

Vysoká škola: **strojná a textilní**

Fakulta: **strojná**

Katedra: **obrábění a montáže**

Školní rok: **1989/90**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Zdeňka V e s e l é h o**

obor **23-07-8 strojírenská technologie**

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

Název tématu: **Řezivost vyměnitelných břitových destiček
z R019830 s povlaky TiN, TiZrN, (VT8)TiN a
hodnocení povlaků pomocí AE.**

Zásady pro vypracování:

1. Průzkum současného stavu povlakování nástroje a využití akustické emise v obrábění.
2. Metody hodnocení vlastností povlaků a řezivosti nástrojů.
3. Zkoušky řezivosti uvedených VBD na ocelích 12050, 14220 a 15260.
4. Vyhodnocení zkoušek.
5. Závěr

V 66/90 S

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

KOM/OM

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah průvodní zprávy: **40 - 60 stran**

Seznam odborné literatury:

- 1/ BUDA, J.: Teoretické základy obrábění kovů. Bratislava 1967
- 2/ NOVÁK, R. a kol.: Diagnostické metody tenkých vrstev, In:
Strojírenská výroba č.5 1989
- 3/ VÁCLAVÍK, M.: Zkušenosti se zaváděním PUD - povlakování. In:
Strojírenská výroba č.5 1989

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Aleš Prášek**

Konzultant: **Ing. Vladimír Gabriel, CSc.**

Datum zadání diplomové práce: **10. 10. 1989**

Termín odevzdání diplomové práce: ~~1. 6. 1990~~

17. srpna 1990



Garda
Doc. Ing. Jaromír Garda, CSc.
Vedoucí katedry

Prášil
Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

v Liberci dne 10.10.1 10 89

Vysoká škola strojní a textilní Liberec
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23 - 07 - 8 strojírenská technologie
zaměření o b r á b ě n í a m o n t á ž

Řezivost vyměnitelných břitových destiček z RO 19 830
s povlaky TiN, TiZrN, (VT6)TiN a hodnocení povlaků
pomocí AE

KOM - OM - 672

Zdeněk Veselý

Vedoucí práce: Ing. Aleš Průšek, CSc.

Konzultant: Ing. Vladimír Gabriel, CSc.

Počet stran: 71
Počet příloh: 49
Počet tabulek: 66
Počet obrázků: 20
Počet diagramů: 21

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



Datum: 17. srpna 1990

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

Václav Sedláček

V Liberci 17. srpna 1990

	strana
1. Úvod	6
2. Povrchové úpravy nástrojových materiálů	7
2.1. Druhy povlakovaných vrstev	8
2.2. Metody vytváření tenkých otěruvzdorných vrstev	9
2.2.1. Plazmatický nástřik	10
2.2.2. Chemická depozice vrstev	11
2.2.3. Fyzikální depozice vrstev	12
2.2.4. Srovnání metod CVD a PVD	14
2.2.5. Stav technologie povlakování ve světě	16
2.2.6. Stav technologie povlakování v ČSFR	17
3. Akustická emise a její využití	18
3.1. Všeobecný úvod do problematiky AE	18
3.2. Základní pojmy charakterizující emisní signál	21
3.3. Mechanismy vzniku AE	22
3.4. Zkušební zařízení pro snímání, monitorování a další zpracování signálů AE	23
3.5. Stav přístrojové techniky pro měření AE	25
3.6. Oblasti frekvencí používaných při využití AE	26
3.7. Využití AE při sledování procesu obrábění	27
4. Hodnocení břitových destiček s povlaky	28
4.1. Měření makroskopických parametrů povlaků	28
4.1.1. Měření tloušťky povlaků	28
4.1.2. Měření adheze povlaků	31
4.1.3. Měření mikrotvrdosti povlaků	34
4.1.4. Morfologie povlaků	36
4.1.5. Ostatní měřicí metody	37
5. Hodnocení řezivosti břitových destiček s povlaky	38
5.1. Opotřebení břitu	38
5.2. Řezivost nástroje	40
5.3. Hodnocení řezivosti	41
5.4. Zkoušky řezivosti	43
5.5. Dlouhodobá zkouška trvanlivosti	44
6. Metodika zkoušek	46
6.1. Metodika hodnocení povlaků	46
6.1.1. Měření tloušťky povlaků	46
6.1.2. Měření adheze povlaků	47

	strana
6.1.3. Měření mikrotvrdosti povlaků	48
6.1.4. Metalografické výbrusy VBD	48
6.1.5. Morfologie povlaků	49
6.2. Metodika hodnocení řezivosti	50
6.2.1. Způsob měření opotřebení, kritérium opotřebení	50
6.2.2. Stroj	50
6.2.3. Nástroj	50
6.2.4. Obrobek	52
6.2.5. Řezné podmínky	52
6.2.6. Řezné prostředí	52
6.2.7. Způsob zpracování výsledků měření	52
7. Výsledky zkoušek	53
7.1. Vlastnosti povlaků	53
7.2. Řezivost VBD	56
8. Vyhodnocení výsledků	59
8.1. Vyhodnocení povlaků	59
8.2. Vyhodnocení řezivosti VBD	61
8.2.1. Obráběný materiál 12 050.9	61
8.2.2. Obráběný materiál 14 220.3	62
8.2.3. Obráběný materiál 15 260.3	62
8.2.4. Shrnutí	68
9. Závěr	70
Seznam použité literatury	

1. Úvod

V posledních letech se v důsledku nutnosti hospodárnějšího využití materiálu dostává do popředí technologie povlakování tenkých vrstev, které se staly předmětem výzkumu a využití v mnoha průmyslových zemích světa.

Tento zájem je určován především možnostmi průmyslového využití v mnoha odvětvích. Ve strojírenství se např. využívá otěruvzdornosti, korozivzdornosti, tvrdosti a mnoha dalších vlastností těchto vrstev. Ve sklářství mají tyto povlaky velmi různorodou funkci, v dekorátérství se využívá jejich podobnost drahým kovům, v lékařství jsou důležité netoxické účinky povlakovaných nástrojů na lidský organismus. Navíc se zde objevují nové možnosti využití depozice vrstev na keramiku, které zajisté přinesou překvapivé výsledky.

Ve strojírenství nabývá stále většího významu depozice tenkých tvrdých a otěruvzdorných vrstev na nástroje. Dá se říci, že většina řezných nástrojů a především řezných destiček se stala kandidáty na aplikaci depozice a to ať se jedná o nástroje ocelové, ze slinutých karbidů nebo nástroje keramické. Takto upravené nástroje vykazují ve většině případů několikanásobné zvýšení životnosti.

Zvyšování užitných hodnot řezných nástrojů vytvářením otěruvzdorných povlaků na houževnatém podkladovém nástrojovém materiálu představuje kvalitativní skok, diktovaný jak potřebou hospodárně využívat deficitní suroviny, tak požadavky intenzifikace řezného procesu.

Cílem této diplomové práce je shrnutí poznatků o metodách hodnocení vlastností povlaků nanášených na vyměnitelné břitové destičky a porovnání řezivosti těchto destiček s povlaky TiN, TiZrN a Ti(VT6)N s destičkami nepovlakovanými.

2. Povrchové úpravy nástrojových materiálů

Se stále rostoucími nároky na kvalitu, užité vlastnosti a životnost obráběcích strojů, součástí a výrobních pomůcek, roste úsilí hledání nových způsobů při výrobě levných a kvalitních nástrojů a součástek s dlouhou životností. Tyto úspěšně realizované snahy vedou ke zkracování ztrátových časů při výměně nástrojů a součástí, současně k velmi potřebné úspoře deficitních kovů a úsporám energie potřebné k výrobě nástrojů a součástí. Řešení, které splňuje tyto požadavky a tedy zlepšuje již velmi dobré vlastnosti nástrojových materiálů, spočívá v povrchové úpravě nástrojů, součástí a výrobních pomůcek tenkými, mechanicky, tepelně, erozně, abrazně, korozně a chemicky odolnými vrstvami.

Efektivním způsobem se jeví vytvoření tenké vrstvy nebo několika vrstev na povrchu nástrojů nebo v podpovrchové vrstvě, tedy v oblasti maximálního namáhání nástrojů, kdy dochází při obrábění ke kontaktu nástrojů s obráběným materiálem a vzájemnému spolupůsobení, které má charakter mechanického abrazivního, adhezního, molekulárního a chemicko-difuzního opotřebení.

Povrchová úprava nástrojových materiálů je však značně složitým problémem. Povrchové vrstvy musí mít kromě požadovaných vlastností také dobrou adhezi k povlakovanému materiálu. Žádoucí je, aby částice povrchové vrstvy prodifundovaly zcela nebo alespoň částečně do základního materiálu. Adheze silně závisí na složení a struktuře základního materiálu, na čištění a stavu jeho povrchu těsně před vlastní povrchovou úpravou. Stejně tak je velmi důležitá geometrie součástky.

Doposud nejrozšířenějšími v současnosti používanými metodami vytváření ochranných povlaků především na nástroje ze slinutých karbidů jsou metody CVD, které patří k nejstarším a nejlépe propracovaným. Touto technologií však nelze připravit vrstvy pro všechny aplikace. Nové potřeby ve všech oblastech průmyslu zvyšují požadavky na vlastnosti a kvalitu tenkých vrstev, proto je nutné zdokonalovat dosavadní a hledat nové postupy jejich přípravy. Výsledkem výzkumu v této oblasti

jsou nové technologie, především plazmatická příprava vrstev, kterou je plazmatický nástřik a fyzikální metody PVD.

2.1. Druhy povlakovaných vrstev

Termochemické difuzní vrstvy:

- karbid chromu - povrch tmavě šedý
- karbid vanadu - povrch tmavě šedý

Povlakování metodou CVD:

- nitrid titanu - povrch tmavě žlutý až hnědý
- karbid titanu - povrch žlutohnědý lesklý
- karbonitrid titanu - povrch žlutohnědý lesklý

Povlakování metodou PVD:

- nitrid titanu - matný povrch zlatožluté barvy
- karbid titanu - povrch tmavě šedý
- karbonitrid titanu - povrch šedý matný
- nitrid chromu - světle šedý povrch

Povlakování plazmatickým nástřikem:

- molybden - tmavě šedý povrch
- oxid hlinitý - světle šedý povrch s modrým leskem
- oxid chromitý - tmavě šedý povrch

Chemické a elektrochemické povlakování:

- nikl a karbid křemíku - povrch matný světle šedý
- nikl s diamantem - povrch matný světle šedý

2.2. Metody vytváření tenkých otěruvzdorných vrstev

Tvrdé, otěruvzdorné povrchové vrstvy lze vytvářet v zásadě dvojím způsobem:

- v povrchu vlastního výrobku (rozměry zůstávají prakticky zachovány, nebo se mírně zvětšují)
- na povrchu výrobku (rozměry se zvětšují o tl. nanesené vrstvy)

K prvnímu způsobu patří nejrozličnější chemicko-tepelné a difuzní procesy vytvrzování a zušlechťování povrchu, většinou již "klasické", jako je kalení, cementování, nitridování, nitridocementování, karbonitridování, v novější době též boridování a iontová implantace. Pro povrchovou úpravu nástrojů se používá též fosfátování, chromování, případně oxidace vodní parou. Podle druhu oceli a podmínek zpracování je dosahováno tvrdosti 1 000 až 1 200 HV a tloušťky difuzní vrstvy 1,2 až 1,5 (i více) milimetrů. U iontové implantace činí tloušťka povrchové vrstvy pouhé zlomky mikrometru.

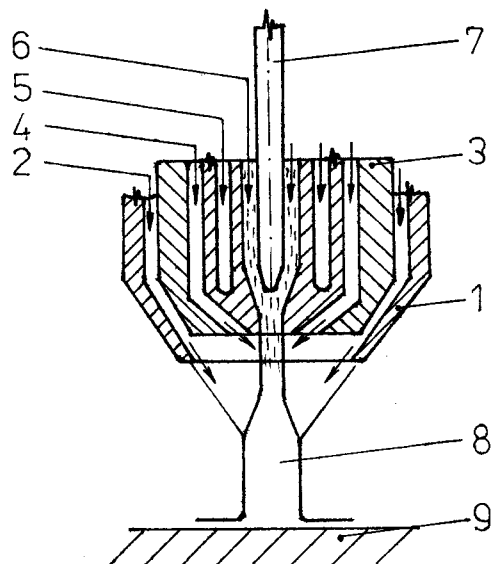
Neméně rozmanitý je i druhý způsob, který zahrnuje nejrozličnější návary, plamenové nebo plazmové nástřiky, elektrojiskrové navařování a nanášení povlaků z plynné fáze. Tloušťka vrstev se pohybuje většinou v desetínách až v jednotkách milimetru, při nanášení z plynné fáze však jen 3 až 20 mikrometru. Povrchová tvrdost dosahuje podle použitého materiálu např. u vrstvy ze slinutého karbidu 1 200 až 1 500 HV, u povlaku TiN 2 000 HV, u povlaku TiC 3 000 HV, a u povlaků podobných diamantu až 7 000 HV.

Použitá metoda určuje nejen tloušťku aktivní vrstvy, ale do značné míry determinuje i její aplikační možnosti.

2.2.1. Plazmatický nástřik

Nové možnosti při vytváření tenkých vrstev požadovaných vlastností na rychlořezné nástroje nabízí metoda plazmatického nástřiku, která pracuje s nízkými teplotami a má ještě řadu jiných význačných výhod. Plazmatický nástřik vrstev je dnes již běžnou technologií.

Její princip je na obr. 1. Materiál, z něhož má být vytvořena vrstva, se v práškovém stavu přivádí do plazmatu, zde se taví a v roztaveném stavu se transportuje na podložku, na níž se vytváří vrstva. Protože se pracuje s plazmatem, pro který jsou charakteristické velké proudové hustoty, je v plazmatronu zajištěn vysoký stupeň ionizace plazmatu a teplot, které ve středu plazmatu dosahují až 30 000 K. Působením vysokých teplot lze využitím plazmatu stříkat látky s vysokým bodem tání, jmenovitě W, Ti, Mo, Zr, Hf, kysličníky (Al_2O_3 , TiO_2) a karbidy (WC, TiC). Vlastnosti nastříkaných vrstev lze podstatně ovlivnit volbou pracovního tlaku a ochranné atmosféry.



Obr.1. Princip plazmového hořáku s přidáváním prášku

1 - hubice pro přívod ochranného plynu, 2 - ochranný plyn s práškem, 3 - tryska hořáku, 4 - fokusační plyn, 5 - vodní chlazení, 6 - plazmový plyn, 7 - wolframová elektroda, 8 - plazmový paprsek s rozptýleným práškem, 9 - podložka

2.2.2. Chemická depozice vrstev

Chemické povlakování z plynné fáze představuje soubor chemických reakcí probíhajících na rozhraní mezi plynnou fází a pevnou podložkou, při kterých z plynných reakčních látek vznikají tuhé látky ve formě tenkých povlaků požadovaného složení, tloušťky a vlastností.

Vytváření tenkých vrstev pomocí metod CVD je tedy založeno na klasické chemické syntetické reakci látek, která probíhá při vysokých teplotách cca 1000 °C.

Rozlišujeme 4 základní vrstvy:

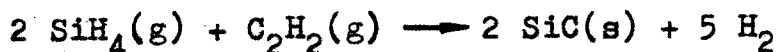
Pro TiN (nitrid titanu):



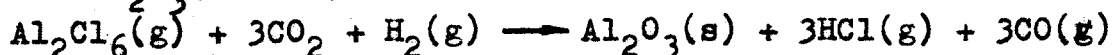
Pro TiC (karbid titanu):



Pro SiC (karbid křemíku):



Pro Al_2O_3 (korund):



g - plynná fáze

s - tuhá fáze

Struktura povlaků je závislá na postupu reakce při jejich tvorbě. Vysoké teploty a dlouhé doby povlakování, používané při CVD procesech, podporují za určitých okolností tvorbu křehkých intermetalických mezivrstev, které mohou omezovat adhezi a trvanlivost povlaků. V současné době jsou vyráběny destičky s jednovrstvovými, s vícevrstevnými a především s kombinovanými povlaky.

Nevýhodou CVD je požadovaná vysoká teplota reakce, s úspěchem se však používá při povlakování slinutých karbidů. V případě její aplikace např. na nástroje z rychlořezné oceli je potřeba je po povlakování opět tepelně zpracovat, což má nepříznivý vliv na dodržení požadovaných výrobních tolerancí.

2.2.3. Fyzikální depozice vrstev

Metody PVD umožňují povlakování za teplot podstatně nižších, než je tomu u metod CVD. Technologie PVD mohou být s úspěchem použity nejen pro vytváření vrstev na nástrojích z RO, součástkách z hliníku a umělých hmot, ale dokonce i na velmi tenkých, pouze několik mikrometrů silných fóliích z polypropylenu, polyethylenu, polyesteru a dalších materiálů bez jejich tepelné degradace během depozice vrstvy.

Dnes existují tři základní PVD procesy používané pro vytváření TiN vrstev:

1. reaktivní napařování
2. reaktivní naprašování
3. reaktivní iontové plátování

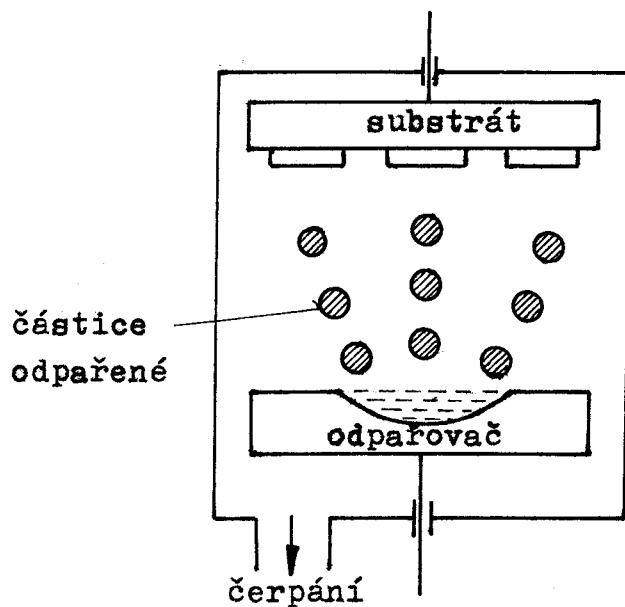
Principy těchto základních PVD metod jsou schematicky znázorněny na obr.č.2 /1/.

Napařování vrstev - je založeno na odpařování materiálu ve vakuu a na kondenzaci par odpařovaného materiálu na substrátu.

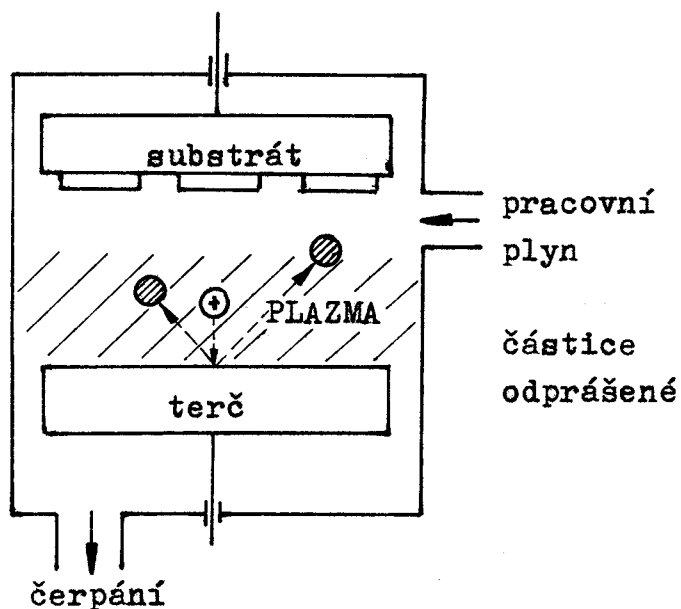
Naprašování vrstev - je založeno na rozprašování pevného terče proudem kladných iontů z plazmatu obklopujícího terč a na kondenzaci částic rozprášeného terče na substrátu.

Iontové plátování - je plazmatem aktivovaný proces, při kterém tok částic odpařených nebo rozprášených z pevného terče je ionizován v plazmatu. Substrát je díky přiloženému zápornému napětí vystaven toku energetických iontů, jež ovlivňují zásadním způsobem nukleaci, mikrostrukturu a adhezi vrstvy k substrátu.

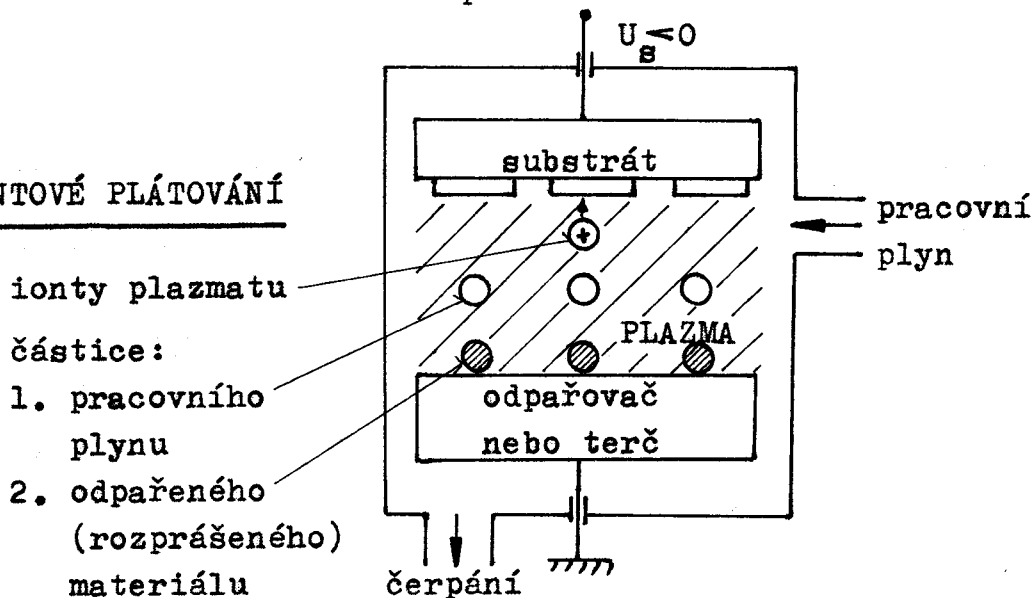
NAPAŘOVÁNÍ



NAPRAŠOVÁNÍ



IONTOVÉ PLÁTOVÁNÍ



Obr.č.2 Principy činnosti základních PVD metod.

2.2.4. Srovnání metod CVD a PVD

Obě skupiny technologií povlakování nástrojů a řezných destiček - CVD a PVD se intenzivně rozvíjejí, aniž by si navzájem konkurovaly.

Výchozími surovinami při CVD procesech jsou dle typu vylučovaného povlaku chlorid titaničitý, vodík, dusík, plyný nebo těkavý uhlovodík (metan, propan, benzen), plyný chlorovodík a oxid uhličitý, tedy vesměs plyné nebo těkavé látky.

PVD metodami se dnes nanáší převážně zlatý povlak nitridu titanitého, v tomto případě je však zdrojem kovový titan.

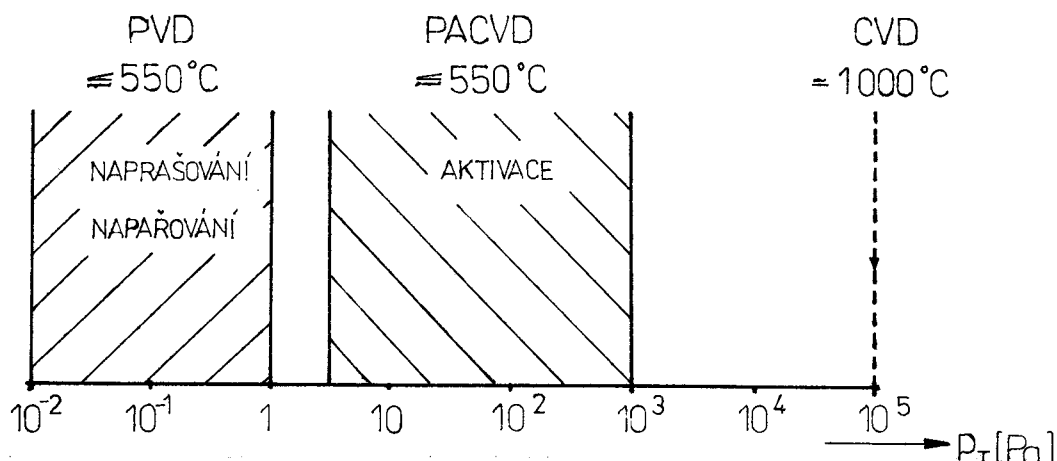
Povlaky připravené chemickou metodou bývají zpravidla větší tlošťky ($7\text{ }\mu\text{m}$ a více) než povlaky vytvořené fyzikální metodou ($3\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$). Jinou charakteristickou vlastností CVD povlaků, je matnější, poněkud drsnější povrch než základní materiál. Na druhé straně fyzikálně nanesené povlaky věrně odrážejí základní povrch a mohou být zrcadlově lesklé bez leštění. CVD zařízení mohou pracovat jak při normálním tlaku, tak za podtlaku okolo 10 kPa . PVD zařízení pracují zásadně ve vakuu, které v některých fázích procesu musí dosáhnout až 10^{-4} Pa .

Značný rozdíl je mezi pracovními teplotami používanými u obou technologií. Chemické reakce probíhající při CVD procesech, vyžadují teploty minimálně $900\text{--}1050\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proto má chemická metoda doposud dominantní postavení u nástrojů ze slitinutých karbidů. Vylučování PVD povlaků je možné i za normální teploty. Tento výrazný rozdíl se však postupem času smazává. PVD povlaky se již běžně nanášejí za teplot okolo $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, neboť se tím zlepší soudržnost povlaku s podložkou. Naopak u CVD procesů jsou vyvíjeny snahy snížit pracovní teplotu, aby se zabránilo případným nežádoucím změnám v podkladových materiálech. Podařilo se to u metody PACVD.

Depozice tenkých vrstev, např. TiN , metodou PACVD využívá aktivace pracovní směsí $\text{TiCl}_4 + \text{N}_2 + \text{H}_2$ ve výboji obklopujícím povrch povlakovaných předmětů. V plazmatu tohoto výboje dochází k molekulární excitaci jednotlivých komponent pracovní směsi,

která indukuje syntézu TiN vrstev novým nerovnovážným procesem bez nutnosti ohřevu povlakovaného předmětu na vysokou teplotu přesahující 650 °C.

Stručné fyzikální srovnání metod PVD, CVD a PACVD depozice TiN vrstev přehledně ukazuje schematický obr.č.3 /1/.



Obr.č.3 Schematické rozdělení metod PVD, PACVD a CVD podle celkového pracovního tlaku p_T .

Odhlédneme-li od fyzikálního principu získávání atomů Ti, vidíme, že jednotlivé metody vytváření TiN vrstev se výrazně liší hodnotou celkového pracovního tlaku p_T . Při nízkých tlacích se částice v prostoru mezi zdrojem Ti atomů a substrátem nesrážejí a na substrát dopadají v přesně definovaném přímém směru. Proto při povlakování předmětů složitých tvarů je třeba předměty otáčet, aby vytvářený povlak byl po celé ploše předmětu homogenní. Tento problém nevzniká u metody CVD a PACVD, které pracují při značně vyšších tlacích $p_T > 10$ Pa. Při takových tlacích v důsledku velkého počtu vzájemných srážek jednotlivých částic se vytváří homogenní vrstva i na členitých plochách předmětů bez jejich rotace. Proto metoda PACVD je velmi perspektivní, zejména pro povlakování nejrozličnějších tvarovaných součástí a nástrojů, tj. pro účely strojírenství.

2.2.5. Stav technologie povlakování ve světě

V současné době se výrobou povlakovacích zařízení zabývá řada světových firem.

Zařízení pro chemickou depozici vrstev vyrábí např. firmy: /2/

BERNEX (Olten - Švýcarsko)
SURMETAL (Hägendorf - Švýcarsko)
SANDVIK - COROMANT (Švédsko)
KRUPP - WIDIA (SRN)
CONSARC (Anglie)

Zařízení pro fyzikální depozici vrstev: /2/

(V přehledu jsou zastoupeny 3 nejznámější principy metod PVD)

- odpařování elektronovým svazkem

např. zařízení BAI 830 firmy BALZERS (Lichtenštejnsko)
IPB 30 firmy ULVAC (Japonsko)
TINA900 firmy VEB (Hochvakuum Dresden - NDR)

- odpařování nízkonapěťovým obloukem

např. zařízení BULAT - 3T, NNV 6.6-11, PUSK 83 (SSSR)
MAV 20 firmy MULTI-Arc (USA)
HTC 1500 firmy HAUSER (Holandsko)
PVD 30 firmy INTERATOM (SRN)
ATC 400 firmy VAC-TEC (USA)

- naprašování magnetronem

např. zařízení Z 700 firmy LEYBOLD-HERAEUS (SRN)

2.2.6. Stav technologie povlakování v ČSFR

Většina zařízení pro povlakování, ať již metodou chemické nebo fyzikální depozice, se k nám dovážejí. V Československu se sice již vyvinulo několik zařízení pro povlakování, ale jsou prozatím ve stadiu prototypů. Přehled zařízení pro povlakování metodou fyzikální depozice, spolu s provozovatelem, je uveden v tab. č.55 /2/.

