

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ v LIBERCI

Nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Obor 23-07-8 strojírenská technologie

Zaměření obrábění a montáž

ŘEZIVOST POVLAKOVANÝCH VRTÁKŮ

KOM - OM - 535

Vladimír C a b a l k a

Vedoucí práce: Ing. Karel Bukač

Počet stran: 59

Počet tabulek: 29

Počet diagramů: 12

Datum: 7. května 1988

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní

Katedra: obrábění a montáže Školní rok: 1987/88

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Vladimír Cabalka

obor 23-07-8

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: Řezivost povlakovaných vrtáků

## Zásady pro vypracování:

1. Hospodářský úvod
2. Způsoby povlakování řezných nástrojů, vlivy na řezivost
3. Porovnání povlakovaných vrtáků s nepovlakovanými - návrh metodiky zkoušek
4. Vlastní zkoušky
5. Vyhodnocení a závěr

V 283/PS

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

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

Přikryl, Z. - Musílková, R.: Teorie obrábění. SNTL Praha, 1982

Liemert a kol.: Obrábění. SNTL, Praha 1974

Gazda, M: Nástroje s otěruvzdorným povlakem nitridu titanu /TiN/  
a zkušenosti s jejich použitím. Strojírenská výroba,  
č. 10, 1986

Buda, J. - Békés, J.: Teoretické základy obrabania kovov.  
Alfa, Bratislava 1977

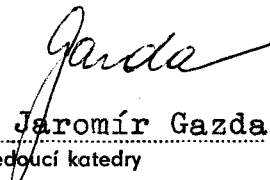
Časpisecká literatura


Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Bukač

Datum zadání diplomové práce: 30. 9. 1987

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 1988

L.S.

  
Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.  
Vedoucí katedry

  
Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.  
Děkan

v Liberci dne 30.9. 1987

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

*Vladislav Čolák*

V Liberci 7. května 1988

# O b s a h

	strana
1.0 Hospodářský úvod	5
2.0 Řezivost nástroje	7
2.1 Vymezení pojmu, vliv vlastností rezného materiálu na řezivost, opotřebení nástroje	7
2.2 Zvyšování trvanlivosti nástrojů, vliv otěruvzdorných povlaků na řezivost	9
3.0 Nástroje s otěruvzdorným povlakem nitridu titanu /TiN/	9
3.1 Vývoj povlakování rezných nástrojů z rychlořezné oceli, současný stav	9
3.2 Chemická metoda povlakování /CVD/	11
3.3 Fyzikální metoda povlakování /PVD/	12
3.4 Příprava nástrojů k povlakování	18
3.5 Charakteristika a vlastnosti povlaku TiN, výhody použití v praxi	19
3.6 Některé výsledky provozních zkoušek povlakovaných nástrojů	20
4.0 Návrh metodiky zkoušek	21
5.0 Tabulky a diagramy	23
6.0 Vyhodnocení zkoušek	53
7.0 Ekonomické hodnocení	55
8.0 Závěr	58
 Přehled použité literatury	 59

## 1.0 HOSPODÁŘSKÝ ÚVOD

Současný stupeň rozvoje společnosti lze charakterizovat jako etapu budování rozvinuté socialistické společnosti. Hlavní cíle, které si v této etapě klademe, jsou především neustálé zvyšování životní úrovně obyvatelstva, uspokojování jeho hmotných a duchovních potřeb na kvalitativně vyšším stupni, upevňování jeho životních a sociálních jistot a vytváření příznivějších podmínek pro harmonický a všestranný rozvoj člověka. Zabezpečení těchto cílů je základním úkolem naší dlouhodobé hospodářské strategie založené na urychlení sociálně ekonomického rozvoje cestou intenzifikace a zvyšování efektivnosti společenské výroby, kvality veškeré práce a přísné hospodárnosti.

Všestranná intenzifikace celého národního hospodářství vyžaduje urychlení vědeckotechnického rozvoje na základě aktivního zapojení do realizace Komplexního programu vědeckotechnického pokroku členských zemí RVHP do roku 2000. Rozhodující úlohu v urychlení vědeckotechnického rozvoje musí plnit především strojírenský a elektrotechnický průmysl. Vědeckotechnický pokroj je nutno zaměřit především na:

- elektronizaci národního hospodářství
- komplexní automatizaci a robotizaci
- rozvoj jaderné energetiky
- vývoj nových druhů materiálů a osvojení jejich výroby výkonnými technologiemi
- rozvoj biotechnologií

Vědeckotechnický rozvoj nemůže a ani nesmí probíhat odtrženě od praxe. Musí z ní vycházet a musí pružně řešit problémy a úkoly z ní vyplývající. Zároveň je nutno dbát, aby se nejnovější poznatky vědy a techniky v praxi důsledně a co nejefektivněji uplatňovaly.

Téma této diplomové práce ve své podstatě vychází z požadavku praxe - vyšší trvanlivostí nástrojů zvyšovat nejen kvalitu výroby, ale především uspořit náklady na výrobu např. zkrácením časů na výměnu a seřízení a tím odstranění neproduktivních přestávek. Vytváření otěruvzdorných povlaků na nástrojích je jednou z cest, jak to nakonec vyplývá z výsledků zkoušek a výpočtů v závěrečných kapitolách této práce.

