Vysoká škola: strojní a textilní Liberec

Katedra: o rábění a ekonomiky

Fakulta: strojní

Školní rok: 1969/70

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Jiřího V í t k a

odbor strojírenská technologie

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách t e n t o d i p l o m o v ý ú k o l :

Název tématu: Soustružení materiálu 14340.1 nástroji s mechanicky upínanými plátky ze slinutého karbidu

P o k y n y p r o v y p r a c o v á n í :

1) Úvod do diplomního úkolu a zdůvodnění zadání
2) Posuďte stávající stav a možnosti vyšší produktivity kopírovacích nožů s mechanicky upínanými břitovými destičkami oproti běžně používaným kopírovacím nožům ON 223781 - S1 a S2
3) Proveďte na soustruhu SU 50 zkoušky potřebné pro výběr nejvhodnějšího druhu slinutého karbidu s nejmenším opotřebením břitu a sledujte vliv opotřebení, výměny a otočení břitové destičky na změnu rozměru dílce
4) Na nejvýhodnějším druhu SK vyzkoušejte pokud možno geometrii břitu nástroje s kladným i se záporným úhlem čela a řezné podmínky na poloautomatu SP 31 nebo SP 12
5) Na závěr vymezte nejvýhodnější geometrii břitu a řezné podmínky pro soustružení materiálu 14340.1 na SP 31 a SP 12 nástroji s mechanicky upínanými destičkami ze slinutého karbidu
6) V ekonomické části srovnejte časové i finanční nároky a zisk z řešeného způsobu

K 40/1970

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

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

SEVT - 49 395 0

1/68

Grafia 21 - 405-68

Rozsah grafických laboratorních prací: grafy, tabulky, náčrtky, fotografie, kresy

Rozsah průvodní zprávy: 50 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

Mikovec: Obrábění těžko obrobitelných materiálů

Normativy pro obrábění

Podklady z VŠST a TOS Varnsdorf

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

Konzultanti: Ing. Stanislav Smékal

Ing. Pohl

Datum zahájení diplomové práce: 20.10.1969

Datum odevzdání diplomové práce: 30.6.1970

Prof.Ing.Jaroslav Draský, CSc
vedoucí katedry

Prof.Ing. Dr techn.František Kotěmíd
děkan

V Liberci dne 20.10.1969

196

Obsah:

1.0 Úvod 3
2.0 Současné podmínky při soustružení materiálu 14 340 v n.p. TOS Varnsdorf 4
3.0 Ekonomické srovnání použití nožů s pájenými břitovými destičkami ze slinutých karbidů s noži s vyměnitelnými destičkami 4
4.0 Opotřebení nástrojů ze slinutých karbidů 1o
4.1 Opotřebení hřbetu nástroje 13
4.2 Rozměrové opotřebení 15
5.0 Vliv nárůstku na průběh obrábění 18
5.1 Nalepování třísek 19
6.0 Trvanlivost 20
6.1.0 Vliv řezných podmínek na trvanlivost břitu ... 21
6.1.1 Vliv řezné rychlosti na trvanlivost 22
6.1.2 Vliv posuvu na trvanlivost 23
6.2 Zjišťování trvanlivostních závislostí 23
7.0 Řezivost 25
7.1 Pojem řezivosti 25
7.2.0 Zkoušení řezivosti 26
7.2.1 Dlouhodobá zkouška řezivosti 27
7.2.2 Zkrácené zkoušky řezivosti SK 27
8.0 Pojem obrobitelnost 30
8.1 Posuzování obrobitelnosti 30

8.2 Vliv různých činitelů na obrobitelnost 31
8.3 Zkoušky obrobitelnosti 33
9.0 Složení oceli 14 340 34
9.1 Tepelné zpracování oceli 14 340 34
9.2 Zjišťování struktury oceli 14 340.3 36
10 Vliv otočení a výměny destičky na změnu rozměru obrobku 41
11 Porovnání plátků M19 U4 10.2 různých druhů SK při soustružení oceli 14 340.3 44
12 Závěr 53
Naměřené hodnoty 57
Použitá literatura 79

Diplomová práce obsahuje celkem 79 stran a 4 přílohy.