Tab.č.55 Přehled povlakovacích zařízení pracujících v ČSFR

Povlakovací linka	Provozovatel	Metoda PVD
BULAT - 3T (SSSR)	NAREX Ždánice	odpařování nízkonapětovým obloukem
NNV 6.6-11 (SSSR)	NAREX Ždánice AZNP Ml.Boleslav ZŽS Martin TOS Čelákovice Zbrojovka Vsetín Agrozet Pelhřimov	
NNO 150 (ČSFR)	Škoda Plzeň Nářadí Plzeň ČSAV Plzeň	
SURO HTC 1500 (Holandsko)	VÚSTE Praha	
TINA 900-01H (NDR)	TOS Čelákovice VURAL Žilina VUNAR Nové Zámky Jihostroj Velešín	odpařování elektronovým svazkem
ZIP - 12 (ČSFR)	VUKOV Prešov	
Z 700 LEYBOLD (SRN)	ZEZ Praha	naprašování magnetronem
DAM 300 k2/2 (ČSFR)	ZEZ Praha	

Provozovatelem zařízení pro povlakování metodou chemické depozice CVD v ČSFR je pouze - PRAMET Šumperk

3. Akustická emise a její využití

3.1. Všeobecný úvod do problematiky akustické emise

Akustická emise (dále jen AE) obecně označuje vznik a detekci tranzitní napěťové vlny v materiálu v důsledku náhlého uvolnění energie. Krátkodobé impulsní mechanické vlny, kmitající v místě poruchy materiálu, se šíří všemi směry a mohou být zjištěny na povrchu zkoumaného materiálu odpovídajícími přístroji. Měření a analýza AE je poměrně novým oborem nedestruktivní defektoskopie, avšak nabývá stále širšího uplatnění v průmyslu, kde jako experimentální metoda představuje jednu z nejprogresivnějších metod zkoušení materiálů. Pro objasnění tohoto tvrzení je třeba uvést, že většina konvenčních nedestruktivních metod je založena na interakci defektu či diskontinuity s orientovaným tokem energie jako je např. gama záření, ultrazvuk, tepelná energie apod. AE obecně představuje též interakci defektů s energií, která je v daném objektu vytvořena polem napjatosti.

Pod pojmem AE rozumíme mechanické kmity, které se generují v materiálu v důsledku náhlého uvolnění energie uvnitř materiálu (zpravidla při mechanickém nebo tepelném namáhání). Jsou to obvykle zákmity periodické, ale neharmonické, silně tlumené, s dobou trvání jen několik period, různé frekvence. Podle akustického frekvenčního spektra je možné je zařadit mezi "hluky", protože frekvenční pásmo, které vyplňují, je velmi široké.

Z fyzikálního hlediska je vznik AE určován jako okamžitý vnější projev nastupující a probíhající materiálové deformace, zvláště v podmínkách počínajícího lomu. Vytváří se uvolňování nahromaděné deformační energie, a to nejvýrazněji v místě počátku probíhajících změn při vznikajícím porušení strukturních vazeb materiálu /3/. Z toho vyplývá, že defekt hraje při AE mnohem aktivnější úlohu, než při běžných nedestruktivních úlohách. Pokud je defekt při zatěžování stabilní, není zdrojem AE. Metoda AE je proto schopna detektovat jen ty poruchy, které jsou nestabilní během zatěžování a tudíž jsou nebezpečné s ohledem na integritu sledovaného objektu.

Je to metoda v podstatě dynamická, která neumožňuje detekci statických defektů. Současně však umožňuje určit defekty, které jsou nebezpečné.

Akustickou emisí lze pozorovat při zatížení nejrozličnějších pevných látek (kovů, spojovacího materiálu, betonu, skla, keramiky, žáruvzdorných a kompozitních materiálů apod.). Děje, na nichž je tento jev založen, mohou být jak mikroskopických a submikroskopických, tak i makroskopických rozměrů. Frekvenční spektrum vysílaných zvukových impulsů (napěťových vln) je širokopásmové, od oblasti slyšitelných zvuků až daleko do ultrazvukové oblasti.

Přednosti analýzy AE:

- okamžitá indikace vzniklé události umožňuje nepřetržité sledování dějů
- možnost měření při libovolných teplotách

Tak je možno bezprostředně indikovat začínající tvorbu trhlinek i za vysokých teplot a sledovat kinetiku růstu trhlinek až k lomu.

Nevýhoda tohoto postupu spočívá v tom, že nelze přímo z naměřených hodnot odvodit žádné kvantitativní výpovědi o druhu a velikosti vad. Jak ukazuje systematický výzkum různých problémů (tvorba trhlinek při žíhání, při vypalování a tepelném zatížení keramiky, růst trhlinek u kovů s vysokou pevností, vznik vad při sváření) jsou takové výpovědi v zásadě možné, musí se však empiricky propracovat pro každý specifický problém a materiál.

Problematiku výzkumu AE s ohledem na studium vlastností materiálu lze rozdělit zhruba do 3 oblastí:

- fyzikální interpretace jednotlivých zdrojů AE, frekvenční a amplitudové charakteristiky uvolňovaných napěťových vln za daných vnějších podmínek
- šíření uvolněných vln napětí v tělesech konečných rozměrů
- detekce napěťových vln a jejich další analýza

Zdroje AE mohou být nejružnější procesy probíhající v materiálu (emisní události).

Z hlediska charakteru signálu získaného detekcí AE je můžeme rozdělit na dvě skupiny:

Spojité emise

- signál má charakter šumu
- zdrojem jsou dislokační mechanismy v průběhu plast.deformace

Praskavá emise

- signál má charakter výrazně časově oddělených impulzů
- zdrojem jsou procesy vzniku a šíření trhlin a mikrotrhlin

Oblast frekvencí prakticky použitelných k měření je asi od 50 kHz - 2 MHz. Ohraničení oblasti měření je v podstatě dáno předem problémy souvisejícími s vyloučením rušivých, resp. cizích šumů při nízkých frekvencích (např. hukot stroje, otřesy apod.) a silnějším zeslabením zvuku v materiálu při vysokých frekvencích.

Jako snímače pro vysílání napěťové vlny se používají piezoelektrické měniče ve vhodném zapouzdření, které přeměňují napěťové impulzy na impulzy elektrického napětí a umožňují jejich další zpracování. Z důvodu citlivosti se většinou nepoužívají širokopásmové přijímače, nýbrž rezonanční přijímače, ačkoliv se tím původní signál AE silně zkresluje.

Přehled nejzákladnějších parametrů AE spolu s typem informace, který obsahuje, je uveden v tab.č.56

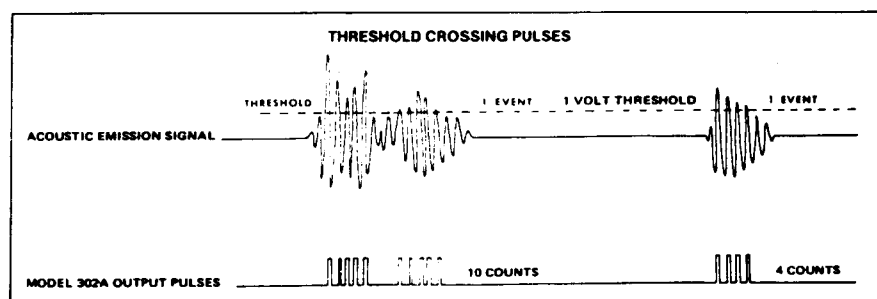
Tab.č.56 (převzato z odkazu /4/)

Parametr AE	Přenášená informace
Tvar pulzu	Podrobná informace o struktuře zdroje AE
Frekvenční spektrum	Podstata zdroje AE
Amplituda	Energie zdroje AE
Rozložení amplitud (amplitudová distribuce)	Podstata mechanismu AE
Četnost AE ($\dot{N}$)	Rychlost vzniku poškození
Relativní čas příchodu signálů AE z růz.zdrojů	Lokalizace zdrojů AE

3.2. Základní pojmy charakterizující emisní signál

Průběh emisního signálu v jedné periodě rezonanční frekvence snímače, která má z celého frekvenčního spektra maximální amplitudu, nazýváme emisní kmit. Část emisního kmitu, která překročí nastavenou prahovou úroveň, nazýváme emisní překmit (counts) . (obr.č.4)

K hodnocení signálu spojitě AE je využívána časová četnost emisních překmitů $\dot{N}_c$ a celkový počet emisních překmitů k danému okamžiku zkoušky N_c . V případě praskavé emise charakterizuje signál AE kromě $\dot{N}_c$ a N_c celkový počet detekovaných emisních událostí (event) N_e , jejich časová četnost $\dot{N}_e$, dále celková suma amplitud emisních událostí N_A a její četnost $\dot{N}_A$. Amplitudou emisní události A_e rozumíme maximální amplitudu, které signál AE dosáhne v průběhu jedné emisní události. Počet překmitů v průběhu jedné emisní události značíme C_e . /5/



Obr.č.4 Signál AE s vysvětlením parametrů:

emisní událost (event)

emisní překmit (counts)

(převzato z prospektu firmy DUNEGAN/ENDEVCO)

Významnou roli při hodnocení AE hraje Kaiserův jev. Jeho podstata spočívá v tom, že k výskytu emisních událostí dochází teprve po překročení předchozí úrovně stimulace. Jinými slovy, zatěžujeme-li materiál do určité úrovně namáhání poprvé, detekujeme odpovídající AE. Zatěžujeme-li tentýž materiál podruhé, nedetekujeme před dosažením předchozí úrovně zatížení žádnou emisi a po překročení této úrovně detekujeme AE tak, jak bychom ji detekovali v prvním cyklu zatížení, pokud bychom překročili danou úroveň.

3.3. Mechanismy vzniku akustické emise

Dislokační mechanismy vzniku AE

Nejčastěji uvažované dislokační mechanismy, které vedou k vzniku detekovatelné AE v průběhu plastické deformace, jsou působení Frank-Readova zdroje, odtrhávání dislokací od překážek, příčný skluz dislokací, přechod dislokací přes hranice zrn atd. Teoretické rozbory i konkrétní experimenty ukazují, že jednotlivé akty vzniku jedné dislokační smyčky, odtržení dislokace od překážky atd. jsou zdrojem AE, která je hluboko pod možnostmi detekce. Při rozvoji plastické deformace dochází ovšem k současnému působení ohromného množství dislokačních procesů, které uvolňují elastickou energii. Interakcemi elastického vlnění v materiálu se vytváří šum, který detekujeme v podobě spojitě emise s nízkou amplitudou signálu.

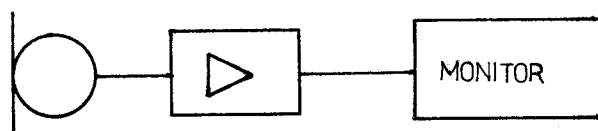
Dekoheze a lom křehkých inkluzí jako mechanismus AE

V průběhu plastické deformace některých materiálů můžeme na pozadí spojitě emise detekovat výrazné signály praskavé emise. Převážná část praskavé emise pochází z makroskopicky elastické oblasti zatížení, do napětí na mezi kluzu. Detekce praskavé emise je vázána na přítomnost křehkých inkluzí v plastické matici kovu. Inkluzemi mohou být intermetalické fáze ve slitinách Al, karbidy v ocelích. Jsou-li inkluze ploché a orientované přednostně v jednom směru, např. důsledkem tváření, setkáváme se obvykle s výraznou anizotropií v chování praskavé emise. Inkluze způsobují v místě své přítomnosti výraznou koncentraci napětí (zejména jsou-li ploché a orientované kolmo na směr zatížení). Důsledkem je rozvoj mikroplastických deformací v jejich okolí. Dojde-li v sousedství inkluze k aktivaci skluzového systému, může se stát inkluze sama nebo některá inkluze okolní překážkou pro pohyb dislokací daného skluzového systému. Vliv vzájemné konfigurace a morfologie inkluzí způsobuje i výrazný rozdíl v emisní aktivitě prakticky totožných materiálů. /6/

3.4. Zkušební zařízení pro snímání, monitorování a další zpracování signálů AE

Signál AE má na výstupu ze snímače charakter tlumených oscilací. Jeho časový průběh (tvar) závisí především na zdroji AE, na materiálu a topografii objektu, ale i na umístění a akustickém kontaktu snímače a na jeho charakteristice./4/

Blokové schema zařízení pro sledování AE v nejjednodušším provedení je na obr.č.5.



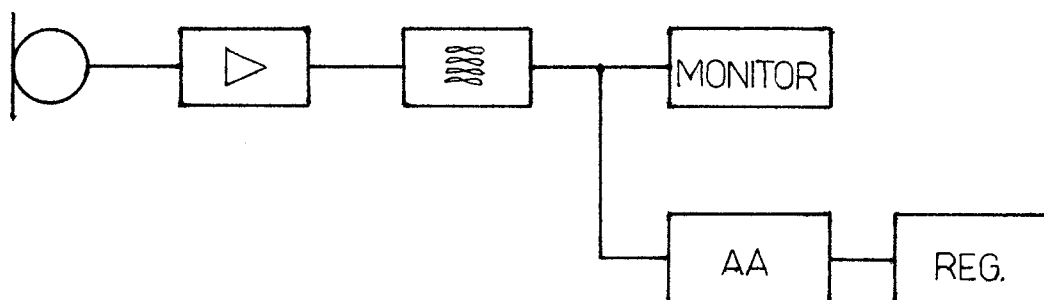
Obr.č.5 Blokové schema zařízení pro sledování AE v základním provedení, t.j. detektor signálu, zesilovač a monitor.

Obsahuje 3 základní části: detektor signálu, zesilovač úrovně signálu a monitor, který umožňuje sledování signálu opticky nebo akusticky. Detektor signálu bývá nejčastěji realizován piezoelektrickým měničem ve vhodném zapouzdření. Zesilovač úrovně signálu (signál na vstupu zesilovače má amplitudu řádu $10^{-6} - 10^{-4}V$) mívá rozsah 30 kHz - 2MHz. Monitor bývá zpravidla doplněn zapisovačem o souřadnicích $N(t)$, resp. $\dot{N}(t)$.

Různým druhům AE odpovídají signály s různou charakteristickou frekvencí a amplitudou. K podrobnému vyhodnocení signálu AE je tedy obecně třeba provést frekvenční a amplitudovou analýzu snímaného signálu. Amplituda AE přímo odpovídá závažnosti poruchy - zdroje AE.

Frekvenční spektrum signálu je dáno tvarem impulsu zdroje AE, disperzí a interferencí v průběhu šíření vln materiálem a při přechodu do snímače. Dále je třeba vzít v úvahu vnější rušení, způsobené pronikáním síťového kmitočtu, hluky a mechanickými vibracemi v akustické a subakustické oblasti.

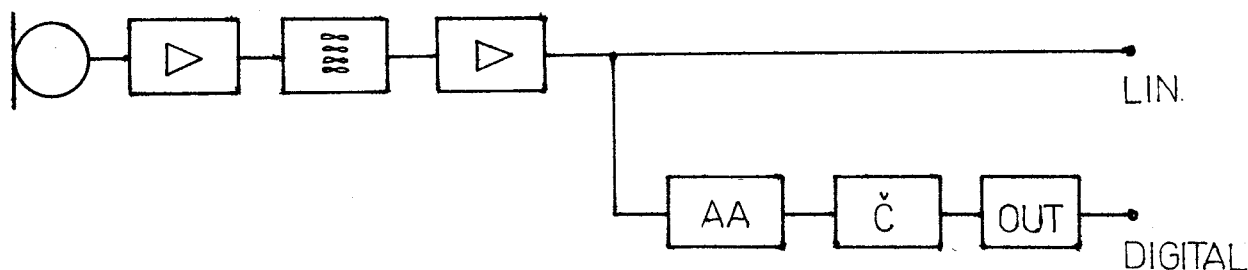
Z uvedeného vyplývá, že základní vybavení pro sledování AE je nutné rozšířit. (obr.č.6)



Obr.č.6 Blokové schéma jednoduchého zařízení pro sledování AE: Detektor signálu, zesilovač, pásmová propust, amplitudový analyzátor (AA), monitor a registrační zařízení.

Na obr.č.6 vidíme pásmovou propust, která odfiltruje nežádoucí oblasti spektra. Jednoduchý (prahový) amplitudový analyzátor (AA) umožní oddělení signálu od nízkéúrovňových šumů a hluků. Monitor umožňuje sledování úplného signálu AE, registrační zařízení zaznamenává počet impulsů, jejichž hladina přesáhla nastavenou prahovou hladinu analyzátoru.

Schema prahového integrálního amplitudového analyzátoru je na obr.č.7. Předchozí schéma na obr.č.6 je doplněno širokopásmovým zesilovačem s proměnným zesílením, blokem paměti (Č), čímž je možno měřit rychlost AE $\dot{N}(t)$. Výstupní jednotka (OUT) umožňuje přístup k obsahu bloku paměti.



Obr.č.7 Blokové schéma prahového integrálního amplitudového analyzátoru pro sledování AE

Tímto způsobem je organizována řada v praxi používaných jednoduchých aparatur.

3.5. Stav přístrojové techniky pro měření AE

V ČSFR se aparatura pro měření AE zatím nevyrábí v potřebném sortimentu a kvalitě, tzn., pokud se nepracuje se zahraničním zařízením, je nutné si zhotovit a sestavit vlastní zařízení.

Přehled výrobců spolu s provozovatelem zařízení pro měření AE je uveden v tab.č.57.

Tab.č.57

Typ zařízení	Výrobce	Provozovatel
AES 102	META Praha	FS ČVÚT ÚD Hamr SIGMA Modřany VŠCHT Praha Ústav termomechaniky ČSAV Stavební ústav Praha
vlastní konstrukce	FÚ ČSAV Praha	ČSAV Praha, FÚ
NEZ - 220	DEFECTOPHON (Maďarsko)	SAV Bratislava
AE 10	ÚFM Brno	ÚFM ČSAV Brno SVÚS Hradec Králové
Analyzátor pulsů AE - typ 4429	BRÜEL & KJÆR (Dánsko) LOKAMAT (Francie) DUNEGAN/ENDEVCO TRODYNs CORP (USA) LEONARD (Francie)	VŠST Liberec SIGMA Modřany SIGMA Modřany VÚ Ostrava - Radvanice

V USA se výrobou aparatury pro měření AE zabývá firma Acoustic Emission Technology Corporation (Sacramento).

3.6. Oblasti frekvencí používaných při využití AE

Rozsah frekvencí, ve kterém vznikají napěťové vlny (signál AE), je značný.

Přehled oblastí nejvíce využívajících signál AE, spolu s rozsahem frekvenčního pásma je uveden v tab.č.58.

Tab.č.58

Oblast použití	Rozsah frekvenčního pásma /MHz/
- vibrodiagnostika - zkoušky hygieny a bezpečnosti práce	0,001 - 0,03
- zkoušky pevnosti tkanin	0,5 - 2
- sledování porušování povrchových vrstev na základě působení povrchové koroze	0,3 - 0,5
- tlakové zkoušky nádob a potrubních systémů (nedestruktivní diagnostické metody)	0,1 - 0,75
- sledování stavu napjatosti při ochlazování odlitku	0,02 - 0,05
- sledování procesu obrábění	0,3 - 1

Při sledování procesu obrábění je snaha posunout rozsah frekvenčního pásma k vyšším hodnotám. Zde se uvolňují napěťové vlny, které předznamenávají tvorbu třísky - ještě před vznikáním řezného klínu do materiálu. Odstraní se tím také rušivé vlivy ostatních nežádoucích procesů, které jinak ovlivňují celkové naměřené hodnoty.

3.7. Využití AE při sledování procesu obrábění

Zvyšující se automatizace výrobních systémů a zavádění bezobslužných pracovišť stále naléhavěji vyžadují kontrolu průběhu řezného procesu. Tradiční způsoby kontroly založené na analýze tepelných a silových charakteristik řezání mají mnoho nedostatků. Zařízení vycházející z měření řezné síly nejsou vždy vhodná zejména z důvodu snížení tuhosti soustavy SPID. Proto hledání nových způsobů kontroly procesu obrábění je v současné době aktuálním úkolem.

Autoři článku /7/ upozorňují na sledování a vyhodnocování následujících 4 hledisek vhodných pro plně automaticky sledované a řízené systémy bez lidské obsluhy:

1. sledování stavu nástroje
2. sledování tvorby a tvaru třísky
3. sledování konečného opracovaného povrchu
4. sledování některých parametrů procesu obrábění

Z komplexního pohledu na proces obrábění je nejvhodnější sledování všech 4 hledisek současně. Sledování několika hledisek najednou je poměrně náročné, proto se nabízí cesta nalézt takový parametr, který by charakterizoval vlastní fyzikální podstatu řezání, resp. tvorby třísky. Metoda, která by toto umožňovala, je měření akustické emise.

Experimenty, které provedli autoři /8/, potvrzují možnost použití metody AE pro sledování procesu obrábění kovu. Výsledky dosažené při vodorovném obrázení oceli ČSN 12 050.1 nástrojem z RO je možno shrnout do následujících bodů /8/:

1. Vhodným řezným podmínkám bez vibrací a tvorby nárůstků odpovídá min. počet emisních událostí, resp. počet impulsů akustické emise.
2. Počet emisních událostí se mění s řeznou rychlostí.
3. Počet emisních událostí stoupá s otupením nástroje.
4. Počet emisních událostí se mění s hloubkou obrábění.
5. Počet emisních událostí je citlivý na vlastnosti (obrobitelnost) obrobku.
6. Napěťové vlny charakterizující tvorbu třísky jsou uvolňovány ve frekvenční oblasti 0,3 - 1 MHz.

4. Hodnocení břitových destiček s povlaky

4.1. Měření makroskopických parametrů povlaků

Hlavním kritériem kvality povlaků je sice zvýšení užité hodnoty povlakovaných nástrojů nebo součástí, které se projevuje při jejich užívání, ale je nezbytné měřit i určité parametry povlaků. Výsledky těchto měření jak u výrobců povlaků, tak u uživatelů povlakovaných dílů určují kvalitu povlaků a jejich použitelnost pro daný účel. Za hlavní makroskopické parametry povlaků považujeme tloušťku, mikrotvrdost a adhezi. Z hlediska speciálního užití povlaků dále vlastnosti tribologické, odolnost proti korozi, vnitřní pnutí atd. Pro měření těchto parametrů byla vyvinuta řada metod a přístrojů, které se pochopitelně odlišují přesností výsledků, jejich reprodukovatelností i ekonomickými nároky na měření. Při volbě měřicí metody je třeba vzít tyto skutečnosti v úvahu. V zájmu možnosti porovnávání kvality povlaků vyrobených různými metodami u různých výrobců by měly být měřicí metody pokud možno sjednoceny. /9/

4.1.1. Měření tloušťky povlaků

Charakter povlaků a substrátů užívaných ve strojírenství značně omezuje jinak široký rozsah metod vyvinutých a užívaných pro měření tloušťek povlaků a vrstev. Omezíme se proto pouze na metody běžně užívané. V následujícím přehledu rovněž nejsou uvedeny metody měření tloušťek přímo při depozičním procesu, jako např. měření hmotnosti povlaků mikrováhami, měření hybnosti proudu deponovaných molekul, měření proudu iontů deponované látky apod.

Optické metody

V převážné většině případů jde ve strojírenství o opticky nepropustné substráty a proto nelze využívat absorpce světla v povlacích. Tyto metody jsou vhodné pro měření transparentních vrstev.

Profilometrické metody

Principem této metody je tažení hrotu po povrchu vrstvy, jehož vertikální pohyb je převáděn na elektrický signál. Pro měření tloušťky je ovšem třeba vytvořit na vrstvě tzv. schod, tj. zakrýt alespoň část povrchu substrátu před depozicí tak, aby zůstala nepokryta. Komerčně dostupné přístroje dosahují rozlišovací schopnosti až $0,001 \mu\text{m}$.

Absorpce záření

Metody absorpce záření využívají známé zákonitosti odrazu a absorpce záření beta. Této metody se častěji užívá pro srovnávací měření, protože měření absolutní vyžaduje znalost součinitelů odrazu a absorpce s odpovídající přesností. Rozsah měřitelných tloušťek činí $0,01$ až $1000 \mu\text{m}$.

Magnetické metody

Tyto metody předpokládají paramagnetické povlaky na feromagnetických podložkách. Přístroje jsou obvykle konstruovány tak, že povlak představuje mezeru v magnetickém obvodu a jeho tloušťka se určuje na základě měření jejího magnetického odporu.

Metoda KALOTEST

Tato metoda i když je částečně destruktivní, je pro měření tloušťky povlaků ve strojírenství používaná patrně nejčastěji. Princip měření spočívá v tom, že na vzorku nebo na nástroji se provede výbrus tvaru kulového vrchlíku tak, aby výbrus pronikl vrstvou až do materiálu podložky (obr.č.8). U tohoto výbrusu změříme mikroskopem parametry x a y podle obr.č.9. Výpočet tloušťky s se provádí podle vzorce zřejmého z obr.č.9.

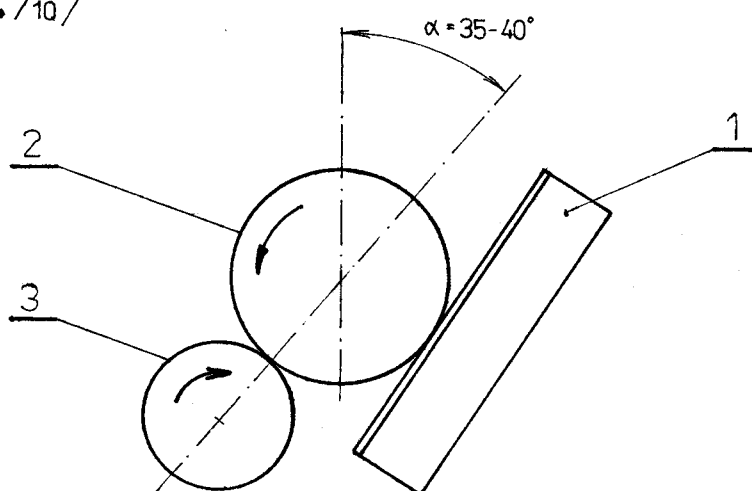
$$s = \frac{x \cdot y}{2 \cdot R} \cdot 10^3$$

kde R , x a y jsou v mm , s je v μm .

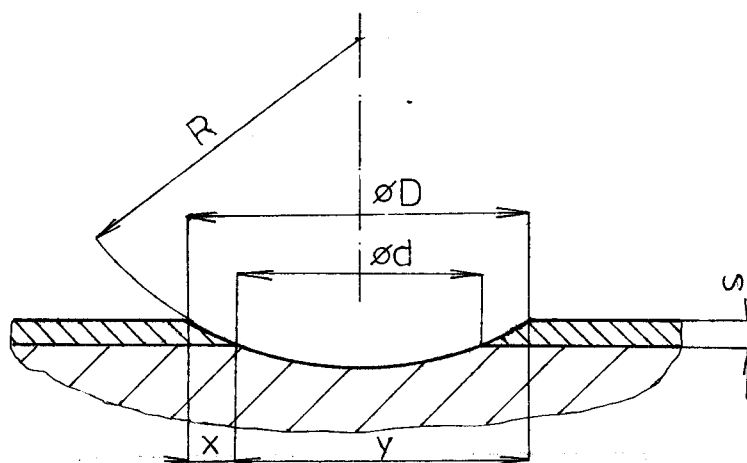
Výbrus se provádí rotující ocelovou kuličkou ϕ 15 - 25mm, brusným médiem je diamantová pasta zrnitosti $1 \mu\text{m}$.

Přístrojem lze měřit na rovinných vzorcích i nástrojích s vnějšími rovinnými, válcovými zakřivenými plochami. Není možno měřit na vnitřních nebo jinak geometricky nedostupných plochách.

Metodu KALOTEST je možné použít i pro měření tloušťek jednotlivých složek multivrstev (sendvičových vrstevnatých struktur)./10/



Obr.č.8 Princip metody KALOTEST
1-vzorek, 2-kulička s brusivem, 3-hnací kladka



Obr.č.9 Výbrus vrstvy a jeho vyhodnocení

4.1.2. Měření adheze povlaků

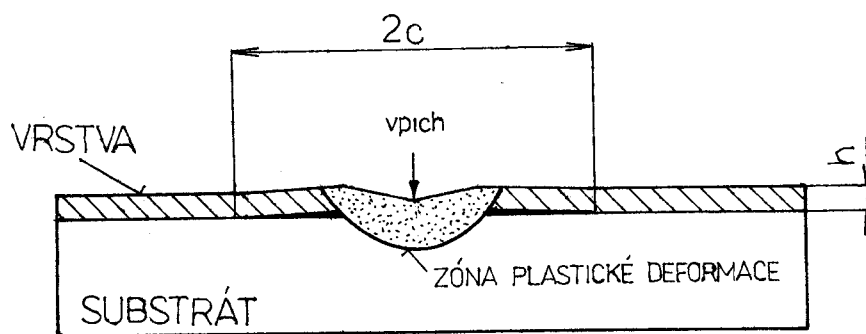
Adheze vrstvy k substrátu je jedním z nejdůležitějších parametrů rozhodujících o úspěšné aplikaci tvrdých vrstev pro zvýšení životnosti nástrojů a součástí. Soustava substrát-vrstva je při obrábění vystavena značnému namáhání, a proto jsou požadavky na adhezi a pevnost vazby vrstvy k substrátu mnohonásobně vyšší než např. u povlaků optických, dekorativních nebo ochranných.

