

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro

Ladislava J e ž k a

odbor

strojírenská technologie

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

Název tématu: Návrh technologie pro obrábění metalisovaných
vodících ploch obráběcích strojů

Pokyny pro vypracování:

- 1) Úvod do diplomního úkolu a význam zadání
- 2) Hodnocení stávajícího způsobu výroby vodících ploch a porovnání s novým návrhem
- 3) Vypracování celkové technologie obrábění šopovaných vodících ploch na zvoleném obrobku, který bude sloužit jako reprezentant. Návrh potřebných nástrojů, měřidel a přípravků
- 4) Konečné vymezení řezných podmínek pro obrábění šopovaných vodících ploch
- 5) Ověření kapacity obráběcího pracoviště a uvažovaného zařízení. Zhodnocení ekonomie provozu a návratnost investic.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 51/22, 62-III/2 ze dne 13. července 1962-Věstník MŠK VIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STBLENICE 5

S
V 73 / 1968

Rozsah grafických laboratorních prací: grafy, tabulky, výkresy, fotografie

Rozsah průvodní zprávy: cca 60 stran

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomní práce: Ing. Jan Š á l e k CSc

Konsultanti: Ing. Stanislav S m é k a l
Ing. Miroslav Č e r n ý

Datum zahájení diplomní práce: 15. prosince 1967

Datum odevzdání diplomní práce: 17. června 1968



Druský
Doc. Ing. Jaroslav D r a s k ý CSc
Vedoucí katedry

Höschl
Mimoř. prof. Ing. Cyril H ö s c h l
Děkan

v Liberci dne 13. prosince

196 7

C _ b _ s _ a _ h

I. Úvod str. 1

II. Hodnocení stávajících způsobů výroby vodících ploch a porovnání s novým návrhem str. 4

1. lití do kokil str. 4
2. kalení s ohřevem vysokofrekvenčním a středofrekvenčním str. 4
3. kalení s ohřevem plamenem str. 6
4. vsazované kalené masivní lišty str. 6
5. tenké ocelové lišty a pásy str. 7
6. obkládání umělými hmotami str. 7
7. šopování str. 9

III. Princip a vlastnosti šopování str. 10

1. přednosti šopování str. 11
2. nevýhody šopování str. 11

IV. Zkoušky a obrábění vzorku str. 13

1. zkoušky tvrdosti nastříkaných vrstev str. 15
2. broušení str. 17
3. obrábění str. 22

V. Porovnání návrhů technologie obrábění šopovaných vodících ploch str. 46

1. podhé broušení našopované vrstvy str. 48
2. hoblování a broušení str. 49
 - a/ jedním nožem tři vrstvy a broušení str. 49
 - b/ dvěma noži tři vrstvy a broušení str. 50
3. frézováním a broušením str. 53

VI. Konečné vymezení řezných podmínek a celkové technologie obrábění šopovaných vodících ploch str. 57

VII. Úvaha o možnosti využití pracoviště a zařízení str. 59

VIII. Závěr str. 60

Ú V O D

U obráběcích strojů jsou kladeny stále vyšší požadavky na jejich geometrickou i pracovní přesnost. Počáteční přesnosti vodicích ploch vedení se dosahuje vhodnou technologií obrábění a zachování této přesnosti na delší dobu se zajistí správnou volbou materiálu. Odolnost vodicích ploch proti opotřebení závisí na četných činitelích, zejména na chemickém složení a fyzikálně mechanických vlastnostech materiálu vedení a na jakosti obrobení kluzných ploch.

V současné době se stále ve větší míře požaduje, aby kluzné vodicí plochy obráběcích strojů byly tvrdé. Přínos tvrdých vodicích ploch spočívá v tom, že se méně opotřebovávají, že snižují nebezpečí zadření, a že jsou odolnější proti náhodnému poškození. Tím se prodlužuje životnost obráběcích strojů a od-
daluje nutnost jejich generálních oprav.

Kalení, nebo jiné způsoby dosažení tvrdých vodicích ploch zvětšují výrobní náklady obráběcího stroje. Z důvodu hospodárnosti je tedy nutné vyrábět tvrdé vodicí plochy takovým způsobem, který umožní dosáhnout požadovaných vlastností s nejmenším nákladem a jenom tam, kde jsou opodstatněny a kde přinesou zisk.

Volba způsobu jak lze zajistit velkou odolnost vodicích ploch proti opotřebení, závisí především na tom, je-li vedení odlito vcelku ~~složen~~, stolem atd. nebo nikoli. Jestliže vedení je odlito vcelku s ložem, je odolnost vodicích ploch proti opotřebení určována jakostí materiálu na loži, tj. litiny. Odolnost těchto vodicích ploch lze zvětšit povrchovým kalením s ohřevem vysokofrekvenčním, středofrekven-

Autorské právo se řídí směrnice MSK XVIII, část 1, odst. 13 z července 1962. Věstník MSK XVIII, část 1, odst. 13 z 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/1962 Sb.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 2.
ním nebo plamenem. Dalším způsobem, stále více se rozšiřujícím, je připevňování ocelových, cementovaných a kálených nebo tvrdě chromovaných nebo nitridovaných lišt k litinovému loži. Používá se také lepení tenkých ocelových pásů, obkládání umělými hmotami nebo různými kovovými i nekovovými slitinami. K těmto metodám se v poslední době ještě přiřazuje stříkání vodicích plech tenkou kovovou vrstvou, silnou několik desetin milimetru. Tento nejnovější způsob zvyšování tvrdosti se nazývá metalizace nebo-li šopování. Podle literárních pramenů byl tento způsob metalizace vodicích ploch obráběcích strojů vyvinut v USA. Zpočátku byl používán především při obnově opotřeбенých ploch. Při způsobu tam nazývaným "M e t c o" se začalo používat jako základní vrstvy molybdenu o tloušťce 0,05 mm na který byla nastříkána vrstva oceli silná asi 0,8 mm. Také v NDR se tato metoda uplatňuje dobře při generálních opravách soustruhů. Jako příprava před metalizací vodicích ploch se uvádí pískování a příčné rýhování. Základní vrstvou v tomto případě je molybden nebo nikl. Tloušťka našopované vrstvy dosahuje 2,5 mm. Životnost takto obnovených vodicích ploch se zvýší dva až třikrát ve srovnání s vodicími plochami litinovými nekalenými. Italská firma ZOCCO, která vyrábí brusky používá metalizace u vodicích ploch stolu. Také ona používá jako základní vrstvy molybdenu o síle 0,05mm. Vnější vrstvu tvoří pak ocel "Meteoley 2". Firma uvádí třikrát až pětikrát menší opotřebení než u vedení z litiny.		

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 3.
Je pochopitelné a nutné, že také náš průmysl obráběcích strojů musí držet krok se světovým vývojem v tomto oboru. Strojírenství je z nejvýznamnějších oborů našeho průmyslu a jeho prosperita má podstatný vliv na výsledky našeho hospodářství. Abychom obstáli v soutěži se zahraničními výrobci, je třeba, aby naše obráběcí stroje alespoň vyhovovaly světovým parametrům nebo raději se staly výrobky špičkovými. V poslední době se vytýká našim strojem, že ve srovnání se zahraničními výrobky jsou příliš hmotné, tj. těžké. Konstrukce lehčích strojů znamená úsporu materiálu, často dováženého. Mimoto je třeba, aby přitom i funkční vlastnosti obráběcích strojů, tj. například přesnost, byly ve stejné míře doprovázeny delší životaschopností, tj. malou opotřebitelností stroje. K tomu může v neposlední řadě přispět i tento novodobý způsob zabraňující rychlému opotřebování kluzných částí. Také TOS ve Varnsdorfu, jako jeden z podniků vyrábějících obráběcí stroje, hledá způsoby jak vybavit po této stránce své stroje tak, aby byly konkurenceschopné a naplňovaly starou a dobrou tradici československých obráběcích strojů.		

II.

HODNOCENÍ STÁVAJÍCÍCH ZPŮSOBŮ VÝROBY
VODICÍCH PLOCH A POROVNÁNÍ S NOVÝM NÁVRHEM

1. Lití do kokil
2. Kalení s ohřevem vysokofrekvenčním a středofrekvenčním
3. Kalení s ohřevem plamenem
4. Vsazované kalené masivní lišty
5. Tenké ocelové lišty a pásy
6. Obkládání umělými hmotami
7. Šopování

ad 1.

Je-li vedení odlito spolu s ložem lze jeho odolnost proti opotřebení zvětšit litím do kokily. Tohoto způsobu se však v posledních letech užívá málo pro jeho malou účinnost, která je způsobena pomalým odvedem tepla z odlitku.

ad 2.

Povrchové kalení s vysokofrekvenčním a středofrekvenčním ohřevem jen málo snižuje mez únavy a vrubovou houževnatost materiálu. Nezpůsobuje také při provozu obráběcího stroje deformace vyrovnáváním vnitřních pnutí, která se podstatně liší od deformací tepelně nezpracovaných litinových vedení a při tom zároveň velmi zlepšuje odolnost proti opotřebení. To jsou nesporné klady tohoto způsobu. Tímto způsobem se dosahuje nejlepších výsledků stálosti tepelného zpracování, velké a stejnoměrné tvrdosti a největší odolnosti proti opotřebení zvláště u očkované litiny. Dobře se tento způsob tepelného zpracování osvědčuje i u neočkované per-

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 5.

litické litiny. Vodicí plochy zakaleného vedení se opotřebovávají až osm krát méně než u vedení tepelně nezpracovaného.

Tento způsob povrchového kalení má nesporné výhody a dává velmi dobré výsledky, ale je poměrně nákladný. Ing. Seifert z Karl-Marx-Stadtu porovnává náklady na kalení středofrekvenčním a vysokofrekvenčním proudem a na kalení s ohřevem plamenem. Daleko nejnižší jsou náklady na zařízení kalení plamenem, které činí v přepočtu cca 75.000 Kčs, kdežto investiční náklady na kalení středofrekvenční činí 250.000 Kčs a na kalení vysokofrekvenční už 385.000 Kčs. Přitom ing. Seifert uvažoval postupné kalení kluzných ploch soustruhu.

TOS Varnsdorf vyrábí horizontální vyvrtávačky, u nichž kluzné plochy jsou podstatně větší /šíře 80-200 mm/, takže tento způsob kalení by vyžadoval agregátu s vyšším výkonem a tím by se podstatně zvýšily investiční náklady.

Kalením vznikají deformace, které lze odstranit jenom broušením. Protože se však broušením odstraní z různých částí deformovaných ploch nestejně silná vrstva materiálu, má pak obroušená plocha nestejnou tvrdost, čímž dochází k nerovnoměrnému opotřebování kluzné plochy.

Opotřebení vodicích kluzných ploch závisí v nestejné míře na řadě činitelů. V první řadě na kvalitě mazání a ochraně před vnikáním nečistot mezi vodicí plochy, pak na velikosti dráhy pohybu, měrném tlaku a na náhodném poškození kluzné dráhy, které je možné a pravděpodobné zejména na těch plochách, jež nejsou dokonale chráněny.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 6.

Kromě tohoto záleží ovšem opotřebení kluzných ploch na jakosti jejich povrchu, stupni tvrdosti a stejnoměrné tvrdosti povrchu, jak bylo již dříve zmíněno.

ad 3.

Dalším, dosti rozšířeným způsobem, jak zvýšit odolnost proti opotřebení litinových vedení je povrchové kalení s ohřevem kyslíko-acetylenovým nebo kyslíko-svítiplynovým plamenem. Kalitelnost vodících ploch vedení závisí na chemickém složení litiny a na způsobu lití a tloušťce vedení. Litina musí mít perlitickou strukturu. Při kalení s ohřevem plamenem se tvrdost povrchové vrstvy na vedení zvětší ze 180-220 HB na 450-600 HB. Zároveň se značně zlepší i odolnost povrchu proti opotřebení. Deformace vodících ploch při kalení s ohřevem plamene závisí na tvaru a průřezu odlitku a není větší než 0,3-0,5 mm na 3 m lože. Vodící plochy zakalené po ohřevu plamenem se opotřebovávají pět krát pomaleji než u nezakaleného vedení. Používá se také způsobu, kdy se vodící plochy kalí po ohřevu odhodem tepla do spodních vrstev materiálu. Předností těchto způsobů je také to, že k nim postačí jednoduché a laciné strojní zařízení.

ad 4.

Stále více se rozšiřujícím způsobem je připevňování ocelových lišt k litinovému loži. Lože lze pak vyrábět z méně jakostního a tedy i levnějšího materiálu, než kterého by bylo třeba při výrobě vedení vcelku s ložem. Účelem této konstrukce je zlepšit trvanlivost vodících ploch vedení na loži. Praxe ukazuje, že odolnost ocelových kalených lišt je

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 7.

5-10 krát větší než u obyčejných litinových vedení. Jako materiálu na ocelové lišty se používá jak uhlíkových tak i legovaných ocelí. Cena legovaných ocelí je vysoká a tím se podstatně prodražuje i výrobek. Vodicí lišty lze také nitríkovat. Je to však způsob ještě tři krát dražší než použití lišt z běžných uhlíkových ocelí. Velkou předností tohoto způsobu je možnost pouhé výměny lišt, takže lože zůstává beze změny tvarů a rozměrů. Částečnou nevýhodou tohoto způsobu je jednak nutnost konstrukčních úprav strojů, jednak možnost porušení olejového filmu mezi spárami sousedních lišt.

ad 5.

V zahraničí se používá pro obkládání vodicích ploch tenkých ocelových pásů, které se buď lepí nebo pouze napínají. Tato úprava vodicích ploch lze použít jen tam, kde není nebezpečí poškození úderem.

ad 6.

U těžkých obráběcích strojů se krátké vodicí plochy obkládají vrstvou umělé hmoty. Velkou předností tohoto řešení je velmi malé opotřebení vodicí plochy sdružené části stroje. Při poruše mazání může umělá hmota s litinou pracovat poměrně dlouho bez zadírávání. Používají se umatex a umakart. Výhodou je také menší součinitel tření.