1.0 Úvod

Československé strojírenství je významným výrobcem obráběcích strojů. Důležité postavení mezi obráběcími stroji zaujímají frézky řady WH vyráběné národním podnikem TOS Varnsdorf.

S požadavkem na zlepšování parametrů těchto frézek došlo v posledních letech u výrobce k nahrazení materiálu některých klíčových součástí původně vyráběných z oceli třídy 12 nitridační ocelí 14340.

Tato změna přinesla vedle změn ve způsobu tepelného zpracování též problémy související s obráběním oceli 14340. Problematika obrábění nitridační oceli je dána tím, že její obrobitelnost není dostatečně propracována na rozdíl od obrobitelnosti ocelí třídy 12, které jsou běžně používány jak ve výrobě tak ve výzkumu jako etalonový / zkušební / materiál.

Objasňování a překonávání problémů obrábění oceli 14340 umožňuje její používání v běžné výrobě v širším měřítku než dosud. Řešení problémů obrábění se nemůže vyhnout problematice vyplývající z použití moderních soustružnických nožů s mechanicky upínanými břitovými destičkami ze slinutých karbidů.

2.0 Současné podmínky při soustružení materiálu 14340 v n.p. TOS Varnsdorf.

Soustružení / hrubování před zušlechtěním / se provádí na kopírovacím poloautomatu SP-31. Obrobek je upnut mezi hroty. Šablona řídí hydraulické tykadlo. Suport je ovládán hydraulicky a řízen elektricky.

Při soustružení se nepoužívá žádného chlazení řeznými kapalinami či mlhovinami.

Ostření nožů s pájenými břitovými destičkami si provádí sám soustružník a kvalita ostření se nevyrovná výsledkům dosahovaným specializovaným pracovníkem.

Možnosti zvýšení produktivity a zlevnění výroby vzniknou použitím nožů s vyměnitelnými destičkami vhodného druhu slinutého karbidu s vhodnou geometrií za optimálních řezných podmínek. Tím odpadne neodborné broušení pájených nožů a podstatně se zkrátí čas potřebný k výměně opotřebeného břitu.

3.0 Ekonomické srovnání použití nožů s pájenými břitovými destičkami ze slinutých karbidů s noži s vyměnitelnými destičkami.

Srovnání bylo provedeno za některých zjednodušujících předpokladů. U každého zjednodušení bude nastíněna šíře skutečné problematiky.

1/ Předpokládá se, že pájené i mechanicky upnuté plátky jsou z jednoho druhu slinutého karbidu a stejné kvality. Předpokládá se použití do stejné mezní míry otupení hřbetu a shoda ostatních podmínek, za kterých řezání probíhá, jako dalších podmínek stejné trvanlivosti plátků.

Ve skutečnosti vznikají ohřevem při pájení plátku ze slinutého karbidu vnitřní pnutí, která způsobují pokles trvanlivosti. I mechanicky upnuté plátky jednoho druhu vykazují značné individuální rozdíly ve zjištěné trvanlivosti, jak bude podrobněji uvedeno v kapitole zabývající se zkoušením řezivosti slinutých karbidů.

Zjednodušujícím faktorem je předpoklad stejného mezního otupení. V praxi můžeme používat vyměnitelné destičky při hrubování do většího mezního otupení než plátky pájené, neboť se po otupení zahodí. Čím větší otupení nastane u pájeného plátku, tím větší množství se ho ubrousí při ostření a tím menší počet ostření lze provést po dobu jeho životnosti.

2/ Dalším předpokladem je, že dojde k normálnímu opotřebení bez vyštípnutí, ulomení nebo jiného abnormálního opotřebení. Tím předpokládám využití celé doby trvanlivosti všech břitů vyměnitelné destičky i pájeného plátku.

Ve skutečnosti dojde k normálnímu otupení jen

u 73,4 % nožů / viz úvod ke stati Řezivost /.

3/ Srovnání vychází z předpokladu, že nový pájený nůž i vyměnitelné destičky jsou dodány v naostřeném stavu.

4/ Další zjednodušení plyne z toho, že životnost soustružnického nože - držáku na mechanicky upínané destičky lze určit jen přibližně. Podle informací TOS Varnsdorf je životnost držáku dána použitím 400 břitů.