Metodám testování a měření adheze tvrdých vrstev je stále věnována značná pozornost. Klasické metody měření adheze, jako např. smykové nebo tahové testy, trhací testy, používající speciálních lepidel a lepících pásků, nelze pro tvrdé vrstvy použít. Výsledek těchto měření může být podstatně zkreslen difuzí pájky nebo lepidla do povlaku až k rozhraní se substrátem. Nové metody měření adheze umožňují vytvářet na rozhraní větší pnutí dostatečné k jeho narušení. Pro detekci porušení adheze v oblasti rozhraní se využívá řada detekčních metod založených na měření mechanických, elektrických nebo akustických veličin, jako je kontaktní odpor, šíření rázových vln, akustická emise a další.

Pro stanovení adheze tvrdých vrstev se v současné době využívají pouze metody založené na generování pnutí na rozhraní při zatížení systému substrát-vrstva vpichem tělesa. Detailně jsou zatím zpracovávány metody dvě: /1/

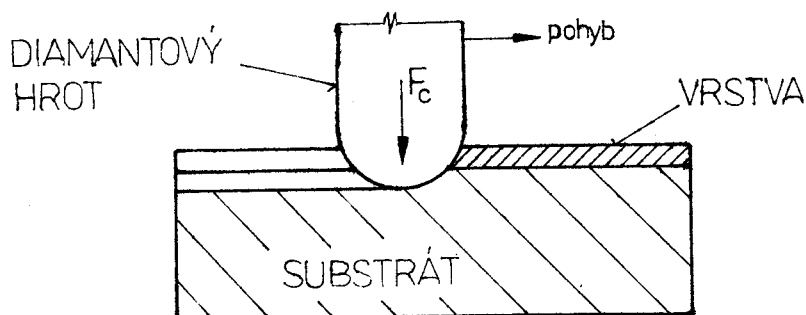
1. vpichová metoda (indentation test)
2. vrypová metoda (scratch test)

Podstata vpichové metody je schematicky znázorněná na obr.č.10. Spočívá v měření rozměru c postranních trhlin šířících se podél rozhraní substrát-vrstva při vpichu diamantového hrotu pod dostatečně velkým zatížením.



Obr.č.10 Schematické znázornění vpichové metody měření adheze.

Vrypová metoda je znázorněna na obr.č.11. Tato metoda je založena na generaci pnutí na rozhraní substrát-vrstva deformováním povrchu při pohybu zatíženého diamantového hrotu (obvykle kulového Rockwell s poloměrem $r = 200\mu\text{m}$) rovnoběžně s rozhraním. Zatížení hrotu se postupně zvyšuje (spojitě nebo skokově) až do hodnoty, kdy deformace vyvolá pnutí, které způsobí odlupování nebo odprýskávání vrstvy. Minimální zatížení, při němž dojde k poškození vrstvy (v důsledku nedostatečné adheze vrstvy), se nazývá kritické zatížení a je mírou adheze dané vrstvy k danému substrátu. Kritické zatížení F_c může být vyhodnocováno sledováním dráhy vrypu v optickém mikroskopu, rtg zobrazením povrchu nebo ze signálu akustické emise. Při vyhodnocování adheze pomocí signálu AE je držák hrotu opatřen piezoelektrickým snímačem AE.



Obr.č.11 Schematické znázornění vrypové metody měření adheze.

Hodnota kritického zatížení silně závisí na řadě parametrů systému substrát-vrstva.

Bylo ukázáno, že kritické zatížení F_c :

1. vzrůstá s rostoucí tloušťkou vrstvy
2. vzrůstá s rostoucí mikrotvrdostí vrstvy
3. vzrůstá s rostoucí tvrdostí substrátu
4. mírně klesá při zvyšování drsnosti substrátu

Hlavním problémem vrypové metody zatím zůstává nalezení přesného vztahu mezi naměřeným kritickým zatížením F_c a skutečnou hodnotou adheze, tj. energií nutnou k vytvoření trhliny na rozhraní substrát-vrstva. Proto zatím nelze provést kvantitativní srovnání velikosti adheze pro vrstvy různého složení s různou tloušťkou vrstev deponovaných na rozdílných substrátech.

Hlavní předností vrypové metody je skutečnost, že pnutí vyvolané při tažení hrotu dobře simuluje zatížení, kterému je vystaven nástroj při obrábění.

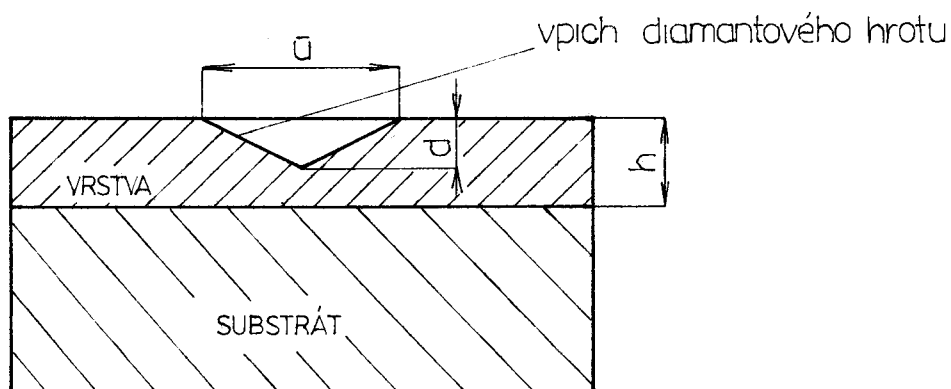
4.1.3. Měření mikrotvrlosti povlaků

Vzhledem k tomu, že na rozdíl od měření tvrdosti objemových materiálů jsou při měření tvrdosti povlaků používány podstatně menší zatěžovací síly a tomu odpovídají i menší rozměry vtisků, používá se pro tyto případy termín mikrotvrlost. Mikrotvrlost je jedna ze základních mechanických vlastností tenkých vrstev. Měří se obvykle mikrotvrdoměrem s Vickersovým hrotem. Takto měřená mikrotvrlost se označuje HV_f , kde f je zatížení diamantového hrotu v gramech.

Počítá se ze vztahu

$$HV_f = \frac{1854,4 \cdot f/g/}{\bar{u}^2 / \mu m/}$$

kde $\bar{u}$ je průměrná délka úhlopříčky vpichu diamantového hrotu v mikrometrech (obr.č.12)./1/



Obr.č.12 Geometrie vpichu diamantového hrotu

Volba vhodného zatížení diamantového hrotu závisí především na tloušťce měřené vrstvy a tvrdosti substrátu. Velká péče při výběru zatížení musí být věnována zejména při měření tenkých tvrdých vrstev, deponovaných na substráty s nižší tvrdostí. Substrát nesmí být deformován při vtisku diamantového hrotu.

Pro Vickersův hrot lze předpokládat, že tlak vyvolaný hrotem proniká do hloubky rovné 1,5 násobku uhlopříčky vpichu $\bar{u}$. Potom minimální tloušťka vrstvy $h_{\min}$ zajišťující spolehlivé měření mikrotvrdomosti je definována vztahem

$$h_{\min} = 1,5 \bar{u}$$

nebo $h_{\min} = 10 d$

kde d je hloubka vpichu diamantového hrotu.

V případě, kdy tloušťka měřené vrstvy $h < h_{\min}$, vpich diamantového hrotu je ovlivněn substrátem. V případě, že substrát je měkký, hloubka vpichu diamantového hrotu d je větší a naměřená mikrotvrdomost je nižší než skutečná mikrotvrdomost vrstvy.

Mikrotvrdoměry vyrábí celá řada firem. Přístroje standardní úrovně mají zatěžovací sílu volitelnou v řádovém rozmezí 0,1 N až 100 N a zatěžovací dobu volitelnou v rozmezí jednotek až desítek sekund a jsou kombinovány jak s optickým vyhodnocovacím zařízením, tak s automatickým mikroprocesorem řízeným vyhodnocovacím systémem.

4.1.4. Morfologie povlaků

Morfologie je založena na popisu plochy. Morfologie obrobených povrchů hodnotí elektronovým řádkovacím mikroskopem vady a poruchy, které lze rozdělit do 2 zákl.skupin:

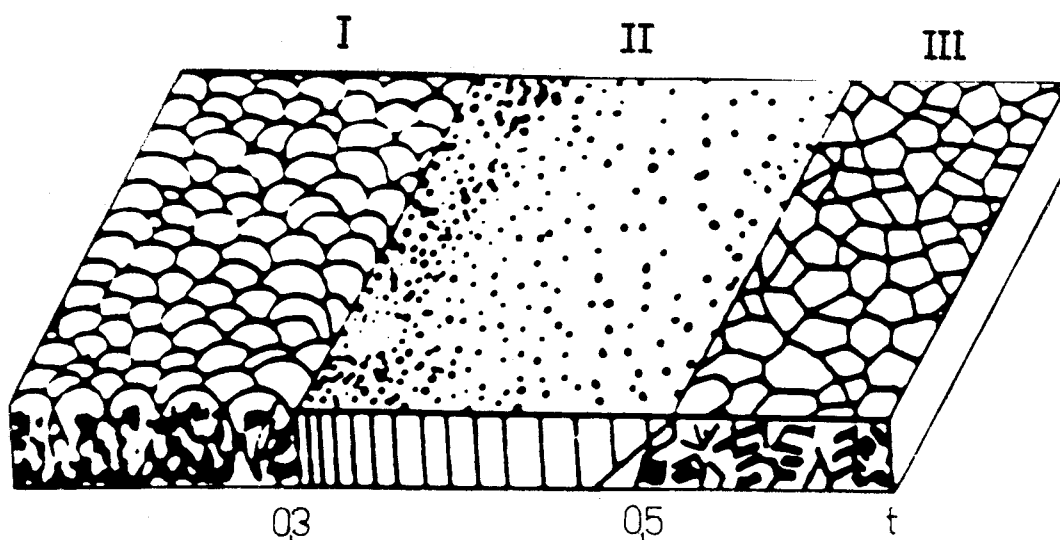
- Hrubé poruchy - změny vzniklé jako důsledek plastických deformací, projevují se ve tvaru stupňů, jazyků, převalků, částic nalepeného materiálu, jako stopy po chvění a trhliny.
- Jemné poruchy - stopy po nástroji ve tvaru rýh, drážek ve směru pohybu nástroje, malé izolované dutiny, mikrotrhliny, mikrochvění a mikrotřísky v důsledku nedokonalého tvaru bříty.

Ostatní charakteristiky jsou spojeny s určitým objemem (vrstvou) materiálu pod vlastní plochou povrchu.

Tato "povrchová vrstva" má odlišné vlastnosti než výrobou neovlivněný materiál ve větší hloubce. Jsou to především změny struktury vzniklé teplotním a silovým působením i chemickými procesy (makro i mikrostrukturní změny, mezikrystalické napadení, oxidace, koroze apod.), změny mechanických a fyzikálních vlastností (hustoty, tvrdosti, vodivosti, magnetické a elektrické vlastnosti apod.). Jedním z významných parametrů kvality povrchové vrstvy je také rozložení zbytkových pnutí.

Vznik krystalové struktury povlaku nanášeného ve vakuu je ovlivněn transportem par k povrchu substrátu, difuzí jednotlivých atomů nebo molekul po povrchu a dále difuzí uvnitř vytvořených krystalů /11/. Transport par je dán především geometrickými faktory v depoziční komoře a tlakem pracovního plynu, další dva pak určuje teplota povlakovaného substrátu vztažená k teplotě tání materiálu povlaku. Pro objasnění této závislosti byl navržen model (obr.č.13), na němž oblast I je tvořena jednotlivými sloupcovitými krystaly a mezikrystalovými prostory orientovanými kolmo k povrchu substrátu. Oblast II tvoří kompaktní struktura, jejíž krystaly jsou těsně uspořádány a odděleny metalurgickými hranicemi zrn. Vysokoteplotní oblast III je tvořena rekryštalovanými zrny, která vznikla v důsledku intenzivní difuze uvnitř materiálu povlaku. /12/

Hranice jednotlivých oblastí např. pro TiN leží při 694 a 1338 °C /13 /.



Obr.č.13 Závislost morfologie povlaku na teplotě $t = T/T_M$, kde T je reakční teplota depozice a T_M je teplota tání materiálu povlaku /11 /.

4.1.5. Ostatní měřicí metody

- měření součinitele tření mezi povlakem a vybranými druhy materiálů v definovaném prostředí
- testy na opotřebení povlaků vlivem vlečného nebo valivého tření
- testy korozní odolnosti v definovaných prostředích
- měření vnitřního pnutí v povlacích
- měření porozity
- kolorimetrická měření

5. Hodnocení řezivosti břitových destiček s povlaky

5.1. Opotřebení břitu

Při obrábění působí na břit nástroje složitý systém fyzikálních a chemických procesů. Při tom dochází k opotřebování a otupování břitu. Opotřebení břitu způsobují extrémní podmínky při řezání. Hlavními příčinami jsou vysoké tlaky (1500 až 2500 MPa) a teploty (800 až 1200 °C) v místech intenzivního suchého tření, kde do styku přicházejí stále nové povrchy. Procesy, které způsobují opotřebení břitu: /14/

adhezní otěr

abrazivní otěr

difuzní otěr

chemický otěr

Adhezní otěr - Vlivem bodového charakteru dotyku kovových povrchů jsou tlaky v místech skutečného dotyku velmi vysoké i při malých zatíženích. Obnažují se čisté kovové povrchy a mezi oběma tělesy vzniká kovová vazba. Při porušení této kovové vazby posunutím povrchů, se na protilehlém tělese zachytí částice o rozměrech blízcích se rozměrům atomů. Při zvýšení tvrdosti těles se přenos kovu zmenšuje, ale úplně se neodstraní.

Abrazivní otěr - Jde o otěr tvrdých částí obrobku o břit. Je podmíněný vzájemným vnikáním výstupků obou materiálů; tvrdší částice jednoho tělesa vyryjí do druhého tělesa rýhu. Vzájemné vnikání výstupků je možné vysvětlit anizotropií mater.

Difuzní otěr - Při vysokých teplotách obrábění se povrchové vrstvy porušují zejména difuzí. Vzniká vzájemné rozpouštění a chemická reakce komponentů povrchů a chemická reakce povrchu řezného klínu s prostředím - oxidace.

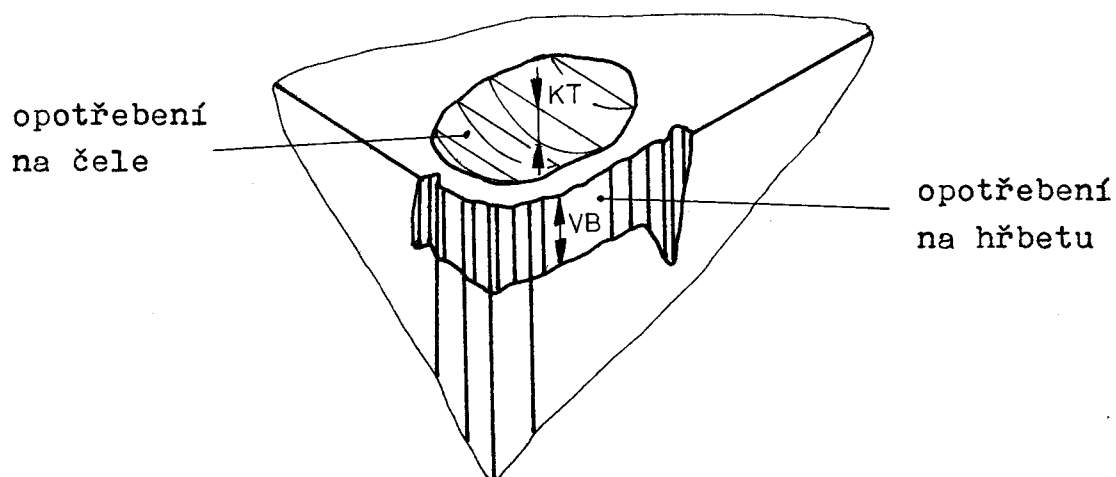
Nejaktivnějšími prvky jsou železo a kobalt (680 až 900 °C), wolfram (900 až 950 °C) a titan (nad 1050 °C).

Chemický otěr - Při obrábění vzniká defektní vrstva na stykových místech břitu tvořená oxidy. Tyto chemické sloučeniny

vznikají působením vzdušného kyslíku a řezného prostředí na nástroj. Intenzita oxidace závisí na teplotě, s jejímž růstem se podstatně zvyšuje intenzita opotřebení rychlořezné oceli.

Vnější projev opotřebení

V procesu obrábění se současně opotřebovávají všechny povrchy řezného klínu, které jsou ve styku s obráběným materiálem. Na hřbetu vzniká ploška opotřebení a na čele výmol (obr.č.14). Opotřebení jednotlivých ploch nástroje závisí na podmínkách práce. Charakter opotřebení řezného klínu se posuzuje podle nejvíce opotřebovaných částí.



Obr.č.14

5.2. Řezivost nástroje

Pojmem řezivost nástroje označujeme souhrn jeho vlastností, které komplexně ovlivňují jeho výkon, tj. dosahovanou velikost hospodárního úběru a tím i produktivitu práce. Řezivost řezného materiálu zahrnuje nejen materiálové vlastnosti břitů, ale je vázána i na technologické podmínky obrábění.

Zcela specifické podmínky, vnichž se břit nástroje v řezu nachází, určují požadavky na mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti řezných materiálů:

- tvrdost musí být alespoň o (5 až 6)HRC vyšší než tvrdost obráběného materiálu
- tvrdost a tedy i odolnost proti opotřebení musí být dostatečně stálá i při vysokých teplotách
- vyhovující pevnost v tlaku a ohybu
- dostatečná tepelná vodivost

Žádný ze známých řezných materiálů nesplňuje všechny tyto požadavky optimálně a je proto při volbě řezného materiálu nutný určitý kompromis. Proto byl definován pojem řezivost jako souhrnná vlastnost nástrojových materiálů určující jejich schopnost ekonomicky dobře obrábět.

Relativní řezivost

V praxi se často neurčuje přímo absolutní řezivost, ale porovnávají se řezivosti dvou nástrojových materiálů za stejných podmínek obrábění.

Relativní řezivost je pak dána poměrem

$$K = \frac{v_T}{v_{Te}}$$

kde v_{Te} - řezná rychlost dosažená při zvolené trvanlivosti T při obrábění etalonovým nástrojem

v_{Te} - řezná rychlost dosažená při stejné trvanlivosti zkoušeným nástrojem za stejných řezných podmínek

Rychlosti v_T a v_{Te} se odečtou z $T - v$ diagramu pro dané řezné materiály.

5.3. Hodnocení řezivosti

Pro hodnocení stupně řezivosti dosud neexistuje obecně platné kritérium, ani obecně platná metoda experimentálního stanovení. Při stanovování řezivosti nástroje vycházíme z Taylůrova vztahu mezi trvanlivostí nástroje a řeznou rychlostí za určitých řezných podmínek.

$$T = \frac{c_T}{v^m}$$

nebo
$$v = \frac{c_v}{T^{\frac{1}{m}}}$$

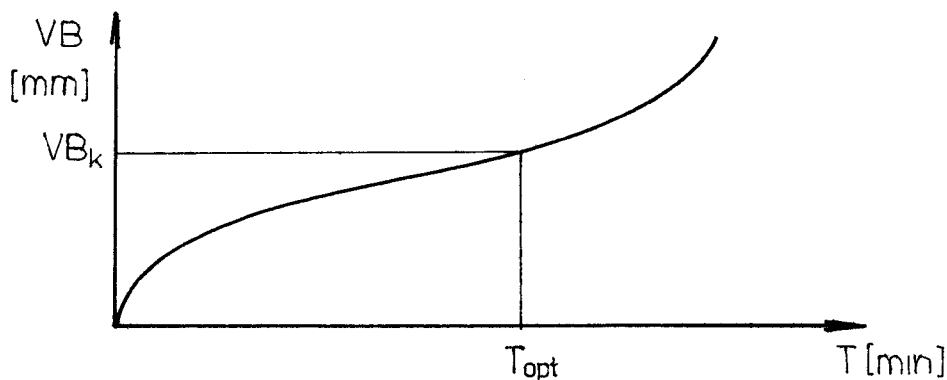
Smluvně je řezivost nástroje charakterizována konstantami m , a c_T nebo c_v z uvedeného vztahu a řeznou rychlostí v_T . Rychlost v_T je řezná rychlost odpovídající smluvní trvanlivosti T (tzv. absolutní řezivost). Tato trvanlivost se volí blízká T_{opt} .

Pro určení řezivosti je nutné zjistit závislost trvanlivosti nástroje na řezných podmínkách. Trvanlivost je definována jako doba, po kterou může nástroj hospodárně pracovat až do otupení.

Metody měření otupení:

- a) měření lineárních rozměrů opotřeбенých ploch řezné části nástrojů
- b) určení objemu opotřebovaného materiálu břitu
- c) určení hmotnosti úbytku nástroje vlivem opotřeбенí

Prakticky se však používá pouze první metoda. Zpravidla se měří hodnota VB a hloubka výmolu KT . Optimální trvanlivost je omezena počátkem obrábění a okamžikem, kdy VB dosáhlo optimální šířky otupení VB_k (obr.č.15).



Obr.č.15 Kritérium otupení nástroje

Hodnota VB_k je tzv. kritériem otupení nástroje.

Velikost otupení mohou určovat i technologické podmínky práce např. požadovaná přesnost obrábění nebo drsnost obrobeného povrchu.

Protože není možné v praxi stanovit pro všechny podmínky obrábění optimální opotřebení, bere se jako kritérium opotřebení VB_k určitá smluvní hodnota, předem určená pro určitý materiál nástroje a obrobku.

Vliv obrobitelnosti na řezivost nástroje

Stejně jako řezivost charakterizuje řezný materiál, obrobitelnost charakterizuje obráběný materiál. Obrobitelnost je tedy souhrn vlastností materiálu obrobku z hlediska jeho přístupnosti a použitelnosti pro ekonomickou výrobu součástí obráběním. Materiál je lépe obrobitelným, jestliže jej lze obrábět vyšší řeznou rychlostí v_T nebo je dosaženo delší trvanlivosti pro $v = \text{konst.}$

Při vzniku menších řezných sil a nižších teplot řezání, je materiál také lépe obrobitelný. Obrobitelnost ovlivňuje rovněž otupování břitu nástroje a jeho řezivost.

Obecně se dá říci, že se zlepšením obrobitelnosti materiálu se zvyšuje i řezivost.

5.4. Zkoušky řezivosti

Zkoušky řezivosti jsou dlouhodobé nebo krátkodobé zkoušky obráběním. Účelem všech krátkodobých zkoušek je snížení časové a materiálové náročnosti i za cenu snížení přesnosti.

Metody zkracování zkoušek:

- a) zvýšením řezných podmínek - výsledky jsou odlišné od výsledků získaných dlouhodobou zkouškou. Použití pouze v případě porovnání T-v závislostí za stejných zostřených podmínek.
- b) snížením míry otupení břitu - místo voleného kritéria 0,8mm je voleno 0,1 - 0,3mm. Ostatní podmínky jsou pak voleny stejně jako při dlouhodobé zkoušce.
Je nutno sledovat počáteční fáze opotřebení, které náleží do oblasti zrychleného opotřebení.

Druhy krátkodobých zkoušek

- 1) Mikrozkouška VUOSO
- 2) Dle Bezprozvaného
- 3) Metoda neustále rostoucích rychlostí

Zkoušku můžeme provést dvojím způsobem:

- a) stanovením absolutních hodnot řezivosti na etalonovém obráběném materiálu
- b) stanovením poměrných hodnot řezivosti na zvoleném obráběném materiálu, jehož obrobiteľnost je určena etalonovým nástrojem.

Etalonovým řezným materiálem byla určena výkonná wolframo - molybdenová ocel 19 830. Postup tepelného zpracování se neliší u etalonových nástrojů od běžného průmyslového zpracovávání nástrojů.

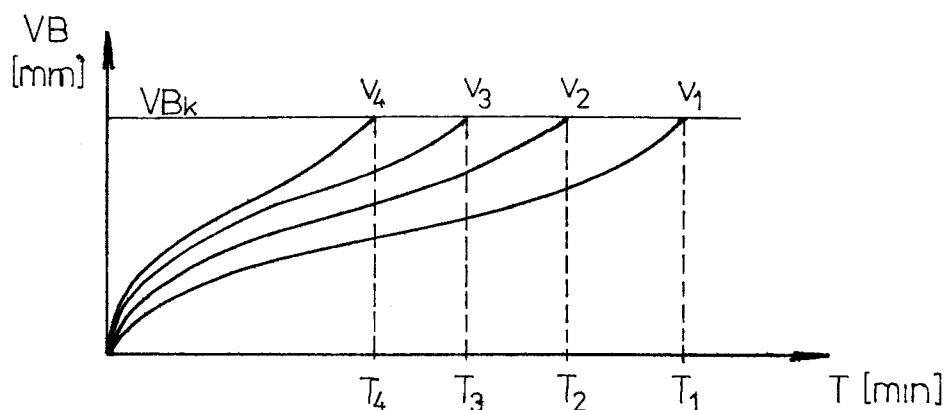
Etalonovým obráběným materiálem tvořícím plynulou třísku je ušlechtilá uhlíková ocel 12 050.1 (ČSN 412050). Způsob výroby není předepsán s výjimkou dezoxidace, jejíž způsob výrazně ovlivňuje hodnotu obrobiteľnosti.

5.5. Dlouhodobá zkouška trvanlivosti

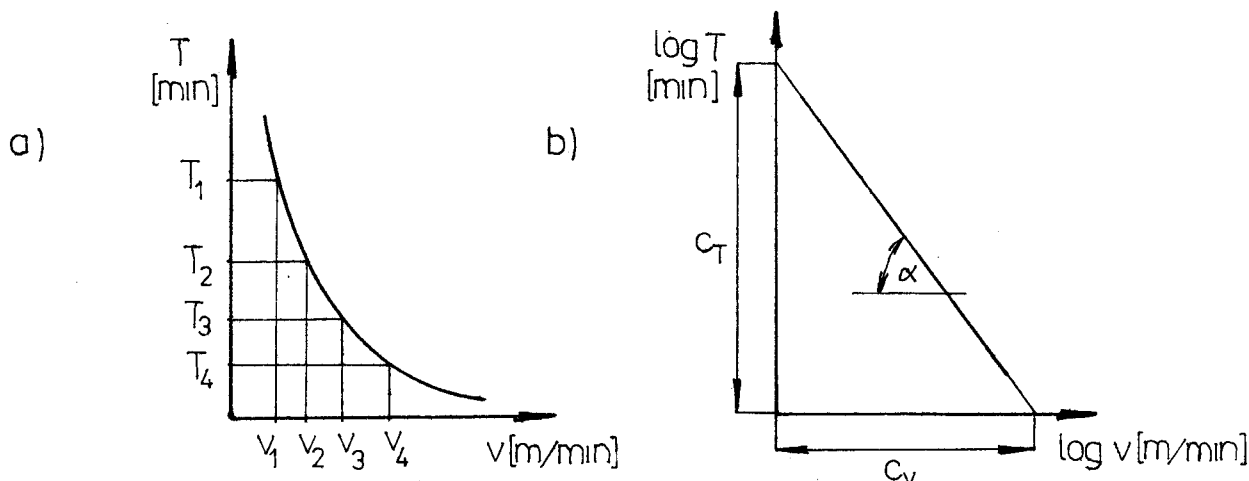
Metoda je založena na tom, že při obrábění daného materiálu ovlivňuje trvanlivost břitu nejvíce řezná rychlost a při používání běžných řezných rychlostí trvanlivost břitu s rostoucí rychlostí klesá.

Obrábíme při různých rychlostech a při konstantních ostatních řezných podmínkách nástrojem ze zkoušeného materiálu.

Průběh otupení břitu zanášíme do diagramu $VB = f(T)$



Pro zvolenou hodnotu otupení VB_k vyneseme odpovídající trvanlivost T a příslušející hodnoty řezné rychlosti v do diagramu $T-v$ a získáme závislost $T=f(v)$.



Obr.č.16 Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti

- a) v normálních souřadnicích
- b) v logaritmických souřadnicích

Křivka závislosti $T = f(v)$ je v rozsahu běžných rychlostí polytropa, kterou lze matematicky vyjádřit:

$$c_T = T v^m \quad (1)$$

$$c_V = T^{\frac{1}{m}} v \quad (2)$$

Logaritmováním vztahu $c_T = T v^m$ dostaneme rovnici přímky, jejíž směrnice vyjadřuje velikost exponentu m (obr.č.16)

$$\log c_T = \log T + m \log v$$

$$m = \operatorname{tg} \alpha$$

Velikost exponentu m určíme buď graficky z diagramu nebo výpočtem.

Pro různé řezné rychlosti, při konstantních ostatních parametrech řezných podmínek platí:

$$c_T = T_1 v_1^m$$

$$c_T = T_2 v_2^m$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{v_2^m}{v_1^m}$$

$$m = \frac{\log T_2 - \log T_1}{\log v_1 - \log v_2}$$

Hodnoty konstant c_T a c_V lze určit výpočtem z rovnice (1), (2), známe-li hodnotu m .

Zde potom platí:

$$v = 1 \text{ m/min} \quad \Rightarrow \quad c_T = T$$

$$T = 1 \text{ min} \quad \Rightarrow \quad c_V = v$$

6. Metodika zkoušek

6.1. Metodika hodnocení povlaků

6.1.1. Měření tloušťky povlaků

Měření tloušťky povlaků bylo provedeno na zařízení KALO-TEST, jehož princip byl popsán v kapitole 4.1.1.