## 2.0 ŘEZIVOST NÁSTROJE

### 2.1 Vymezení pojmu, vliv vlastností řezného materiálu na řezivost, opotřebení nástroje

Řezivost je souhrn vlastností řezného nástroje, které komplexně ovlivňují hospodárnost úběru. Není možné ji stanovit absolutní hodnotou. Slouží pouze k vzájemnému hodnocení výkonu /velikost hospodárného úběru 2 nebo více nástrojů případně daného nástroje vzhledem k etalonovému nástroji při obrábění stejného materiálu za stejných řezných podmínek /průřez třísky, geometrie břitu, řezné prostředí/.

Stupeň řezivosti nástroje závisí na intenzitě jeho otupování při řezání za daných řezných podmínek /odolnost proti tepelnému a mechanickému namáhání/. Základní vlastnosti řezného materiálu, které určují stupeň jeho řezivosti:

- tvrdost
- houževnatost
- závislost na teplotě
- tepelná vodivost
- chemická aktivita materiálu obrobku
- velikost tření mezi nástrojem a obrobkem

Jeden z největších vlivů na stupeň řezivosti má změna tvrdosti v závislosti na teplotě. U nástrojových a rychlořezných ocelí se za limitní teplotu /to je tehdy, když tvrdost neklesne pod 58 HRC/ považuje popouštěcí teplota tj. 240 až 280<sup>o</sup>C u nástrojových nízkolegovaných ocelí a 550 až 630<sup>o</sup>C u rychlořezných ocelí.



Převážně vlivem vysokého tepelného a mechanického namáhání dochází k opotřebení nástroje. Nástroj se opotřebává na čele vlivem odcházející třísky a na hřbetě především z důvodu tření mezi nástrojem a obrobkem.

Rozeznáváme základní druhy opotřebení:

1. otěr                   - mechanický  
                              - chemicko-difúzní
2. křehký lom
3. plastický otěr

Při obrábění nástroji z rychlořezné oceli se neuplatňují všechny druhy opotřebení, ale pouze některé. Jsou to především opotřebení mechanickým otěrem a opotřebení plastickou deformací.

Opotřebení mechanickým otěrem - je způsobené vydíráním povrchových vrstev řezného materiálu tvrdými částicemi obráběného materiálu, jejichž tvrdost je rovna nebo je větší než tvrdost řezného materiálu. Tvrdými částicemi mohou být např. zrnka písku z formovacích směsí při obrábění odlitků, tvrdé strukturální složky obráběného materiálu /např. martenzit/, drobné částičky rozrušeného nárůstku, karbidy vznikající v mezních vrstvách třísky a plochy řezu v důsledku fázových přeměn vyvolaných intenzivní plastickou deformací.

Opotřebení plastickou deformací - setkáváme se s ním hlavně při tepelném přetížení břitu. Poklesne-li poměr tvrdosti řezného nástroje a obrobku a převýší-li současně napětí v povrchových vrstvách břitu mez tečení nástrojového materiálu nastává plastická deformace. V počátečním stadiu se zaobluje řezná hrana, následuje pohyb materiálu povrchových vrstev ve směru pohybu plochy řezu. V důsledku toho se zvyšuje kontaktní plocha na hřbetě a úhel hřbetu se blíží k nule. Z vyteklé vrstvy materiálu se odtrhávají částice řezného materiálu a odcházejí po ploše řezu.

## 2.2 Zvyšování trvanlivosti nástrojů, vliv povlaků na řezivost

Z výše uvedeného vyplývá jakým způsobem lze do značné míry eliminovat nepříznivé jevy, které snižují řezivost nástroje a tím i patřičně zvýšit životnost nástrojů.

Jednou z cest je použití vhodné řezné kapaliny, která má jednak chladicí účinek tzn., že ochlazováním povrchových vrstev nástroje, obrobku a volné části třísky se zvyšuje teplotní spád mezi zdroji tepla a hmotou nástroje, obrobku a třísky, což vede k rychlejšímu odvodu tepla ze stykových míst břitu a dále mazací účinek, který snižuje práci tření tj. snižuje součinitel tření na stykových místech břitu a obrobku.

Další z cest zvyšování trvanlivosti nástroje je snaha dosáhnout izotropních vlastností na povrchu nástroje, potlačení difúzních jevů a tepelného namáhání. Těmto požadavkům je možné se přiblížit, jestliže se na povrchu nástroje vytvoří vhodný izotropní povlak, který bude mít vysokou tvrdost, dobrou přilnavost k základnímu materiálu, bude minimalizovat difúzní pochody, tepelné namáhání a bude mít nízký koeficient tření.

Proto se začalo používat velmi tenkých otěruvzdorných povlaků /např. karbidu titanu TiC, nitridu titanu TiN, apod./ na nástrojích převážně ze slinutých karbidů a nástrojových ocelí.