Hlavním nedostatkem umělých hmot, jako materiálu pro vodicí plochy obráběcích strojů, je jejich sklon k bobtnání, když do sebe vsakují olej. Další nepříjemnou vlastností takto vyrobených ploch je jejich malá tepelná vodivost, která se pohybuje okolo hodnot 100-150 krát menších než u litiny. Při suchém tření se také může stát, že se umělá hmota

VŠST Liberec				Katedra K00	
Fakulta	strojní			DP	ST - 621/68 8
DRUH TVRDÉ VODÍCÍ PLOCHY	POZNÁMKY	POŽADOVANÁ TVRDOST HRC	ODOLNOST PROTI OPOTŘEBENÍ JE PROTI NEKALENÉ LITINĚ VĚTŠÍ 0 %	ZVÝŠENÍ VÝROBNÍCH NÁKLADŮ 1 VEDENÍ PROTI NEKALENÉ LITINĚ K	POUŽITELNOST OMEZENÁ DÉLKOU PŘÍPADNĚ TVAREM SOUČÁSTI
LITINA	PLAMENEM	48+53	90 %	300,- AŽ 900	VYŽADUJE PŘESNĚ OPRAGOVAT O 2 PLOCHY VÍCE SILNĚ OMEZENÁ DÉLKA 1 KUSU OMEZENÁ DÉLKA 1 KUSU
SOUČÁSTI	INDUKČNĚ STŘED FREKVENCÍ			600,- AŽ 1200	
KALENÁ	INDUKČNĚ VYSOKOU FREKVENCÍ			750,- AŽ 1500	
KALENÁ	MASVNÍ PŘÍŠROUBOVANÁ	60	110 %	900,- AŽ 2100	
OCELOVÁ	MASVNÍ PŘÍLEPENÁ			600,- AŽ 1500	
LÍŠTA	PLOCHÁ TLOUŠŤKA, 4 mm PŘÍLEPENÁ			ODHADEM 300,- AŽ 600	

TABULKA č.1

ohřeje na teplotu 120-130 stupňů při níž křehne.

Vhodnost jednotlivých druhů úprav povrchu vodících ploch vzhledem k opotřebení /v porovnání s nekalenou litinou/ a zvýšení výrobních nákladů z toho plynoucích, ukazuje tabulka č.1 na straně 8.

ad 7.

Nadějným a perspektivním způsobem úpravy kluzných vodících ploch se zdá být nastříkávání kovových vrstev na litinové lože - šopování, které je vlastním tematem této práce.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 10.

III.

PRINCIP A VLASTNOSTI ŠOPOVÁNÍ

Metalizace je způsob pokrývání jednoho kovu vrstvou jiného kovu. Roztavený kov je rozprašován tlakem vzduchu a nastříkovan na povrch základního tělesa. Povrch je předem upravován hrubováním nebo závitováním či pískováním a v každém případě odmaštěn před nastříkáváním. Někdy je na základní kov nastříkována tenká vrstva /až 0,15 mm/ molybdenu nebo niklu, které zlepšují spojení krycí vrstvy se základním materiálem. Tloušťka krycí šopované vrstvy se pohybuje v rozmezí od několika desetin milimetru do několika milimetrů. K vytvoření krycí vrstvy se podle účelu použije oceli, barevných kovů nebo i umělých hmot. Krycí vrstva je pórovitá, lpící k základnímu materiálu nebo k základní vrstvě a pronikne do všech pórů a nerovností základního materiálu. Nastříkané částice jsou vzájemně vázány mechanickým prolnutím, kyslíčnickovým stmelením /platí především u nástřiku ocelí, v mnohem menší míře u barevných kovů a nepřichází v úvahu u umělých hmot/ a někdy i difuzí.

Pevnost krycí vrstvy oceli s 0,8 % C v tahu je maximálně 15 - 20 kp/cm² a pevnost v tlaku je o 40 - 70 % vyšší. Obě závisí na způsobu nástřiku, to znamená byl-li nástřík proveden pistolí plynovou či obloukovou a na vzdálenosti trysky pistole od nastříkovaného povrchu. Nastříkaný povlak má dvě základní vlastnosti odlišné od kovu, ze kterého vznikl: tvrdost a pórovitost. Tvrdost jednotlivých částic je o 40 % větší než tvrdost základního materiálu, ze kterého šopovaná vrstva vznikla. Zvýšená tvrdost je způsobena tím, že dopadající kapičky

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 11
roztaveného kovu se stykem s nastříkovanou plochou prudce ochladí a tím zakalí. Tvrdost nastříkané vrstvy se pohybuje okolo 50 % tvrdosti materiálu, ze kterého šopovaná vrstva vznikla. Nastříkaná vrstva není totiž zcela kompaktní. Je vytvořena jemnými kapénkami roztaveného kovu, které se při dopadu zplošťují. Má proto šupinovitou strukturu, je pórézní a její tloušťka není všude stejná. Z téhož důvodu i hodnoty tvrdosti naměřené v různých bodech nejsou stejné. <u>Přednosti šopování:</u> 1. Nastříkovaný kov nemá tak vysokou teplotu aby mohl poškodit základní materiál. 2. Pokrytí základního materiálu je rychlé. 3. Nízké pořizovací náklady. Kromě stříkací pistole není celkem zapotřebí jiných nákladných technických zařízení. 4. Šopovaná vrstva má často lepší kluzné vlastnosti než základní kov. 5. Velká nasáklivost krycí vrstvy olejem způsobená její porézností. 6. Do póru nastříkané kovové vrstvy se pohybem kluzných částí vtěsnávají částičky uvolněné vzájemným třením kluzných ploch a nemohou pak zvyšovat opotřebení těchto ploch. <u>Nevýhody šopování:</u> 1. Nízké hodnoty pevnosti v tahu krycí vrstvy. 2. Je bezpodmínečně nutné dodržet minimální tloušťku nastříkané vrstvy, jinak by neměla předpokládané		

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 12.
a pro další pracovní operace nutné vlastnosti. 3. Někdy obtížná úprava povrchu. 4. Nevýhodou může být někdy /především při šopování úzkých ploch/ i značný rozstřík tj. ztráta poměrně drahého materiálu, který může činit až 80 % použitého množství. 5. Pnutí v našopované vrstvě, které může vést až k jejímu prasknutí.		

VŠST Liberec		Katedra	K00
Fakulta	strojní	DP	ST - 621/68 13

IV.

ZKOUŠKY A OBRÁBĚNÍ VZORKŮ

1. Zkoušky tvrdosti nastříkaných vrstev
2. Broušení
3. Obrázení

K řešení vlastního pracovního úkolu musely být prováděny některé dílčí zkoušky a měření. K tomu účelu dodala nám TOS ve Varnsdorfu, pro kterou je tento úkol řešen, dva vzorky určené pro naši práci. Jde o ploché zkušební vzorky ze šedé litiny o tvrdosti kolem 180 HB rozměrů 33 x 117 x 700 mm.

U zkušebních vzorků byly zkoušeny jako vazací vrstvy nástřiky molybdenem pistolí ADI a hliníkem pistolí Summet. Nástřik těchto vrstev byl prováděn ručně a proto tloušťka vrstev kolísala v rozmezí 0,05 - 0,15 mm. Větší tloušťky byly převážně u hliníku. Na tyto vrstvy byly po jejich proměření stříkány ihned krycí vrstvy z uhlíkové oceli s 0,8 % C. Tloušťky těchto krycích vrstev se pohybovaly od 0,7 - 1,2 mm.

Vazací vrstva hliníku byla zkoušena proto, že někteří pracovníci z výzkumu a vývoje doporučovali jeho použití jako náhradu za molybden.

Poněvadž oba vzorky měly velké rozměry, byly kvůli snazší manipulaci a upínání rozděleny vždy na dvě stejné části.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta	strojní	
		DP ST - 621/68 14.

VZOREK Č.2 ZÁKLADNÍ VRSTVA MOLYBDEN		
ČÁST I	PŘED BROUŠENÍM	
	Hrc	10, 33, 36, 40, 30,
ČÁST II	PŘED BROUŠENÍM	
	Hrc	53,5, 42,5, 49,5, 33, 35,
	PO BROUŠENÍ	
	Hrc	13, 14,5, 10, 20, 14,
	HRB	80, 80, 81, 80, 74, 81,

VZOREK Č.5 ZÁKLADNÍ VRSTVA HLINÍK		
ČÁST I	PŘED BROUŠENÍM	
	Hrc	0, 0, 16, 11,5, 0, 0,
ČÁST II	PŘED BROUŠENÍM	
	Hrc	8,5, 31, 0, 11,5, 10,
	PO BROUŠENÍ	
	Hrc	0, 0, 0, 0, 0,
	HRB	64, 65, 65,5, 58, 60,

Tabulka č. 2 - Měření tvrdosti

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 15.
1. <u>Zkoušky tvrdosti nastříkaných vrstev</u> Měření tvrdosti bylo prováděno před broušením i po broušení na vzorku se základní vrstvou hliníku i na druhém se základní vrstvou molybdenu. Před broušením byla tvrdost měřena metodou podle Rockwella diamantovým kuželem. Této metody bylo použito, protože jsme předpokládali, že hodnoty, které naměříme budou alespoň zhruba odpovídat hodnotám obvyklým u ocelí s obsahem 0,8 % C naměřených touto metodou. Hodnoty, které jsme skutečně dostali jsou uvedeny v tabulce č. 2. Naměřené hodnoty, jsou velmi nerovnoměrné a nízké, v některých bodech dokonce nulové - to u vzorků se základní vrstvou hliníku. Naměřené nulových hodnot si vysvětlujeme tak, že k vnikání diamantu došlo ve větším průřezu mezi sousedními zrny šopované vrstvy. Ostatní nižší než obvyklé hodnoty tvrdosti ocelí v nastříkané vrstvě si vysvětlujeme tím, že při zkouškách došlo k prolomení krycí vrstvy. K tomuto závěru jsme dospěli proto, že v těchto případech došlo vždy k náhlému zrychlení pohybu ručičky měřicího přístroje. U neopracovaných vzorků se základní vrstvou molybdenu nebyla v žádném případě, jak je z tabulky patrné, naměřena nulová hodnota. U vzorků obroběných broušením se základní vrstvou molybdenu byly Rockwellovou metodou naměřeny hodnoty v průměru nižší než před obrobením, ale nikoli nulové. U broušených vzorků se základní vrstvou hliníku byly toutéž metodou naměřeny hodnoty vesměs nulové.		

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 16.

Proto jsme na těchto vzorcích provedli ještě také měření tvrdosti metodou Brinelovou. Bylo použito kuličky o $\phi 1/16''$ a zatěžující síly 100 kp. U obou vzorků jsme dostali hodnoty tvrdosti rovnoměrnější, ale nižší než by odpovídaly homogennímu materiálu.

U vzorku se základní vrstvou hliníku byly hodnoty tvrdosti nerovnoměrnější i nižší než u vzorku s mezivrstvou molybdenu. U vzorku s hliníkem se objevovaly na broušené ploše i odprýsknutá místa kolem vtisku po měření tvrdosti podle Rockwella. Nelze ovšem opomínat rozdílné tloušťky vrstev na vzorku s hliníkem a molybdenem. Na vzorku s hliníkem je našopovaná vrstva silná 0,33 - 0,45 mm a hliníková vrstva 0,10 - 0,15 mm. U vzorku s molybdenem je tloušťka našopované vrstvy 0,33 - 0,55 mm. při tloušťce mezivrstvy 0,06 - 0,11 mm. Z uvedeného vyplývá, že u vzorku s molybdenem je tloušťka našopované vrstvy v průměru větší, kdežto tloušťka mezivrstvy menší, což má také vliv na tvrdost měřené vrstvy. U vzorku s hliníkem je menší tvrdost našopované vrstvy spojena se silnějším a několikanásobně měkčím podkladem než v případě mezivrstvy molybdenové.

Z tabulky vyplývá, že hodnoty získané těmito způsoby měření tvrdosti ani zdaleka neodpovídají hodnotám téhož materiálu v homogenním stavu, ze kterého je našopovaná vrstva. Směrodatné by bylo měření tvrdosti jednotlivých zrn vrstvy mikrotvrdoměrem na vzorcích nastříkaných současně s plochami, jejichž tvrdost bychom chtěli znát. Ale i tak nám tabulka dává určitý obraz o poměru tvrdostí mezi vzorkem se základní vrstvou hliníku a molybdenem.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 17.
Vzorek s molybdenem se projevuje tvrdší a tedy i vhodnější pro daný způsob výroby tvrdých vodičích ploch. 2. <u>Broušení</u> První⁷ způsob, který jsme zvolili pro opracování našopované vrstvy, bylo broušení. Broušení se provádělo na brusce polské výroby SPC 20, kotoučem 250 x 20 x 76 A 96 60L 8V obvodem. Tato bruska má neměnný počet otáček 3.000/min. Při broušení byly sledovány dva různé cíle: posoudit vhodnost kotouče v daných podmínkách pro našopovanou vrstvu oceli s 0,8 % C a zjistit tloušťku zbylé našopované vrstvy. Z počátečního prohnutí 0,04 mm u vzorku se základní vrstvou hliníku a 0,03 mm u vzorku se základní vrstvou molybdenu vzniklo působením ohřevu při metalizaci a pnutí v našopované vrstvě prohnutí 0,20 mm u vzorku se základní vrstvou hliníku a prohnutí 0,06 - 0,07 mm u vzorku s molybdenem. K těmto prohnutím se ještě připojila nestejnost nástřiku ocelové krycí vrstvy. U vzorku se základní vrstvou molybdenu činil maximální rozdíl tlouštěk 0,55 mm kdežto před metalizací pouze 0,04 mm. U vzorku s hliníkovou vrstvou byl rozdíl dokonce 0,59 mm i když metalizací byl rozdíl jen 0,03 mm. Před broušením byly oba původní vzorky rozděleny na dvě stejné části o rozměrech 350 x 117 x 33 mm, jak bylo již dříve uvedeno. Protože vzorky byly mírně zborcené, tj. ložná plocha nebyla rovinná, musela být tedy nejprve zbroušena do roviny. Co nejdokonalejší rovinnost ložné plochy je pod-		

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 18.
mínkou pevného uchycení na stole brusky, která má elektromagnetické upínání. Po srovnání ložné plochy bylo započato s vlastním broušením našopované vrstvy. Ocelová vrstva byla odebírána po vrstvičkách silných 0,02 mm. Přísuv stolu brusky byl v každé úvratí 3 mm, rychlost stolu byla 6 m/min. Velikost obvodové rychlosti kotouče byla vypočtena ze vztahu: $v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad \left[\frac{m}{sec} \right]$ $d \left[mm \right] \quad n \left[\frac{ot}{min} \right]$ $d=240 \quad n=3000 \quad \left[\frac{ot}{min} \right]$ PO DOSAZENÍ: $v = \frac{240 \cdot 3000}{60 \cdot 1000} = 37 \left[\frac{m}{sec} \right]$ Kotouč brusky, na které bylo pracováno, měl průměr 240 mm oproti původním 250 mm. Diference vznikla opotřebováním kotouče při dřívějším používání brusky. Vzorky se při broušení mírně hřály, a proto bylo použito chlazení emulzí. Při práci se ukázalo, že kotouč je příliš tvrdý. Z tohoto důvodu musel být často osován. Lépe by vyhovoval pro dané podmínky kotouč 250 x 20 x 76 A96 60J 8V nebo kotouč A96 46I 8V stejných rozměrů. Tloušťka zbylé šopované vrstvy po obroušení je ovlivněna několika činiteli. Nerovnoměrností povrchu vzorku před metalizací a deformací po metalizaci. Tloušťka metalizované vrstvy po zbroušení do roviny		

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 19

se pohybuje mezi 0,25 - 0,68 mm na podkladu molybdenu a 0,14 - 0,57 mm při základní vrstvě hliníkové. Tloušťka odbroušené ocelové vrstvy byla při hliníkovém základu 0,31 - 0,45 mm a u vzorku se základní vrstvou molybdenu byla 0,33 - 0,55 mm.