Pro měření rozměrů výbrusu byl použit mikroskop ZWICK 3212.

Měření se uskutečnilo ve VVZ ZEZ Liberec.

Postup při měření:

Zkoušená břitová destička se upne v držáku přístroje. Mezi hnací hřídelku a destičku se vloží ocelová koule 25 mm tak, aby se dotýkala destičky ve zkoušeném místě.

Koule se potře brusnou diamantovou pastou o zrnitosti 1 μm , která zvyšuje třecí účinek a tím i urychlí průběh celé zkoušky.

Po zapnutí přístroje se začne ocelová koule otáčet a vytvoří v destičce výbrus tvaru kulového vrchlíku. Poté se destička vyjme z držáku přístroje a pod mikroskopem se změří rozměry vzniklého mezikruží.

Z naměřených hodnot se jednoduchou matematickou úpravou (viz kapitola 4.1.1.) stanoví tloušťka povlaku břitové destičky.

6.1.2. Měření adheze povlaků

Měření adheze povlaků bylo provedeno metodou SCRATCHTEST, jejíž princip byl popsán v kapitole 4.1.2.

Pro zkoušku adheze byl použit mikrotvrdoměr ZWICK 3212.

Měření se uskutečnilo ve VVZ ZEZ Liberec.

Postup při měření:

Zkoušená břitová destička se upne ve svěráčku mikrotvrdoměru. Zatížení hrotu se nastavuje skokově, a to prostřednictvím přidávání závaží. Zkouška se začíná při zatížení hrotu 10N. Zatížený hrot se přiloží na destičku a definovanou rychlostí, která je realizována otáčením mikrometrického šroubu, se vytvoří v destičce rýha. Destička, resp. rýha, se prohlédne pod optickým mikroskopem, který je součástí mikrotvrdoměru. Optickým posouzením se určí adheze povlaku k podkladu.

Je-li povlak neporušen, dále se zvýší zatížení hrotu pomocí přidání závaží. Opět se vytvoří rýha a pod optickým mikroskopem se vizuálně určí adheze.

Zkouška se takto opakuje až do prvního objevení porušení povlaku, což se projeví odloupáváním, protržením nebo vylomením vrstvy. V této době je zkouška ukončena a kritériem adheze je velikost zatížení hrotu, vyvolané závaží, při kterém se objeví první známky porušení vrstvy. Na zkoušené destičce se tak vytvoří soustava rýh, z čehož každá rýha je vytvořena pod jiným zatížením.

6.1.3. Měření mikrotvrdosti povlaků

Měření mikrotvrdosti povlaků bylo provedeno na mikrotvrdoměru ZWICK 3212 s Vickersovým hrotem. Měření se uskutečnilo ve VVZ ZEZ Liberec.

Postup při měření:

Zkoušená břitová destička se upevní v upínací části mikrotvrdoměru. Pomocí závaží se nastaví zatěžovací síla působící na hrot. Jako vnikací těleso byl použit diamantový hrot ve tvaru jehlanu, který má mezi diagonálami vrcholový úhel 148° . Po nastavení hrotu se uvolní pohyblivá část mikrotvrdoměru a dojde během zatěžovací doby k vytvoření vtisku. Rozměry vytvořeného vtisku se změří na mikroskopu, který je součástí mikrotvrdoměru. Z naměřených hodnot rozměru vtisku a použitého zatížení diamantového hrotu se dle vztahu uvedeného v kapitole 4.1.3. vypočte mikrotvrdost HV_f .

6.1.4. Metalografické výbrusy vyměnitelných břitových destiček

Metalografické výbrusy byly zhotoveny v laboratořích Katedry materiálů a strojírenské metalurgie při VŠST Liberec. Jejich účelem bylo sledování nanesené povrchové vrstvy.

Postup při zhotovování výbrusů:

Vzorky břitových destiček se zalijí pomocí dentacrylu do novodurových kroužků. Po vytvrzení dentacrylu začíná samotný proces vybrušování. Zalité vzorky se vybrušují na metalografických bruskách. Brousí se ve vodní lázni postupně od nejhrubších až po nejjemnější brousící papíry. Broušení se provádí vždy jedním směrem a to kolmo na předchozí rýhy po broušení. Přejít z hrubějšího brousícího papíru na jemnější je možný až tehdy, zmizí-li rýhy kolmé na směr nynějšího broušení (rýhy musí být jen v jednom směru). Poslední operací je leštění na jelenicovém kotouči za přidávání brousící emulze. Pohyb vzorku již není jedním směrem, ale je kruhový. Leštění se ukončuje po dosažení zrcadlového lesku vzorku, bez jakýchkoli rýh.

Po vyleštění následuje opláchnutí vzorku lihem a důkladné osušení. Dále se vzorek leptá v roztoku 1% NITALU. Po naleptání se vzorek opláchne vodou, čímž se neutralizuje působení leptadla, a opět důkladně osuší. Tím je vzorek připraven pro pozorování na mikroskopu. Pozorování se provádí na mikroskopu NEOPHOT 32, který dokáže při použití imerzního objektivu dosáhnout zvětšení až 2 000krát.

6.1.5. Morfologie povlaků

Morfologie povlaků spočívá v pozorování a zhotovení snímků povlaků. Klade se zde důraz na vyhledávání určitých specifických míst povlaku. Jsou to např. opotřebená místa povlaku, místa přechodu opotřebeného a nového povlaku, nedotknutý čistý povlak.

Pozorování a následné zhotovování snímků se provádí na elektronovém rastrovacím mikroskopu BS - 300. Vlastnímu pozorování předchází složitá příprava pozorovaného vzorku. Nejdříve se musí rozměrově upravit tak, aby se vešel na hliníkový terčík o $\varnothing 20$ mm. Výška vzorku nesmí přesahovat 10 mm. Dále se vzorek pomocí lepidla připevní k terčíku.

Další činnosti v přípravě vzorku jsou prováděny již jen speciální obsluhou mikroskopu. Jsou to např. ultrazvukové čištění a pozlacení z důvodu odvodu statického náboje. Samotná obsluha elektronového mikroskopu je prováděna též speciální obsluhou.

6.2. Metodika hodnocení řezivosti

Pro vzájemné porovnání vlastností jednotlivých povlaků břitových destiček byly provedeny dlouhodobé zkoušky při podélném soustružení. Z provedených měření byly sestaveny pro jednotlivé povlaky závislosti VB-t, KT-t a T-v diagramy.

6.2.1. Způsob měření opotřebení, kritérium opotřebení

Velikost opotřebení na hřbetě bylo měřeno na mikroskopu Zeiss Jena s nitkovým křížem při 30-ti násobném zvětšení. Byla měřena jak střední hodnota VB, tak i VB maximální. Opotřebení na čele bylo měřeno číselníkovým úchylkoměrem s dotykem o poloměru 0,2 mm. Byla měřena hloubka výmolu KT jako maximální vzdálenost mezi dnem výmolu a rovinou čela. Kritériem opotřebení na hřbetu byla hodnota $VB_{krit} = 0,3\text{mm}$, kritériem na čele hodnota $KT_{krit} = 0,12\text{mm}$.

6.2.2. Stroj

Ke zkouškám byl použit soustruh SR-315 s plynulou regulací otáček, jehož výkon je 17 kW při $n = 4000 \text{ min}^{-1}$ (otáčky motoru).

6.2.3. Nástroj

Charakteristika substrátu

Břítové destičky tvaru SPUN 120310 byly vyrobeny z rychlořezné oceli ČSN 19830 z polotovaru o rozměrech 15x15x4mm. Metalografickou kontrolou byla potvrzena dobrá jakost polotovaru. Stupeň karbidické nestejnorodosti se pohybuje převážně v mezích 0a až 1b karbidické stupnice.

Postup tepelného zpracování hranolků 15x15x4mm:

- předehřev: 600 °C/1h - elektrická komorová pec
- kalení: 1220 °C/30min/olej - silitová pec Kanthal
- popouštění: 560 °C, 3x3/4h /vzduch - el.komorová pec

Průměrná velikost austenitického zrna po kalení se pohybuje v mezích 10 až 11 (metoda SNYDER-GRAF při zvětšení 500x). Tvrdost břitových destiček, kontrolovaná u každého desátého vzorku byla 65 ± 1 HRC.

Po tepelném zpracování byly z hranolků vyrobeny břitové destičky o rozměrech 12,75x12,75x3,2mm. Úhel hřbetu α_0 je vybroušen na 11° a poloměry zaoblení špičky $r_c = 1$ mm.

Dále byl stanoven součinitel tření $f = 0,73$. /15/

Charakteristika povlaků

Pro objektivní posouzení vlastností povlaků byly zjištěny následující parametry: mikrotvrdost, přilnavost k substrátu, tloušťka povlaku a součinitel tření.

Hodnoty uvedených parametrů pro jednotlivé typy povlaků uvádí následující tabulka. č.59

Tab.č.59 Charakteristiky povlaků

Povlak	Mikrotvrdost /HV/ 0,2N	Přilnavost /N/	Tloušťka povlaku/ μ m/	Součinitel tření f
TiN	2 800	84	2,8	0,60
TiZrN	2 000	*	1,3	0,60
Ti(VT6)N	1 531	*	0,67	0,60

* Přilnavost nešla změřit z důvodu velmi tenkého povlaku

Držák břitových destiček

Pro upínání vyměnitelných břitových destiček byl použit nožový držák ČSN 22 3860.2 o průřezu 25x25mm s vyložením 30mm.

6.2.4. Obrobek

Zkoušky byly provedeny na třech druzích oceli ČSN 12 050.9, 14 220.3 a 15 260.3. Výchozí průměr ocele 12 050.9 byl 179mm, 14 220.3 202mm a 15 260.3 189mm. Délka obrobků byla 1 000mm. Na jednotlivých ocelích byly zjištěny následující hodnoty průměrné příčné tvrdosti HB 10/3 000:

Ocel 12 050.9	tvrdost	177 ± 1
Ocel 14 220.3	tvrdost	140 ± 3
Ocel 15 260.3	tvrdost	234 ± 5

6.2.5. Řezné podmínky

Při zkouškách byly použity následující řezné podmínky:

- posuv a hloubka řezu byly konstantní:

$$s = 0,188 \text{ mm/ot} , h = 2 \text{ mm}$$

- proměnnou veličinou byla řezná rychlost, která ve většině případů byla odstupňována podle řady R 20.

Pro nepovlakované destičky se rychlost pohybovala v rozmezí 20 - 80 m/min, pro povlakované břitové destičky byl rozsah rychlostí 31,5 - 100 m/min.

6.2.6. Řezné prostředí

Bylo použito chlazení emulgačním olejem E v 5% koncentraci. Průtok byl větší než 5 l/min a břit byl řeznou kapalinou zcela zaplaven. Teplota emulze v nádrži byla 24 °C.

6.2.7. Způsob zpracování výsledků měření

T-v závislosti byly stanoveny metodou lineární regrese na počítači PMD - 85. Byly určeny exponenty a konstanty Taylorova vztahu a hodnoty trvanlivosti pro zvolené referenční řezné rychlosti.

7. Výsledky zkoušek

7.1. Vlastnosti povlaků

Způsob měření a metodika zkoušek jsou zpracovány v kapitole 6.1.

V této kapitole jsou uvedeny pouze výsledky jednotlivých měření.

Měření tloušťky povlaků

Druh povlaku	Tloušťka povlaku / μm /
TiN	2,8
TiZrN	1,3
Ti(VT6)N	0,67

Měření adheze povlaků

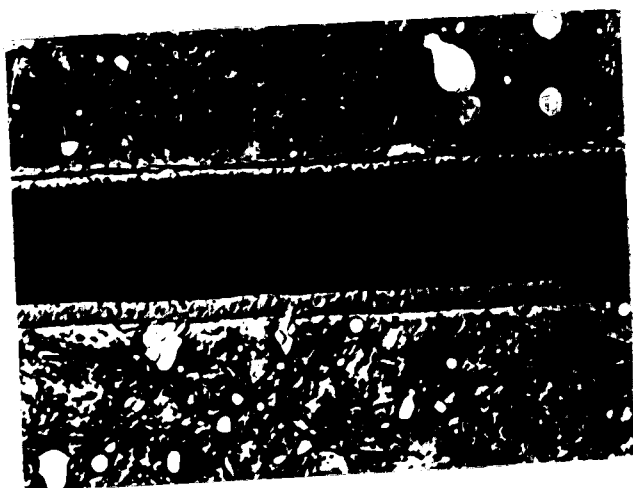
Druh povlaku	Adheze povlaku /N/
TiN	84
TiZrN	*
Ti(VT6)N	*

* Adheze nešla změřit z důvodu velmi tenkého povlaku

Měření mikrotvrdosti povlaků

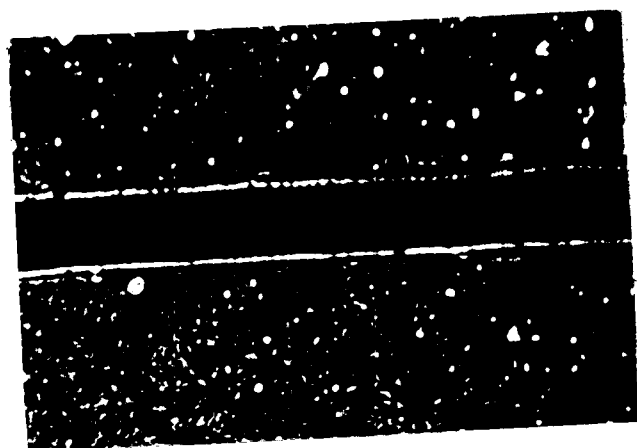
Druh povlaku	Mikrotvrdost /HV/ 0,2 N
TiN	2 800
TiZrN	2 000
Ti(VT6)N	1 531

Metalografické výbrusy povlaků



Obr.č.17

Povlak TiN
 Podklad 19 830
 Zvětšení 1 000 krát
 Leptadlo NITAL 1%



Obr.č.18

Povlak TiN
 Podklad 19 830
 Zvětšení 800 krát
 Leptadlo NITAL 1%



Obr.č.19 Povlak TiN
 Podklad 19 830
 Zvětšení 800 krát
 Leptadlo NITAL 1%



Obr.č.20 Povlak TiZrN
 Podklad 19 830
 Zvětšení 800 krát
 Leptadlo NITAL 1%

Morfologie povlaků

V době kompletace diplomové práce a dání do tisku, nebylo možno pro technickou závalu na elektronovém rastrovacím mikroskopu BS-300, umístěném v Přístrojovém měřicím centru textilní fakulty VŠST Liberec, pořídit snímky morfologie povlaku. Po odstranění závady budou snímky morfologie povlaku pořízeny a přiloženy k diplomové práci.

7.2. Řezivost vyměnitelných břitových destiček

Přehled zkoušek a výsledků je pro materiál 12 050.9 v tab.č.60, pro materiál 14 220.3 v tab.č.61, pro materiál 15 260.3 v tab.č.62.

Tabulkové hodnoty VB-T a KT-T závislostí a jejich grafické zpracování jsou v příloze.

Diagramy T-v a přehledné zpracování výsledků je v kap. 8.2.

Tab.č.60 Přehled zkoušek a výsledků pro materiál 12 050.9

Povlak	č.	Řezná rychlost	Tab.č.	Diagram č.		
				VB-T	KT-T	T-v
Bez povlaku	1	50	1	4	16	1
		63	2			
		71	3			
		75	4			
		80	5			
TiN	2	63	6	5	17	1
		71	7			
		80	8			
		90	9			
TiZrN	3	40	10	6	18	1
		50	11			
		63	12			
		71	13			
Ti(VT6)N	4	40	14	7	19	1
		50	15			
		63	16			
		71	17			
		75	18			

Tab.č.61 Přehled zkoušek a výsledků pro materiál 14 220.3

Povlak	č.	Řezná rychlost	Tab.č.	Diagram č.		
				VB-T	KT-T	T-v
Bez povlaku	1	50	19	8		2
		63	20			
		71	21			
		75	22			
TiN	2	63	23	9		2
		80	24			
		90	25			
		100	26			
TiZrN	3	63	27	10		2
		71	28			
		75	29			
		80	30			
		90	31			
Ti(VT6)N	4	63	32	11		2
		71	33			
		75	34			
		80	35			
		90	36			

Tab.č.62 Přehled zkoušek a výsledků pro materiál 15 260.3

Povlak	č.	Řezná rychlost	Tab.č.	Diagram č.		
				VB-T	KT-T	T-v
Bez povlaku	1	20	37	12	20	3
		25	38			
		40	39			
		63	40			
TiN	2	31,5	41	13		3
		40	42			
		50	43			
		63	44			
TiZrN	3	20	45	14		3
		25	46			
		31,5	47			
		40	48			
		50	49			
		63	50			
Ti(VT6)N	4	16	51	15		3
		20	52			
		25	53			
		31,5	54			

8. Vyhodnocení výsledků

8.1. Vyhodnocení povlaků

Tloušťka povlaků

Tloušťka povlaků byla změřena ve VVZ ZEZ Liberec. Nezávisle na tomto měření se uskutečnilo měření ve VAAZ v Brně, jehož výsledky plně potvrdily naměřené hodnoty. Pro srovnání byla tloušťka odečtena z metalografických snímků výbrusů. Hodnota takto změřené tloušťky jen dále potvrdila naměřené hodnoty.

Optimální hodnota tl. nanášených vrstev je 3-5 μm . Toto splňoval pouze povlak TiN. Ostatní povlaky, TiZrN a Ti(VT6)N, byly velmi tenké. Projevilo se to i na trvanlivosti těchto povlaků, která se výrazněji nelišila od nepovlakovaných destiček. Naproti tomu povlak TiN s dostatečnou tl. vykazoval až 7 krát vyšší trvanlivost.

Z uvedeného vyplývá, že výrobce by měl dodržovat optimální tl. nanášených vrstev 3-5 μm a pokud bude nanášet vrstvy tenčí, měl by mít toto snížení tl. také doloženo neklesající trvanlivostí.

Adheze povlaků

Adheze povlaku velmi úzce souvisí s tloušťkou povlaku. Z měření tl. povlaků vyplynulo, že dostačující tl. měl pouze povlak TiN. To se odrazilo i v měření adheze. Adheze byla změřena pouze u povlaku TiN. U ostatních, právě z důvodu velmi tenkého povlaku, změřit nešla. Pro měření adheze takto tenkých vrstev je zapotřebí používat snímač AE, který nám zaznamená okamžik porušení vrstvy daleko přesněji než vizuální kontrolou.

Mikrotvrdost povlaků

Měření mikrotvrdosti opět úzce souvisí s tloušťkou povlaku. Při dostatečné tl. vrstvy nedojde k proniknutí vnika-

cího tělesa až do podkladového materiálu a tudíž naměřené hodnoty jsou objektivní. V případě povlaků TiZrN a Ti(VT6)N, vzhledem k jejich malé tl., nejsou výsledky naměřené mikrotvrdosti zcela objektivní z důvodu ovlivnění podkladovým materiálem. U takto tenkých povlaků je nutné použít speciální vnikací hrot a menší vnikací zatížení.

Metalografické výbrusy povlaků

Obr.č.17 nám ukazuje vrstvu TiN při 1 000 násobném zvětšení. Je vidět, že povlak téměř dokonale kopíruje povrch. Je schopen zaplnit pouze menší nerovnosti povrchu. V horní polovině obrázku je vidět určitá nerovnoměrnost naneseného povlaku, která připadá na vrub výrobcí.

Obr.č.18 a 19 nám ukazují vrstvu TiN při 800 násobném zvětšení. Na obr.č.18 je vidět mezi povlakem a podkladem tenká černá vrstvička. Její vznik souvisí pravděpodobně s nedokonalým zbroušením povlaku a podkladu v jednu plochu a následném nedokonalém zaostření snímku. V dolní polovině obr.č.17 je vidět, že snímek je celkem dobře zaostřen a tenká černá vrstvička tu není. Naproti tomu v horní polovině tohoto obr. již není snímek tak dobře zaostřen, a tenká černá vrstvička se opět objevuje. Těmito skutečnostmi se dá vysvětlit vznik této černé vrstvičky na obr.č.18. Na obr.č.19 je vidět nerovnoměrnost naneseného povlaku.

Na obr.č.20 vidíme vrstvu TiZrN při 800 násobném zvětšení. Její tl. je tak malá, že objektivní vyhodnocení tohoto snímku není možné.

Snímek vrstvy Ti(VT6)N se nepodařilo získat, jelikož její tl. je na hranici rozlišitelnosti mikroskopu.

Kvalita zaostření obr.č.19 a 20 je způsobena postupem přípravy vzorku. U obr.č.17 a 18 byly vzorky přiloženy a ztaženy k sobě na co nejmenší vzdálenost. Vzniklá mezera mezi vzorky je způsobena nedokonalostí ztažení. U obr.č.19 a 20 byl postup poněkud jiný. Mezi k sobě přiložené vzorky byl dán dentacryl (což umožnilo přesnou identifikaci vzniklé mezery) a teprve poté došlo ke ztažení vzorků. Při tomto způsobu přípravy došlo k vytvoření veliké mezery mezi vzorky a následnému sleštění okraje vzorku, čímž nebylo možné zaostření celého snímku.

8.2. Vyhodnocení řezivosti vyměnitelných břitových destiček

Výsledky pro daný obráběný materiál jsou uvedeny v tabulkách č.63, č.64, č.65 a v T-v diagramech č.1, č.2, č.3. Tabulky obsahují hodnoty exponentů m a konstant c_T a c_v z Taylorova vztahu

$$T = \frac{c_T}{v^m}, \text{ resp. } v = \frac{c_v}{T^{1/m}}$$

Dále jsou uvedeny trvanlivosti při referenční řezné rychlosti. Referenční rychlost byla zvolena přibližně uprostřed intervalu použitých řezných rychlostí při dodržení podmínky, že trvanlivost břitových destiček při této rychlosti neklesla pod 4 minuty.

Dále je v tabulce vypočtena relativní trvanlivost q_T daná poměrem $q_T = T_v/T_v$. Tento index udává, kolikrát je trvanlivost povlakované řezné destičky při referenční rychlosti vyšší než trvanlivost destičky bez povlaku.

V tabulce je též uvedeno zvýšení trvanlivosti v %.

8.2.1. Obráběný materiál 12 O50.9

Výsledky pro obráběný materiál jsou uvedeny v tab.č.63 a T-v diagramu č.1.

Všechny povlaky vykazovaly poměrně dobré výsledky, nejlepší výsledky vykazoval povlak TiN. Při překročení řezné rychlosti 80 m/min (u Ti(VT6)N 70 m/min) došlo k prudkému snížení trvanlivosti, které bylo zřejmě způsobeno překročením přípustných teplot řezání.

U povlaku TiN se trvanlivost zvýšila při rychlosti 60 m/min 7,19 krát a při rychlosti 80 m/min téměř 10krát.

8.2.2. Obráběný materiál 14 220.3

Výsledky pro obráběný materiál jsou uvedeny v tab.č.64
a T-v diagramu č.2 .

Výrazné zvýšení trvanlivosti vykazoval pouze povlak TiN 4,22krát, při referenční rychlosti 70 m/min. U ostatních povlaků zvýšení trvanlivosti nepřesahovalo dvojnásobek trvanlivosti nepovlakované destičky.

Povlakem TiN bylo možno obrábět do 90 m/min, při vyšších rychlostech docházelo k prudkému snížení trvanlivosti.

8.2.3. Obráběný materiál 15 260.3

Výsledky pro obráběný materiál jsou uvedeny v tab.č.65
a T-v diagramu č.3 .

Při řezné rychlosti 35 m/min vykazoval povlak TiN zvýšení trvanlivosti 5,6krát. U ostatních povlaků zvýšení trvanlivosti nepřesahovalo dvojnásobek trvanlivosti nepovlakované destičky.

Tab.č.63 Výsledky zkoušek pro materiál 12 050.9

Povlak		m	c_T /min/	c_v /m min ⁻¹ /	T_{60} /min/	$q_T = \frac{T_{60}}{T_{60E}}$	zvýš. trvan. o %/
1	bez (E)	2,62	$1,6 \cdot 10^5$	97,4	3,6	1	0
2	TiN	1,62	$1,9 \cdot 10^4$	449	25,9	7,19	619
3	TiZrN	2,41	$2,5 \cdot 10^5$	174	13,1	3,64	263
4	Ti(VT6)N	0,85	$5,4 \cdot 10^2$	1710	17	4,72	372

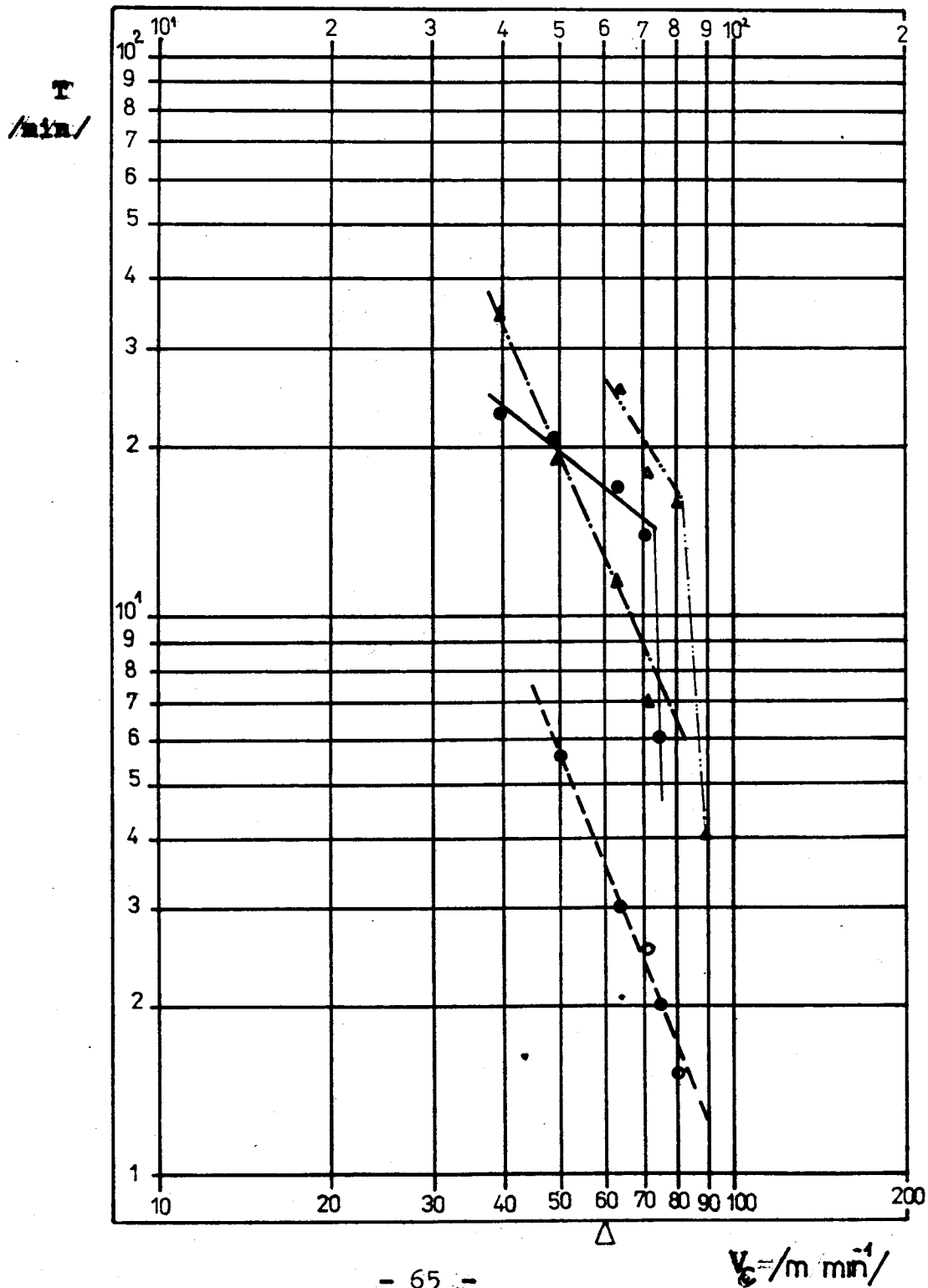
Tab.č.64 Výsledky zkoušek pro materiál 14 220.3

Povlak		m	c_T /min/	c_v /m min ⁻¹ /	T_{70} /min/	$q_T = \frac{T_{70}}{T_{70E}}$	zvýš. trvan. o %/
1	bez (E)	2,48	$4,6 \cdot 10^5$	191	12,1	1	0
2	TiN	1,49	$2,9 \cdot 10^4$	979	51	4,22	322
3	TiZrN	3,66	$9,7 \cdot 10^7$	153	17,5	1,45	45
4	Ti(VT6)N	3,27	$1,8 \cdot 10^7$	165	16,7	1,38	38

