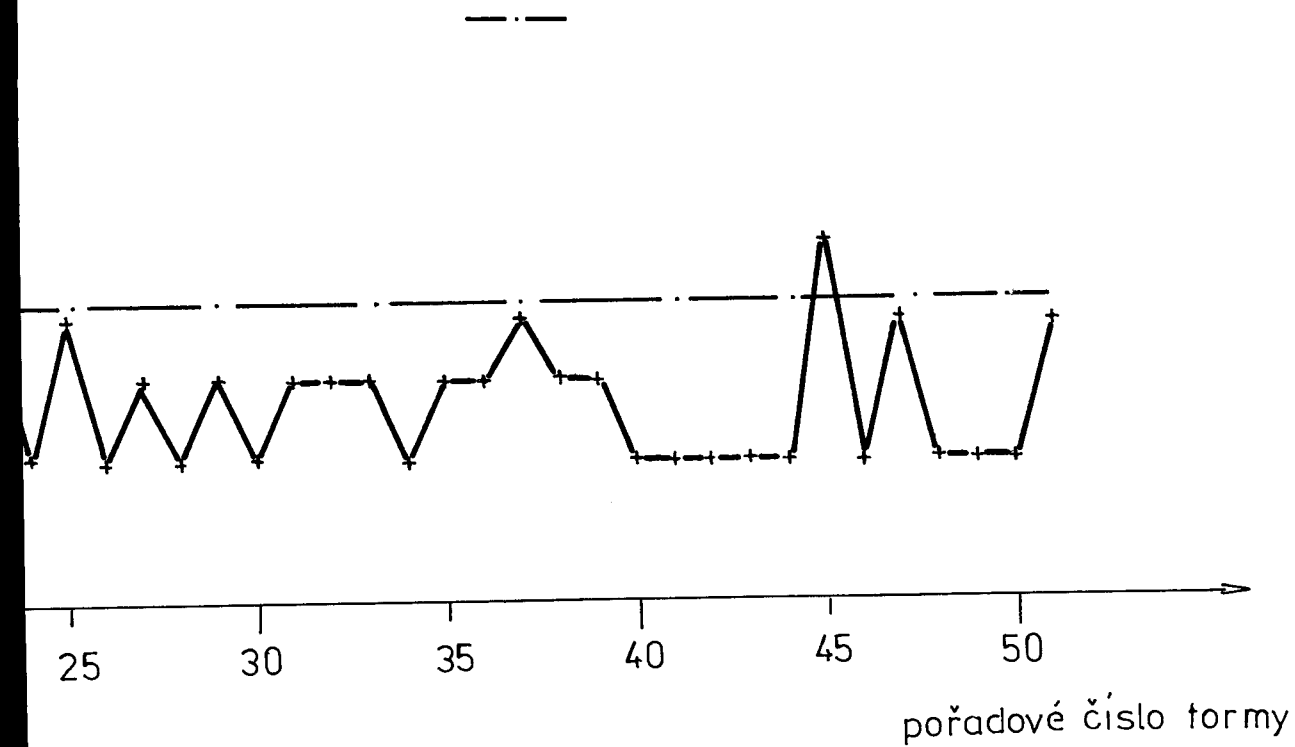


ÉLEK DUTIN FOREM (2.měření)