## 3.0 NÁSTROJE S OTĚRUVZDORNÝM POVLAKEM NITRIDU TITANU /TiN/

### 3.1 Vývoj povlakování řezných nástrojů z rychlořezné oceli, současný stav

Povlakování rychlořezných ocelí je metodou, která je na počátku svého vývoje. Vždyť první poznatky se objevují teprve v 70.

letech našeho století a větší pokrok nastával až ve druhé polovině 70. let. První obchodní nabídky nástrojů z rychlořezné oceli opatřené povlakem TiN se objevují začátkem 80. let.

Historie povlaků TiC a TiN na destičkách ze slinutých karbidů je delší. Počátky sahají na začátek 60. let 20. století.

Jako každá novinka vzbudily povlaky zaslouženou pozornost. Svoji cestu do praxe však tyto nástroje s typickou zlatožlutou barvou neměly lehkou. Nezájem výrobců používat tyto nástroje pramenil jednak z jejich vyšší pořizovací ceny, dále z nedůvěry k uváděným vlastnostem těchto nástrojů /např. že při dosažení srovnatelných trvanlivostí nástrojů umožňují zvýšit řeznou rychlost až o 25 až 50% a tím i produktivitu práce/. Další nezodpovězenou otázkou bylo, co se stane s povlakem při přeastření, nebude-li přeastření eliminovat výhody povlakovaných nástrojů oproti nepovlakovaným.

Další vývoj však ukázal, že tyto obavy byly liché. Že povlaky na rychlořezných ocelích /i slinutých karbidech/ přináší podstatné zvýšení životnosti nástrojů a tím i mírné ekonomické zvýhodnění v souvislosti se strojními náklady na 1 vyrobený kus, proces obrábění je rychlejší a z toho vyplývá i vyšší ekonomická návratnost investic do nástroje samotného.

V praxi se v současné době povlakují vrtáky, výstružníky, odvalovací frézy, soustružnické nože, obrábění nože, vyměnitelné destičky a další řezné nástroje, ale i nástroje, pro tváření za studena /např. razníky, stříhací nože/.

V ČSSR pracuje od poloviny roku 1982 v TST k.p. Náradí závod Ždánice, zatím jediné produkční zařízení v Československu.

Jedná se o sovětské zařízení patentované konstrukce BULAT 3 T, na kterém se provádí povlakování vrstvou TiN fyzikální metodou. Vlastní nanášení otěrůvzdorného povlaku se provádí licenční technologií KIB /kondensace s iontovým bombardováním/. Tato metoda patří do skupiny iontového plátování.

Základní druhy metod nanášení otěrůvzdorných povlaků jsou:

1. Chemická metoda - CVD /chemical vapour deposition/
2. Fyzikální metoda - PVD /physical vapour deposition/

### 3.2 Chemická metoda /CVD/

Je založena na principu chemického vylučování z plynné fáze používaná na povlakování vyměnitelných destiček z SK. Podstata: nástroje, které se mají povlakovat se vloží do reakční komory, ta se evakuuje a po té se do ní vhání nosný plyn a přesné množství reakčních plynů. Probíhá za vysokých teplot 960 až 1.065°C. Pro vysoké teploty je tato metoda nevhodná pro rychlořezné oceli. Vysoká teplota způsobí, že se reaktivní plyny štěpí a požadovaná sloučenina povlaku se vysráží na povrchu nástroje. Tímto způsobem se nanáší vrstvy TiN, TiC, Ti/CN/, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a další. Nanášejí na SK buď jako jednovrstvé povlaky nebo vícevrstvé /kombinace jednotlivých povlaků/.

Obvyklá tloušťka povlaku je 0,002 až 0,003 mm. Čím je vyšší tloušťka tím více ztrácí povlaky soudržnost se základním materiálem. Povlaky jsou velmi adhezni s podložkou, dosahují tvrdosti až 3.000 HV.

Cena povlaku je úměrná ceně nástroje, většinou 5 až 100% původní ceny nástroje. Úspory vznikají menší spotřebou nástroje a kratšími prostoji při obrábění.

Chemické povlakování je pro svou vysokou teplotu během procesu vhodné pouze pro povlakování slinutých karbidů.

### 3.3 Fyzikální metoda /PVD/

Je založena na rozprašování nebo odpařování pevného terče /např. Ti, Cr, Al/, bombardování podložky /nástroje/ směsí neutrálních atomů a iontů a kondenzací chemické sloučeniny, např. nitridu karbidu nebo oxidu zvoleného kovu na nástroji v evakuované komoře.

Všechny 3 procesy probíhají při relativně nízké teplotě, která nepřesáhne  $550^{\circ}\text{C}$ , tj. pod teplotou popouštění, z čehož vyplývá, že nástroje nejsou tepelně ovlivněny, a proto je tato metoda vhodná pro povlakování rychlořezných ocelí.

Jednotlivé technologie fyzikálního povlakování se liší způsobem odpařování terče /tepelné, odporové, vysokofrekvenční, obloukové/ či způsobem rozprašování terče /bombardování svazkem iontů nebo elektronů/, tlakem pracovní atmosféry, typem výboje pro ionizaci par a jeho uspořádání, aplikací magnetického nebo elektrického pole.