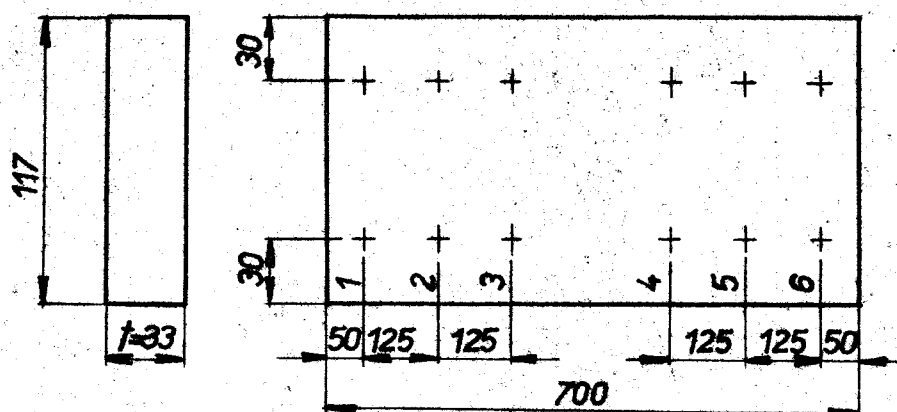
Tloušťky obou měřených vzorků v jednotlivých bodech před metalizací, se základní vrstvou, s krycí vrstvou oceli a pak po obroušení jak ložné plochy tak i našopované vrstvy jsou uvedeny v tabulkách č. 3 a 4.

Rozdíly v tloušťkách zbylé našopované vrstvy jsou opravdu velké. U vzorků se základní vrstvou molybdenu byla tloušťka zbylé ocelové vrstvy pouze 0,25 mm a na hliníkové základní vrstvě v jednom bodě měření dokonce jen 0,14 mm. Vezmeme-li v úvahu, že zkušební broušení bylo prováděno na vzorcích dlouhých pouze 350 mm a širokých 117 mm, bude u loží větších rozměrů pravděpodobně deformace větší a tloušťka nástřiku nerovnoměrnější. Z těchto důvodů bude muset být našopovaná vrstva silnější, předpokládáme-li, že našopovaná vrstva by měla mít po konečném vybroušení tloušťku 0,6 - 0,8 mm. Pak by bylo potřebné, aby před opracováním měla tloušťku 1,8 - 2 mm. Při tak malých konečných tloušťkách jak jsou uvedeny v tabulkách č. 3 a 4 /0,14 a 0,25 mm/ by bylo pravděpodobné snadné mechanické poškození kluzných ploch na ložích.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 20.

VZOREK Č.	ZÁKL. VRSTVA	KRYCÍ VRSTVA	POVRCH	PRIMOST	
				PŘED	PO
2	MOLYBDEN	0,8 C	TRYSKÁN	0,03	0,07

MĚŘENÉ MÍSTO		T LOUŠŤKA OBROBKU					KONEČNÁ TLOUŠŤKA ŠOPOVANÉ VRSTVY
		PŘED METALI - ZACÍ	SE ZÁKLADNÍ VRSTVOU	S KRYCÍ VRSTVOU	PO OPRAC LOŽNÉ PLOCHY	PO OPRAC ŠOPOVANÉ VRSTVY	
1	A	33,00	33,10	33,90	33,75	33,20	0,25
	C	32,98	33,09	34,00	33,65	33,20	0,46
2	A	33,00	33,08	33,90	33,57	33,20	0,45
	C	32,98	33,07	33,97	33,53	33,20	0,57
3	A	33,02	33,11	33,95	33,67	33,20	0,37
	C	32,99	33,08	34,20	33,63	33,19	0,68
4	A	33,00	33,08	34,10	—	—	—
	C	32,98	33,07	34,40	—	—	—
5	A	33,01	33,08	33,85	—	—	—
	C	33,00	33,06	34,04	—	—	—
6	A	33,00	33,08	33,90	—	—	—
	C	32,99	33,05	33,97	—	—	—

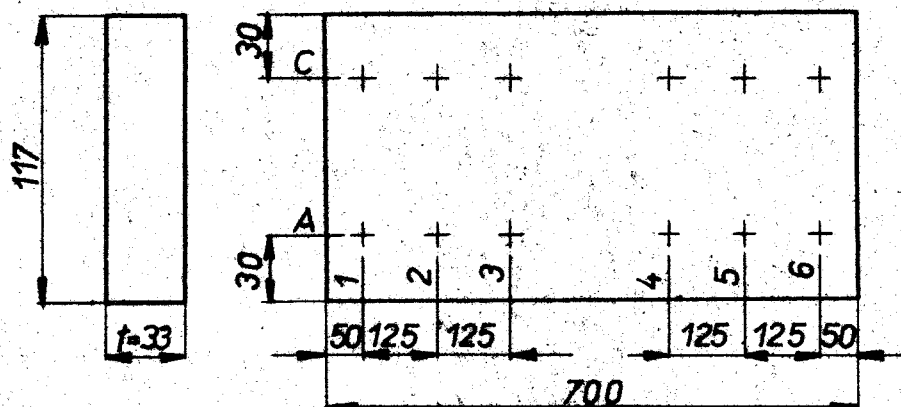


Tabulka č. 3 - Měření tloušťky obrobku

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 21.

VZOREK Č.	ZÁKL.VRSTVA	KRYCÍ VRSTVA	POVRCH	PRÍMOST	
				PŘED	PO
5	HLINÍK	0,8 C	TRYSKÁN	0,04	0,20

MĚŘENÉ MÍSTO		TLOUŠŤKA OBROBKU					KONEČNÁ TLOUŠŤKA Š.VRSTVY
		PŘED METALIZACÍ	SE ZÁKLADNÍ VRSTVOU	S KRYCÍ VRSTVOU	PO OPRAC. LOŽNÉ PLOCHY	PO OPRAC. ŠOPOVANÉ VRSTVY	
1	A	33	33,25	34,22	—	—	—
	C	33	33,15	34,00	—	—	—
2	A	33,00	33,10	33,72	—	—	—
	C	33,00	33,10	33,70	—	—	—
3	A	32,99	33,13	33,72	—	—	—
	C	33,00	33,10	33,65	—	—	—
4	A	33,00	33,15	33,75	33,46	33,01	0,15
	C	33,00	33,10	33,63	33,40	33,01	0,14
5	A	33,00	33,15	33,78	33,43	33,02	0,22
	C	33,01	33,15	33,73	33,41	33,03	0,20
6	A	32,98	33,08	34,00	33,37	33,02	0,57
	C	33,00	33,12	33,83	33,33	33,02	0,40



Tabulka č. 4 - Měření tloušťky obrobku

VŠST Liberec		Katedra	KOO
Fakulta	strojní	DP	ST - 621/68 22.

3. Obrázení

Broušení se zdá být pomalým způsobem opracování vodicích ploch. Je nutné hledat způsoby jež by byly rychlejší a přitom ekonomičtější. Jednou z těchto možností se zdá být také obrázení.

Zkoušky obrázení nám dodaných vzorků z TOSu Varnsdorf byly prováděny na obrážecce HM 45 nožem s průřezem tělesa 20 x 20 mm s plátkem ze slinutého karbidu S2. Změřené úhly hlavního ostří nože měly tyto velikosti:

úhel čela $\gamma = 7^\circ$

úhel hřbetu $\alpha = 8^\circ$

úhel břitu $\beta = 75^\circ$

úhel špičky nože $C = 80^\circ$

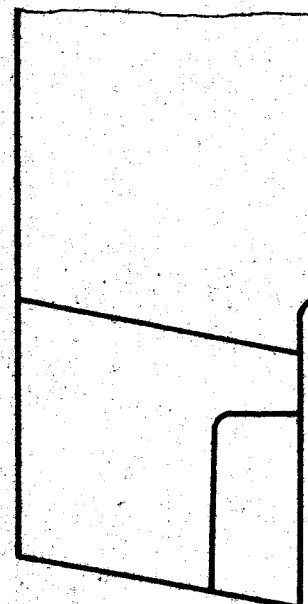
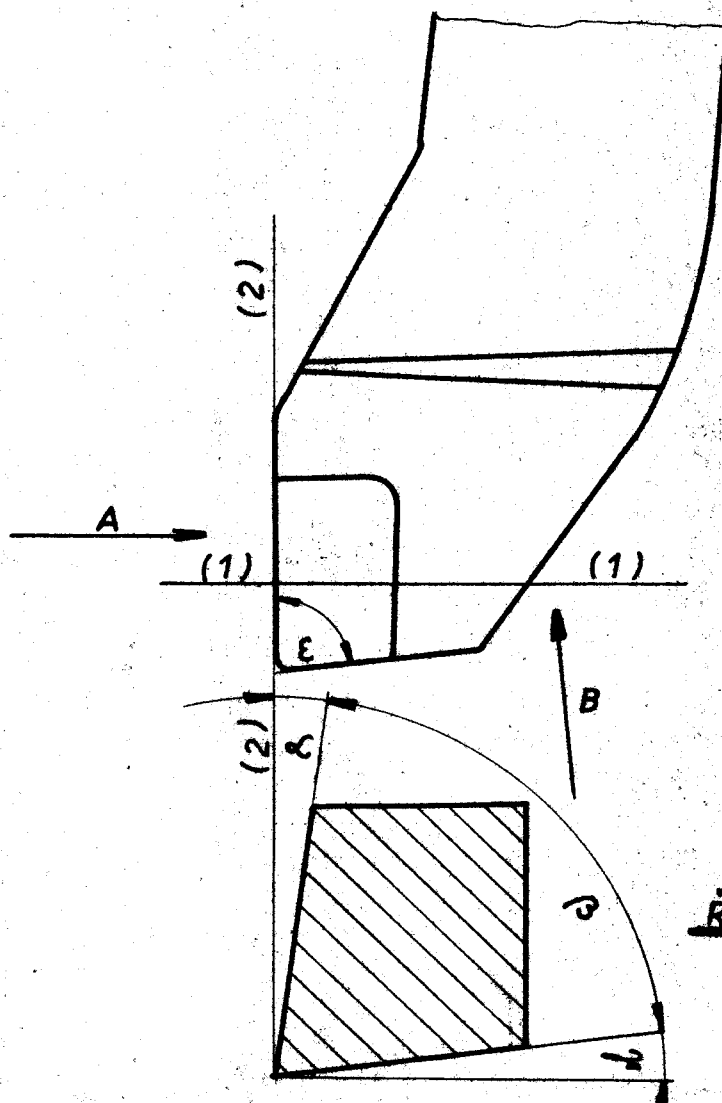
poloměr zaoblení špičky nože $R=1$

Výkres použitého nože je na obrázku č.1 a jeho nastavení při obrázení na obrázku č.2. Obrázení bylo prováděno počtem 16ti dvojdvihů za minutu, tj. nejmenším počtem dvojdvihů na použitém stroji dosažitelným. Zamýšleli jsme provádět zkoušky pro řezné rychlosti 10, 20 a případně 25 m/min. Předpokládali jsme, že počet šestnácti dvojdvihů za minutu při řezné délce našeho obrobku 350 mm bude dávat řeznou rychlost přibližně 10 m/min.

Zkoušky pro řezné rychlosti 20 a 25 m/min nebyly však už provedeny, protože TOS ve Varnsdorfu nám nemohla vzorky dodat.

Z počtu dvojdvihů a velikosti řezné dráhy nože lze vypočítat řeznou rychlost obrázení /rychlost nože/.

PLÁTEK-S 2



POHLED A

REZ 1-1

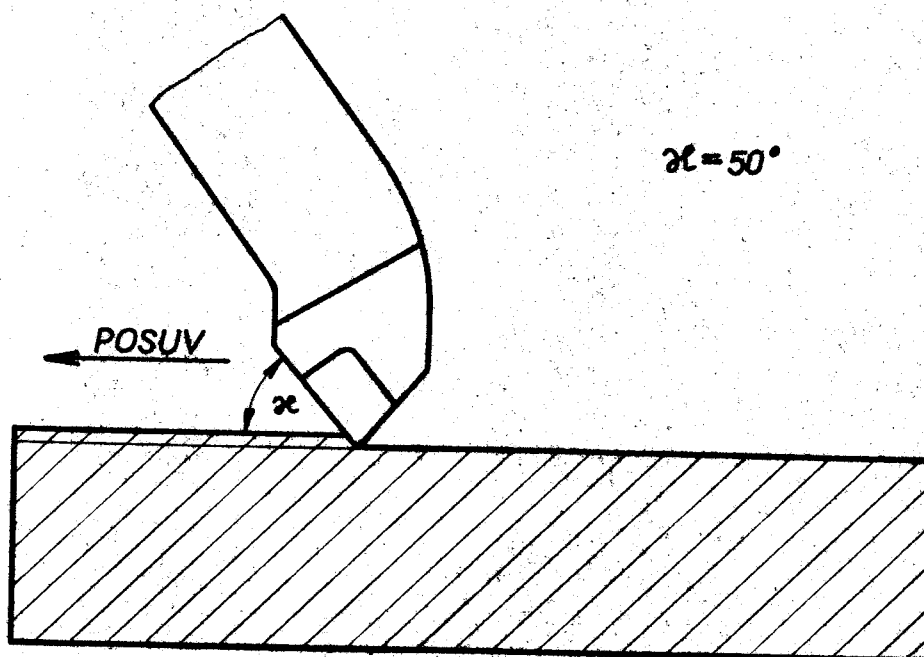
Obrázek č.1 - Výkres nože

VELIKOST ZDVIHU $l = 400$ POČET DVOJZDVIHŮ $z = 16 \text{ } 1/\text{min}$ $\Rightarrow$ ŘEZNÁ RYCHLOST

$$v = \frac{2 \cdot 16 \cdot 400}{1000} = 12,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \quad v = \frac{2 \cdot z \cdot l}{1000} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

PO DOSAZENÍ HODNOT $\Rightarrow v = 12,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$

Hloubka odebírané vrstvy činila 0,15 mm a posuv na jeden dvojzdvih 0,75 mm.



Obrázek č.2 - Nastavení nože

Volili jsme poměrně malou hloubku odebírané vrstvy, poněvadž z výsledků předchozího měření, která jsme dostali v TOS, bylo patrné, že tloušťka našopované vrstvy není velká a také že není všude stejná. Obávali jsme se také, že při větší hloubce odebírané vrstvy by mohlo nárazem nože na okraj šopované vrstvy dojít k odloupení metalizovaného povrchu.