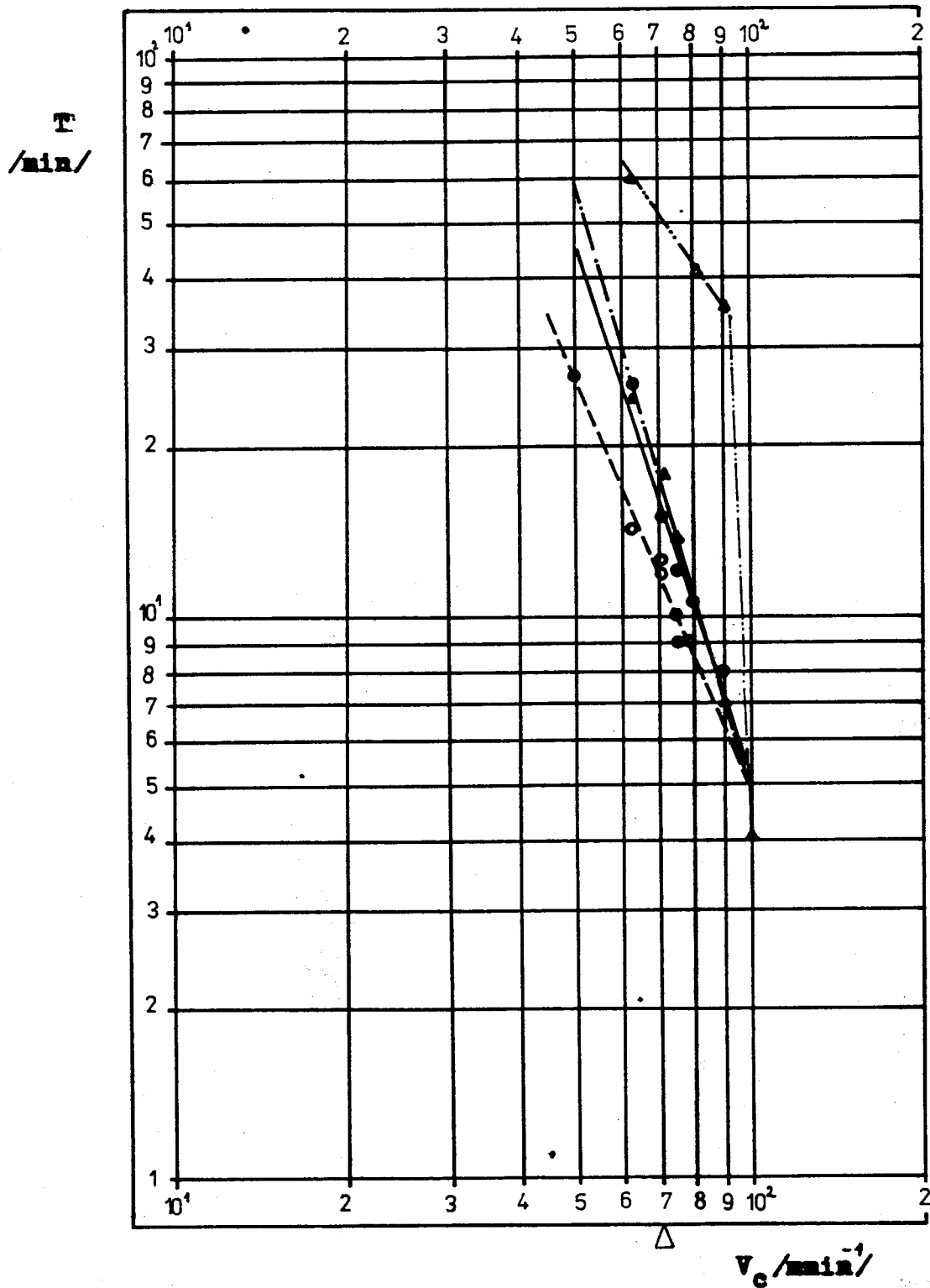
Tab.č.65 Výsledky zkoušek pro materiál 15 260.3

Povlak		m	c_T /min/	c_v /m min ⁻¹ /	T_{35} /min/	$q_T = \frac{T_{35}}{T_{35E}}$	zvýš. trvan. o /%/
1	bez (E)	2,09	$6,9 \cdot 10^3$	69,3	4,2	1	0
2	TiN	3,36	$5,9 \cdot 10^5$	106,3	23,7	5,64	464
3	TiZrN	2,35	$1,9 \cdot 10^4$	68	4,7	1,12	12
4	Ti(VT6)N	2,33	$1,3 \cdot 10^4$	58,4	4,2	1	0

T-v diagram č. 1	Značení povlaků
Obráběný mat.- 12050.9	----- bez povlaku ○
Chlazení emulzí	———— Ti(VT6)N ●
VB = 0,3mm v=40-90	----- TiZrE ▲
KT = 0,12mm n/min	----- TiN(ZEZ) △

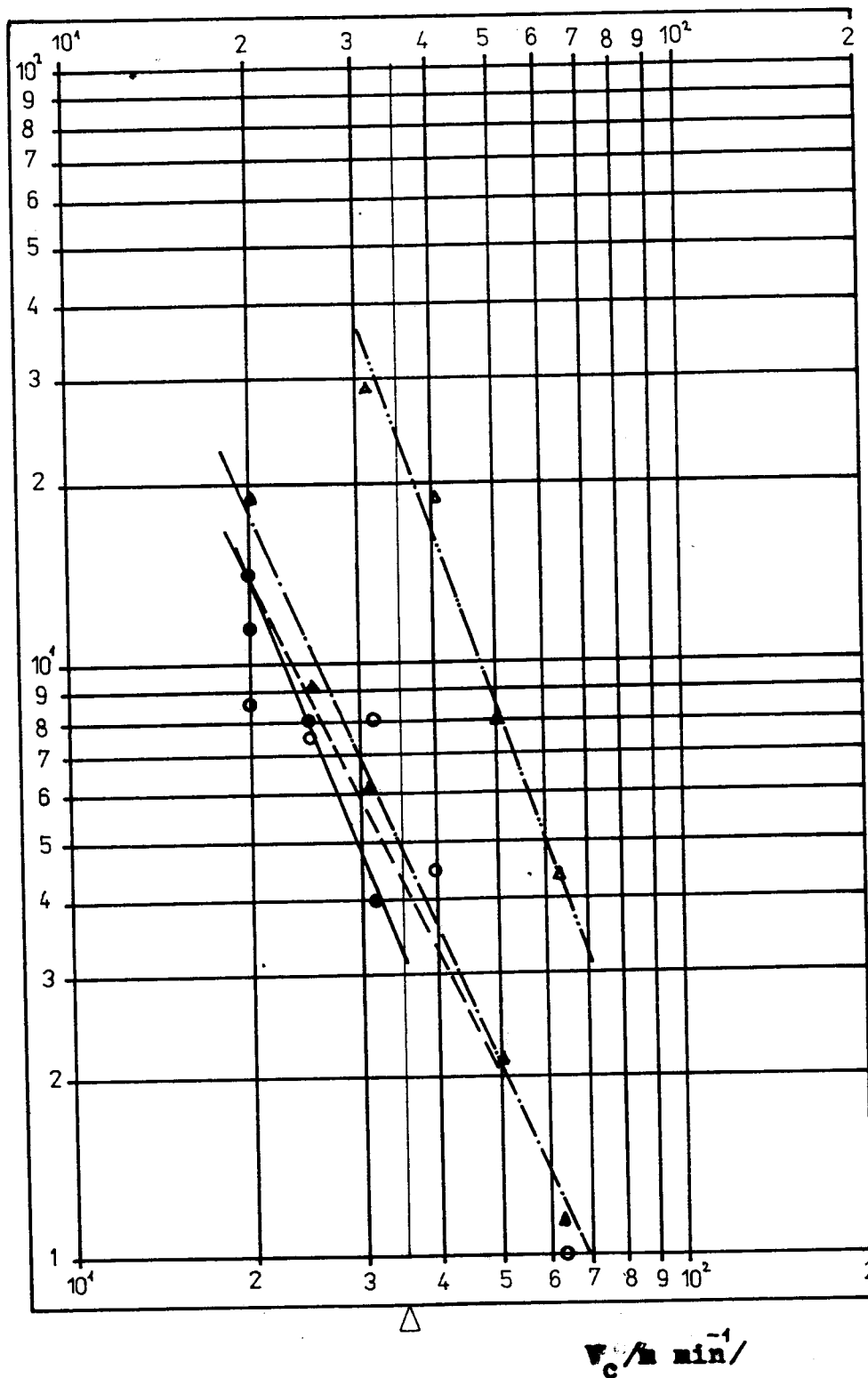


T-v diagram č. 2	Značení povlaků
Obráběný mat. -14220.3	----- bezpovlaku ○
Chlazení emulzí	———— Ti(VT6)N ●
$VE_k=0,3\text{mm}$ $v=(50-100)$	----- TiZrN ▲
$KI_k=0,12\text{mm}$ m/min	----- TiN(ZEZ) △



T-v diagram č. 3	Značení povlaků	
Obráběný mat. -15260.3	-----	bez povlaku o
Chlazení emulzí	————	Ti(VT6)N ●
$VE=0,3 \text{ mm}$ $v=(16-63)$	-----	TiZrN ▲
$KT_k=0,12 \text{ mm}$ m/min	-----	TiN(ZEZ) △

T
/min/



8.2.4. Shrnutí

Ve sloupcovém diagramu č.21 jsou přehledně zpracovány hodnoty relativní trvanlivosti ($q_T \cdot 100$) v % pro jednotlivé povlaky a obráběné materiály.

Z uvedeného diagramu vyplývá, že výrazné zvýšení trvanlivosti nad 200 % trvanlivosti nepovlakované destičky vykazovaly povlaky na obráběných materiálech (tab.č.66).

Tab.č.66

Povlak	Obráběný materiál
TiN	12 050.9 - 719%
	14 220.3 - 422%
	15 260.3 - 564%
TiZrN	12 050.9 - 364%
Ti(VT6)N	12 050.9 - 472%

Uvedená tabulka současně udává vhodnost použití zkoušených povlaků pro obrábění uvedených materiálů. Některé povlaky se jevily jako nevhodné pro zkoušené obráběné materiály. Jednalo se zejména o povlaky TiZrN, Ti(VT6)N při použití na materiálech 14 220.3 a 15 260.3.

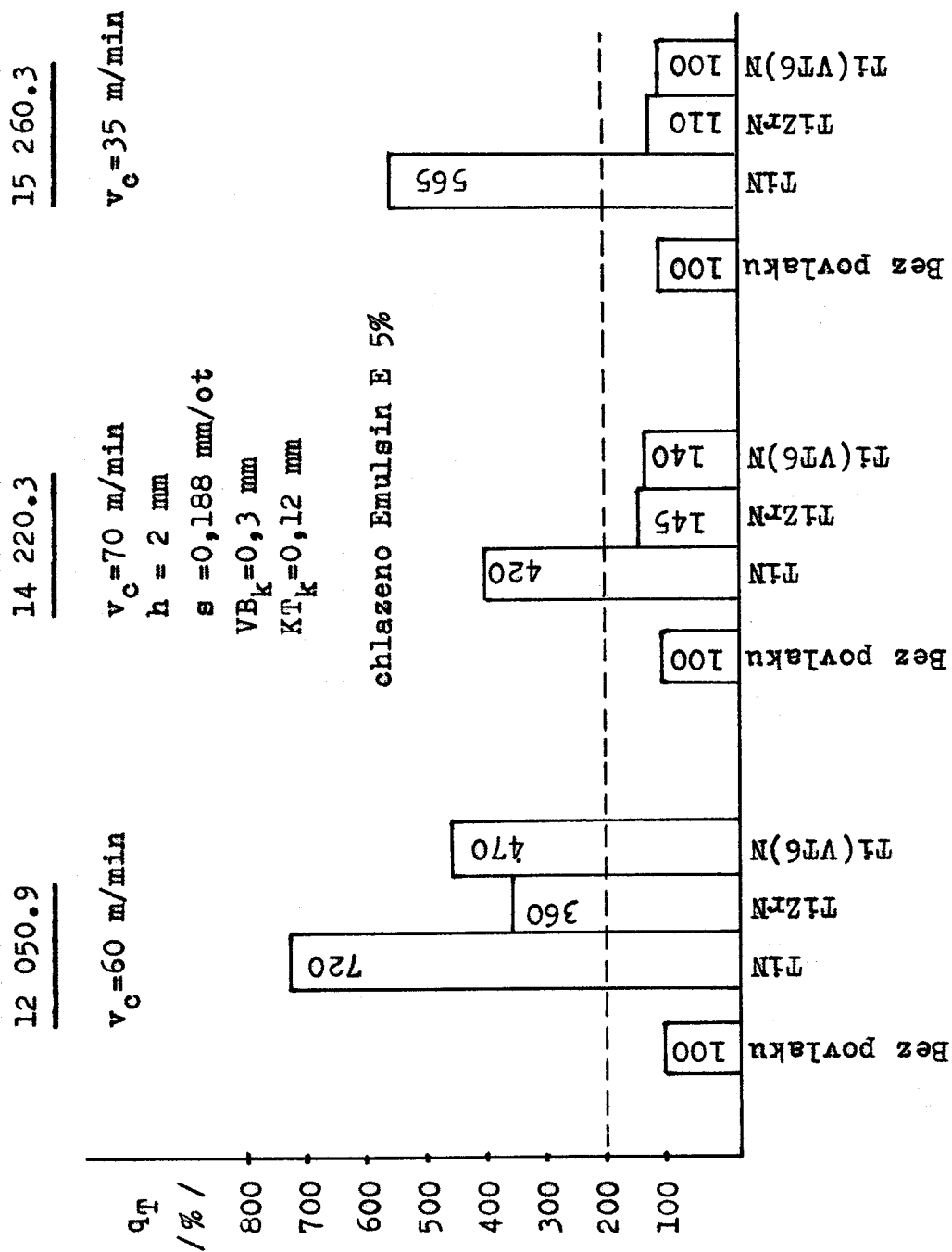


Diagram č. 21

9. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo shrnutí poznatků o metodách hodnocení vlastností povlaků, možnosti využití AE při procesu obrábění a porovnání řezivosti VBD s povlaky TiN, TiZrN a Ti(VT6)N s destičkami nepovlakovanými.

Úvodní kapitola je věnována povrchovým úpravám nástrojových materiálů. Jsou zde ukázány jednotlivé metody vytváření povlaků, jejich porovnání a druhy zařízení na kterých jsou tyto povlaky vytvářeny.

V následující kapitole je ukázána možnost využití akustické emise. V úvodu jsou vysvětleny některé základní pojmy, týkající se AE a uvedeny oblasti frekvencí používaných při využití akustické emise. Závěr této kapitoly je věnován využití AE v procesu obrábění.

Kap. 4. a 5. se zabývají hodnocením vlastností VBD s povlaky a jejich řezivostí. Jsou zde ukázány jednotlivé druhy měření, které se používají při těchto hodnoceních.

V kap. 6. je zpracována metodika všech prováděných zkoušek. V kap. 7. jsou uvedeny výsledky všech provedených měření. Jednotlivé tabulky u hodnocení řezivosti jsou uvedeny v příloze. Závěrečná část práce je věnována vyhodnocení výsledků. Jsou zde vyhodnocena jednotlivá vlastností povlaků a řezivost jednotlivých druhů povlaků na obráběných materiálech.

Chtěl bych se ještě krátce zmínit o ekonomickém přínosu povlakování VBD. Nemohu zde předvést celkové ekonomické zhodnocení, neboť nemám k dispozici cenové relace jednotlivých povlaků. Chtěl bych jen ukázat, že při známé ceně nepovlakované destičky, která činí 50 Kčs, je např. u TiN povlaku povlakování z ekonomického hlediska zajímavé ještě při ceně povlakované destičky 200 Kčs. A to v žádném případě nestojí. Na tomto krátkém příkladu jsem chtěl ukázat, že povlakování se neprovádí jen pro lepší design, ale hlavně z ekonomického důvodu.

Na závěr této práce bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce, p. ing. A. Průškovi, CSc, za cenné rady a připomínky při jejím zpracovávání.

Seznam použité literatury

- /1/ Musil, J., Vyskočil, J.: Tenké vrstvy nitridu titanu. 1.vyd. Praha. Academia 1989.
- /2/ Gazda, M.: Praktické zkušenosti s vytvářením TiN depozice. In: Stavba strojů 129. Praha. ČSVTS 1989, s.72
- /3/ Dubenský, R.: Akustická emise. Faktografická informace pro vedoucí hospodářské pracovníky. UTRIN, 3, 1978.
- /4/ Dušek, F., Seidl, C.: Akustická emise. ÚFM ČSAV, 1980.
- /5/ Směrnice CDS č.70/1988
- /6/ Pribáň, M.: Úvod do teorie akustické emise. ŠKODA, k.p. Plzeň 1986.
- /7/ KUNIO UEHARA-YUICHI KANDA: Annals of the CIRP, 33, 1984, s.71
- /8/ Žižka, J., Průšek, A.: Použití metody akustické emise ke sledování procesu obrábění. Strojírenství, 37, 1987, č.8, s.439
- /9/ Novák, R.: Měření makroskopických parametrů povlaků. In: Povlakování 1990. Vsetín. ČSVTS 1990. s.36
- /10/ Novák, R., Šlár, I., Kotrbatý, F.: Diagnostické metody tenkých vrstev. Strojírenská výroba, 5, 1989.
- /11/ Movčan, B.A., Demčišin, A.V.: Fyz. Met. Metalloved. 28, 83 (1969)
- /12/ Sikač, J.: Morfologie a korozní vlastnosti povlaků TiN. In: Povlakování 1990. Vsetín. ČSVTS 1990. s.13
- /13/ Gabriel, H.M.: Galvanotechnik 75(6), 697 (1984)
- /14/ Přikryl, Z., Musílková, R.: Teorie obrábění. 3.vyd. Praha. SNTL/ALFA 1982.
- /15/ Průšek, A.: Výzkum vlastností nástrojů z RO s otěruvzdornými povlaky. /Výzkumná zpráva/. Liberec, FS VŠST 1989.

Tabulka číslo 1	BB - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 10/3			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazení emulzí			
	v = 50m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (171-175)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KP /mm/	VBmax /mm/	Hárst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,05	0,07	0,07	0,19	0,13	3.2	
2	2	0,08	0,10	0,10	0,27	0,23	3.2	
3	4	0,09	0,12	0,10	0,19	0,35	6.2	
4	8	0,10	0,14	0,13	0,20	0,55	6.2	
5	12	0,12	0,15	0,15	0,17	0,68	6.2	
6	18	0,16	0,17	0,20	0,28	0,85	5.2	
7	25	0,17	0,18	0,22	0,21	0,85	3.2	
8	35	0,26	0,20	0,36	0,16	0,86	3.2	
9	37	0,30	0,21	0,52	0,18	0,88	3.2	
10	40	0,38	0,23	0,53	0,15	0,88	3.2	
11	42	0,40	0,23	0,53	0,12	0,88	3.2	

Tabulka číslo 2	BB - 19 830 — bez povlaku				Č. destičky - 19/4			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazení emulzí			
	v = 62m/min s = 0,180mm/ot h = 2mm D = 179mm							
Č. měření	T /min/	VB /mm/	KP /mm/	VBmax /mm/	Hárst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,07	-	0,09	0,10	0,67	5.2	
2	2	0,07	0,10	0,09	0,09	0,94	5.2	
3	4	0,11	0,14	0,14	0,10	1,00	3.2	
4	8	0,16	0,17	0,19	0,12	1,00	3.2	
5	11	0,17	0,19	0,23	0,14	1,00	3.2	
6	16	0,22	0,23	0,31	0,11	1,01	3.2	
7	20	0,29	0,26	0,41	0,10	1,04	3.2	
8	21	0,30	0,27	0,41	0,17	1,10	3.2	
9	28	0,42	0,31	0,60	0,07	1,10	3.2	

Tabulka číslo 3	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 10/1			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 71m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D =(175-179)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VH. /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,16	0,05	0,19	0,07	0,29	3.2	
2	2	0,17	0,13	0,20	0,05	0,39	3.2	
3	4	0,18	0,14	0,22	0,19	0,39	3.2	
4	7	0,22	0,20	0,27	0,26	0,56	3.2	
5	10	0,25	0,24	0,33	0,05	0,67	6.2	
6	12	0,30	0,25	0,45	0,10	0,78	6.2	
7	12,42	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 4	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 10/4			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 75m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 171mm							
Č.měření	T /min/	VE /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,07	0,06	0,09	0,20	0,16	6.2	
2	2	0,08	0,12	0,10	0,14	0,24	6.2	
3	4	0,12	0,17	0,16	0,13	0,36	6.2	
4	6	0,15	0,22	0,18	0,05	0,37	6.2	
5	9	0,24	0,25	0,29	0,07	0,44	6.2	
6	9,55	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 5	R0 - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 10/2			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazení emulzí			
	V = 80m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 175mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,10	0,09	0,14	0,13	0,19	3.2	
2	2	0,15	0,15	0,21	0,20	0,29	3.2	
3	2,36	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 6	RO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 55/3			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (123-127)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,06	-	0,08	-	0,09	2.1	
2	2	0,08	-	0,11	-	0,10	2.1	
3	4	0,10	-	0,13	0,08	0,14	2.1	
4	8	0,12	-	0,23	-	0,20	2.1	
5	13	0,17	0,01	0,37	-	0,37	6.2	
6	18	0,24	0,04	0,45	-	0,46	2.1	
7	21	0,26	0,08	0,48	-	0,56	6.2	
8	24	0,29	0,09	0,61	-	0,77	6.2	
9	25	0,30	0,09	0,67	-	0,79	6.2	
10	30	0,40	0,10	0,68	0,30	-	5.2	

Tabulka číslo 7	RO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 55/4			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 71/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (119-123)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,04	-	0,05	-	0,06	2.1	
2	2	0,07	-	0,09	-	0,10	6.2	
3	5	0,12	0,02	0,22	-	0,12	6.2	
4	10	0,20	0,03	0,36	-	0,27	6.2	
5	15	0,27	0,09	0,37	-	0,48	6.2	
6	17	0,29	0,13	0,37	0,13	0,53	3.2	
7	18	0,30	0,14	0,37	0,04	0,56	3.2	
8	19	0,31	0,16	0,40	0,13	0,61	3.2	
9	22	0,36	0,20	0,41	0,17	0,68	3.2	
10	29,13	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 8	R0 - 19 830 - TiN				Č. destičky - 55/1			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	v = 80m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 131mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VM /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,09	-	0,12	-	0,11	2.1	
2	2	0,14	0,05	0,15	-	0,14	2.1	
3	4	0,16	0,09	0,22	0,12	0,21	2.1	
4	7	0,18	0,12	0,23	0,30	0,39	6.2	
5	10	0,21	0,17	0,29	0,14	0,51	5.2	
6	14	0,24	0,18	0,32	-	0,64	5.2	
7	16	0,28	0,22	0,38	0,02	0,66	5.2	
8	16,22	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 9	R0 - 19 830 - TiN				Č. destičky - 55/2			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	v = 90m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (127-131)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VM /mm/	Tvar tríska	Pozn.
1	1	0,07	0,06	0,10	-	0,12	2.1	
2	2	0,10	0,13	0,14	0,16	0,19	6.2	
3	3	0,14	0,17	0,15	0,08	0,24	6.2	
4	3,02	Katastrofické opotřebení						

Tabulka čísle 10	RO - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 62/1			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 40m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (159-163)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,06	-	0,08	-	0,12	6.2	
2	2	0,10	-	0,11	-	0,20	6.2	
3	8	0,11	0,13	0,12	0,16	0,47	3.2	
4	13	0,11	0,19	0,13	0,17	0,47	3.2	
5	18	0,14	0,24	0,16	0,12	0,53	3.2	
6	23	0,19	0,28	0,20	0,14	0,55	3.2	
7	26	0,22	0,33	0,27	0,11	0,55	3.2	
8	32	0,28	0,36	0,30	0,15	0,70	3.2	
9	34	0,30	0,39	0,45	0,18	0,74	3.2	
10	40	0,34	0,43	0,54	0,21	0,82	3.2	
11	43,31	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 11	RO - 19830 - TiZrN				Č. destičky - 66/3			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 50m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (163-167)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,06	-	0,10	-	0,07	3.2	
2	2	0,08	-	0,11	0,03	0,09	3.2	
3	5	0,11	-	0,15	0,09	0,14	3.2	
4	10	0,18	0,03	0,30	0,10	0,30	5.2	
5	15	0,24	0,07	0,31	0,21	0,55	5.2	
6	18	0,28	0,12	0,34	0,05	0,61	5.2	
7	19	0,30	0,12	0,43	0,15	0,69	5.2	
8	22	0,34	0,13	0,46	0,18	0,86	3.2	
9	28	0,40	0,17	0,47	0,12	0,97	3.2	

Tabulka číslo 12	RO - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 65/1			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (155-159)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,05	-	0,05	-	0,06	6.1	
2	2	0,06	-	0,07	0,16	0,09	6.1	
3	4	0,08	-	0,09	-	0,10	6.1	
4	8	0,18	0,04	0,20	0,28	0,26	6.1	
5	12	0,26	0,10	0,33	0,20	0,30	3.2	
6	14	0,28	0,13	0,35	0,18	0,37	3.2	
7	16	0,30	0,13	0,38	0,21	0,42	3.2	
8	20	0,34	0,14	0,44	0,32	0,52	3.2	
9	26	0,36	0,11	0,45	0,23	0,75	3.2	
10	34	0,40	0,11	0,45	0,25	0,90	3.2	

Tabulka číslo 13	RO - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 65/4			
	obráběný mat. - 12 050.9				Chlazené emulzí			
	V = 71m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 167mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,03	-	0,05	-	0,10	2.1	
2	2	0,05	0,04	0,06	0,09	0,11	5.2	
3	4	0,06	0,08	0,07	0,22	0,36	5.2	
4	8	0,08	0,14	0,12	0,15	0,58	3.2	
5	10	0,09	0,17	0,13	0,16	0,62	5.2	
6	13	0,11	0,23	0,18	0,13	0,78	5.2	
7	16	0,15	0,25	0,21	0,19	1,02	5.2	
8	17,22	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 14	R0 - 19 830 - T1(VT6)N				Č. destičky - 73/1			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazeno emulzí			
	V = 40m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (143-147)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,07	-	0,07	-	0,06	2.1	
2	2	0,07	0,02	0,07	-	0,08	5.2	
3	5	0,09	0,09	0,10	0,20	0,21	3.2	
4	10	0,13	0,12	0,17	0,23	0,35	3.2	
5	15	0,21	0,15	0,24	0,32	0,54	3.2	
6	20	0,27	0,15	0,30	0,24	0,86	3.2	
7	22	0,29	0,17	0,32	0,28	0,91	3.2	
8	23	0,30	0,09	0,34	0,40	0,92	3.2	
9	28	0,35	0,16	0,36	0,29	1,05	3.2	
10	33	0,42	0,17	0,44	0,14	1,17	3.2	

Tabulka číslo 15	R0 - 19 830 - T1(VT6)N				Č. destičky - 76/4			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazení emulzí			
	V = 50m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 147mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,07	-	0,13	0,09	0,10	2.1	
2	2	0,12	0,07	0,17	0,18	0,19	2.2	
3	4	0,13	0,12	0,21	0,20	0,30	3.2	
4	8	0,17	0,16	0,16	-	0,40	3.2	
5	12	0,19	0,17	0,28	0,25	0,52	5.2	
6	15	0,25	0,17	0,33	0,17	0,55	5.2	
7	19	0,27	0,19	0,39	0,18	0,60	5.2	
8	21	0,30	0,21	0,42	0,14	0,70	5.2	
9	27	0,35	0,22	0,49	0,14	0,71	5.2	
10	33	0,40	0,24	0,64	0,15	0,81	5.2	

Tabulka číslo 16	RO - 19 830 - T1(VT6)N				Č. destičky - 75/1			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazení emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (151-155)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,10	0,02	0,17	0,06	0,17	6.2	
2	2	0,14	0,06	0,20	0,10	0,22	6.2	
3	4	0,16	0,13	0,27	0,19	0,40	2.2	
4	8	0,19	0,16	0,27	0,11	0,54	3.2	
5	12	0,21	0,20	0,28	0,10	0,57	3.2	
6	16	0,28	0,22	0,35	0,08	0,62	3.2	
7	17	0,30	0,23	0,37	0,12	0,62	3.2	
8	20	0,39	0,24	0,48	0,14	0,62	5.2	
9	22	0,40	0,27	0,58	0,15	0,62	5.2	

Tabulka číslo 17	R0 - 19 830 - T1(VT6)N				Č. destičky - 75/3			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazení emulzí			
	V = 71m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 151mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,07	0,02	0,11	0,07	0,24	2.1	
2	2	0,09	0,07	0,12	0,11	0,26	3.2	
3	4	0,11	0,14	0,13	0,15	0,32	3.2	
4	8	0,15	0,21	0,22	0,14	0,43	2.2	
5	11	0,21	0,24	0,30	0,13	0,44	3.2	
6	13	0,25	0,24	0,35	0,18	0,45	3.2	
7	14	0,30	0,29	0,35	0,12	0,48	3.2	
8	15,05	Katastrofické opotřebení						