y



my



PŘÍLOHA č. 34 : PRŮBĚH HODNOT D

DÉLKA DU - 1190

TINY FORMY

[mm] 1188

1186

1184

1182

1180

5

vršek formy

spodek formy

DÉLKA DU - 1190

TINY FORMY

[mm] 1188

1186

1184

1182

1180

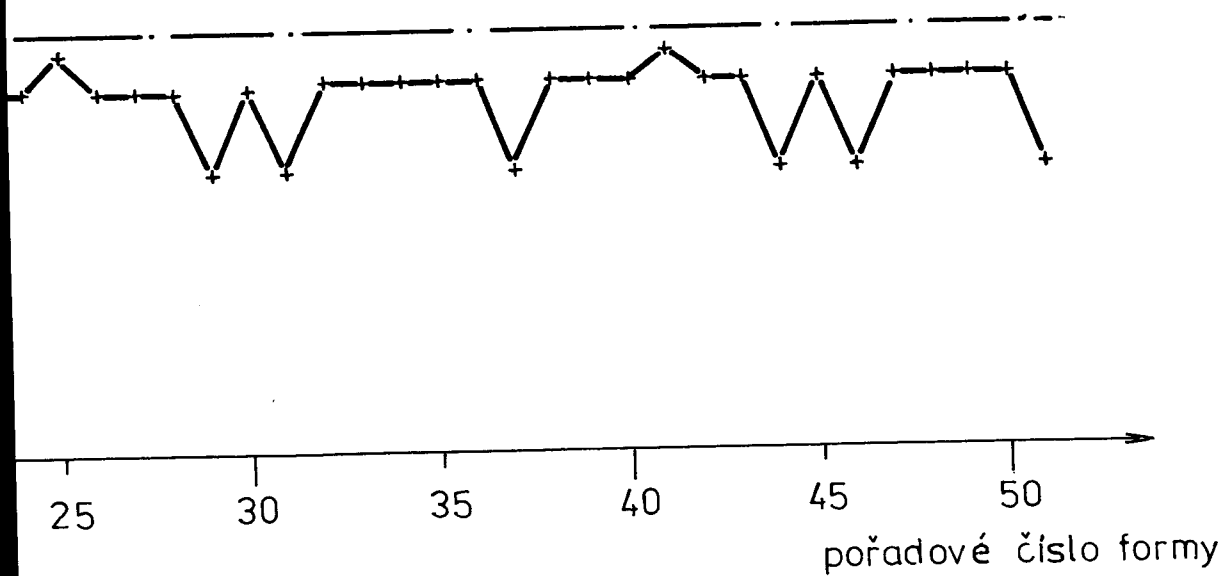
5

10

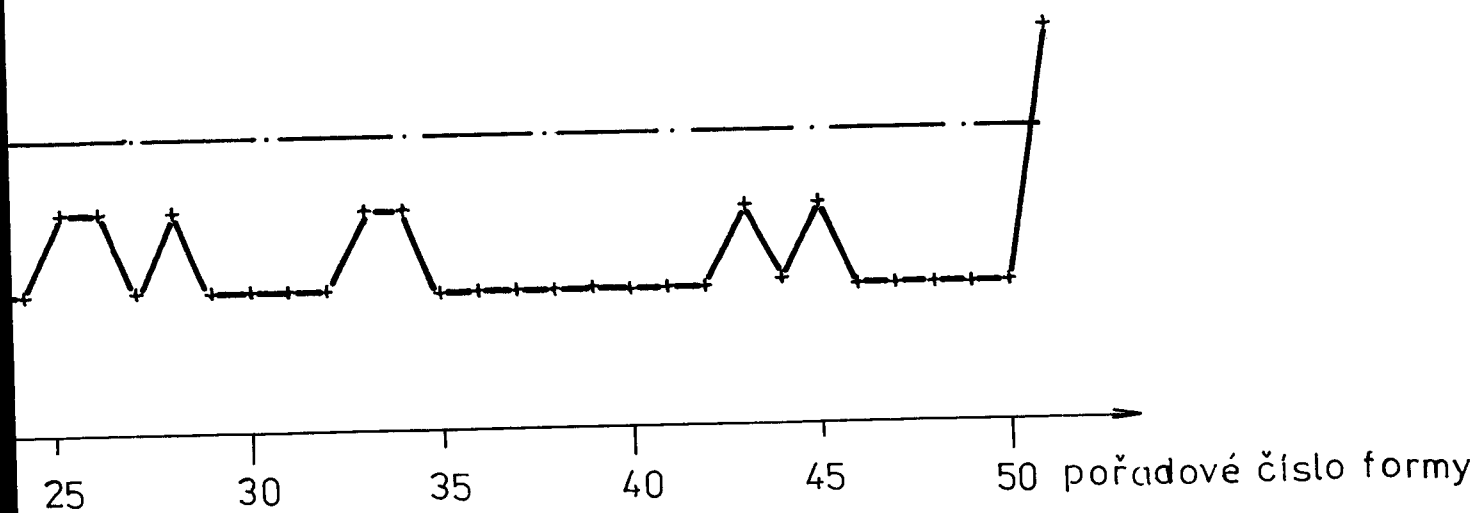
15

20

DLKY DUTINY FORMY (3. měření)

