

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro **s. Vladimíra S A A L A**obor **strojírenská technologie**

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

Název tématu: **Měření drsnosti povrchu výstřiků z plastů**

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte teoretický rozbor podmínek, ovlivňujících drsnost povrchu a kvalitu lesku výrobků z termoplastů zhotovených vstřikováním
2. Navrhněte vhodnou metodu měření drsnosti povrchu
3. Na dostupném zařízení vyhodnoťte drsnost povrchu modelových výstřiků vyrobených z různých druhů plastů.
4. Zhodnoťte dosažené praktické výsledky a navrhněte další postup práce.

Autorizace k vydání pro státní zkoušky
13. 5. 1978
13. 5. 1978
13. 5. 1978

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
LIBEREC
LIBEREC 1
13. 5. 1978

Rozsah grafických laboratorních prací: **tabulky, grafy**

Rozsah průvodní zprávy: **30 - 50 stran**

Seznam odborné literatury:

1. **Plaste u.Kautschuk 1972 - 77**
2. **Dokumentace np. Plastimat**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Josef Krebs, CSc**

Konsultanti: **Ing. J. Dostál, np. Plastimat, Liberec**

Datum zahájení diplomové práce: **10.10.1977**

Datum odevzdání diplomové práce: **26.5.1978**



V. Chaloupecký
Doc. Ing. V. Chaloupecký, CSc
Vedoucí katedry

B. Stríž
Doc. RNDr. B. Stríž, CSc
Děkan

P r o h l á š e n í

Souhlasím, aby moje diplomová práce byla podle směrnice uveřejněná v Pokynech a informacích č. 1/1975, se kterou jsem byl seznámen, zapůjčena nebo odprodána za účelem využívání jejího obsahu.

Jsem si vědom, že práce je majetkem školy a že s ní nemohu sám disponovat.

Souhlasím, aby po pěti letech byla diplomová práce vrácena na uvedenou adresu, nebo v případě nedoručitelnosti skartována.

_____ podpis

Jméno a příjmení Vladimír Saal
Adresa stálého bydliště Bousova č.12
Jablonec n.Nisou

Adresa podniku, ve kterém budete pracovat (pokud víte)

LIAZ Jablonec n.Nisou

V Š S T L I B E R E C

Fakulta strojní
Obor 23 - 07 - 8

Strojírenská technologie
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra technologie a nauky o materiálu

MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU VÝSTŘIKU Z PLASTU

Vladimír S a a l
DP - ST - 1376 / 78

Vedoucí práce : Ing Josef Krebs CSc KTM VŠST
Konsultant : Ing J.Dostál Plastimat Liberec

Rozsah práce a příloh

Počet stran	87
Počet příloh a tabulek	14 dvojlistů
Počet obrázků	20
Počet výkresů	-
Počet fotografií	45

DT : 620.191.35
: 535.391.2

26. května 1978

Úvod	7
1. TEORETICKÁ ČÁST A LITERÁRNÍ REŠERŠE	9
1.1. DRSNOST POVRCHU	9
1.1.1 Seznámení s problematikou	9
1.1.2 Názvosloví a označení	10
1.1.3 Důvody rozdílných výsledků měření	14
1.1.4 Úchyly tvaru	17
1.2 ZRCADLOVÝ LESK	21
1.2.1 Význam a hodnocení	21
1.2.2 Vysvětlení pojmu lesk	21
1.2.3 Měření lesku	22
1.2.3.1 Vizualní posuzování	22
1.2.3.2 Měření zařízení přístroje	23
1.2.4 Zkušební metoda měření lesku	26
1.2.4.1 Definice lesku	26
1.2.4.2 Referenční normály	26
1.2.4.3 Kalibrace přístroje	27
1.2.4.4 Spektrální podmínky	27
1.2.4.5 Zpráva o zkoušce	27
1.2.4.6 Rozdíly ve výsledcích	28
1.2.5 Závislost mezi drsností a leskem	28
1.3 TEORETICKÝ ROZBOR TECHNOLOG. PODMÍNEK ZPRACOVÁNÍ	
1.3.1 Vliv teploty formy	30
1.3.2 Vliv teploty taveniny	30
1.3.3 Vliv vstřikovacího tlaku	31
1.3.4 Vliv vstřikovací rychlosti	31
2. NÁVRH VHODNÉ METODY A ZPUSOBU MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU	
2.1 PŘEHLED METOD MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU	32
2.1.1. Porovnávací metody	32
2.1.1.1 Vizualní srovnání	32
2.1.1.2 Srovnání hmatem	33

2.1.1.3	Srovnání optické	33
2.1.1.4	Pneumatická metoda	34
2.1.2	Metoda světelného řezu	34
2.1.3	Metoda světelného paprsku	35
2.1.4	Metoda interferenční	37
2.1.5	Metody elektromechanické	37
2.1.5.1	Elektromechanické přístroje	37
2.1.5.2	Rozdělení elektromechanických snímačů	39
2.1.5.3	Aktivní snímače	40
2.1.5.4	Pasivní snímače	43
2.2	POSUZOVÁNÍ DRSNOSTI POVRCHU	47
2.2.1	Výběr úseku pro měření drsnosti	47
2.2.2	Volba směru pro měření drsnosti	47
2.2.3	Délka měření dráhy	48
2.2.4	Posuv hrotu po měřeném povrchu	49
2.2.5	Rychlost posuvu hrotu po měřeném povrchu	49
2.2.6	Typ snímače	50
2.2.7	Poměry v dosedací ploše mezi diamantem a vzorkem	52
2.2.8	Vliv geometrie snímacího hrotu	54
2.2.9	Upnutí měřeného vzorku	55
2.3	ZPŮSOB INDIKACE VÝSLEDKU MĚŘENÍ	56
2.4	Objasnění pojmu mezní rozteč	57
3.	VYHODNOCENÍ DRSNOSTI POVRCHU MODELOVÝCH VÝSTŘIKU PRAKTICKÁ ČÁST	
3.1	Popis zařízení	60
3.2	Úvod do problematiky měření drsnosti	62
3.3	Postup práce se snímači	63
3.3.1	Relativní snímač TFE 100	63
3.3.2	Absolutní snímač TFB 300	64
3.4	Proměřování modelových výstřiků	65
3.4.1	Zkušební destičky	65
3.4.2	Zkoušení výrobků	65
3.5	Popis práce na elektronovém rastrovacím mikro- skopu - PHILIPS PSEM - 500	67

3.6	Tabulky naměřených hodnot	74
4.	ZÁVĚR	79
5.	LITERATURA	85
6.	Fotografie použitého měřicího zařízení . . .	85
7.	PŘÍLOHY	
7.1	Fotografie z elektronového mikroskopu-14 dvojlistů	
7.2	Grafické záznamy drsnosti na registračním papíře	

Ú V O D

Měření drsnosti povrchu výstřiků z plastických hmot a kvality lesku výrobků vyvolala potřeba n.p. Plastimat. S narůstajícím objemem výroby a stoupající kvalitou výrobků rostou i požadavky na kvalitu vyhodnocování drsnosti povrchu. Je zapotřebí vybrat a v praxi vyzkoušet takové metody, o kterých předpokládáme, že nám poskytnou objektivní a srovnatelné hodnoty. S rozvojem všech oblastí techniky stále rostou i požadavky na kvalitu vyhodnocování drsnosti povrchu. Více než v jiných oblastech měřicí techniky, projevuje se právě u měření drsnosti snaha o dokonalé a hluboké zvládnutí této problematiky. V posledních letech došlo v tomto odvětví k pohybu, jak v oblasti měřících přístrojů, tak v komplexnějším hodnocení povrchu. Tyto změny se doposud neprojevíly ve změnách norem. Obor měření drsnosti se rychle rozvíjí, nové moderní přístroje umožňují podrobnou analýzu povrchu součástí. Je třeba si uvědomit, že pro práci s moderními přístroji nevystačíme se starými jednoduchými představami o drsnosti a metodách jejího měření.

Technologické podmínky zpracování ovlivňují jak kvalitu lesku, tak i přesnost okopírování povrchu vstříkovací formy na výrobek. Úkolem této práce je zkoumat kvalitu povrchu samostatně, bez ohledu na jakých podmínkách jí bylo dosaženo. Současná situace v n.p. Plastimat Liberec je taková, že se neproměří drsnost ani lesk vyráběných výrobků. Provádí se pouze vizuelní kontrola. Drsnost výrobků je navrhována podle vzorkovnice pro daný materiál. Srovnání normálu vzorkovnice s drsností výrobku se provádí vizuelně. Je to metoda subjektivní závislá na zkušenosti pracovníka a jeho rozlišovacích schopnostech, proto je také zatížena poměrně velkou chybou. Vyhodnocování lesku vizuelním způsobem je nedokonalé a chybné.

Výrobky se rozdělují do dvou kvalitativně odlišných skupin:

- výrobky vzhledové
- výrobky užitkové

Výrobky vzhledové

Vynikají vysokou kvalitou povrchu. Do této skupiny jsou zařazeny výrobky u nichž kvalita povrchu má rozhodující vliv na vzhled. Malá drsnost povrchu a vysoký lesk jsou požadovány odběratelem u prodejně atraktivních výrobků. Náleží sem kryty magnetofonů, gramofonů, skřínky transistorových přijímačů, tělesa mixerů, vnitřní vybavení ledniček apod.

Výrobky užitkové

U této skupiny již drsnost není rozhodujícím činitelem při posuzování kvality výrobku, není zde ani požadovaná její nízká hodnota. Během užívání výrobku dochází ke ztrátě lesku a zvýšení drsnosti vlivem povětrnostních a provozních podmínek. Hlavními představiteli jsou přepravky na ovoce, lahve, pečivo, zásuvky psacích a dílenských stolů, součástky automobilů, tělesa teplovodního topení- kryt, oběžné kolo ventilátoru aj.

Zvláštní skupinu tvoří výrobky s matovou úpravou. Hladce obrobené formy se záměrně zdrsňují např: pískováním. Dosáhneme členitého povrchu zabraňujícího zrcadlovému lesku. Představitelem jsou např. přístrojové desky automobilů.

1. TEORETICKÁ ČÁST A LITERÁRNÍ REŠERŠE.

1.1 DRSNOST POVRCHU

1.1.1 Seznámení s problematikou

Hodnocení kvality povrchu výrobků z plastických hmot si vyžaduje odlišný přístup, než u kovových materiálů. Způsob vzniku povrchu plastového výstřiku je odlišný od vytváření drsnosti při obrábění. Zplastikovaný polymer kopíruje povrch formy v závislosti na technologických podmínkách zpracování, jakosti formy, vlastnostech použitého materiálu. Reliéf povrchu bude nepravidelný, proměnlivý ve směru řezu. Drsnost obráběného materiálu má pravidelný charakter, závislý především na tvaru řezného klínu nástroje a na jeho posuvu vzhledem k obráběnému povrchu.

Naše norma ČSN 01 4450 z 5.5. 1960 stanoví názvy a definice základních pojmů drsnosti povrchů obroběných odebráním třísek, tvářených a kovaných. Nezahrnuje drsnost plastických hmot. Tato norma neplatí pro lesk, vzhled, barvu, odolnost proti korozi, tvrdost, strukturu a jiné vlastnosti, které mohou mít v jednotlivých případech převažující vliv na vlastnosti požadované od povrchu. Neuvažuje též vlnitost a geometrické úchyly tvaru. Podle této normy je drsnost povrchu souhrn nerovností skutečného povrchu s roztečí menší, než je odpovídající mezní rozteč nerovností. Tyto nerovnosti jsou měřeny jako úchyly zjištěného profilu od vztažné čáry v mezích stanoveného úseku. Nerovnostmi jsou míněny výstupky a prohlubně skutečného povrchu.

Způsob vzniku drsnosti povrchu může vlastnosti výrobku z hlediska funkce silně ovlivňovat. Je tedy

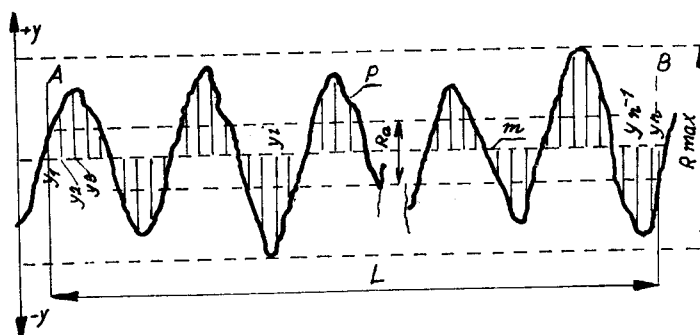
možné zkoumat kvalitu povrchu samostatně, jako určitou mezní vrstvu, odděleně od vlastního tělesa.

1.1.2 Názvosloví a označení

Na dvourozměrném řezu skutečného profilu si ukážeme jaké hodnoty z něho můžeme vyhodnocovat.

Sestaveno s použitím literatury 1..

obr. 1. Charakteristické hodnoty povrchu



- p ... skutečný profil
- m ... střední čára profilu
- n ... počet uvažovaných pořadnic
- L ... délka měřeného úseku
- R_a .. střední aritmetická úchylka
- R_{max} .. maximální výška nerovností

Střední čára profilu m

je vztažná čára, která vyhovuje těmto požadavkům:

- a) v délce mezní rozteče nerovností má tvar geometrického profilu
- b) rozděluje zjištěný profil tak, že v délce mezní rozteče nerovnosti je součet čtverců úchylek tohoto profilu od střední čáry minimální.

Střední čára profilu musí splňovat podmínku, aby

součty ploch omezených střední čarou a profilem
byly nad čarou i pod ní stejné.

Pojmy pro rovinné řezy povrchem

Geometrický profil

je řez geometrickým povrchem rovinou vhodně položenou k jeho geometrickému povrchu

Skutečný profil

je řez skutečným povrchem rovinou vhodně položenou k jeho geometrickému povrchu

Zjištěný profil

je řez zobrazeným povrchem rovinou vhodně položenou k jeho geometrickému povrchu

Vztažná čára

je čára, která je základnou pro vyhodnocování zjištěného profilu a k níž se vztahují číselné úchyly tohoto profilu

Rozteč nerovností

je vzdálenost nerovností zjištěného profilu

Délka měřeného úseku L

je nejmenší délka úseku zjištěného profilu, nutná pro stanovení charakteristických číselných hodnot drsnosti povrchu.

Střední aritmetická úchylka od střední čáry profilu

Přesný vztah pro výpočet

$$R_a = \frac{1}{L} \int_A^B |y| dx$$

nebo přibližný

$$R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Maximální výška nerovností $R_{\max}$

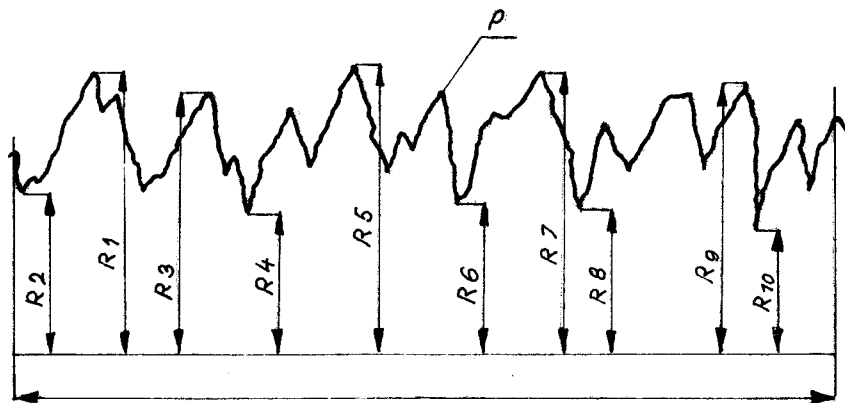
je vzdálenost mezi dvěma čarami rovnoběžnými se střední čarou, z nichž jedna prochází vrcholem největšího výstupku a druhá nejnižším bodem prohlubně zjištěného profilu v délce měřeného úseku.

$R_{\max}$ je pouze doplňkovým měřítkem drsnosti a předepisuje se na výkresech jen ve výjimečných případech, kdy je to nutné z důvodů technologických nebo funkčních.

Výška nerovností R_z

je střední hodnota vzdálenosti mezi pěti nejvyššími body výstupků a pěti nejnižšími body prohlubní zjištěného profilu v délce měřeného úseku. R_z se měří od čáry rovnoběžné se střední čarou profilu.

Obr. 2. Výška nerovností R_z



Střední výšku nerovností R_z vyjádříme vztahem:

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + \dots + R_9) - (R_2 + R_4 + \dots + R_{10})}{5}$$

Mezi hodnotami R_a a R_z existuje vazba, vyjádřená teoretickým vztahem.

$$R_z = 4,5 R_a^{0,97}$$

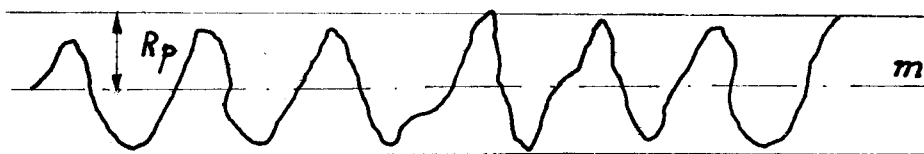
je možné používat přibližný stav

$$R_z = 4 R_a$$

Hloubka vyhlazení R_p

je to vzdálenost mezi obalovým profilem a střední čarou profilu m .

Obr. 3. Hloubka vyhlazení profilu



Doposud uvedené veličiny pro hodnocení povrchu byly vztaženy jen na mikronerovnost podél středního profilu bez superponovaných úchylek.

U vlnitého povrchu rozeznáváme:

Celková hloubka profilu = $W + R_{max}$

Sčítá největší výšku vlny na naměřeném profilu s maximální výškou nerovností.

Obr. 4. Celková hloubka profilu



$R_{\max}$ maximální výška nerovnosti
W největší výška vlny profilu

Pro střední aritmetickou úchylku R_a , jíž se vyjadřuje drsnost povrchu, jsou stanoveny dvě řady číselných hodnot (tab.1). Základní řada zvolených čísel s podílem 1,25 a praktická řada zvolených čísel s podílem 2,00. Některé členy jsou vhodně zaokrouhleny. Všechny hodnoty drsnosti se vztahují na profil, vytvořený rovinou kolmou k povrchu. Odstupňování hodnot drsnosti je určeno především pro strojně obrobené povrchy kovových strojních součástí. Zásady stanovené normou ČSN 01 4450 i odstupňování hodnot drsnosti mohou být použity i pro povrchy součástí z plastických hmot.

1.1.3. Důvody rozdílných výsledků měření

Dnes je zkoušení povrchu velmi často prováděno především proto, že ve většině případů (a často aniž by to bylo nutné) je zkoušení kvality povrchu předepisováno. Kromě toho průběžné zkoušení dává často dobře využitelné poznatky pro výrobu. Je zapotřebí zvolit optimální drsnost povrchu. Nejmenší nutnou pro funkci výrobku, ale jen takovou drsnost při níž nestoupají zbytečně výrobní náklady. Zkoušení drsnosti je spojeno s určitou nejistotou, ne vždy jsou známy důvody rozdílných výsledků měření.

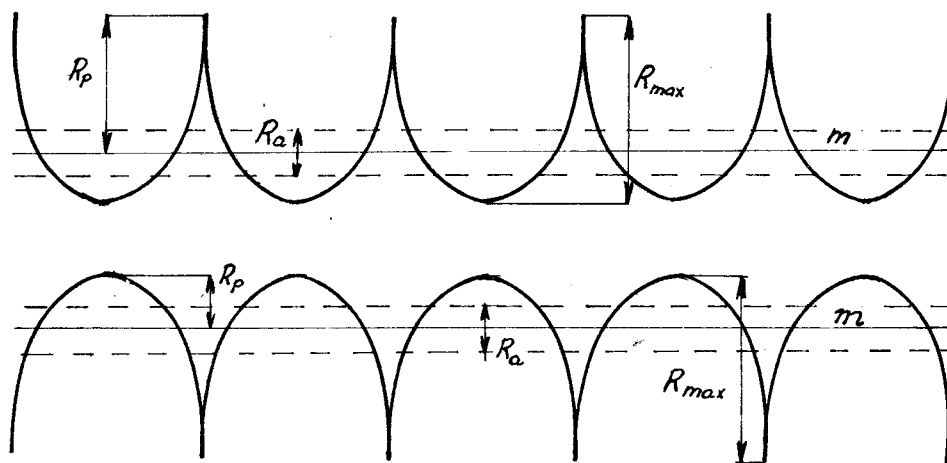
Uveďme několik důvodů, důležitých pro porozumění zkoušení drsnosti povrchu.

- a) Vyjdeme-li z geometrického tvaru je povrch třírozměrný a velice bohatý na varianty, dle způsobu výroby. Můžeme pozorovat značné rozdíly ve velikosti drsnosti ve vztahu k pravidelným nebo

nepravidelným tvarům drážek. Drážky se nekopírují z povrchu formy na plastickou hmotu stejně, záleží na vlastnostech polymeru. K mikronerovnosti povrchu bývá někdy superponována vlnitost. Exaktní matematické zachycení takového libovolného profilu není proto vůbec, nebo jen zřídka možné. Z toho vysvítá, že tento zvláště komplikovaný třírozměrně utvářený obraz lze velice nedostatečně charakterizovat pomocí zkušební metody, která z dvourozměrných profilových řezů často zjišťuje jen jednorozměrný parametr.

Hodnota R_a a R_{max} buď jednotlivě nebo společně nejsou s to rozlišit přirozený obraz od zrcadlového obrazu. Tuto skutečnost si nejlépe ověříme porovnáním grafických záznamů jednotlivých povrchů se stejnou hodnotou R_a . Teprve na nich vidíme kolik odlišných profilových křivek může vyhovovat stejné hodnotě R_a . Definice střední aritmetické úchytky vychází ze shodné velikosti ploch mezi skutečným profilem a střední čarou profilu. Z rovnosti ploch nevyplývá, že musí ohraničovat nerovnosti o stejné výšce.

Obr. 5 . Srovnání profilu s jeho zrcadlovým obrazem



Na obrázku 5. je zobrazený skutečný profil a jeho zrcadlový obraz. Přestože oba dva povrchy mají stejnou hodnotu R_a a R_{max} , nejsou z provozního hlediska rovnocenné. První povrch má velkou hloubku vyhlazení R_p , ale malou nosnost profilu. Poměr vrcholů k jeho prohlubním je nepříznivý, nosnost povrchu je malá. Druhý povrch má malou hloubku vyhlazení a proto příznivější nosnost profilu. Oblé vrcholy profilu vydrží větší zatížení (měrný tlak), než ostré výstupky v prvním případě.

Nosnost profilu udává Abotova křivka. Vyhodnocuje v rovnoběžných řezech procentuelní poměr vrcholů a prohlubní profilu. Má především význam u kovových součástí vystavených během provozu měrnému tlaku v dosedací ploše. Povrch musí být schopen při velké nosnosti udržet olejový film. U kovového povrchu se stoprocentní drsností musí dojít zákonitě k zadření pohybujících se součástí. Olejový film nemá možnost ulpět na povrchu. Drží pouze adhezí, neulpí v prohlubních profilu. Použijeme-li plastických hmot, využíváme jejich samomazných vlastností, mohou pracovat bez olejového filmu.

- b) Zkušební odvětví měření povrchu zahrnuje rozsahy hloubek od 0,01 - 300 mikrometru, které jsou docilovány nejrozličnějšími způsoby opracování. Přitom je třeba mít na zřeteli, že superponované úchytky tvaru nerostou proporcionálně s drsností a tím různě ovlivňují výsledek měření. Při dokončování povrchu forem plastických hmot je dosílena požadovaná drsnost, ale zároveň může dojít k proleštění formy. Z toho vyplývá vlnitost nebo tvarová úchytky. Většina forem

pro vysoce jemné a lesklé povrchy plastických hmot je natvrdo chromována. Nerovnoměrně nanesený galvanický povlak může ovlivnit již zmíněné vady.

c) V normě pro M - systém byl pevně stanoven neexistující geometrický ideální profil, jakožto vztažný profil pro vyhodnocení výsledků měření. V praxi je tvořena skutečná vztažná čára snímačem a jeho geometrickými dosedacími poměry v momentálním bodě měření. Poněvadž si zkušební přístroj při zjišťování charakteristických hodnot vytváří vztažnou základnu jinak, než je stanoveno v normách. Systematické rozdíly mezi oběma způsoby vyhodnocení mohou být dodrženy jako velice malé (nebo v příslušných mezích) při vhodné volbě podmínek měření.

d) Při zkoušení mikrotvaru povrchu musí být kromě toho vzato v úvahu :

- jedná se o zkoušení jednotlivé série, již jednotlivý výrobek je bohatý na varianty. Na každém zkoušeném kusu lze očekávat rozdílné naměřené hodnoty.
- během vyráběné série může opotřebení nástroje, změna materiálu, nebo technologických podmínek způsobit silné změny tvaru profilu , takže výsledky měření mohou být zpracovány jako průměrná hodnota s určitou pravděpodobností výskytu.

Zpracováno podle literatury [5]

1.1.4 Úchylky tvaru

Skutečný povrch výrobku není nikdy totožný s ideálním povrchem, jsou v něm vždy ve větší nebo menší

míře zastoupeny úchytky tvaru a ne všechny druhy stejnou měrou. Pro názornost uvádím příklady úchytek tvaru (tabulka 2), tak jak je rozeznává norma DIN 47 60 / 60. Všechny tyto faktory vyjmenované v tabulce budou mít vliv na konečný tvar povrchu formy. Charakter drsnosti povrchu formy bude rozdílný podle toho na jakém strojním zařízení byly formy vyráběny, z jakého materiálu a jakými nástroji. Mezi další hlediska patří také tepelné zpracování formy, způsob dokončení buď leštěním nebo galvanickým chromováním. Máme-li hotovou vstřikovací formu je to pouze negativ. Na tom jakou hodnotu drsnosti bude mít pozitiv (vstřikovaný výrobek) záleží na dalších činitelích. Materiálové vlastnosti polymeru jako jsou teplota taveniny, viskozita, zabíhavost, smrštění, společně s technologickými podmínkami, teplotou formy vstřikovacím tlakem a rychlostí budou ovlivňovat výslednou drsnost. Z výčtu těchto podmínek vyplývá, kolik faktorů působí na utváření povrchu plastového tělesa. Samotná forma požadované drsnosti nám není schopná zaručit, že z ní obdržíme vstřikované výrobky o stejné drsnosti jakou má forma.

Tabulka 1

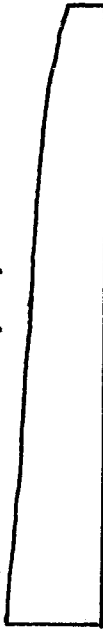
Základní a praktická řada střední aritmetické úchylky R_a

Střední aritmetická úchylka

Střední aritmetická úchylka

R_a		R_a	
Základní řada	Praktická řada	Základní řada	Praktická řada
0,008		1,00	
0,010		1,25	
0,012	0,012	1,60	1,6
0,016		2,0	
0,020		2,5	
0,025	0,025	3,2	3,2
0,032		4,0	
0,040		5,0	
0,050	0,05	6,3	6,3
0,063		8,0	
0,080		10,0	
0,100	0,1	12,5	12,5
0,125		16,0	
0,160		20,0	
0,200	0,2	25,0	25
0,25		32,	
0,32		40,	
0,40	0,4	50,	50
0,50		63	
0,63		80	
0,80	0,8	100	100

Příklady úchylek tvaru dle DIN 4760/60

Úchylky tvaru (znázorněné jako zvětšený řez profilem).	Příklady druhů odchylek	Příklady příčin vzniku
1. řád - odchylky tvaru 	Nerovnost Nekruhovitost	Chyby ve vedení obráběcího stroje. Prohnutí stroje nebo obrobku, špatné upnutí obrobku, rozdíl v tvrdosti, opotřebení
2. řád - vlnitost 	Vlny	Výstředné upnutí nebo tvarová chyba frézy. Kmitání stroje nebo nástroje
3. řád 	Rýhy	Tvar břitu nástroje. Velikost posuvu nástroje.
4. řád 	Rysky Šupiny Vrcholky	Postup vytváření třísky. (Trhaná tříska, stříhaná tříska, nastavené ostří). Přetváření materiálu při pískování, vytváření pupínků při galvanickém procesu.
5. řád není jednoduchým způsobem obrazně znázornitelné	Krystalická struktura	Krystalické pochody, změna povrchu chemickými účinky (např. leptání), korozní pochody
6. řád není jednoduchým způsobem obrazně znázornitelné	Mřížková stavba hmoty	Fyzikální a chemické pochody ve výstavbě hmoty. Napětí a skluzu v krystalických mřížkách.
		

Superpozice úchylek 1. až 4. řádu.

1.2 ZRCADLOVÝ LESK

1.2.1 Význam a hodnocení

Zrcadlový lesk se používá především jako měřítko lesklého vzhledu povlaků a povrchů. Přesné srovnání hodnot lesku má význam jedině tehdy, jestliže hodnoty jsou zjišťovány tímž měřicím postupem a týkájí se v podstatě stejného typu materiálu. Zvláště hodnoty lesku průhledných povlaků nelze srovnávat s hodnotami zjištěnými u neprůhledných povlaků, a naopak. Lesk je složitou vlastností povrchu a nedá se úplně vyjádřit jediným číslem.

Zrcadlový lesk se obvykle mění s hladkostí a rovinností povrchu. Používá se ho někdy k srovnávacímu měření těchto povrchových vlastností.

Od každého vstřikovaného výrobku určeného pro vzhledové součásti se vyžaduje především vysoká jakost povrchu, a tím i dobrý povrchový lesk. Estetický vjem u lesklých výrobků je větší a zároveň jsou prodejně atraktivnější. Posuzovat povrchový lesk můžeme vizuelním způsobem, nebo měřicí technikou. Při hodnocení lesku výrobků z plast. hmot se setkáváme s rozmanitými povrchy. Výrobky mají rozdílný tvar, drsnost a barvu. Situace je navíc komplikována tím, že je zapotřebí hodnotit lesk výrobků průhledných, průsvitných a neprůhledných.

1.2.2 Vysvětlení pojmu lesk

Co je to lesk? Pod pojmem lesk, rozumíme schopnost nějakého povrchu odrážet dopadající světlo. Lidské oko vnímá lesklou plochu rozdělenou na světlá a tmavá pole. Na světlých polích se paprsky odráží přímo pod úhlem dopadu a dopadají na sítnici oka. Tmavá pole jsou taková místa povrchu, kde dochází pouze k difuznímu odrazu, oko vnímá tyto paprsky jako rozptýlené světlo.

Jako plně matový povrch můžeme vzít hrubě broušený povrch dle obr.6a kde světlá místa s přímým odrazem nelze odlišit od tmavých ploch s rozptýleným světlem. Při hrubě leštěném povrchu obrázek 7b obdržíme již zvýšenou intenzitu odraženého světla pod úhlem odrazu β_0 .

