

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23-07-8

strojírenská technologie

zaměření

Tváření kovů a plastických hmot

Katedra tváření a plastů

ZVYŠOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI TVÁŘECÍCH NÁSTROJŮ

P e t r H a b á n

KPT - 252

Vedoucí práce: Ing. Viktor Mikeš, CSc, VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 42

Počet příloh
a tabulek: 11

Počet obrázků: 9

Dne: 11.května 1987

Vysoká škola: **strojní a textilní**

Fakulta: **strojní**

Katedra: **tváření a plastů**

Školní rok: **1986/87**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Petra H a b á n a**

obor **strojirenská technologie**

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

Název tématu: **Zvyšování životnosti tvářecích nástrojů**

Zásady pro vypracování:

- 1/ Přehled metod zvyšování životnosti tvářecích nástrojů se zaměřením na využití vrstev TiN.
- 2/ Seznámení s metodou nanášení vrstev TiN planárním magnetronem a charakteristika jejich vlastností.
- 3/ Návrh metody hodnocení životnosti tvářecích nástrojů s povrchovou vrstvou TiN.
- 4/ Aplikace na vybraném typu nástroje.
- 5/ Rozbor a zhodnocení dosažených výsledků.

V 1991/87 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací: **1 x A2**

Rozsah průvodní zprávy: **40 stran**

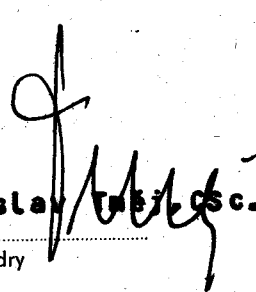
Seznam odborné literatury: **Podklady VVPZ k.p. ZEZ Liberec**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Viktor Mikeš, CSc.**

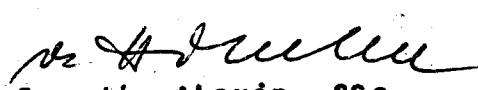
- Datum zadání diplomové práce: **25.9.1986**

Termín odevzdání diplomové práce: **11.5.1987**

L. S.


Doc. Ing. Jaroslav Tobiáš, CSc.

Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.

Děkan

V **Liberci** dne **7.10.** 19**86**

"Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury".

V Liberci dne: 11.5.1987

P e t r H a b á n

Petr Habán

P o d ě k o v á n í

Chtěl bych tímto vyslovit upřimné poděkování za podporu,
kterou mi při realizaci této práce poskytl soudruh
ing. Viktor Mikeš, CSc. Děkuji též soudruhům ing. J.Stanislavovi
a ing. K.Daňourkovi CSc, pracovníkům VVPZ Liberec ZEZ
k.p. Praha a s. ing. Tůmovi z LVZ Liberec za zapůjčení
podkladů a ochotu při prováděných zkouškách.

P e t r H a b á n

O B S A H

Zadání diplomové práce	str. 1
Prohlášení	str. 2
Poděkování	str. 3
Obsah	str. 4
Seznam příloh	str. 6
1. Úvod	str. 7
2. Namáhání nástroje	str. 8
2.1. Tlak	str. 8
2.2. Vzpěr	str. 9
2.3. Tah	str.10
2.4. Opotřebení	str.10
3. Možnosti snižování opotřebení	str.12
4. Tenké otěruvzdorné vrstvy	str.14
5. Vytváření vrstev omezující opotřebení	str.17
5.1. Chemické (CVD) postupy	str.17
5.2. Fyzikální (PVD) postupy	str.18
5.3. Vlastnosti TiN vrstvy	str.23
6. Výsledky s TiN vrstvou	str.24
6.1. Zlepšení kvality výstřižku	str.24
6.2. Zvýšení výkonu	str.25
6.3. Rozšíření hranic postupů	str.25
7. Vlastnosti nástrojových ocelí	str.27
8. Ověřování vlivu vrstvy TiN	str.31
8.1. Zkoušky v LVZ Liberec	str.31
8.1.1. Zkušební zařízení	str.31
8.1.2. Podmínky při depozici vrstvy	str.32

8.1.3. Průběh opotřebení	str.34
8.1.4. Zhodnocení dosažených výsledků	str.37
8.2. Zkoušky v ČKD Praha	str.38
8.2.1. Podmínky zkoušek	str.38
8.2.2. Vyhodnocení výsledků	str.38
9. Závěr	str.41

S e z n a m p ř í l o h

- Příloha č.1 - Střižník s vrstvou TiN po 50 000 vystřižených otvorech
- Příloha č.2 - Střižník s vrstvou TiN po 93 000 vystřižených otvorech
- Příloha č.3 - Nepovlakovaný střižník po 50 000 vystř.otvorech
- Příloha č.4 - Nepovlakovaný střižník po 117 000 vystř.otvorech
- Příloha č.5 - Střižník nepovlakovaný, použitý pro porovnání výsledků (po 100 000 vystř.otvorů)
- Příloha č.6 - Čelo střižnice s vrstvou TiN
- Příloha č.7 - Nepovlakovaná střižnice - čelo
- Příloha č.8 - Nepovlakovaná střižnice - použitá pro porovnání výsledků (po 100 000 vystř.otvorů)
- Příloha č.9 - Výška ostřiny
- Příloha č.10 - Přehled některých vlastností nástrojových ocelí
- Příloha č.11 - Informativní diagramy vlivu popouštěcích teplot na tvrdost některých nástrojových ocelí

1. Ú V O D

Ročně ve strojírenství vznikají milionové ztráty v důsledku opotřebení a předčasného výpadku nástroje. K tomu přistupují ještě poruchy v průběhu výroby. Zvýšení životnosti nástrojů není proto problém jen technický, ale i ekonomický. Jelikož zvýšení výkonnosti nástrojů závisí na mnoha činitelích, musí proto optimalizace probíhat v různých oblastech současně. Správná volba materiálů pro nástroje pro příslušný problém tváření je jenom jedním z mnoha opatření jak dosáhnout zvýšení životnosti nástroje.

S výkonností nástrojů jsou většinou spojeny dva pojmy, a to počet kusů na jedno broušení nástroje a počet kusů na životnost nástroje.

U obou veličin však není při hodnocení vzat v úvahu čas, který na výkonu hraje důležitou roli. Zvýšením životnosti nástrojů se nejen přímo snižují náklady na nástroj a jeho údržbu, ale i celá řada dalších nákladů např. spojených s obsluhou. Musí být proto cílem dosáhnout u každého nástroje hospodářsky zastupitelného výkonu. K tomu patří kromě samotného nástroje i materiál, stroj i další opatření.

2. N a m á h á n í n á s t r o j e

Optimální volba materiálu pro nástroje se může dařit jen tehdy, je-li nám předem jasno namáhání zvláště aktivních elementů. Druh a síla namáhání závisí v prvním řadě na materiálu výstřižku. Většinou jde o toto namáhání: tlak, tah, ohyb, opotřebení.

2.1. T l a k

Při vystřihování součásti jsou aktivní elementy namáhány na tlak. Ten je tím vyšší, čím vyšší je potřebná řezná síla a čím menší je plocha, na kterou tato síla působí. Jinak může nástroj snést jen určité namáhání na tlak, aniž nastane nepřípustné pěchování.

Mezi veličinami - střední řezný tlak P_m
 - 0,2% mez stlačitelnosti $R_{p0,2}$

platí tento vztah $R_{p0,2} \geq P_m$ (1)

Mez stlačitelnosti vytvrzených aktivních prvků musí být větší nebo nejméně stejná, jako střední řezný tlak, neboť jinak to vede k většinou místně zesílenému zpěchování.

Střední řezný tlak P_m se vypočte z řezné síly v poměru k ploše střižníku

$$P_m = \frac{F_s}{A} \quad (\text{Nmm}^{-2}) \quad (2)$$

F_s - řezná síla

A - plocha střižníku

Pro vystřihování díry děrovadlem vzniká řezná síla

$$F_s = k \cdot O \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m \text{ (N)} \quad (3)$$

O - délka řezné čáry (mm)

s - tloušťka součásti (mm)

R_m - pevnost tahu materiálu dílce (Nmm⁻²)

k - opravný součinitel, který přihlíží k vedlejším jevům při stříhání $k = 1,0 \div 1,3$ dle /8/

Pro plochu děrovačla A platí $A = \frac{d^2 \pi}{4} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (4)$

d - je průměr děrovačla

dosadíme - li do rovnice (2) vztahy (3) a (4) pak platí

$$P_m = \frac{4 \cdot k \cdot O \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m}{d^2} \text{ (Nmm}^{-2}\text{)} \quad (5)$$

$$\text{dále platí } O = \pi d \text{ (mm)} \quad (6)$$

$$\tau_s = R_m \cdot 0,8 \text{ (Nmm}^{-2}\text{)} \text{ pevnost ve stříhu} \quad (7)$$

po dosazení do /5/

$$P_m = \frac{4 \cdot k \cdot s \cdot \tau_s}{d} \text{ (Nmm}^{-2}\text{)} \quad (8)$$

po dosazení do /1/

$$R_{p_{0,2}} = \frac{4 \cdot k \cdot s \cdot \tau_s}{d} \quad (9)$$

Tato rovnice vypovídá, že při konstantní hodnotě $R_{p_{0,2}}$ je zde vztah mezi pevností ve stříhu materiálu dílce a s/d (poměr tloušťky materiálu a děrovačla). To znamená, že se vzrůstajícím poměrem s/d musí pevnost materiálu ve stříhu klesat, aby nedošlo k zpěchování.

2.2. V z p ě r

Úzké děrovací střižníky jsou řezáním namáhány i na vzpěr.

I namáhání na vzpěr snášejí vysoce legované materiály nástrojů obtížně. Záleží při tom též na tom, jak jsou tyto prvky vedeny.

2.3. T a h

Střižník je v průběhu stírání namáhán na tah. Toto tahové namáhání je tím větší, čím větší je poměr s/d a čím nepříznivější jsou poměry třecí. Při "svažení" za studena stoupá značně tahové namáhání. Vysoce legované nástrojové materiály reagují citlivě na namáhání tahem. Výpočet vznikajících tahových napětí je obtížný, neboť právě faktory tření jsou do značné míry neznámé. Dle literatury /8/ se uvádí výpočet stírací síly $Q_s = k_s \cdot F_s$ kde $k_s = 0,05$ až $0,081$

2.4. O p o t ř e b e n í

Jedním z hlavních faktorů, které mají vliv na životnost nástrojů je opotřebení. Opotřebení nástroje je definováno jako ztráta částic materiálu, vlivem tření mezi stříhaným materiálem a nástrojem za předpokladu tlaku a relativního pohybu. U aktivních elementů nástrojů pro stříhání jako střižník, střižnice zjišťujeme tyto formy opotřebení: abrasivní, adhesivní a oxidační.

Všechny tři druhy opotřebení mají různé příčiny. Abrasivní opotřebení vzniká tím, že tvrdé částice stříhaného materiálu vytvářejí v nástroji mikrorýhy. Předpokladem je, aby tvrdost některých mikročástic materiálu výstřižku převyšovala tvrdost určitých částic materiálu břitu. Těmito tvrdými částicemi se porušuje soudržnost zrn karbidů a dochází k jejich vylamování. Adhesivní otěr nastává především při zpracovávání silných, měkkých materiálů. Při tom se svažuje materiál aktivního prvku nástroje s obrobkem dohromady. K svažení dochází vlivem

vysokého tlaku a relativního posuvu. Pohybem se svarové můstky opět roztrhávají nebo odlupují. Důsledkem je časté vylamování větších kusů materiálu. Nezřídka vede adhesivní otěr i k lomu nástroje. Adhesivní opotřebení nastává především tehdy, když je materiál nástroje a obrobku stejného složení. Tento druh svařování třením může nastat jen tehdy, když na styčných plochách byl materiál kovově lesklý. Každá mezivrstva ve formě oxidického povlaku, mazacího filmu nebo krycích vrstev však zabraňuje svařování. Na straně ostřin se vytržené částice materiálu obrobku svaří s materiálem nástroje a důsledkem toho je, že střižní hodnota a maximální hloubka drsnosti na straně ostřin silně stoupá.

Oxidační opotřebení je nejčastěji pozorovaný druh otěru u řezaných plechů. Tlakem a relativním pohybem vzniká zejména na exponovaných břitech řezných elementů vysoké tření a třecí teploty. To vede k tomu, že se nejmenší částice materiálu oxidují a jsou pohybem stírány. Následkem toho vzniká postupné otupení nástroje.