Při porušení některé součástky držáku je možno použít náhradních dílů, což vede k dalšímu zvýšení životnosti nože.

Vlastní porovnání ekonomické výhodnosti nožů s mechanicky upínanými destičkami bylo provedeno na základě srovnání nákladů C , které se mění s použitím typu nože a připadají na dobu trvanlivosti jednoho břitu. Tyto náklady jsou vyjádřeny vzorcem

$$C = C_{xot} + C_o + C_n \qquad / \text{Kčs} /, \qquad / 1 /$$

kde C_{xot} jsou náklady související s výměnou a nastavením nástroje,

C_o - náklady na jedno ostření nástroje,

C_n - náklady související s použitím nástroje po dobu jeho trvanlivosti.

Ostatní náklady jako např. náklady na strojní práci jsou za uvedených předpokladů / v, s, t = konst / při použití různého typu nože neměnné.

Náklady C_{xot} lze vyjádřit vzorcem

$$C_{xot} = t_v \frac{M / 100 + R /}{6000} \qquad / \text{Kčs} /,$$

kde t_v je čas připadající na výměnu a nastavení nástroje / min. /,

M - mzda soustružníka / Kčs/hod. /,

R - dílenská režie / % /.

Náklady C_o se vypočítají ze vztahu

$$C_o = t_o \frac{M_o / 100 + R_o /}{6000} \qquad / \text{Kčs} /,$$

kde t_o je čas ostření,

M_o - mzda ostřiče / Kčs/hod. /,

R_o - režie ostřírny / % /.

Náklady na nástroj C_n vyjadřuje vztah

$$C_n = \frac{A_r}{z + 1} + \frac{A_p}{m} + \frac{A_d}{n} \qquad / \text{Kčs} /,$$

kde A_r je cena nože s pájenými břitovými destičkami,

z - počet ostření,

A_p - cena vyměnitelného plátku z SK / Kčs /,

m - počet břitů na jednom vyměnitelném plátku,

A_d - cena tělesa nože-držáku pro mechanicky upínané destičky / Kčs /,

n - počet použitelných břitů do úplného opotřebení tělesa nástroje.

Výpočet nákladů C_1 pro nůž s pájenými destičkami. TOS Varnsdorf udává tyto hodnoty :

$z = 9$ $R = R_o = 200\ \%$ $A_r = 45$ Kčs

$t_v + t_o = 15$ min $M = M_o = 7{,}50$ Kčs/hod

Ostření provádí sám soustružník a v jeho hodinové mzdě jsou započítány i premie. Výpočet dosazením do vzorce / 1 /

$$C_1 = / t_v + t_o / \frac{M / 100 + R /}{6000} + \frac{A_r}{z + 1}$$

$$C_1 = 15 \frac{7{,}50 / 100 + 200 /}{6000} + \frac{45}{9 + 1} = 10{,}10$$

$C_1 = 10{,}10$ Kčs

Výpočet nákladů C_2 pro nůž s mechanicky upnutými dvoubřitými destičkami M 19 U4 10.2 Dané hodnoty :

$t_v = 3$ min $t_o = 0$ $m = 2$ $n = 400$

$A_d = 240$ Kčs $A_p = 10{,}40 - 12$ Kčs podle druhu SK

Propočet je proveden pro nejdražší plátek $A_p = 12$ Kčs dosazením do vzorce / 1 /

$$C_2 = t_v \frac{M / 100 + R /}{6000} + \frac{A_p}{m} + \frac{A_d}{n}$$

$$C_2 = 3 \frac{7{,}50 / 100 + 200 /}{6000} + \frac{12}{2} + \frac{240}{400} = 7{,}70$$

$C_2 = 7{,}70$ Kčs

Náklady C_2 jsou o 23 % nižší než náklady C_1.

Výpočet nákladů C_3 pro nůž s mechanicky upnutými šestibřitými destičkami A 16 U4 .Dané hodnoty:

$t_v = 3$ min $\quad t_o = 0 \quad m = 6 \quad n = 400$

$A_d = 290$ Kčs $\quad A_p = 10{,}10$ Kčs

Výpočet dosazením do / 1 /

$$C_3 = 3\,\frac{7{,}50\ /\ 100 + 200\ /}{6000} + \frac{10{,}10}{6} + \frac{290}{400} = 3{,}50$$

$C_3 = 3{,}50$ Kčs

Náklady C_3 jsou o 65 % nižší než náklady C_1.