Zlepšujeme-li dále opracování, koncentruje se stále intenzita odraženého světla kolem úhlu odrazu až obdržíme téměř ideální odraz dle obr.6c.

Lesk se tedy principiálně liší od vlastnosti povrchu jako je barva nebo světlost, které jsou závislé na stupni a charakteru absorpce různých vlnových délek. Lesk je vázán na geometrii povrchu. Za určitých předpokladů může být tedy křivka intenzity odrazu určité plochy obr. 6d určena na základě jednoho nebo více parametrů kvality povrchu. Je však třeba vzít v úvahu, že křivka intenzity odrazu u ploch s orientovanými stopami po obrábění bude závislá na tom, v jakém úhlu ke směru stop budeme měření provádět.

Převzato z lit. [2].

1.2.3 Měření lesku

1.2.3.1 Vizuální posuzování

Posuzování lesku vizuálním způsobem se provádí za denního světla podle vzorkové kolekce porovnávacích destiček se známou hodnotou lesku. Takto je vytvořena srovnávací stupnice pro hodnocení výrobků. Vizuální posuzování je subjektivní, závislé na schopnostech pracovníka.

Srovnávací stupnici pro vizuální stanovení stupně lesku uvádí tab. č.3

Tabulka č. 3

<u>char.číslo</u>	<u>vnímání lesku</u>	<u>stupeň lesku/%/</u>
1	vysoký lesk	100
2	lesk	80
3	pololesk	50
4	matný lesk	30
	hedvábný lesk	30
5	matnost	0

1.2.3.2 Měřicí zařízení - přístroje

Každý přístroj se skládá ze zdroje žárového světla vyzařujícího dopadající svazek paprsků, zařízení k ustavení povrchu zkušebního vzorku a přijímacího zařízení umístěného tak, aby zachycovalo potřebný kužel paprsků odražených vzorkem. Přijímačem musí být fotosenzitivní zařízení reagující na viditelné záření.

Měření lesku měřicími přístroji nedává ve všech případech stejné výsledky. Zkušební metoda je do určité míry závislá na konstrukci přístroje a na zkušebních podmínkách. Aby bylo možné naměřené hodnoty lesku mezi sebou vzájemně porovnat, bez ohledu na jakém zařízení jich bylo dosaženo, museli by se výrobci sjednotit v konstrukci přístrojů.

Geometrické podmínky

Osa dopadajícího svazku paprsků musí být v některém z předepsaných úhlů od kolmice k povrchu zkušebního vzorku. Osa přijímače musí být zrcadlovým obrazem osy dopadajícího svazku paprsků. Zasadí-li se na místo zkušebního vzorku rovný kus leštěného černého skla - porovnávací normál, nebo jiný kus s čelní zrcadlovou plochou musí se uprostřed clony zorného pole přijímače vytvořit obraz zdroje světla.

Poměr paprsků přímo odražených - zrcadlový odraz a paprsků rozptýlených - difuzní odraz, je závislý na kvalitě povrchu.

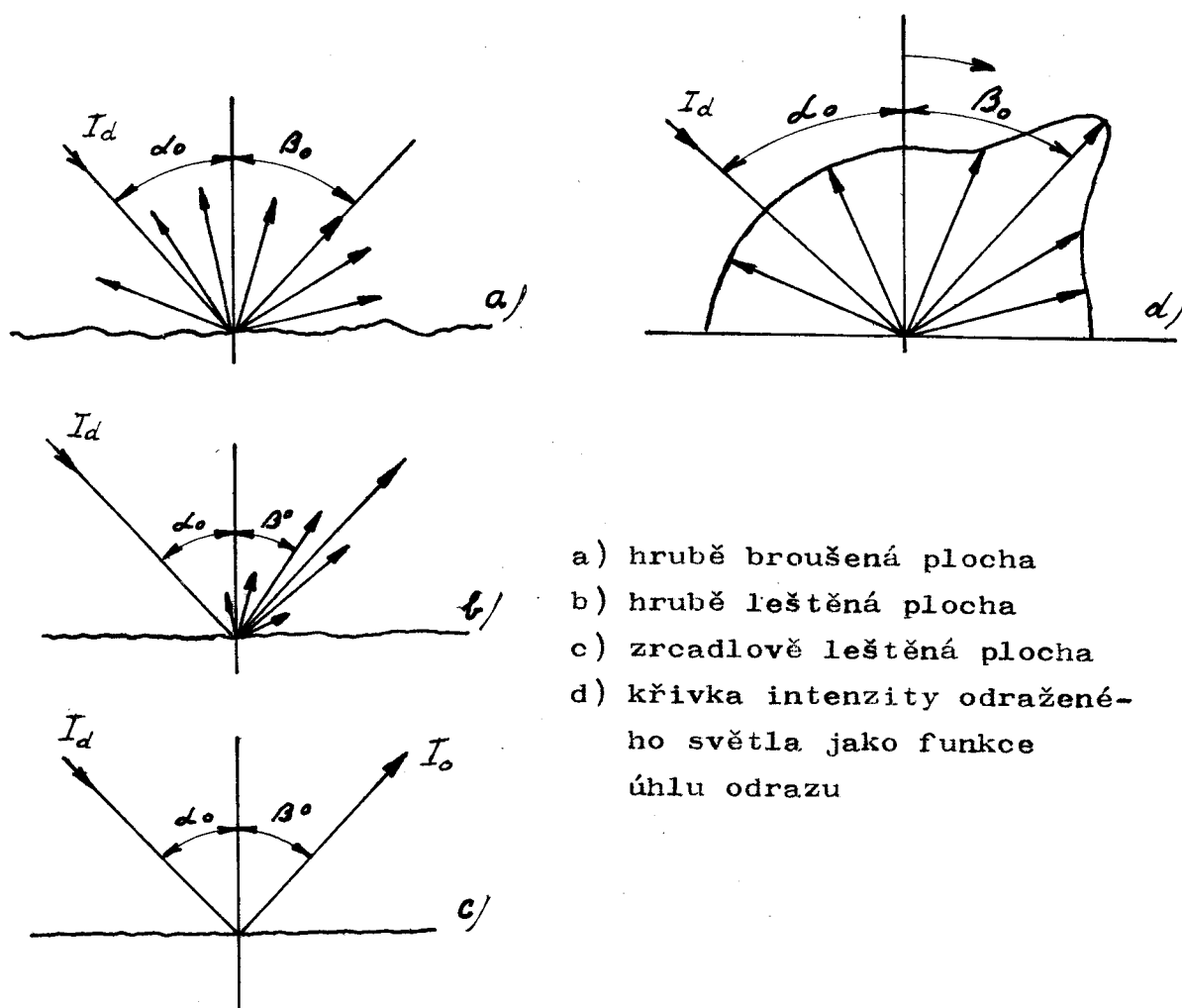
Označme si intenzitu přímo dopadajícího světla jako I_d a intenzitu přímo odraženého světla jako I_o a intenzitu rozptýleného světla jako I_r .
Intenzita plně odraženého světla I .

$$I = I_r + I_o$$

Krajní případy lze tedy lehko určit jako :

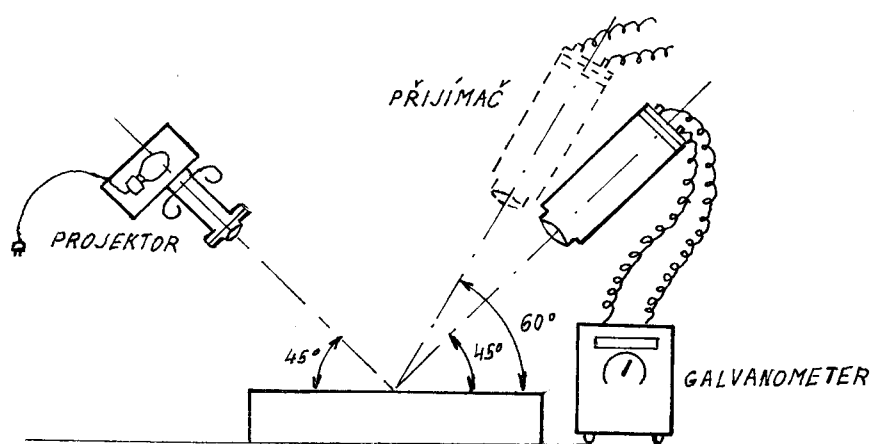
- a) matový povrch
- b) zrcadlově lesklý povrch

Obr. 6. Znáznornění odrazu světla



Délka osvětlené plochy zkušebního vzorku se smí nejvýše rovnat $1/3$ vzdálenosti od středu této plochy k cloně zorného pole přijímače. Velikosti úhlů a jejich tolerance se musí pohybovat v předepsaných mezích stanovených normou pro každou zkoušku lesku.

Obr. 7 Schema leskoměru



Doposud nejsou sjednoceny geometrické podmínky za kterých se měření lesku provádí. Pro informaci uvádím jaké geometrie používají normy jednotlivých států.

ASTM: D 2457 - 65 T

Tato norma se zabývá měřením lesku plastických filmů a to jak neprůhledných, tak průhledných. Používá tři různé geometrie .

60°... pro středně lesklé filmy

20°... pro vysoce lesklé filmy

45°... pro filmy se středním a nízkým leskem

ASTM: D 523 - 67

Tato metoda je určena pro srovnávání zrcadlového lesku různých vzorků při leskoměrné geometrii 60, 20 a 85 stupňů.

DIN 67 530

Používá tři různé úhly pro měření lesku podle vhodnosti použití pro různé povrchy materiálu.

20° převážně pro zkoušená tělesa s vysokým leskem

60° "- pro středně lesklá tělesa

85° "- " matná zkoušená tělesa

1.2.4 Zkušební metoda měření lesku

1.2.4.1 Definice lesku

Podle ASTM-D 523 :

zrcadlový lesk - zlomek světelné odrazivosti v zrcadlovém směru

zlomek světelné odrazivosti -

poměr odraženého světelného toku ke světelnému toku dopadajícímu na vzorek pod určenými prostorovými úhly

1.2.4.2 Referenční normály

Jako prvotní pracovní normál je vhodná jakákoliv rovinná, leštěná černá skleněná deska, jejíž indexu lomu (při vlnové délce 546 nm) je znám na tři desetinná místa. Jako základní hodnota zrcadlového lesku 100 je přiřazena podle norem ASTM a DIN leštěnému černému sklu s indexem lomu 1,567. Takovýto primární standard při kterékoliv geometrii musí dávat hodnotu lesku 100. Při jiném indexu lomu vychází pro každý úhel leskoměrné geometrie odlišná hodnota lesku od základní hodnoty 100. Při malých odchylkách indexu lomu bude hodnota lesku lineární funkcí indexu lomu, avšak rychlost změny lesku s indexem lomu je různá u každé geometrie.

Kromě základních referenčních normálů používáme

pro hodnocení méně lesklých povrchů sekundárních pracovních standartů. Jejich hodnoty lesku jsou udány oproti primárnímu . U těchto standartů je zapotřebí občas překontrolovat, zda se nemění jejich hodnota lesku oproti standartům primárním. Mezi sekundární standarty patří normály z keramických dlaždic matného neprůhledného skla, porcelánového smaltu, smirkového papíru a jiných pololesklých materiálů s tvrdým stejnoměrným povrchem.

1.2.4.3 Kalibrace přístroje

Hodnoty leskoměru jsou vztaženy na určitý standard, takže je nutná kalibrace přístroje. Seřizování se provádí za použití standartů, které mají známé a časově konstantní reflektometrické hodnoty. Pro základní seřízení se použije standard s reflektometrickou hodnotou 100.

1.2.4.4 Spektrální podmínky

Musí být zajištěno, aby žárovka použitá v leskoměrném přístroji - reflektometru, vydávala záření odpovídající normalizovanému bílému světlu. Fotoelektrický přijímač musí vyhodnocovat záření odražené zkoušeným tělesem, pokud jde o jeho spektrální složení, jako normální pozorovatel.

1.2.4.5 Zpráva o zkoušce

Zpráva o provedené zkoušce lesku musí obsahovat tyto údaje :

- a) typ vzorku, druh zkoušeného materiálu, údaje o struktuře ; nebo anizotropii povrchu; uvede se průměrná hodnota lesku ; použitá geometrie.
- b) jestliže se některé hodnoty lesku odchylují o více než 5 nebo 10 % (záleží na normě) od průměru , uvedou se všechny naměřené hodnoty lesku tohoto

vzorku,

- c) byla-li nutná příprava zkušebního vzorku je nutné uvést způsob přípravy,
- d) označení leskoměru jménem výrobce, typem a názvem modelu
- e) uvedou se označení použitých pracovních normálů nebo použité standardy lesku.

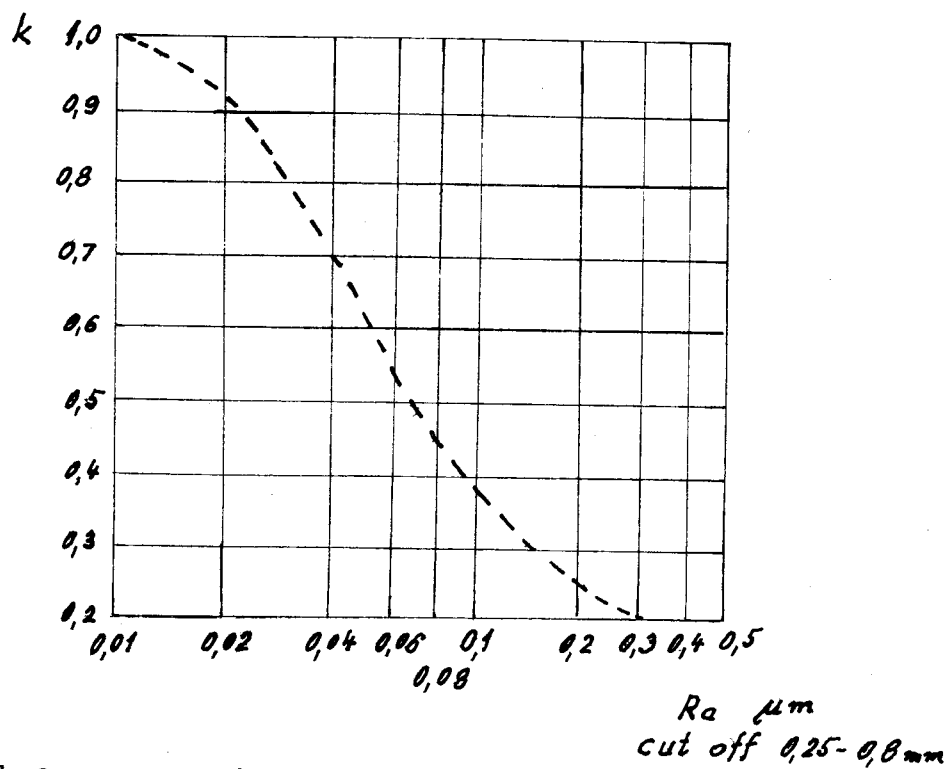
1.2.4.6 Rozdíly ve výsledcích

Výsledky dosažené na měřicích přístrojích někdy neodpovídají optickému vjemu. Rozdíly mezi oběma metodami hodnocení lesku je třeba přičíst skutečnosti, že při vizuelním stanovení lesku je posuzován celý povrch výrobku, zatímco při stanovení leskového čísla na měřicím přístroji je hodnocen jen výřez plochy o rozměrech několika desítek mm^2 . Kromě toho se při posuzování lesku vizuelním způsobem, nehledě na subjektivní vlivy, nepodaří dodržet vždy stejné podmínky ani přesně stanovený úhel pozorování.

1.2.5 Závislost mezi drsností a leskem

Mezi leskem a drsností není jednoduchý vztah pro jejich vzájemné porovnání. Obě tyto hodnoty spolu podmínečně souvisí. Čím jemněji je opracována plocha, tím větší vykazuje lesk. Narůstání hodnoty lesku se projevuje zvýšeným světelným tokem odraženým od opracované plochy pod úhlem odrazu symetrickým s úhlem dopadajících paprsků. V grafu na obr. 8 je na svislou osu nanášena poměrná hodnota $\frac{k}{R_a}$, na vodorovnou osu hodnota drsnosti povrchu R_a . Hodnota k je významově stejná s hodnotou lesku. Udává poměr odraženého světelného toku k součtu světelných toků dopadajícího rozptýleného světla.

Obr.8. Závislost lesku a drsnosti



Stáť 1.2 zpracována podle literatury [7, 8] a norem [9 - 12.]

Nebylo možné vyzkoušet prakticky jaký vliv mají technologické podmínky zpracování na utváření drsnosti povrchu. K tomu bylo by zapotřebí mít k dispozici vstřikovací stroj se speciální zkušební formou. Na ní bychom měli možnost sledovat jednotlivé faktory o kterých předpokládáme, že charakter drsnosti ovlivňují.

Jsou to : - teplota formy
- teplota taveniny
- vstřikovací tlak
- vstřikovací rychlost

Teoretický rozbor jestliže není založen na prakticky ověřených zkouškách se může dopustit určité chyby nebo mylného závěru. Vstřikovací stroj se speciální zkušební formou nemohl n.p. Plastimat, Liberec, poskytnout, protože veškeré strojní zařízení je nepřetržitě zapojeno do výrobního procesu. Proto, aby nedošlo k chybným závěrům byla použita diplomová práce (lit. 4), která tuto problematiku rozebírala a prakticky ověřovala.

1.3.1 Vliv teploty formy

Rozhodující vliv na přesnost okopírování má teplota formy. Při vyšší teplotě je drsnost povrchu formy lépe okopírována na povrch plastu, protože povrchové vrstvy vznikajícího výstřiku jsou delší dobu tekuté. Povrch formy je tvořen jemnými rýhami a ty zůstávají delší dobu teplé, proto je hmota lépe zaplní.

1.3.2. Vliv teploty taveniny

Při vstřikování ovlivňuje teplota taveniny rychlost tuhnutí povrchu výstřiku. Vysoká teplota taveniny má za následek, že tekutost plastu značně podpoří

vyplnění nerovnosti formy. Se stoupající teplotou taveniny je spojen pokles viskozity, to se projeví větší tekutostí materiálu a zároveň menšími odpory při vyplňování formy. Ztráty tlaku vzhledem k viskozitě jsou menší. Zvýšená teplota a tekutost materiálu zajistí pozdější tuhnutí vstřikovaného výrobku a lepší okopírování povrchu formy.

Vstřikovací teplota nebude mít tak velký vliv na vlastní mikronerovnost povrchu, jako na úchylnky tvaru. S rostoucí teplotou taveniny bude stoupat velikost smrštění materiálu. Velikost vnitřního pnutí ve výrobku je závislá na tvarové členitosti a hodnotě smrštění.

1.3.3. Vliv vstřikovacího tlaku

V důsledku většího tlaku se docílí většího zhuštění taveniny ve formě. Předpokládá se, že vyšší vstřikovací tlak zajistí dokonalejší obtištění povrchu formy i při nižší viskozitě taveniny.

1.3.4 Vliv vstřikovací rychlosti

Očekává se, že účinek vstřikovacího tlaku je podmíněn vstřikovací rychlostí. Na ní závisí jak rychle bude forma vyplněna taveninou. Probíhá-li vyplňování dostatečně rychle nevznikají v tavenině velké teplotní rozdíly. S rostoucím teplotním rozdílem stoupá rychlost odvodu tepla z taveniny do formy. Větší vstřikovací rychlostí se zlepší zaplňování nerovností povrchu formy.

2. NÁVRH VHODNÉ METODY A ZPUSOBU MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU

2.1 PŘEHLED METOD MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU

V současné době existuje již řada metod pro měření drsnosti povrchu. Liší se jak v principu, tak přesností měření.

Rozlišujeme:

- porovnávací metody vizuelní
 - hmatem
 - optická
 - pneumatická
- metoda světelného řezu
- metoda světelného paprsku
- metoda interferenční
- metody elektromechanické

2.1.1 POROVNÁVACÍ METODY

Porovnávací metody jsou nepřesné, zatížené podle okolností větší nebo menší subjektivní chybou. Mohou se používat ve výrobě ke kontrole výrobků. Z normalizovaných hodnot můžeme maximálně uvést v jakém rozmezí hodnot se pohybuje R_a .

Povrchy plastických hmot jsou téměř vždy hladké, v některých případech až velmi jemné. Čím nižší jsou hodnoty drsnosti, tím větší subjektivní chyby se můžeme dopustit.

2.1.1.1 Vizuelní srovnání

Patří mezi nejjednodušší, nejrychlejší, ale také nejméně přesné. U plastických hmot se setkáváme s hodnocením povrchu neprůhledných, různě barevných, ale také průsvitných a průhledných materiálů. Tyto povrchy mohou být lesklé, nebo matné. Při vizuelním srovnání se nehodnotí povrch samo-

statně , ale vždy se porovnává se známým etalonem drsnosti . Ze vzájemného porovnání etalonu a zkoušeného vzorku poznáme, zda povrchy mají stejnou drsnost. Pro všechny druhy plastických hmot nejsou etalony drsnosti k dispozici. Metoda má omezené použití.

2.1.1.2 Srovnání hmatem

Porovnávací způsob je vhodný pro povrchy s výraznými stopami po obrábění. Přejíždíme nehtem kolmo na stopy po nástroji. Porovnáváme rozdíly ve frekvenci nehtů při přejíždění etalonu a obrobku. Pracovník při určitém cviku dokáže rozlišit poměrně malé rozdíly ve frekvenci a tak vyhodnotit obrobený povrch. Již hůře se rozlišují rýhy na obrobku při stejné rozteči. Přejíždíme-li po povrchu s nestejnou vzdáleností rýh, rozpoznáme změnu ve frekvenci. Obrobený povrch se stejnou roztečí rýh, ale jejich rozdílnou hloubkou nejsme schopni rozlišit. To platí pro kovové materiály.

U plastů, kde velká většina výrobků má drsnost R_a pod 1 μm a některé pod 0,1 μm . Je nemožné tak malé rozdíly rozpoznat hmatem. Kromě toho hrozí u některých plastů nebezpečí poškrábání povrchu nehtem.

2.1.1.3 Srovnávání optické

Představitelem této metody je komparační mikroskop " Comparex " . V okuláru přístroje vidíme vedle sebe na jedné polovině povrch zkoušeného materiálu a na druhé polovině okuláru povrch standartu drsnosti. Z podobných obrazů usuzujeme, že pozorované povrchy mají stejnou drsnost.

2.1.1.4 Pneumatická metoda

Princip přístroje je založen na změně tlaku způsobeného únikem vzduchu mezi měřicí sondou a povrchem výrobku. Poměry v dosedací ploše ovlivňují tlak vzduchu pod membránou přístroje. Je-li drsný povrch uniká více vzduchu, tlak pod membránou poklesne. Naopak u hladkého povrchu je únik vzduchu malý a tlak vzduchu pod membránou stoupá. Průhyb membrány se převádí na stupnici přístroje. Metoda měření je rychlá, přístroj jednoduchý a levný. Metoda vhodná pouze pro nenáročná měření, avšak značně ovlivnitelná subjektivními vlivy. Měřicí rozsah přístroje je udáván v hodnotách $R_z = 1-20 \text{ um}$. Z toho vyplývá, že přístroj je vhodný pro drsnější povrchy, nikoliv na měření plastických hmot.

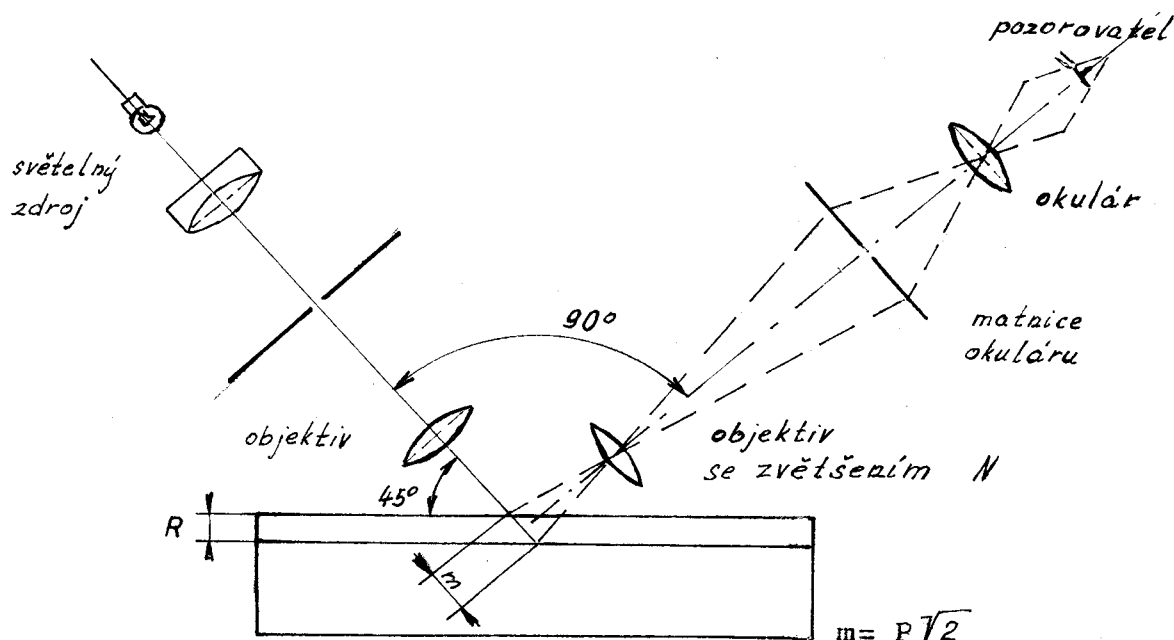
2.1.2 METODA SVĚTELNÉHO ŘEZU

Řez obrobeným povrchem vytváříme světelnou rovinou skloněnou pod úhledm 45° . Zkreslený řez, příslušně zvětšený podle použitého objektivu, se promítá do okuláru. V okuláru je umístěn mikrometrický šroub, kterým posouváme osový kříž a měříme výšku zobrazeného profilu. Podle přepočítavacího vzorce, který je v návodu každého přístroje, vypočítáme skutečnou výšku nerovností. Znamená to, že z normovaných hodnot měříme $R_{\max}$.

Uvedená metoda je přesnější než metoda porovnávací, je však použitelná pro měření výšek nerovností od 1 do 100 um o roztečích od 0,001 do 1,4 mm. Není vhodná pro broušené, nebo jinak jemně opracované povrchy. Metoda byla vyvinuta pro neprůhledné dobře odrazivé materiály, na kterých po zaostření můžeme pozorovat zřetelný profil povrchu.

Při aplikaci na plastické hmoty není tato podmínka splněna ani u neprůhledných vzorků, u průhledných je zcela vyloučena. Pro plastické hmoty tato metoda není vhodná.

Obr. 9. Princip metody světelného řezu



2.1.3 METODA SVĚTELNÉHO PAPRSKU

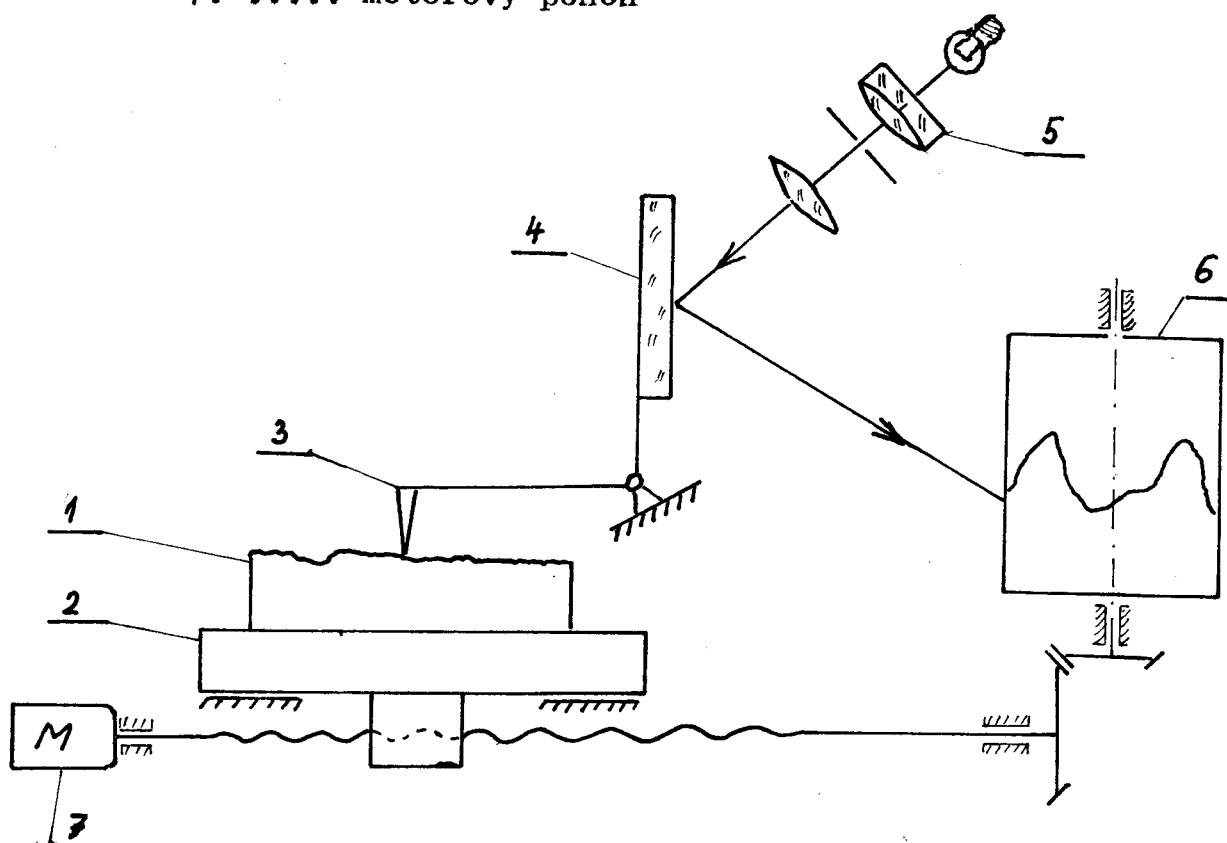
Na jednom rameni dvouramenné páky je umístěn snímací hrot a na druhém rameni je upevněno zrcátko. Kmitáním hrotu se mění zároveň poloha zrcátka a tím směr odraženého paprsku. Výchyly měřidla musí souhlasit s délkou měřeného úseku. Synchronizace posuvu obrobku s posuvem registračního filmu je dána posuvovým šroubem společně s kuželovým převodem.

Takovéto uspořádání přístroje (viz Obr. 10.) umožňovalo malé zvětšení vertikálních nerovností povrchu (200 - 500 x) a získaný záznam byl poměrně obtížně vyhodnotitelný. Proto řadu let nebyly přístroje na podobném principu konstruovány.