Druhy opotřebení:

Oxidační opotřebení vede k různým formám otěru. Opotřebení bočních ploch nastává na kolmém hřbetu střižníku a vzniká třecími silami, při vnoření nástroje do materiálu a při jeho zpětném pohybu. Tento druh otěru je velmi nepříznivý proto, že při ostření nástroje se ztrácí značná "užitečná" výška nástroje.

Opotřebení tlačných ploch lze rozdělit na opotřebení čelných ploch a vymílání. Otěr čelních ploch je způsoben posuvem nástroje, který vytváří tlak na obrobek během střihu. Výraznější vymílání lze pozorovat jen zřídka. Po určitém

počtu cyklů vedou tyto formy otěru k opotřebení střižníku. Výška a šířka ostřiny u výstřižku přibývá následkem opotřebení nástroje, takže práce musí být přerušena a nástroj naostřen. Počet výstřižku zpracovaných až k tomuto časovému bodu se označuje jako životnost nástroje.

3. M o ž n o s t i s n i ž o v á n í o p o t ř e b e n í

Trvanlivost střižních nástrojů závisí na těchto činitelích:

- druh a vlastnosti stříhaného materiálu
- tvar vyráběné součásti
- tloušťka materiálu
- provozní podmínky
- stav lisu
- materiál a jeho tepelné zpracování

Ponecháme-li stranou faktory, které nemůžeme při dané operaci měnit, mají na výsledek vliv pouze provozní podmínky, stav lisu a materiál nástroje.

Velikost vůle m mezi průstřižníkem a průstřižnicí má podstatný vliv na velikost střižné síly. Při krajních hodnotách (záporné $m < 0$, nulové $m = 0$, a příliš velké $m > 20\%$ tloušťky materiálu,) vůle - je pevnost (odpor) ve stříhu a tím i celková střižná síla F větší než při optimálních podmínkách.

Výpočet vůle dle /8/ $m = c \sqrt{\frac{Z_s}{10}}$ kde $c = 0,005 \div 0,035$

Není-li k dispozici vhodné mazivo, vede to u tlustých součástí po několika zdvizích ke svaření aktivního elementu s výstřižkem a k rychlému otupení nástroje. Je tedy nutno

činit opatření, aby na každém místě nástroje bylo vždy dostatečné množství vhodného maziva, protože i nejlepší mazací prostředek nevykazuje patřičný účinek, když se nedostane na celou třecí plochu.

Stav lisu, to znamená způsob vedení, tuhost jak vodících tak i činných částí (střižnice, střižníku) může mít vliv na životnost nástroje. Vlivem nesouososti dochází ke změnám velikosti střižné vůle. To může mít za následek zhoršení kvality výstřižku a zvětšení opotřebení nástroje.

Podstatný vliv na opotřebení nástroje má i správná volba materiálu nástroje (kap. 7) a jeho tepelné zpracování.

Úpravou povrchu nástrojů jako je chromování, nitridování, elektrojiskrové obrábění můžeme dosáhnout jeho zpevnění a tím i zvýšení odolnosti proti opotřebení.

Elektrolytické chromování zvyšuje povrchovou tvrdost a odolnost nástrojů proti opotřebení. Tloušťka chromového povlaku se volí dle provozních podmínek od $0,01 \pm 0,06$ mm.

Nitridování spočívá v sycení povrchové vrstvy oceli dusíkem, čímž vznikají nitridy s velmi značnou tvrdostí.^{/1/} V současné době se používá iontová nitridace. Iontová nitridace je chemicko-tepelné zpracování, při kterém se povrch nasycuje za pomoci doutnavého výboje dusíkem, který vytváří na povrchu nitridy. Tloušťka vrstvy dosahovaná iontovou nitridací je 0,6 mm za 24 hodin. Při iontové nitridaci jsou zpracováváné součásti uloženy izolovaně ve vakuové komoře a zapojeny jako katoda. Vakuová komora je zapojena jako anoda a je po evakuování napuštěna směsí plynů dusíku a vodíku.

Po zapnutí stejnosměrného proudu o napětí 400+1000 V vznikne mezi vakuovou komorou a vloženými součástmi elektrické pole. Nastavením napětí, proudu a vakua nastává ve vakuové komoře doutnavý výboj, ionizované atomy dusíku jsou urychlovány ke katodě, t.j. na povrch nitridované součásti. Při dopadu kladných iontů dusíku na povrch součástí, kdy část jejich kinetické energie se mění v teplo a součásti jsou ohřívány na nitridační teplotu 500+550°C, není třeba dalšího externího zdroje tepla. U většiny součástí nejsou nutné žádné dokončovací operace pro zlepšení jakosti povrchu nebo pro odstranění rozměrových či geometrických změn. Dalším přednostním ukazatelem iontové nitridace je vysoká a rovnoměrná kvalita nitridačních vrstev. Iontová nitridace patří dnes k novým a progresivním způsobům chemicko-tepelného zpracování kovových materiálů.

Elektrojiskrové zpevňování povrchu nástrojů, spočívá ve využití elektrické erose kovů. Vlivem elektrojiskrového obrábění se mění struktura, zvyšuje tvrdost a zlepšuje odolnost povrchové vrstvy proti opotřebení. Mikrotvrdost této vrstvy je několikrát větší než tvrdost původní oceli. Tloušťka vrstvy je 0,05÷0,1 mm. Nedostatkem tohoto způsobu je drsnost a nerovnoměrnost tloušťky povrchové vrstvy. Zmíněné vady lze odstranit lapováním.

4. T e n k é o t ě r u v z d o r n é v r s t v y

S přibývajícím namáháním aktivních elementů v důsledku stoupajících tlaků a velkých tloušek i pevnosti materiálu nestačí již mazací prostředek zabránit svarům za studena. Dalším

způsobem zvyšování životnosti tvářecích nástrojů jsou tenké vrstvy.

Na tenké otěruvzdorné vrstvy jsou používány různě tvrdé a stabilní karbidy, nitridy a oxidy. Přehled vlastností těchto materiálů je v tab. 1 - 3 Dle /2/

Jak je z tabulky patrné, jedná se v řadě případů o velmi tvrdé látky. V tenkých vrstvách je mikrotvrdost vrstvy ječnou ze základních vlastností podle které je možné vrstvy posuzovat. Tabulka 4 proto udává ještě nejnovější údaje o mikrotvrdosti některých z těchto látek v porovnání s mikrotvrdostí kubického nitridu bóru a diamantu.

Tabulka 1: Vlastnosti používaných nitridů.

Složení: Struktura: Tvrdost:(HV) Teplota tání: Tepel.odolnost:				
BN	krychlová	4700	1300°C	do 1000°C
TiN	"	2000	2930°C	do 1100°C
HfN	"	2000	2700°C	do 1100°C
ZrN	"	1900	2980°C	do 1100°C
VN	"	1500	2050°C	oxiduje
NbN	"	1400	2050°C	do 600°C
TaN	hexagonální	1300	2350°C	do 600°C

Tabulka 2: Vlastnosti používaných karbidů.

Složení: Struktura: Tvrdost:(HV) Teplota tání: Tepelná odolnost:

B_4C	ortho	4900	$2350^{\circ}C$	do $1000^{\circ}C$
TiC	krychlová	3000	$3180^{\circ}C$	do $1200^{\circ}C$
HfC	"	2700	$3890^{\circ}C$	do $1100^{\circ}C$
ZrC	"	2600	$3530^{\circ}C$	
VC	"	2800	$2830^{\circ}C$	
NbC	"	2400	$3480^{\circ}C$	do $1100^{\circ}C$
TaC	"	1800	$3700^{\circ}C$	do $1000^{\circ}C$
WC	hexagonál	2200	$2730^{\circ}C$	do $900^{\circ}C$
SiC	orthoromb.	3100	$1890^{\circ}C$	do $1300^{\circ}C$
Cr_3C_2	"	1300	$1890^{\circ}C$	do $1000^{\circ}C$

Tabulka 3: Vlastnosti používaných oxidů.

Složení: Struktura: Tvrdost:(HV) Teplota tání: Tepel. odolnost:

Al_2O_3	trigonální	2080	$2050^{\circ}C$	do $1980^{\circ}C$
TiO_2	tetragonál.	cca 1000	$1850^{\circ}C$	do $2400^{\circ}C$
SiO_2	hexagonální	7 Mohr	$1470^{\circ}C$	
CaO		4,5 Mohr	$2600^{\circ}C$	do $2400^{\circ}C$
Cr_2O_3			$2270^{\circ}C$	oxiduje
$Al_2O_3 \cdot MgO$	krychlová	7,5-8 Mohr	$2130^{\circ}C$	do $2400^{\circ}C$

Tabulka 4: Mikrotvrdost materiálů

C/diamant	7575
BN kubický	4700
TiB ₂	3000
B ₄ C	2940
VC	2900
TiC	2800
SiC	2580
WC	2350
Cr ₃ C ₂	2150
TiN	2100
Al ₂ O ₃	2080
W ₂ C	1990
Cr ₂₃ C ₆	1660

5. V y t v á ř e n í v r s t e v o m e z u j í c í c h o p o t ř e b e n í

Při výrobě vrstev nutno klást zvláštní požadavky na přilnavost vrstvy a na rovnoměrnost její tloušťky. Pro substráty citlivé na teplotu, zejména ocelové byly vyvinuty kromě postupů CVD vylučovací fyzikální postupy t.zv. metody PVD.

5.1. C h e m i c k é p o s t u p y (C V D)

Touto technologií se vytvářejí povlaky na materiálu reakcí chemických sloučenin přiváděných do pracovního prostoru v plynném stavu. Z kvantitativního pohledu převládají tenké

vrstvy z karbidu, nitridu a karbonitridu titanu. Tyto povlaky vznikají při atmosférickém tlaku v rozmezí teplot $700\pm 1000^{\circ}\text{C}$ dle reakcí.

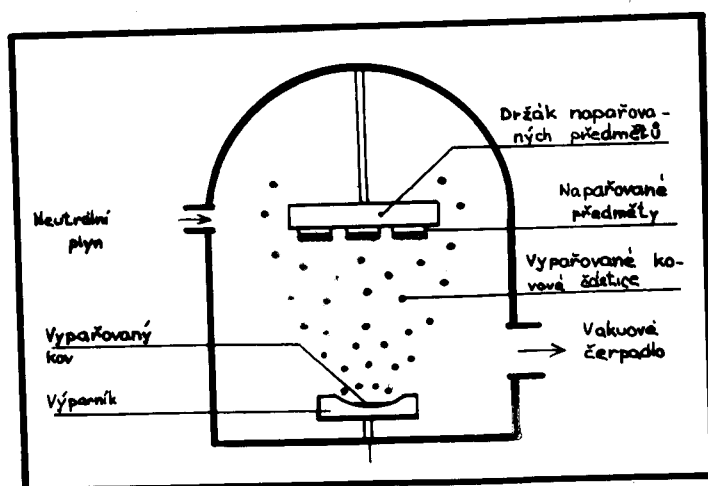
K přednostem metody patří zejména pružnost a možnost výběru materiálu vrstvy, čisté a kompaktní povlaky s dobrou přilnavostí i na podložkách složitých tvarů. K nevýhodám patří vysoké teploty podložky potřebné pro průběh reakce, což omezuje sortiment povlakovaných materiálů a zvyšuje možnosti jejich tvarových a rozměrových změn. Aplikace této technologie na ocelové nástroje předpokládá vhodnou volbu nástrojových materiálů - ocelí kalitých za "reakční" teploty nebo následující tepelné zpracování ve vakuu nebo jiné vhodné atmosféře. K dalším nevýhodám patří poměrně dlouhá doba vytvoření tlustší vrstvy.

5.2. F y z i k á l n í (P V D) p o s t u p y

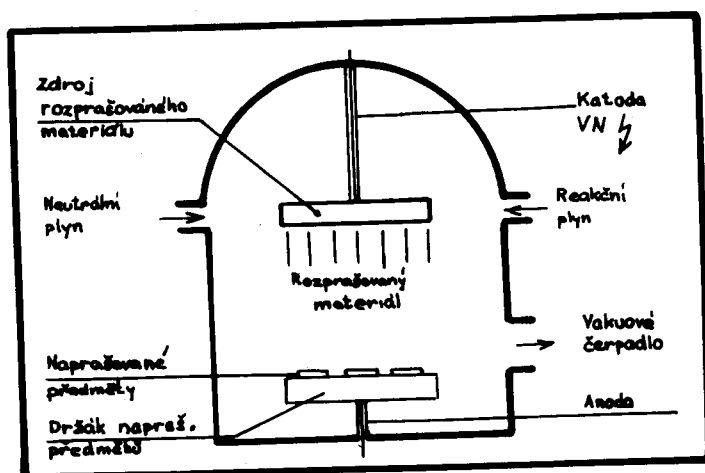
Na rozdíl od způsobů chemického povlakování z plynné fáze, která dodává pro povlakování potřebné prvky je fyzikální povlakování založeno na převedení tuhého kovu do plynné fáze, a to různým způsobem.