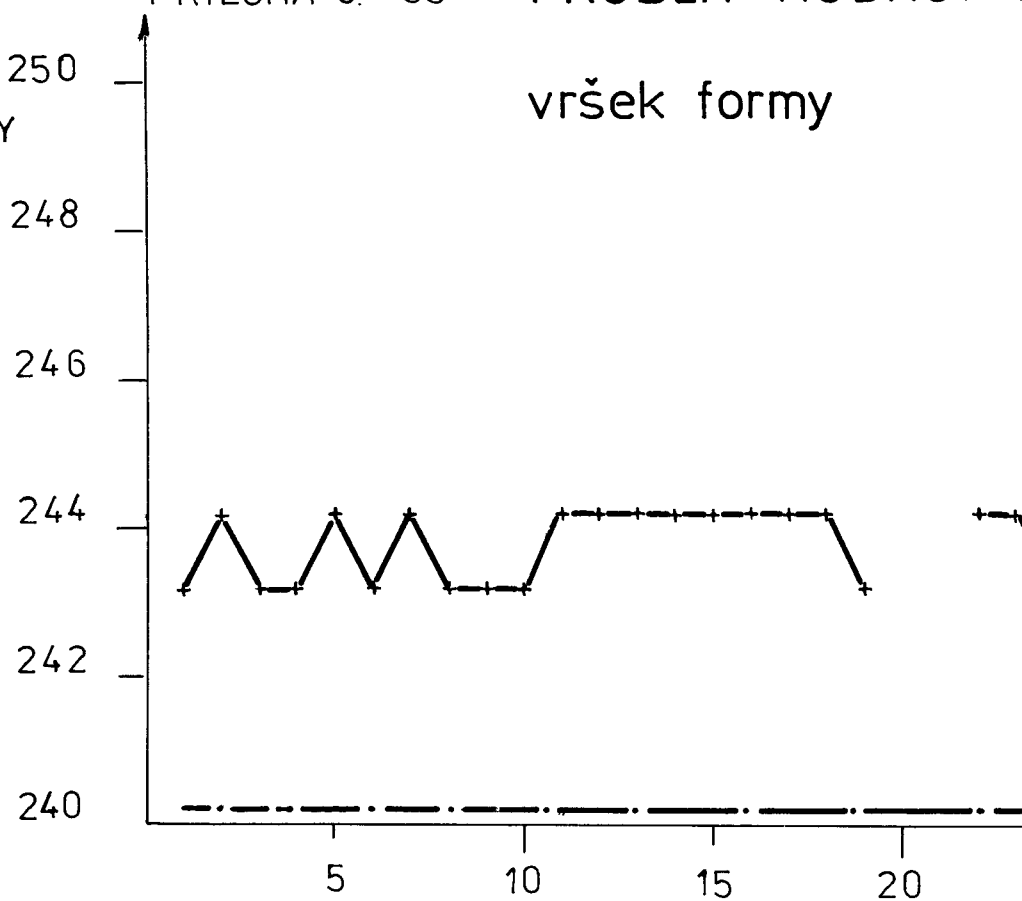


— . —

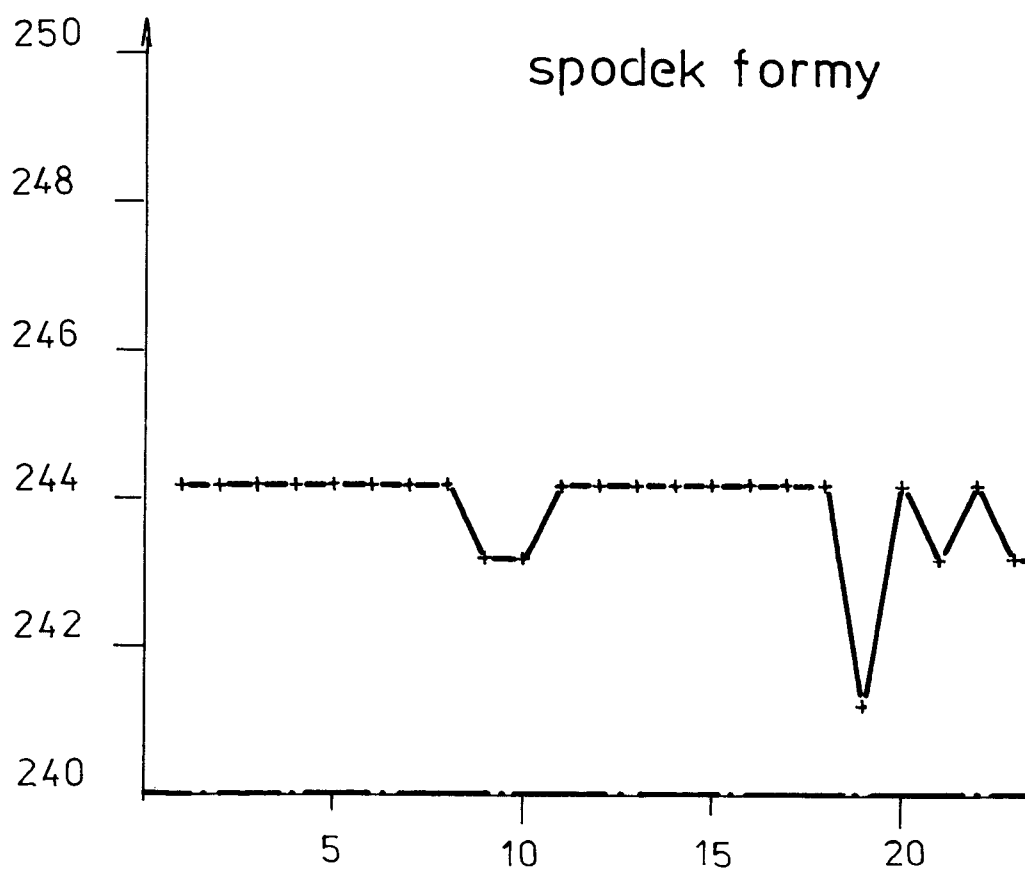


PŘÍLOHA č. 35 : PRŮBĚH HODNOT