Vzorky byly hoblovány podélně. Délka jednoho řezu se rovnala délce vzorku, tj. 350 mm. Šířka vzorku byla 117 mm, z toho plyne, že celá plocha byla opracována při počtu dvojdvihů, který plyne ze vztahu:

$$n = \frac{b}{s} \quad n \text{ POČET DVOJZDVIHŮ}$$

$$b = \text{ŠÍŘKA VZORKU V mm}$$

$$s = \text{POSUV NA 1 DVOJZDVIH V mm}$$

$$\text{PO DOSAZENÍ } n = \frac{117}{0,75} = 158$$

Protože jsme zkoušky obrobení obrážením pro nedostatek dalších vzorků, jak již dříve uvedeno, prováděli na vzorcích, které jsme již předem obrusili, mohly z nich být odebrány obrážením toliko dvě vrstvy.

Celková řezná dráha nože při posuvu 0,75 mm na jeden dvojdvih a 16ti dvojdvihů činí při vztahu

$$l = a \cdot n \cdot p$$

a ... délka vzorku v mm

n ... celkový počet dvojdvihů nutných k odebrání jedné vrstvy se vzorku

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojáí		DP ST - 621/68 26.

p ... počet odebíraných vrstev
 a - 350 mm
 n - 158
 p - 2
 po dosazení:

$$l = 350 \cdot 158 \cdot 2 = 110600$$

Protože zkoušky byly prováděny na čtyřech vzorcích, činí úhrnná řezná dráha nože $110 \times 4 = 440$ m.

Před počátkem obrábění byl nůž lapován, aby na něm bylo dobře patrné opotřebení. Opotřebení bylo měřeno na čele a hřbetě nože, jak ukazuje obrázek č.3.

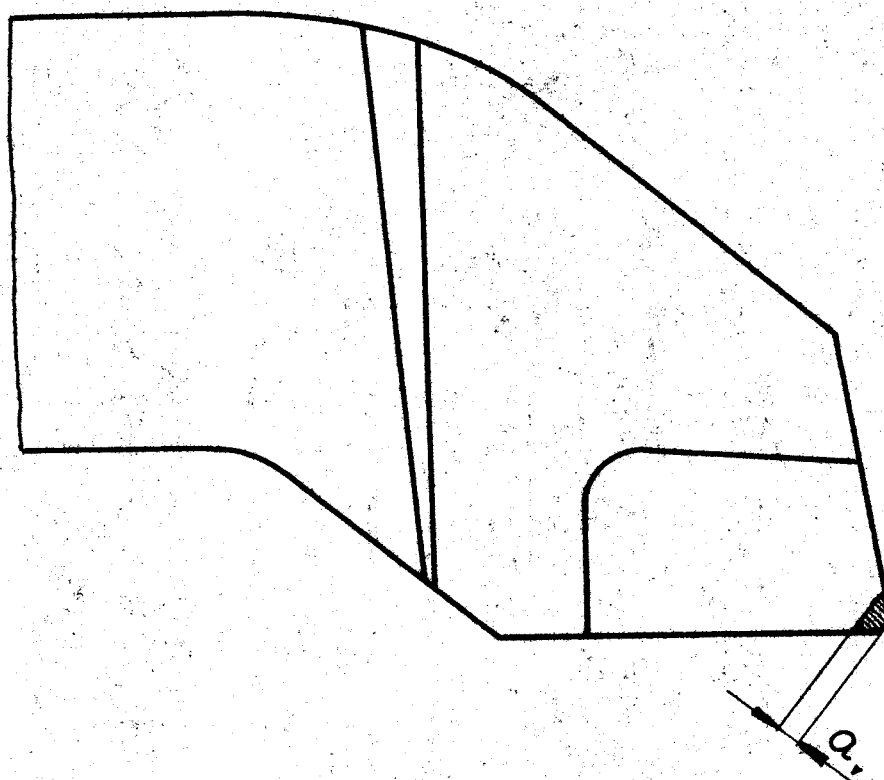
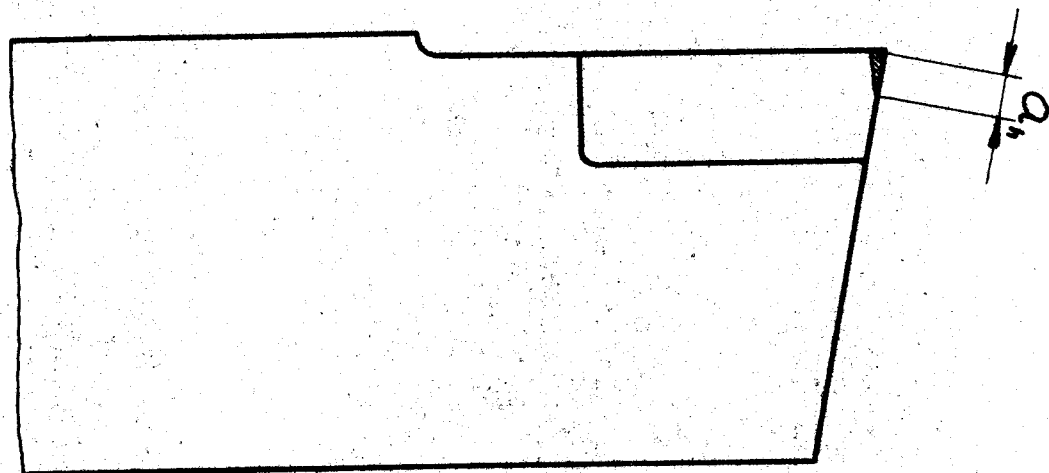
Nůž byly oba původní vzorky rozdělány každý na dvě stejné části /jak dříve uvedeno/, byla našepovaná vrstva prohoblována napříč do hloubky 1 a 1,2 mm. jak ukazuje obrázek č.4. Celková řezná dráha tohoto příčného obrábění činila dle výpočtu 23 m a po něm bylo prvně měřeno opotřebování nože. Další měření byla prováděna vždy po 110 m řezné dráhy nože, tj. po dvojnásobném obrobění celé našepované plochy jednoho vzorku. Poněvadž byly obráběny čtyři vzorky, činí celková řezná dráha nože, pro měření přicházející v úvahu, 440 m.

Opotřebování hřbetu a čela nože v závislosti na délce řezné dráhy ukazují tabulka č.5 a graf na straně 29.

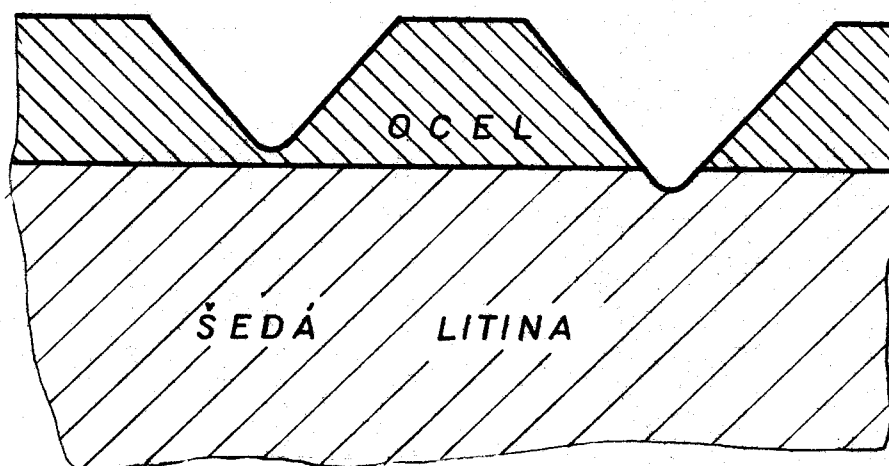
OPOTŘEBENÍ [mm]	ČELO	0,40	0,50	0,55	0,60	0,70
	HRBET	0,18	0,25	0,50	0,60	0,75
ŘEZNÁ DRÁHA [m]		23	133	243	353	463

Tabulka č.5 - Velikost opotřebení

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621 /68 27



Obrázek 8.3 - Měření opotřebení nože



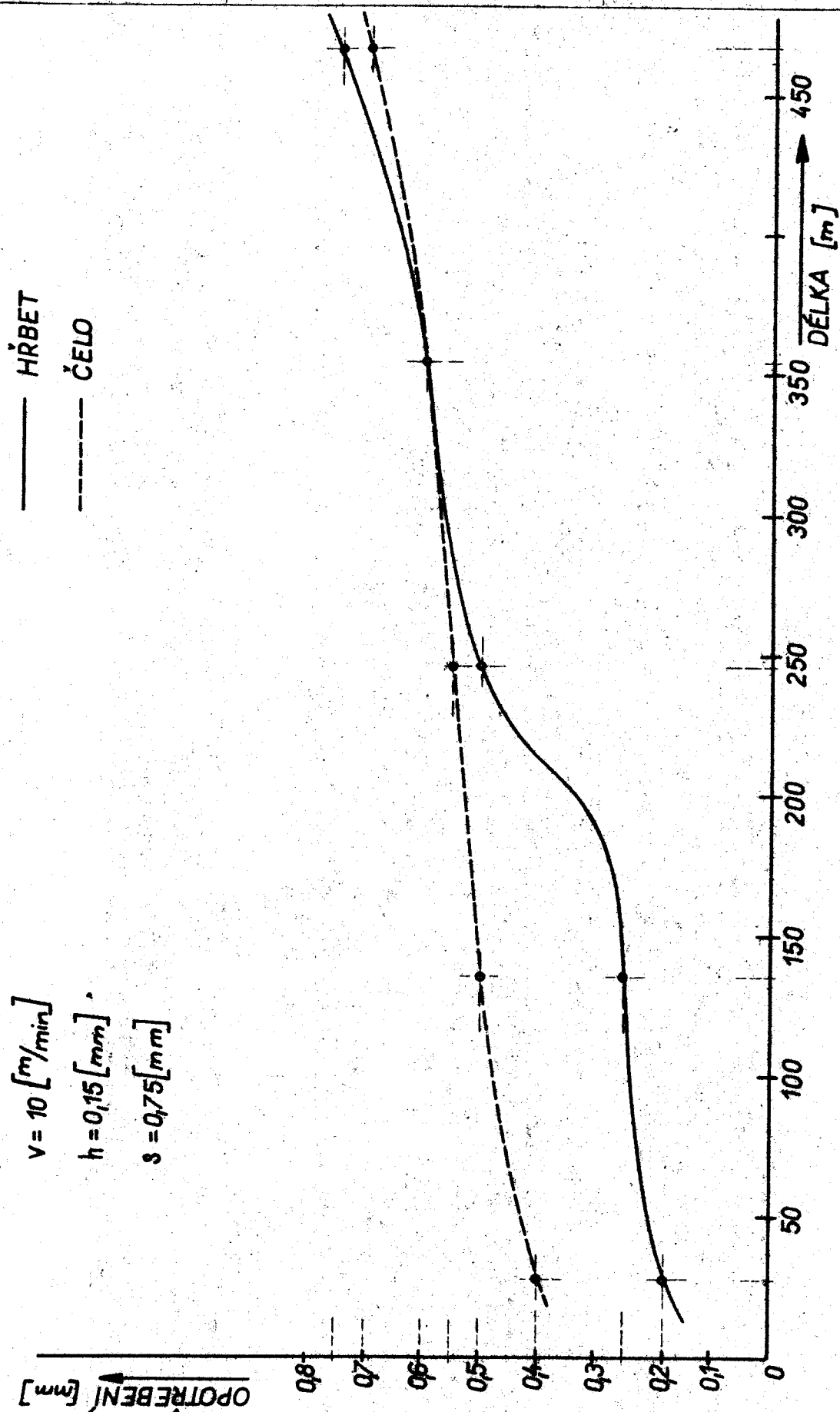
Obrázek č.4 - Příčné drážky

Z grafu je patrné, že opotřebení čela probíhá asi do 180 m řezné dráhy rychleji než opotřebení hřbetu. Pak asi do 355 m řezné dráhy stoupá mírněji a pak se rychleji zvětšuje.

Z grafu opotřebení hřbetu je patrné, že probíhá mnohem nerovnoměrněji než opotřebení čela. Asi po 180 m řezné dráhy se hodnoty opotřebení hřbetu rychle zvětšují až asi do 245 m. Pak už je vzestup opotřebení pomalejší.

Jak lze z grafu pozorovat je opotřebení hřbetu nože až do 353 m řezné dráhy nižší než opotřebování čela. V tomto bodě dosahuje opotřebení hřbetu i čela nože stejné hodnoty, tj. 0,6 mm. Pak se hřbet opotřebovává rychleji než čelo nože. Dále je celkem z průběhu grafu patrné, že opotřebení hřbetu je celkem nejen nerovnoměrnější, ale posléze je i větší.

Větší opotřebení hřbetu nože je způsobeno až



GRAF OPOTŘEBENÍ NOŽE

na prach rozdrobenou třísku a vlečením hřbetu nože při zpětném pohybu po již obrobené ploše.

Velikost opotřebení byla měřena Brinelovou lupou.

Opotřebení na čele není nijak hluboké, je to spíše jen zdrsňení lapovaného povrchu.

Fotografie naostrěného i opotřebovaného nože jsou na stranách 30 - 35. Jednotlivé záběry nože jsou ve dvojnásobném zvětšení proti skutečnosti.



Fotografie č. 1

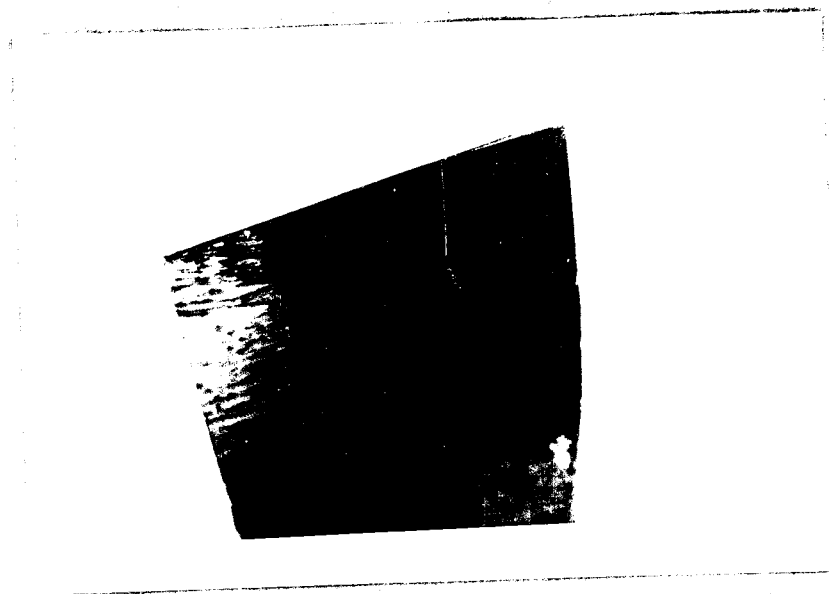
Ukazuje čelo a špičku se zaoblením lapovaného nože.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 31.



Fotografie č. 2

Zobrazuje hlavní hřbet a hlavní ostří lapovaného nože.



Fotografie č. 3

Ukazuje vedlejší hřbet a vedlejší ostří lapovaného nože.