Z provedeného výpočtu vyplývá, že náklady na jeden břit nožů s vyměnitelnými destičkami jsou o 23 - 65 % nižší ve srovnání s náklady na břit nože s pájenou destičkou. Při zničení mechanicky upnutého plátku dojde ke ztrátě 2 - 6 břitů v ceně 5 - 12 Kčs, pokud nedojde současně k porušení tělesa nožedržáku nebo některé jeho součásti. Při zničení nože s pájenou destičkou dojde ke ztrátě 10 možných břitů v ceně 45 Kčs. Výhodou nožů s výměnnou destičkou je též použití náhradních součástí tělesa nože.

Čas spojený s výměnou opotřebeného břitu, což u nože s mechanicky upnutou destičkou znamená vyměnit nebo otočit destičku a u nože s pájeným plátkem naostřit a nastavit nůž, je u nože s vyměnitelnými destičkami pětkrát kratší než u nože s pájenou destičkou. To se projeví zkrácením kusového času a tím zvýšením produktivity.

4.0 Opotřebení nástrojů ze slinutých karbidů.

Tepelné a mechanické namáhání, kterému je břit při obrábění vystaven, vede po určité době k opotřebení jeho funkčních ploch. Při vzrůstajícím otupení se mění rozměr obrobku, zhoršuje jakost obrobeného povrchu, vzrůstají řezné odpory i teploty. Po dosažení určité hodnoty otupení se stane nástroj neschopným další práce.

Otupení břitu karbidového nástroje má různý charakter podle převažujícího druhu namáhání. Potom rozeznáváme

a/ opotřebení hřbetu a čela otěrem

b/ vylamování ostří, převládá-li mechanické namáhání břitu

c/ ztráta tvrdosti a rychlé porušení břitu vlivem vysokých teplot.

Podmínky, které mají vliv na opotřebení čela a hřbetu nástroje, lze shrnout do následujících bodů:

1/ Tření třísky o čelo i hřbetu o plochu řezu probíhá za vysokých teplot.

2/ Ve styku čelo - tříska a hřbet - plocha řezu působí tlaky několika set kp/mm^2. Mikronerovnosti čela nástroje se zaplní materiálem odcházející třísky, takže sku-

tečná styková plocha třísky s čelem se zvětší a vzniká tzv. plošný styk.

3/ Tření funkčních ploch nástroje při nepřerušovaném řezu má charakter suchého tření, při němž se stýkají chemicky čisté povrchy.

4/ Ve styku čelo - tříska nastává značná plastická deformace odcházející třísky, takže se s čelem nástroje stýká značně plasticky deformovaná mezní vrstva třísky.

5/ Působením vysokých teplot mění se v plasticky deformované mezné vrstvě třísky výchozí struktura obráběné oceli. Přeměna železa α v železo γ má značný vliv na průběh opotřebení.

Posoudíme-li druhy opotřebení podle jejich fyzikální podstaty, lze je kvalitativně oddělit do dvou skupin:

A/ Mechanické opotřebení; to je mechanické porušení povrchu nástroje účinkem odcházející třísky a účinkem obráběného materiálu pod plochou řezu, aniž se změnilo chemické složení materiálu nástroje. Především sem patří opotřebení abrazivní a adhezní.

B/ Chemické opotřebení. Při tomto druhu opotřebení se nejprve ve větší či menší míře mění chemické složení povrchové vrstvy SK v místě styku s třískou a obrobeným povrchem. Touto změnou se obvykle zhoršují mechanické vlastnosti povrchových vrstev SK, a tím i jejich odolnost proti opotřebení. V jiných případech nastává opotřebení přímým působením difuzních pochodů, tj. difuzní rozpouštění strukturních složek slinutých karbidů. Do této skupiny patří difuzní a oxydační opotřebení.