HLOUBKA
DUTINY FORMY
[mm]

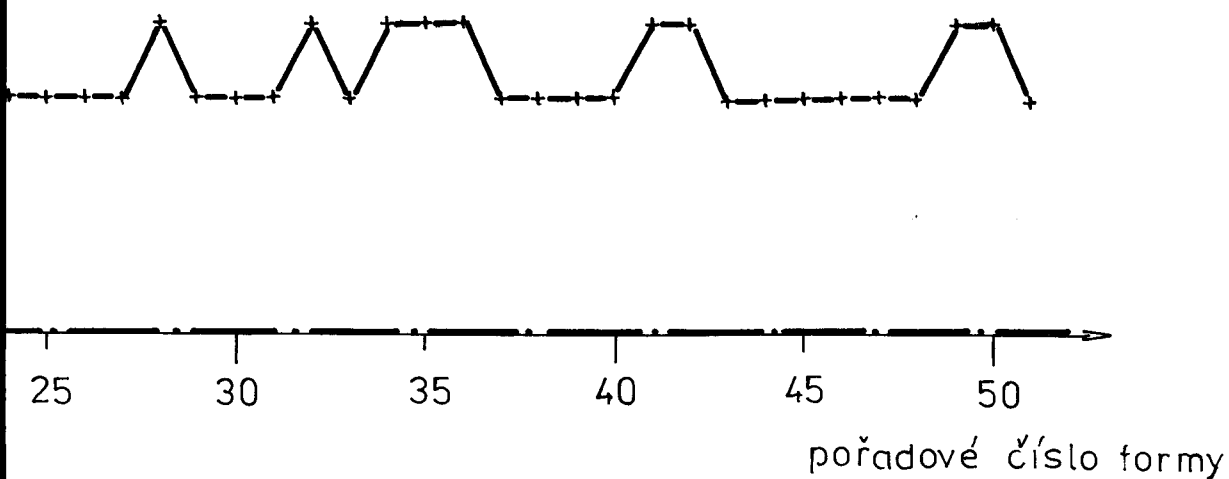
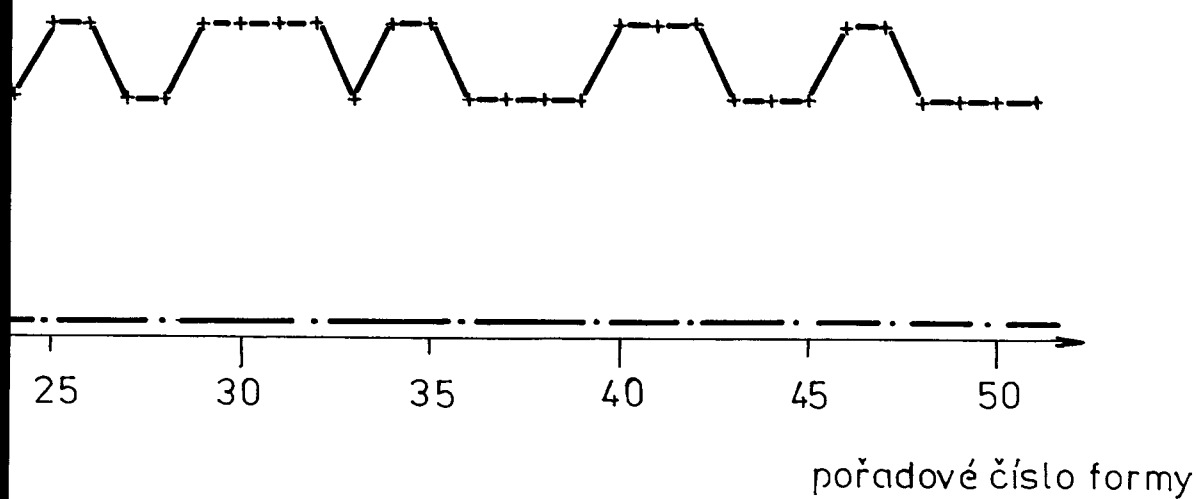