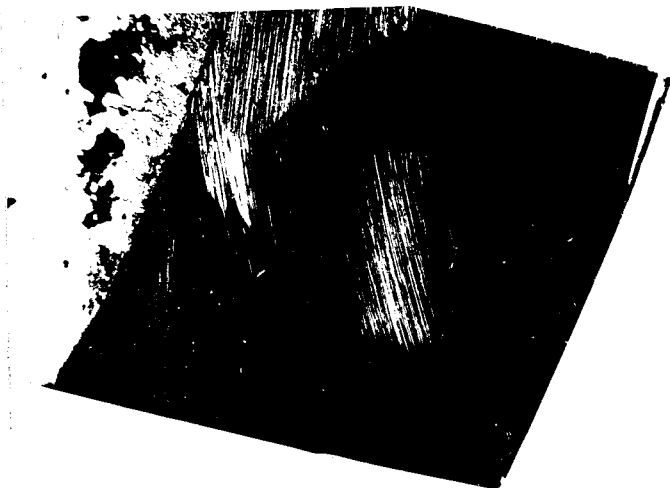
Další tři fotografie byly pořízeny po prvním měření opotřebení, tj. po příčném obřezání našopované vrstvy vzorků. Řezná dráha nože do tohoto měření činila 23 m.



Fotografie č. 4

Ukazuje velmi jasně opotřebení na čele nože. Opotřebení se projevuje jako světlá skvrnka na zaoblené špičce nože. Tato skvrnka byla způsobena různými odrazy světla opotřeбенé a neopotřeбенé plochy. Jak plyne z tabulky i z grafu je toto opotřebení podstatně větší než na hřbetě, což také dokumentují následující fotografie č. 5 a č. 6.

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 33.



Fotografie č. 5

Ukazuje opotřebení hlavního ostří a hlavního hřbetu. Opotřebení hřbetu, které nebylo po prvním měření velké, není na fotografii dosti dobře vidět. Když však porovnáme s fotografií č. 2, na které je hlavní ostří a hlavní hřbet po lapování, jsou na hřbetě i na hlavním ostří patrné známky opotřebení.

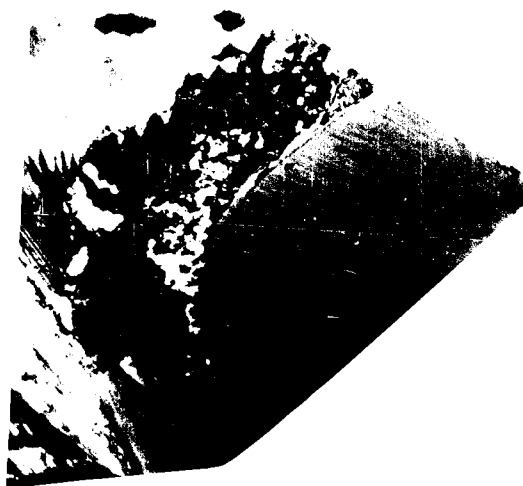


Fotografie č. 6

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 34.

Na fotografii č. 6 je vedlejší ostří a vedlejší hřbet. Opotřebení na této fotografiiⁱ téměř naznatelné, i když ji porovnáme s fotografií vedlejšího ostří a hřbetu lapovaného.

Následující tři fotografie ukazují opotřebení nože po ukončení zkoušek metalizovaných krycích vrstev obrážením. Celková řezná dráha nože činila 463 m jak již bylo uvedeno.



Fotografie č. 7

Na této fotografii se projevilo opotřebení na čele jako tmavší místo na špičce nože. Opotřebení není dosti dobře patrné, protože k fotografování nože došlo až po delší době po obrábění. Bylo to zaviněno skutečností, že nám nebyly dodány další vzorky, jejichž obrážením by se získala další řezná dráha nože a tím i jeho větší opotřebení, které by upřesnilo náš graf, který vyjadřuje velikost opotřebení v závislosti na velikosti řezné dráhy.



Fotografie č. 8

Ukazuje opotřebení hlavního hřbetu nože.

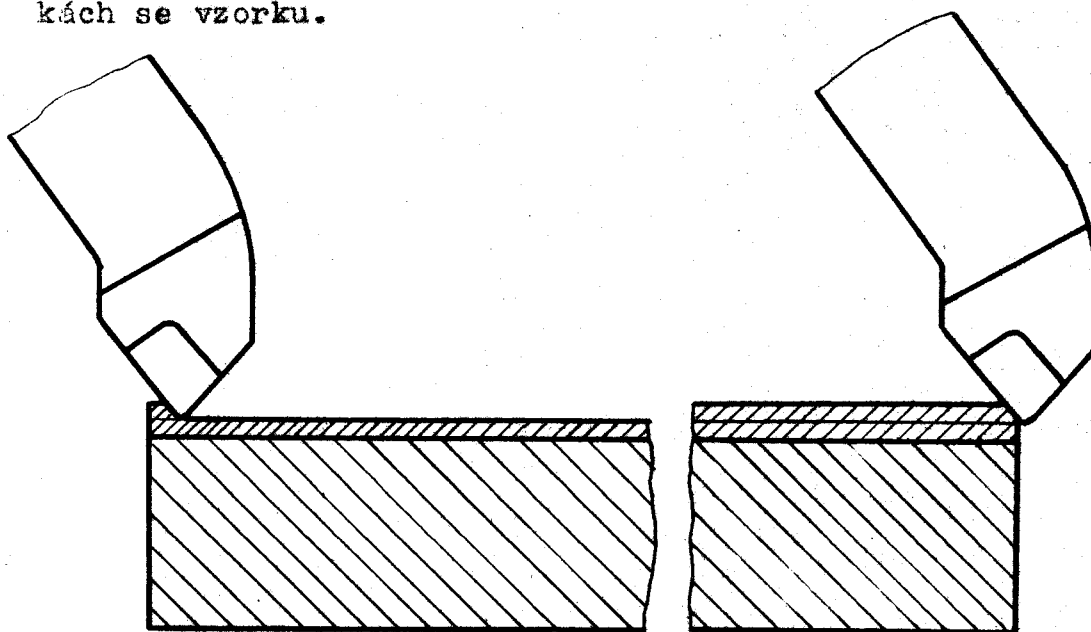


Fotografie č. 9

Zobrazuje opotřebení na vedlejším hřbetu nože. Opotřebení se jeví jako světlá ploška, která vznikla lesknutím opotřebené části hřbetu.

Při obrázení obou druhů vzorků se celkem dobře projevovaly některé z vlastností našopované vrstvy, zvláště pak její menší či větší soudržnost se základní vrstvou. Jak na výsledky měření tvrdosti, tak i při obrázení má rozhodující vliv na vlastnosti metalizované vrstvy vrstva základní, hliníková či molybdenová.

U jednoho vzorku se základní vrstvou hliníku se ukázala špatná vlastnost hliníku jako materiálu spojovací vrstvy mezi ocelí a litinou. Při počátku a konci obrázení, kdy můž má polohy naznačené na obrázku č. 5, dochází k jejímu strhávání v celých šupinkách se vzorku.



Obrázek č. 5 - Nůž v krajních polohách

K tomuto strhávání dochází jednak vlivem malé tloušťky našopované vrstvy, která zbyla po předchozím opracovávání, jednak malou soudržností hliníku a litiny. Na témže vzorku došlo k odtrhávání našopované vrstvy i uprostřed a na konci vzorku. Bylo to

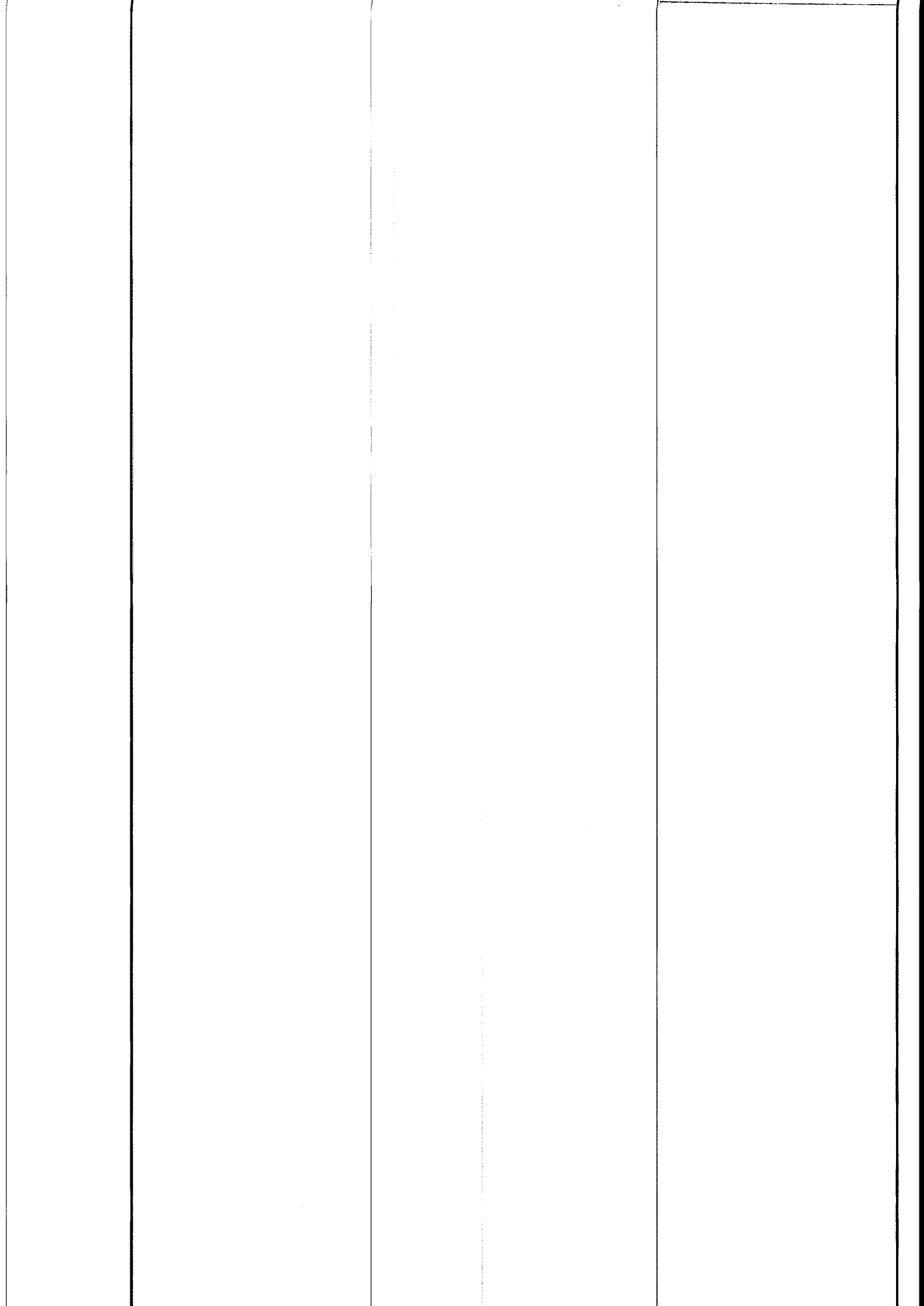
VŠST Liberec		Katedra KOC
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 37.

však způsobeno velmi malou tloušťkou vrstvy. Můž dokonce v některých místech pronikl až do základní hliníkové vrstvy.

Špatná soudržnost hliníku se základním materiálem se projevila už při příčném obrázení našopované vrstvy vzorku. Prohoblovaná drážka hloubky 1,2 mm se dostala svým nejhlubším místem až do základního materiálu tj. šedé litiny. U dna drážky, v přechodu z krycí ocelové vrstvy přes vrstvu základní až do litiny se ukázalo odtrhování krycí vrstvy, zvláště pak u vzorku se základní vrstvou hliníku.

U vzorků se základní vrstvou hliníku i se základní vrstvou molybdenu se objevovalo stržení našopované vrstvy, jak je patrné například z fotografie č. 11, na konci vzorku nebo u drážek vzniklých příčným prehoblováním metalizované vrstvy. Bude to asi způsobeno celkovou menší tloušťkou našopované vrstvy vzorků, která byla již před tím broušena. Podstatný vliv má skutečnost, že vrstva na konci nebo u příčné drážky je obklopena, a tedy i držena, pouze ze tří stran okolní vrstvou. Právě ve směru pohybu nože je vrstva ukončena a nemůže v něm být tedy podpírána. Také u jednoho vzorku se základní vrstvou molybdenu docházelo ke strhávání našopované vrstvy uprostřed vzorku. Tak jako u vzorků s hliníkovou základní vrstvou je i taďy strhávání způsobeno slabou metalizovanou vrstvou zbylou po předchozím broušení.

Povrchy vzorků se základní vrstvou hliníku a molybdenu a rozdíly mezi nimi po obrázení ukazují následující fotografie.

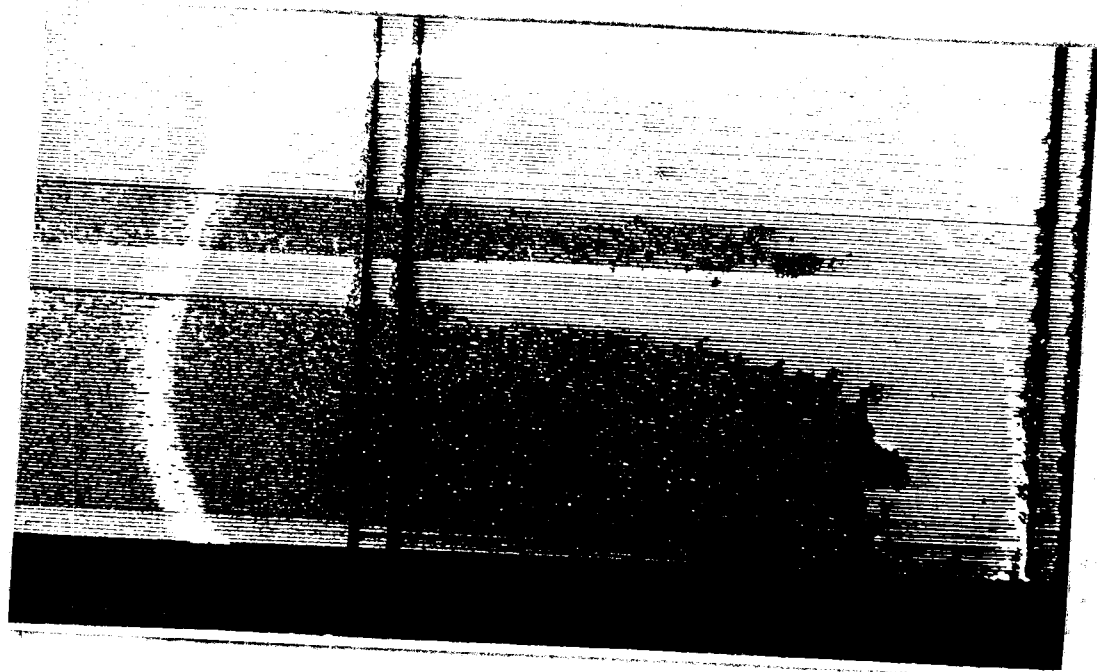




Fotografie č. 10

Vzorek se základní vrstvou molybdenu. V levém a částečně i v prostředním poli, která vznikla příčným přehoblováním, jsou vidět odtrhaná místa projevující se tmavším zabarvením s výraznými světlými body. Je to obnažený základní materiál vzorku. Na této tmavší ploše jsou patrné podélné rýhy způsobené proniknutím nože při obrábění až pod základní vrstvu. Na fotografii jsou také vidět okraje u příčných drážek, ze kterých byla krycí vrstva strhána podélným obrážením. V pravém poli dole je vidět malá plocha, která nebyla vlivem upnutí na obrázečce obrobena. Zobrazuje povrch vzniklý zbroušením povrchové vrstvy do roviny.