Tabulka čísle 18	R0 - 19 830 - T1(VT6)N				Č. destičky - 76/2			
	Obráběný mat. - 12 050.9				Chlazení emulzí			
	V = 75m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (147-151)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VM /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,12	0,06	0,15	0,25	0,18	6.2	
2	2	0,13	0,11	0,15	0,09	0,28	5.2	
3	4	0,15	0,14	0,20	0,19	0,28	5.2	
4	4,20	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 19	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 18/3			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	V = 50m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 202mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN. /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,03	-	0,06	0,30	0,08	2.3	
2	2	0,05	-	0,06	0,43	0,14	2.3	
3	4	0,07	-	0,10	0,26	0,26	2.3	
4	7	0,11	-	0,15	0,30	0,34	2.3	
5	10	0,14	-	0,20	0,28	0,40	2.3	
6	13	0,17	-	0,26	0,34	0,50	2.3	
7	16	0,21	-	0,29	0,30	0,52	2.3	
8	18	0,22	-	0,32	0,28	0,60	2.3	
9	21	0,25	-	0,39	0,26	0,65	2.3	
10	23	0,25	-	0,40	0,32	0,65	2.3	
11	25	0,25	0,01	0,42	0,21	0,65	2.3	
12	27	0,30	0,03	0,48	0,18	0,66	2.3	
13	28	0,31	-	0,50	0,25	0,66	2.3	
14	31	0,33	0,02	0,52	0,18	0,70	2.3	
15	35	0,36	0,01	0,60	0,22	0,73	2.3	
16	40	0,38	-	0,63	0,19	0,73	2.3	
17	45	0,40	-	0,70	-	0,75	2.3	

Tabulka číslo 20	R0 - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 19/1			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazené emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (198-202)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,05	0,02	0,17	0,16	0,22	2.1	
2	2	0,07	0,03	0,17	0,12	0,33	2.3	
3	4	0,10	0,04	0,20	0,22	0,48	2.3	
4	7	0,17	0,04	0,22	0,12	0,53	2.3	
5	9	0,18	0,05	0,25	0,20	0,63	2.3	
6	12	0,23	0,06	0,28	0,30	0,66	2.3	
7	14	0,26	0,06	0,29	-	0,73	2.3	
8	16	0,27	0,06	0,30	0,23	0,80	2.3	
9	19	0,30	0,07	0,35	-	1,00	2.3	
10	22	0,33	0,07	0,38	0,08	1,03	2.3	
11	26	0,38	0,07	0,46	0,12	1,16	2.3	
12	28	0,38	0,07	0,46	0,09	1,18	2.3	
13	31	0,40	0,08	0,50	0,38	1,22	2.3	

Tabulka číslo 21	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 19/2			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazené emulzí			
	V = 71m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 198mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,10	0,02	0,16	0,22	0,22	2.3	
2	2	0,13	0,03	0,16	0,12	0,25	2.3	
3	4	0,16	0,03	0,23	0,10	0,50	2.3	
4	7	0,22	0,04	0,25	0,50	0,68	2.3	
5	9	0,24	0,05	0,27	0,18	0,80	2.3	
6	12	0,30	0,05	0,33	0,25	1,10	2.3	
7	15	0,34	0,005	0,38	0,19	1,32	2.3	
8	18	0,40	0,05	0,44	0,25	1,35	2.3	

Tabulka číslo 22	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 19/3			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazené emulzí			
	V = 75m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (194-198)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,12	0,01	0,14	0,18	0,20	2.3	
2	2	0,14	0,02	0,19	0,22	0,25	2.3	
3	4	0,20	0,03	0,25	0,18	0,38	2.3	
4	5	0,22	0,03	0,28	0,26	0,42	2.3	
5	7	0,27	0,04	0,28	0,18	0,60	2.3	
6	8	0,28	0,04	0,32	0,16	0,65	2.3	
7	9	0,28	0,04	0,32	0,12	0,69	2.3	
8	10	0,30	0,04	0,34	0,16	0,70	2.3	
9	12	0,31	0,06	0,34	0,16	0,71	2.3	
10	15	0,35	0,05	0,37	0,18	0,71	2.3	
11	20	0,45	0,06	0,50	0,09	0,90	2.3	

Tabulka číslo 23	RO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 53/1			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazené emulzí			
	v = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (166-170)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,04	-	0,08	0,09	0,09	6.2	
2	2	0,05	-	0,08	0,24	0,09	6.1	
3	5	0,10	-	0,09	0,16	0,13	6.1	
4	10	0,11	-	0,20	0,06	0,25	6.1	
5	20	0,15	-	0,25	0,24	0,30	6.1	
6	26	0,16	-	0,30	0,20	0,35	6.1	
7	36	0,20	-	0,32	0,18	0,41	6.1	
8	45	0,25	0,02	0,33	0,16	0,43	6.1	
9	50	0,26	0,03	0,43	0,24	0,45	6.1	
10	60	0,30	0,04	0,43	0,23	0,45	6.1	

Tabulka číslo 24	RO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 54/1			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazené emulzí			
	v = 80m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (142-146)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,07	-	0,08	-	0,09	6.1	
2	2	0,08	-	0,08	0,02	0,10	6.1	
3	5	0,10	-	0,12	0,07	0,20	6.1	
4	10	0,11	-	0,18	0,25	0,35	6.1	
5	20	0,19	-	0,22	0,18	0,40	6.1	
6	30	0,21	0,01	0,30	0,15	0,43	6.1.	
7	40	0,28	-	0,40	0,12	0,60	6.1	
8	41	0,30	-	0,42	0,12	0,63	6.1	
9	43	0,30	0,04	0,42	0,21	0,70	6.1	
10	53	0,40	0,04	0,47	-	0,79	6.1	

Tabulka číslo 25	RO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 53/3			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazené emulzí			
	v = 90m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (150-158)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Hárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,05	-	0,07	0,13	0,09	2.3	
2	2	0,07	-	0,10	0,04	0,09	2.3	
3	5	0,10	-	0,12	0,12	0,10	2.3	
4	10	0,14	-	0,17	0,14	0,15	2.3	
5	15	0,18	-	0,23	0,16	0,20	2.3	
6	25	0,22	0,02	0,26	0,16	0,32	2.3	
7	35	0,27	0,06	0,30	0,07	0,40	2.3	
8	37	0,32	0,07	0,44	0,12	0,45	2.3	
9	40	0,40	0,08	0,49	0,15	0,48	2.3	

Tabulka číslo 26	RO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 53/4			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazené emulzí			
	v = 100m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 150mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Hárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	2	0,14	-	0,15	0,03	0,20	6.1	
2	3	0,20	-	0,24	0,02	0,31	6.1	
3	4	0,30	-	0,34	-	0,42	6.1	
4	5	0,32	0,02	0,34	0,12	0,60	6.1	
5	7	0,35	0,03	0,37	0,14	0,75	6.1	
6	9	0,36	0,03	0,37	0,10	0,81	6.1	
7	13	0,38	0,03	0,40	0,28	1,10	6.1	
8	16	0,40	0,03	0,45	-	1,11	6.1	

Tabulka číslo 27	RO - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 63/2			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 194mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,06	-	0,08	0,15	0,10	6.1	
2	2	0,07	-	0,10	0,10	0,19	6.1	
3	4	0,10	-	0,20	0,16	0,30	6.1	
4	7	0,14	-	0,20	0,22	0,40	6.1	
5	10	0,16	0,02	0,22	0,28	0,45	6.1	
6	15	0,19	0,04	0,25	0,05	0,57	6.1	
7	20	0,25	0,02	0,35	0,08	0,65	6.1	
8	24	0,29	0,02	0,37	0,12	0,74	6.1	
9	25	0,31	-	0,38	0,16	0,80	6.1	
10	30	0,34	0,03	0,42	0,12	0,90	6.1	
11	35	0,40	0,01	0,50	0,20	1,08	6.1	

Tabulka číslo 28	RO - 19830 - TiZrN				Č. destičky - 63/3			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	V = 71m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 190mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	tvar tríska	Pozn.
1	1	0,10	-	0,11	0,08	0,14	6.1	
3	5	0,13	0,01	0,18	-	0,53	6.1	
4	10	0,22	-	0,26	0,55	0,73	6.1	
5	13	0,23	-	0,28	0,28	0,77	6.1	
6	17	0,29	0,02	0,35	0,07	1,00	6.1	
7	18	0,30	0,04	0,36	0,05	1,01	6.1	
8	20	0,33	0,03	-	0,20	1,10	6.1	
9	24	0,38	0,02	0,47	0,22	1,18	6.1	
10	27	0,41	0,03	-	0,38	1,30	6.1	
2	2	0,11	-	0,14	0,32	0,24	6.1	

Tabulka číslo 29	BO - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 64/1			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	V = 75m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (186-190)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,09	-	0,12	0,07	0,13	6.1	
2	2	0,11	-	0,16	0,20	0,16	6.1	
3	4	0,14	-	0,17	0,11	0,32	6.1	
4	8	0,19	0,01	0,26	0,14	0,70	6.1	
5	10	0,23	0,002	0,20	0,84	0,84	6.1	
6	13	0,29	0,03	0,33	0,18	1,00	6.1	
7	14	0,30	0,03	0,33	0,16	1,02	6.1	
8	16	0,32	0,04	0,35	0,14	1,21	6.1	
9	20	0,38	0,05	0,45	0,21	1,37	6.1	
10	23	0,42	0,05	0,47	0,22	1,51	6.1	

Tabulka číslo 30	H0 - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 64/3			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	v = 80m/min s = 0,18mm/ot h = 2mm D = 186mm							
Č. měření	T /min/	VB /mm/	KF /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,08	-	0,10	0,24	0,18	6.1	
2	2	0,14	-	0,16	0,18	0,31	6.1	
3	4	0,18	-	0,21	0,15	0,45	6.1	
4	6	0,20	-	0,26	0,32	0,56	6.1	
5	9	0,27	-	0,30	0,65	0,76	6.1	
6	10	0,30	0,01	0,32	-	0,82	6.1	
7	12	0,31	0,02	0,34	0,12	0,83	6.1	
8	15	0,38	0,02	0,40	0,32	0,92	6.1	
9	18	0,41	0,03	0,44	0,05	1,05	6.1	

Tabulka číslo 31	H0 - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 64/4			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	v = 90m/min s = 0,18mm/ot h = 2mm D = (182-186)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KF /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,11	-	0,12	0,04	0,21	6.1	
2	2	0,15	-	0,18	0,07	0,30	6.1	
3	4	0,22	-	0,40	0,16	0,45	6.1	
4	5	0,26	-	0,40	0,28	0,53	6.1	
5	6	0,28	-	0,40	0,09	0,65	6.1	
6	7	0,30	-	0,40	-	0,73	6.1	
7	9	0,35	-	0,45	0,16	0,90	6.1	
8	12	0,36	-	0,45	0,20	0,96	6.1	
9	16	0,40	-	0,45	0,16	1,07	6.1	

Tabulka číslo 32	RO - 19 830 - T1(VT6)M				Č. destičky - 72/4			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (178-182)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,06	-	0,09	0,21	0,13	6.2	
2	2	0.08	-	0,11	0,20	0,18	6.2	
3	5	0,11	-	0,15	0,12	0,23	6.2	
4	9	0,18	-	0,22	0,14	0,28	6.2	
5	12	0,20	-	0,24	0,18	0,31	6.2	
6	13	0,21	-	0,24	0,14	0,36	6.2	
7	16	0,23	-	0,26	0,23	0,42	6.2	
8	20	0,25	-	0,30	0,16	0,42	6.2	
9	24	0,27	-	0,30	0,18	0,49	6.2	
10	26	0,30	-	0,36	0,24	0,66	6.2	
11	28	0,32	-	0,40	0,31	0,66	6.2	
12	32	0,36	0,05	0,43	0,26	0,73	6.2	
13	36	0,40	0,07	0,48	0,30	0,78	6.2	

Tabulka číslo 33	BO - 19 830 - Ti(VT6)H				Č. destičky - 74/2			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	v = 71m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 178mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Hárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,07	-	0,10	0,21	0,15	6.2	
2	2	0,09	-	0,12	0,16	0,25	6.2	
3	5	0,14	0,01	0,18	0,30	0,36	6.2	
4	9	0,22	0,01	0,30	0,15	0,75	6.2	
5	12	0,27	0,04	0,32	0,22	0,81	6.2	
6	14	0,29	0,04	0,34	0,21	1,00	6.2	
7	15	0,30	0,04	0,36	0,17	1,01	6.2	
8	17	0,32	0,05	0,38	0,11	1,02	6.2	
9	22	0,38	0,05	0,47	0,07	1,04	6.2	
10	25	0,40	0,05	0,47	-	1,17	6.2	

Tabulka číslo 34	BO - 19 830 - Ti(VT6)H				Č. destičky - 74/3			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	v = 75m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (174-178)mm							
Č. měření	T /min/	VB /mm/	KF /mm/	VBmax /mm/	Hářejst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,08	-	0,16	0,08	0,18	6.2	
2	2	0,12	0,02	0,20	0,12	0,18	6.2	
3	5	0,16	0,05	0,22	0,09	0,33	6.2	
4	8	0,23	0,05	0,30	0,12	0,50	6.2	
5	10	0,28	0,06	0,37	0,21	0,53	6.2	
6	11	0,29	0,06	0,37	0,12	0,58	6.2	
7	12	0,30	0,06	0,38	0,18	0,69	6.2	
8	15	0,33	0,06	0,40	0,40	0,80	6.2	
9	20	0,37	0,07	0,41	0,26	0,97	6.2	
10	24	0,41	0,07	0,48	0,25	1,05	6.2	

Tabulka číslo 35	R0 - 19 830 - Ti(VT6)N				Č. destičky - 74/4			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	v = 80m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 174mm							
Č. měření	T /min/	VB /mm/	KP /mm/	VBmax /mm/	Hárst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,10	-	0,13	0,10	0,20	6.2	
2	2	0,11	-	0,16	0,08	0,25	6.2	
3	5	0,20	-	0,26	0,05	0,52	6.2	
4	7	0,22	0,04	0,29	0,21	0,61	6.2	
5	9	0,25	0,05	0,32	0,16	0,94	6.3	
6	10	0,28	0,05	0,32	0,18	0,94	6.3	
7	11	0,31	0,05	0,38	0,22	1,00	6.3	
8	13	0,34	0,06	0,38	0,15	1,03	6.3	
9	18	0,40	0,06	0,45	0,64	1,10	6.3	

Tabulka číslo 36	R0 - 19 830 - Ti(VT6)N				Č. destičky - 75/2			
	Obráběný mat. - 14 220.3				Chlazení emulzí			
	v = 90m/min s = 0,18mm/ot h = 2mm D = (170-174)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KP /mm/	VBmax /mm/	Hárst. /mm/	VH /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,11	-	0,13	0,08	0,15	6.3	
2	2	0,17	0,01	0,23	0,12	0,30	6.3	
3	4	0,19	0,01	0,25	0,14	0,56	6.3	
4	6	0,26	0,02	0,33	0,18	0,87	6.3	
5	7	0,28	0,03	0,36	0,08	0,96	6.3	
6	8	0,30	0,04	0,38	0,05	0,96	6.3	
7	10	0,32	0,04	0,39	0,18	1,00	6.3	
8	15	0,37	0,05	0,43	0,62	1,02	6.3	
9	17	0,40	0,07	0,48	0,22	1,35	6.3	

Tabulka číslo 37	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 18/2			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	v = 20m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (185-189)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,05	-	0,06	0,50	0,03	2.1	
2	2	0,05	-	0,07	0,22	0,06	2.1	
3	3	0,09	-	0,11	0,40	0,10	2.1	
4	4	0,09	-	0,14	0,56	0,10	2.1	
5	6	0,16	0,02	0,23	0,20	0,12	2.2	
6	8	0,20	0,03	0,30	0,30	0,13	2.2	
7	11	0,26	0,03	0,39	-	0,16	2.2	
8	13	0,29	0,04	0,43	-	0,16	2.2	
9	14	0,30	0,04	0,43	-	0,16	2.2	

Tabulka číslo 38	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 16/2			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	v = 25m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 189mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,02	0,01	0,04	0,52	0,16	2.1	
2	2	0,11	0,01	0,18	0,45	0,18	2.1	
3	4	0,18	0,01	0,37	0,23	0,37	2.1	
4	6	0,24	0,03	0,55	0,18	0,55	2.1	
5	7	0,27	0,04	0,67	0,11	0,64	2.1	
6	8	0,33	0,05	0,76	0,23	0,73	2.1	
7	10	0,36	0,07	0,83	0,37	0,91	2.1	
8	12	0,42	0,08	0,94	0,57	1,07	2.1	
9	15	0,45	0,09	1,01	0,13	1,25	2.1	
10	18	0,63	0,12	1,26	0,15	1,46	2.1	

Tabulka číslo 39	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 16/4			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 40m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 189mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VM /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,13	0,02	0,17	0,18	0,26	2.1	
2	2	0,19	0,05	0,25	0,14	0,27	2.1	
3	3	0,21	0,07	0,34	0,22	0,29	2.1	
4	4	0,24	0,09	0,46	0,19	0,29	2.1	
5	5	0,41	0,10	0,64	0,18	0,29	2.1	
6	5,36	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 40	RO - 19 830 - bez povlaku				Č. destičky - 18/1			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 189mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VM /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	0,90	0,20	0,11	0,26	0,14	0,26	2.1	
2	0,42	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 41	RO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 52/1			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 31,5m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = (177-181)mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VH /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,03	-	0,03	-	0,03	2.1	
2	2	0,04	-	0,05	-	0,05	2.1	
3	4	0,08	-	0,10	0,04	0,08	2.1	
4	7	0,09	-	0,13	0,05	0,11	2.1	
5	10	0,11	0,01	0,17	0,04	0,14	2.1	
6	13	0,13	0,01	0,17	-	0,17	2.1	
7	17	0,18	0,01	0,22	0,15	0,26	2.1	
8	20	0,18	0,01	0,26	0,20	0,32	2.1	
9	23	0,22	0,01	0,30	-	0,35	2.1	
10	25	0,23	0,01	0,32	-	0,38	2.1	
11	28	0,28	0,01	0,40	0,07	0,40	2.1	
12	29	0,29	0,01	0,41	0,21	0,41	2.1	
13	30	0,31	0,01	0,45	-	0,43	2.1	
14	31	0,35	0,01	0,50	-	0,48	2.1	
15	32	0,38	0,01	0,54	-	0,50	2.1	
16	33	0,40	0,01	0,54	-	0,52	2.1	

Tabulka číslo 42	R0 - 19 830 - TiN				Č. destičky - 52/2			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 40m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 177mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,05	-	0,06	0,03	0,05	2.1	
2	2	0,06	-	0,08	0,04	0,07	2.1	
3	4	0,06	-	0,12	0,07	0,09	2.1	
4	7	0,12	-	0,19	0,09	0,17	2.1	
5	9	0,14	-	0,21	0,07	0,27	2.1	
6	12	0,19	-	0,27	0,05	0,27	2.2	
7	14	0,21	-	0,30	0,05	0,30	2.2	
8	17	0,26	-	0,36	0,08	0,39	2.2	
9	18	0,28	-	0,42	0,06	0,39	2.2	
10	19	0,30	-	0,46	-	0,40	2.2	
11	20	0,32	-	0,48	0,05	0,41	2.2	
12	21	0,35	-	0,54	0,02	0,42	2.2	
13	22	0,40	-	0,58	0,07	0,43	2.2	

Tabulka číslo 43	BO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 52/3			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 50m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 177mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KF /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VM /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,07	-	0,14	-	0,07	2.1	
2	2	0,10	-	0,19	0,03	0,19	2.1	
3	4	0,17	-	0,28	0,02	0,20	2.1	
4	6	0,23	-	0,33	0,02	0,27	2.1	
5	7	0,28	-	0,39	-	0,34	2.1	
6	8	0,30	-	0,40	-	0,38	2.1	
7	9	0,35	-	0,51	-	0,43	2.1	
8	10	0,40	-	0,55	-	0,45	2.1	

Tabulka číslo 44	BO - 19 830 - TiN				Č. destičky - 52/4			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 177mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KF /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VB /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,10	-	0,18	0,03	0,18	2.1	
2	2	0,18	-	0,29	0,02	0,26	2.1	
3	3	0,20	-	0,32	0,03	0,33	2.1	
4	4	0,27	-	0,37	0,03	0,46	2.1	
5	4,30	0,31	-	0,46	0,03	0,52	2.1	
6	4,51	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 45	R0 - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 63/1			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 20m/min s = 0,18mm/ot h = 2mm D = 185mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KF /mm/	VBmax /mm/	Hárst. /mm/	VH /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,05	-	0,07	0,09	0,08	6.2	
2	2	0,07	-	0,07	0,10	0,10	5.1	
3	7	0,10	-	0,13	0,35	0,13	5.1	
4	9	0,12	-	0,14	0,41	0,15	6.2	
5	11	0,15	-	0,19	0,38	0,17	6.2	
6	15	0,20	-	0,27	0,57	0,17	6.2	
7	17	0,26	-	0,35	0,53	0,17	6.2	
8	19	0,31	0,01	0,40	0,40	0,17	6.2	
9	21	0,35	0,01	0,50	0,45	0,17	6.2	
10	24	0,40	0,02	0,57	0,30	0,17	6.2	
11	24	0,40	0,02	0,57	0,30	0,17	6.2	

Tabulka číslo 46	R0 - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 62/4			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 25m/min s = 0,18mm/ot h = 2mm D = 185mm							
Č.měření	T /min/	VH /mm/	KF /mm/	VHmax /mm/	Hárst. /mm/	VH /mm/	tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,08	-	0,10	0,10	0,12	5.1	
2	2	0,11	-	0,12	0,17	0,14	5.2	
3	5	0,14	-	0,30	0,23	0,36	5.2	
4	8	0,21	-	0,42	0,20	0,46	6.2	
5	9	0,28	-	0,44	0,15	0,51	6.2	
6	9,30	0,32	-	0,43	0,23	0,51	6.2	
7	10	0,37	-	0,50	0,40	0,53	6.2	
8	10,30	0,38	-	0,53	0,46	0,56	6.2	
9	11	0,40	-	0,55	0,30	0,61	6.2	

Tabulka číslo 47	RO - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 62/2			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 31,5m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 185mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,09	-	0,11	0,09	0,11	5.1	
2	2	0,09	-	0,12	0,10	0,14	5.1	
3	3	0,13	-	0,19	0,15	0,18	5.1	
4	4	0,20	-	0,27	0,13	0,30	5.2	
5	5	0,23	-	0,33	-	0,33	5.2	
6	6	0,28	-	0,40	0,10	0,39	5.2	
7	7	0,36	-	0,45	0,11	0,46	5.2	
8	8	0,39	-	0,50	0,17	0,52	5.2	
9	9	0,40	-	0,56	-	0,56	5.2	

Tabulka číslo 48	R0 - 19 830 - TiZrN				Č. destičky - 62/3			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 40m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 185mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar třísky	Pozn.
1	1	0,08	-	0,10	0,04	0,20	5.1	
2	2	0,11	0,01	0,13	0,02	0,31	5.2	
3	3	0,21	0,02	0,26	0,03	0,37	5.2	
4	4	0,23	0,03	0,34	0,06	0,37	5.2	
5	5	0,23	0,03	0,43	0,04	0,37	5.2	
6	6	0,24	0,03	0,43	0,09	0,37	6.2	
7	7	0,27	0,05	0,43	0,12	0,37	6.2	
8	8	0,30	0,05	0,58	0,15	0,37	6.2	
9	9	0,35	0,06	0,67	0,17	0,37	6.2	
10	10	0,40	0,06	0,78	0,20	0,37	6.2	

Tabulka číslo 49	RO - 19 830 - TiZrH.				Č. destičky - 61/3			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 50m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 185mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,14	-	0,21	0,03	0,24	2.1	
2	2	0,24	0,04	0,29	-	0,35	2.1	
3	2,20	Katastrofické opotřebení						

Tabulka číslo 50	RO - 19 830 - TiZrH				Č. destičky - 61/4			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 63m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 185mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,20	0,04	0,28	-	0,34	2.1	
2	1,15	Katastrofické opotřebení						

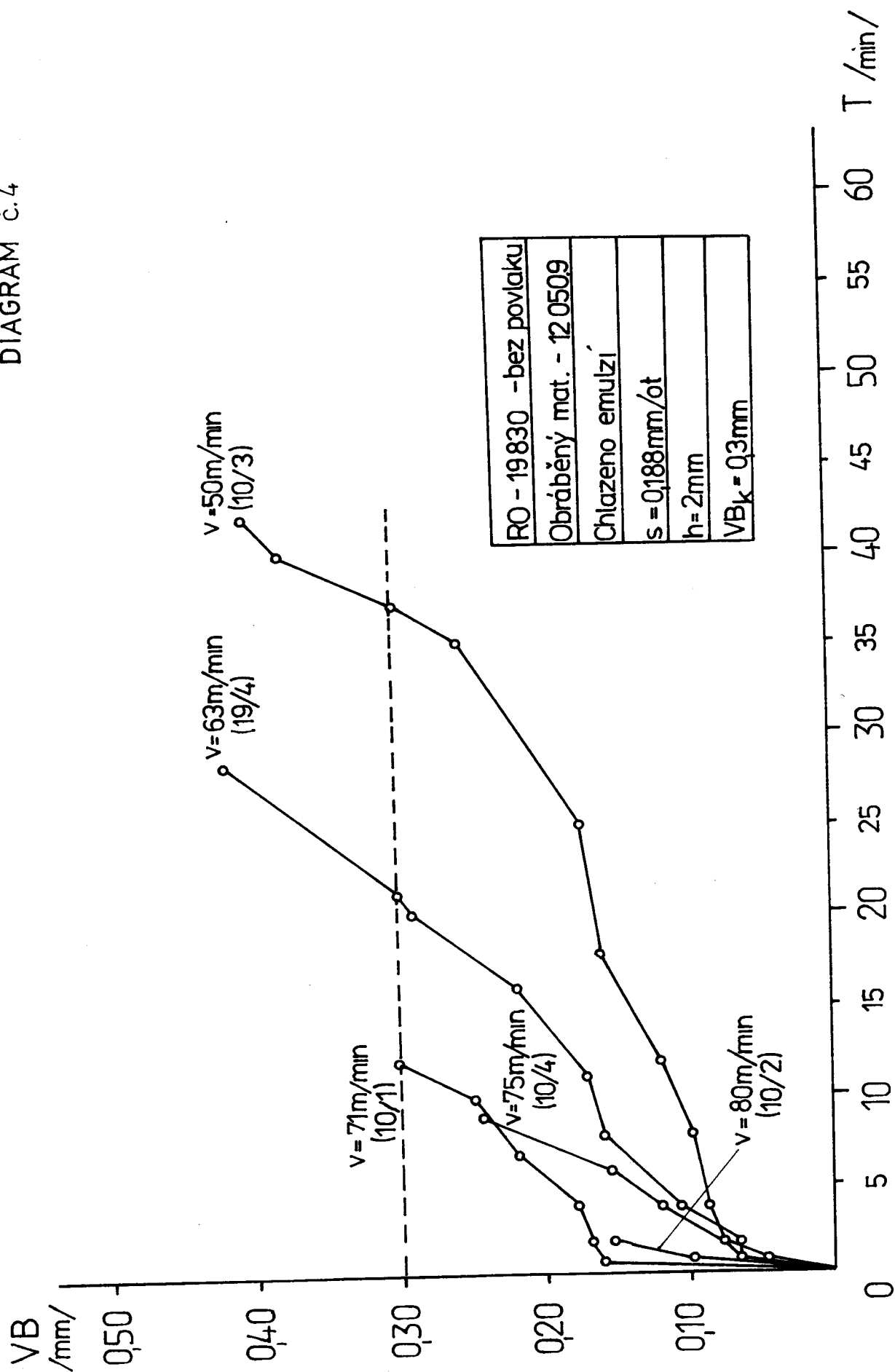
Tabulka čísle 51	RO - 19 830 - Ti(VT6)N				Č. destičky - 72/2			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 16m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 181mm							
Č. měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,02	-	0,02	0,27	-	6.2	
2	2	0,05	-	0,07	0,38	0,07	6.2	
3	4	-	-	-	-	-	6.2	
4	6	0,07	-	0,08	-	0,08	6.2	
5	9	0,08	-	0,13	-	0,08	6.2	
6	12	-	-	-	-	-	6.2	
7	14	0,10	-	0,16	-	0,10	6.2	
8	16	0,10	-	0,16	-	0,10	6.2	
9	19	0,10	-	0,16	0,43	0,10	6.2	
10	22	0,10	-	0,16	0,40	0,10	3.1	
11	25	0,12	-	0,18	0,38	0,13	3.1	
12	28	0,13	-	0,18	0,48	0,13	3.2	
13	31	0,14	-	0,22	-	0,14	3.2	
14	36	0,15	-	0,22	-	0,18	3.2	
15	40	0,16	0,01	0,24	-	0,20	3.2	
16	45	0,16	0,03	0,25	-	0,20	3.2	
17	50	0,18	0,04	0,36	-	0,23	3.2	
18	55	0,20	0,05	0,38	-	0,28	3.2	
19	60	0,22	0,05	0,40	-	0,30	3.2	

Tabulka čísle 52	R0 - 19 830 - T4(VT6)N				Č. destičky - 71/4			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 20m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 181mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,04	-	0,07	0,20	0,05	6.2	
2	3	0,09	-	0,13	0,32	0,11	6.2	
3	5	0,12	-	0,18	0,57	0,14	6.2	
4	7	0,18	-	0,25	0,64	0,15	6.2	
5	9	0,24	-	0,32	0,34	0,15	6.2	
6	10	0,25	0,02	0,36	0,50	0,16	6.2	
7	12	0,32	0,03	0,45	0,60	0,21	6.2	
8	13	0,37	0,04	0,49	-	0,22	6.2	
9	14	0,40	0,04	0,51	-	0,22	6.2	