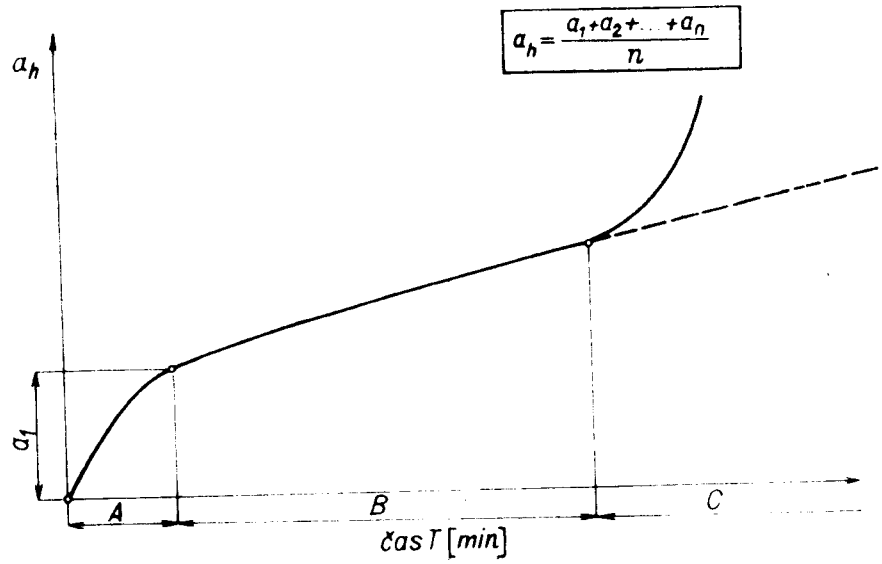
Pro určitou dvojici obráběný materiál - slinutý karbid je výše a rozložení teplot v místě styku nástroje s obrobkem rozhodujícím činitelem, který určuje, který druh opotřebení břitu bude převládající.

Při malých řezných rychlostech a tím i nižších teplotách břitu převládá mechanické opotřebení, kdežto při větších rychlostech, kdy teplota styku dosáhne určité mezní hodnoty, převládá chemické opotřebení.

Mechanickoabrazivní opotřebení se vyskytuje při obrábění ocelí a většiny kovových materiálů poměrně ojediněle. Hlavní příčinou opotřebení nástrojů ze slinutých karbidů při nižších řezných rychlostech je adheze, kdežto při vyšších řezných rychlostech je vzájemná difuze mezi obráběným a nástrojovým materiálem hlavní příčinou opotřebení.

4.1 Opotřebení hřbetu nástroje.

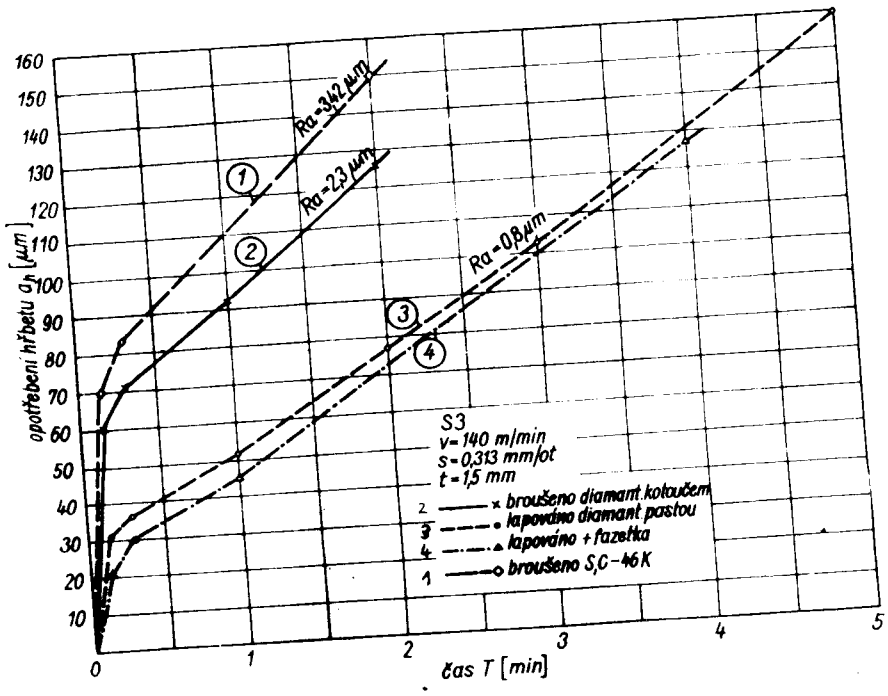
Příčinou vzniku opotřebení nástroje jsou vysoké měrné tlaky, vysoké teploty a tření ve styku nástroje a obrobku. Na hřbetě vzniká zpočátku úzká ploška přilehlá přímo k ostří. Ploška opotřebení není vždy v jednotlivých místech činné části břitu rovnoměrná a proto jako měřítko opotřebení bereme průměrnou šířku opotřebení a_h, která je aritmetickým průměrem hodnot opotřebení naměřených podél břitu. Závislost opotřebení a_h na čase udává křivka na obr. 1.