Pro převádění tuhé kovové fáze do plynné fáze je možné zvolit fyzikální metodu odpařování ve vakuu nebo naprašování. Pro odpařování ve vakuu se používá jako zdroje tepla odporový ohřev nebo obloukový výboj. Princip odpařování a kondenzace par je uveden na obr. 1. Při naprašování ve vakuu obr. 2 se přivádí do komory inertní plyn na př. argon, který se ionizuje v doutnavém výboji a pozitivní ionty bombardují povrch kovové

katody, která se tím rozprašuje a rozprašovaný kov se usazuje na povrchu předmětu, na kterém vzniká povlak. Jestliže se přivádí do vakuové komory současně reaktivní plyn, dochází k reaktivnímu povlakování. Atomy plynu reagují s atomy kovu a na povrchu součásti nebo nástroje vzniká chemická sloučenina.

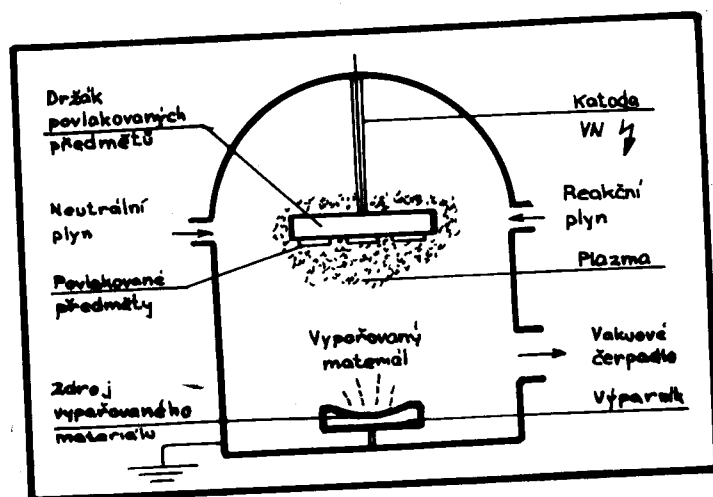


Obr. 1 Princip napařování ve vakuu



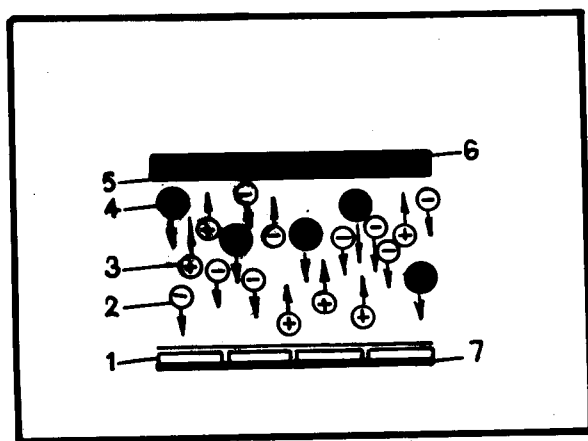
Obr. 2 Princip reaktivního napařování

Přilnavost kovových vrstev nebo chemických sloučenin závisí na kovové čistotě povrchu součásti, která má být povlakována, na teplotě povlakování a dále na kinetické energii odpařovaných nebo rozprašovaných částic, dopadajících na povrch předmětu. Při napařování dopadají částice na povrch předmětu s energií 0,1 eV. Při rozprašování mají částice energii 5-10 eV /1/. Katodovým rozprašováním vytvořené povlaky budou mít za jinak stejných podmínek větší adhezi se základním materiálem než povlaky vytvořené napařením. Avšak kinetickou energii pozitivních iontů lze zvýšit připojením povlakovaného předmětu na katodu. Na tomto principu je založeno iontové povlakování, jehož princip je uvedený na obr. 3.



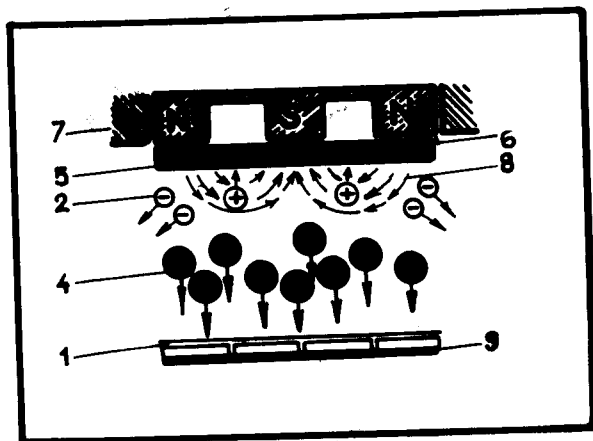
Obr. 3 Princip iontového povlakování - plátování

Povlakované předměty jsou uloženy na katodě, která je připojená na vysoké záporné napětí. Po evakuování komory vzniká na katodě přivedeným nosným plynem doutnavý výboj, ve kterém se odpařený kov částečně ionizuje. Přiložením záporného vysokého napětí na součásti dojde ještě jednou k ionizaci atomů plynu (na př. dusíku), ionty kovu dopadají na povlakovanou součást s energií 100-300 eV /1/ a s atomy plynu vytvářejí na povrchu součásti chemickou sloučeninu. Předností této metody je rychlejší vytváření povlaku, než je při naprašování a dosahuje se rovnoměrnější tloušťky vrstvy. Díky vyšší energii iontů má vrstva i větší přilnavost k substrátu. Jak bylo uvedeno fyzikální povlakování je založeno v podstatě na naprašování nebo napařování. Obě tyto metody jsou řešeny tak, aby se povlakování urychlilo v zájmu vyšší produktivity a energie dopadajících iontů se zvýšila v zájmu vyšší adheze povlaku k základnímu materiálu. Klasický způsob napařování je na obr.4. Na katodě je umístěn terčik z kovu, jímž chceme napařovat.



Obr.4 Schema konvenčního způsobu katodového naprašování

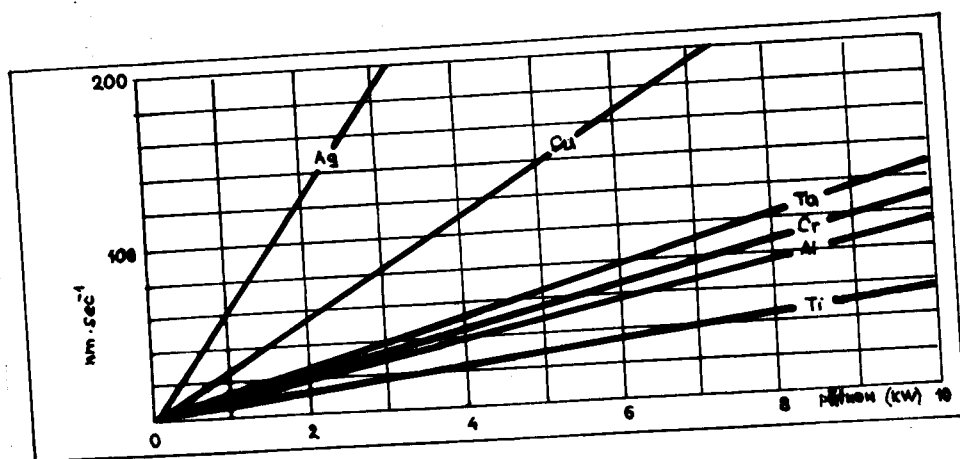
- 1 - předmět naprašování
- 2 - elektrony
- 3 - ionty argonu
- 4 - odprášené atomy
- 5 - terč (target)
- 6 - katoda
- 7 - anoda
- 8 - magnetické siločáry
- 9 - stůl pro uložení předmětu



Obr. 5 Schema magnetronového
naprašování

V prostoru mezi elektrodami je inertní plyn (argon) o vhodném tlaku (příp. se přidává další plyn - dusík). Účinkem vysokého napětí (1000-5000 V) vznikne elektrický výboj. Ionty argonu bombardují terčik a vyrážejí z něj ionty kovu, který se slučuje s dusíkem a naprašuje na podložku.

Pro povlakování vrstvou TiN se dnes používá planárního magnetronu, který pracuje na principu Perringovy katody /2/. U Perringovy katody (magnetronu) se dosahuje odchýlení iontů magnetickým polem. Magnetické pole (obr. 5), jehož siločáry směřují z vnějšku (od severního pólu) dovnitř (k jižnímu pólu) zakřivuje dráhu iontu, prodlužuje ji a tak zvyšuje ionizaci. (K vybuzení výboje tak stačí menší napětí 500-700 V). Ionty argonu se pohybují směrem ke katodě a tam vyrážejí na základě své kinetické energie atomy z katodového materiálu. (terče). Tyto atomy se pohybují v prostoru vakuové komory uspořádaně a vytvářejí na předmětech (substrátech) povlaky. Rychlost růstu povlaků z různých kovů dosahovaná magnetronem PK 500L (výrobce Leybold) /1/ je na obr. 6.



Obr. 6 Rychlost růstu povlaku s použitím magnetronu PK 500L.
Vzdálenost předmětu od terče 70 mm.

5.3. Vlastnosti TiN vrstvy

Nitrid titanu vzniká při reakci titanu s dusíkem ve velmi širokém rozmezí teplot i atomárního poměru dusíku k titanu. /2/4/. Podle fázového diagramu TiN soustavy by se měl titan s rostoucím obsahem dusíku při teplotách do 800°C postupně měnit z fáze α Ti nejprve na fázi ζ Ti₂N a teprve při ještě vyšším obsahu dusíku (složení TiN_{0,5} až TiN_{1,1}) na fázi δ TiN. Tento sled fází je možné pozorovat při nitridaci masivního titanu (na př. Chevallier /3/ zjistil, že v tenkých filmech získaných PVD metodou se posouvají hranice oblasti existence jednotlivých fází, především se zmenšuje oblast výskytu fáze ζ TiN₂). V experimentech /2/ nebyla zjištěna fáze ζ TiN₂ na žádném vzorku a její vznik byl tedy metodou depozice potlačen. Toto potlačení vzniku TiN₂ dosud nebylo v literatuře popsáno. Téměř ve všech případech jednotlivé krystaly byly

/2/ jistým způsobem přednostně orientovány, takže vrstva má jednoosou texturu, s určitou krystalografickou rovinou, přednostně orientovanou - rovnoběžnou s rovinou substrátu. Čistý nitrid titanitý má bronzovou až zlatou barvu. Hustota TiN je 5210^3 kg/m^3 . Bod tavení 3223°K . Pro koeficient tepelné roztažnosti jsou uváděny hodnoty $8,3-9,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Pro elektrický odpor je to hodnota $17,6 \cdot 10^{-6} \text{ ohmů/cm}$ při 293°K . Hodnota modulu pružnosti se rovná 250.000 MPa . Jedná se o supravodivou látku s tranzitní teplotou 5°K . Tvrdost vrstvy je 2.800 HV . TiN je odolný proti chlóru. Rozpouští se v kyselině fluorovodíkové za přítomnosti oxidačního činidla. Přes nižší tvrdost než je tvrdost karbidu titanu, vykazují vrstvy TiN 3-5 krát lepší odolnost proti vymílání na čele nástrojů ze slinutých karbidů a 2-3 krát lepší odolnost proti opotřebení na hřbetě nože /1/. Vysoká odolnost proti vymílání je způsobena krajně nízkým sklonem k tvorbě svaru mezi nástrojem a třískou za studena.

6. V ý s l e d k y T i N v r s t v y

6.1. Z l e p š e n í k v a l i t y v ý s t ř i ž k u

Pro zjišťování vlivu povlaku /4/ na kvalitu řezných ploch jemně řezaných dílů byly provedeny otvory $\varnothing 22 \text{ mm}$ se zpětným kotoučem s použitím jednak raznic s povlakem TiN a bez povlaku. Kotouče byly $5,4 \text{ mm}$ silné a z materiálu 15421. Jako hodnotící veličina sloužila střední aritmetická drsnost R_a řezných ploch. Oba břity bez povlaku poskytly vzestup hodnoty R_a se stoupajícím počtem kusů z asi $0,25$ na $0,40 \text{ mm}$. Součásti s povlakem vykazovaly podstatně lepší kvalitu řezné plochy. Hodnota R_a na

podávací straně byla asi 0,15 a zůstávala prakticky konstantní v celé serii 5.000 kusů.