Na fotografii č. 11 je detail povrchu vzorku, který je vidět na předchozí fotografii, se základní vrstvou molybdenu. Z tohoto detailu je patrné, jak měl pomalu vjížděl ze základního materiálu směrem nahoru, takže nakonec odebíral jen část našopované vrstvy. Vpravo tmavší plochy je zřetelně vidět, že

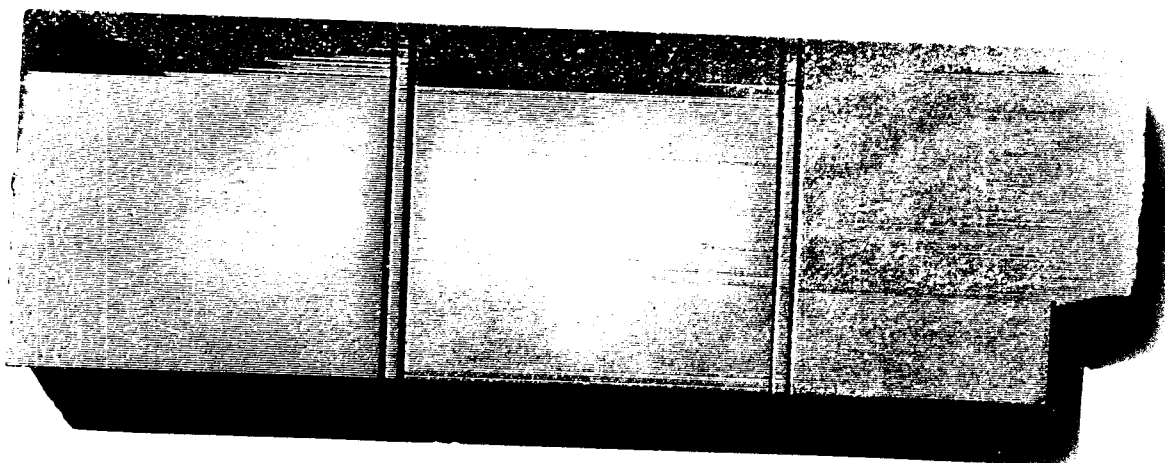


Fotografie č. 11

nůž již základní materiál neodebíral s výjimkou jeho nejvyšších nerovností, které však už byly v krycí vrstvě. Přesto se odlupovala našopovaná vrstva celá, i když by se dalo očekávat, že bude pouze nožem seřezávána v hloubce jeho špičky. Na tomto detailu je též vidět strhávání našopované vrstvy ze základního materiálu u příčných drážek při podélném obrázení vzorku.

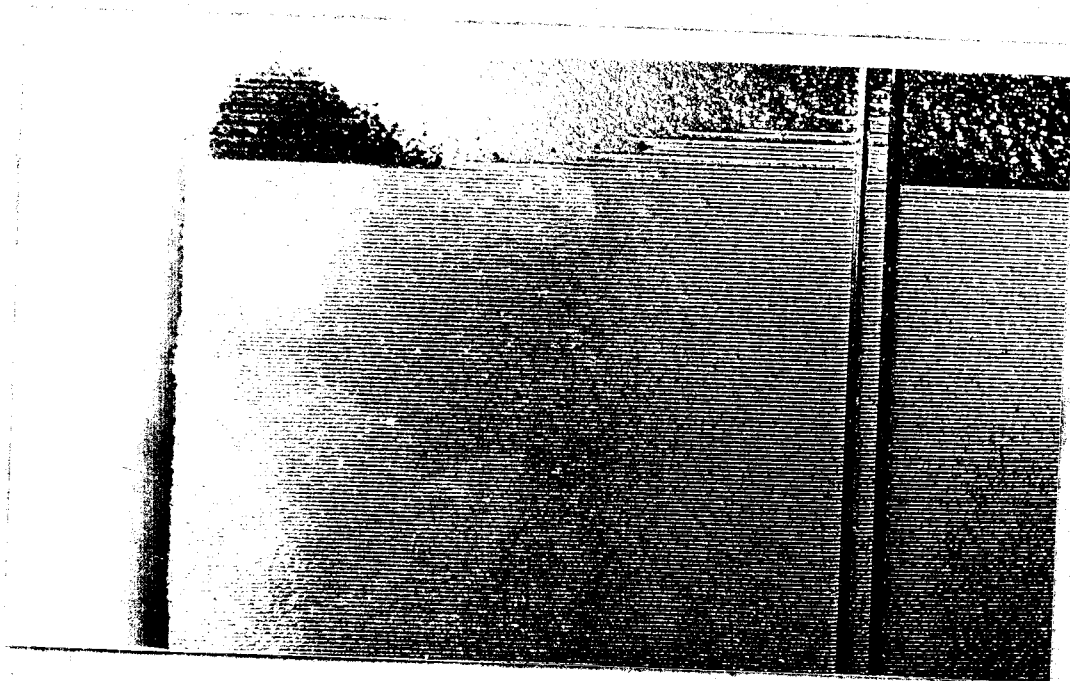
Na fotografii č. 12 je druhý vzorek se základní vrstvou molybdenu. Tento vzorek nebyl broušen až do úplného dosažení rovinné plochy, protože jeho okraj byl méně našopován a po dosažení rovinné plochy by zbylá vrstva byla velmi tenká. Z tohoto důvodu nejsou tloušťky v jeho jednotlivých bodech měřeny a zaneseny do tabulky č. 3. Celkově silnější zbylá našopovaná vrstva má vliv na výsledky obrázení. Metalizovaná vrstva se téměř nikde neodloupila, pouze mírně u příčných drážek. V levém poli je vidět plocha, která nebyla obrážena, pouze broušena. V levém

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 40.



Fotografie č. 12

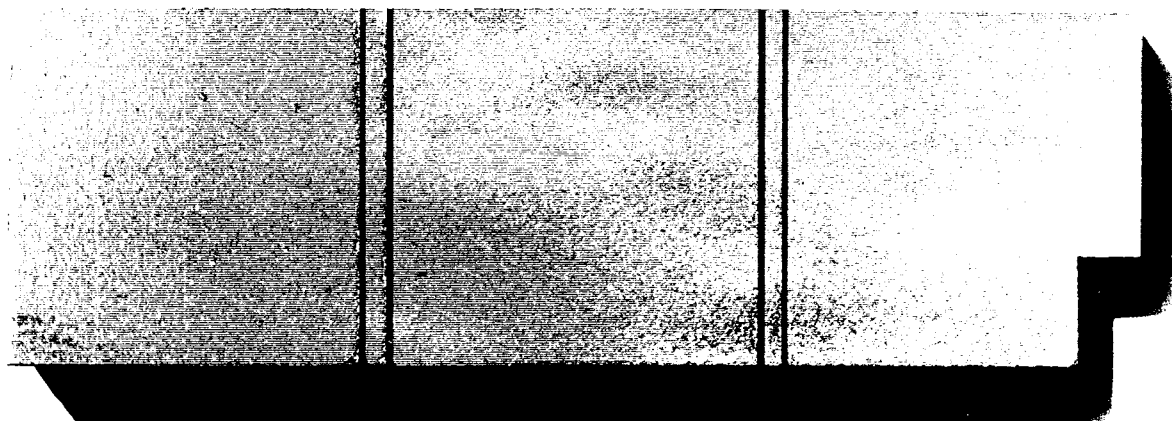
i středním poli vzorku nahoře je vidět místo, kde byla vrstva našopována do menší tloušťky. Protože tento okraj byl při upnutí níže než ostatní plocha vzorku, nebyl broušen ani obrážen.



Fotografie č. 13

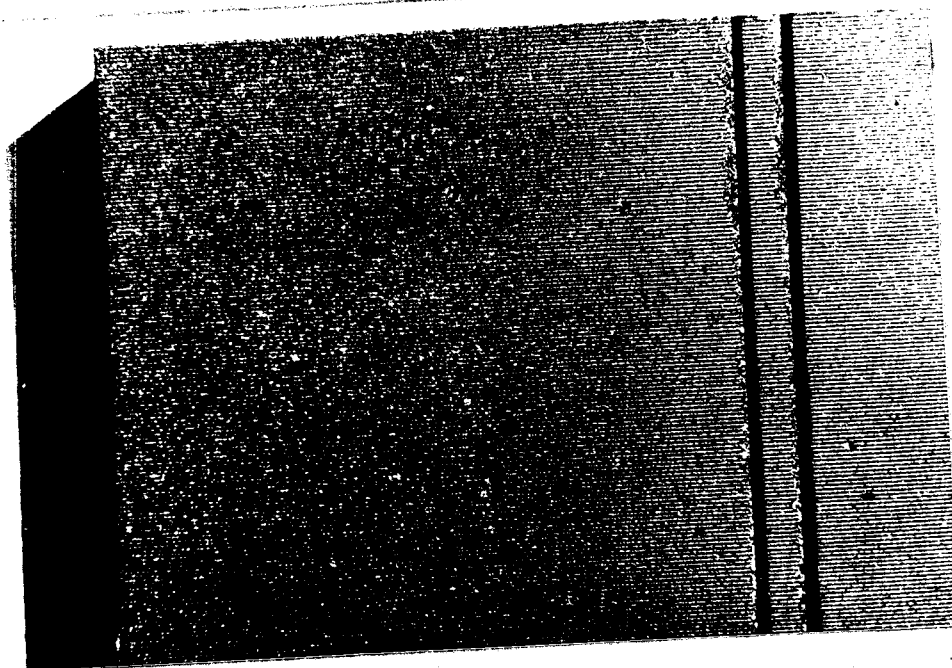
VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 41.

Je na ní detail vzorku z fotografie č. 12. Na fotografii je vidět broušená, neobrážená ploška a jen mírně zbroušené nejvyšší nerovnosti /spíše zrna/ nastříkané vrstvy. U příčných drážek je patrné jen velmi malé strhávání našopované vrstvy.



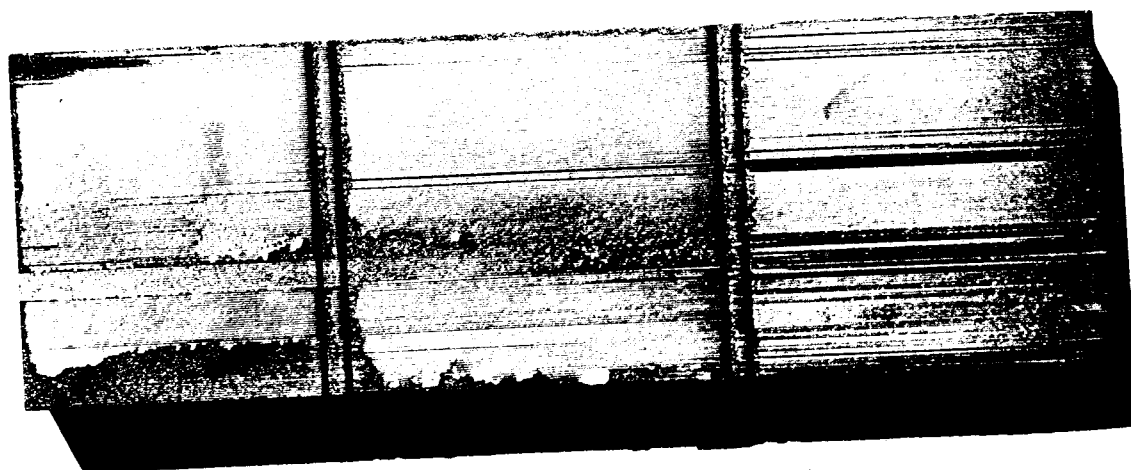
Fotografie č. 14

Ukazuje povrch vzorku se základní vrstvou hliníku. Tento jediný vzorek nebyl před obrážením broušen, a proto vrstva oceli, která zůstala po obrázení je silnější než na ostatních vzorcích. Proto také nedošlo k jejímu odlupování při obrábění. Přestože je zbylá metalizovaná vrstva silnější, ukázalo se i u ní strhávání jejích částí a šupinek u příčných drážek. Vezmeme-li v úvahu pouze jakost povrchu tohoto vzorku, odpovídá přibližně našim představám předběžného obrábění před broušením.



Fotografie č. 15

Detail povrchu vzorku z fotografie č. 14.



Fotografie č. 16

VŠST Liberec	Katedra K00
Fakulta strojní	DP ST - 621/68 43.

Dokazuje jasně špatné vlastnosti hliníkové základní vrstvy. V levém poli vzorku při jeho spodním okraji je vidět, jak nůž zpočátku odebíral krycí vrstvu a částečně i šedou litinu desky, která byla našopována. Později měl odebírat jen část tloušťky metalizované vrstvy, ale vrstva se odlupovala celá. Teprve dále vrstva zůstala na vzorku i když se místy, po okraji, s úplně obnaženým základním materiálem, odchlípla. V prostředním poli je vidět asi uprostřed šířky vzorku, že také může docházet k vytrhávání krycí vrstvy po jednotlivých šupinách. Tmavé podélné proužky v pravém poli vzorku jsou místa, která při očištění poslední vrstvy byla vynechána, zůstala tedy o tloušťku odebírané vrstvy vyšší, než ostatní povrch vzorku. Došlo k tomu proto, že nůž při očištění tohoto posledního vzorku byl již částečně otupen. Okraj vzorku, kde nůž začínal záběr, nebyl právě ostrý, a tak se stalo, že nůž vlivem částečného otupení a malé hloubky odebírané vrstvy na okraji odskočil a začal obrábět až po prvních dvou příčných drážkách, jejichž hrany byly ostré. Již při nepatrném přitisknutí nože tak, aby jeho špička byla tlačena směrem dolů, odebíral vrstvu již od začátku a po celé délce vzorku.

Na fotografii č. 17 je detail povrchu vzorku z fotografie č. 16. Záběr je pořízen z té strany, na které docházelo k největšímu a tedy i nejlépe patrnému odtrhávání metalizované vrstvy.