obr. 1

Opotřebení hřbetu vzrůstá během obrábění nerovnoměrně a proto jsou na křivce celkem tři oblasti. Oblast počátečního zrychleného opotřebení A, oblast normálního rovnoměrného opotřebení B a oblast zrych-

leného konečného opotřebení C . V oblasti A nastává za poměrně velmi krátkou dobu rychlý vzrůst opotřebení hřbetu na hodnotu a_1 . Při počátečním dotyku ostrého břitu s materiálem obrobku se nejprve strhávají vrcholky mikronerovností na ostří a na hřbetě, což se projeví ve formě tzv. zrychleného počátečního opotřebení. Velikost počátečního opotřebení závisí na velikosti mikronerovností ostří. Čím vyšší jsou nerovnosti / tedy čím hruběji jsou vybroušeny funkční plochy nástroje /, tím větších hodnot a_1 dosahuje oblast zrychleného opotřebení. Na obr. 2 je průběh počáteční oblasti křivky opotřebení pro břity, které byly ostřeny různým způsobem.



obr. 2

Šířka počátečního opotřebení závisí kromě jakosti břitu též na pevnosti materiálu, geometrii nástroje a na řezných podmínkách. Vliv mikronerovností je však velmi silný.

V oblasti normálního opotřebení vzrůstá šířka opotřebení a_h rovnoměrně.

Příčinou vzniku oblasti zrychleného konečného opotřebení je obvykle prolomení výmolu na čele. Tím nastává lavinovitý vzrůst opotřebení hřbetu. Na křivce opotřebení se tato oblast projeví náhlým přírustkem a_h / oblast C v obr. 1 /.

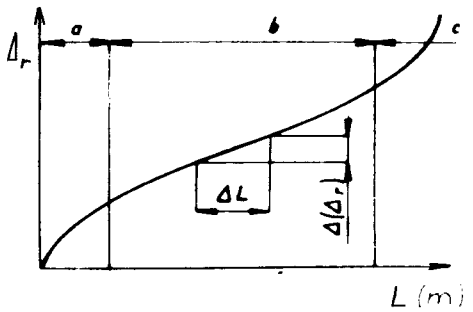
Průběh opotřebení v oblasti malých a středních rychlostí souvisí se vznikem nárustku. Nárustek zabraňuje přímému styku hřbetu nástroje s plochou řezu a částí čela s odcházející třískou. Poněvadž částečky nárustku jsou adhezí pevně spojeny s funkčními plochami nástroje, vytrhne se s odcházejícím nárustkem i několik částeček slinutého karbidu. Opotřebení hřbetu je za těchto podmínek nepravidelné.

4.2 Rozměrové opotřebení nástroje.

Při řezání se nástroj opotřebuje i ve směru kolmém na obrobený povrch. Důsledkem tohoto opotřebení je změna rozměru obrobené plochy. Rozměrové opotřebení nástroje v závislosti na čase má v podstatě stejný průběh jako opotřebení na hřbetě. Podobnost průběhu vyplývá z platnosti geometrického vztahu mezi

rozměrovým opotřebením a opotřebením na hřbetě.

Je zvykem znázornit rozměrové opotřebení nástroje v závislosti na dráze řezání L / obr. 3 /. Rozměrové opotřebení nástroje označujeme Δ_r .



obr. 3

Na diagramu této závislosti rozeznáváme tři úseky:

a/ úsek počátečního opotřebení

b/ úsek normálního opotřebení

c/ úsek zvýšeného opotřebení

Délka úseku počátečního opotřebení a závisí na počátečním stavu řezné hrany nástroje. U nástrojů normálně ostřených a lapovaných nepřevyšuje 1000 m řezné dráhy.