Firma Taylor Hobson znovu použila princip světelného paprsku u přístroje Talysurf 10. Zdokonalila ho však v tom, že odražený světelný paprsek dopadá na fotonku. Změnou polohy paprsku se mění intenzita osvětlení fotonky. Změně intenzity osvětlení je úměrná intenzita vznikajícího fotoelektrického proudu. Elektrický signál je zpracováván v počítačí jednotce přístroje obdobně jako u přístrojů, kde změna snímacího hrotu vyvolává přímo změnu elektrické veličiny.

Obr.10. Princip metody světelného paprsku

1. měřený vzorek
2. měřicí stůl
3. diamantový hrot
4. zrcadlo
5. zdroj světla + objektiv
6. filmový pás
7. motorový pohon



2.1.4 METODA INTERFERENCE

Při měření kvalitně opracovaných povrchů (např. jemně broušených, superfinišovaných, leštěných atd.) dotykovými přístroji se vždy dopouštíme určité chyby. Je třeba si uvědomit, že i u těch nejmodernějších přístrojů s maximální citlivostí je přesnost okopírování měřeného povrchu omezena velikostí zaoblení použitého diamantového hrotu. Radius hrotu se pohybuje mezi 2-12 μm . Znamená to, že hrot nemůže proniknout až do dna jemných hlubokých rýh. Grafický záznam i při maximálním zvětšení je vždy svým způsobem zkreslen. Potřebujeme-li z jakýchkoliv důvodů proměřit skutečnou hloubku takovýchto jemných nebo osamocených rýh, je třeba použít interferenční metody měření.

Pod pojmem interference rozumíme skládání světelných vln vycházejících z jednoho zdroje. K interferenci dochází na jemných povrchových rýhách. Interferující paprsky se projeví v zorném poli jako tmavé proužky. Pro vlastní měření drsnosti povrchu je využívána vícenásobná interference. Aplikace na plastické hmoty je podmíněna odrazivostí materiálu. Jsou-li vytvořeny podmínky pro vznik interferenčních čar je možné zkoumat nejjemnější povrchy plastových výstřiků.

Podrobný popis interferenčních metod je uveden v literatuře [2].

2.1.5 METODY ELEKTROMECHANICKÉ

2.1.5.1 Elektromechanické přístroje

Mezi nejdokonalejší zařízení pro kvantitativní vyhodnocování drsnosti povrchu dnes nesporně patří přístroje elektromechanické. Přední postavení mezi celou řadou přístrojů nejrozumnějších principů si

elektromechanické přístroje zajistily svými průkaznými přednostmi. Vysokou přesností a citlivostí, universálností v nejširším použití prováděcích rychlostí měření. Oproti jiným metodám poměrně jednoduchou obsluhou, možností hodnocení různých parametrů drsnosti, rychlým současným vykreslováním profilových křivek v nejvhodnějším měřítku.

Elektromechanické přístroje řadíme mezi přístroje, které pracují dotykovou metodou. Základní princip je pro všechny nejrozličnější typy elektromechanických přístrojů stejný.

Kmitání snímacího hrotu, pojíždějícího po nerovnostech povrchu, se v měničích - snímačích - převádí na analogické změny určité elektrické veličiny (napětí, indukčnost). Analogická přeměna snímané mechanické veličiny v elektrickou umožňuje snadné zpracování vzniklého elektrického signálu v nejrozličnějších elektronických obvodech. Dnešní bouřlivý rozvoj elektroniky otvírá rozsáhlé možnosti využití i v měření drsnosti povrchu.

Podle celkového uspořádání můžeme elektromechanické přístroje pro měření drsnosti rozdělit na dvě hlavní skupiny :

- profiloměry
- profilografy

Profilometry

Přístroje tohoto typu měří drsnost povrchu přímo ve výkresově předepsané hodnotě, např. R_a . U jednoduchých přístrojů je snímač po měřené součástce veden ručně, u složitějších pomocí mechanického pohonu.

Profilografy

Jak říká samotný název, slouží ke grafickému záznamu snímaného profilu v určitém vhodném měřítku. Zjišťování tvaru profilové křivky slouží ke kvalitativnímu hodnocení měřeného povrchu. Grafický záznam může velmi dobře sloužit při řešení výzkumných nebo technologických problémů u nejrůznějších výrobků. Profilogram je vždy velmi názorný dokument stavu drsnosti povrchu, odhaluje veškeré podrobnosti tvarového průběhu snímaného profilu.

Kombinované přístroje

Pro náročnější měřicí a vyhodnocovací práce, jak v laboratořích, tak v provozech jsou vhodné kombinované přístroje slučující funkce profilometru a profilografu. Některé části jsou společné, např. snímač, vstupní zesilovač, zdroj a jiné. Vypnutí jednoho nebo druhého systému umožňuje i jednoúčelové využití.

2.1.5.2 ROZDĚLENÍ ELEKTROMECHANICKÝCH SNÍMAČŮ

Prvním, velmi důležitým článkem všech přístrojů, je snímač. Má za úkol přeměňovat změny mechanické výchylky na analogický elektrický signál. Elektromechanické přístroje využívají celou řadu typů snímačů pracujících na odlišných principech.

Pouze pro návaznost probrané látky si provedme hrubé rozdělení těchto přístrojů do skupin podle použitého principu snímání nerovností.

- elektromagnetické snímače
- elektrodynamické snímače
- piezoelektrické snímače
- elektroinduktivní snímače
- elektrokapacitní snímače

Podle způsobu vytváření elektrického signálu rozdělujeme snímače na : - aktivní
- pasivní

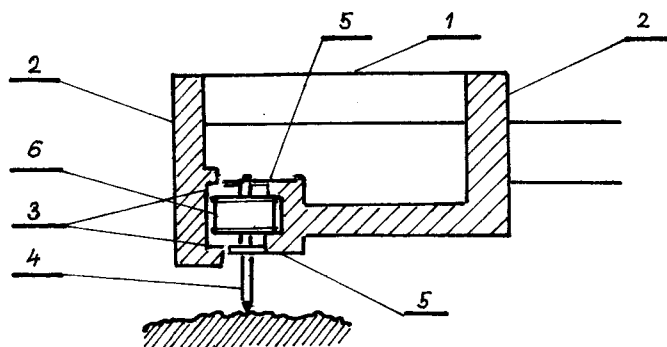
V aktivních snímačích vzniká přímo výstupní napětí, závislé na rychlosti změny polohy snímacího hrotu. Pasivní snímače provádí pouze změnu elektrické veličiny . Nevzniká v nich vlivem pohybu hrotu snímače žádné napětí.

Pro zpracování v měřicím přístroji je nutné, zesílit signál, jak z pasivního, tak z aktivního snímače.

2.1.5.3 AKTIVNÍ SNÍMAČE

Elektromagnetické snímače

Magnetický obvod elektromagnetických snímačů je tvořen permanentním magnetem 1, pólovými nástavci 2 a ve vzduchové mezeře pohybujícími se kruhovými kotvičkami 3. Snímací hrot 4 je veden zároveň s kotvičkami na planžetovém uložení 5. Hrot sleduje nerovnosti povrchu, způsobuje pomocí kotviček 3 změnu magnetického toku, což má za následek dle indukčního zákona indukci elektrického napětí v závitech cívky 6. Vešikost elektrického napětí u tohoto typu snímače je úměrná rychlosti změny pohybu hrotu diamantu. Mezi výhody elektromagnetického systému patří malá hmotnost pohyblivé části při dostatečné odolnosti proti mechanickému poškození.

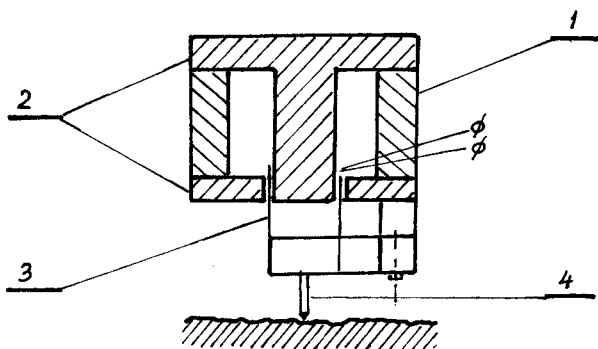


Obr. 11 . Schematické uspořádání elektromagn. snímače

Elektrodynamické snímače

Magnetický obvod elektrodynamických snímačů je opět tvořen permanentním magnetem 1 a pólovými nástavci 2. Oba nástavce jsou tvarovány tak, aby vytvořily úzkou prstencovou vzduchovou mezeru. Do této mezery pak zasahuje cívka, která je přímo spojena prostřednictvím planžetového vedení se snímacím hrotem. 4. Hrot sledující nerovnosti povrchu pohybuje cívka 3 v magnetickém poli. Při pohybu vodiče v magnetickém poli vzniká v něm podle induktivního zákona elektromotorická síla, která je úměrná rychlosti změny indukčního toku protékajícího závitů cívky. U tohoto druhu snímače je tedy rychlost výstupního napětí závislá na rychlosti změny pohybu hrotu.

Obr. 12 . Znázorňuje vnitřní uspořádání elektrodynamického snímače.



Snímače generátorového typu, elektromagnetické a elektrodynamické se připojují přímo . Indukované výstupní napětí cívek vzniklé pohybem hrotu , se přivádí k vstupu elektronického zesilovače. U uvedených typů je výstupní napětí snímačů úměrné rychlosti změny kmitu hrotu, takže musí být v další

části přístroje zapojen integrační elektrický obvod, který změní rychlostní průběh elektrického napětí v průběh závislý na amplitudě snímaného profilu.

Piezoelektrické snímače

Snímače tohoto druhu patří do skupiny snímačů generátorového typu. Pracují na principu využití fyzikálního jevu některých látek, na jevu piezoelektrickém. Krystaly křemene, turmalínu, barium titanu, olovozirkontitanu nebo Seignetovy soli jsou v krystalových mřížkách rovnoměrně rozděleny pozitivní i negativní náboje. Při praktickém použití je krystal ve tvaru hranolu na jednom konci vetknut a na druhém konci opatřen snímacím diamantem.

Snímací hrot 1 je veden po měřeném povrchu, deformuje piezoelektrický element 2 přímo, nebo přes pomocný pákový převod. Kopíruje-li hrot snímače nerovnosti povrchu je vetknutý krystal mechanicky namáhán. To způsobuje na jedné straně krystalu tahová a na druhé tlaková napětí a vznik opačného elektrického náboje. Vzniklé napětí je snímáno na polepech z vodivého materiálu. Jeho velikost je přímo úměrná velikosti a průběhu deformace přenášené na piezoelement od snímacího hrotu. Můžeme tedy napětí těchto snímačů přímo zesilovat v elektronických zesilovačích bez jakékoliv úpravy.

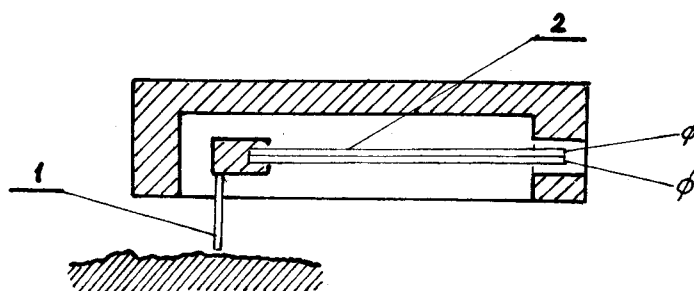
Jaké zápory má piezoelektrický princip ve srovnání s principem elektroinduktivním. Především použití větší přítlačné síly na diamantový hrot. Přítlačná síla musí být vyšší asi 500 mp, aby vyvolala ohybová napětí v krystalu. Aby se snížil tlak v místě dotyku musí být zaoblení snímacího hrotu větší 10 - 12 um, tím se zamezí poškození povrchu. Zvětšený radius hrotu nemůže přesně kopírovat nerovnosti

povrchu, dochází k určitému zkreslení naměřených hodnot od skutečnosti. Není proto účelné vyžadovat od těchto přístrojů extrémně velká zvětšení.

Pro plastické hmoty jsou tyto přístroje nevhodné. Největším nedostatkem je velká přitlačná síla. Předpokládá se, že by docházelo k trvalé deformaci pod diamantovým hrotem, tedy " rýpání " snímače do povrchu plastu. Povrch výstřiku je dostatečně jemný a hladký, snímací hrot by nebyl citlivý na jeho nerovnosti a špatně by je kopíroval.

Tyto přístroje nelze používat k měření vlnitosti povrchu, která je u výrobků z plastických hmot podstatná. Vlnitost několikrát přesahuje hodnotu R_a . Piezoelektrické přístroje nelze použít k měření úchylek tvaru a vlnitosti. Výhod přístroje nelze při měření plastových výstřiků využít. Zmagnetizovaný výrobek neovlivňuje elektrickým polem krystal jako je tomu u cívky elektroindukčního snímače. Tyto přístroje jsou jednoduché a cenově výhodné.

Obr. 13. Princip piezoelektrického snímače



2.1.5.4 PASIVNÍ SNÍMAČE

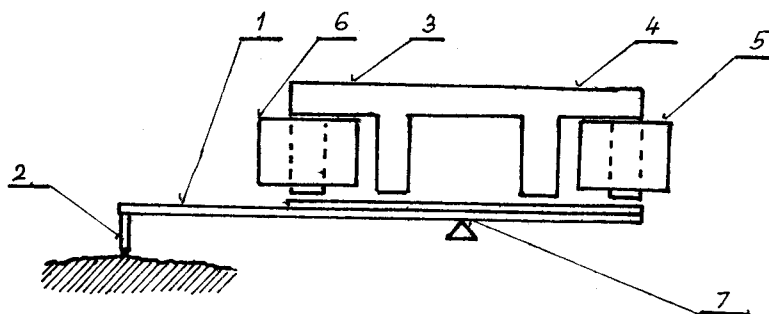
Elektroinduktivní snímače

Mezi nejdokonalejší a nejpresnější patří dnes bezesporu snímače impedačního typu, kde změna polohy snímacího hrotu způsobuje analogickou změnu impedance elektrického obvodu, nejčastěji indukčnosti.

U přístrojů pro měření drsnosti povrchu se využívá následujících dvou provedení.

První provedení na obrázku . Měřicí páčka 1 spojená s hrotem 2 snímá nerovnosti povrchu. Při změně polohy hrotu se mění též velikost vzduchové mezery mezi magnetickým obvodem 3, 4 a indukčnostmi 5, 6. Uspořádání je voleno tak, aby při pohybu páčky se u jedné indukčnosti vzduchová mezera zvětšovala a u druhé opět zmenšovala. Proto je otočný bod páčky volen mezi oběma magnetickými obvody.

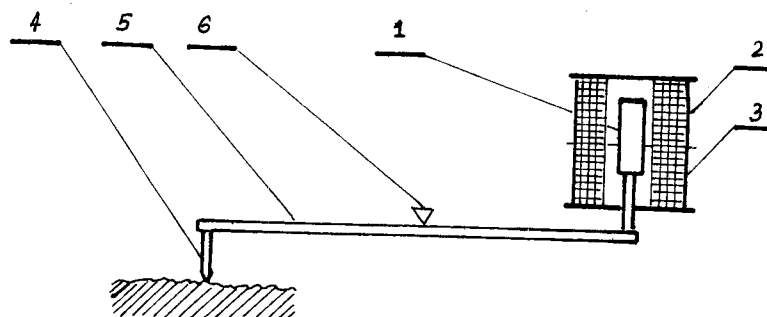
Obr.14.



Druhé provedení znázorněné na obr. . je poněkud odlišného vnitřního uspořádání. Nemění se velikost vzduchové mezery magnetického obvodu, ale potřebná změna indukčnosti je docilována přesouváním feromagnetického jádra 1 uvnitř jedné popř. dvou nad sebou uspořádaných cívek 2, 3. Měřicí páčka spojená se snímacím hrotem 4, 5, je uložena v planžetovém nebo břitovém uložení 6. Snímače imperančního typu, kde pohyb jehly způsobuje analogické změny impedance elektrického obvodu, nelze připojit přímo ke vstupu zesilovače. Neboť na výstupu tyto snímače nevytváří žádné napětí. Je proto nutné impedanční snímače vřadit do takových

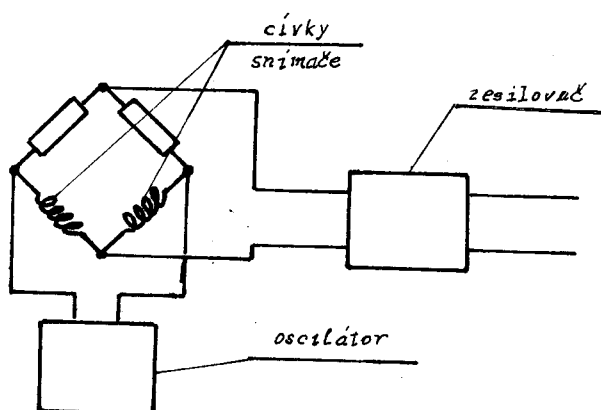
elektrických obvodů, které se změnou impedance přemění analogickou změnu elektrické veličiny. Ve většině případů se k tomuto účelu využívá vlastností elektrických můstků.

Obr.15.



Celkové připojení snímačů impedančního typu je znázorněno na obr. . Elektronický oscilátor napájí elektrický můstek s vřazenými větvemi indukčního snímače. Výsledné napětí můstku se pak převádí elektronickým zesilovačem k dalšímu zpracování.

Obr.16. Můstkové zapojení snímače



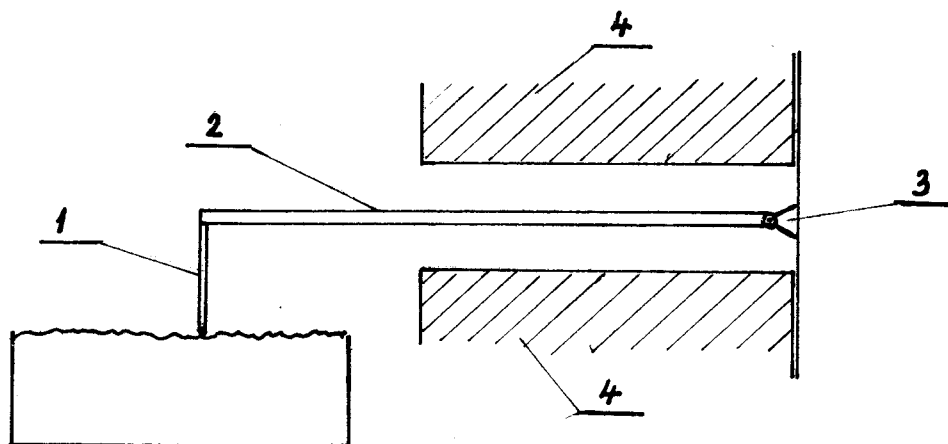
Kapacitní snímače

Snímací hrot 1 je připevněn k pohyblivé kondensátorové desce 2, otočné kolem ukotvení 3. Prostřední pohyblivá deska se vychyluje ze své základní polohy podle toho jak hrot snímače kopíruje nerovnosti profilu. Mění se vzdálenost pevných kondensátorových desek 4 od pohyblivé, navenek se to projevuje změnou kapacity snímače. Změna kapacity jako elektrická veličina je zpracována přístrojem.

V poslední době díky dnešnímu rozvoji polovodičových prvků, se začínají užívat i snímače opticko-elektrické. Hlavní přednost těchto snímačů je velmi malá hmotnost snímacího systému.

Závěrem této stati o snímačích nutno říci, že snímače pro proměřování drsnosti povrchu patří dnes k precisním výrobkům jemné mechaniky, kterým nutno věnovat značnou pozornost a opatrnost při vlastním měření.

Stať 2.1.5 byla zpracována za pomoci literatury 3



Obr. 17 Schéma kapacitního snímače.

Způsob měření drsnosti není jednoznačně určen principem na kterém snímač pracuje. V současné době jsou snímače dovedeny do takové technické dokonalosti, že rozdíly v přesnosti mezi jednotlivými principy nejsou výrazně odlišné.

Naměřené hodnoty ovlivňují tyto faktory :

- výběr úseku pro měření
- volba směru měření
- způsob posuvu hrotu
- rychlost posuvu hrotu
- typ snímače
- poměry v dosedací ploše
- geometrie snímacího hrotu
- upnutí vzorku

2.2.1 Výběr úseku povrchu pro měření drsnosti

Drsnost povrchu může být proměřována buď na jednom dostatečně dlouhém řezu povrchem, nebo na několika takových řezech. Měří-li se jen na jediném řezu, musí zvolený řez dostatečně charakterizovat celý povrch. Drsnost povrchu není na celé součásti stejná, mění se s určitou pravděpodobností. Měřené úseky musíme volit tak, abychom postihli rozmanitost povrchu.

Vady povrchu se musí z měření vyloučit. Zda vady mají vliv na použitelnost výrobku závisí na posouzení kontrolora a požadavcích vyjádřených v technických předpisech.

2.2.2 Volba směru pro měření drsnosti povrchu

Kontrola drsnosti povrchu pomocí měřicích přístrojů se musí provádět ve směru, ve kterém se zjistí největší

hodnoty R_a (R_z), pokud není pro měření povrchu předepsán jiný směr. U povrchů s převažujícím směrem stop po obrábění zpravidla bývá největší hodnota drsnosti ve směru kolmém na stopy po obrábění (drsnost příčná), nejmenší většinou ve směru stop (drsnost podélná). Vstřikované výrobky z plastických hmot většinou nemají na svém povrchu charakteristický směr stop po obrábění. V případě pochybnosti o směru stop po nástroji se provede měření drsnosti nejlépe ve dvou směrech na sebe kolmých. Rozhodující jsou větší naměřené hodnoty.

2.2.3 Délka měřené dráhy

Při měření drsnosti povrchu je důležité zvolit vhodnou délku měřeného úseku L . Norma 1 definuje jako nejmenší délku úseku zjišťovaného profilu, délku nutnou pro stanovení charakteristických číselných hodnot drsnosti povrchu. Aby naměřené hodnoty charakterizovaly hodnocený povrch je nutné volit délku měřeného úseku L větší než několik mezích roztečí nerovností.

K získání dostatečně přesných údajů charakterizujících povrch doporučuje se volit délku měřeného úseku podle jednotlivých způsobů obrábění a stupně drsnosti. Přístroje se vyrábí s odstupňovanou délkou měřicí dráhy. Jsou voleny tak, aby umožňovaly co nejširší použití při proměřování různě drsných a tvarově rozmanitých výrobků. Budeme-li volit snímací dráhu na rovinné zkušební destičce od nejmenší k největší umožní nám to obsáhnout určitou oblast nerovností. Na nejdelší dráze (50 - 100 mm) vyhodnotíme tvarové odchylky, vlnitost a drsnost.

Zmenšením dráhy obsáhneme jen vlnitost a drsnost, jestliže je délka měřeného úseku menší než délka vlny nerovnosti, můžeme vyhodnotit pouze mikro-nerovnost.

Délka integrační dráhy ovlivňuje také velikost naměřených hodnot R_a a R_{max} . Hodnoty mohou se s délkou měřeného úseku zvětšovat. Tuto skutečnost si můžeme vysvětlit. Na delším úseku je větší pravděpodobnost výskytu většího počtu minim a maxim profilů.

2.2.4 Posuv hrotu po měřeném povrchu

U menších a mechanicky odolnějších přístrojů např. piezoelektrické, je hrot posouván po měřeném povrchu ručně. Elektrický posuv hrotu snímače oproti ručnímu má tu výhodu, že dodržuje přesně rovinný řez profilem. Takovýto řez je kdykoliv reprodukovatelný, a zaručuje přesné podmínky pro všechna měření. Elektrická posuvová jednotka vede snímač konstantní rychlostí v závislosti na délce úseku. Ruční posuv hrotu není schopen zajistit rovnoměrnou rychlost, tak potřebnou při časové integraci. Z rozdílu rychlosti mezi oběma způsoby posuvu vyplývají rozdíly ve výsledcích dosažených ručním a elektrickým posuvem.

2.2.5 Rychlost posuvu hrotu po měřeném povrchu

Optimální rychlost snímání hrotu by měla vyhovovat dvěma protichůdným požadavkům. Rychlé vyhodnocování zkoušeného profilu předpokládá co nejkratší čas k měření a tím vyšší rychlost posuvu. Nesmí být však tak velká, aby docházelo k odskakování hrotu odměřeného povrchu. Rozkmitání pohyblivých částí snímače vlivem dynamických sil by došlo ke zkreslení výsledků. Rychlost posuvu v žádném případě nesmí zapříčinit dynamické účinky snímání hrotu na měřený povrch. Proto je nutné dodržet velmi malou hmotnost snímání systému.

Problematikou návrhu rychlosti posuvu hrotu se

zabývají výrobci přístrojů . Pracovník obsluhující elektrickou posuvovou jednotku snímače si nemůže volit rychlost dle libosti. Ke každé délce měřeného úseku je přístrojem pevně přidělena jedna neměnná rychlost. Obsluha nemůže ovlivnit rychlost posuvu hrotu snímače na zvolené dráze. Tím jsou vyloučeny odchylky z toho vyplývající.

2.2.6 Typ snímače

U elektromechanického snímání drsnosti povrchu může být vlastní proměřování drsnosti provedeno dvěma základními způsoby:

- relativním snímačem
- absolutním snímačem

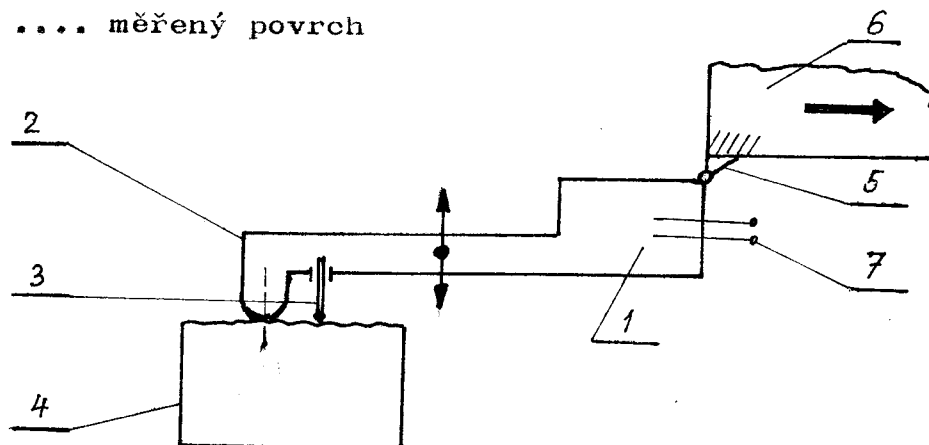
Relativní snímač

Snímá se relativní poloha jehly a podpěry . Kluzná botka se posouvá po povrchu a sama si vytváří střední čáru profilu, kolem které zaznamenává pouze mikronerovnost. Z grafického záznamu nelze zjistit přesný tvar skutečného profilu. Zápis na registračním papíře je zkreslený, nelze ho chápat jako skutečný řez rovinou položenou kolmo ke zkoušenému povrchu. Snímač slouží ke zjišťování základních rozměrů drsnosti.

Konkretní provedení snímačů se od sebe liší polohou, velikostí i počtem opěrek v závislosti na umístění snímacího hrotu vzhledem k těmto podpěrám. Jednotlivé konstrukce mají potom speciální použití.

Obr. 18 . Relativní snímač

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1 těleso snímače | 5 výkyvné uložení |
| 2 opěrný dotek | 6 posuvová jednotka |
| 3 snímací hrot | 7 výstupy el. signálu |
| 4 měřený povrch | |

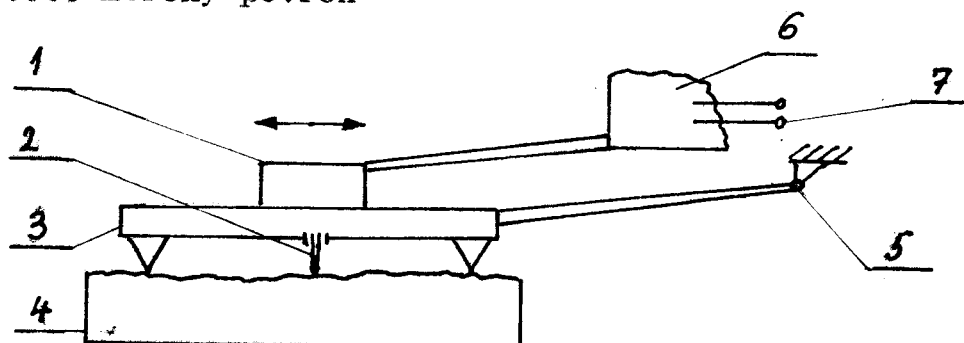


Absolutní snímač

Jedná se o snímač speciální konstrukce. Slouží ke zjištění úchylek tvaru, vlnitosti a mikronerovnosti. Skládá se ze dvou částí . První z nich tvoří rozměrné saně, vedení pro vlastní snímač. Vedení snímače tvoří vztažnou rovinu, vzhledem k této rovině se snímá pohyb hrotu přejíždějící po nerovnostech profilu. Před měřením je nutná vyrovnat rovinu saní snímače - vtažnou rovinu tak, aby byla rovnoběžná s rovinou měřeného povrchu. Po nehybných podpěrných saních se pohybuje vlastní snímač. Měřeného povrchu se dotýká pouze hrot diamantu, váha snímače působí mimo měřenou dráhu. Takovéto konstrukční uspořádání vylučuje vliv mechanického zkreslení naměřených hodnot.

Obr. 19. Schema absolutního snímače

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1 vlastní snímač | 5 výkyvné uložení |
| 2 snímací hrot | 6 posuvová jednotka |
| 3 podpěrné saně | 7 výstupy el. signálu |
| 4 měřený povrch | |



2.2.7 Poměry v dosedací ploše mezi diamantem a vzorkem

Bude zapotřebí vyvinout speciální druhy snímačů drsnosti pro měření plastických hmot? Na tuto otázku nelze jednoznačně odpovědět, aniž bychom dobře neprozkoumali poměry mezi měřeným vzorkem z plastické hmoty a hrotem diamantu. Profil povrchu plastového a kovového je odlišný. Rozdílná je také tvrdost zkoušených materiálů. Tvrdost vstřikovaných těles je značně rozdílná, závislá na druhu použitého polymeru. Při kontaktním způsobu měření, to je v případě, kdy se hrot snímače dotýká měřeného povrchu. Bude záležet na přitlačné síle, resp. na specifickém tlaku mezi hrotem diamantu a plastovým výstřikem. U kovových materiálů je tento tlak zanedbatelný vzhledem k mechanické pevnosti materiálu a proto nemůže ovlivnit výsledky měření. Tvrdost plastických hmot je mnohonásobně menší než u kovových materiálů. Cílem této práce je posoudit aplikovatelnost snímačů pro kovové materiály, na měření drsnosti plastických hmot.