VŠST Liberec	Katedra K00
Fakulta strojní	DP ST - 621/68 45.

třebí provést měření opotřebení nože až do náhlého
vzrůstu jeho opotřebení. Z objektivních příčin však
nemohly být nové vzorky nastříkány a jejich obraže-
ním upřesněn výše jmenovaný graf.

Z chování našopované vrstvy u vzorků se zá-
ní vrstvou hliníku vyplývá, že vrstva
malou přilnavosť
zprostředkovat
von vrstva

VŠST Liberec	Katedra K00
Fakulta strojní	DP ST - 621/68 44.



Fotografie č. 17

Při hloubce odebírané vrstvy 0,15 mm nedocházelo vůbec k odtržení našopované vrstvy, ani u vzorků s hliníkem. To znamená, že vrstva není při nárazu čela nože náchylná k odtržení. Z toho plyne, že při tloušťkách našopované vrstvy 1,8 - 2 mm lze bez obav z ní odebírat vrstvy silné 0,25 mm a po důkladných zkouškách i vyšší.

Při větších tloušťkách našopované vrstvy se nebude v takové míře, nebo vůbec, vyskytovat strhávání ocelové vrstvy na konci obrobku, kdy nůž vyjíždí ze záběru, jako u příčných drážek na vzorcích. Přesto však by bylo lepší na konci i na začátku lože, kde nůž bude začínat a končit záběr, provést zkosení $0,8 \times 45^\circ$ broušením.

Z grafu, který vyjadřuje velikost opotřebení v závislosti na řezné délce nože je patrné, že skončil pravděpodobně ve své lineární části. Bylo zapo-

V.

POROVNÁNÍ NÁVRHŮ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ
ŠOPOVANÝCH VODICÍCH PLOCH

Z výpočtu nákladů na metalizaci lože W100, které jsou uvedeny ve výzkumné zprávě nám dodané TOS ve Varnsdorfu plyne:

celkové náklady na metalizaci lože W100 činí 7,800 Kčs. Celou polovinu z této sumy tj. 3.900 Kčs představují náklady na broušení přídatku 0,4-0,5 mm šopované plochy. Uvažujeme-li přídatok na broušení metalizované kluzné vodící plochy lože W9 0,8-1 mm byla by to částka převyšující podstatně 50 % celkových nákladů na metalizaci. Je proto důležité určit takovou technologii obrábění šopovaných vodících ploch, aby jejich povrch měl požadovanou jakost a přitom jeho zhotovení bylo co nejekonomičtější.

Nabízejí se tyto varianty:

1. pouhé broušení našopované vrstvy
2. hoblování a broušení
 - a/ jedním nožem tři vrstvy a broušení
 - b/ dvěma noži tři vrstvy a broušení
3. frézování a broušením

Až do konce operace č. 12 je pro původní zhotovování litinových vedení a pro navrhovaný způsob výroby tvrdých vodících ploch téměř stejný výrobní postup. U navrhovaného způsobu je vypuštěna pouze operace č. 4 - kontrola tvrdosti vodících ploch a čistoty litiny. U operace č. 10, při které se hobluje dle návodu č. 3 se některé konečné rozměry zmenší o 0,9 mm, tj. o tloušťku našopované vrstvy, která zůstane po konečném obroušení. Tato změna vůči

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 47.

výrobě pouhých litinových kluzných vodicích ploch se neprojeví zvýšením pracnosti, protože předchozí opracovávání lze upravit tak, že se při něm zvětší tloušťky jednotlivých odebíraných vrstev o příslušné hodnoty, jejichž součet bude činit 0,9 mm.

Po operaci č. 12 se musí provést kontrola ploch, které budou šopovány, aby nebyly mastné, zrezivělé, nebo mokré. Následující operace bude zvrásnění a šopování, po kterém se opět provede kontrola našopované vrstvy co do rovinnosti i jakosti. Poslední operací lišící se od stávajícího způsobu bude opracování šopovaných ploch. Právě způsob opracování metalizovaných ploch má velký vliv na to, o kolik se zvýší náklady na výrobu tvrdých vodicích ploch oproti litinovým.

Výpočet nákladů pouhého našopování 1 dm² vodicí plochy

- a/ spotřeba molybdenu včetně rozstřiku
0,007 kg = 3,52 Kčs
- b/ spotřeba oceli 17024 včetně rozstřiku
0,014 kg = 4,53 Kčs
- c/ náklady na acetylén, vzduch a kyslík
2,51 Kčs
- d/ náklady na vlastní metalizaci včetně úpravy povrchu před a po metalizaci
9,05 Kčs

Celkové náklady na metalizaci 1 dm² vodicí plochy
19, 19,61 Kčs

Celková velikost vodicích ploch, jež přichází v úvahu k metalizování, tj. horních vodicích ploch je:

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DP ST - 621/68 48.

Délka vodicích ploch = 3205 mm
 součet šířek vodicích ploch = 380 mm
 plocha všech horních vodicích ploch v dm^2
 $P = 32,05 \times 3,8 = 121,7 \text{ dm}^2 = 122 \text{ dm}^2$

1. Pouhé broušení našopované vrstvy

Protože mají být našopovány jen horní vodicí plochy, bude jejich broušení jen částí broušení uvedeného při operaci č. 14. Součet všech broušených ploch z operace č. 14 je:

$$P = 194,5 \text{ dm}^2$$

Velikost broušených metalizovaných ploch činí:

$$P^1 = 122 \text{ dm}^2$$

Z poměrů obou ploch $\frac{P^1}{P}$ vyplývá, že broušené metalizované plochy činí jen 63 % broušených ploch z operace č. 14. Když zachováme stejné parametry broušení, můžeme určit t_k a t_{pz} . Celková tloušťka odebírané vrstvy broušením v operaci č. 14 je 0,15 mm. V našem případě by činila celková odebíraná vrstva broušením asi 0,9 mm, tj. 6 x více.

Provozní náklady u brusky M 16x4 jsou 65 Kčs/hod.
 Mzda brusiče v osmé třídě je 9,20 Kčs/hod.

$$t_{pz} = 240 \text{ min} = 4 \text{ hod}$$

$$t_k = 3600 \text{ min} = 60 \text{ hod}$$

Vyjádřeno v Kčs:

náklady u brusky při opracování celého lože

$$\text{Kčs}/t_k = 60 \times 65 = 3900 \text{ Kčs}$$

Mzda brušiče za ustavení a opracování lože činí:

$$\text{Kčs}/t_k + t_{pz} = /60 + 4/ \times 9,20 = 588,80 \text{ Kčs}$$

VŠST Liberec		Katedra K00
Fakulta strojní		DPST - 621/68 49.

Celkový náklad na opracování vodících ploch lože
je 4.488,80 Kčs
Náklad na opracování 1 dm² = $\frac{4.489}{122} = 37,40$ Kčs

Bylo by dobré vyzkoušet, do jakých mezí lze
zvyšovat velikost posuvu a hloubku odebírané vrstvy,
aby nedocházelo k pálení broušené vrstvy či jejímu
poškození velkým měrným tlakem vzniklým při brouše-
ní.

2. Hoblování a broušení
a/ jedním nožem tři vrstvy a broušení

Jak plyne z grafu závislosti opotřebení nože na
řezné délce, probíhá opotřebení po 463 m stále ještě
lineárně. Můžeme tedy počítat s tím, že nůž bude ne-
způsobilý dalšího obrábění až po 600 m řezné dráhy,
když zvětšíme tloušťku odebírané vrstvy na 0,25 mm.
Takováto tloušťka odebírané vrstvy nám zaručí, že
nůž i při větším opotřebení bude dobře držet v zábě-
ru. Budeme tedy uvažovat postupné odebírání tří vrs-
tev hoblováním a na konečné broušení zbyde jen vrs-
tvička 0,15 mm silná.

Zvolíme řeznou rychlost $v = 20$ m/min
Tloušťka odebírané vrstvy $h = 0,25$ mm
Posuv na 1 dvojjzdvih $s = 0,75$ mm
Z toho můžeme určit t_k a t_{pz}

$t_{pz} = 60$ min = 1 hod
 $t_k = 260$ min = 4 hod 20 min

Náklady brusky i hoblovky uvažujeme stejné, tj.
65 Kčs/hod.

Mzda hoblíře v 6. třídě je 6,30 Kčs/hod

Vyjádřeno v Kčs:

náklady u hoblovky při opracování celého lože

$$\text{Kčs}/t_k = 4,33 \times 65 = 282, -\text{Kčs}$$

Mzda hoblíře za ustavení a opracování lože činí:

$$\text{Kčs}/t_k + t_{pz} = /4,33 + 1/ \times 6,30 = 33,60 \text{ Kčs}$$

U broušení:

$$t_{pz} = 240 \text{ min} = 4 \text{ hod}$$

$$t_k = 630 \text{ min} = 10,5 \text{ hod}$$

Provozní náklady u brusky jsou 65, -Kčs/hod

Mzda brusiče je 9,20 Kčs/hod

Vyjádřeno v Kčs:

náklady u brusky při opracování celého lože

$$\text{Kčs}/t_k = 10,5 \times 65 = 683, -\text{Kčs}$$

Mzda brusiče za ustavení a opracování lože činí:

$$\text{Kčs}/t_k + t_{pz} = /4 + 10,5/ \times 9,20 = 133,50 \text{ Kčs}$$

Celkový náklad na opracování vodicích ploch lože je 1.130, - Kčs

$$\text{Náklad na opracování } 1 \text{ dm}^2 = \frac{1.130}{122} = 9,30 \text{ Kčs}$$

b/ dvěma noži tři vrstvy a broušení

Hoblování dvěma noži je znázorněno schematicky na obrázku č.6.

Hoblování:

řezná rychlost $v = 20 \text{ m/min}$

tloušťka odebírané vrstvy $h = 0,25 \text{ mm}$

posuv na 1 dvojzdvih $s = 0,75 \text{ mm}$

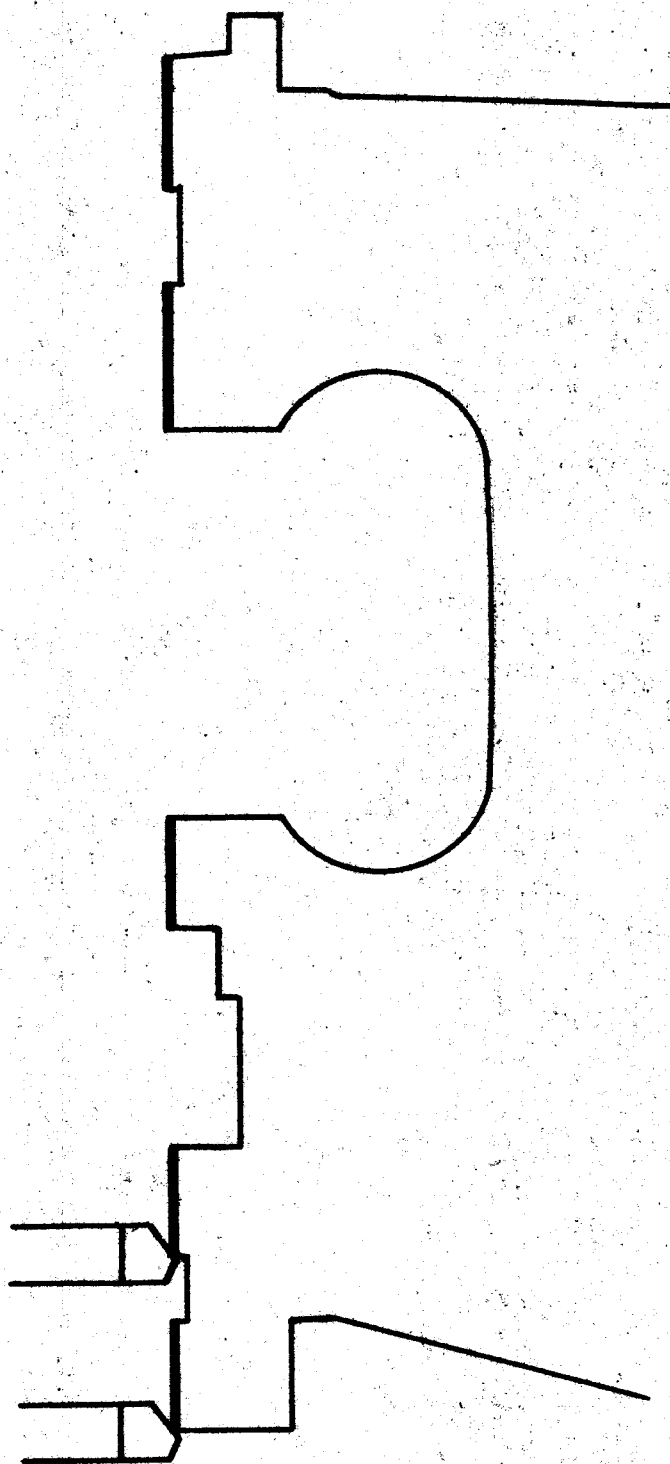
z toho můžeme určit t_k a t_{pz}

VŠST Liberec

Katedra K00

Fakulta strojní

DP ST - 621/68 51.



OBR. 6

$$t_{pz} = 60 \text{ min} = 1 \text{ hod}$$

$$t_k = 150 \text{ min} = 2,5 \text{ hod}$$

Náklady u brusky 65,- Kčs/hod jsou stejné jako u hoblovky.

Mzda hoblíře je 6,30 Kčs/hod

Vyjádřeno v Kčs:

náklady u hoblovky při opracování celého lože

$$\text{Kčs}/t_k = 2,5 \times 65 = 163,- \text{ Kčs}$$

Mzda hoblíře za ustavení a opracování činí:

$$\text{Kčs}/t_k + t_{pz} = 1 + 2,5 / \times 6,30 = 22,- \text{ Kčs}$$

U broušení:

$$t_{pz} = 240 \text{ min} = 4 \text{ hod}$$

$$t_k = 630 \text{ min} = 10,5 \text{ hod}$$

Provozní náklady u brusky jsou 65,- Kčs/hod

Mzda brusiče je 9,20 Kčs/hod

Vyjádřeno v Kčs:

náklady u brusky při opracování celého lože

$$\text{Kčs}/t_k = 10,5 \times 65 = 683,- \text{ Kčs}$$

Mzda brusiče za ustavení a opracování lože činí:

$$\text{Kčs}/t_k + t_{pz} = 4 + 10,5 / \times 9,20 = 133,50 \text{ Kčs}$$

Celkový náklad na opracování vodících ploch lože je 1.002 Kčs

$$\text{Náklad na opracování } 1 \text{ dm}^2 = \frac{1.002}{122} = 8,20 \text{ Kčs}$$

3. Frézování a brpušení

Jednou z možností, jak rychle obrobít přídavek našopované oceli tloušťky 0,75 mm a získat tak rovinnou plochu, je frézování. Jako nástroje by se použila frézovací hlava s mechanicky upínanými keramickými destičkami. Výhoda keramických destiček spočívá v tom, že dlouho drží ostří a snášejí velké teploty a proto i vysoké řezné rychlosti. Pro náš případ má největší význam velká trvanlivost ostří. Je velmi důležitá proto, že při malé tloušťce odebírané třísky je i malé opotřebení nástroje vzhledem k této tloušťce relativně velké. Již při nevelkém opotřebení nástroje a malé tloušťce třísky jeho záběr není plynulý, materiál klade velký odpor a spíše vytrháván nežli řezán a v důsledku toho má povrch velkou drsnost. Bylo by nutno najít optimální řezné podmínky /Posuv, řeznou rychlost/, aby bylo dosaženo vhodné požadované drsnosti povrchu a maximální trvanlivosti ostří, protože frézovací hlava s keramickými destičkami není dosud běžně používána.