6.2. Z v ý š e n í v ý k o n u /4/

Kromě zlepšení výstřižku je zvýšení výkonu nástrojových elementů s povlaky podstatným faktorem hospodárnosti. U třískově pracujících nástrojů jako jsou vrtáky, frézy atp. je zvýšení výkonu s použitím pokovení již známo. Takto opatřené nástroje u netřískového obrábění nejsou dosud rozšířeny. Při stříhání plechu o tloušťce 1 mm bylo vyrobeno asi 12 tisíc děr až k ostření, u nepovlečených nástrojů. Při použití povlaku TiN byl počet děr 85.000. Při zvýšení tloušťky plechu na 5 mm nepovlečený nástroj vyrobil jen 500 děr, ale s povlaky dosáhl až 10.000 děr k následujícímu ostření. Pro 12 různých děrovacích nástrojů byly provedeny zkoušky s povlaky TiN a bez povlaků. Řezány byly materiály 14109, 15421, 12050 a 12040. Při použití povlaku mohlo být řezáno 18.000 dílců o tloušťce 5,50 mm, kdežto u elementů bez povlaku nastávalo již při 3.000 dílcích svařování za studena. Při tloušťce součástí 7,50 mm byl poměr zhotovených obrobků 1.000 kusů s nepovlečenými nástroji k 7.000 kusů a nástroji s povlakem. U ohýbacích lisovníků a rovnacích zápusťek bez povlaků bylo tvářeno asi 25.000 kusů až po sváření za studena. Při použití povlaků TiN bylo toto množství do životnosti nástroje podle tvaru 120.000 - 300.000 kusů.

6.3. R o z š í ř e n í h r a n i c p o s t u p ů

Hranice postupů výroby jsou dány mimo jiné zatížitelností

tlakem, otěruvzdorností a houževnatostí tvářecích nástrojů. Průstřižník může bez škodlivého zpěchování zachytit jen takový tlak při řezání, jak to připouští jeho stlačitelnost. Při tváření obsahuje potřebná celková síla značný podíl tření. Povlaky na aktivních elementech však tření snižují, takže u stejného dílce klesá tření. Při /5/ jemném řezání tlustých dílců bylo zjištěno, že řezná síla při postupu s pokovenými aktivními elementy byla asi o 10% nižší, než-li při použití elementu bez povlaku. Tato skutečnost se prakticky projevuje v rozšíření hranic použitelnosti výrobních postupů. Součásti, které bez pokovení nemohly být dosud hospodárně vyráběny, by bylo možno ekonomicky vyrábět.

Při zkouškách byl použit disk 9,7 mm silný z oceli 15421. Ocel byla dodána v žíhaném stavu (na měkko) a bylo požadováno rovnoměrné rozložení zrna. Tím bylo možné dodržet max.pevnost po měkkém žíhání 560 MPa. Problém spočíval ve stříhání úzkých můstků o šířce 6 mm. Tím vzniklo vysoké zatížení tlakem na střižník ledvinovitého tvaru a extrémně silný sklon ze svařování za studena. Bez pokovení střižníků bylo možno skutečně vyřezat jemným způsobem jen málo, pak nastalo svaření a odtržení nástroje. Když byly tyto extrémně zatěžované prvky pokoveny TiN bylo možno dosáhnout ekonom. počtu kusů v rámci životnosti nástroje. To lze přičíst k tomu, že sklon ke svaření za studena byl snížen pokovením.

7. V l a s t n o s t i n á s t r o j o v ý c h o c e l í

Podstatný vliv na účinnost vrstvy TiN má i výběr materiálu nástroje. Proto je zde uveden (příloha č. 10) stručný přehled porovnání materiálů dle následujících vlastností /7/: odolnost proti abrasivnímu opotřebení, houževnatost, délkové rozměry - změny při tepelném zpracování, odolnost proti tlakovému namáhání (pevnost) $\sigma_{0,2}$ v tlaku) a obrobitelnost ve stavu žíhaném na měkko. Pro každou vlastnost je vybrána ocel s maximální - stoprocentní hodnotou a k ní hodnoceny a procentuálně vztaženy dosažené hodnoty jednotlivých ocelí.

Protože vlivem vrstvy na některé vlastnosti není třeba brát zřetel, jako na př. odolnost proti opotřebení (je eliminována dobrými kluznými vlastnostmi vrstvy) budeme se zabývat pouze těmi nejdůležitějšími. Houževnatost resp. odolnost proti dynamickému namáhání se hodnotí dle dvou rozdílných metodik zkoušek s ohledem na odlišnost jednotlivých značek. Oceli s dobrými plastickými vlastnostmi se hodnotí zkouškami rázové houževnatosti. Touto zkouškou byly prověřovány uhlíkové oceli 19 065, 19 132, legované oceli 19 452, 19 550, 19 614, 19 655, 19 732, 19 735, 19 901, 19 902. U méně houževnatých ocelí se používá zkouška statickým ohybem. Kriterium houževnatosti je zde hodnota maximálního průhybu při zlomení zkušební tyčky a pevnost v ohybu. Pevnost v ohybu však souvisí s celkovou pevností oceli a proto mírně zkresluje skutečné hodnoty plastických vlastností. U zkoušek statickým ohybem je proto pomocným kriteriem hodnocení houževnatosti t.j. součin průhybu a pevnosti.

Maximální houževnatost má niklová ocel 19 655. Mírně zmenšenou houževnatost o 15% má měkčí typ martenzitické vytvrditelné oceli 19 901. Příznivé hodnoty houževnatosti mají wolfram-chrom-křemíková ocel 19 732, chrom-molybden-vanadová ocel 19 550 (dosažené hodnoty vrubové houževnatosti činí asi 70% hodnoty oceli 19 655) a niklová ocel 19 614 (s asi 53%ní hodnotou v porovnání s etalonem). Houževnatost těchto uvedených ocelí je možno hodnotit jako velmi dobrou.

Ocelemi s velkou houževnatostí (ale s nižšími hodnotami než předchozí druhy) jsou wolfram-chromová ocel 19 735, křemíková 19 452, tvrdší varianta martenziticky vytvrditelné oceli 19 902 a uhlířová ocel 19 132. Oproti oceli 19 655 je houževnatost pochopitelně již menší a činí 22-37%.

Další skupinu tvoří oceli se zvětšenou houževnatostí. Patří sem subledeburitické oceli s chromem 19 559 a 19 569 s maximálními hodnotami průhybu a relativně velkými mezemi pevnosti v ohybu. Do této skupiny lze rovněž zařadit i manganovou ocel 19 312, chromové oceli 19 423 a 19 426. Hodnoty meze pevnosti činí 87-100% a hodnoty průhybu jsou v rozmezí 49-61% oproti etalonové hodnotě oceli 19 559.

Nejpočetnější skupinou je skupina ocelí s dobrou houževnatostí. Posloupnost ocelí dle klesající houževnatosti je: manganové oceli 19 314 a 19 315, chromová ocel 19 421, chromová ledeburitická ocel se sníženým obsahem uhlíku 19 572, rychlořezná ocel s přísadou molybdenu 19 830 a uhlíková 19 152. Hodnoty průhybu se pohybují v rozmezí 36-48%, etalonové hodnoty 19 559 a hodnoty pevnosti v ohybu v rozmezích 81-96%. Dále

pak oceli wolfram-chromové 19 714 a 19 710, wolframová-rychlořezná 19 814 a uhlíková 19 191, 19 221 a uhlíková s přísadou vanadu 19 356. Průhyb dosahuje hodnot jen 30-40%.

Skupinu s menší houževnatostí tvoří ledeburitické oceli s výraznou karbidickou řádkovitostí - chromové oceli 19 436 a 19 574 (hodnoty v průhybu 32% oproti 19 559), dále chrom-wolfram-molybden-vanadová rychlořezná ocel s přísadou kobaltu 19 851 (s hodnotami průhybu 24% oproti oceli 19 559 a s pevností v ohybu 56% oceli 19 820).

Z těchto hodnot je vidět, že oceli s přísadou molybdenu 19 820 a 19 830 jsou houževnatější než vysoce legovaná wolframová ocel 19 824 resp. s přísadou kobaltu 19 851. Tato rychlořezná ocel jen obtížně odolává rázovému namáhání nástrojů. Další důležitou vlastností, je pevnost v tlaku resp. napětí v tlaku při trvalé deformaci 0,2% v tlaku). Mezi nejlepší patří molybdenová rychlořezná ocel 19 830 a rychlořezná 19 824 a 19 851. Obě oceli 19 824 a 19 851 jsou v porovnání s ocelí 19 830 méně houževnaté.

Druhou skupinu tvoří oceli 19 820 a ledeburitické chromové oceli 19 581, 19 574, 19 572 a 19 436 s klesající hodnotou pevnosti v tlaku z 88% etalonové hodnoty 19 830 až na 82%.

Oceli s menší hodnotou pevnosti v tlaku, ale stále ještě vyhovující, jsou oceli legované s malou prokalitelností 19 710, 19 714, 19 420, manganové oceli v pořadí 19 314, 19 315, 19 312 a dále chromová 19 421, 19 569. Dále pak chromové oceli 19 423, 19 426 a 19 559, uhlíkové oceli 19 191, 19 221, 19 152 a s přísadou vanadu 19 356, křemíková 19 452, houževnatá

wolfram-chrom-křemíkové oceli 19 735, 19 732.

Z uvedeného přehledu vlastností nástrojových ocelí vyplývá, že jakostně nejlepší oceli pro povlakování budou rychlořezná 19 830, 19 820, 19 824, 19 851 s vysokou pevností v tlaku, poměrně dobrou houževnatostí a dobrou pevností v ohybu. Další vhodnou ocelí bude 19 421 s poměrně dobrou pevností v ohybu, pevností v tlaku a houževnatostí, potom 19 851, 19 436 s dobrou houževnatostí, poměrně vysokou pevností v tlaku a nízkou pevností v ohybu. Ocel 19 576 se vyznačuje dobrou pevností v tlaku a pevností v ohybu a střední houževnatostí, ocel 19 569, 19 559 menší pevností v ohybu a zvýšenou houževnatostí.

Při povlakování je povlakovaný nástroj zahříván na teplotu cca 500°C (přibližně 1/3 teploty tání oceli, kdy je dosaženo maximálně příznivých podmínek pro přilnavost vrstvy) a tím vzniká možnost nežádoucího poklesu tvrdosti. Proto při výběru vhodného materiálu byly posuzovány jednotlivé popouštěcí křivky daných ocelí. V příloze č. 11 jsou zakresleny popouštěcí křivky ocelí u kterých při povlakování k výraznému poklesu tvrdosti nedochází.

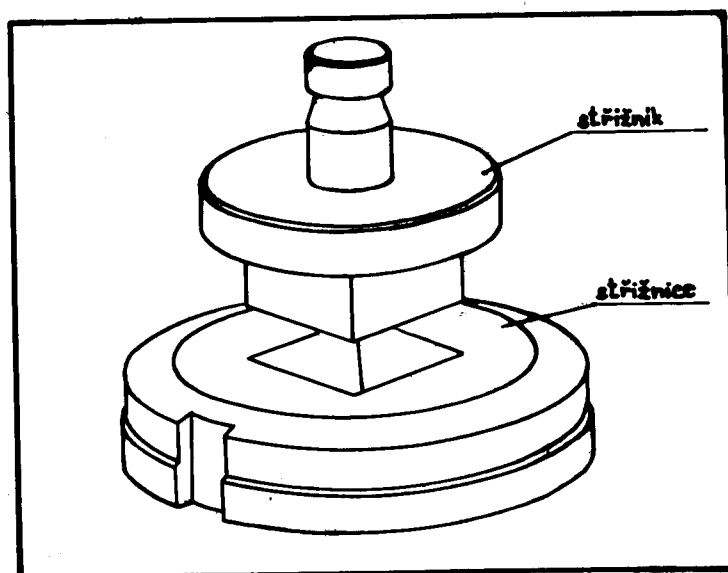
8. O v ě ř o v á n í v l i v u v r s t v y T i N

Byly porovnávány povlakované střižné nástroje s nástroji bez povlaků s cílem zjistit vliv vrstvy na opotřebení nástroje a tím i na trvanlivost nástroje.

8.1. Z k o u š k y v L V Z L i b e r e c

8.1.1. Z k u š e b n í z a ř í z e n í

K provedení zkoušek byl použit nástroj střižník-střižnice (viz.obr. 7), který na stroji TD TRUMATIK 180 K (podnik LVZ Liberec) do plechu 11 321.21 1mm silného vystřihoval otvory čtvercového průřezu 10x10 mm.