HLOUBKA
DUTINY FORMY
[mm]



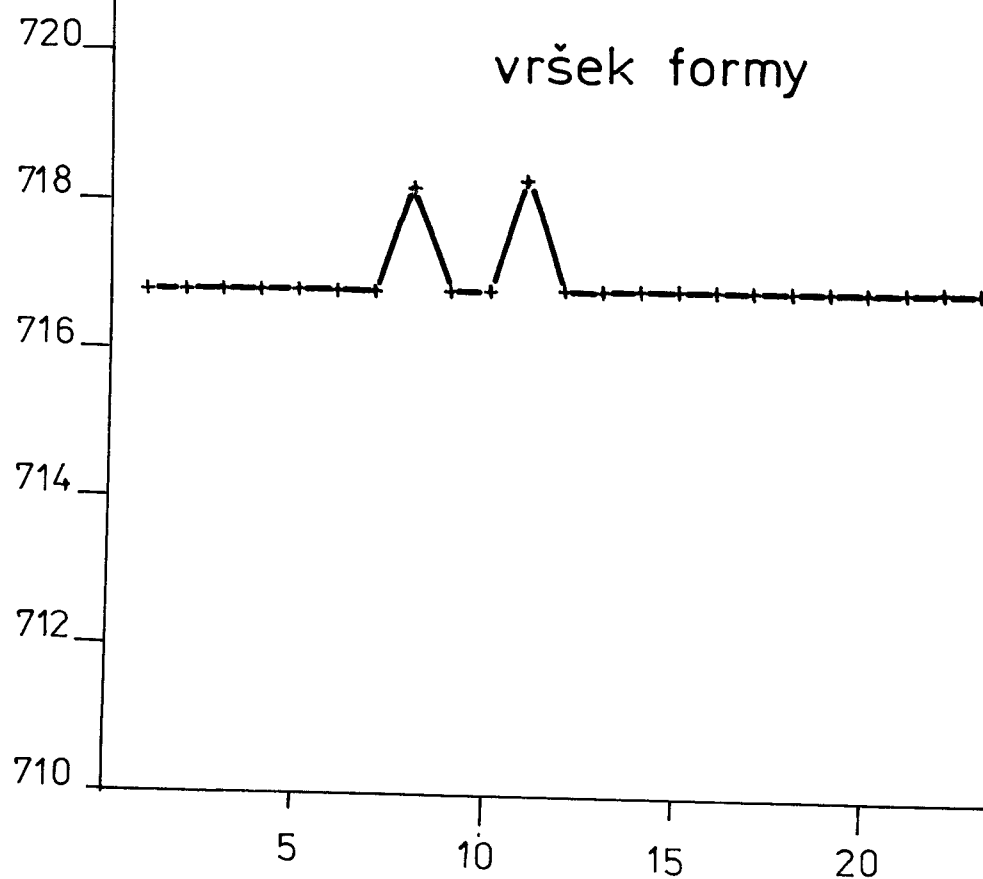
LOUBKY DUTINY FORMY (2. měření)