Tabulka číslo 53	R0 - 19 830 - T1(VT6)N				Č. destičky - 71/3			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 25m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 181mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tríska	Pozn.
1	1	0,05	-	0,07	0,23	0,15	6.2	
2	2	0,10	-	0,13	0,06	0,15	6.1	
3	3	0,12	-	0,16	0,09	0,15	6.2	
4	5	0,15	0,01	0,24	0,25	0,15	6.2	
5	7	0,25	0,02	0,36	0,23	0,17	6.2	
6	9	0,35	0,04	0,44	-	0,20	6.2	
7	10	0,40	0,05	0,48	-	0,24	6.2	

Tabulka číslo 54	RO - 19 830 - T1(VT6)N				Č. destičky - 71/2			
	Obráběný mat. - 15 260.3				Chlazení emulzí			
	V = 31,5m/min s = 0,188mm/ot h = 2mm D = 181mm							
Č.měření	T /min/	VB /mm/	KT /mm/	VBmax /mm/	Nárůst. /mm/	VN /mm/	Tvar tržsky	Pozn.
1	1	0,10	-	0,14	-	0,12	5.1	
2	2	0,18	-	0,25	-	0,25	6.2	
3	3	0,25	-	0,40	0,01	0,43	5.1	
4	4	0,29	0,02	0,46	0,14	0,54	5.1	
5	5	0,34	0,03	0,55	0,15	0,54	5.1	
6	6	0,40	0,03	0,55	0,15	0,61	5.1	

DIAGRAM č.4



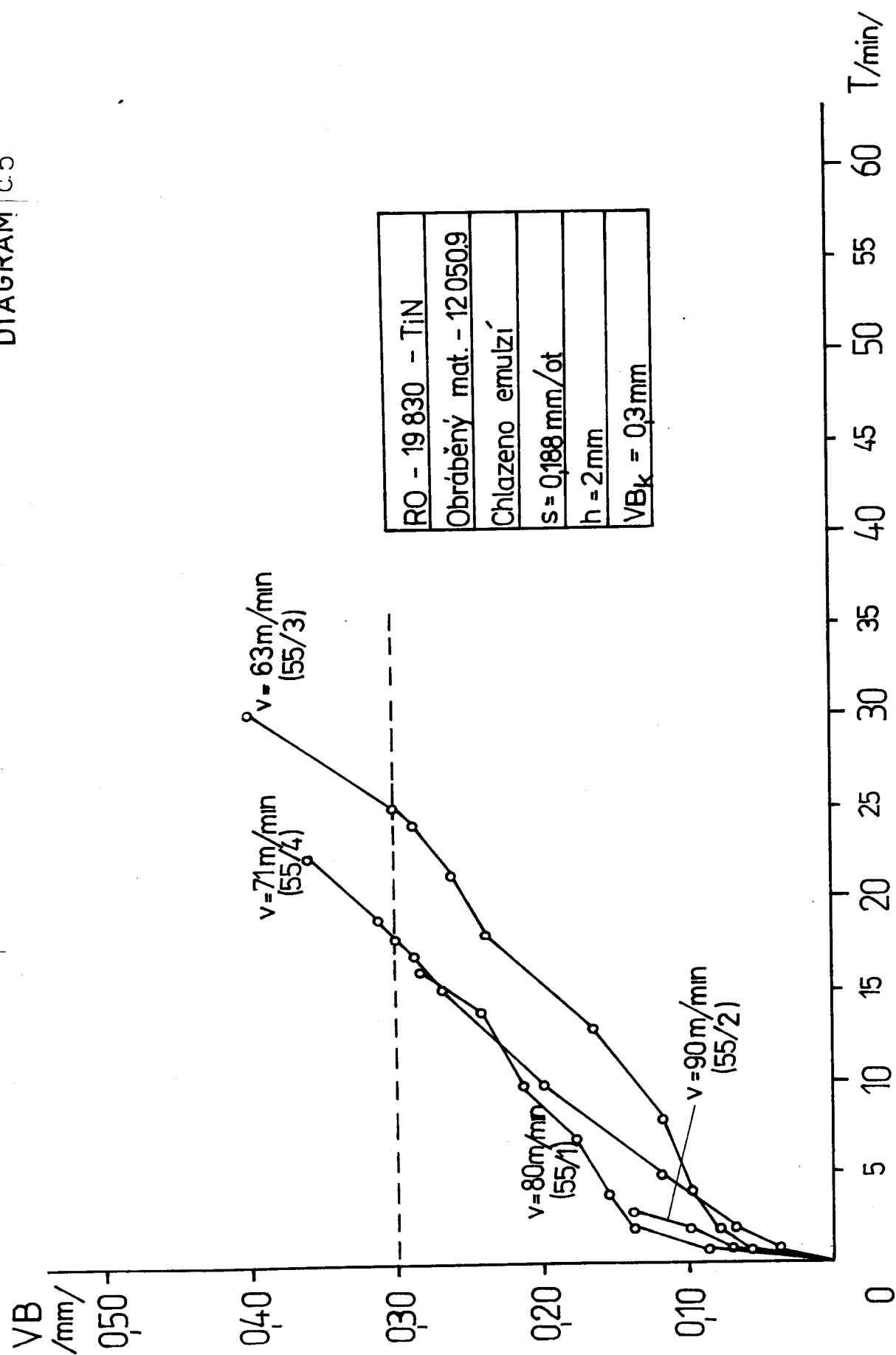


DIAGRAM č. 6

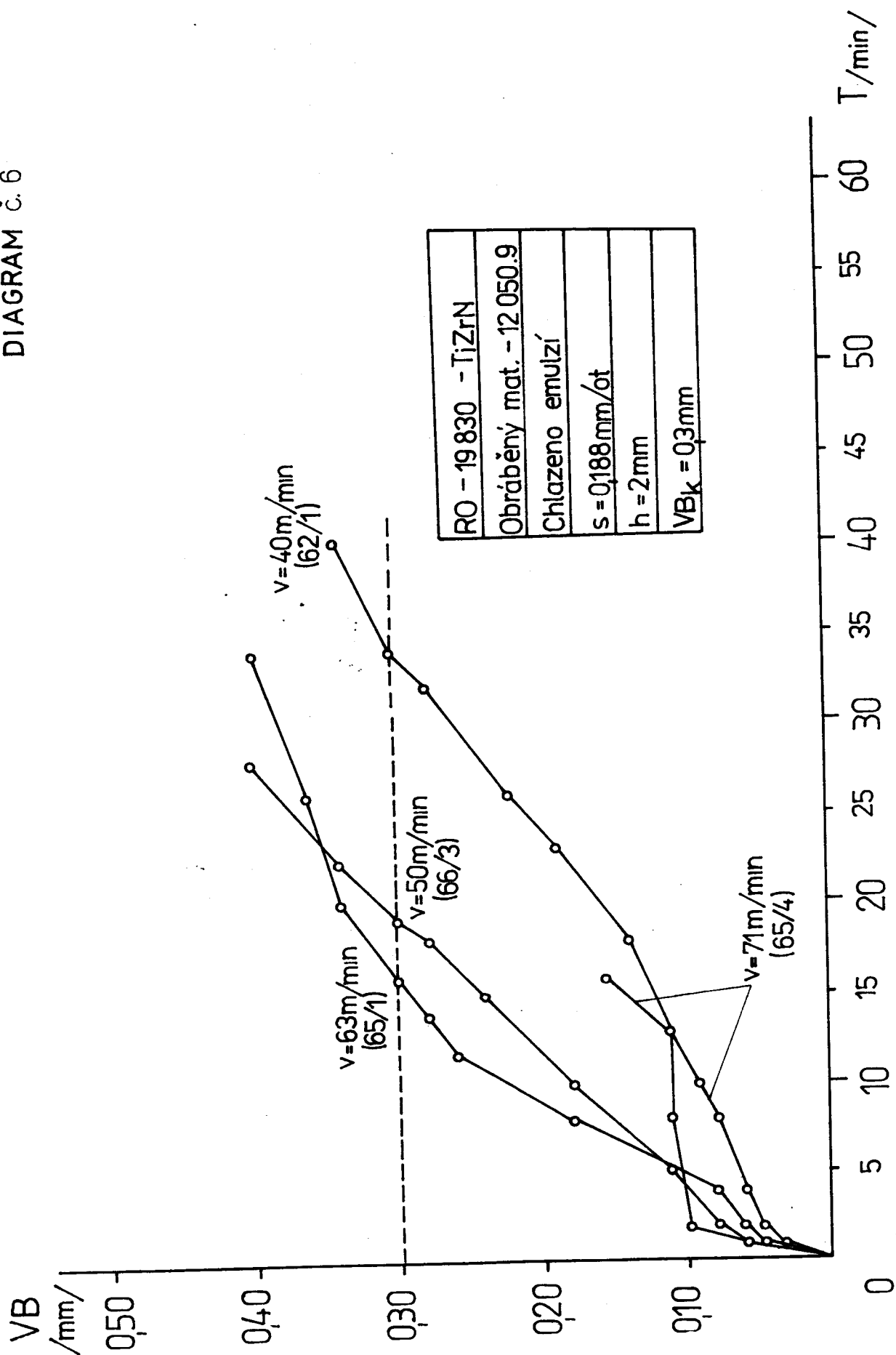


DIAGRAM č. 7

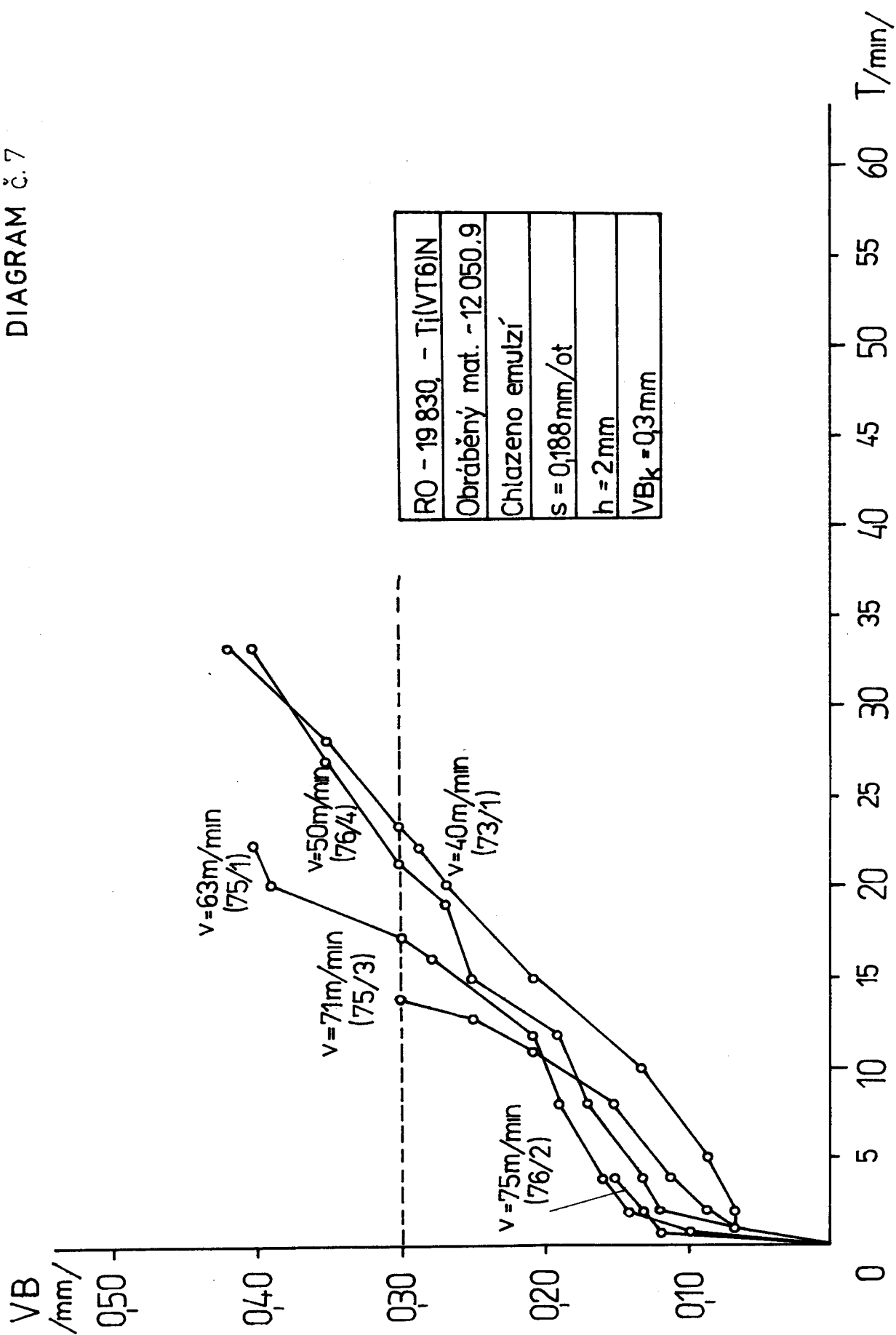
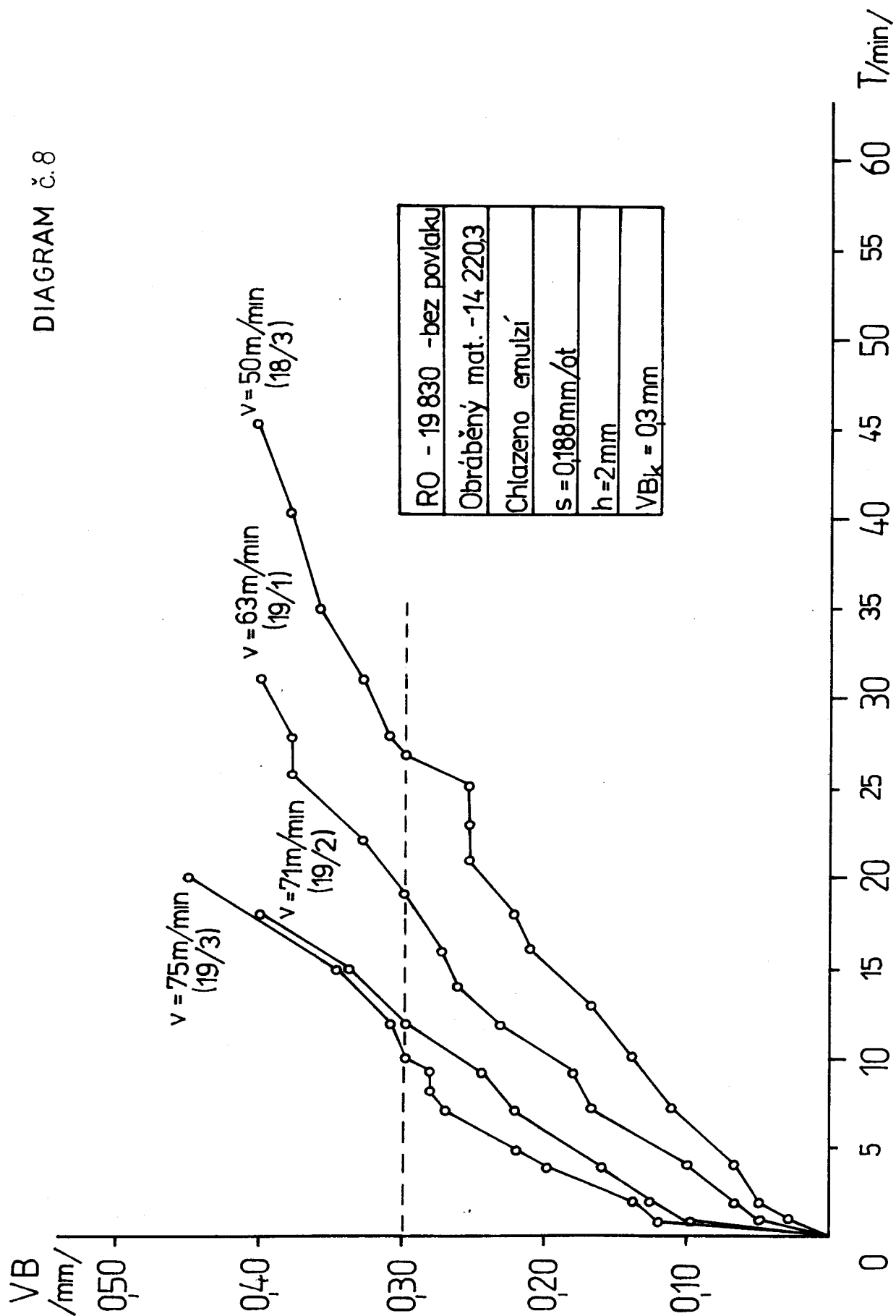


DIAGRAM č.8



RO - 19 830 - bez povlaku
Obráběný mat. - 14 2203
Chlazení emulzí
s = 0,188 mm/ot
h = 2 mm
VB _k = 0,3 mm