Obr. 7 Schema použitého nástroje

Nástroj se upíná do stroje pomocí speciálního přípravku, který po zajištění nástroje ve stroji se vyjímá. Nástroj byl vyroben z nástrojové oceli 19 436, kalen z teploty 960°C a popuštěn na teplotu cca 220°C .

8.1.2. P o d m í n k y p ř i d e p o z i c i v r s t v y

Nástroje byly povlakovány zařízením Z 700 S2/P2 firmy Leybold-Heraeus (VVPZ Liberec ZEZ k.p. Praha), které pracuje na principu planárního magnetronu (viz. kap. 5.2.).

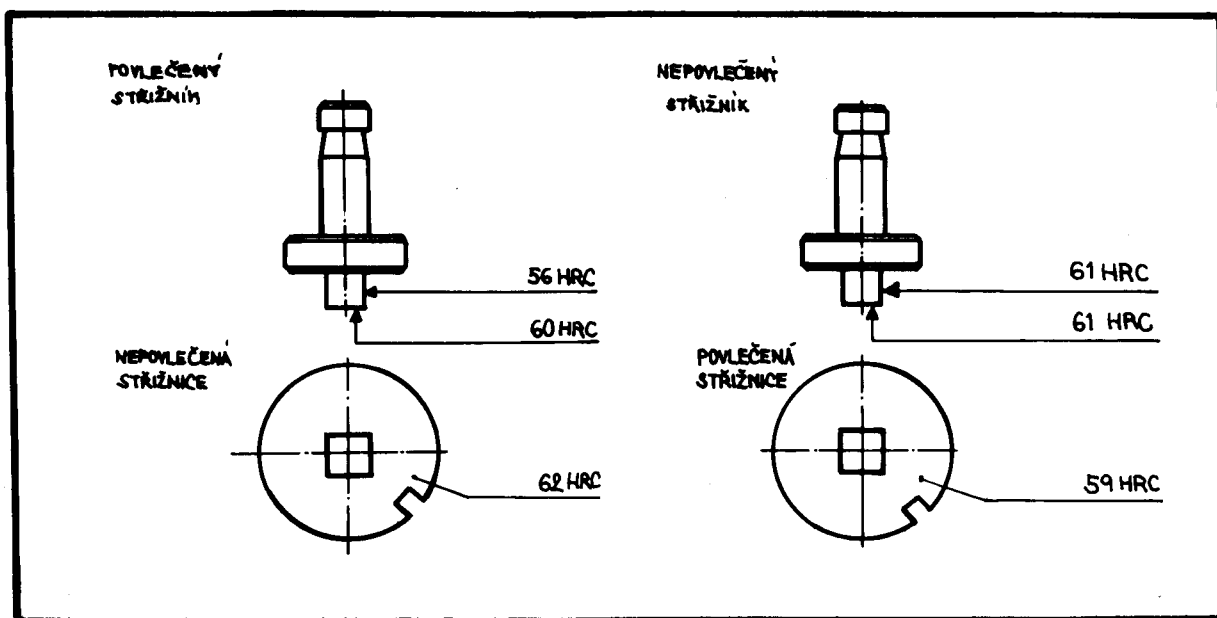
Hodnota napětí byla nastavena na 500 V a hodnota proudu 7 A. Jako target (terč) byl použit čistý Ti $\varnothing$ 120 mm. Proces probíhal v reaktivní atmosféře argonu a dusíku a celkový tlak měl hodnotu 1,1 Pa. Doba depozice (volena dle výkonu magnetronu) byla 20 min. a na nástrojích vznikla vrstva 0,002 mm silná (zjištěno z výkonu magnetronu 0,006 mm/hod.).

Protože při vytváření vrstvy došlo k ohřátí nástroje na teplotu $450-500^{\circ}\text{C}$ a mohlo dojít k nežádoucímu poklesu tvrdosti, byly na povlakovaných nástrojích i na nástrojích bez povlaku provedeny zkoušky tvrdosti dle HRC(viz. obr.8.)

Při používání "tenkých" vrstev se dosud osvědčilo /2/ používat pouze jeden díl nástroje s vrstvou. Druhý díl nástroje (na př. když použijeme střižník s vrstvou, je to střižnice) bude nepovlakován. U nástroje, který má obě části povlakovány bylo pozorováno zadírání nástroje a tím i zvětšení jak potřebné síly, tak i zhoršení kvality výstřižku a zmenšení životnosti nástroje. Proto při zkouškách byly použity obě kombinace nástrojů t.j. střižník s vrstvou-nepovlakovaná střižnice, střižník

bez vrstvy - povlakovaná střižnice, a výkony (počet vystřižených otvorů) byly porovnávány s nástrojem, který měl jak střižnici, tak i střižník nepovlakovaný. Kriteriem opotřebení bylo takové otupení nástroje, že vytvářel na výstřižcích ostřiny velikosti cca 0,07 mm (viz.příloha č. 9).

Na nástrojích po 50 000 vystřižených otvorech a potom při úplném opotřebení byl pozorován průběh opotřebení (u střižníku na čele i na hřbetě a u střižnice pouze na čele).



Obr. 8 Vyznačení provedených zkoušek tvrdosti

8.1.3. P r ů b ě h o p o t ř e b e n í

Opotřebení bylo sledováno na optickém mikroskopu NEOPHOT 21 při 100 násobném zvětšení.

Nepovlečená střižnice: při prohlídce čela byly patrný stopy /po 50 000 otvorech/ povrchových nerovností do vzdálenosti (Příloha č. 7) 0,1 - 0,50 mm dané broušením nástroje. Na opotřeбенé části čela byly patrné nepravidelné nerovnosti, vlastní břitová část nebyla rovná a byly pozorovány mikrojamky, po oddělování materiálu o maximální hloubce 0,02 mm. V rohové části tvaru se šířka opotřebení části čela zmenšila na 0,15 mm. Hloubka odštípnuté hrany nástroje se v blízkosti rohu zmenšila na hodnotu 0,03 mm.

Nepovlečená střižnice: Roh je tvořen zaoblením $R=0,11$ mm. po dokončeném střiha- Zaoblení rohu se zvětšilo na hodnotu cíím procesu $R=0,22$ mm. Opotřeбенá část čela už zcela (Příloha č. 7) postihla celou plochu okolo břitu nástroje, a do takové hloubky, že už nebyly patrný stopy po broušení nástroje.

Střižnice s vrstvou TiN: Na čele střižnice byla patrna barevná /po 50 000 otvorech/ nitridová vrstva ve vzdálenosti cca 3 mm (Příloha č. 6) od střižné hrany a v rohové části cca 0,02 mm neporušená. Poloměr rohové části byl $R=0,08$ mm. Hloubka nerovnosti opotřeбенím

nebyla v celém rozsahu stejná, ale vlivem posuvu desky plechu a vlivem nesusostnosti nástroje byla vrstva v některých částech setřena.

Střižnice s vrstvou TiN: Poloměr zaoblení rohové části se zvětšil po ukončení střiž. procesu (Příloha č. 6) jen nepatrně a došlo ke zvětšení opotřebení na čele nástroje - setření TiN vrstvy. Také mikrojamky na hřbetě se mírně zvětšily z 0,005 na 0,01 mm.

Nepovlečený střižník: Na nástroji po 50 000 vystřižených otvorech v břitové části na čele i na boku byly patrné mikrojamky velikosti přibližně 0,02 mm. Zaoblení boku nástroje bylo 0,12 mm a na rozhraní bok-čelo mělo hodnotu 0,07 mm. Na boku do vzdálenosti 0,08 mm od hrany se vlivem opotřebení ztrácely stopy po broušení nástroje.

Na nástroji po ukončení střižacího procesu (v blízkosti čela) zaoblení boku nebylo tvořeno rádiusem, ale zkosením přibližně 0,1 mm pod úhlem 45° k břitu nástroje.

Úběr materiálu nástroje se projevil na boku nástroje kdesstěna, která tvoří bok nástroje již nebyla kolmá k stěně, která tvořila čelo nástroje.

Zvětšily se mikrojamky a tak vzrostla

i jejich hloubka na hodnotu 0,03 mm.

Střižník s vrstvou TiN: Na čele i na boku nástroje byly pozorovány (Po 50 000 otvorech) mikrojamky velikosti cca 0,01 mm. Zaoblení (Příloha č. 1 a 2) boku v blízkosti čela bylo tvořeno poloměrem 0,02 mm. Zaoblení na rozhraní bok-čelo nástroje mělo hodnotu $R=0,02$ mm.

Po ukončení střiž. procesu byl pozorován značný úběr materiálu na boku nástroje. Při prohlídce boku směrem od čela nástroje bylo patrné úplné setření TiN vrstvy a krátery po úběru materiálu nástroje a "v pozadí částečně narušená" vrstva TiN. Přejít mezi bokem a čelem nástroje byl tvořen sražením hrany přibližně 0,05 mm. Sražení hrany boku nástroje bylo 0,1 mm.

8.1.4. Z h o d n o c e n í d o s a ž e n ý c h v ý s l e d k ů

Přestože k určitému zvýšení výkonu nástroje s vrstvou TiN došlo, očekávaných výsledků nebylo dosaženo

- povlakovaná střižnice, nepovlakovaný střižník:
bylo vystřiženo 117 000 otvorů
- nepovlakovaná střižnice, povlakovaný střižník:
bylo vystřiženo 93 000 otvorů
- nepovlakovaná střižnice, nepovlakovaný střižník:
bylo vystřiženo 100 000 otvorů

Zkoušky byly prováděny v provozu, kde zásoby tabulí plechu byly nerovnoměrně zaprášeny. Tak do nástroje vnikalo různé množství nečistot, které mohly zvýšit tření mezi nástrojem a stříhaným materiálem a tím i snížit trvanlivost nástroje.

Protože nástroj měl samostatné vedení předepisuje výrobce stroje, na kterém byly zkoušky prováděny, při vystřihování otvorů 10x10 mm plechu 1mm silného střižnou vůli 0,2 mm, což je přibližně dvojnásobek než u běžných používaných nástrojů.

Při dalším posuzování vlivu TiN vrstvy bude třeba brát větší zřetel na výběr materiálu nástroje. V našem případě byly podmínky deposice vrstvy (napětí, proud) a proto i teplota) upravovány tak, aby nedošlo k popuštění nástroje. Tím však mohla být ovlivněna jak přilnavost, tak i samotná kvalita vrstvy (to zn. vlastnosti vrstvy).

Při hodnocení opotřebení nástroje záleželo na objektivním posouzení obsluhy stroje, zda nástroj ještě vykazuje výstřižky odpovídající kvality a nebo by měl být již naostřen.

Všechny tyto faktory mohly ovlivnit výsledky měření, které jak je zřejmé nejsou jednoznačné. Proto by při dalším ověřování vlivu TiN vrstvy k těmto faktorům mělo být přihlíženo.

8.2. Z k o u š k y v Č K D P r a h a

8.2.1. P o d m í n k y z k o u š e k

Další zkoušky byly prováděny v ČKD Praha oborový podnik Žandov. Jako stroj byl použit výstředníkový lis.

Byly povlakovány 2 hledáčky a 5 střižníků (viz, obr.9), které vystřihovaly otvory do plechu 0,9 mm silného materiálu 14 260. Velikost střižné vůle nástroje byla 0,06 mm.

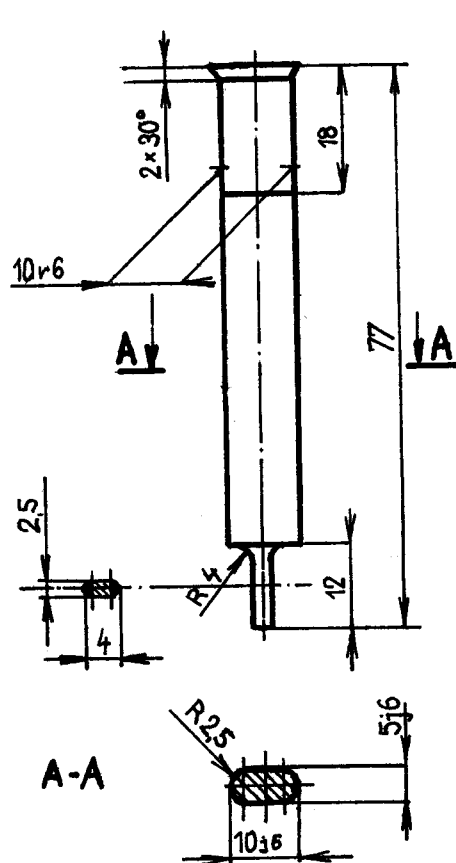
Materiál střižníků byl 19 436 a kalen z teploty cca 960°C. Materiál hledáček byl 14 220 a kalen.