Používané metody povlakování:

#### 1. Vakuové odpařování

Jedná se o velmi rozšířenou metodu, která poskytuje při dodržení určitých experimentálních podmínek vrstvy extrémní čistoty. Je to metoda relativně jednoduchá.

Princip metody spočívá v tom, že daný kov se může odpařovat, je-li v uzavřeném systému vakuum lepší, než je tlak par vypařovaného kovu při dané teplotě vypařování, tzn. že tlak par vypařovaného kovu převyšuje tlak zbývajících plynů v systému /absolutního vakua nelze dosáhnout/. Dojde-li ke splnění těchto podmínek, začnou páry kovu kondenzovat na chladných, vhodně umístěných plochách

povlakovaného předmětu. Povlakovaný předmět bývá obvykle chlazen.

U této metody jsou kladeny velmi vysoké požadavky na vakuum. Běžně se užívá tlaků  $10^{-2}$  až  $10^{-4}$  Pa. Ve zvláštních případech, kdy je kladem požadavek extrémní čistoty vrstvy se pracuje v oboru ultravysokého vakua a tlaky jsou menší než  $10^{-5}$  Pa.

Pro zahřátí vypařovaného materiálu na požadovanou teplotu se obvykle používá odporového ohřevu. V posledních letech už však byla vyvinuta zařízení pro ohřev elektrickým obloukem, elektro-  
novým paprskem a laserem.

## 2. Reaktivní odpařování

Princip této metody spočívá v odpařování materiálu za přítomnosti určitého parciálního tlaku kyslíku. Tímto způsobem se nanáší i některé sloučeniny kovů.

## 3. Aktivované reaktivní odpařování

Metoda je založena na ionizaci plynů v reaktoru vložením kladné pomocné elektrody. Při tomto procesu dochází k ionizaci plynů urychlením tepelně emitovaných elektronů a taveniny.

## 4. Iontové povlakování

Princip metody spočívá v ionizaci odpařovaného kovu v důsledku doutnavého výboje přivedeného nosným plynem v evakuované komoře. Přiložením vysokého záporného napětí na součást dojde ještě jednou k ionizaci atomu plynu. Ionty kovu dopadají na povlakovanou součást s energií 100 až 300 eV a s atomy reaktivního plynu vyvolávají na povrchu součásti nebo nástroje chemickou sloučeninu.

Tato metoda z důvodů vyšší energie iontů umožňuje vytvářet vrstvy s velmi dobrou přilnavostí a tudíž i kvalitou a navíc se jedná o metodu poměrně rychlou.

### 5. Katodové rozprašování

Princip metody spočívá v bombardování kovové katody prostřednictvím pozitivních iontů, získaných ionizací inertního plynu doutnavým výbojem, která se tím rozprašuje a rozprášený kov se usazuje na povrchu povlakovaného předmětu. Přivádí-li se do komory současně reaktivní plyn, dochází k reaktivnímu povlakování. Atomy plynu reagují s atomy kovu na povrchu součásti nebo nástroje a vzniká chemická sloučenina kovu /např. TiN/.

Přílnavost kovových vrstev nebo chemických sloučenin je závislá na kovové čistotě povrchu podložky, která má být povlakována, dále na teplotě povlakování a na kinetické energii odpařovaných nebo rozprašovaných částic dopadajících na povrch předmětu. Při napařování dopadají částice na povrch předmětu s energií 0,1 eV, při katodovém rozprašování mají energii 5 až 10 eV. Katodovým rozprašováním vytvořené povlaky budou mít tedy za stejných podmínek nižší adhezi než povlaky vytvořené iontovým povlakováním, ale přitom adheze se základním materiálem bude vyšší než u povlaků vytvořených odpařováním.

### 6. Magnetronové katodové rozprašování

Princip této metody spočívá v rozprašování pevného terče ve zkříženém elektrickém a magnetickém poli za sníženého tlaku a v kondenzaci rozprášených částic na povrchu předmětu.

Podle druhu atmosféry, ve které se provádí rozprašování terče, získáváme složení deponované vrstvy.

- a/ atmosféra je inertní /nejčastěji argon/. Deponovaná vrstva má stejné složení jako rozprašovaný terč
- b/ atmosféra je směsí inertního a reaktivního plynu /např. Argonu a Dusíku/. Deponovaná vrstva je sloučenina materiálu rozprašovaného terče a reaktivního plynu /např. TiN/. Tento proces se nazývá reaktivní magnetronová depozice vrstev.

Výhody magnetronového rozprašování proti klasickému katodovému rozprašování:

- a/ vysoká rychlost depozice vrstev /řádově  $10^2$  až  $10^3$  mm/min/
- b/ nízké pracovní napětí /asi 500 V/
- c/ nízký tlak pracovního plynu /0,1 až 1 Pa/
- d/ lepší energetická účinnost
- e/ malý ohřev povlakovaného předmětu z důvodu jeho umístění mimo výboj
- f/ malé omezení geometrie a rozměrů povlakovaného předmětu
- g/ jednoduchost konstrukce a spolehlivost zařízení
- h/ dokonalá reprodukovatelnost vrstev

Z výše uvedeného vyplývá předurčenost dané metody pro budoucí průmyslové využití, neboť zatím tato metoda nebyla především z důvodu značné nižší adheze vrstev než při iontovém povlakování průmyslově využívána. Zvláště pozitivní je to, že proces probíhá při teplotách v rozmezí 50 až 250°C a tedy je možno této metody použít pro povlakování i nástrojových nízkolegovaných ocelí.