DIAGRAM č.9

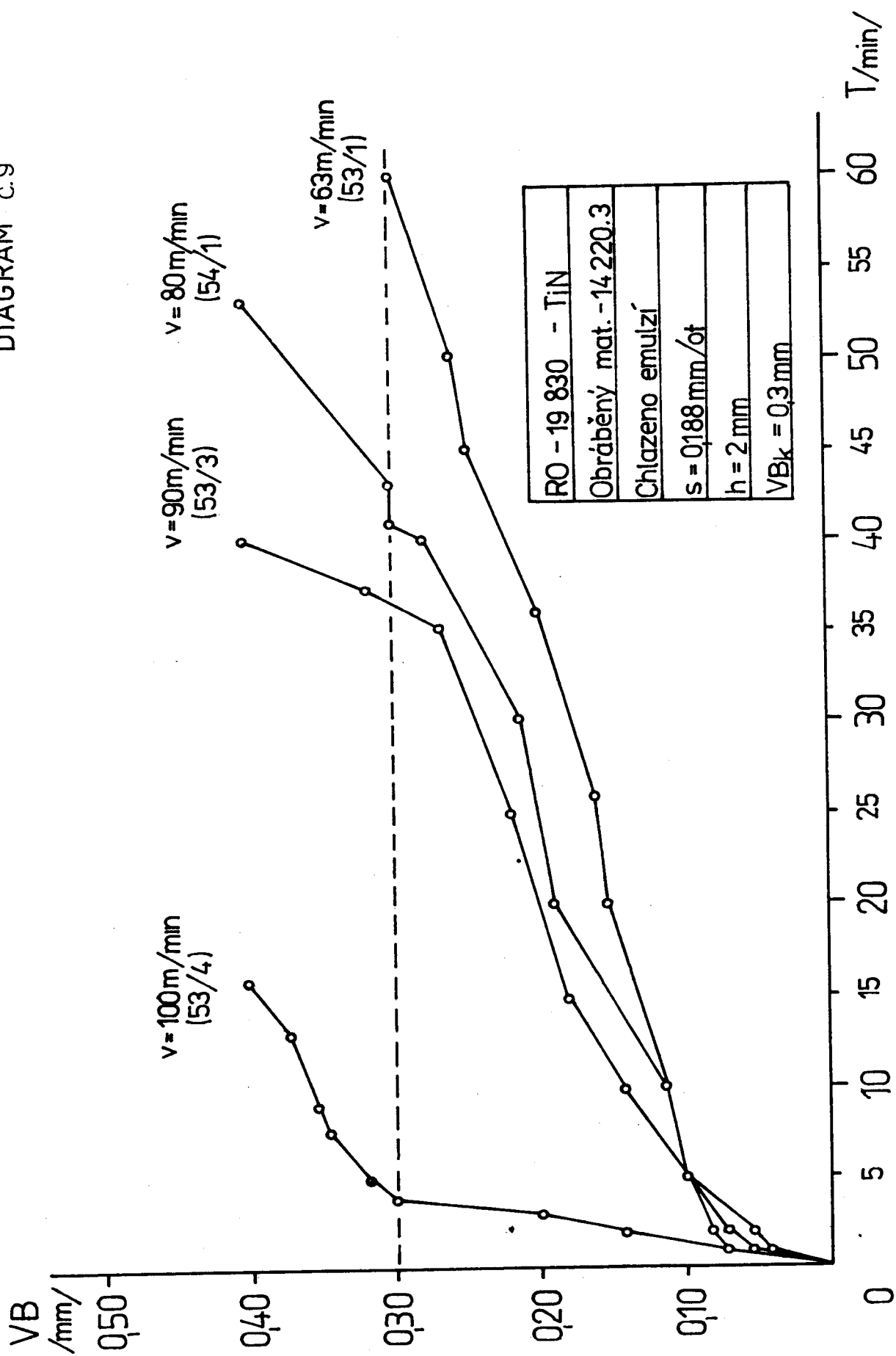


DIAGRAM č. 10

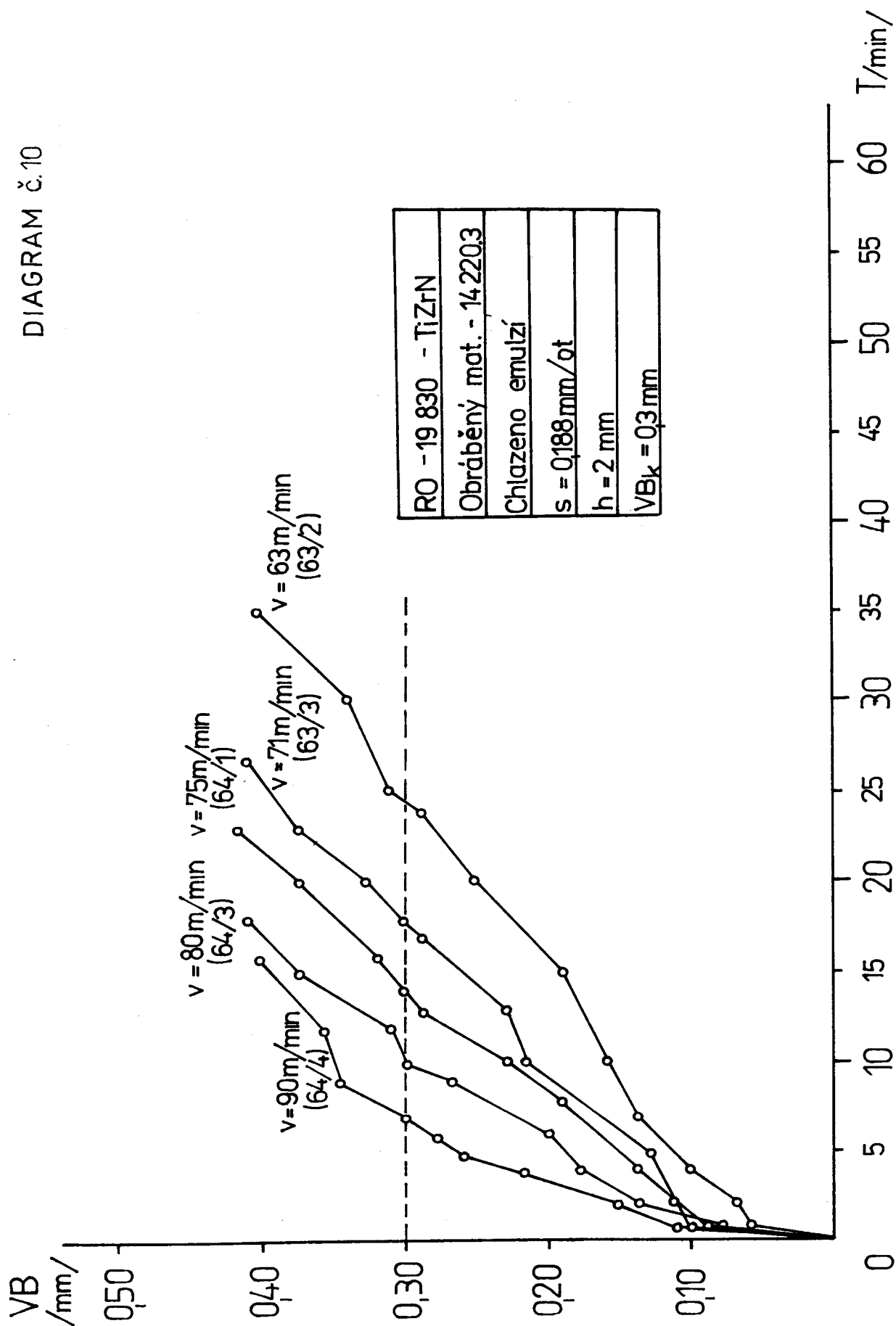


DIAGRAM č.11

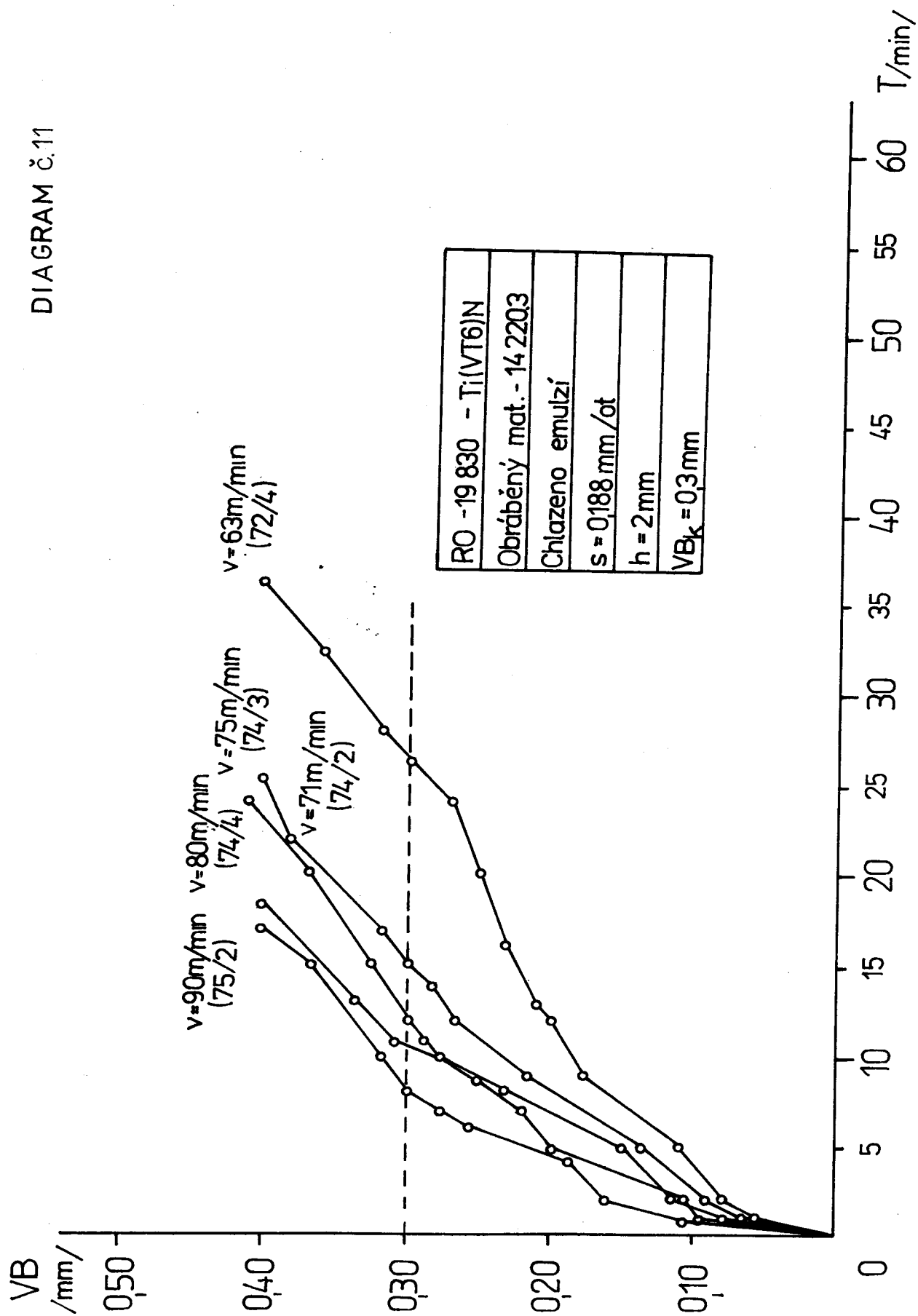


DIAGRAM č.12

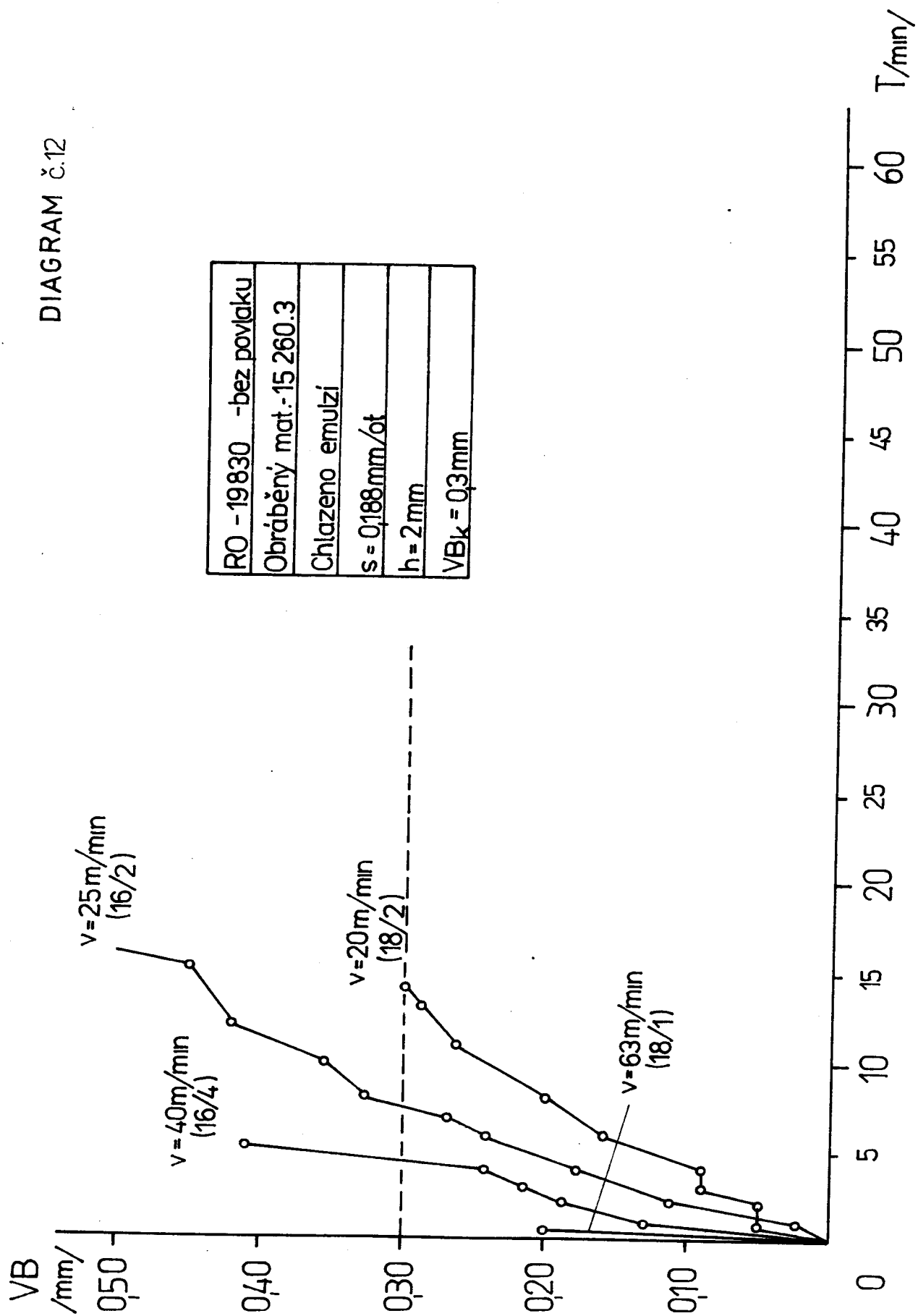


DIAGRAM č.13

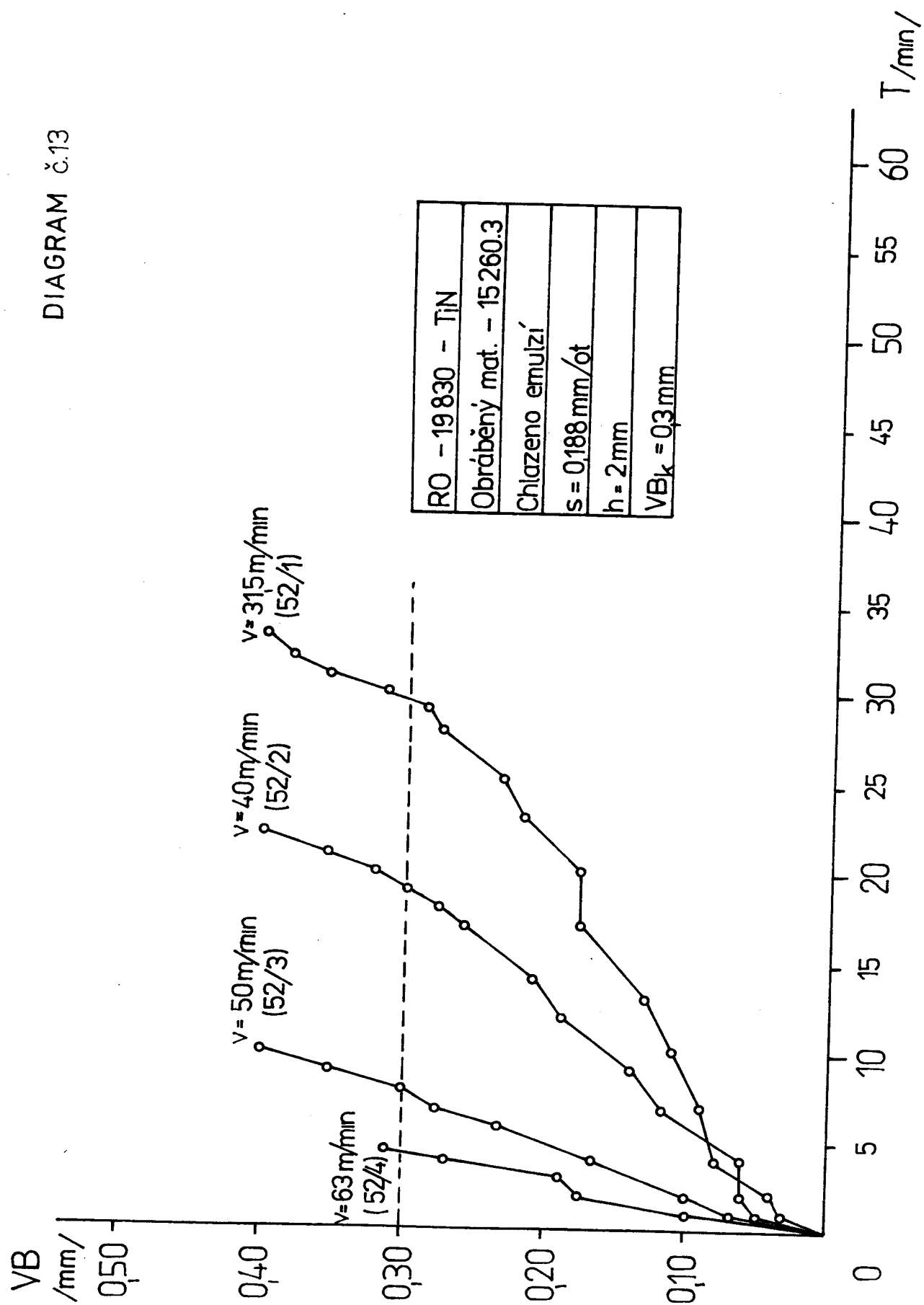
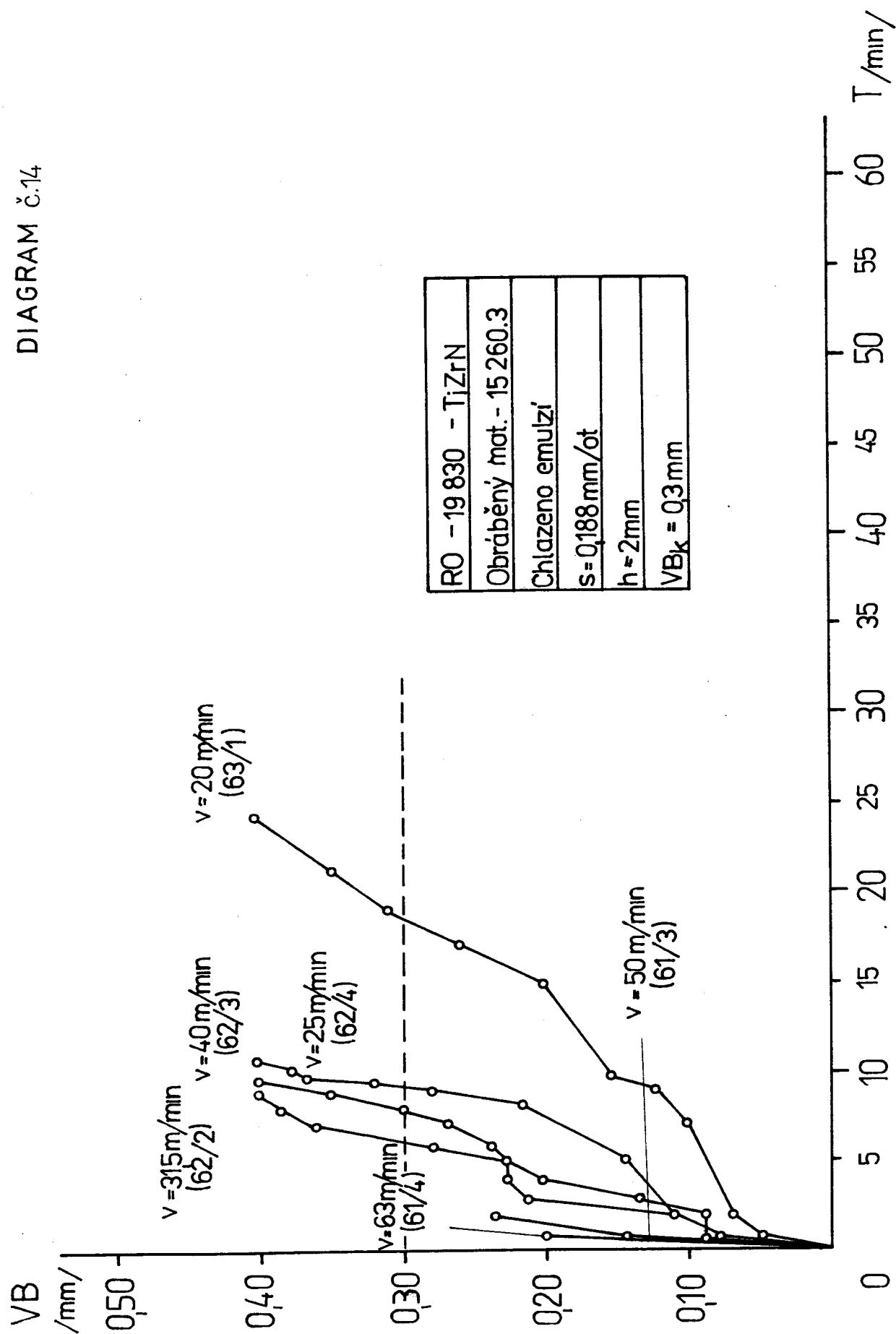


DIAGRAM č.14



RO - 19 830 - TiZrN
Obráběný mat. - 15 260.3
Chlazení emulzí
s = 0.188 mm/ot
h = 2 mm
VB _k = 0.3 mm

DIAGRAM č.15

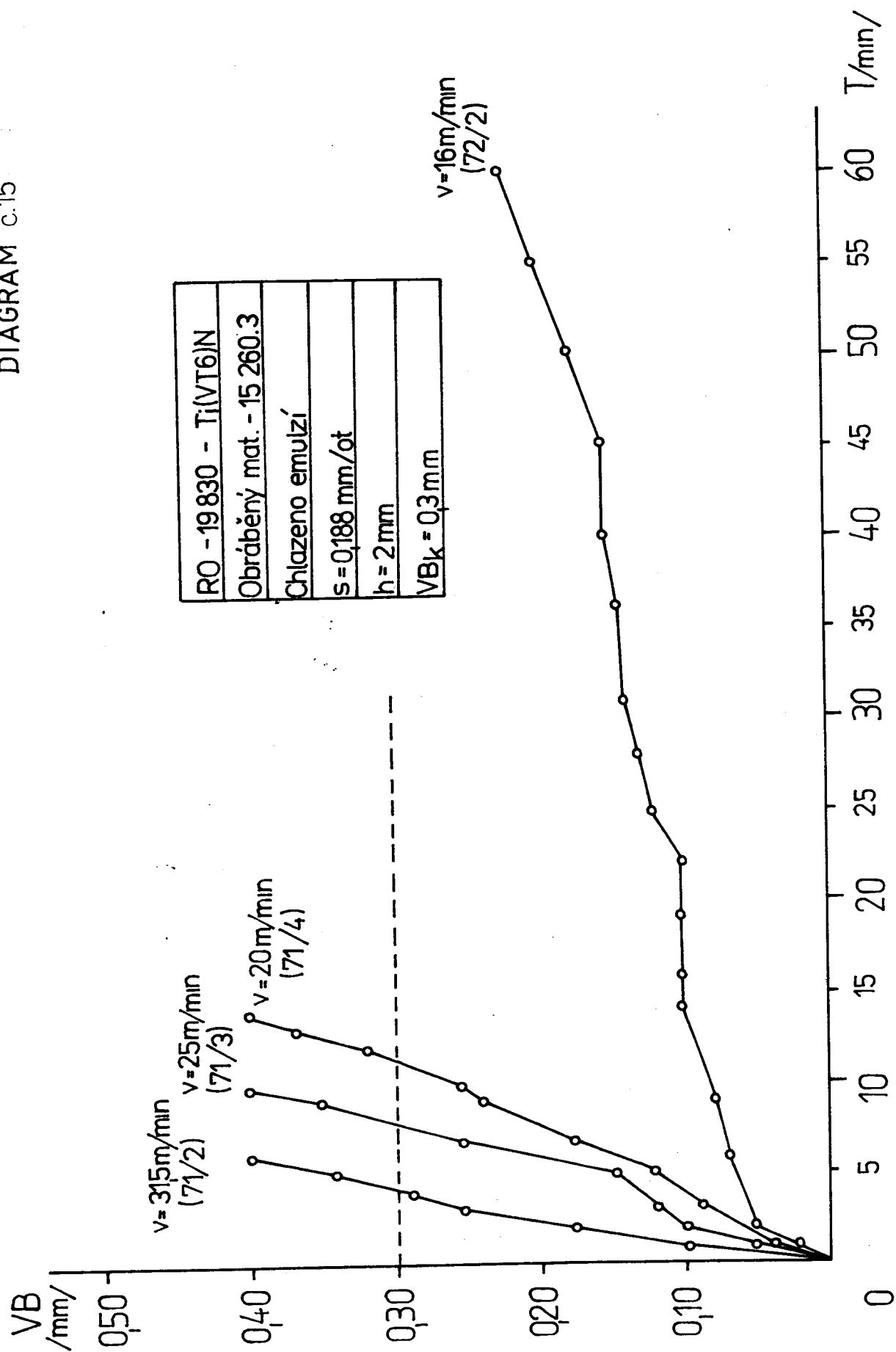
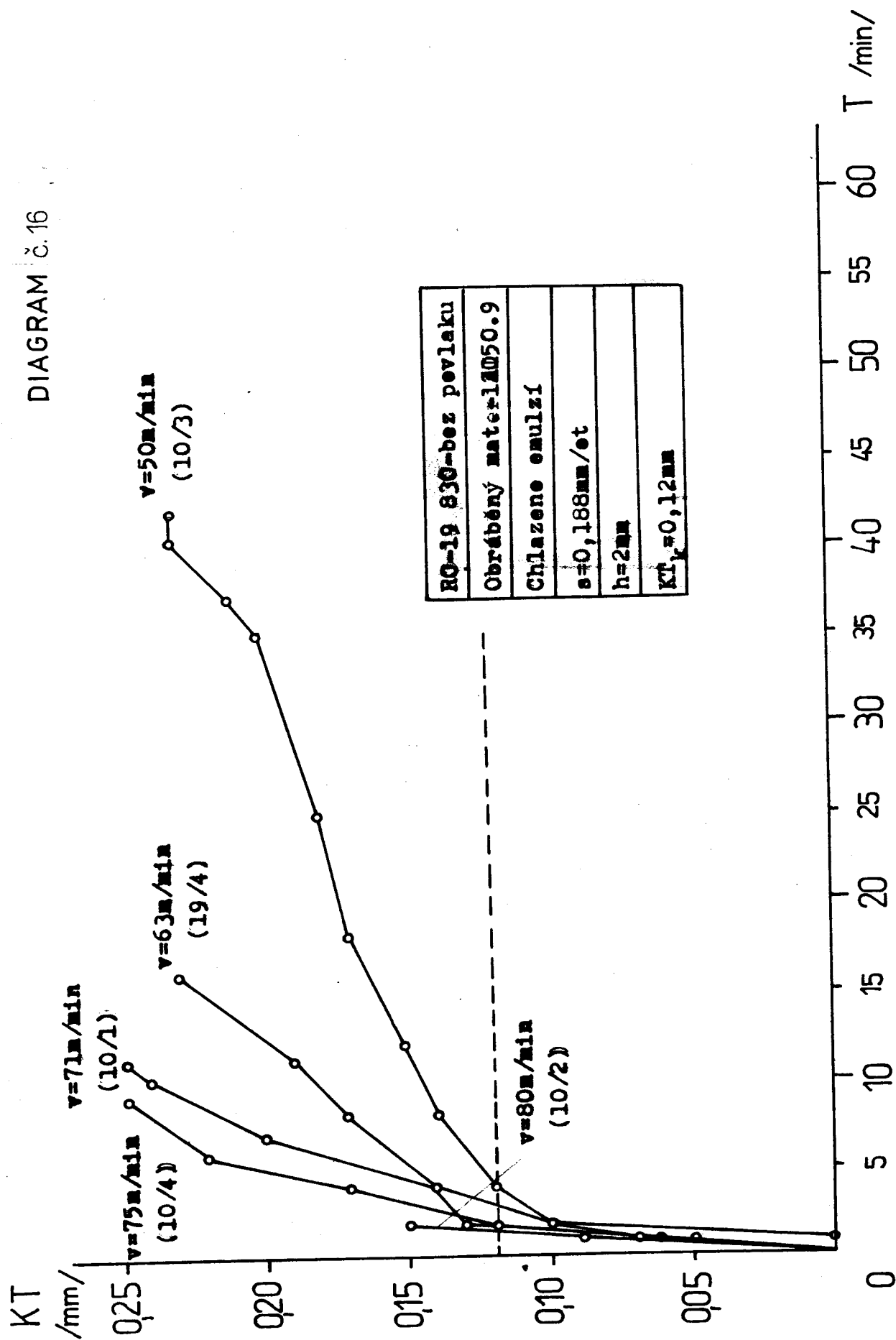


DIAGRAM č. 16



RO-19 830-bez povlaku
Obráběný materiál 12050.9
Chlazení emulzí
$s = 0,18 \text{ mm/ot}$
$h = 2 \text{ mm}$
$KT_v = 0,12 \text{ mm}$

DIAGRAM č.17

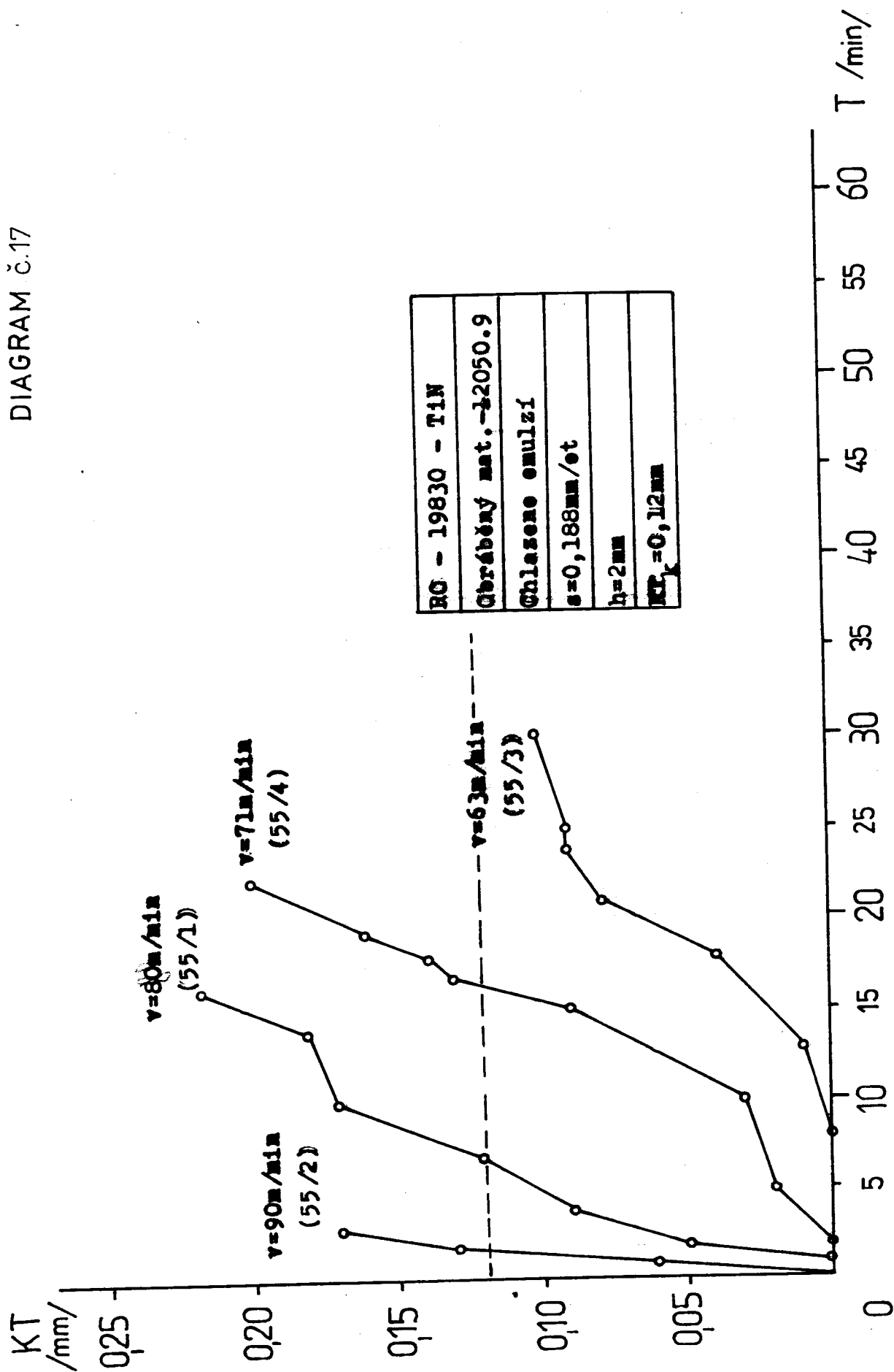


DIAGRAM č.18

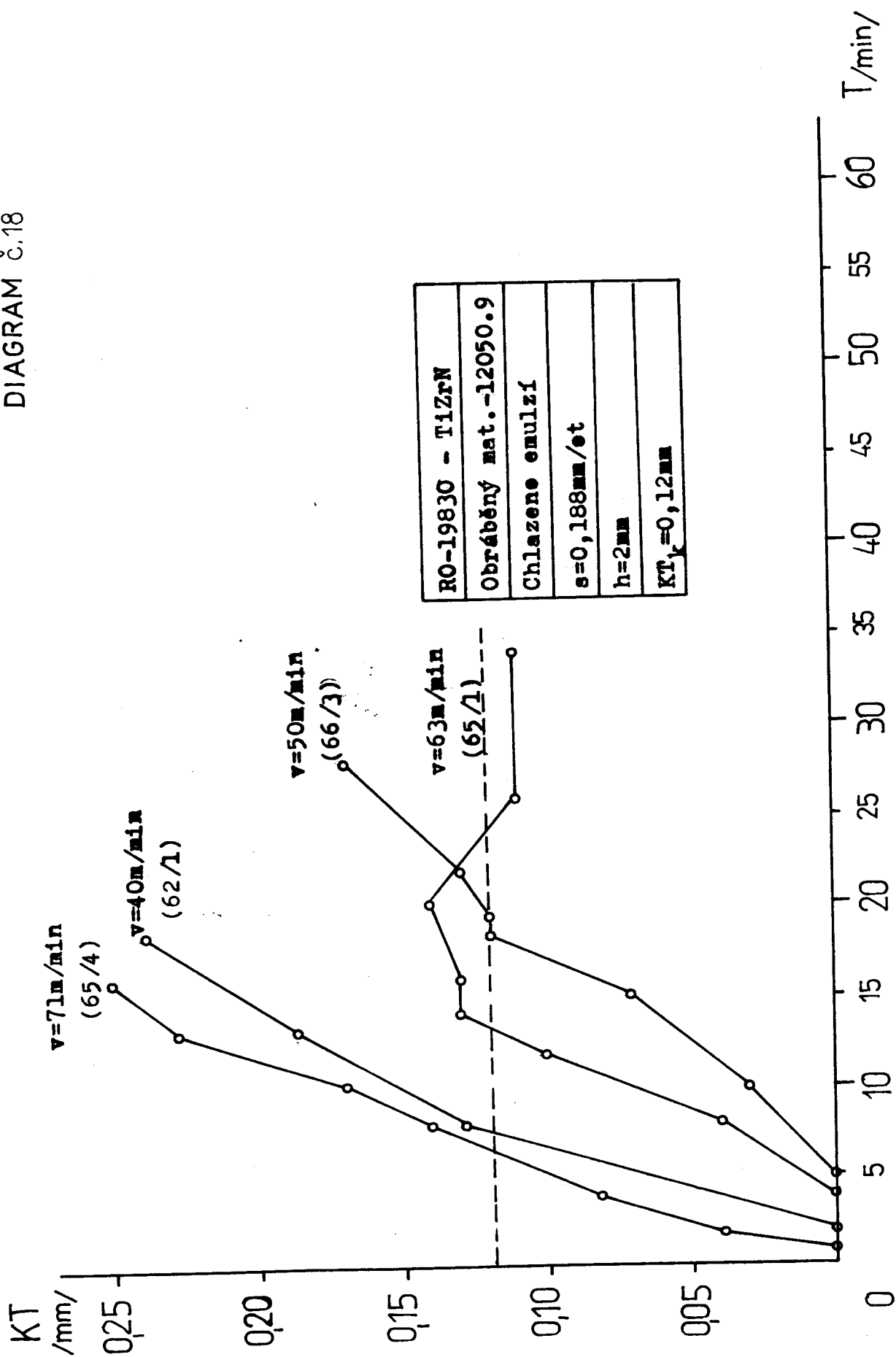


DIAGRAM č.19

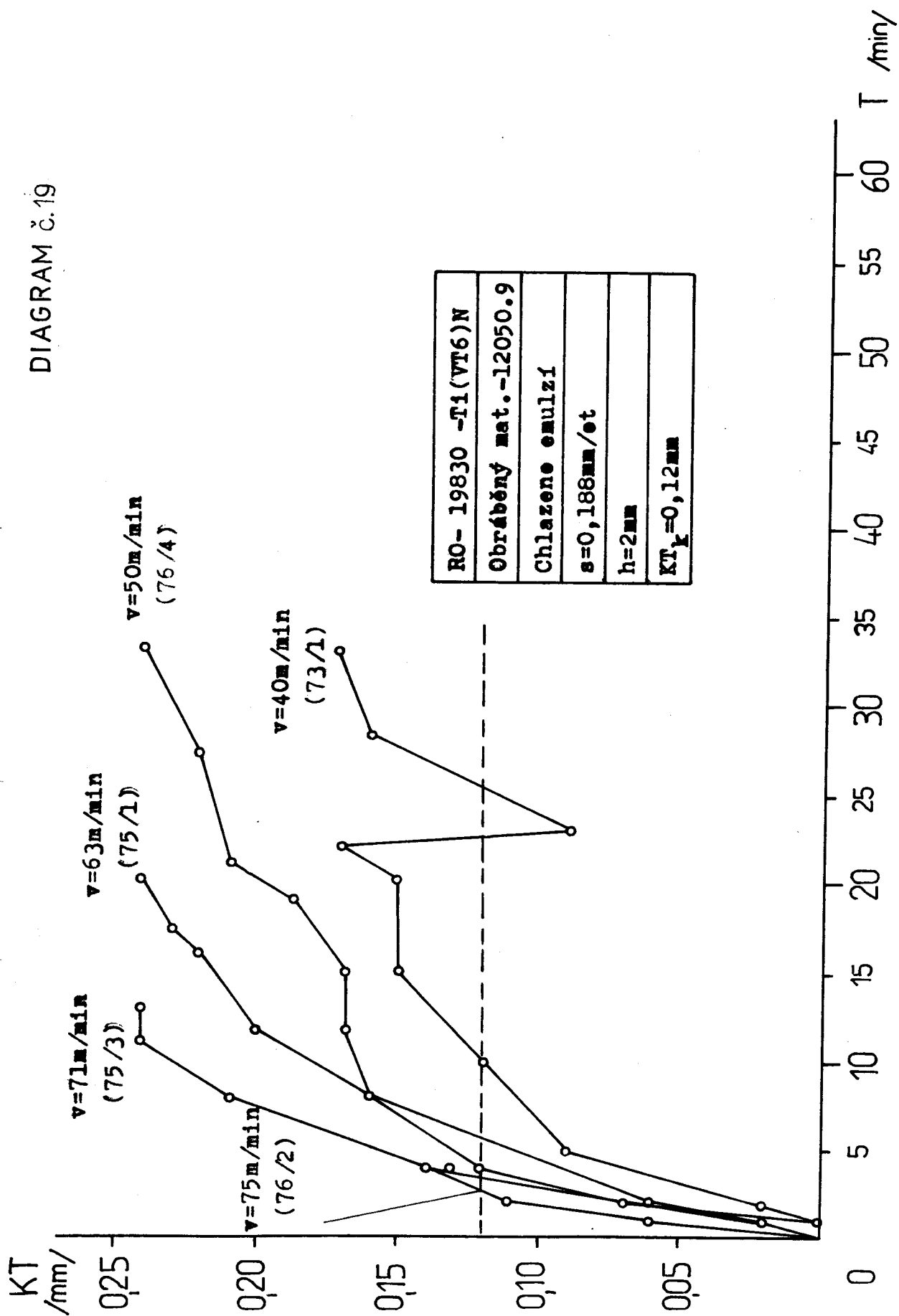


DIAGRAM č.20