Podmínky deposice byly shodné s podmínkami u předešlých zkoušek.

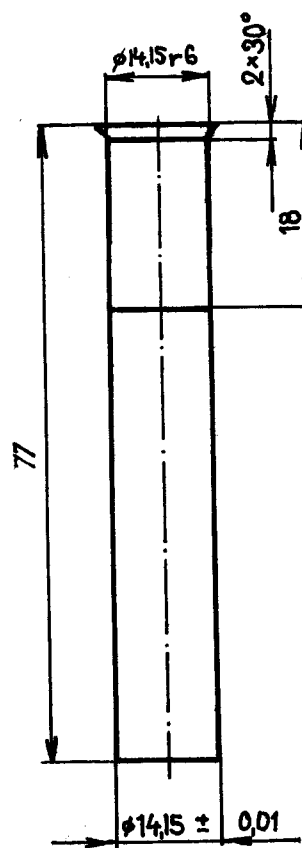
8.2.2. V y h o d n o c e n í v ý s l e d k ů

Výsledky ve dne odevzdání diplomové práce ještě nebyly k dispozici.

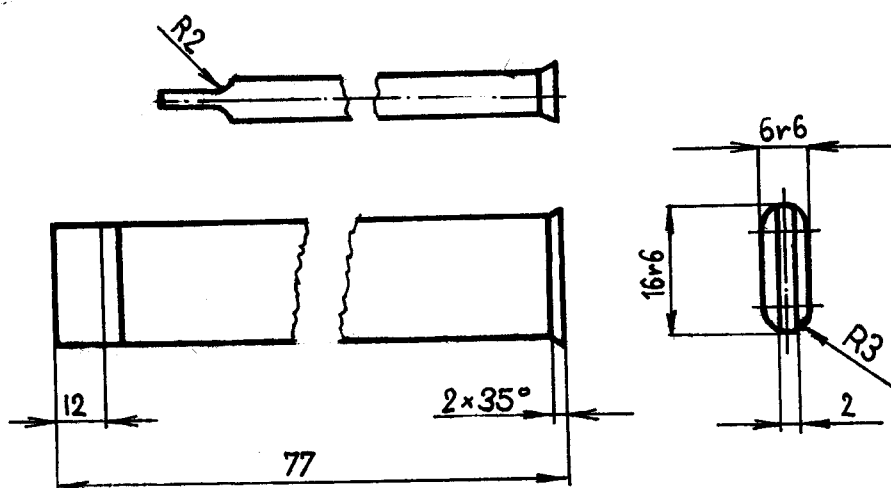
Obr. 9: Konstrukce použitých nástrojů



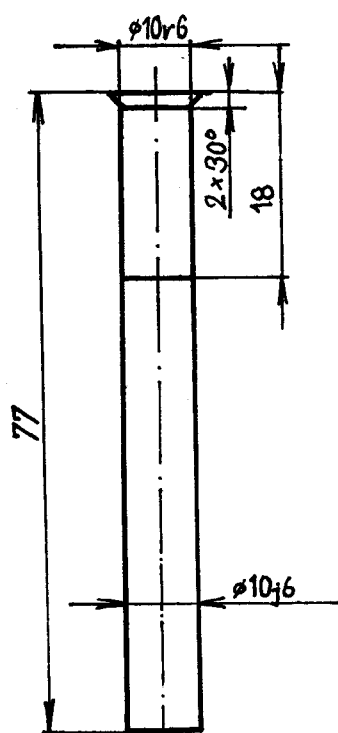
Střížník č. 1



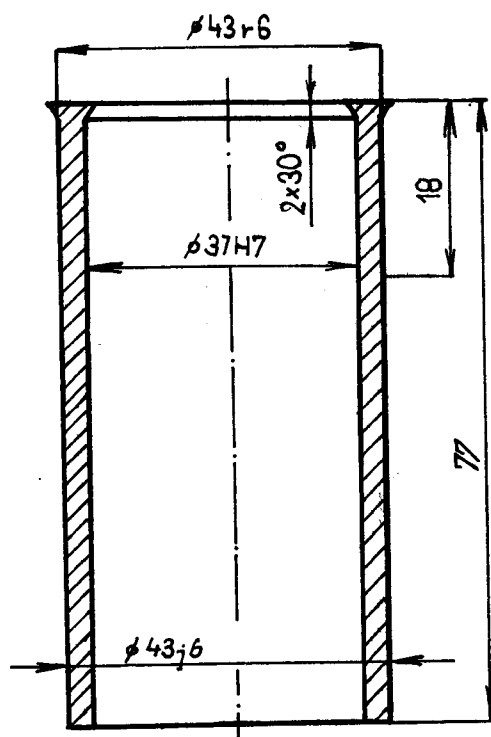
Střížník č. 2



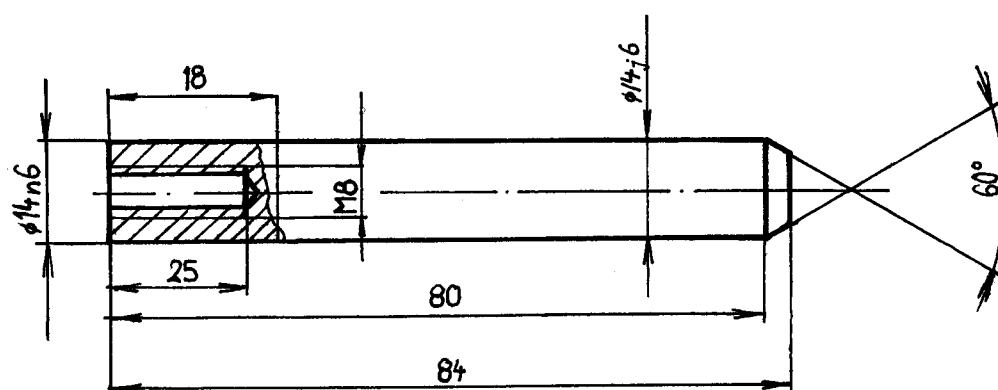
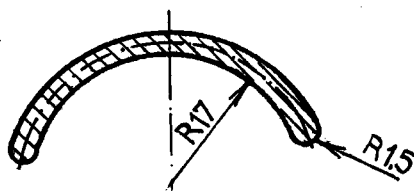
Střížník č. 3



Střižník č. 4



Střižník č. 5



Hledáček

9. Z á v ě r

Z výsledků s vrstvou TiN, které uvádí F.Birzer /4/ vyplývá, že s rostoucí tloušťkou materiálu se zvyšuje množství vystřižených otvorů povlakovanými nástroji oproti množství vystřižených otvorů nástroji bez povlaků.

Pro malý počet měření při ověřování vlivu TiN vrstvy na nástrojích, vytvořenou zařízením Z 700 S2/P2 ve VVPZ Liberec k.p. Praha a pro podmínky, které se při zkouškách vyskytly, nelze vyvodit jednoznačné závěry.

Vzhledem k výsledkům, které F.Birzer uvádí, je zřejmé, že by se vliv TiN vrstvy na střižné i tvářecí nástroje měl stát předmětem dlouhodobého výzkumu. Výroba střižných a tvářecích nástrojů je velmi nákladná a při pozitivních výsledcích by došlo ke značné úspoře jak materiálů nástroje, tak nákladů na jejich výrobu.

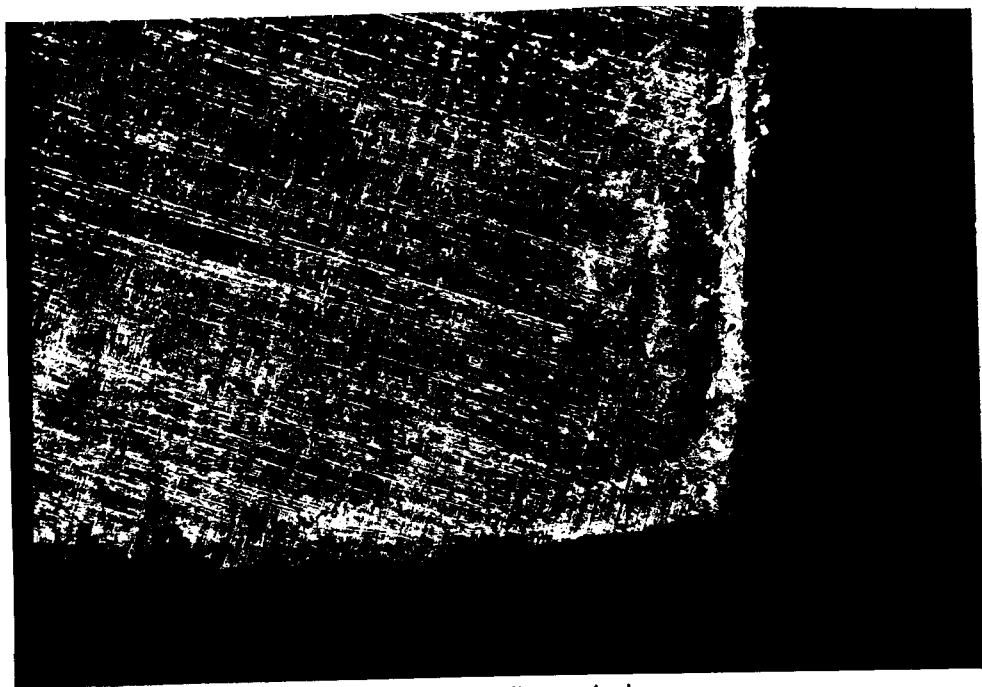
P o u ž i t á l i t e r a t u r a

- /1/ D.Růžička - V.Hrubý: Nové metody povlakování a hodnocení zdrojů katodového rozprašování, Brno, V.A.Ant.Zápotockého, 1985
- /2/ Daďourek K. a kol.: Progresivní technologie zvyšování životnosti strojních součástí a zařízení Liberec, VVPZ Liberec, k.p.ZEZ Praha, 1984
- /3/ Birzer F. - Volba vhodných materiálů pro nástroje a tepelné zpracování, Sborník z mez.věd.symposia "Přesné stříhání a možnosti využití" Biel, Švýcarsko, 1984 str. 97
- /4/ Birzer F.: Zvýšení životnosti nástrojů pomocí povlaků a mazání, Sborník z mez.věd.symposia "Přesné stříhání a možnosti využití" Biel, Švýcarsko, 1984 str. 110
- /5/ Pacher O.: Možnosti pokovování nástrojů, Sborník z mez.věd. symposia "Přesné stříhání a možnosti využití", Biel, Švýcarsko, 1984 str. 160
- /6/ Krejčíř J.: Strojírenská výroba roč.1984 č.11 str. 812
- /7/ Krejčíř J. a kol.: Strojírenská výroba roč.1984 č.1 str.33
- /8/ Romanovskij V.P.: Příručka pro lisování za studena, Praha SNTL 1959
- /9/ Zubcov M.J.: Lisování - Praha, SNTL 1955

P Ř Í L O H A č.1: Střížník s vrstvou TiN (po 50 000 vystř.otv.)
(100x zvětšeno)