Je nutné experimentálně vyzkoušet přítlačnou sílu a zaoblení hrotu diamantu (dáno konstrukcí snímače) s ohledem na tvrdost plastového tělesa, které souvisí s volbou materiálu. U plastických hmot, zvláště u nejměkčích z nich vzniká nebezpečí, že hrot diamantu nebude přesně kopírovat nerovnosti povrchu. Tato předpokládaná odchylka může být způsobena jak pružnou, tak i trvalou deformací, pod hrotem snímače. Při ideální velikosti přítlačné síly bude hrot snímače klouzat po měřeném povrchu a nebude vznikat pružná ani trvalá deformace. Předem není známo zda deformace vůbec vznikají, ani v jakém poměru se mezi sebe rozdělí.

Pružná deformace

Plastická hmota se pod hrotem diamantu prohýbá, ale jak zmizí zatěžující síla, zmizí průhyb vzorku, protože se pohybuje v oblasti pružných deformací. Vzniká-li v měřeném místě pouze pružná deformace nelze ji postihnout. K tomu účelu by bylo zapotřebí sledovat hrot diamantu během měření přímo v profilovém řezu.

Velikost pružné deformace bychom mohli zjistit jedině v případě, že bychom měli ideální snímač. Takovýto ideální snímač by byl k povrchu měřeného vzorku přítlačován jen takovou silou, která by zaručila bezchybné vedení snímače po povrchu. Nebyla by ale tak velká, aby způsobila pružné deformace měřeného profilu plastového vzorku. Při porovnání grafických záznamů zhotovených skutečným a ideálním snímačem, by bylo možné určit velikost pružné deformace.

Toto je však teoretická úvaha. Má smysl se zabývat pružnou deformací pod hrotem diamantu ? Jak je tato hodnota velká ?

Při praktických měřeních bude zapotřebí zjistit mez pružnosti materiálu. Vědět v jakém poměru se rozdělí

pružná a plastická deformace při známé zatěžující síle a geometrii snímacího hrotu. Z velikosti pružné deformace usoudíme, zda nám ovlivní při měření drsnosti naměřené hodnoty. Je-li deformace menší citlivost snímače, jedná se o chybu nižšího řádu, kterou můžeme zanedbat.

Trvalá deformace

Vznikne v případě, není-li splněna podmínka : tlak ve styčné ploše mezi diamantem a vzorkem musí být nižší než mez pružnosti materiálu. Předpokládá se, že znatelnější stopu na měřeném povrchu vytvoří diamantový hrot u měkčích druhů plastických hmot. U tvrdých vzorků nebudou stopy žádné nebo zanedbatelné. Svoji úlohu zde sehraje i odpružení materiálu. Je-li zatížení hrotu příliš velké dojde k poškrábání povrchu. Hrot diamantu se " boří " do materiálu a působí podobně jako řezný klín. Seřezává vrcholky nerovnosti , vyrývá za sebou drážku a zkresluje naměřené hodnoty. Bude-li docházet k " obrábění " povrchu hrotem snímacího diamantu, projeví se tato skutečnost odlišnými hodnotami naměřenými při prvním měření a měřeních následujících. Nejlépe názorné by bylo seříznutí profilu z grafických záznamů drsnosti. Během opakovaných měření by diamant nejvíce seřezával ostré vrcholky. Na hodnotě R_a bychom vznik trvalé deformace měřeného povrchu těžko zpozorovali. Vzniklou " rýhu " po hrotu diamantu bude možné pozorovat pod mikroskopem. Zda-li byly uvedené předpoklady správné ukážou výsledky experimentální části měření.

2.2.8 Vliv geometrie snímacího hrotu

S problematikou vhodné přítlačné síly souvisí také správná volba rozměrů snímacího hrotu diamantu.

K dosažení co největší citlivosti snímače by bylo výhodné, aby snímací hrot byl co nejtenší s malým poloměrem zaoblení špičky diamantu. Takový hrot by nám umožnil dostat se i do nejmenších prohlubní a rýh ve zkoušeném materiálu. V praxi se používají diamantové snímací hroty s vrcholovým úhlem od 60 do 90° a zaoblením špičky v rozsahu $2 - 12 \mu\text{m}$. Vzhledem k vlastní pevnosti diamantu, mechanickému namáhání hrotu a specifickému tlaku v místě styku musí být snímací hrot určité tloušťky s patřičným zaoblením. Rýhy ve zkoušeném povrchu, menší než je poloměr zaoblení hrotu nemůže snímač rozlišit. Tím dochází ke zkreslení naměřených hodnot od skutečnosti. Čím větší je zaoblení hrotu diamantu, tím menší je rozlišovací schopnost snímače. Na dno rýh menších než je zaoblení hrotu se snímač nedostane. Velikost poloměru špičky snímacího hrotu je závislá na přitlačné síle. Je-li větší přitlačná síla je také větší tlak mezi hrotem a měřeným vzorkem. Uvažováno při nezměněném poloměru hrotu. Větší měrný tlak naráží na již citovanou problematiku pružných a plastických deformací v materiálu. U piezoelektrických přístrojů je zapotřebí k deformování krystalu větší síla. 500 mp . Větší přitlačnou sílu musíme kompenzovat použitím snímacího hrotu o větším poloměru. ($12 \mu\text{m}$), a tak dosáhneme přijatelného měrného tlaku ve styčné ploše. Takovéto řešení je na úkor citlivosti snímače k prohlubním o menších rozměrech než má hrot snímače.

2.2.9 Upnutí měřeného vzorku

Přesnost měření závisí také na kvalitním a tuhém upnutí měřeného vzorku. Drobné a lehké předměty je nutné upnout do měřicího přípravku. Pokud nemáme k dispozici měřicí přípravek, nebo nelze výrobek do něho upnout, je zapotřebí jej vhodně zatížit. Mohlo

by dojít k vlečení předmětu spolu s pohybujícím se snímačem. Vzorek pokládáme zásadně na tuhé podložky, měřicí stůl, prizmatické vedení apod. Požadavky na upínání jsou odlišné podle toho, zda se jedná o modelové zkušební destičky, nebo hotové výrobky. Při upínání tenkých desek a folií je zapotřebí zabránit zprohýbání vlivem velké upínací síly. Odlišná je Situace při upínání dostatečně tuhých a tvarově stálých výrobků. Podle tuhosti právě proměřovaných součástí je nutné zvolit vhodné upínací zařízení a úměrnou přidržovací sílu.

2.3. ZPŮSOB INDIKACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Naměřené hodnoty po elektrickém zpracování v počítačí jednotce jsou dodávány na výstup přístroje ve formě :

- číselné hodnoty - na ručkovém měřicím přístroji
 - na světelném ukazateli
- grafického záznamu - na registračním papíře
- protokolu - vytištěného měřicím přístrojem

Tiskem je možné zaznamenat naměřené a vypočtené hodnoty profilu a zobrazit nosný podíl profilu

A b b o t o v o u křivkou . Tiskárnou přístroje zhotovený výtisk lze použít přímo jako protokol o provedené zkoušce.

Vlastní grafické zaznamenání průběhu profilu lze na registračním pásku provádět :

a) Inkoustem na papírový registrační pásek.

I přes složitější obsluhu, jako doplňování inkoustu, čištění péra apod., se stále používá.

Hlavně z důvodu levného zapisovacího papíru a trvanlivého zápisu.

b) Tepelně na teplocitlivý pásek. Péro je elektricky vyhříváno. Odpadá složitá obsluha, avšak registrační

papír pokrytý voskovou vrstvou je velmi náchylný na poškrábání a je drahý.

- c) Propalováním tenké vrstvy papíru elektrickým proudem. Tento způsob registrace nevyžaduje prakticky žádnou údržbu. Registrační pásek je zhotoven ze speciálního papíru z elektricky vodivou - podložkou a lehce propalovatelnou horní vrstvou. Grafitový papír je drahý. Při manipulaci s hoto-
vým záznamem může dojít k jeho znehodnocení ne-
šetrným zacházením nebo působením potu a vlhkosti.

2.4. OBJASNĚNÍ POJMU MEZNÍ ROZTEČ

Na závěr této kapitoly zabývající se prací elektro-
mechanických přístrojů je nutné kromě principu je-
jich práce se zmínit o hodnotě cut- off ovlivňující
početní jednotku. Podle normy ČSN 01 4450 je nazývá-
na m e z n í r o z t e č í. Je definována
jako : největší rozteč nerovnosti, která je zvolena
tak, aby při určování drsnosti povrchu neby-
ly stanovené hodnoty drsnosti ovlivněny ne-
rovnostmi povrchu s větší roztečí (např.
vlnitostí).

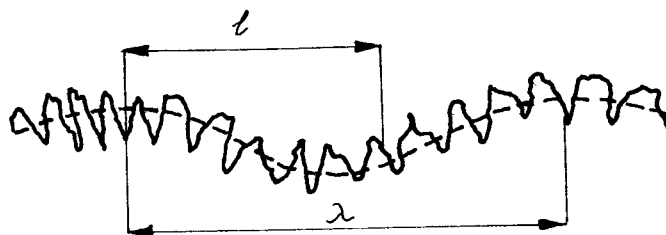
Mezní rozteč tvoří předěl mezi vlastní drsností po-
vrchu a vlnitostí.

Drsnost - je souhrn nerovností povrchu s roztečí
menší, než je odpovídající mezní rozteč.

Vlnitost -nerovnosti povrchu jsou větší, než je odpo-
vídající mezní rozteč, alespoň několikrát
za sebou se opakující.

Na obr. 20 . je znázorněn profil povrchu s vlnitostí,
která má vlnovou délku λ . Zvolená rozteč l je
kratší než vlnová délka vlnitostí, takže se nebude
její vliv do měření zahrnovat, vliv vlnitosti bude
vyloučen.

Obr. 20. Mezní rozteč a vlnová délka vlnitosti



Aby byla jednotnost při měření drsnosti povrchu je stanovena a normou určena řada mezních roztečí nerovnosti 1.

0,08 - 0,25 - 0,8 - 2,5 - 8 - 25 mm.

Navržená řada je tím také směrodatná pro výrobce konstruuující vlastní elektrické přístroje na měření drsnosti.

Rozměry drsnosti jsou stejné i v případě, kdy bylo měření prováděno se zařazenou mezní roztečí. Hodnota cut-off má vliv na tvar křivky grafického zápisu. Čím nižší je zařazená hodnota mezní rozteče, tím více je na grafickém zápisu potlačena vlnitost proměřovaného profilu (tab. 3). Grafické záznamy poříděné nejdříve se zařazenou mezní roztečí a potom bez ní, se jeví laikovi jako zcela odlišné zápisy poříděné na vzorcích s různou drsností. Cut-offem nastaveným na nekonečno a za použití absolutního snímače dostaneme grafický záznam odpovídající v určitém měřítku skutečnému profilu.

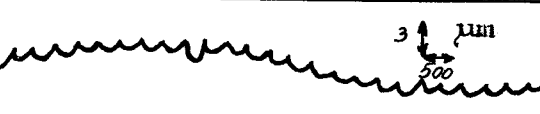
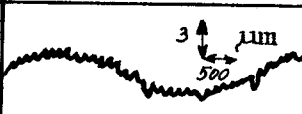
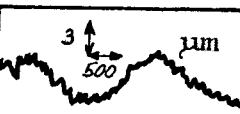
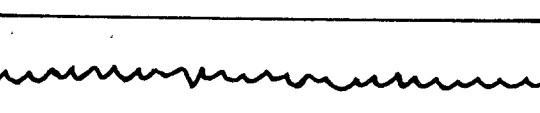
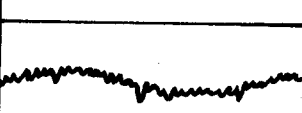
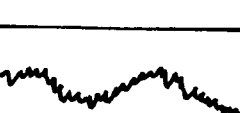
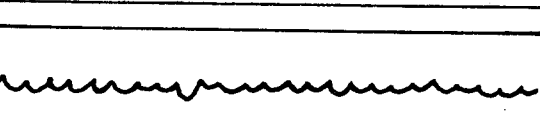
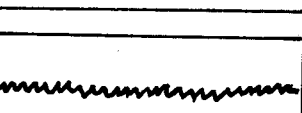
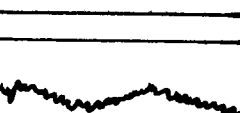
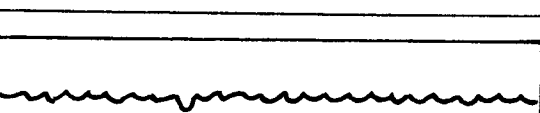
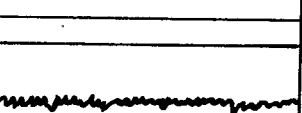
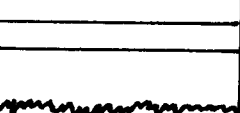
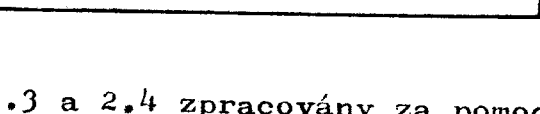
Mezní rozteč má za úkol splňovat trojnásobnou funkci :

- a) Má oddělovat dlouhovlnné podíly úchylek tvaru od drsnosti. Tato vlastnost je jen obtížně znázornitelná. Stále působí variace délky cut-offu na výsledek měření. Na tomto od mezní rozteče odvislém rozdílu ve výsledku měření může být dle způsobu průběhu usuzováno na velikost a délku

vyskytující se vlnitosti.

- b) Má vynucovat správnou polohu profilu předem pevně dané vztažné čáře. Nazíráno elektricky k nulovému potenciálu, ke kterému jsou vztaženy početní obvody měřených hodnot a to tak, že plošné rozdíly mezi touto potenciální čarou a profilem nad a pod touto čarou jsou stejně velké. Splňuje požadavek, který je postaven pro střední čáru v normách.
- c) Má vyloučit z výsledku chyby v rovnoběžném vyrovnaní měřené plochy a vztažné čáry.

Tabulka č.3

	účinek rozdělení vlny na vlnitém povrchu		
vzdálenost vln	$A_W = 7,5 \text{ mm}$	$A_W = 3 \text{ mm}$	$A_W = 1,5 \text{ mm}$
vzdálenost rýh	$A_R = 250 \text{ } \mu\text{m}$	$A_R = 100 \text{ } \mu\text{m}$	$A_R = 100 \text{ } \mu\text{m}$
bez rozdělení vlny			
s rozdělením vlny			
$CO=1,5 \text{ mm}$			
$CO=0,75 \text{ mm}$			
$CO=0,25 \text{ mm}$			

Statě 2.3 a 2.4 zpracovány za pomoci literatury 3 a 5

3. VYHODNOCENÍ DRSNOSTI POVRCHU MODELOVÝCH VÝSTŘIKU
- PRAKTICKÁ ČÁST -

3.1 POPIS ZAŘÍZENÍ

K měření drsnosti povrchu bylo použito měřicího přístroje HOMMEL-TESTER typ T 3.

Jedná se o universální zkušební zařízení stavebnicové konstrukce. Přístroj patří mezi elektromechanické přístroje pracující dotykovou metodou. Je konstruován pro používání snímačů využívajících elektroinduktivního principu.

Skládá se z těchto částí :

- posuvová jednotka typu T 3
- měřicí jednotka typu TL
- výpočetní jednotka
- registrační jednotka Hommel-Recorder typ T
- sada dotykových měřidel-snímače

Ke komplexnímu posouzení proměřovaných povrchů plastických hmot, bylo nutné použít zařízení, které je schopné nám podat o profilu zkoumaného tělesa co nejvíce informací. Základní jednotka zajišťuje tyto charakteristické hodnoty povrchu.

Rozměry drsnosti " R "

R_{max}	 maximální hodnota	dle ČSN 1
R_z	 střední hodnota	"
R_a	 střední aritm. hodnota	"

Rozměr vlnitosti W

W maximální hloubka vln
(vztažená na celý měřený úsek)

Nosnost povrchu

Přístroj dává podklady pro konstrukci Abbotovy křivky.

Posuvová jednotka typ T 3

Připojuje se na počítací jednotku typu TR je vybavena čtyřmi různými dotykovými drahami. 0,63 - 2 - 6,3 - 20 mm. Přepojení dotkové dráhy je spojeno s přepojením posuvové rychlosti. Se změnou dotkové rychlosti při úměrné rychlosti papíru se mění horizontální zvětšení registrace profilu. U každé dotkové dráhy jsou volitelné dvě horizontální zvětšení.

Měřicí jednotka typ TL

Měří zvětšené hodnoty pohybu dotkového hrotu mikrosnímače. Rozsahy měření jsou odstupňovány v normované řadě čísel s faktorem $10 = \sqrt[3]{3,16}$.

Mohou být zvoleny následující rozsahy měření :

pro špičkové hodnoty 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 μm

pro střední hodnoty 0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 μm

R

Registrační jednotka Hommel - Recorder Typ T

Technický zapisovací přístroj k registraci řezů povrchu profilu. Maximální šířka registračního papíru 40 mm. Je vybavena dvěma rychlostmi posuvu registračního papíru:

nastavení A... 8 mm / sec

nastavení B .. 35 mm / sec

z toho vyplývá hodnota zvětšení pro posuvovou jednotku typu T 3 10:1 až 1000 : 1

Dotková měřidla-snímače

Relativní snímač TFE 100

Mikrosnímač s indukčním snímačem a diamantovým hrotem. Vrcholový úhel hrotu diamantu cca 60° , poloměr zaoblené špičky 5 μm . Opěrná síla 100 mp a zdvih hrotu

100 μm . Poloměr opěrné kulové vodící plochy je 10mm. Diamant vyčnívá z otvoru o průměru 0,2 mm přímo uprostřed vodící plochy.

Absolutní snímač

Slouží k měření vlnitosti a drsnosti rovinných ploch. Vrcholový úhel diamantu 60° a přítlačná síla 100mp. Délka dráhy mikrosnímače ve vztažné rovině činí 20 mm Maximální zvětšení grafického zápisu (vertikální)
 $1 \text{ cm} = 1 \mu\text{m}$.

3.2

ÚVOD DO PROBLEMATIKY MĚŘENÍ DRSNOSTI

Úkolem této práce nebylo proměřovat hodnoty drsnosti vzhledem ke kvalitě opracování formy a technologickým podmínkám zpracování. Povrch plastového tělesa byl zkoumán odděleně jako samostatná mezní vrstva. Zajímalo nás jakých hodnot drsnosti dosahují povrchy plastických hmot, nezávisle na tom jakým způsobem byl výstřík zhotoven. Zjistit jestli existují odlišné hodnoty drsnosti pro různé druhy materiálů, podle jakých kritérií rozdělovat povrchy plastických hmot. Ověřit zda vlnitost plastických hmot je zanedbatelnou veličinou nebo je naopak největší ze všech naměřených hodnot. Odpovědi na tyto otázky nám poskytly naměřené hodnoty.

Praktická část diplomové práce se při měření drsnosti výstříku z plastů ubírala dvěma směry :

- a) hodnocení kvality povrchu modelových výstříků stejných rozměrů (destiček), vyrobených v jedné formě
- b) proměřování drsnosti výrobků odebraných přímo z výrobního procesu . Výrobky byly vyrobeny v různých formách na odlišných strojích , a lišily se od sebe tvarem a velikostí.

3.3 POSTUP PRÁCE SE SNÍMAČI

3.3.1 Relativní snímač TFE 100

Měření s relativním snímačem je jednodušší, rychlejší a časově méně náročné. Zkušební destičky a výrobky bylo nutné umístit na stabilní podložku a zatížit. Členité výrobky se ustavovaly obtížněji než zkušební destičky. Před započítím měření byl snímač v klidové poloze nad vzorkem. Spouštěcím zařízením se pomalu přibližoval k měřenému povrchu. Pomalým dosednutím je zabráněno mechanickému poškození hrotu diamantu a kluzné botky. Snímač ležel celou svou vahou na opěrném doteku a během pohybu podél vzorku mohl volně kývat ve svislé rovině kolem závěsného bodu. Právě proto že si snímač vytváří vztažnou rovinu sám, není nutné jej vyrovnávat a měřený úsek projíždět několikrát "na nečisto" jako je tomu u absolutního snímače. Během prvního měření je možné odečíst hodnoty R_a a R_{max} a současně zhotovit grafický záznam.

Při měření relativním snímačem je lhostejné, zda použijeme cut-offu nebo ne. Rozdíl v grafickém zápisu není tak markantní jako u absolutního snímače. Zapojením cut-offu udržujeme pouze profilovou křivku přesně ve středu registračního papíru. Vlnitý povrch je v důsledku způsobu práce snímače narovnán do přímky, kolem které je zaznamenána vlastní mikronerovnost. Tuto skutečnost nemůže použití cut-offu ovlivnit. Naměřené hodnoty relativním snímačem nám samy o sobě nepopisují povrch dostatečně přesně. Proto je nutné posuzovat naměřené hodnoty společně s grafickým záznamem absolutního snímače. V celkovém hodnocení mají "druhořadý význam", slouží k statistickému vyhodnocování povrchu. Proměřovat povrch absolutním snímačem, jenom proto, abychom dostali hodnoty drsnosti R_a a R_{max} , je zbytečné.

Hodnoty naměřené relativním snímačem jsou shodné.

3.3.2 Absolutní snímač TFB 300

Umožňuje zaznamenat mikronerovnost povrchu současně s vlnitostí na grafický záznam. Křivka profilu je shodná s grafickým zápisem, jedině v případě, že je cut-off přepnut do polohy nekonečna - vyřazen z činnosti. Měření s absolutním snímačem je zdlouhavé a časově náročné. Komplikaci při měření způsobuje nutnost vyrovnat vztažnou rovinu snímače tak, aby byla rovnoběžná s měřenou rovinou. Vyrovnání provádíme naklápěním stojánku posuvovou jednotkou a tím zároveň pohybuje i vztažnou rovinou snímače. Na ručkovém přístroji kontrolujeme rovnoběžnost vyrovnání výchylkou ručičky. Jestliže ručička nepřekývne přes levou i pravou krajní polohu, je snímač vyrovnán. Můžeme zhotovit grafický záznam aniž by nám zaznamenaná křivka opustila šířku registračního papíru. K vyrovnání snímačem je zapotřebí projet měřenou dráhu několikrát. Počet opakovaných přejezdů snímače je případ od případu různý. Většinou se pohybuje mezi třemi a pěti přejezdy. Můžeme je snížit tím způsobem, že zvolíme menší vertikální zvětšení. Toto řešení je na úkor čitelnosti a názornosti zápisu. Malé zvětšení úplně potlačí mikronerovnost a na zápisu se projeví pouze vlnitost. V krajním případě by i velmi drsný a vlnitý povrch při volbě nevhodného měřítka mohl být zaznamenán téměř jako přímka. Ulehčovatsi práci s vyrovnáním snímače se nevyplácí. Pořízené grafy nedávají dobrou představu o měřeném povrchu. Čím větší zvětšení, od zápisu požadujeme, tím pracnější je vyrovnání snímače.

Absolutním snímačem TFB 300 můžeme dosáhnout 10x menšího vertikálního zvětšení ($1\text{ cm} = 1\text{ }\mu\text{m}$) než

u relativního snímače TFE 100 ($1\text{cm}=0,1\text{ }\mu\text{m}$).

3.4 PROMĚŘOVÁNÍ MODELOVÝCH VÝSTŘIKU.

3.4.1 Zkušební destičky

Zkušební destičky o rozměrech $70 \times 50 \times 1,5\text{ mm}$ byly pro účely experimentu odebírány ze vstupní kontroly materiálu nár.podniku Plastimat, Liberec. Bylo vybráno na 20 destiček z různých materiálů, představují nej-používanější materiály ve výrobě. Výstřiky pocházejí ze stejné formy a stejného vstřikovacího stroje a proto na nich můžeme lépe pozorovat jak se drsnost kovové formy okopíruje na povrch plastické hmoty. Různé druhy polymerů mají v roztaveném stavu odlišnou viskozitu, ale vyplňují dutinu podobným způsobem. Vstřikovací teplota není u všech vzorků stejná, ale je závislá právě na druhu použitého materiálu. Celkově byly podmínky při výrobě destiček podobnější než při vstřikování výrobku. To umožnilo lépe zkoumat drsnost vzhledem k použitému materiálu.

Proměřování destiček bylo prováděno oběma typy snímačů. Větší důležitost mají grafické záznamy získané absolutním snímačem TFP 300. Pro doplnění představy charakteru měřeného povrchu bylo na každém druhu materiálu naměřeno 5 hodnot relativním snímačem TFE 100. K upínání destiček nebyl k dispozici vhodný přípravek. Stabilita vzorku se zajišťovala ocelovými kvádříky postavenými na destičce s obou stran snímače. Přitlačovaly svoji vahou měřenou destičku k podložce.

3.4.2 Zkoušení výrobků

Výrobky odebrané přímo z výroby představují zastupitele výrobního programu co do druhu, tak materiálu. Jak již bylo řečeno v úvodu diplomové práce ,

rozlišují se výrobky na vzhledové a užitkové. Jakost povrchu byla především sledována u vzhledových výrobků. Přejedem od modelových výstřiků (destiček) na konkrétní výrobky vzniklo ihned několik komplikací. Vstřikované výrobky jsou tvarově mnohem složitější, skládají se nejenom z rovinných a válcových ploch, ale také nepravidelně zakřivených, vypuklých nebo vydutých. Takovéto tvarově složité plochy není vůbec možné proměřovat absolutním snímačem. Vztažnou rovinu snímače nelze srovnat vzhledem k zakřivené ploše výrobku. Zde připadá pouze v úvahu použití relativního snímače a to za určitých omezujících podmínek. Nejvýhodnějším tvarem pro měření absolutním snímačem jsou rovinné výrobky bez vyztužujících žebér, nebo takové ze kterých lze rovinné části vyříznout. Rovinné výrobky se snadno umísťují na měřicí stůl a nebrání v pohybu vlastnímu snímači. Proměrování výrobků válcového nebo kuželového tvaru je možné jenom relativním snímačem. Umístíme je do prismatického vedení a tím zajistíme jejich stabilní polohu. Snímačem pohybujeme ve směru povrchu po plášti výrobku z vnější nebo vnitřní strany. Ne vždy je možné změřit drsnost povrchu v tangenciálním směru válcového výrobku. (Tangenciální směr - osa výrobku a osa snímače jsou mimoběžné, ale navzájem kolmé.) Při proměrování výrobku malého průměru v tangenciálním směru, není stoprocentně zaručeno, že snímací hrot dosedá kolmo na měřený povrch. Hrozí nebezpečí mechanického zkreslení, zvláště v těch případech, kdy hrot diamantu neměří přímo v místě podepření.

V této části experimentu jsem chtěl ověřit, do jaké míry souhlasí se skutečností teoretické úvahy o trvalých deformacích měřených vzorků vlivem nepřiměřené přitlačné síly snímacího hrotu. Ke zjištění stopy po diamantu na povrchu plastické hmoty bylo nutné pozorovat vzorek v mnohanásobném zvětšení. Byl jsem si vědom, že stopa po snímači bude velmi malá. Použité snímače TFE 100 a TFB 300 k měření drsnosti mají stejný vrcholový úhel diamantu 60° , shodnou přitlačnou sílu 100 mp a poloměr zaoblení špičky 5 μm . Je-li velikost i přitlačná síla diamantu shodná u obou typů snímačů, je také shodné jejich působení na měřený vzorek. Nebylo známo zda se do povrchu plastické hmoty "zaboří" hrot diamantu až po kuželovitou část, nebo bude rýpat jen kulovitou částí na konci hrotu o poloměru zaoblení diamantu. Velikost "rýhy" stopy po snímači bude přímo závislá na tvrdosti plastické hmoty.

K pozorování stopy po diamantu bylo zapotřebí velkých zvětšení. Nejvýhodnější byl elektronový rastrovací mikroskop. Pro jeho použití svědčily hned dva důvody. Možnost velkých zvětšení při velké rozlišovací schopnosti a hloubce ostroty. Možnost pozorovat zkoumané vzorky na televizní obrazovce, při různých zvětšeních a zároveň jednotlivé povrchy vyfotografovat. Fotografie povrchů plastických hmot jsou průkazným materiálem při posuzování celé problematiky.

Pro první orientační fotografování povrchu byly ze zkušebních destiček o rozměru 70x50 mm vyříznuty vzorky o rozměru 10x22 mm. Na vzorcích bylo provedeno měření drsnosti absolutním snímačem TFB 300 v délce měřeného úseku 20 mm. Snímač projížděl dráhu

uprostřed vzorku šířky 10 mm, tam se měla vytvořit stopa po hrotu diamantu. Vyříznutý vzorek byl po napaření kovové vrstvy umístěn do vakuové komory elektronového mikroskopu a schopen pozorování. Předpoklad, že na povrchu plastické hmoty uvidíme jasně zřetelnou " rýhu ", stopu po diamantovém hrotu, se nesplnil. Na povrchu některých vzorků bylo velké množství rýh různě orientovaných. Při malých zvětšeních (80, 160x) nebyly znatelné, ale při větším zvětšení (1250, 5000 x) jich bylo vidět mnoho. Nebyl jsem schopen na tak velké ploše, šíře vzorku 10 mm, určit která ze zjištěných rýh byla vytvořena hrotem diamantu. Velký počet rýh na povrchu byl způsoben mechanickým poškrábáním zkušebních destiček o sebe, nebo prachovými částicemi. Na některých vzorcích nebylo možné zpozorovat žádné stopy po snímači. Práce při hledání rýh byla obtížná. Pro srovnání uvádím, že při zvětšení 5000x, šíře 10 mm, zkušební destičky představovala 50 metrů široký pás na kterém bylo nutné hledat rýhu po snímači několika um. Takováto situace byla neúnosná.

Orientační pozorování ukázalo, že bude nutné se příště ubírat jinou, schůdnější cestou. Bylo nutné zmenšit šířku pozorovaného prostoru, aby se usnadnila orientace na měřeném vzorku při větších zvětšeních. Na zkušební destičce byly vyryty čáry špendlíkem (ocelovou jehlou) ve vzdálenosti 2 mm. od sebe. Mezi první a druhou čarou projížděl snímač pouze 1x. Mezi druhou a třetí čarou projížděl stejnou dráhu opakovaně 5x za sebou. Dráha projížděná snímačem několikrát za sebou , byla z toho důvodu, aby bylo možné sledovat, zda se rýha vytvořená hrotem diamantu neprohlubuje. Tato situace vzniká při práci s absolutním snímačem, kdy je zapotřebí projet dráhu několikrát, než je vztažná rovina rovnoběžně vyrovnaná s rovinou měřeného vzorku.