Další metody nanášení povlaků

#### Iontová implantace

Metoda založena na vstřelování iontů uhlíku příp. dusíku do povrchu s energií 100 keV do hloubky až 0,0001 mm. Děj probíhá ve vakuu při teplotách do 200°C. Implantovaná vrstva má dobrou adhezi se základním materiálem. Její další výhodou je, že je možné měnit mechanické i fyzikální vlastnosti povrchových vrstev.

#### Iontová nitridace

Metoda je založena na pronikání dusíkového media ve formě plazmy do povrchu součásti. Malé množství plynu obsahující dusík se přivádí do vysáté vakuové nádoby. Součástky určené k nitridování jsou vloženy do nádoby a elektricky odizolovány. Stávají se kato-



dou, nádoba je anodou na které se přivádí stejnosměrné napětí 400 až 1.000 V. Do nádoby se přivádí dávky plynu dusíku, směsi dusíku a vodíku nebo dusíku, vodíku a metanu. Vlivem napětí dochází ve zředěném prostředí plynu k zapálení doutnavého výboje. Atomy dusíku a molekuly nitridační atmosféry jsou v blízkosti katody ionizovány a vytváří svítící doutnavý výboj. Pozitivní ionty dusíku se v elektrickém poli pohybují směrem ke katodě. V důsledku katodového úbytku napětí v blízkosti povrchu povlakovaného předmětu jsou ionty silně urychlovány a dopadají vysokou kinetickou energií na povrch součásti. Nárazem se část energie přemění v teplo a součásti jsou ohřívány na nitridační teplotu. Z toho důvodu není nutný další zdroj tepla. Nárazem iontů jsou vyráženy z povrchu oceli atomy železa a neželezných prvků kyslíku, uhlíku. V blízkosti povrchu se slučují tyto atomy železa s atomy dusíku a vznikají bohaté nitridy železa, které jsou zpětně urychlovány na povrch součásti, kde kondenzují a rozpařují se. Rozpadem uvolněný dusík pak difunduje do povrchu. Uvedené proti sobě jsou procesy jsou základem pro vznik iontonitridačních vrstev.

Výsledkem tohoto procesu je zvýšení tvrdosti povrchové vrstvy, zvýšení meze únavy u cyklicky namáhaných součástí, zvýšení korozní odolnosti a kluzných vlastností.

#### Plazmatický nástřik

Princip spočívá v nanášení roztaveného kovu na povlakovaný předmět. Roztavený kov se získá tavením prášku přiváděného do plazmatu. Prostřednictvím vysokých teplot vznikajících v plazmatu /až 30.000 K/ lze nanášet i látky s vysokým bodem tání jako je wolfram, molybden, tita<sup>n</sup>, karbidy wolframu, titanu a některé kyslíčníky.

#### Boridování ocelí

Princip metody spočívá ve vnikání boridů železa do povrchu v

důsledku difuze bóru.

Umožňuje dosahovat podstatně vyšších tvrdostí /až 1.800 HV/ povrchových vrstev než se dosahuje při cementaci či nitridaci.

Provádí se buď působením plynné fáze /borany, alkylborany, halogenidy bóru/, kapalně fáze - stykem s taveninou boritanů s případným využitím elektrolýzy, pevné fáze /práškového zásypu/ a působením plazmy.

#### Elektrojiskrové nanášení karbidových otěruvzdorných povlaků

Jedná se o novou metodu používanou především k nanášení karbidu titanu na řezné nástroje z rychlořezné oceli případně na různé strojní součásti. Může nahrazovat některé metody jako např. galvanické nanášení, navařování, atd.

Dosud jedinou průmyslově používanou technologií, zejména pro povlakování TiN, je metoda iontového plátování. Dochází před kondenzací i při ní k intenzivnímu bombardování, čímž se nástroj zároveň zahřívá. Iontové bombardování působí příznivě na adhesi vrstvy /dosahuje vysokých hodnot/. Zároveň dochází k ovlivňování velikostí zrn povlaku a jeho sloupcové struktury.

Zařízení vyvinutá pro tuto technologii.

a/ odpařování elektronovým svazkem

BALZERS BAI 730 - Švýcarsko

ULVAIC IPD 30 - Japonsko

TINA 900 - NDR

EQUIPMENT 750 - Finsko

b/ odpařování nízkonapětovým obloukem

BULAT 3 T - SSSR

PUSK - SSSR

NNV 6 - SSSR

MULTI ARC - USA

SURMETAL - Švýcarsko

c/ magnetronové rozprašování

LETBOLD - HEREAUS - NSR

### 3.4 Příprava nástrojů k povlakování

Povlakování se provádí jako finální operace na hotovém tepelně zpracovaném nástroji.