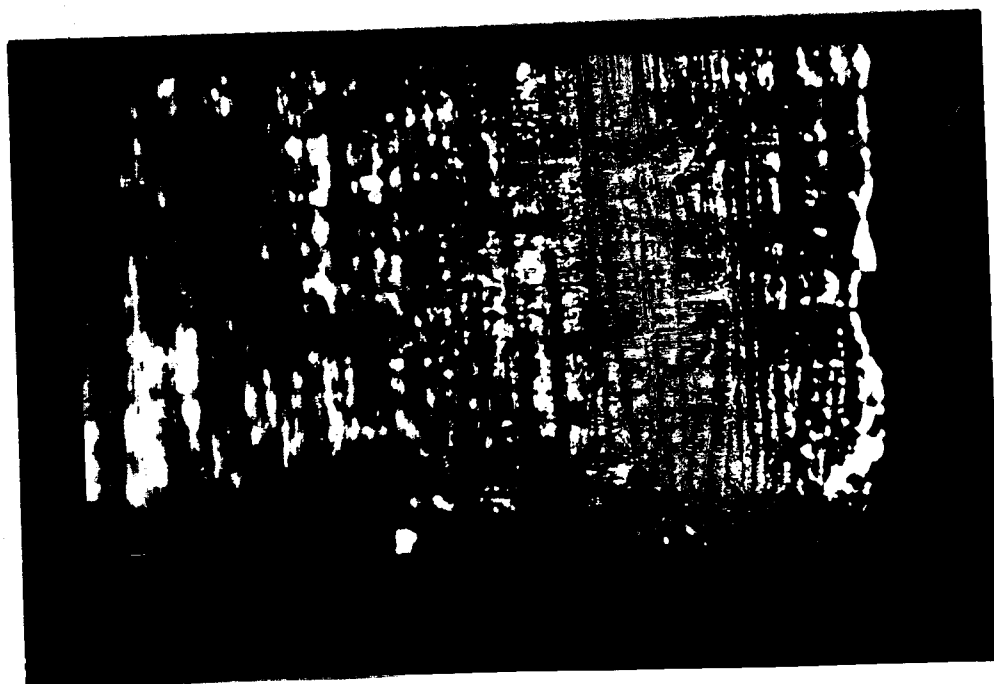


b o k s t ř i ž n í k u



č e l o s t ř i ž n í k u

P Ř Í L O H A č.2: Střižník s vrstvou TiN (po 93 000 otvorech)
(100x zvětšeno)



b o k s t ř i ž n í k u

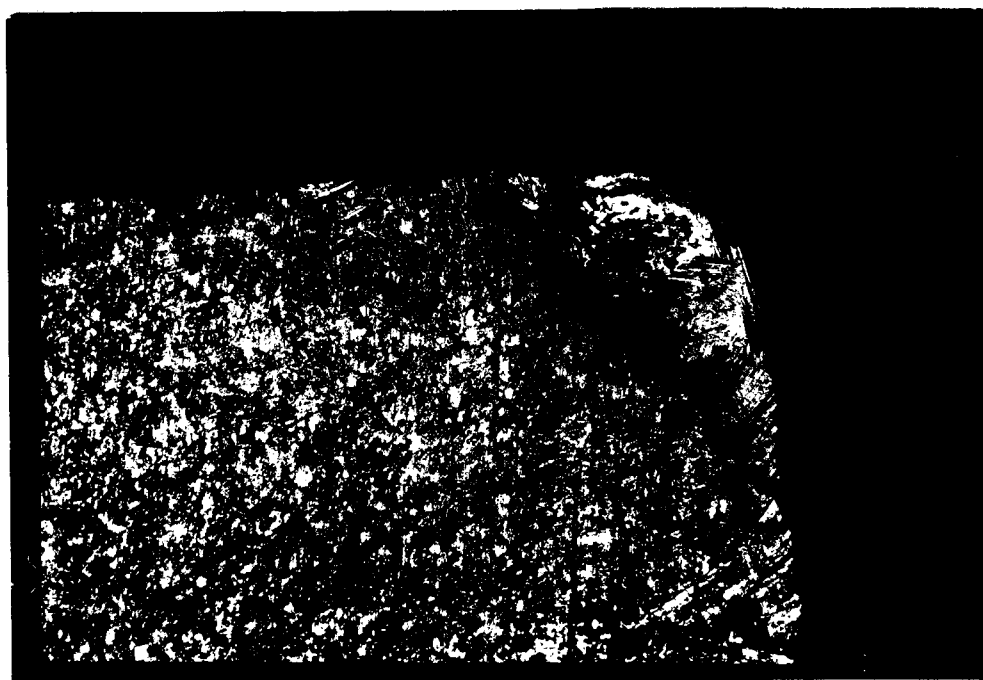


č e l o s t ř i ž n í k u

P Ř Í L O H A č.3: Nepovlakovaný střižník (po 50 000 otvorech)
(100x zvětšeno)

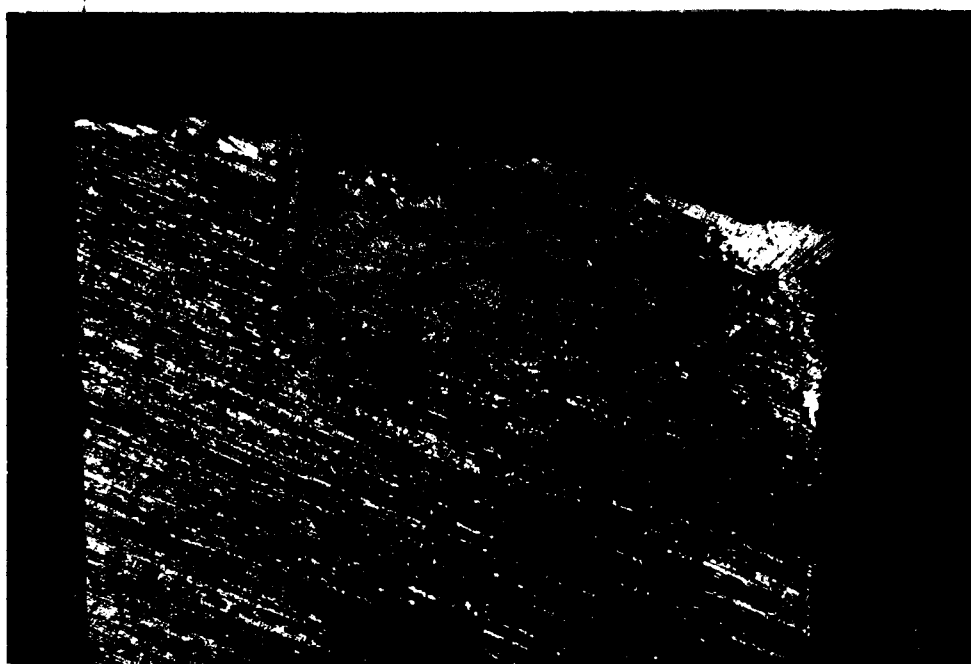


b o k s t ř i ž n í k u



č e l o s t ř i ž n í k u

P Ř Í L O H A č.4: Nepovlakovaný střižník (po 117 000 otvorech)
(100x zvětšeno)

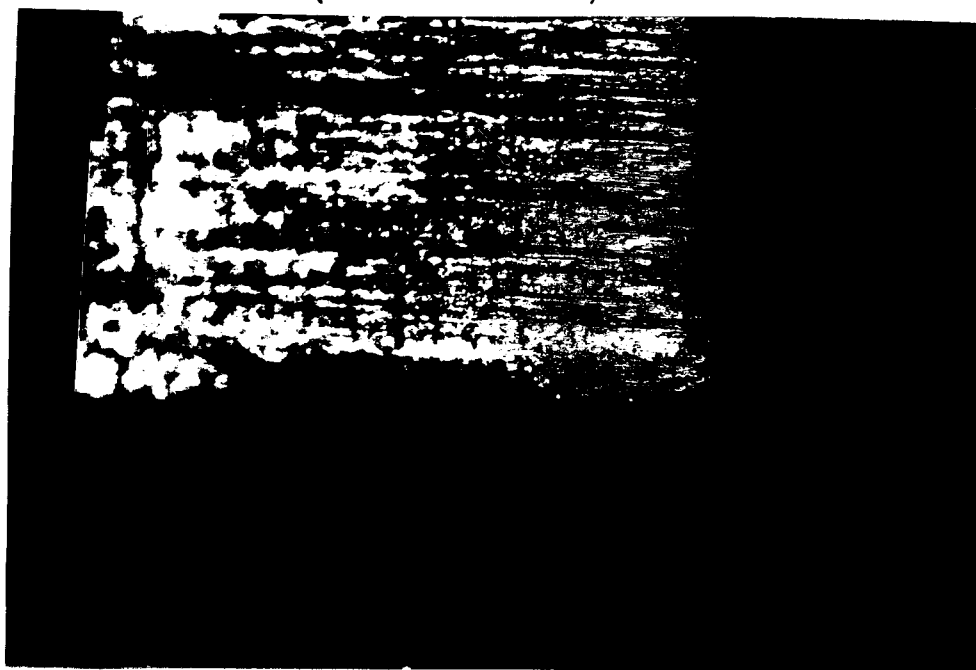


b o k s t ř i ž n í k u

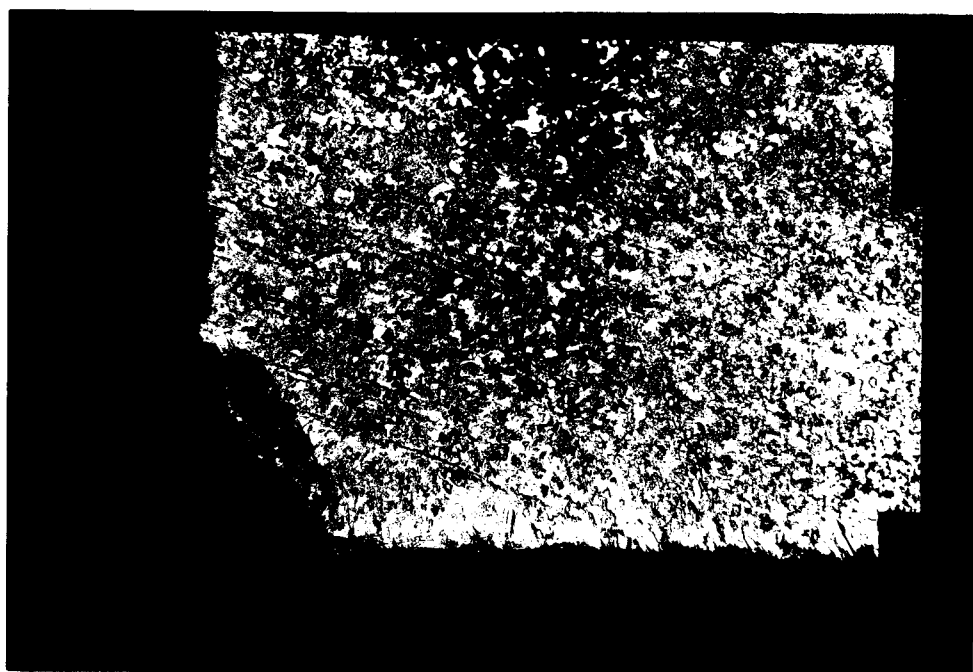


č e l o s t ř i ž n í k u

P Ř Í L O H A č.5: Střižník bez povlaku (po 100 000 otvorech)
- použit pro porovnání výsledků
(100x zvětšeno)