Diamantový hrot snímače byl umístěn přibližně uprostřed obou rysek a projel dráhu 6,3 mm. Třemi rovnoběžnými ryskami byl vymezen prostor pozorování. Pro snazší orientaci mezi dvěma ryskami měla dráha snímače začínat v důlčíku vytvořeném ocelovou jehlou. Důlčík by bylo možné snadno zaostřit při malém zvětšení, a snáze bychom našli začátek stopy po diamantu. Původní záměr nebylo možno uskutečnit a to z tohoto důvodu. Absolutní snímač, kterým se provádělo snímání drsnosti a zároveň pomyslné porýpání povrchu, byl příliš rozměrný a nebylo možné jej přesně umístit do zhotoveného důlčíku. K uskutečnění tohoto záměru by bylo zapotřebí použít souřadnicového stolu. Na něj by se umístil vzorek a přesně posunul pod hrot diamantu, přímo do připraveného důlčíku. Pod rozměrný snímač není dobře vidět. Umístit hrot diamantu do důlčíku, jestliže posouváme vzorek jenom ručně, je velmi obtížné. Proto od tohoto záměru bylo upuštěno. Místo důlčíku byla kolmo přes všechny tři čáry zhotovena další pomocná čára, od které začínala dráha hrotu diamantu. Přiložit hrot diamantu mezi dvě rysky tak, aby vzniklá stopa začínala přímo na pomocné rysce bylo prakticky možné i při ručním ustavování měřených destiček.

K hodnocení " porýpání " povrchu bylo použito absolutního snímače, nikoli relativního. A to z následujících důvodů.

Relativní snímač je přitlačován k měřenému povrchu vlastní vahou. Celá váha snímače spočívá na plošce opěrného doteku. Uvnitř této kluzné botky je otvor o $\varnothing$ 0,2 mm. Z něho vyčnívá diamantový hrot snímače. Právě tento otvor může mít ostrou hranu, která by mohla poškrábat povrch měřeného výrobku. Rýha vytvořená hranou otvoru by byla " široká " a uvnitř ní by mohla být rýha od vlastního hrotu

diamantu. Mohlo by dojít k chybnému závěru, kdyby rýha vytvořená opěrným dotekem, byla vyhodnocena jako rýha způsobená diamantem. Zmíněnou chybu je možno vyloučit použitím absolutního snímače. Váha působí na podpěru umístěnou mimo pozorovanou část vzorku. Po měřené dráze 6,3 mm projíždí jenom hrotem diamantu se známou přitlačnou silou 100 mp. Silové účinky vlivem váhy snímače jsou vyloučeny. Takto označené povrchy plastických hmot jsou vhodné pro snímkování na elektronovém mikroskopu.

Příprava vzorku k sledování elektronovým mikroskopem, byla prováděna s laboratorní pečlivostí. Nesmělo dojít k sebemenšímu poškození povrchu vlivem nešetrné manipulace. Zkušební destičky byly odebírány přímo z formy. Flanelové hadříky měly chránit povrch před poškrábáním. Lupínkovou pilkou vyříznuté vzorky o rozměru 10 x 12 mm bylo možné umístit do elektronového mikroskopu. Vzorky byly přilepeny speciálním acetonovým lepidlem s obsahem stříbra. Lepidlo elektricky vodivé, spojilo upevňovací terčík s vyříznutou destičkou z plastické hmoty. Tím byla splněna podmínka uzavřeného elektrického obvodu pro vakuové pokovování. Povrch plastické hmoty by byl při pozorování nevýrazný. Napařená vrstva kovu dobře odráží dopadající elektrony a umožní nám dokonalé pozorování a zhotovení kontrastních fotografií. Vlastní napařování se provádělo ve vakuové napařovačce E d w a r d s. Vzorky nalepené na terčících se umísťují po čtyřech kusech do válcového držáku. Během napařování vykonávají planetový pohyb, tím je zaručena rovnoměrná tloušťka napařené vrstvy. Vzorky se pokovují zlatem. Tloušťka vrstvy dosahuje pouze několika nanometrů. Je to hodnota mnohonásobně menší než je rozměr vlastní drsnosti povrchu. Napařená vrstva není tudíž schopná potlačit vlastní drsnost vzorku. Takto upravený povrch byl konečně připravený pro pozorování na

elektronovém rastrovacím mikroskopu Philips. Pozorované vzorky jsou ve vakuové komoře mikroskopu natočené tak, abychm je mohli pozorovat kolmo ke zkoumané ploše. Mikroskop je vybaven zařízením, které umožňuje vzorky otáčet a naklánět je během pozorování. Orientace pomocných rýh na zkušební destičce odpovídá čarám na okraji fotografie.

Zvolená zvětšení představují srovnatelnou řadu, proto je možné fotografie jednotlivých povrchů vzájemně porovnávat. Každý druh materiálu je fotografován při třech zvětšeních.

První zvětšení 40xxnebo 160 x sloužilo pouze k porovnání, nikoliv ke snímkování mikrostruktury.

Při velkých zvětšeních se ztrácí představa, jak povrch vzorků vnímá lidské oko v nezvětšené podobě. Z toho důvodu je použito malého zvětšení.

Druhé zvětšení 320x nebo 1250 x přibližuje strukturu materiálu a je zde možné odhalit stopy po hrotu snímače.

Třetí fotografie pořízené při zvětšení 1250x 5000 x nebo 10 000 x. Snímky mají přiblížit co nejvíce mikrostrukturu zkoumaného vzorku a odhalit zda nedochází nebo dochází ke vzniku mikroskopických rýh.

Povrch vzorku jsem pozoroval až do zvětšení 10000x, nebude-li vidět stopa po diamantu. Na některých vzorcích nebylo možné zjistit sebemenší stopu ani při tomto zvětšení. Jestliže na povrchu nebyla žádná stopa, nebyl ani důvod fotografovat při tak velkém zvětšení. Na televizní obrazovce jsem prohlédl celou proměřovanou dráhu v délce 6,3 mm.

V případě, že nebyla na povrchu rýha, vybral jsem z celé pozorované plochy nejtypičtější a nejzajímavější část povrchu a vyfotografoval.

Pozorování jsem prováděl ve Výzkumném ústavu anorganické chemie (VÚAnCH) v Ústí nad Labem, který vlastní elektronový rastrovací mikroskop PHILIPS PSEM 500. Jedná se o jediný přístroj v republice.

Obraz na televizní obrazovce není vytvořen elektrony procházejícími preparátem. Na průchod elektronu je vzorek z plastické hmoty pro rozměry mikrosvětla abnormálně silný a tvoří pro elektrony nepřekonatelnou překážku. Obraz na televizní obrazovce vytváří detektor sekundárních elektronů. Jedná se o elektrony odražené od vakuově napařené vrstvy. Vzorek není prozařován elektrony. K emisi elektronu bylo použito urychlovacího napětí 25 kV. Rozlišovací schopnost mikroskopu je asi 100 Å. Maximální dosažitelné zvětšení 10 000 až 80 000 x.

Pro prohlédnutí pozorovaného obrazu musí svazek elektronů " ohmatat a proběhnout " celou pozorovanou plochu preparátu za 1/25 sekundy. Lidské oko nesmí zjistit, že celá obrazovka nesvítí najednou, ale po řádcích. Na stejném principu je založena tvorba televizního obrazu. Velikost použitého řádkování se mění podle zvětšení, při kterém pozorujeme preparát. Pro lepší rozlišovací schopnost se volí u velkých zvětšení větší počet řádků (500 až 1000). Fotografie zhotovené na mikroskopu jsou kvalitnější, zvláště při velkých zvětšeních oproti televiznímu obrazu. Mají větší rozlišovací schopnost a kontrast. Při fotografování nemusí svazek elektronů " pospíchat ". Citlivá vrstva filmu počká až svazek elektronů prohlédne po řádcích zkoumaný preparát. Čas otevření uzávěrky fotoaparátu se volí v závislosti na použitém zvětšení. Čím větší je použité řádkování, tím delší je expoziční doba. Na všech zhotovených fotografiích povrchu plastických hmot je doba expozice 32 vteřin.

Počítalo se s tím, že tvrdost plastické hmoty bude mít rozhodující vliv na poškrábání povrchu . K pozorování jsem vybral vzorky z různých plastických hmot tak, aby zahrnovaly celou škálu od nejměkčích po nejtvrdší. Hodnoty tvrdosti jsem převzal z literatury 13.

Hodnoty tvrdosti uvedené tabulkou platí pouze pro plast. hmoty a nejsou srovnatelné s tvrdostí kovových materiálů. Tvrdost je zjištěná obdobným způsobem jako při Brinellově zkoušce pro kovové materiály.

TVRDOST PLASTU PODLE NORMY DIN - lit. 13

PEV	130 - 180 kp/cm ²	120-- 630 kp/cm ²
PP	610 - 800 kp/cm ²	550 - 750 kp/cm ²
PS	1460 - 1750 --"	1370 - 1670 --"
SB	640 - 1150 --"	580 - 1070 --"
ABS	700 - 1150 --"	630 - 1100 --"
SAN	-----	1600 - 1620 --"

Zkoušené materiály - preparáty pro mikroskop PSEM 500

PEV	Bralen	Ra 2-19	přírodní
PEN	Liten	27 107	čirý
PP	Mosten	52 517	bílý
PSh-SB	Krasten	562	modrý 6253
PSh-SB	Krasten	562	slonkost 9503
ABS	Forsan	548	šedý
ABS	Forsan	543	bílý
SAN	Tyrlil	790	čirý (modravý)
SAN	Tyrlil	790	kouřový

Tabulka č. 6 Materiály zkušebních destiček

Materiál		Ra	R maxx	W 1	W 2			
PS	Styron	457	bílý	744	0,222	2,22	2,8	5,4
PS	Krasten	127	bílý	9083	0,061	0,608	4,5	3,8
PS	Krasten	127	zelený	5453	0,053	0,42	2,0	-
PSH	Styron	457	černý	36007	0,22	1,84	4,5	-
PSH	Krasten	336	bílý	9113	0,252	1,628	6,3	-
PSH	Krasten	336	zelený	5383	0,114	0,91	-	-
PSH-SB	Krasten	562	bílý	9113	0,6	4,18	3,	-
PSH-SB	Krasten	562	přírodní	9012	0,65	4,34	11.0	9,3
PSH-SB	Krasten	562	žlutý	4363	0,796	3,92	-	-
PEN	Liten	27107	čirý	002	0,202	2,13	2,2	2,5
PEN	Liten	22402	černý	45	0,43	0,692	105,	45,
PEN	Hostalen	6450	červený		0,078	0,672	35,	-
PEV	Bralen	RA 2-19	přírodní		0,232	2,79	48,	51,
PP	Mosten	52517	žlutý	454	0,136	1,54	1,3	-
PPO	Noryl	110	černý	0920	0,202	1,94	4,8	-
ABS	Forsan	548	červený	2303	0,106	0,998	3,9	-
ABS	Lustran	QE 501	šedý	67175	0,08	0,7	2,5	3,9
SAN	Tyrl	790	červený	38115	0,108	1,14	5,1	5,4
SAN	Luran	378 P	kouřový		0,086	1,09	1,3	-

Uvádí přehled materiálů a výsledků experimentálního měření. V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty drsnosti zkušebních destiček, převzaté z tabulky č. 7 a porovnané s hodnotami vlnitosti W naměřené absolutním snímačem TFB 300. U některých materiálů jsou uvedeny dvě hodnoty vlnitosti. Z tabulky je patrné v jakém poměru u konkrétního materiálu je vlnitost a drsnost měřeného modelového výstřiku.

Tabulka č.7

Uvádí hodnoty drsnosti naměřené relativním snímačem TFE 100 na modelových zkušebních destičkách.

V pěti sloupcích jsou naměřené hodnoty a v šestém sloupci aritmetický průměr naměřených hodnot R_a a R_{max} . Všechny uvedené hodnoty jsou v μm .

PS - Styron 457 bílý 744

R_a	0,28	0,22	0,2	0,2	0,21	0,222
R_{max}	3,1	3,2	1,4	1,7	1,7	2,22

PS-- Krasten 127 bílý 9083

R_a	0,06	0,062	0,068	0,055	0,058	0,061
R_{max}	0,75	0,66	0,75	0,4	0,48	0,608

PS - Krasten 127 zelený 5423

R_a	0,05	0,04	0,042	0,075	0,06	0,053
R_{max}	0,26	0,28	0,35	0,89	0,32	0,42

PS_h - Styron 457 černý 36007

R_a	0,2	0,18	0,35	0,19	0,18	0,22
R_{max}	1,55	1,3	3,2	1,65	1,5	1,84

PSH- Krasten 336 bílý 9113

R_a	0,23	0,21	0,2	0,38	0,24	0,252
R_{max}	1,75	1,6	1,3	1,5	2,9	1,628

PS_h - Krasten 336 zelený 5383

R_a	0,1	0,15	0,1	0,1	0,12	0,114
R_{max}	0,6	1,4	0,6	1,25	0,7	0,91

PS_h- SB Krasten 562 bílý 9113

R_a	0,65	0,65	0,55	0,5	0,65	0,6
R_{max}	5,3	5,6	3,2	3,0	3,8	4,18

PS_h -SB Krasten 562 přírodní 9013

R_a	0,7	0,7	0,7	0,6	0,55	0,65
R_{max}	5,5	4,0	4,0	4,6	3,6	4,34

Tabulka č. 7

<u>PSH - SB Krasten 562 žlutý 4363</u>						
R _a	0,65	0,6	0,5	0,63	1,6	0,796
R _{max}	4,3	4,0	3,3	4,2	3,8	3,92
<u>PEN- Liten 27 107 - přírodní</u>						
R _a	0,2	0,2	0,19	0,18	0,24	0,202
R _{max}	2,5	1,95	1,75	1,66	2,8	2,13
<u>PEN - Liten 22 402 - černý 002</u>						
R _a	0,1	0,9	0,95	0,1	0,1	0,43
R _{max}	0,6	0,6	0,6	0,86	0,8	0,692
<u>PEN - Hostalen 6450 - červený 45</u>						
R _a	0,08	0,08	0,08	0,076	0,75	0,0782
R _{max}	0,7	0,52	0,79	0,74	0,58	0,672
<u>PEV - Bralen RA 2-19 - přírodní</u>						
R _a	0,26	0,22	0,25	0,24	0,21	0,232
R _{max}	7,0	2,1	2,4	2,4	2,05	2,49
<u>PP Mosten 52517 - žlutý 454</u>						
R _a	0,1	0,13	0,23	0,1	0,12	0,136
R _{max}	1,3	2,0	3,2	1,2	2,0	1,54
<u>PPO - Noryl 110 černý 0920</u>						
R _a	0,44	0,2	0,12	0,13	0,12	0,202
R _{max}	2,7	3,2	1,35	1,45	1,0	1,94
<u>ABS - Forsan 548 červený 2303</u>						
R _a	0,13	0,12	0,12	0,08	0,08	0,106
R _{max}	1,35	1,2	1,1	0,55	0,74	0,988
<u>ABS - Lustran QE 501 šedý 67 175</u>						
R _a	0,13	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08
R _{max}	1,3	0,75	0,5	0,55	0,4	0,7
<u>SAN - Tyril 790 - červený 38 115</u>						
R _a	0,11	0,1	0,1	0,11	0,12	0,108
R _{max}	1,05	1,1	0,95	1,1	1,5	1,14
<u>SAN - Luran 378 P - kouřový</u>						
R _a	0,065	0,075	0,11	0,08	0,1	0,086
R _{max}	0,57	1,0	1,2	1,2	1,5	1,094

Tabulka č.8

Orientační měření relativním snímačem TFE 100
na vstřikovaných výrobcích

Zásuvka psacího stolu ABS černý měřeno na boční
stěně

Ra	0,37	0,33	0,35	0,35	0,35
Rmax	2,7	2,0	3,0	2,6	2,575

Kalíšek na přírodní karlovarskou vřídelní sůl
PS Krasten 127 čirý 9001

Ra	0,05	0,045	0,044	0,043	0,0455
Rmax	0,4	0,22	0,3	0,36	0,33

Pohárek z bílého PS - měřeno ve směru površky
Krasten 336 - 9113

Ra	0,1	0,14	0,17		0,136
Rmax	0,54	0,8	0,9		0,753

Nádoba mixéru , obsah 1/2 l - SAN -LURAN 378

Ra	0,04	0,13	0,065	0,1	0,084
Rmax	0,26	0,75	0,37	0,48	0,465

Kryt kuchyňského strojku ETA , typ 092
SAN - Luran 378 - čirý

Ra	0,15	0,15	0,14	0,14	0,1475
Rmax	1,	0,85	0,85	0,85	0,91

Přepravka na housky - měřeno dno
PEN - světle zelený

Ra	0,36	0,34	0,3	0,45	0,363
Rmax	2,1	2,1	1,7	3,3	2,3

Těsnicí vložka konve 50 l - měřeno radiálně ke vtoku
PEV Bralen Ra 2 - 19

Ra	0,7	0,75	0,9		0,783
Rmax	4,5	4,2	6,0		4,9

Tabulka č.9

Naměřené hodnoty drsnosti absolutním snímačem TFB 300 na vzhledových výrobcích.

Materiál		a l	název výrobku	Ra	Rmax	W
ABS	Forsan	573	bílý			
"	"	"	"	0,17	0,8	4,8
ABS			zásuvka stolu	0,23	1,1	5,4
"			"	0,38	2,6	5,4
PS	Krasten	127	černý	0,44	3,1	8,4
"	"	"	čirý	0,14	1,5	3,9
PSH-SB	Krasten	562	zelený	0,14	1,5	3,7
"	"	"	vytlačovaná deska	2,5	14,5	15,0
PSH	Krasten	336	žlutý	3,6	23,0	36,0
"	"	"	cívka na rybářský vlasec	0,3	?	45,0
PP	Daplen	A1OK92	"	?	?	42,0
"	"	"	č.v. 02-01-136 359	0,3	1,6	9,0
SAN	Luran	378	"	0,3	1,6	8,1
"	"	"	kryt kuch. strojku ETA 092	0,28	1,3	5,7
SAN	Luran	378 P	"	0,19	0,85	5,4
"	"	"	víko magnetofonu B 700	0,065	0,42	1,5
			"	0,11	0,63	1,4

? - vysvětlení. Vykazuje-li výrobek příliš velkou vlnitost, je nutné přepnout měřicí rozsah na vyšší hodnoty a potom není možné při měření abs. snímačem odečíst hodnoty Ra a R max. V takových případech je nutné ke zjištění charakt. hodnot povrchu použít relativní snímač.

4.

Z Á V Ě R

Zadání diplomové práce vycházelo z požadavku nár. podniku Plastimat. V samotném závodě nebyla pro řešení úkolu volná výzkumná kapacita. Rozsah zadaného úkolu byl větší než je možné obsáhnout jedncu diplomovou prací.

Z naměřených hodnot vyplývá, že hodnota drsnosti je několikanásobně menší než je vlnitost. Před zahájením měření se předpokládalo, že největší význam pro hodnocení povrchu má hodnota R_a . Význam vlnitosti povrchu zůstal nedoceněn. Pro další vyhodnocování povrchů plast. hmot bude nutné se rozhodnout, podle jakých kritérií posuzovat kvalitu výrobků.

Vyhodnotit ji můžeme na základě :

- charakter. hodnot povrchu R_a a R_{max}
- vlnitosti povrchu
- povrchového lesku
- některých těchto uvedených faktorů společně

Bude záležet na kvalitářích n.p. Plastimat, jakou zkušební metodu zvolí za základ pro posuzování jakosti povrchu vzhledových výrobků.

Pro dílenskou praxi a uplatnění zkušebních metod měření drsnosti na kontrolách bude nutné znát, zda je možné mnou použitými typy snímačů vyhodnocovat hotové výrobky. Proměřování výrobků absolutním snímačem bude možné jen ve zvláštních případech. Tvarová rozmanitost a členitost výrobků to neumožní. To znamená, že nebude možné na všech plochách vyhodnocovat drsnost výrobku společně s jeho vlnitostí. O tom, jaký význam má vlnitý povrch na hodnocení výrobku a jeho vzhled, je již uvedeno. Zakřivené, zborčené, vyduté a vypuklé plochy proto nepřipadají v úvahu při používání absolutního snímače. Bude možné jej použít pouze

na rovinné plochy výrobků. Ve většině případů bude nutné ze složité součásti vyříznout rovinnou část - zkušební vzorek, abychom dostali představu o měřeném povrchu.

Zkoušení povrchu výrobků relativním snímačem má předpoklad většího uplatnění. Bude možné vyhodnocovat pouze základní charakter. hodnoty profilu. Oblast použití snímače zahrnuje rovinné, válcové a vypuklé plochy. Musíme zvolit takovou dráhu, aby nedošlo k mechanickému zkreslení hodnot naměřených snímačem. Problémy kolem upínání výrobků bude nutné vyřešit použitím jednoúčelových měřicích přípravků pro každý typ výrobku. Z vyráběné série je možné odebírat výrobky k měření, aniž je nutné je znehodnotit. Nemusí se vyřezávat ve všech případech zkušební vzorky.

Pro měření drsnosti povrchu doporučuji mnou užívaný přístroj Hommel Tester typ T 3. přestože je starší konstrukce, anebo modernější přístroj od téže firmy pod typovým označením T 10. Umožňuje ještě dokonalejší a snadnější vyhodnocování povrchu. Mezi další vhodné přístroje je možné zařadit Talysurf T 5 nebo PERTHEM 5.

Diplomová práce byla zaměřena především na problematiku týkající se drsnosti a jejího měření. Hlavním cílem nebylo srovnání lesku plastických hmot. V návaznosti na doposud získané poznatky bude nutné vyhodnocovat lesk plast. hmot vzhledem k drsnosti a vlnitosti povrchu. Teprve potom bude možné posoudit do jaké míry tyto hodnoty ovlivňují hodnotu leskového čísla. K hodnocení lesku nelze přistupovat stejným způsobem, jestliže se jedná o rovinné nebo tvarově rozmanité plochy. Většina přístrojů pro měření lesku pracuje s rovinnými zkušebními destičkami a porovnává

vacími normály. Hodnocení lesku na jiných plochách než rovinných, přináší další komplikace .

Další řešení úkolu by se mělo ubírat touto cestou. Vyhodnocování hodnot získaných na zkušebních destičkách je snadnější a navzájem lépe srovnatelné. Proto i nadále by bylo vhodné pracovat se zkušebními destičkami, na kterých by se měřila drsnost, vlnitost povrchu a zároveň jeho leskové číslo. Jsou-li zkušební destičky poškráběné, zkreslují naměřené hodnoty. Lesk klesá. Proto doporučuji zhotovení speciální formy ve které by se vyráběly zkušební destičky takových rozměrů, které by bylo možné umístit přímo do leskoměrného přístroje. Odpadla by zbytečná práce s vyřezáváním vzorků a snížila by se možnost jejich poškrábání. Rozměry navržených destiček by bylo vhodné sjednotit podle použitého leskoměrného přístroje. V případě použití přístroje SPECOL R $\mathcal{L}$ /45 - $\mathcal{L}$ je maximální použitelný rozměr destiček 40x40 mm, případně vzorky stejného kruhového průměru. Z naměřených hodnot lesku, drsnosti a vlnitosti bude možné posoudit v jakém vzájemném vztahu jsou zjištěné veličiny. Jestliže bude problematika zvládnuta na zkušebních destičkách, je možné přejít na hotové výrobky.

K měření lesku je vhodný leskoměr Specol R $\mathcal{L}$ /45 $\mathcal{L}$ vyráběný firmou VEB Carl Zeiss Jena, nebo leskoměr firmy Johansson.

Otázka vhodnosti použitých snímačů je v podstatě vyřešena. Poškrábání povrchu plast. hmoty vlivem příliš velké přitlačné síly, bylo na začátku měření přeceňováno. Předpokládalo se, že přitlačná síla diamantu 100 mp bude příliš veliká a v důsledku toho bude vznikat v měřeném povrchu rýha o velikosti větší, než je poloměr zaoblení hrotu. (5 μ m) .

Tato úvaha se naštěstí ukázala jako chybná. Fotografie zhotovené na elektronovém rastrovacím mikroskopu Philips -PSEM 500 tuto hypotézu vyvrátily. Na většině vzorků nebylo možné zpozorovat rýhy po diamantovém hrotu ani při 5000 nebo 10 000 násobném zvětšení. Na některých fotografiích jsou sotva znatelné rýhy, avšak jejich velikost je nepatrná. Všechny tyto dosažené výsledky svědčí o tom, že nastoupená cesta byla správná, potvrdila se vhodnost snímačů TFE 100 a TFB 300 i pro měření povrchu plast. hmot. Naměřené hodnoty nejsou tedy zatíženy chybou vlivem trvalé deformace pod hrotem snímacího diamantu a odpovídají tudíž skutečnosti. Jestliže tato práce pomohla, alespoň z části objasnit problémy spojené s měřením drsnosti povrchu plastických hmot nebyla vynaložená práce zbytečná.

P o d ě k o v á n í

Zpracování diplomové práce jsem provedl za pomoci pracovníků různých závodů a institucí. Děkuji za upřímnou a odbornou pomoc zaměstnancům VŠST Liberec, n.p. Plastimat, Výzkumného ústavu skla a bižuterie v Jablonci nad Nisou a Výzkumného ústavu anorganické chemie v Ústí nad Labem.

Zvláště bych chtěl srdečně poděkovat:

vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Krebsovi CSc
za pečlivé odborné vedení

konzultantovi diplomové práce Ing. J. Dostálovi, vedoucímu
zkušebny nár. podniku Plastimat Liberec za obětavost a řadu
cenných připomínek a informací nutných k vyřešení úkolu

Ing. Janu Novákovi CSc, ved. OŘJ n.p. LIAZ Jablonec
za nevšední ochotu při poskytování odborných konzultací

vedoucímu měrového střediska KOE VŠST Liberec
Miloslavu Čihulovi za obětavou a časově náročnou práci
při provádění experimentálního měření.

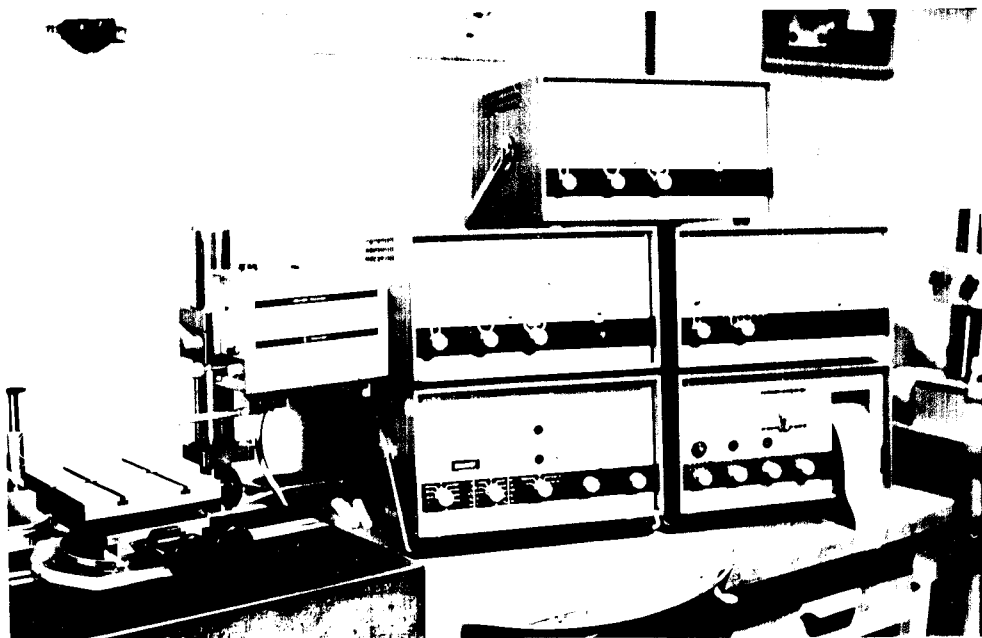
5. L I T E R A T U R A

1. Čs. státní norma ČSN 01 4450 - Drsnost povrchu
z 5.5.1960
2. Ing. Jan Novák CSc -
Metody hodnocení drsnosti povrchu
Odborná zpráva GŘ ČAZ
3. Ing Jaromír Snížek CSc -
Princip práce dotykových profilometrů
Oborová zpráva GŘ ČAZ
4. Radomír Máša -
Závislost kvality povrchu plastové sou-
části na jakosti povrchu vstřikovací
formy
Diplomová práce - VÚT Brno 1977
Fakulta technologická v Gottwaldově
5. Ing Helmut Vollers -
Praxe zkoušení povrchů
Hommelwerke, Mannheim
český překlad Emila Mrvíka, pracovníka
n.p. Technometra Praha
6. Hommelwerke Mannheim - Homme
Hommel Tester Typ T
Druckschrift Nr. 1.P 6100 (b)
7. Dipl. Phys. Uwe Schrenkenbach
"Über den Einfluss der Glanzverhältnisse
auf die Farbmessung an Plastoberflächen.
Plaste und Kautschuk 24, 1977, č.7,
s.468 - 471
8. Dipl. Ing Reinert Hennersdorf -
Zur Ermittlung und Beeinflussbarkeit

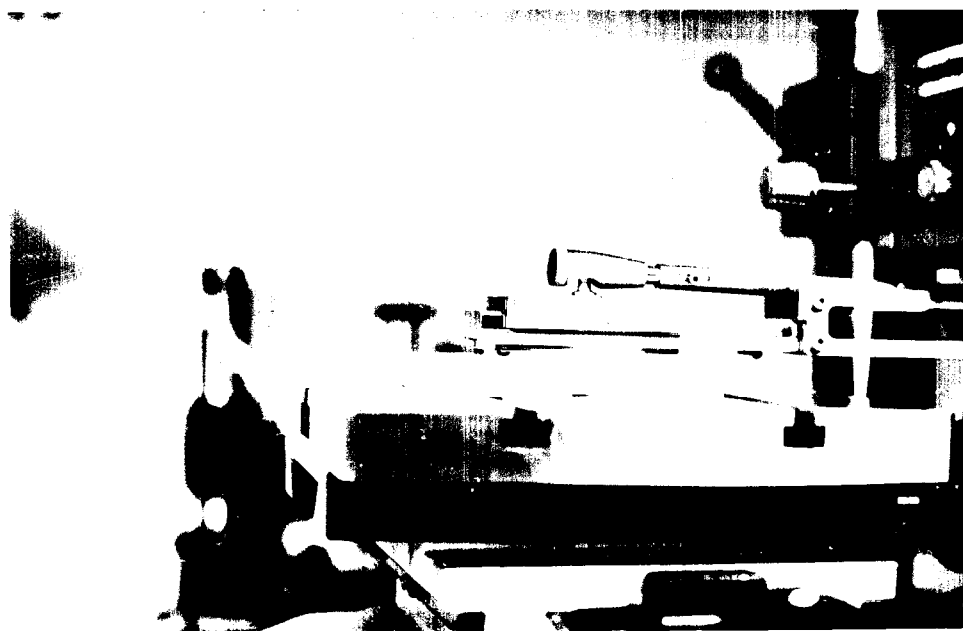
8. des Oberflächenglanzes an Formteilen
aus Phenoplasten.
Plaste und Kautschuk 24, 1977, č. 9,
s. 643 - 644
9. DIN 67 530 - Reflektometer als Hilfsmittel zur
Glanzbeurteilung an ebenen Anstrich-
und Kunststoff-Oberflächen
10. ASTM-D 523 - 67 - US norma
Standard Method of Test for
SPECULAR GLOSS
11. ASTM- D 673 - 44
Standard Method of Test for
MAR RESISTENCE OF PLASTICS
12. ASTM- D 2457 - 65 T
Tentative Method of Test for
SPECULAR GLOSS OF PLASTIC FILMS`
13. Dipl.Ing H. Dominighaus
Physikalische Eigenschaften
der Kunststoffe

6. FOTOGRAFIE POUŽITÝHO MĚŘICÍHO ZARÍZENÍ

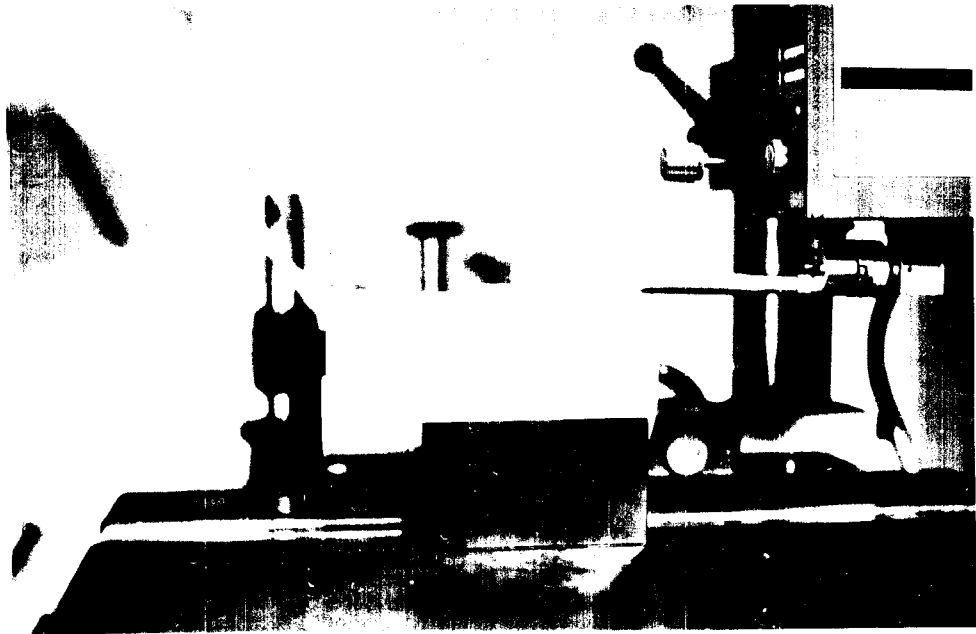
1. Měřicí aparatura Hommel - Tester Typ T 3



2. Měření rovin. výrobku absolutním snímačem TFB 300



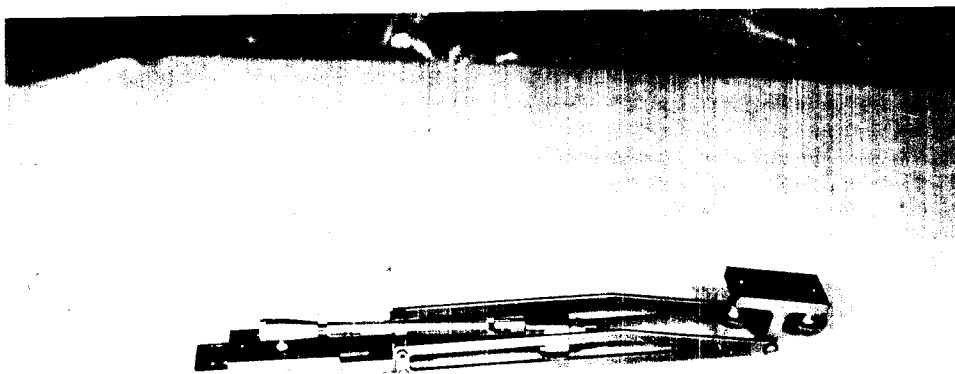
3. Proměrování válcového výrobku - pohárku relativním
snímačem TFB 300



4. Relativní snímač TFE 100



5. Absolutní snímač TFB 300



Na některých fotografiích se objevily přece jen znatelné stopy po projíždějícím hrotu snímáče. Zajímalo mě do jaké míry jsou schopné ovlivnit trvalé deformace na povrchu pozorovaného preparátu výsledky měření.