Pro dokonalé přilnutí povlatu TiN při povlakování fyzikální /PVD/ metodou musí být splněny tyto podmínky:

- kovově čistý povrch nástroje /nástroj je celobroušený i na nefunkčních plochách/
- řezné břity musí být zbaveny ostřin
- aktivní řezné plochy /břity/ nesmí mít přížehy vzniklé nesprávným broušením
- nástroj nesmí mít povrch opatřen jiným povlakem, např. galvanickým nebo chemicko-tepelným zpracováním /nitridace, oxidace v páře, fosfátování, atd./
- nástroje musí být nové /nesmí ležet skladem/a před oxidací musí být chráněné konzervačním prostředkem

Čištění /příprava/ nástrojů se provádí:

1/ mechanicko-chemické - odmaštění a vyčištění nástrojů

2/ iontové - důležité pro dobrou adhezi povlaku povrchu nástroje.

Dopad iontů na nástroj vysokou kinetickou energií /bombardování, odprašování/ způsobí čištění povrchu nástroje od oxidů a absorbovaných plynů, přičemž se část kinetické energie mění v teplo, které ohřívá nástroj na požadovanou reakční teplotu. Iontové čištění vytváří také mřížkové povrchy v základním materiálu, které se při nanášení povlaku stanou zárodečným místem pro růst vrstvy a přispívají k zakotvení povlaku na povrchu nástroje.

### 3.5 Charakteristika a vlastnosti povlaku TiN, výhody použití v praxi

Parametry ovlivňující vlastnosti povlaku:

- napětí na podložce /nástroji/
- vzdálenost nástroje od terče Ti
- teplota nástrojů
- čerpací rychlost vakuového systému
- dosažené vakuum
- drsnost, tvar a složení nástroje

Vlastnosti povlaku:

- vysoká mikrotvrdoost - ~~více~~ více než 2.000 HV
- rovnoměrnost vrstvy /tloušťka  $3 \times 10^{-6}$  m/, která kopíruje tvar nástroje
- výborná přilnavost vrstvy k nástroji
- nižší tepelná vodivost, vyšší stabilita tvrdosti základního materiálu
- odolnost proti korozi
- vysoká odolnost proti opotřebení otěrem /abrazí/
- potlačení tvorby nárůstku na břitu
- odolnost proti zadírání vlivem tzv. studených svářů

Souhrn těchto vlastností ovlivňuje výkonnost nástroje rychlořezné oceli a SK:

- 1/ zvýšení trvanlivosti nástroje v závislosti na druhu nástroje, obráběného materiálu v řezných podmínkách
- 2/ možnost zvýšit řeznou rychlost o 25 až 50% /i více/ oproti nepovlakovaným nástrojům
- 3/ zaručená stálost rozměrů /tvar nástroje zůstane po nanesení vrstvy zachován/
- 4/ snížení třecích a řezných sil
- 5/ vyšší kvalita obrobeneé plochy
- 6/ prodlužuje se doba mezi výměnou nástroje a snižováním prostojů /přípravný čas/

3.6 Některé výsledky provozních zkoušek nástrojů  
povlakovaných TiN na zařízení BULAT 3 T

závod	nástroj	obráběný materiál	počet vyrobených kusů		zvýšení trvanlivosti (%)
			nepovlakovaný nástroj	povlakovaný nástroj	
Motorpal Velké Meziříčí	vrták ø 5,35	16 720	210	1000	380
Zbrojovka Vsetín	vrták ø 7 ČSN 221121	14 140 zušlechť. 950MPa	60	300	400
Královopolské strojířny Brno	výhrubník ø 25,60	11 474.1	75	200	166
Elitex Křinec	závitník M 5 ON 223044	424347	3919	13078	233
Škoda Elzeň	závitník M 16 ČSN 223043	17 027	30	60	100
Jihočeské str. Velešín	závitník ČSN 223070	17 322	70	350	400
A Z N P Ml.Boleslav	závitník M8 ISO IC ČSN 223042	šedá litina 422425	50	450-500	800-900

#### 4.0 NÁVRH METODIKY ZKOUŠEK

Cílem zkoušek je stanovení trvanlivosti vrtáků  $\phi$  10 ČSN 221121 z rychlořezné oceli třídy 19 830 vyrobených broušením z plna a vzájemná porovnání povlakovaných, nepovlakovaných a povlakovaných přeastřených vrtáků při vrtání ocelí tř. 14 220 /třída obrobiteľnosti 12b/ a tř. 15 260 /třída obrobiteľnosti 11b/ při různých řezných podmínkách.

Pro stanovení trvanlivosti použijeme krátkodobých zkoušek trvanlivosti sníženou hodnotou kritériálního opotřebení  $VB = 0,2$  mm. Postup zkoušek:

- 1/ Zjišťování hodnot opotřebení po určitých časových úsecích při daných řezných podmínkách, sestavení VB-T diagramu
- 2/ Odečtení hodnot trvanlivostí odpovídajících opotřebení  $VB = 0,2$  mm pro jednotlivé řezné rychlosti, sestavení T-v diagramu

Povlak TiN na povrchu vrtáku je zhotoven fyzikální metodou na zařízení BULAT 3 T metodou iontového plátování s nízkonapěťovým obloukem.