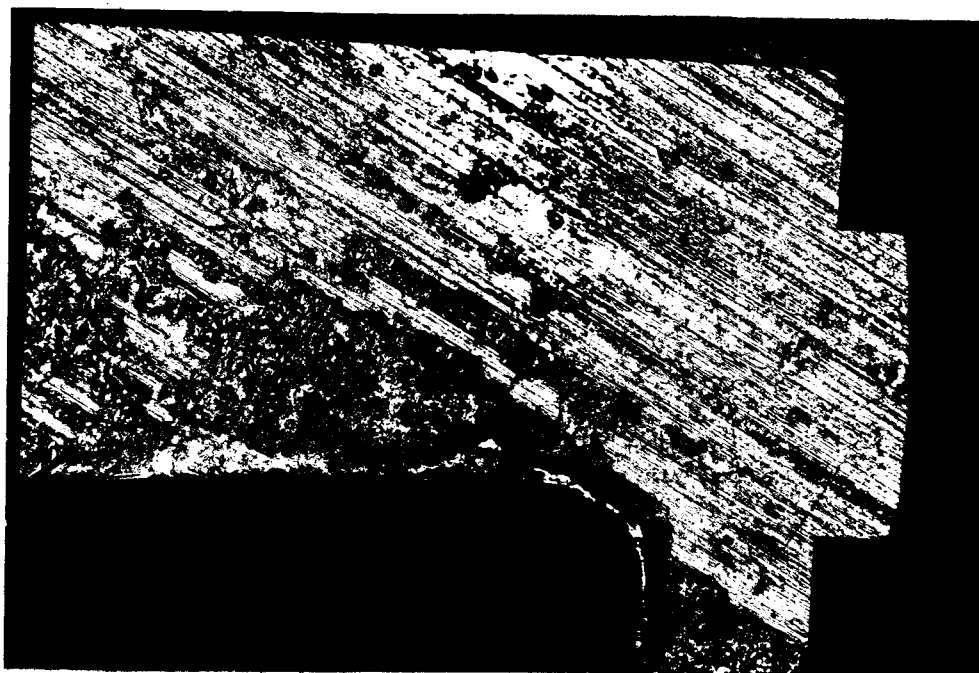


b o k s t ř i ž n í k u

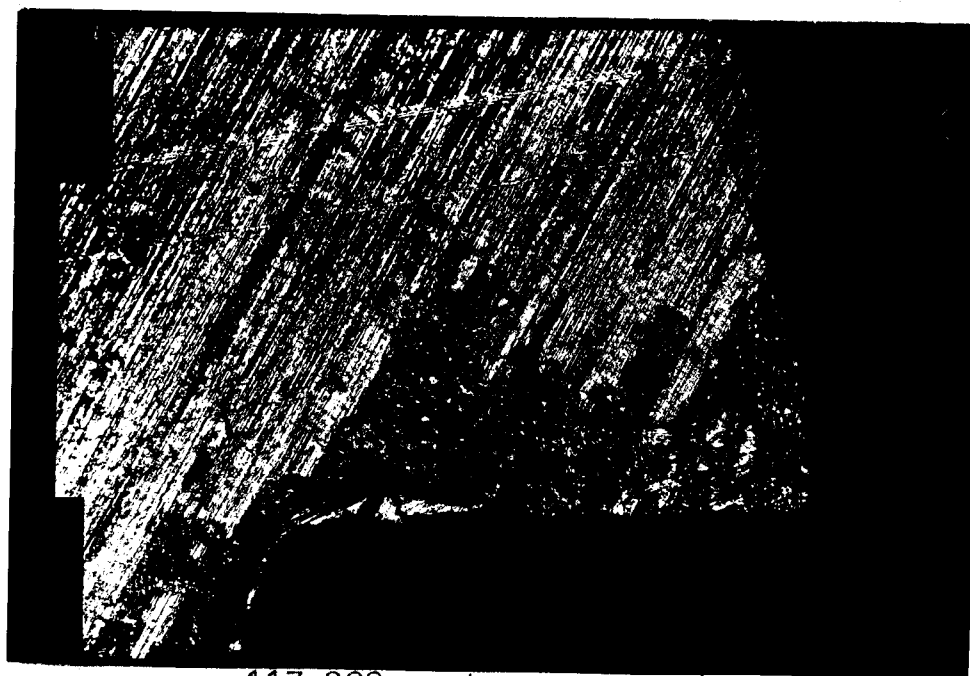


č e l o s t ř i ž n í k u

P Ř Í L O H A č.6: Střižnice s vrstvou TiN - čelo
(100x zvětšeno)

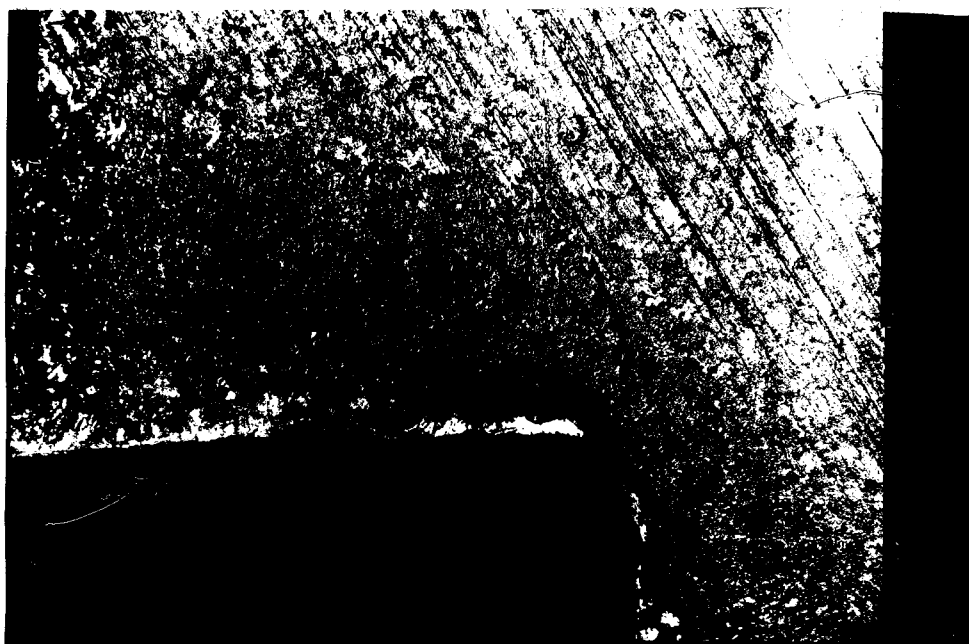


p o 50 000 o t v o r e c h

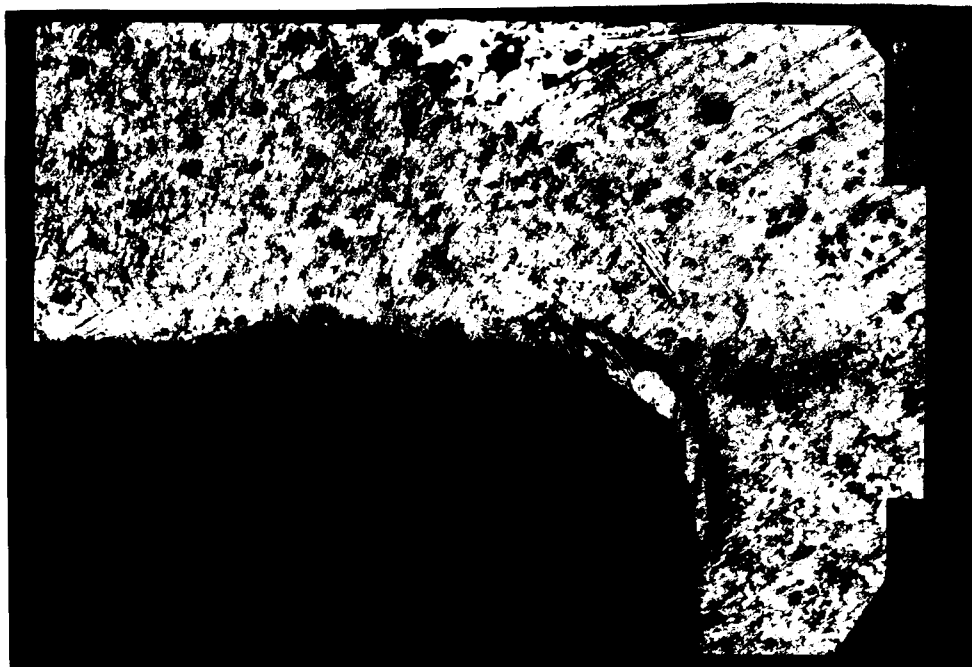


p o 117 000 o t v o r e c h

P Ř Í L O H A č.7: Nepovlakovaná střižnice - čelo
(100x zvětšeno)



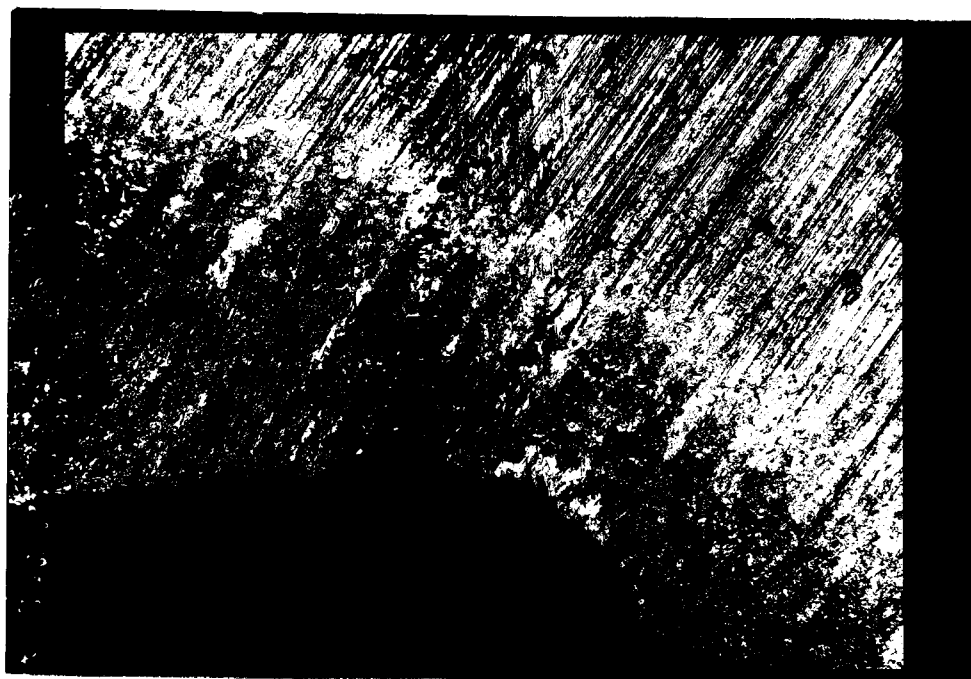
p o 50 000 o t v o r e c h



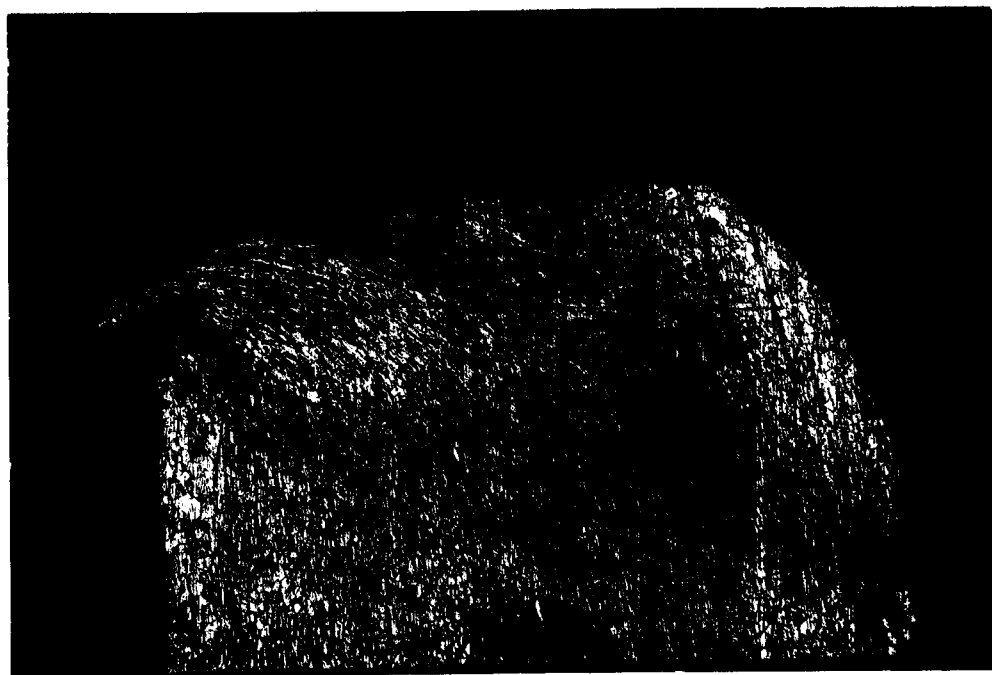
p o 50 000 o t v o r e c h

P Ř Í L O H A č.8: Nepovlakovaná střižnice - čelo
(100x zvětšeno)

po 100 000 o t v o r e c h
(použita pro porovnání výsledků)



P Ř Í L O H A č.9: Výška ostržiny
(100x zvětšeno)



PŘÍLOHA č.10: Přehled některých vlastností
nástrojových ocelí

OCEL	Obrobitelnost ve stavu žháném namáhá %	Délkové % změny ve stavu kaleném a popuštěném	ODOLNOST VE STAVU KALENÉM A POPUŠTĚNÉM												ODOLNOST PRO- TI ABRASIVNÍ- MU OTĚRU VE STAVU KALENÉM A POPUŠTĚNÉM	MEZ TRVÁLE DEFORMACE V TLAKU 0,2 % VE STAVU KA- LENÉM A POPU- ŠTĚNÉM
			VRUBOVÁ KOUŽEVNATOST				PEVNOST V OHYBU				PRŮHYB					
			%				%				%					
	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	20 40 60 80 100	
UHLÍKOVÉ	18065															
	18182															
	19181															
	19191															
	19221															
LEGOVANÉ	19312															
	19314															
	19315															
	19356															
	19420															
	19421															
	19422															
	19426															
	19452															
	19500															
	19559															
	19569															
	19572															
	19574															
	19581															
	19614															
	19655															
	19710															
	19714															
	19732															
	19735															
RYCHLOŘEZNÉ	19820															
	19824															
	19830															
	19857															
VÝKOVÉ	19901															
	19902															

1' - KALENO DO VODY
2' - KALENO V OLEJI

P Ř Í L O H A č. 11: Informativní diagramy vlivu popouštěcích teplot na tvrdost nástrojových ocelí