Na fotografii odměřená šířka rýhy není správným měřítkem pro posouzení velikosti trvalé deformace. Vzkresení výsledků ovlivňuje hloubka rýhy. Vzdálenost od povrchu do které se diamant "zabořil" vlivem přitlačné síly.

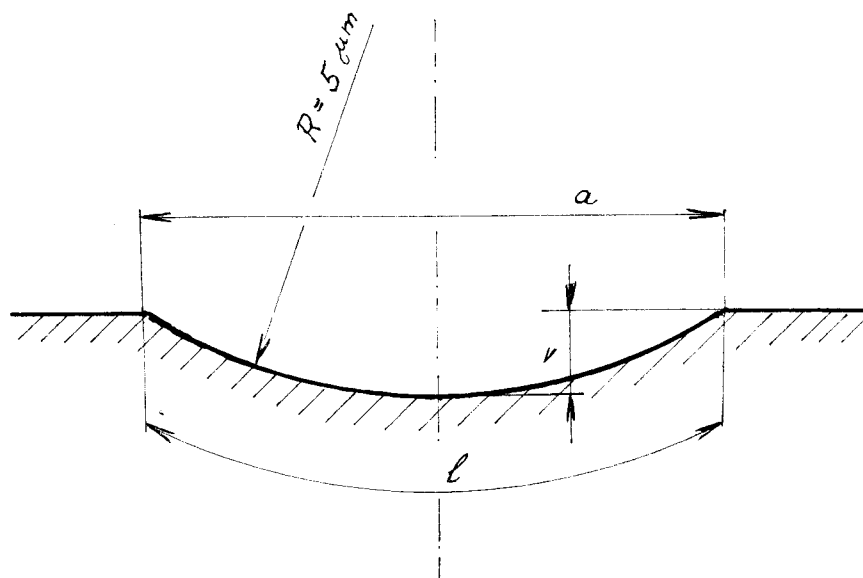
Úvaha vycházela z toho, že snímací diamant má vrcholový úhel hrotu 60° a poloměr zaoblení špičky $5\text{ }\mu\text{m}$. Šířky naměřených rýh ukazovaly na to, že k trvalé deformaci dochází pouze pod špičkou diamantu. Je tedy do povrchu vtlačována kulová plocha o poloměru $5\text{ }\mu\text{m}$. Řez takto vzniklou rýhou bude mít tvar kulového vřetlíku. Šlo o to zjistit jeho výšku. Známá byla jak šířka rýhy, odměřená z fotografie, tak poloměr vřetlíku - odpovídal radiusu diamantu. Z uvedeného vzorce je možné spočítat hloubku rýhy.

$$v = \frac{a^2}{2R} \quad \text{tg} \quad \frac{\mathcal{L}^\circ}{4}$$

v hloubka rýhy

a šířka rýhy

$\mathcal{L}^\circ$ středový úhel náležící kruhovému oblouku l



Zbývalo určit velikost středového úhlu vrchlíku pro jednotlivé šířky rýh. Z grafické konstrukce byly odměřeny tyto hodnoty.

a	α°
0,2	2°30'
0,4	4°
0,6	6°30'
0,8	9°30'
1,0	11°30'

Po dosazení do vzorce vypočly jednotlivé hloubky rýh v pro jednotlivé šířky.

a	v
0,2	0,001 164
0,4	0,003 492
0,6	0,008 730
0,8	0,015 130
1,0	0,024 475

Všechny uvedené rozměry jsou v μm .

P P - M O S T E N 5 2 5 1 7

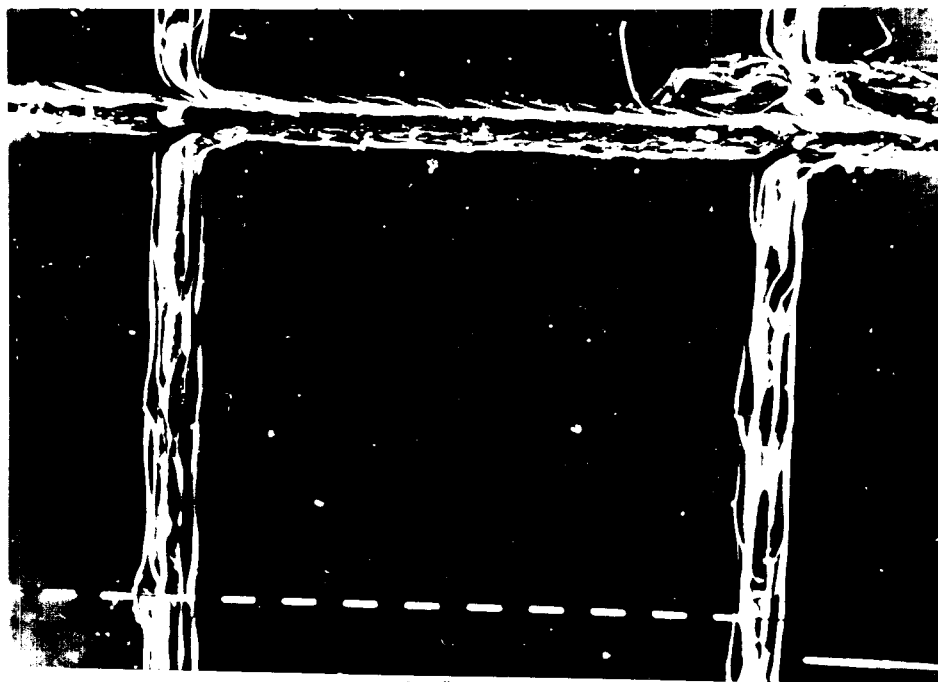
b í l ý

3 fotografie (40x, 320x, 1250x)

1 grafický záznam

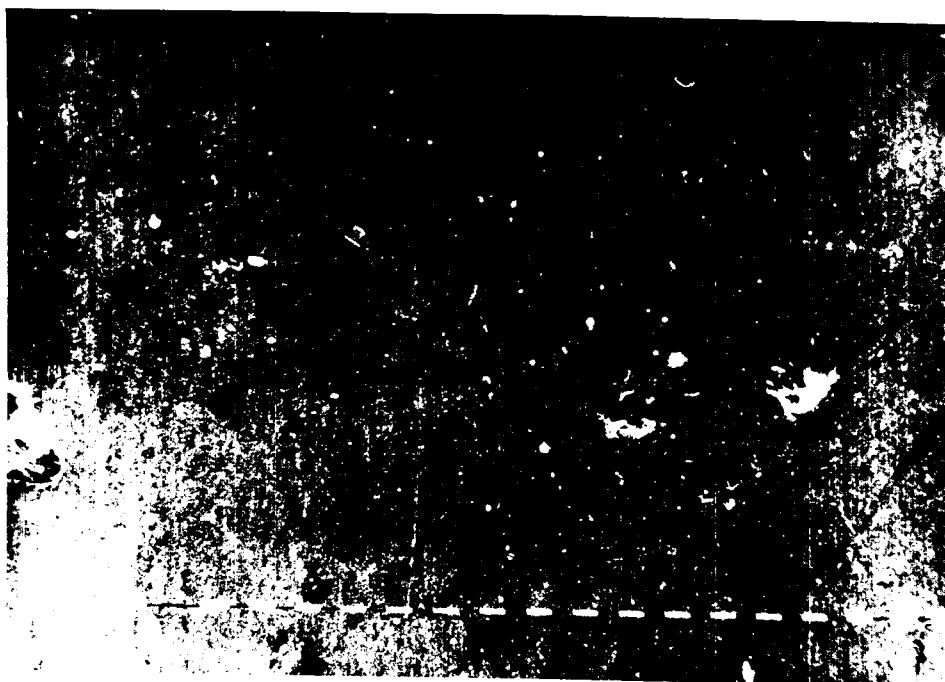
Na povrchu se nepodařilo zjistit žádnou dróhu,
kterou diamant projížděl, ani při zvětšení 10 000 x.
Všechny 3 fotografie jsou pouze záběrem povrchu.
Na třetí fotografii (1250x) je vyfotografována
trhlina materiálu. Celkově je povrch hladký.

zvětšeno 40x



100 μ m

zvětšeno 320 x



10 μ m

zvětšeno 1. 250x



10 μm

Grafický záznam drsnosti

délka měřeného úseku $l = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení : vertikální 1 cm = 3 μm

podélné 1 cm = 300 μm

M3

$R_a = 0,14 \mu\text{m}$

$R_{\text{max}} = 2,0 \mu\text{m}$

$W = 5,4 \mu\text{m}$

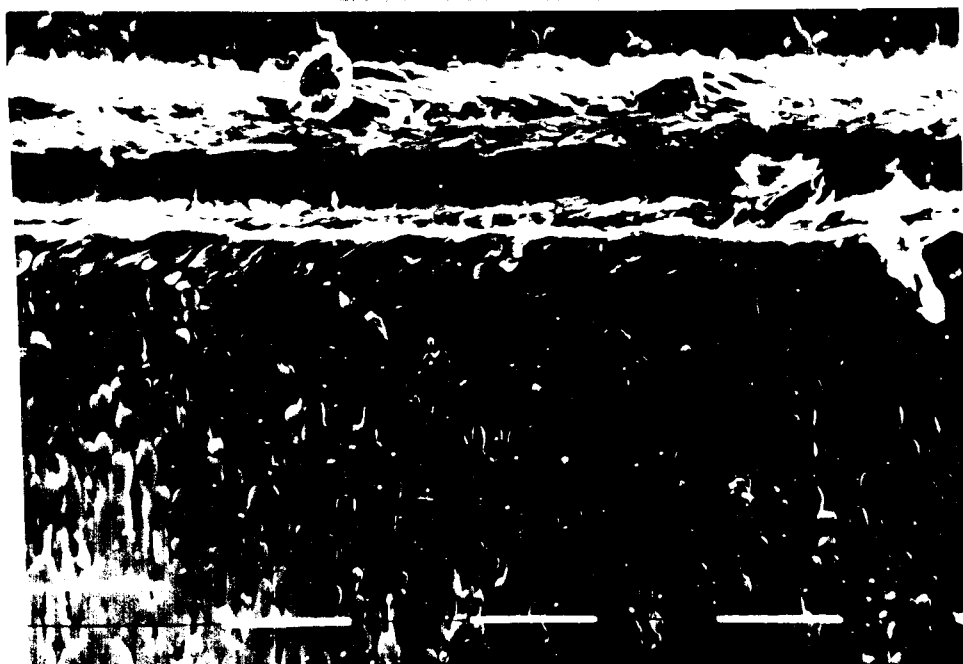
P S - K R A S T E N 5 6 2

s l o n o v á k o s t 9 5 0 3

3 Fotografie (160x, 320x, 1 250x)

První fotografie není ve 40^{ti} násobném zvětšení
Povrch byl naprosto stejný jako u Krastenu 562
modrého , proto je voleno větší zvětšení 160 x.
Jedná se o stejný druh materiálu, proto jsou si
fotografie velmi podobné. Stopa po hrotu diamantu
se nezjistila.

zvětšeno 100 x



100 μ m

zvětšeno 320 x



10 μ m

zvětšeno 1 250 x



10 μm

grafický záznam drsnosti

velikost měřicího čtverce $l = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení : vertikální 1 cm = 10 μm

podélné 1 cm = 300 μm

M1

$R_a = 0,6 \mu\text{m}$

$R_{max} = 2,8 \mu\text{m}$

$R_z = 1,3 \mu\text{m}$

PEV B P A L K X R A Z- 19 přírodní

- 3 fotografie (100x, 300 x, 1 250x)
- 1 grafický záznam

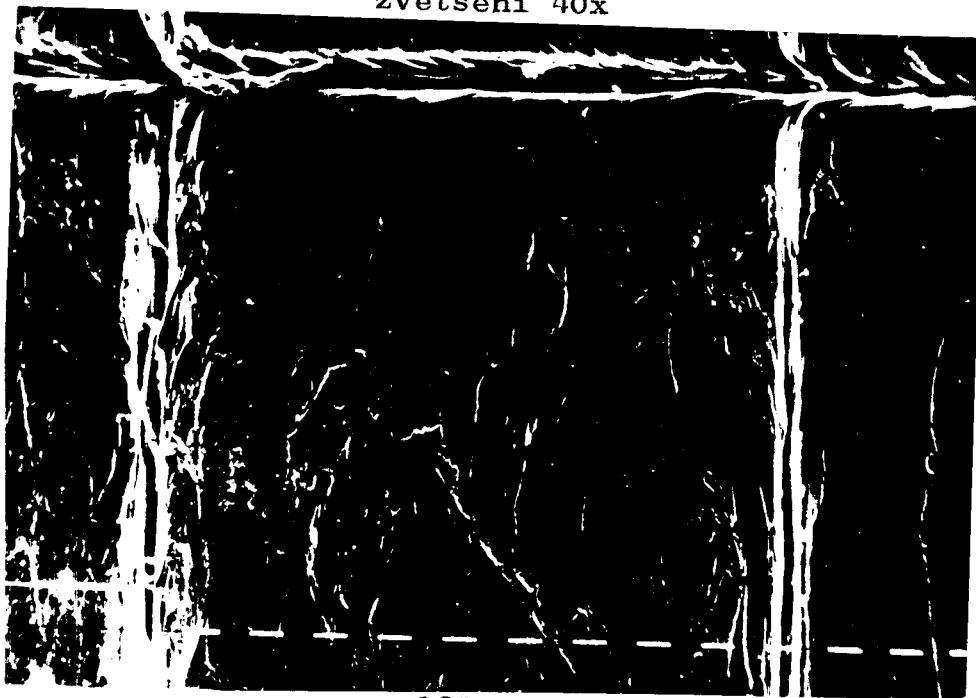
Polyethylen patří mezi povrchy s vyšší hodnotou drsnosti. Jiz pouhým okem jsou dobře znatelně prohlubně vrasčitého povrchu materiálu. Jsou to stopy po tečení. Struktura povrchu dobře vyniká na všech fotografiích. Materiál je ze všech pozorovaných plastů nejměkčí. Na jeho povrchu se však neprojevila předpokládaná ryha po snímání. Jestliže dochází během měření k deformaci pod hrotem diamantu , jedná se o prázdnou oblast. Z jedné dráhy byly zhotoveny dva grafické záznamy drsnosti povrchu , aby se zjistilo zda se trvalá deformace projeví na zaznamenané křivce. Nic takového se nezjistilo.

PEV B R A L E N R A 2- 19 přírodní

- 3 fotografie (40xx, 320 x, 1 250x)
- 1 grafický záznam

Polyethylen patří mezi povrchy s vyšší hodnotou drsnosti. Již pouhým okem jsou dobře znatelné prohlubně vrásčitého povrchu materiálu. Jsou to stopy po tečení. Struktura povrchu dobře vyniká na všech fotografiích. Materiál je ze všech pozorovaných plastů nejměkčí. Na jeho povrchu se však neobjevila předpokládaná rýha po snímáči. Jestliže dochází během měření k deformaci pod hrotem diamantu , jedná se o pružnou oblast. Z jedné dráhy byly zhotoveny dva grafické záznamy drsnosti povrchu , aby se zjistilo zda se trvalá deformace projeví na zaznamenané křivce. Nic takového se nezjistilo.

zvětšení 40x



100 μm

zvětšeno 320x



10 μm

zvětšeno 1 250x



10 μm

Grafický záznam drsnosti

Délka měřeného úseku $L = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení : vertikální 1 cm = 10 μm podélné 1 cm = 300 μm

$R_a = 0,8 \mu\text{m}$

$R_{\text{max}} = 12 \mu\text{m}$

$W = 19 \mu\text{m}$

A B S - F O R S A N 573

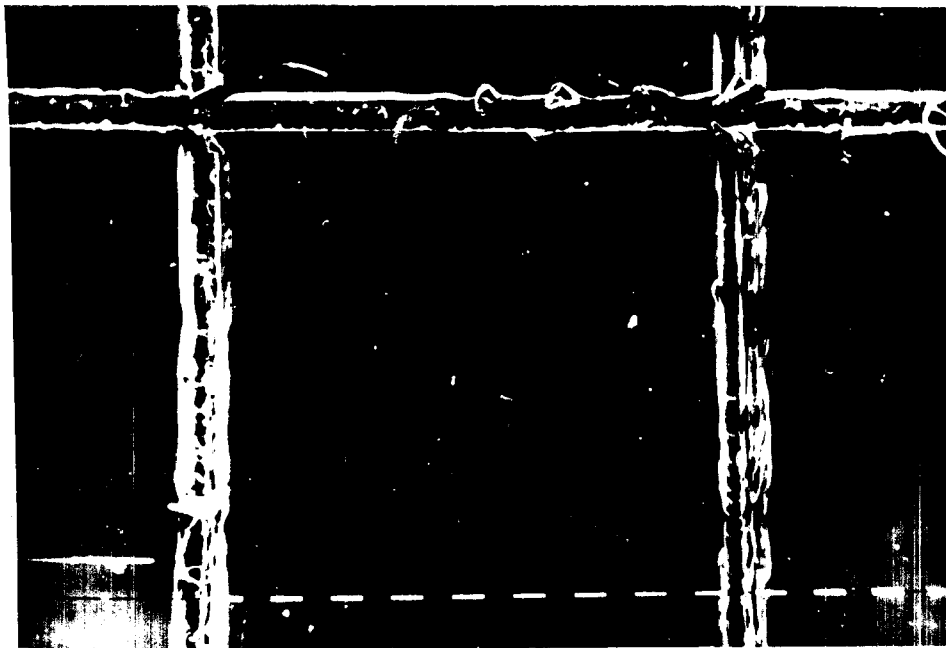
b í l ý

3 fotografie (40x, 1250x, 5000x)

1 grafický záznam

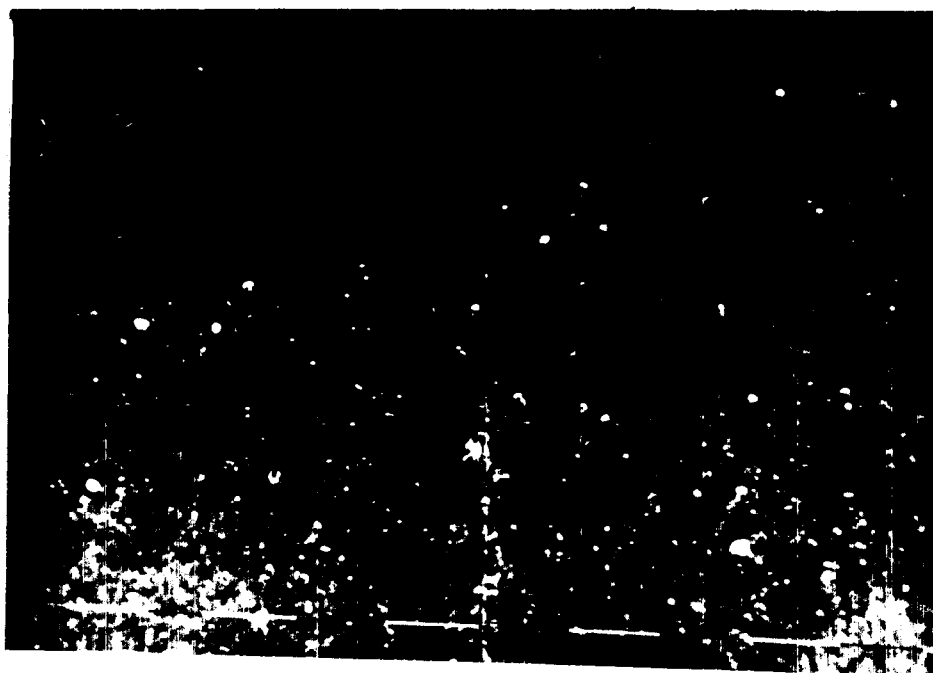
První fotografie slouží ke srovnání s vjemem lidského oka. Na druhé fotografii je vidět sotva znatelná rýha. Na třetí fotografii, rýha v detailním záběru. Odměřená šířka je přibližně 4 mm. Při zvětšení 5000x je měřítko 1 μm , to odpovídá šířce rýhy 0,8 μm . Z přiložené tabulky vyplývá, že při této šířce bude hloubka rýhy 0,015 130 μm . Při drsnosti $R_a = 0,08 \mu\text{m}$ a $R_{\text{max}} = 0,47 \mu\text{m}$ je to přijatelná chyba, která se neprojeví na výsledcích. Měřicí přístroje měří s chybou 5 až 10 % podle provedení.

zvětšeno 40x



100 μm

zvětšeno 1 250x



10 μm



zvětšeno 5 000x



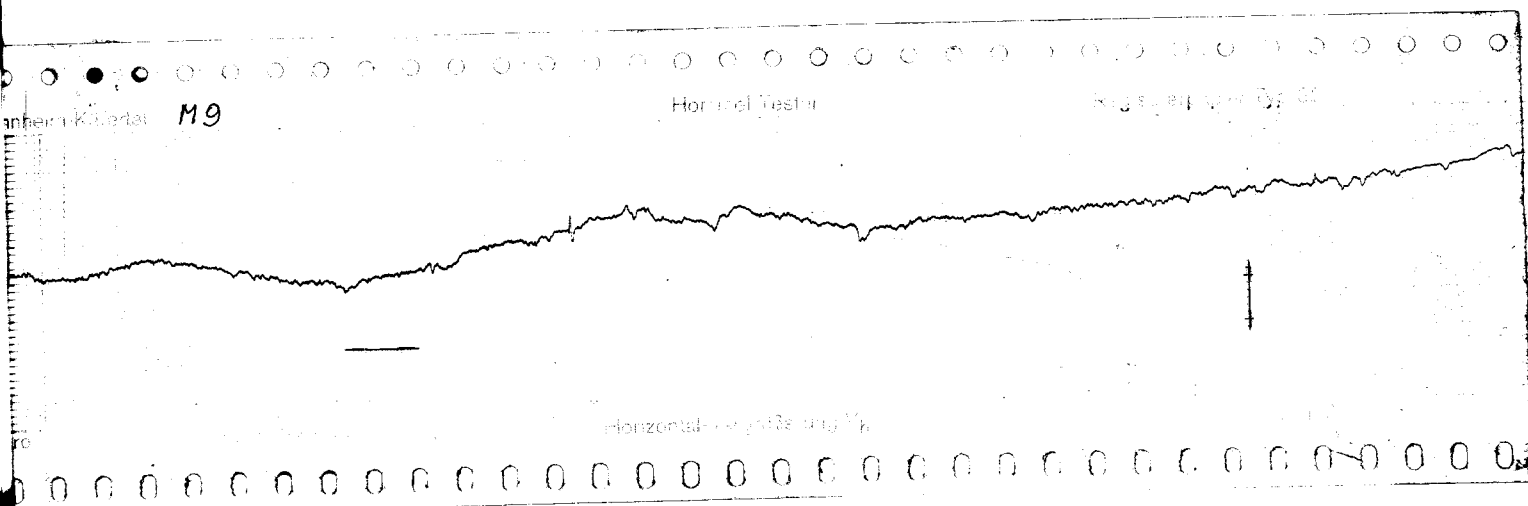
1 μm

Grafický záznam drsnosti

délka měřeného úseku $L = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení: vertikální 1 cm = 1 μm

podélné 1 cm = 300 μm



$R_{\text{max}} = 0,47 \mu\text{m}$

$W = 1,6 \mu\text{m}$

$R_a = 0,08 \mu\text{m}$

S A N - T Y R I L 7 9 0

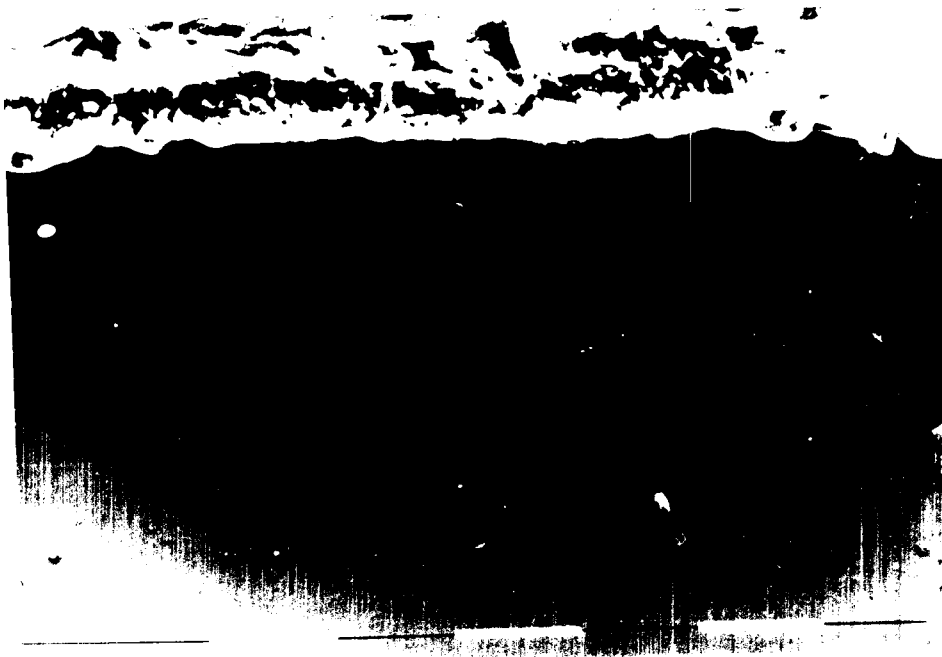
k o u ř o v ý

3 fotografie (160x, 1 250x, 5 000x)
1 grafický záznam

První fotografie je pořízena při zvětšení 160ti násobném, protože 40ti násobné zvětšení nedávalo vůbec žádnou představu o pozorovaném povrchu. Na fotografiích nebylo možné zjistit žádnou stopu po hrotu diamantu použitého snímáče. Je zajímavé, že materiál SAN Tyril 790 vykazuje takové rozdíly v tvrdosti povrchu. Kouřový druh nemá na svém povrchu žádné rýhy, ale modrý druh stejného označení má povrch poškrábaný hrotem snímacího diamantu. SAN podle tabulky na str. 73 patří mezi nejtvrďší materiály. U nich se vznik trvalé deformace nepředpokládá. Je proto zajímavé, že jeden druh materiálu, dokonce stejné kvality vykazuje takové odchylky.