Provádět se bude vrtání z plna do zkušebních vzorků - válečků  $\phi$  105 mm a tloušťky 30 mm na radiální vrtačce VR 4.

Použije se řezných rychlostí 15,7; 22,3; 31,4 m/min /bez použití řezné kapaliny/ a 31,4; 43,9; 62,8 m/min /při použití řezné kapaliny/. Posuv bude při všech zkouškách konstantní  $s = 0,1$  mm/ot.

Z důvodu značné nerovnoměrnosti opotřebení vrtáků na hřbetě, přičemž větší hodnoty opotřebení se vyskytují na vnějším  $\phi$  vrtáku než podél ostří je nutno počítat průměrné opotřebení

dle vztahu:

$$VB = \frac{1}{6} /VB_{c1} + VB_{c2} + 2 \cdot /VB_{o1} + VB_{o2} //$$

kde:  $VB_c$  = hodnota opotřebení na vnějším  $\emptyset$  vrtáku /špičce/

$VB_o$  = hodnota opotřebení podél ostří

Indexy 1,2 znamenají 1. nebo 2. břit nástroje

Měření opotřebení se bude provádět na dílenském mikroskopu ZEISS, při kterém budou vrtáky upínány do speciálního přípravku.

Diagramy T-v budou sestavovány v logaritmických souřadnicích, přičemž pro přesnější sestavení diagramů se použije metody nejmenších čtverců.

5.0

Uspořádání tabulek a diagramů

Obráběný materiál	Rezné prostředí	Vrták $\phi$ 10 ČSN 221121	$V_e$ m/min	Tabulka č.	VB-T diagram č.	T-v diagram č.
14220	bez chlazení	bez povlaku	15,7	1	1	1
			22,3	2		
			31,4	3		
		s povlakem TiN	15,7	4		
			22,3	5		
			31,4	6		
		s povlakem TiN přeostřený	15,7	7		
			22,3	8		
			31,4	9		
15260	bez chlazení	bez povlaku	15,7	10	4	2
			22,3	11		
			31,4	14		
		s povlakem TiN	15,7	12		
			22,3	13		
			31,4	14		
		s povlakem TiN přeostřený	15,7	15		
			22,3	16		
			31,4	17		
15260	s chlazením	bez povlaku	31,4	18	7	3
			43,9	19		
			62,8	20		
		s povlakem TiN	31,4	21		
			43,9	22		
			62,8	23		
		s povlakem TiN přeostřený	31,4	24		
			43,9	25		
			62,8	26		
Celkový přehled trvanlivostí tab. č. 27						



Tabulka č. 1

14220 vrták $\phi$ 10 nepovlakovaný $V_{c1} = 15,7$ m/min /n = 500 1/min/			
počet děr	čas /min/	VB /mm/	Poznámka
5	3	0,055	
10	6	0,08	
20	12	0,08	
30	18	0,095	
40	24	0,13	
50	30	0,15	
60	36	0,15	
70	42	0,16	
80	48	0,21	

Tabulka č. 2

14220 vrták $\phi$ 10 nepovlakovaný $V_{c2} = 22,3$ m/min /n = 710 1/min/			
počet děr	čas / min/	VB /mm/	Poznámka
5	2,1	0,05	
10	4,2	0,075	
20	8,4	0,09	
30	12,6	0,095	
40	16,8	0,11	
50	21,0	0,115	
60	25,2	0,13	
70	29,4	0,16	
80	33,6	0,195	vrták se zadřel

Tabulka č. 3

14220 vrták ø10 nepovlakovaný $V_{c3} = 31,4$ m/min /n = 1000 1/min/			
počet děr	čas /min/	VB /mm/	Poznámka
10	3	0,08	
20	6	0,12	
30	9	0,15	
40	12	0,16	
50	15	0,17	
60	18	0,19	
70	21	0,20	
80	24	0,22	
89			plynulá tříška vrták se utavil