— · — odpovídající roz -
měr na modelu

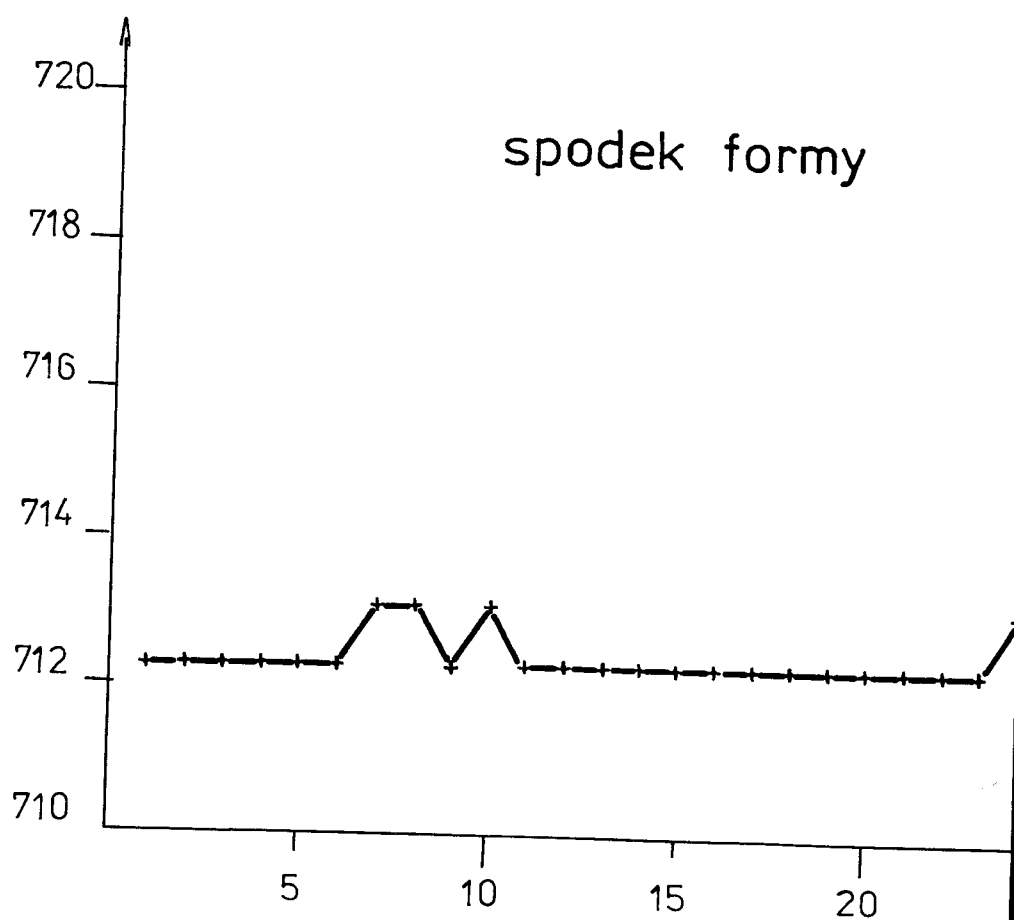


PŘÍLOHA č. 36 : PRŮBĚH HODNOT Š

ŠÍŘKA DUTINY
FORMY
[m m]



ŠÍŘKA DUTINY
FORMY
[mm]



ŘKY DUTINY FORMY (3.měření)