Na fotografiích je možné pozorovat obtištění povrchu formy na vstřikovaný materiál.

zvětšeno 160x



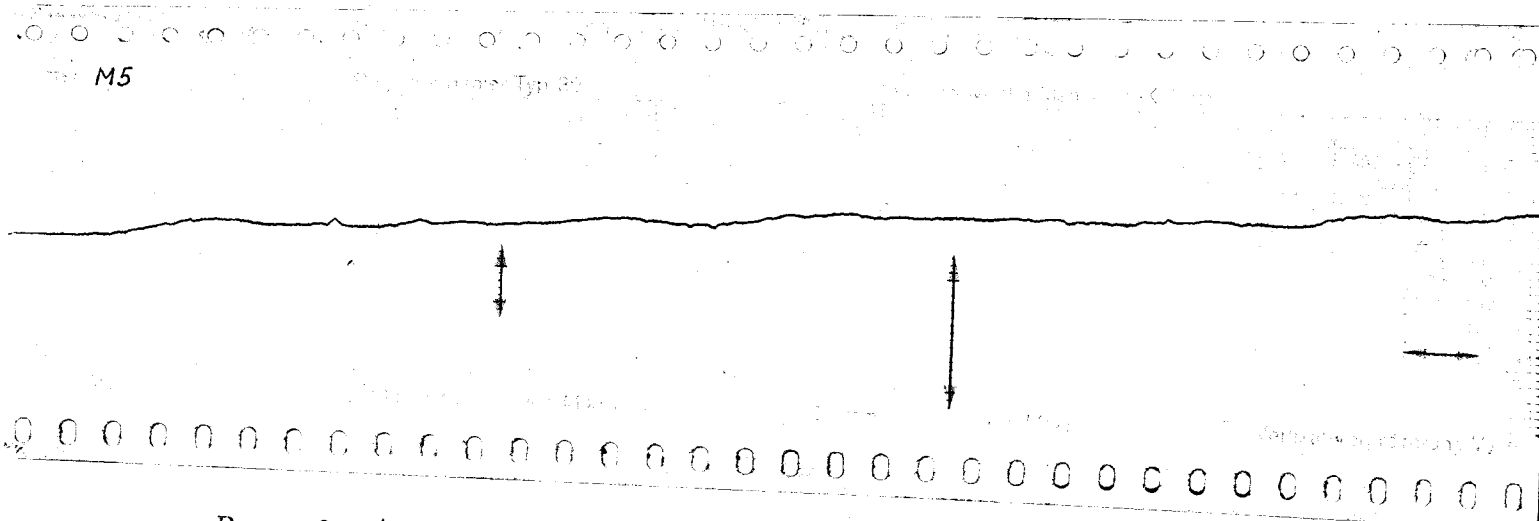
100 μm

Grafický záznam drsnosti

délka měřeného úseku $L = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení: vertikální 1 cm = 1 μm

podélné 1 cm = 300 μm



$R_a = 0,04 \mu\text{m}$

$R_{\text{max}} = 0,15 \mu\text{m}$

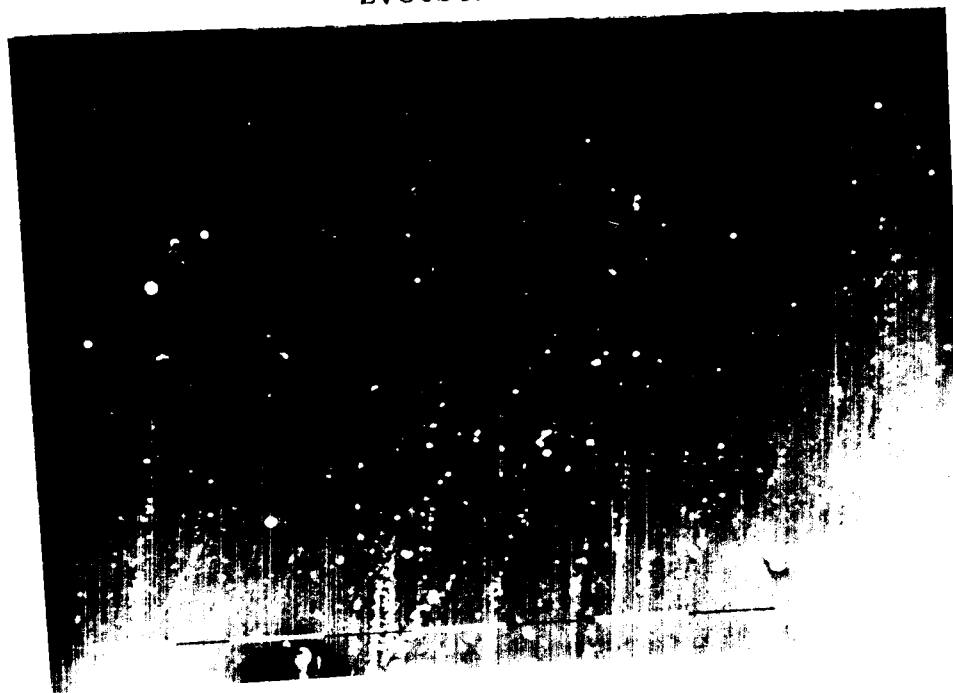
$W = 0,9 \mu\text{m}$

zvětšeno 5 000 x



1 μm

zvětšeno 1 250 x



10 μm



S A N T Y R I L 7 9 0

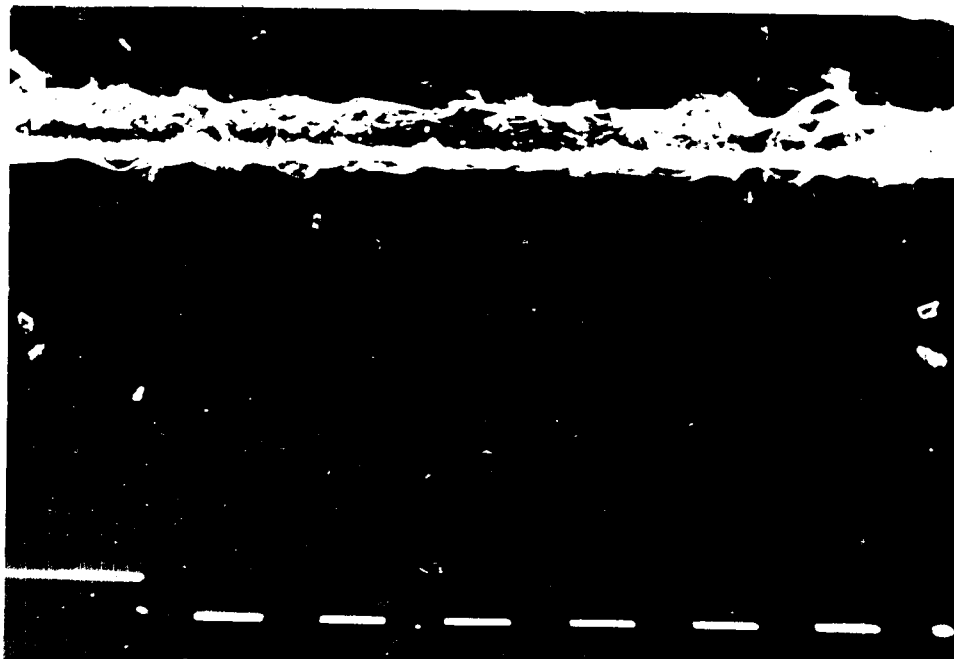
m o d r a v ý

- 4 fotografie (80 x, 2 500 x, 10 000 x - 320 x)
1 grafický záznam

Jeden z mála povrchů, na kterém se podařilo vyfotografovat rýhu po hrotu snímače, Po rýpání povrchu se sledovalo mezi dvěma čarami zhotovenými špendlíkem. V levé části, kde snímač projel dráhu pouze 1x, nebyla stopa znatelná. V pravé části projížděl snímač opakovaně 5x. Jsou to vyfotografované povrchy při zvětšení 2500x a 10 000x. Na fotografii je možné odečíst podle měřítka velikost rýhy. Šířka stopy po diamantu se nejlépe odečte z fotografie 3. Jeden dílek má rozměr 1 um. Z toho odměřená velikost rýhy 0,2 - 0,3 um. Jedná se o povrch velmi hladký, na fotografiích je vidět jak obtiskne na plastickou hmotu povrch kovové formy.

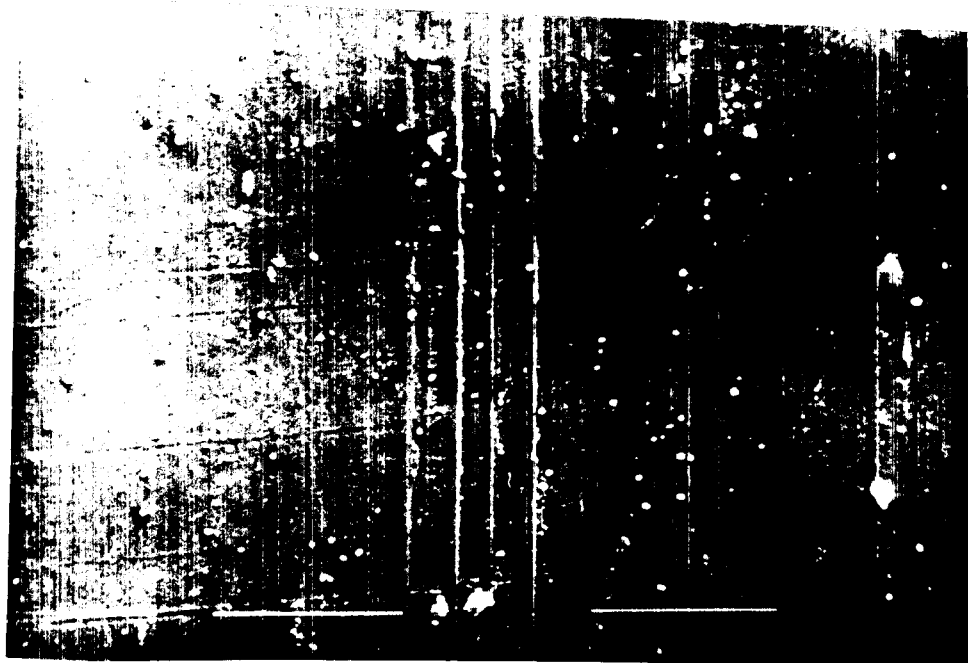
Pro názornou představu je vyfotografována rýha špendlíkem při zvětšení 320x .

zvětšeno 80 x



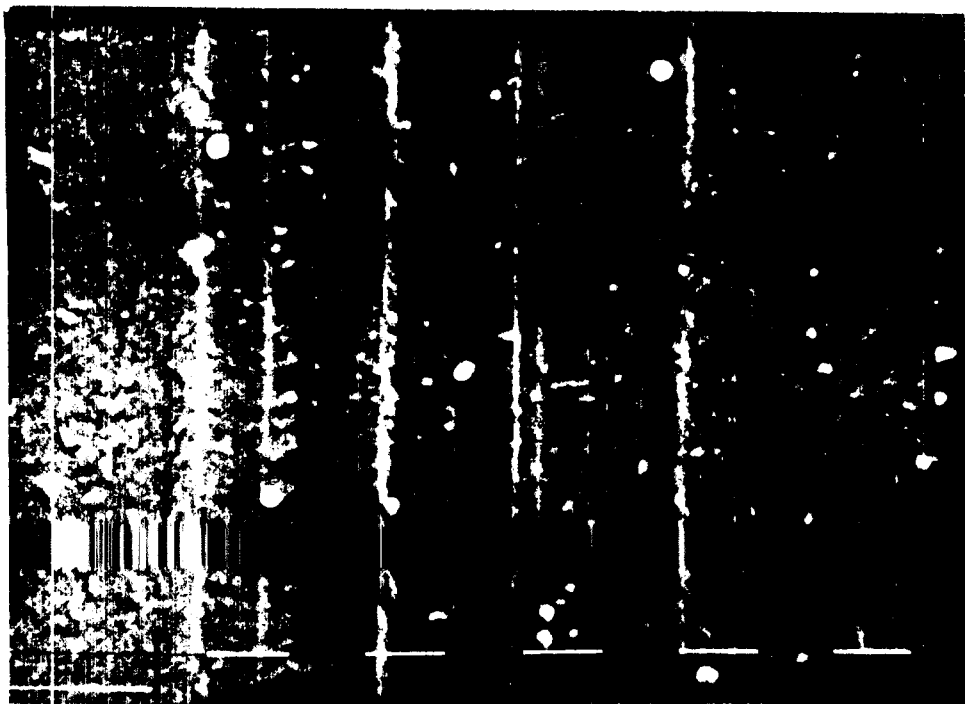
100 um

zvětšeno 2 500 x



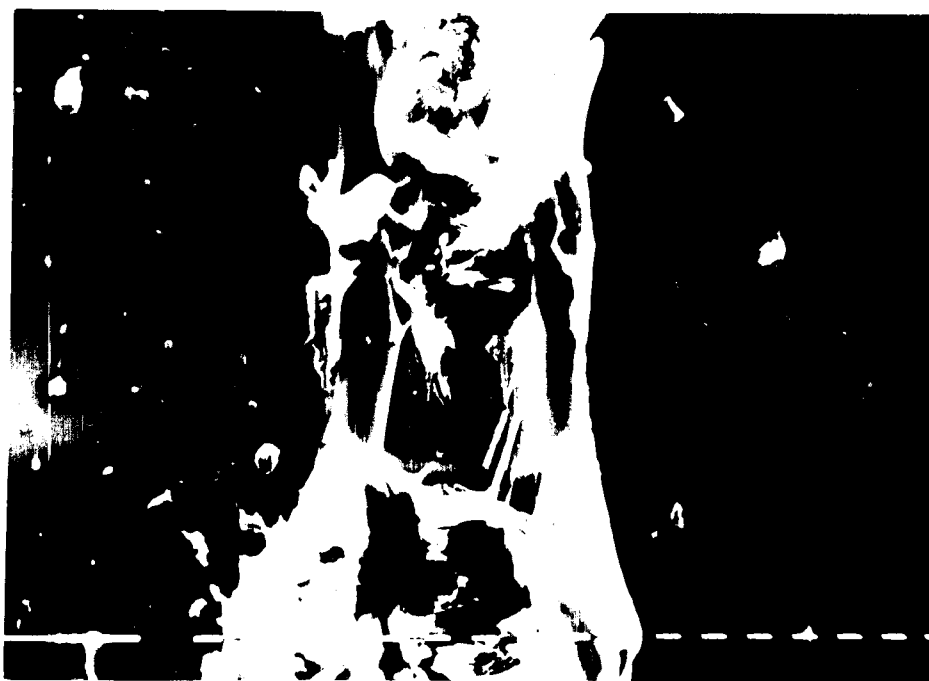
10 um

zvětšeno 10000 x



1 um

zvětšeno 320 x



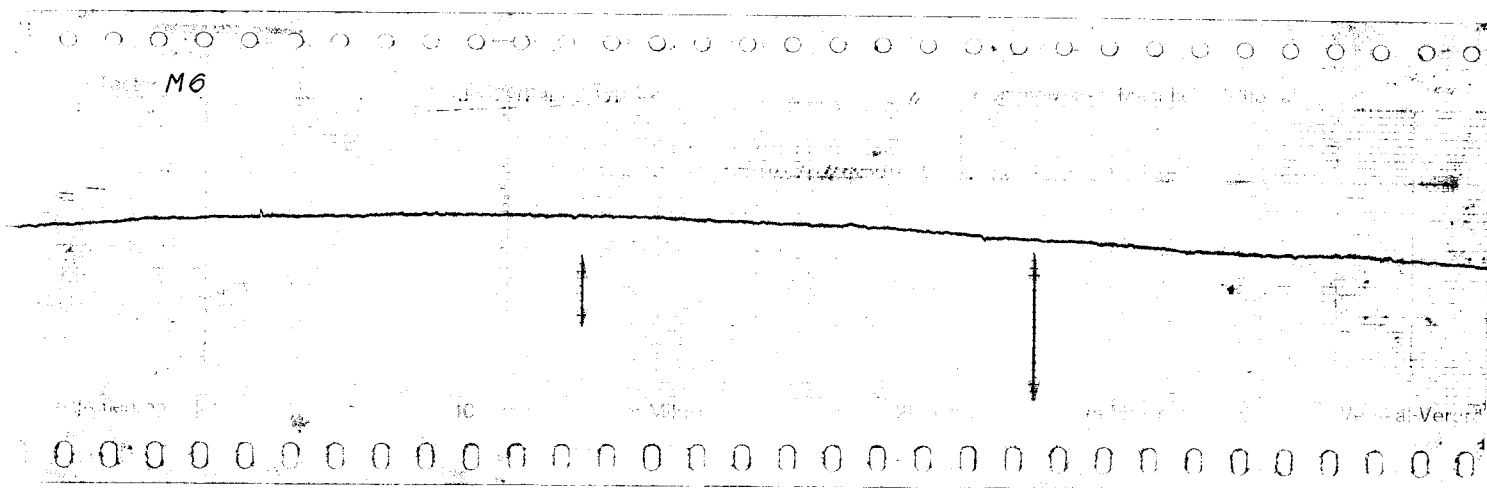
10 um

Grafický záznam drsnosti

délka měřeného úseku $L = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení : vertikální $1 \text{ cm} = 1 \text{ um}$

podélné $1 \text{ cm} = 300 \text{ um}$



$R_a = 0,035 \text{ um}$

$R_{max} = 0,12 \text{ um}$

$W = 0,6 \text{ um}$

P E N - L I T E N 2 7 1 0 7

č i r ý

3 fotografie (160x, 1 250x, 5 000x)
1 grafický záznam

Při fotografování první fotografie bylo upuštěno od zvětšení 40ti násobného. Při něm byl totiž povrch tak hladký, že nebylo možné získat bližší představu. Expozici snímku je v takovém případě nutné nastavit tak, že jsou kontrastní pouze rýhy po špendlíku a celá pozorovaná plocha se jeví jako souvislá čern. Povrch zůstává velmi hladký i při 160ti násobném zvětšení. Na horním okraji fotografie je plocha narušená špendlíkem. Jedná se o hranici pozorované plochy.

Hrot snímače projíždí dráhu 6,3 mm na dvou místech. V levé části vzorku 1x, v pravé 5x. V levé části nebyla zjištěna žádná rýha. Na pravé straně je několik čar téměř v jednom místě vidět při zvětšení 1 250x. Předpokládám, že rýhy v těsné blízkosti vytvořil snímač. Protože snímač urazil dráhu 5x, není na snímku pouze jediná čára. Bude to způsobené nepřesností dosednutí hrotu diamantu na povrch při opakovaném měření. Na snímku jsou ještě další rýhy orientované jiným směrem než projížděl snímač. Jak vysvětlit jejich původ? Vznikly patrně poškrábáním povrchu při vyřezávání zkušební destičky.

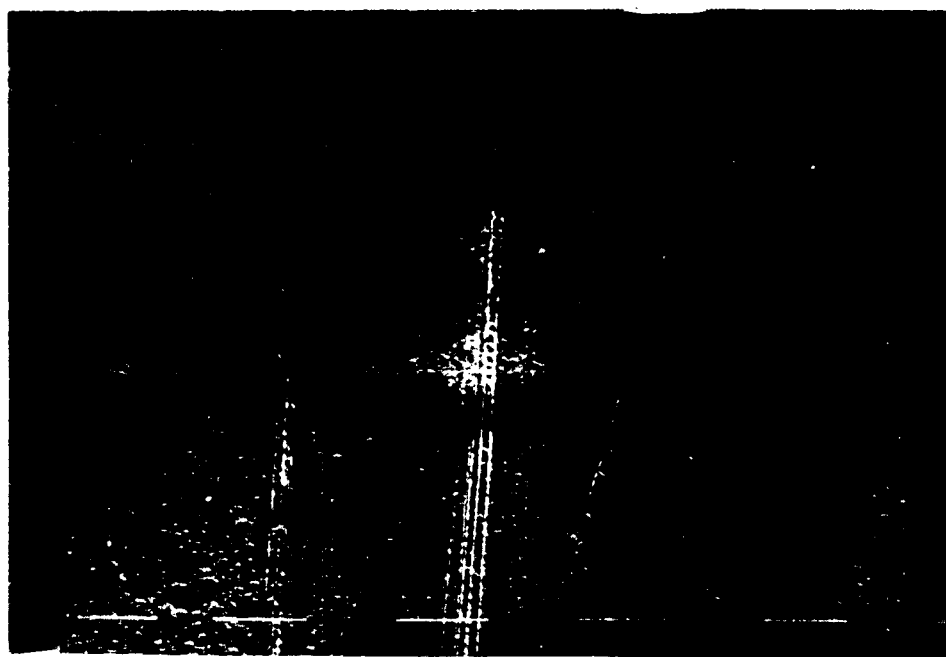
Na třetí fotografii zvětšení 5 000x jsou rýhy lépe pozorovatelné. Z fotografie můžeme odměřit pouze jejich šířku. Na snímku změříme pouze šířku rýhy, nikoliv její hloubku.

zvětšeno 160x



100 μ m

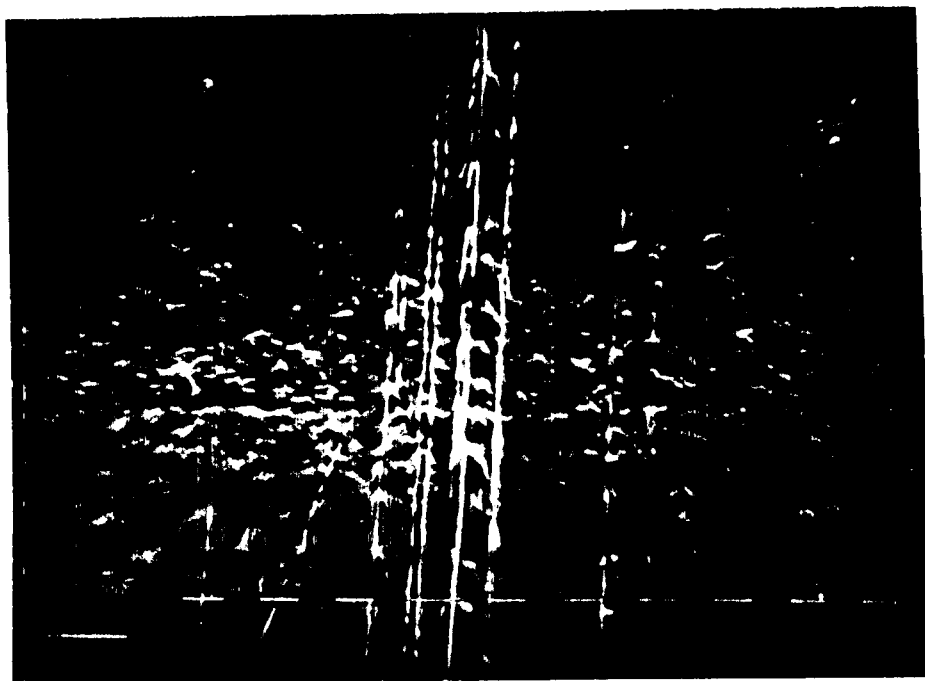
zvětšeno 1 250x



10 μ m



zvětšeno 5 000x



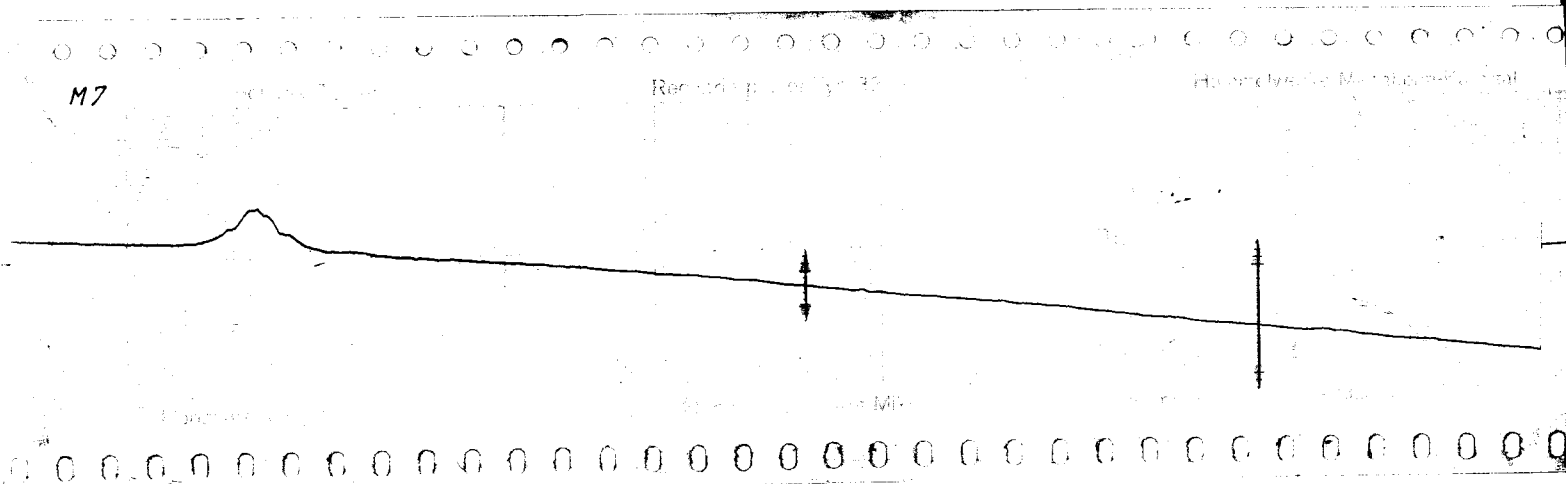
1 μm

grafický záznam drsnosti

délka měřeného úseku $L = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení vertikální 1 cm = 1 μm

podélné 1 cm = 300 μm



$R_a = 0,11 \mu\text{m}$

$R_{\text{max}} = 0,7 \mu\text{m}$

-

$W = 6,6 \mu\text{m}$

Tu můžeme pouze odhadnout. Míru zkreslení naměřených hodnot určuje právě hloubka do jaké hrot proniknul. Z měřítka $1\text{ }\mu\text{m}$ vyplývá, že šířka zjištěné rýhy se pohybuje v rozmezí $0,2$ až $0,3\text{ }\mu\text{m}$, jestliže na fotografii má šířku 1 až $1,5\text{ mm}$. Z uvedené tabulky v příloze vyplývá, že hloubka rýhy o velikosti $0,001\text{ }164\text{ }\mu\text{m}$ není schopna ovlivnit výsledky měření. Jestliže budeme považovat šířku rýhy $0,2\text{ }\mu\text{m}$ za 100% potom její hloubka bude představovat jen $0,5\%$.

Subjektivní dojem z fotografie, že rýha je úzká a hluboká bude způsoben pouze tím, že na prohlubni rýhy se odráží elektrony jiným směrem. Změna směru odrazu se projeví změnou kontrastu na fotografii.

Naměřené hodnoty i v tomto případě odpovídají skutečnosti. Použití snímáče je vhodné i pro tento druh plastické hmoty.

A B S - F O R S A N 5 4 8

š e d ý

3 fotografie (40x, 2500x, 10000x)

1 grafický záznam

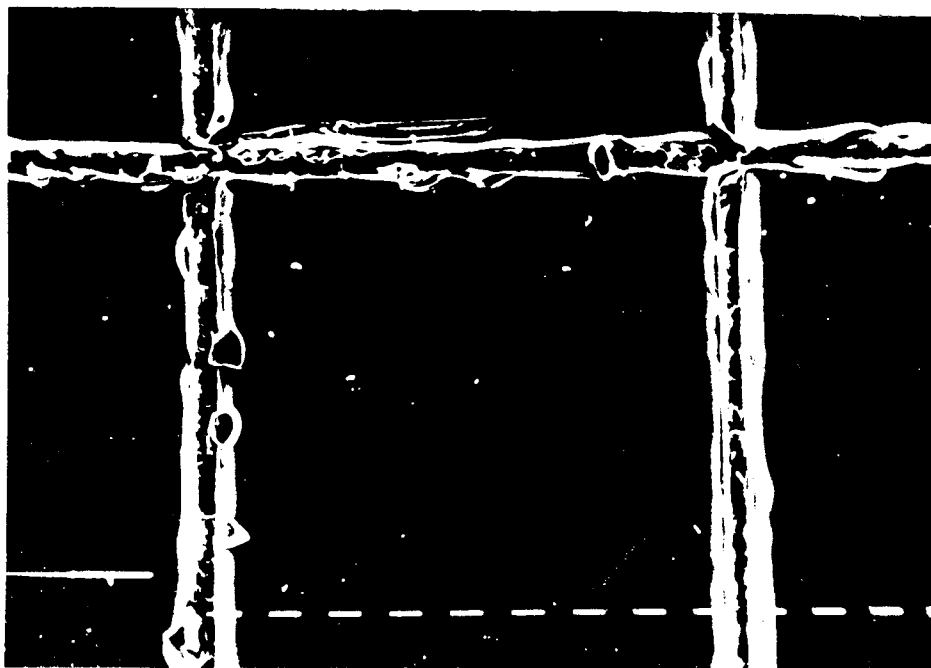
První fotografie při zvětšení 40ti násobném, slouží opět pouze pro srovnání. Na povrchu není vidět žádná rýha.

Na druhé fotografii jsou vidět rýhy dvě ve vzdálenosti 24 um. Je možné, že i tak velké nepřesnosti v dosednutí na povrch vzorku se může dopustit posuvové zařízení snímáče při opakovaných přejezdech povrchu.

Nebyly to ovšem jediné rýhy na povrchu. Je možné, že vznikly při vyřezávání vzorku o rozměrech 10x12 mm z velké zkušební destičky.