Diagram VB - T č. 1

Nástroj : vrták  $\phi$  10 ČSN 221121 nepovlakovaný

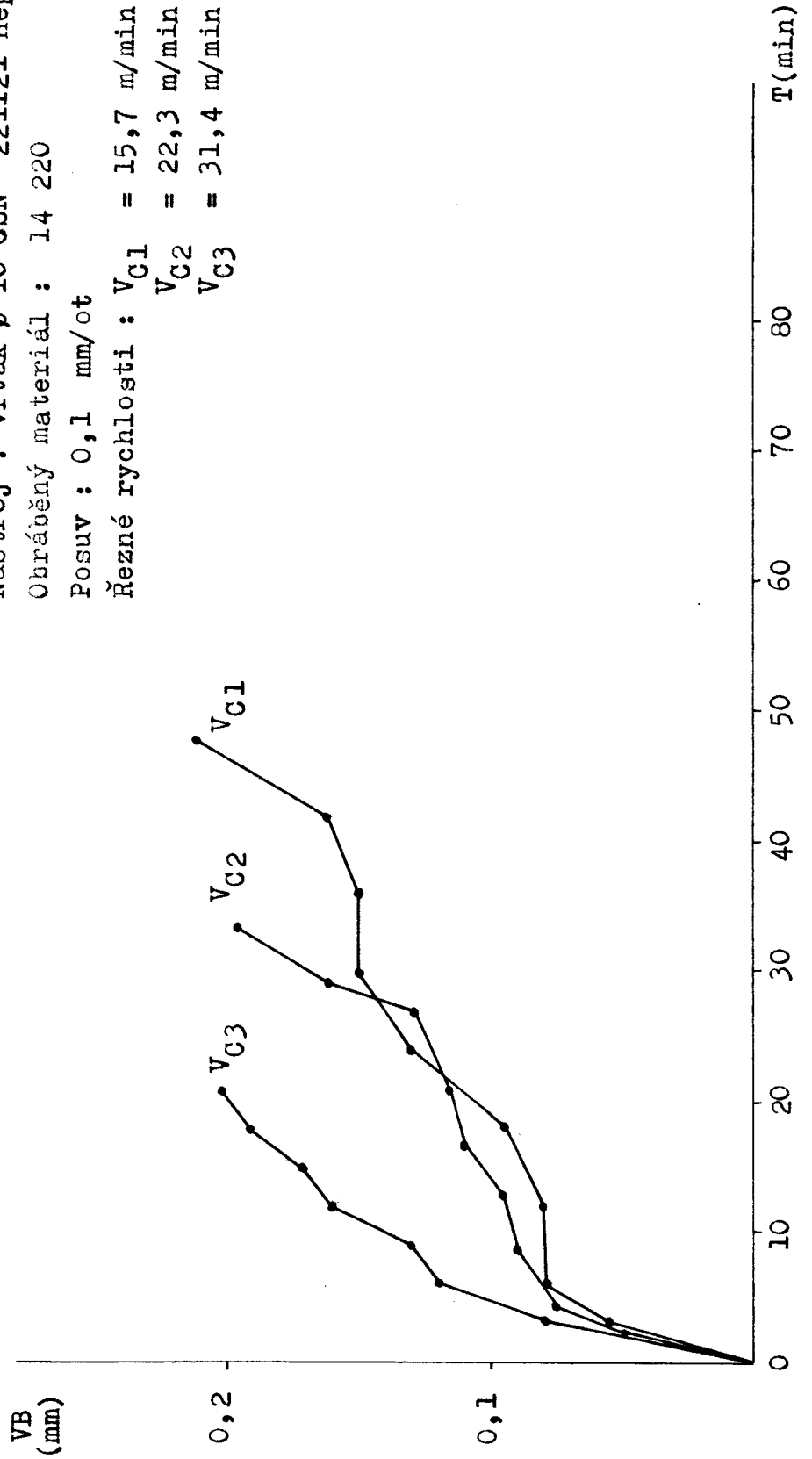
Obráběný materiál : 14 220

Posuv : 0,1 mm/ot

Řezné rychlosti :  $V_{C1} = 15,7$  m/min

$V_{C2} = 22,3$  m/min

$V_{C3} = 31,4$  m/min



Tabulka č. 4

14220 vrták $\varnothing$ 10 povlakovaný, $V_{c1} = 15,7$ m/min /n = 500 1/min/			
počet děr	čas /min/	VB /mm/	Poznámka
10	6	0,06	
20	12	0,065	
50	30	0,075	
70	42	0,075	
90	54	0,09	
110	66	0,095	
130	78	0,105	
150	90	0,12	
200	120	0,13	
250	150	0,145	
300	180	0,16	
350	210	0,175	
400	240	0,185	
435	261	0,21	

Tabulka č. 5

14220 vrták ø10 povlakovaný $V_{c2} = 22,3$ m/min /n = 710 1/min/			
počet děr	čas /min/	VB /mm/	Poznámka
5	2,1	0,035	
10	4,2	0,051	
15	6,3	0,073	
20	8,5	0,10	
30	12,7	0,118	
40	16,9	0,125	
50	21,1	0,125	
60	25,4	0,13	
70	29,6	0,13	
80	33,8	0,13	
90	38,0	0,135	
100	42,3	0,135	
115	48,6	0,14	
130	54,9	0,146	
145	61,3	0,15	
160	67,6	0,151	
170	71,8	0,155	
180	76,0	0,16	
190	80,3	0,17	
200	84,5	0,178	
210	88,7	0,203	
220	93,0	0,203	
224			vrták se zadřel

Tabulka č. 6

14220 vrták ø10 povlakovaný $V_{c3} = 31,4$ m/min /n = 1000 1/min/			
počet děr	čas /min/	VB /mm/	Poznámka
5	1,5	0,028	krátká tříska
10	3	0,041	
20	6	0,055	
30	9	0,075	
40	12	0,106	zadírá se
47	14,1	0,107	
57			vrták se utavil