Předběžný návrh řezných podmínek:

tloušťka odebírané vrstvy $h = 0,75 \text{ mm}$

posuv $s = 0,12 \text{ mm/ot}$

řezná rychlost $v = 300 \text{ m/min}$

Průměr frézovací hlavy $D = 140 \text{ mm}$

Počet otáček :

$$n = \frac{1.000 \times v}{\pi \times D}$$

a po dosazení $n = \frac{1.000 \times 300}{\pi \times 140} = 680 \text{ ot/min}$

Z toho vyplývá posuv/min

$$s = n \times s$$

a po dosazení $s^* = 680 \times 0,12 = 81,6 \text{ mm}$

Součet délek 5 vodících ploch po 3.405 mm je 17.025 mm

Z toho můžeme určit t_k a t_{pz}

$$t_{pz} = 240 \text{ min} = 4 \text{ hod}$$

$$t_k = \frac{17.025}{81,6} = 210 \text{ min} = 3,5 \text{ hod}$$

Budeme-li uvažovat provozní náklady frézky 90,- Kčs/hod a mzdu frézáře 8,- Kčs/hod, potom bude t_k a t_{pz} vyjádřen v Kčs:

$$\text{Kčs}/t_k = 3,5 \times 90 = 315, - \text{Kčs}$$

$$\text{Kčs}/t_k + t_{pz} = 4 + 3,5 / \times 8 = 60, - \text{Kčs}$$

Broušení:

$$t_{pz} = 240 \text{ min} = 4 \text{ hod}$$

$$t_k = 630 \text{ min} = 10,5 \text{ hod}$$

Vyjádřeno v Kčs:

$$\text{Kčs}/t_k = 10,5 \times 65 = 683, - \text{Kčs}$$

$$\text{Kčs}/t_k + t_{pz} = 4 + 10,5 / \times 9,20 = 133,50 \text{ Kčs}$$

Celkové náklady činí 1.191,- Kčs

Náklady na 1 $\text{dm}^2 = 9,75 \text{ Kčs}$

Zhodnocení čtyř navrhovaných způsobů obrábění metalizovaných vodících ploch

Byly uvažovány čtyři varianty obrábění šopovaných kluzných vedení. Jejich porovnáním můžeme vybrat ten nejvhodnější způsob, který by nejlépe

splňoval požadavek nejnižších nákladů na obrobení kluzných šopovaných ploch.

Pouhým broušením vodicích ploch by se výroba lože velmi prodražila. Při parametrech broušení používaných stávající výrobou litinových vedení by činil náklad na opracování 1 dm^2 metalizované plochy 37,40 Kčs. Kdyby se zvýšila hloubka odebírané třísky nebo velikost posuvu, či rychlost stolu a počet otáček kotouče, bude velké nebezpečí pálení broušeného povrchu a výsledný efekt se nedostaví. Při zkrácení kusového času t_k na jednu polovinu dosavadní hodnoty, která představuje 60 hodin, by pouhé broušení bylo stále ještě nejdražším způsobem, protože náklady na opracování 1 dm^2 by činily 18,50 Kčs, což je 2x více než při hoblování jedním nožem.

Hoblování tří vrstev po 0,25 mm a konečné broušení metalizovaných vodicích ploch je podstatně levnější než pouhé broušení. Náklady na takto obrobený 1 dm^2 vodicí plochy činí 9,30 Kčs. Tato suma se zdá být přijatelná. Je také nutno vzít v úvahu, že tento postup, hoblování a broušení, je již při stávajícím způsobu běžně používán a zaběhnut, což je nesporná výhoda. Kdyby se důkladným prověřením zjistilo, že celkovou vrstvu 0,75 mm lze odebrat dvěma třískami, místo tří, které v tomto návrhu uvažujeme, při zachování ostatních řezných podmínek, pak by se celý proces obrábění šopovaných kluzných ploch ještě zlevnil. Opracování 1 dm^2 by potom stále 8,60 Kčs.

Hoblování dvěma noži tří vrstev po 0,25 mm a broušení se ukázaly být nejlacinějším způsobem vůbec. Takto opracovaný 1 dm^2 stojí 8,20 Kčs, jestliže uvažujeme stejný čas přípravy a zakončení jako u hoblování jedním nožem. Hoblování dvěma noži by však asi

bylo náročné na přesnost jejich upnutí a vzájemné polohy. Kdyby však přesnost upínání a nastavení vzájemné polohy nečinilo obtíže a nevyskytly se nějaké další obtíže přítomto hoblování dvěma noži, byl by to způsob zdá se nejproduktivnější.

Frézování vrstvy 0,75 mm a broušení se o mnoho neliší v ceně 1 dm^2 od předchozích dvou způsobů. Náklad 9,75 Kčs/ dm^2 není velký a dal by se ještě zkrácením t_k u frézování snížit zvětšením posuvu na 1/ot, případně zvýšením řezné rychlosti. Toto zproduktivnění by však muselo být podloženo mnoha zkouškami při kterých by se sledovalo chování našopované vrstvy a keramických plátek, protože řezné podmínky pro tuto kombinaci materiálu nástroje a obrobku nejsou známy.

VI.

KONEČNÉ VYMEZENÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK A CELKOVÁ
TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ ŠOPOVANÝCH VODICÍCH PLOCH

Z konečného hodnocení, které je uvedeno v předchozí kapitole plyne, že nejvhodnější variantou bude ta, při které je vrstva 0,75 mm odhoblována jedním nožem a nakonec je provedeno broušení. I když opracování 1 dm² není nejlacinější z uvažovaných případů, je pro svou jednoduchost nejnázorněji realizovatelné. Řezné podmínky pro výše uvedený způsob:

$$v = 20 \text{ m/min}$$

$$s = 0,75 \text{ mm/1 dvojnásobek}$$

$$h = 0,25 \text{ mm}$$

plátek nože ze slinutého karbidu S2

Úhly hlavního ostří:

Parametry broušení jsou stejné jako u stávajícího způsobu výroby litinových kluzných vedení.

Technologický postup pro obrábění šopovaných vodicích ploch u lože W9 jedním nožem a broušením je uveden v příloze pod číslem 1.

Druhým způsobem, který by byl po pečlivém prozkoušení rovnocenný prvému, ne-li ještě lepší se zdá být frézování s broušením. Jeho předností by bylo odebírání celé vrstvy 0,75 mm silné frézováním najednou.

Řezné podmínky pro frézování:

$$v = 300 \text{ m/min}$$

$$s = 0,12 \text{ mm/ot}$$

$$h = 0,75 \text{ mm}$$

Mechanicky upínané destičky z keramických materiálů.

Úhly ostří:

Parametry broušení jsou stejné jako u stávajícího způsobu výroby litinových kluzných vedení.

Technologický postup pro obrábění šepovaných vodicích ploch u lože W9 frézováním a broušením je uveden v příloze pod č. 2.

VII.

ÚVAHA O MOŽNOSTI VYUŽITÍ PRACOVIŠTĚ A ZAŘÍZENÍ

Uvažujeme-li obrábění kluzných ploch hoblováním s broušením vrstvy silné 0,15 mm, znamená to, že přídavek na broušení je stejný, jako u stávajícího způsobu výroby kluzných vedení litinových. V důsledku toho se nezvýší čas na broušení, ale pouze čas na hoblování. Čas, o který se prodlouží celkové hoblování nože, činí 320 min, tj. 5,33 hod. Ostatní hoblování na loži W9 činí dohromady i s časy přípravy a zakončení 1.004 min, což je více než trojnásobek času potřebného k ohoblování našopované vrstvy silné 0,75 mm.

Jestliže pracoviště, na kterých se hobluje, označená čísla 119/9611 a 119/4982C nejsou dosti využita při dvousměnném provozu, mohla by se na nich provádět i operace č. 14, tj. odhoblování tloušťky 0,75 mm z našopované vrstvy lože. V opačném případě by bylo nutno zařídit nové pracoviště pro hoblování našopovaných vodicích ploch.

VIII.

ZÁVĚR

Protože tato diplomová práce byla první, která se zabývala vhodností několika různých technologií, vhodných pro opracování metalizovaných vodících ploch, nebyly započaté zkoušky dovedeny až do úplného konce. Jedná se spíše o rozpracování, než o konečné řešení.

Tloušťka odebírané vrstvy hoblováním, by se mohla zvětšit na 0,35- 040 mm a tím by se umožnilo odebírat vrstvu 0,75-mm silnou nadvakrát místo natřikrát, jak je uvažováno v této práci. Muselo by se vyzkoušet, zda se nárazem čela nože na kraj vodící plochy neodtrhává metalizovaná vrstva. Nutné by také bylo provést měření velikosti opotřebení v závislosti na řezné dráze, při těchto větších odebíraných tloušťkách.

Všechny tyto zkoušky by mohly být provedeny také pro nože s destičkami ze slinutých karbidů řady H. Těmito zkouškami bychom zjistili, nemají-li karbidy této řady pro náš případ vhodnější vlastnosti.

Obrábění metalizovaných vodících ploch by muselo předcházet zvlášť pečlivé zkoušení nástroje, možné i metalizované vrstvy. I když by byla hloubka náraz odebírané vrstvy 0,75 mm, nehrozilo by nebezpečí porušení soudržnosti krycí vrstvy se základním materiálem, protože posuv nástroje na 1/ot. by činil maximálně několik málo desetin milimetru. Bylo by tedy možné hledat cestu kuzproduktivnější obrábění frézováním částečným zvýšením řezné rychlosti a možná několikanásobným zvětšením uvažovaného posuvu nástroje na jednu otáčku.

Při úvahách o možnosti obrábění šopovaných ploch se objevily problémy, které mohou být námětem dalšího prohlubujícího výzkumu.

VŠST Liberec		Katedra KCO
Fakulta strojní		DP ST-621/68 61
Na závěr bych chtěl poděkovat všem pracovníkům katedry, kteří mi při mé práci pomáhali, zejména ing. S. Směkalovi.		

Seznam použité literatury

Zpráva o metalizaci z TOS Varnsdorf

N.S.Ačerkan - Výpočet a konstrukce obráběcích strojů

J.Píč - Základy stavby obráběcích strojů

A.Kapek - Příručka elektrometalizace

R.Krňák - Stříkání kovů

Výzkumná zpráva V 1538 - VÚOSO

70-2 C-02

70-2 C-02

70-2 C-02

100

100

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

100/5 112

PRŮVODKA č. 119		lože /dlouhé/		0 03 01 084		Výrobek příslušenství	
číslo	W9-260-02	sklad	119	skladní čís. (nomenklatura)	tr. odp.	měr. jed.	množ./kalk.j.
hl. zadání	hl. odvození	sklad	119	skladní čís. (nomenklatura)	tr. odp.	měr. jed.	množ./kalk.j.
materiál		Pá - 422425 01 084		kg		4.050,	21.640,-
skl. výdej	oper.	str.	tr. pr.	tr. pr.	tr. pr.	tr. pr.	tr. pr.
1	1						
délka/pracovní	Kčs/tr. pr.	Kčs/tr. pr.	prorýsovat				
119/9412							
2	2	7	240'	400'	frézovat dle program. listu č. 10		
117/5299							
3	3	7	220'	119'	frézovat dle program. listu č. 11		
117/5299							
4	4			600'	žítat nebo nechat stárnout na volném prostranství nejméně 3 měsíce k odstranění vnitřního prnutí		
115/9173							
5	5				apretace odlitku, natřít odlitek základní barvou		
119/9611							
6	6	6P	135'	604'	hoblovat dle návodky č. 2		
119/4982B					2 ks spol.		
7	7	6P	80'	145'	frézovat boční plochu dle pohledu "Z" na míru 5, čelo podpěry na míru 117 vrtat 2xø16K6 do hl.40;míru 15'0,2	N-224-0002	
117/4825					na míru 15,3'0,2; otočit o 90°	M-511-0001	
					-0,0		
					frézovat plochu 207x235 na míru 15 0,2;		
8	8	6	57'	145'	označit a vrtat 27xø20,75; 5xø20,75 pro ø38,75/M42/řezat 27xzávit M24; 8xø28 včetně orovnění ø50; odjehlit	N-20,75x450x2	
119/4652						NPN-097	
						N-225-0009	
9	9	7	60'	205'	hoblovat dle návodky č. 3		
119/4982C							
10	10	7	110'	128'	upnout, vyrovnat dle vodicích ploch; frézovat na čisto, plochu pro stojan a rozvůdovou skříň na míru 707/0,02/1000		
119/5292					frézovat vybrání do hl.-2,6 na míru 908		
					vrtat 5xø38,75 včetně orovnění ø50; P-441-0064		
11	11	6	57'	82'	řezat 5x závit M42x3 v přípravku vrtat 10xø17,25 vč.M20; 2xø20 pro k.k.20; 5xø8,4 včetně závitu	N-225-0010	
119/4652							
vystavil	schválil					převzal	převzal, nosič
(dne podpis)	(dne podpis)					(dne podpis)	(dne podpis)

VŠST Liberec				Katedra
Fakulta				DP
NÁVODNA	sou částka LOŽE W 9	Výkres C 02 C1 084	4	
Závod TOS VARNSDORF Náhl. středis. 119	Technical drawing of a mechanical part with the following dimensions: - Top left vertical dimension: 34,3 - Top left horizontal dimension: 25 - Middle horizontal dimension: 28 - Top right vertical dimension: 40,2 - Right vertical dimension: 259,1 - Total right vertical dimension: 499,2			
číslo práce 4982 C				
číslo operace 10				
materiál 422425				
vypracoval				
Konstruoval				
č. ús.	Popis práce	Přípravky, nástroje, měřidla		
POLOŽIT 1 KS SPODNÍ OPRAC. PLOCHOU NA STUHL VYROVNAT UPRVOUT HOBLOVAT HORNÍ VODÍČÍ PLOCHY NA MÍRU 499,2 PRO PŘEČIŠTĚNÍ HOBLOVAT PLOCHU PODPĚRY NA MÍRU 259,1 ± 0,1 HOBLOVAT 1 x SPODNÍ PLOCHU NA MÍRU 34,3 x 25 HOBLOVAT 1 x SPODNÍ PLOCHU NA MÍRU 39,3 x 28 ± 0,3 SRAZIT HRANY				