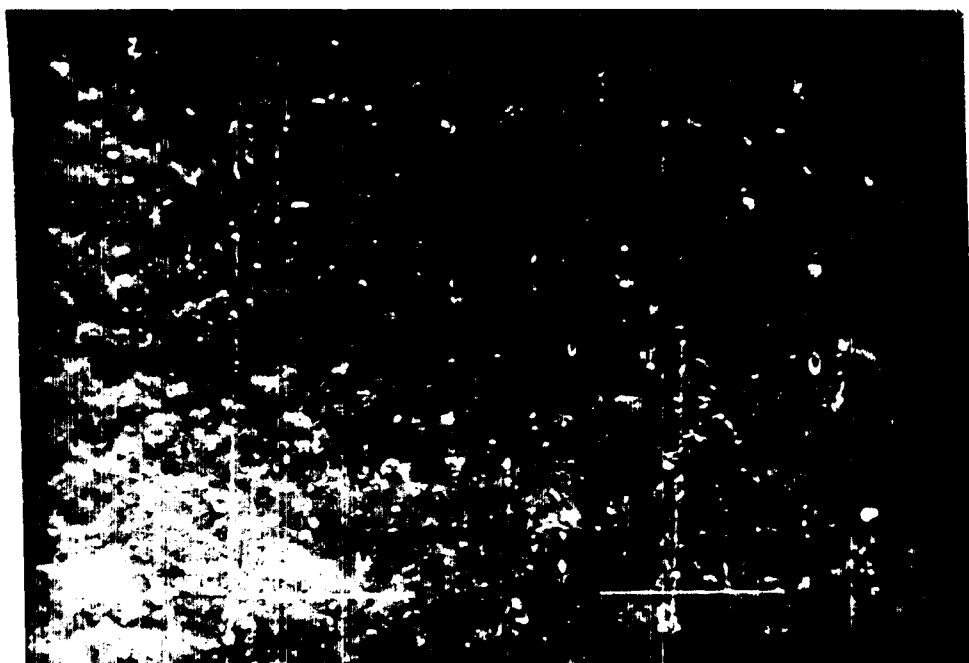
Třetí fotografie vybírá jednu z nich při zvětšení 5 000x. Jestliže rýha vznikla hrotem diamantu, jsou její rozměry tak malé, že nejsou schopné ovlivnit přesnost naměřených hodnot.

zvětšeno 40 x



100 μm

zvětšeno 2 500 x



10 μm

zvětšeno 10 000x



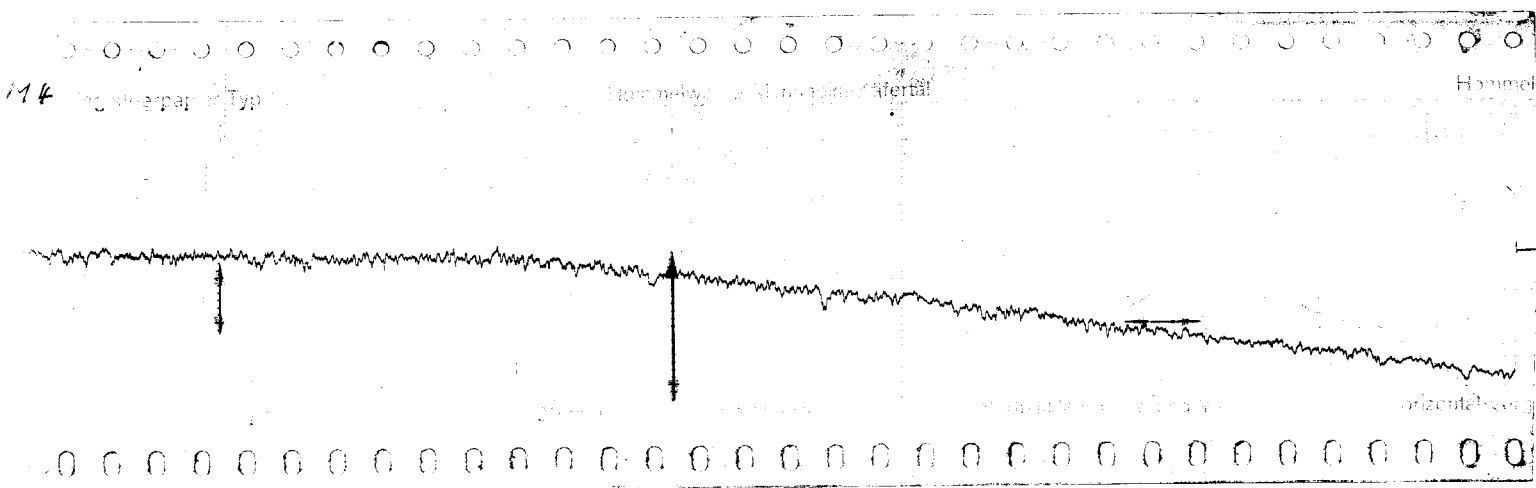
1 μm

Grafický záznam drsnosti

délka měřeného úseku $L = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení: vertikální 1 cm = 1 μm

podélné 1 cm = 300 μm



$R_a = 0,07 \mu\text{m}$

$R_{\text{max}} = 0,35 \mu\text{m}$

$W = 1,9 \mu\text{m}$

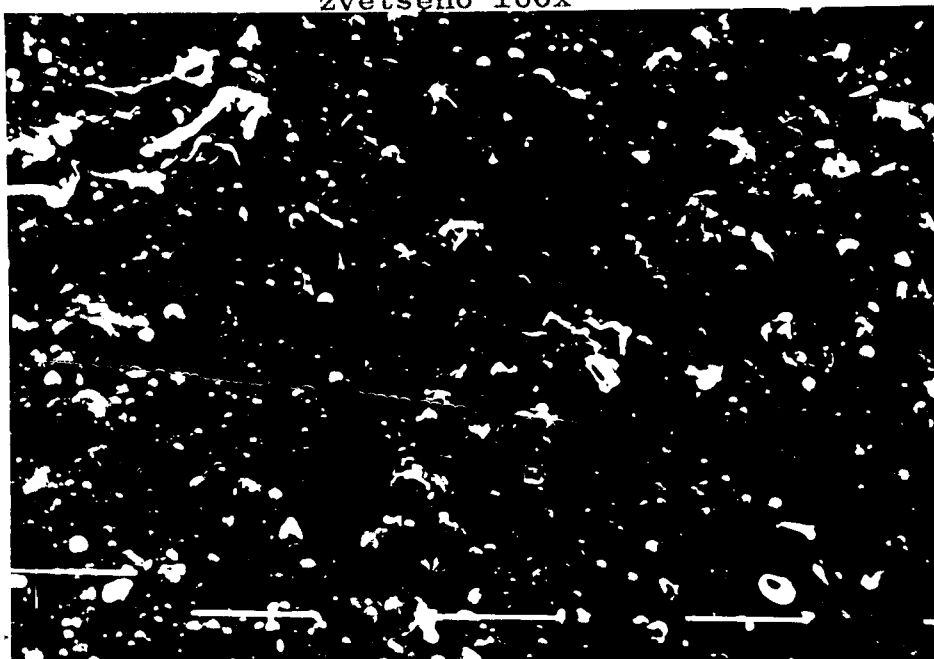
P S H - S B - - K R A S T E N 562
- - - - -
z e l e n ý

3 fotografie (160x, 640x, 1250x)

Povrchy vstřikovaných plastických hmot jsou většinou hladké. Chtěl jsem získat představu o tom, jak vypadají při velkém zvětšení povrchy, které se jeví už při vizuelním zkoušce jako drsné. K tomuto srovnání měla posloužit vytlačovaná deska. Tavenina je vytlačována plochou vytlačovací hlavou a tažena mezi válci, které ji formují do podoby desky. Nekonečný pás je stříhán tabulovými nůžkami na desky. Na povrch desky se obtiskne povrch kovového válce a určuje tak její drsnost. Je možné pozorovat rozdílnou drsnost ve směru vytlačování a napříč. Jakost povrchu je odlišná na lícové a rubové straně. Drsnost přímo ve fotografovaném místě měřena nebyla a nebyl ani zkoumán vliv přitlačné síly diamantu na plastickou deformaci povrchu. Vzorek je vyříznut z destičky, na které byly naměřeny hodnoty $R_a = 3,6 \mu\text{m}$; $R_{\text{max}} = 23 \mu\text{m}$ $R_a = 2,5 \mu\text{m}$; $R_{\text{max}} = 14,5 \mu\text{m}$.

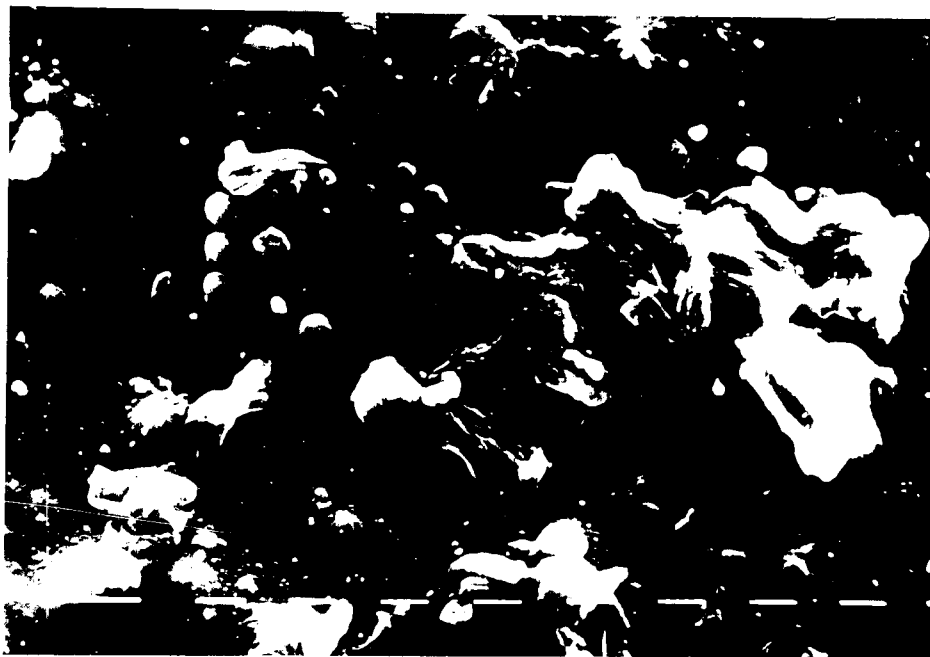
Fotografie potvrdily, že povrch plastu je značně členitý, Tato skutečnost vyplývá zvláště při porovnání s materiálem SAN Luran 378 nebo PEN Liten 27 107.

zvětšeno 160x



100 μm

zvětšeno 640x



10 μm

zvětšeno 1 250 x



10 μm

P S	K R A S T E N	5 6 2

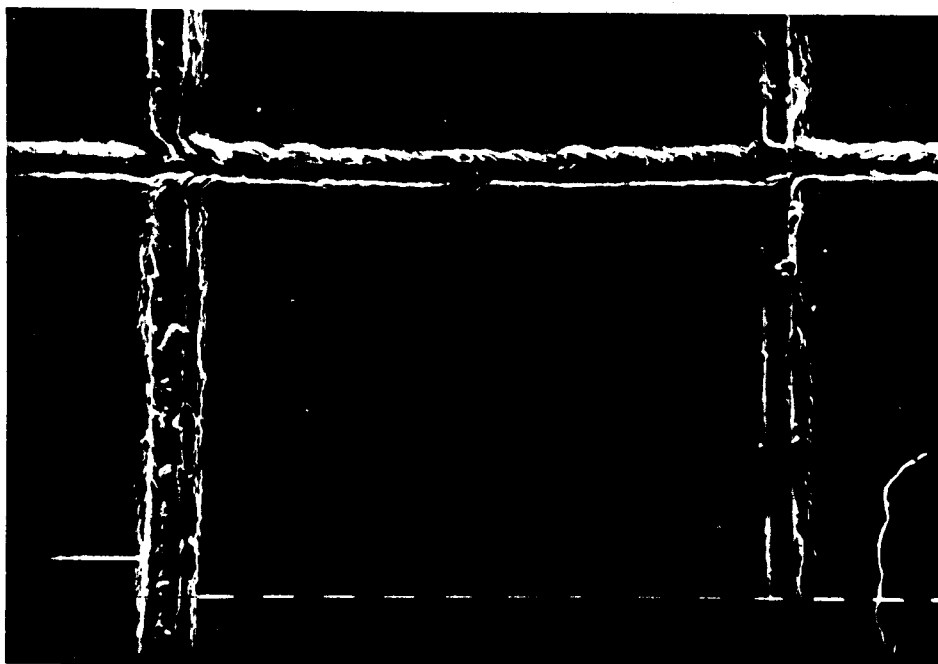
III o d r ý		6 2 5 3

3 fotografie (40 x, 320 x, 1 250 x)

1 grafický záznam

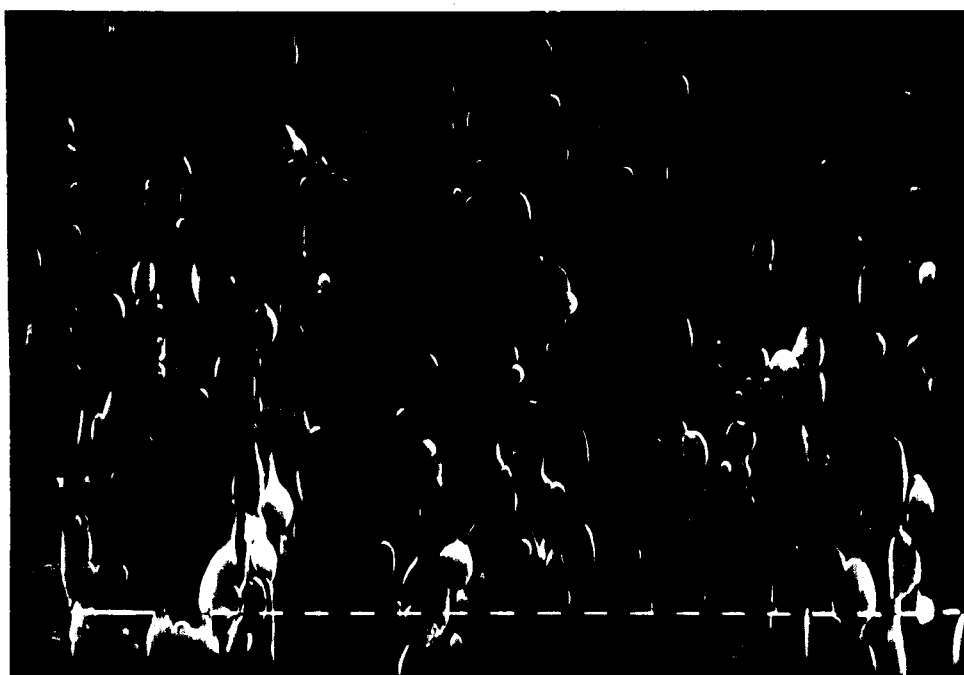
Na povrchu nebylo možno spatřit sebemenší rýhu po
hrotu diamantu při jakémkoliv zvětšení.
Fotografován pouze povrch v místě dráhy diamantu.

zvětšeno 40 x



100 μm

zvětšeno 320 x



10 μm

zvětšeno 1250 x



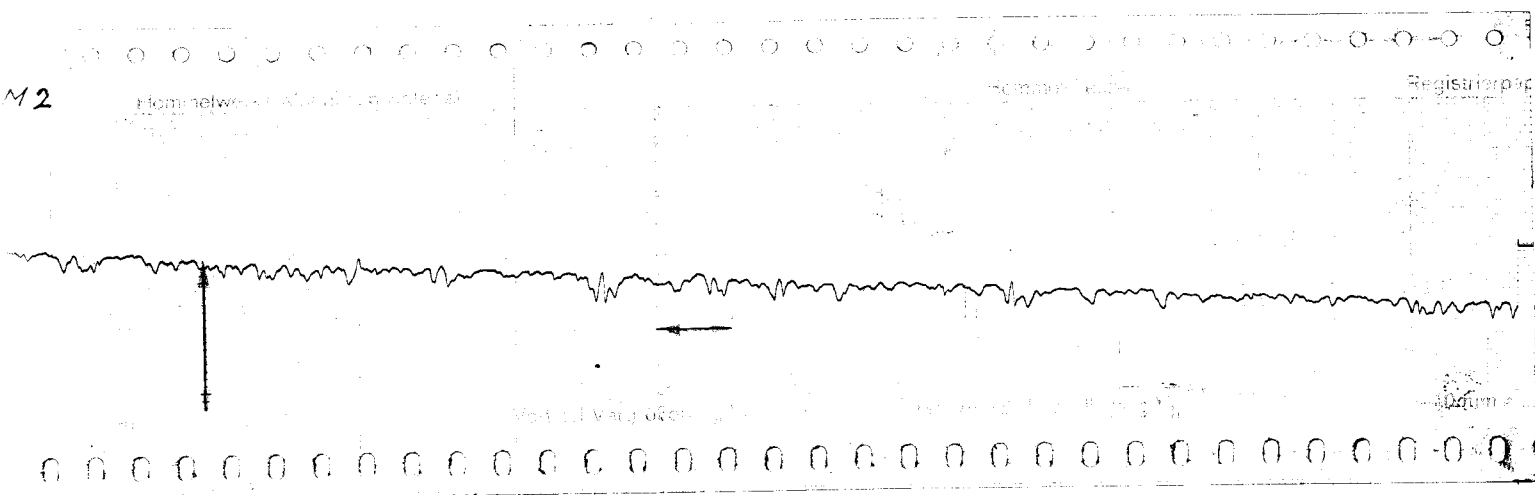
10 μm

Grafický záznam drsnosti

délka měřeného úseku $L = 6,3 \text{ mm}$

zvětšení : vertikální 1 cm = 10 μm

podélné 1 cm = 300 μm



$R_a = 0,7 \mu\text{m}$

$R_{\text{max}} = 4,3 \mu\text{m}$

$W = 12 \mu\text{m}$

A B S -

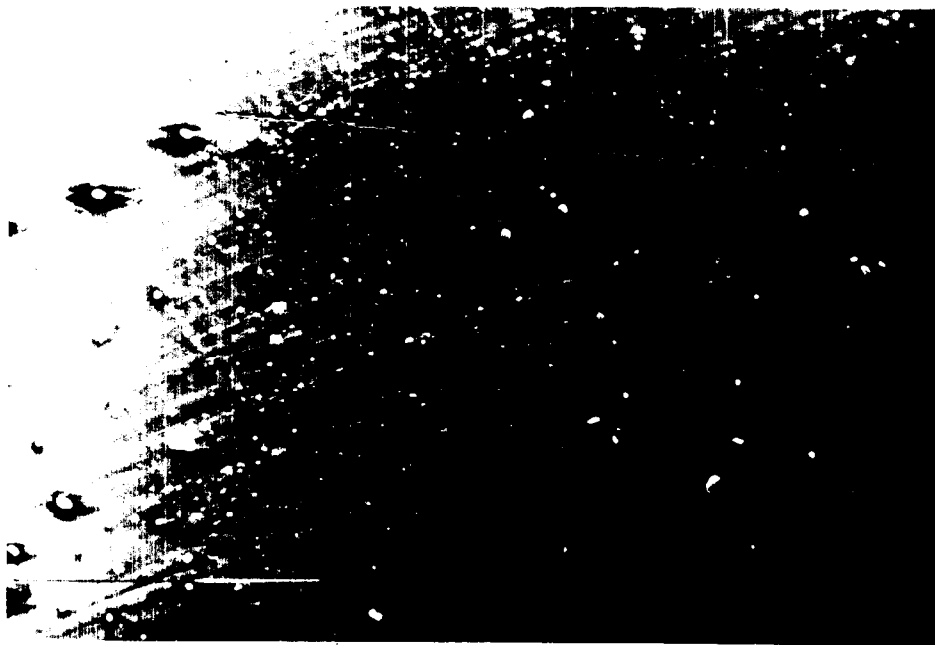
č e r n ý

2 fotografie (160x, 1 250x)

Mezi materiálem zkušebních modelových destiček nebyl tento druh materiálu zastoupen. Pro rozšíření poznatku byl zkušební vzorek k fotografování vyříznut ze vstříkované zásuvky. Povrch vzorku určeného k fotografování měl drsnost $R_a = 0,41 \text{ um}$ a $R_{\text{max}} = 3,2 \text{ um}$. Grafický záznam drsnosti pořízen nebyl.

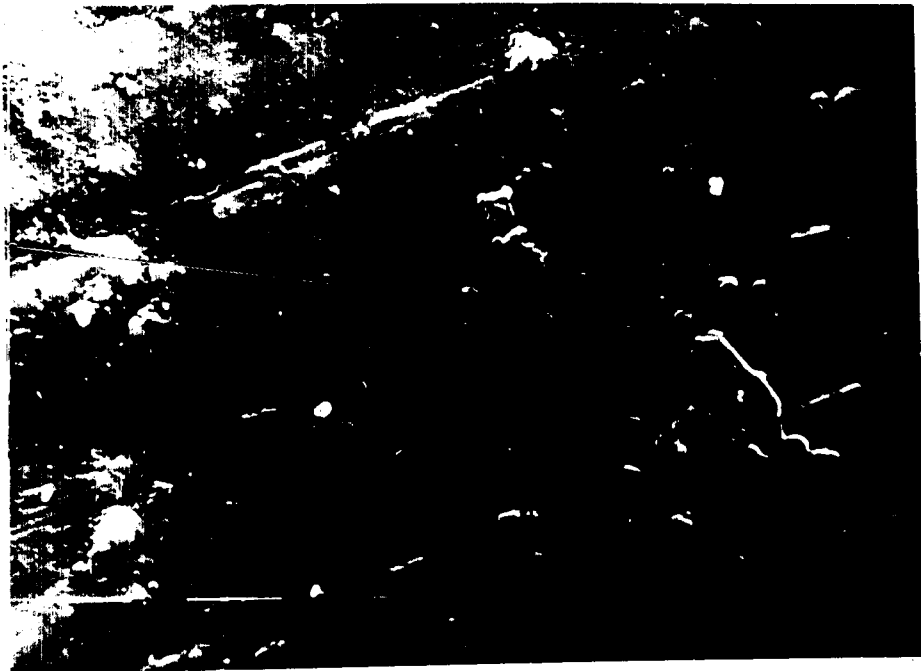
Fotografie nám názorně přibližují povrch pozorovaného vzorku. Výrobek nemá příliš jakostní povrch, to vyplývá z toho že patří mezi užitkové výrobky, u nichž vzhled není posuzován tak přísnými měřítky. Na povrchu výrobku jsou znatelně obtisknuty nerovnosti povrchu formy. Názorně je přibližuje fotografie při 160ti násobném zvětšení.

zvětšeno 160x



100 μm

zvětšeno 1250x



10 μm

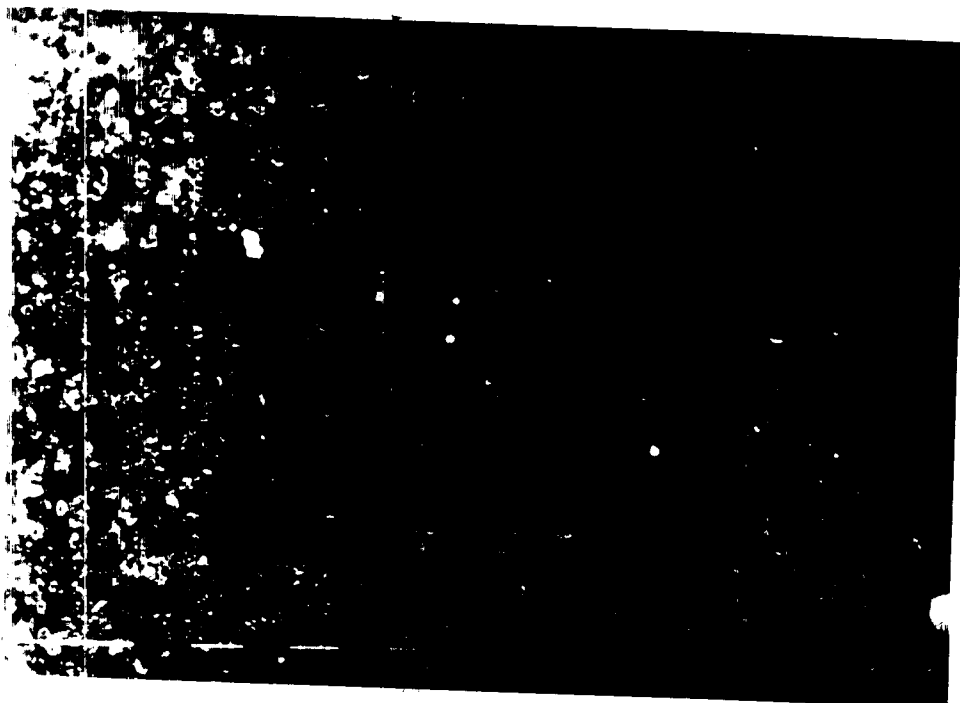
První fotografie pořízené na
elektronovém rastrovacím mikroskopu

P H I L I P S P S E M 5 0 0

ABS - Lustran QE 501 šedý

zvětšeno 640xx

Snímek povrchu



10 μm

PS - Styron 457 bílý

zvětšeno 1 250x

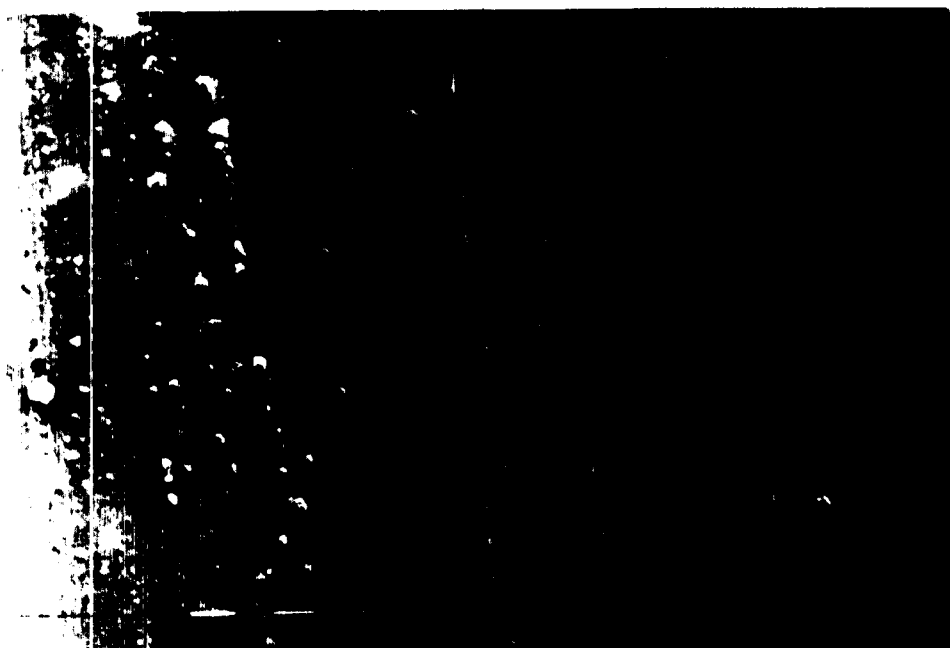
Jedná se o snímek povrchu. Nebyla zjištěna žádná rýha.



10 μm

SAN - Tyril 790 červený

zvětšeno 5 000x



1 μm

První fotografie pořízené na elektronovém rastrovacím mikroskopu PHILIPS PSEM - 500. Vztahují se k popisu na straně 67, 68. Snímky sloužily pouze k názorné představě o povrchu plastické hmoty.

PEV - Bralen RA 2 - 19 přírodní

Na povrchu nebyla zjištěna žádná rýha. Snímky nás seznamují se strukturou povrchu.

PEN - Liten 27 107 čirý

Plocha vzorku silně poškozená mechanickým poškrábáním. Z množství rýh nebylo možné zjistit, která vznikla hrotem diamantu.

U obou materiálů první fotografie seznamuje s povrchem. Druhá fotografie přibližuje pozorovaný detail ve větším měřítku.

PEV - Bralen RA 2 - 19 přírodní
zvětšeno 640x



10 μm

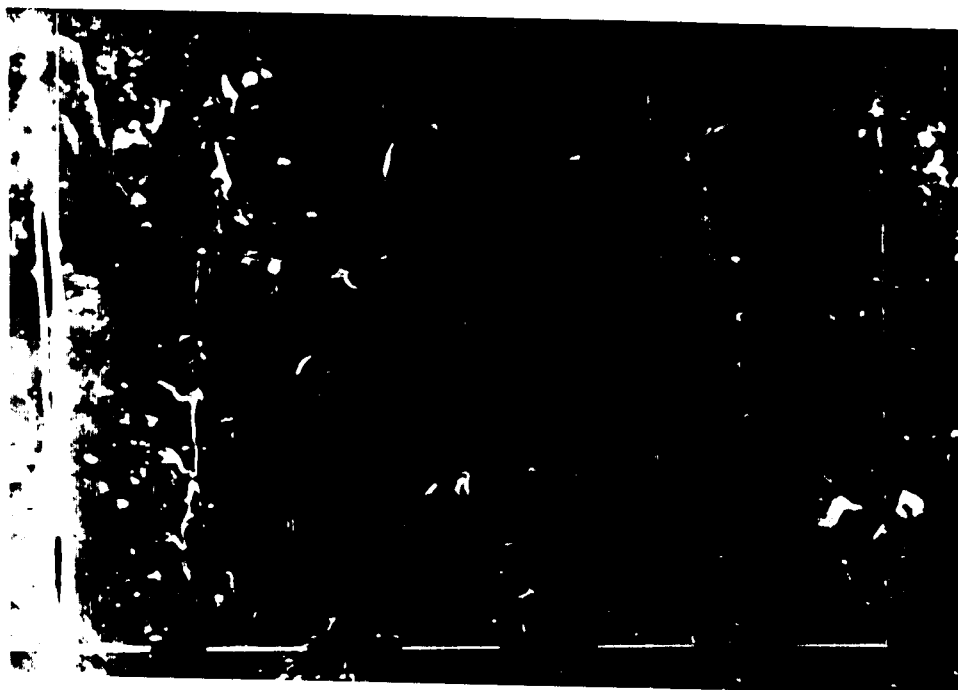
zvětšeno 2 500 x



10 μm

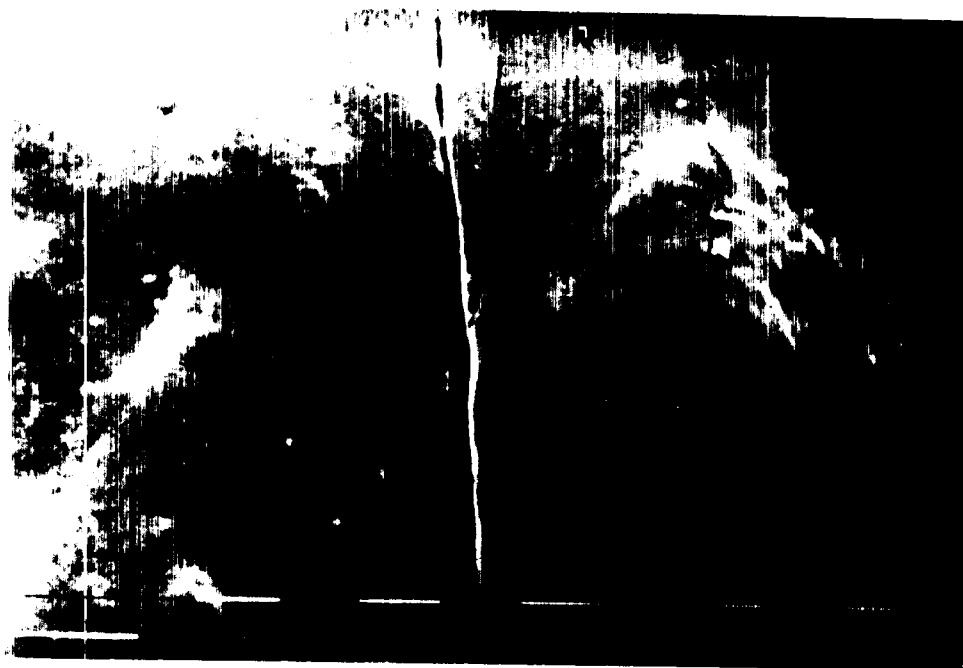
PEN - Liten 27 107 čirý

zvětšeno 1 250x



10 μm

zvětšeno 10 000x



1 μm