Úsek normálního rozměrového opotřebení je charakterizován rovnoměrným narůstáním hodnoty Δ_r. Vliv počátečního stavu řezné hrany se tu projevuje velmi omezeně. Délka úseku b se pohybuje v mezích 8000 - 20 000 a více metrů řezné dráhy.

Úsek zvýšeného opotřebení c se vyznačuje rapidní změnou obráběného rozměru. Hrot nástroje se uštípne, vylomí či utaví. V úseku zvýšeného rozměrového opotřebení se nedoporučuje pracovat, kladou-li se na rozměry obrobku zvýšené požadavky.

Měření rozměrového opotřebení nástroje se provádí hlavně těmito metodami:

1. výpočtem na základě šířky opotřebení na hřbetě pod hrotem nástroje,
2. měřením kuželovitosti obrobku
3. měřením rozměru nástroje kolmo k obrobené ploše.

Zjišťování rozměrového opotřebení první metodou je jednoduché, ale málo přesné. Rozdíly skutečných a vypočtených hodnot dosahují 40 %.

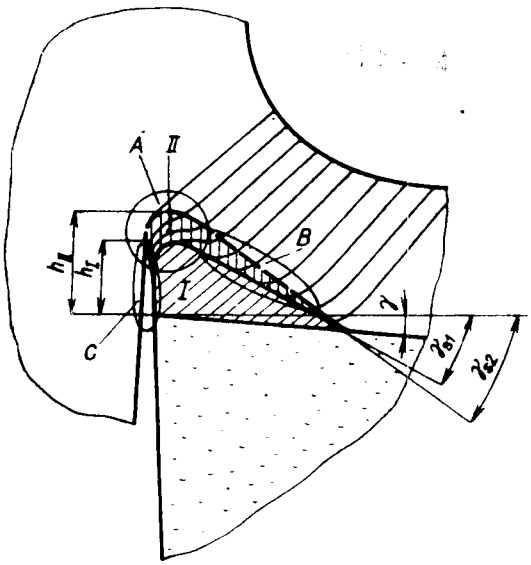
Druhá metoda dává při správném provedení spolehlivé výsledky. Provedení zkoušek však vyžaduje speciální tvar obrobku-hřídele.

Nejspolehlivější výsledky dává bezprostřední měření rozměrového opotřebení podle třetí metody. V určité vzdálenosti od hrotu nože vyryjeme na čelo nástroje jemnou rysku. Pod mikroskopem odměříme vzdálenost rysky od hrotu. Potom při zvolených parametrech řezání obrábíme a znovu odměříme vzdálenost rysky od hrotu. Rozdíl obou vzdáleností je rozměrové opotřebení.

Při provádění zkoušek ke zjištění trvanlivosti docházelo k rozměrovému opotřebení vyměnitelných destiček tak nepatrných hodnot, že je nebylo možno při použití třetí metody ani pod mikroskopem s 50 tinásobným zvětšením měřit.

5.0 Vliv nárustku na průběh obrábění.

Při určitých řezných podmínkách vzniká na čele v blízkosti ostří nárustek, který má podstatný vliv na průběh řezného pochodu. Tvar nárustku je schematicky znázorněn na obr. 4, z něhož je vidět, že nárustek přebírá prakticky funkci břitu. Směr odchodu třísky již nezávisí na úhlu γ, ale na úhlu γ_s, který je vytvářen nárustkem. S vzrůstající výškou nárustku a s rostoucím úhlem γ_s probíhá obrábění s menšími řeznými silami, zmenšuje se pěchování třísky a celý proces obrábění probíhá snadněji.



Nárustek vytvářejí plasticky značně deformované částečky obráběného materiálu, který se účinkem vyso-

kých tlaků na čele spojují v celistvé těleso, které je mnohem tvrdší, než sám obráběný materiál. Např. při obrábění oceli pevnosti $\sigma = 55$ kp/mm^2 tvrdosti HB = 163 dosahuje tvrdost nárustku HB = 440 ,která se blíží hodnotě tvrdosti zakalených ocelí.

Nárustek vzniká jen v určitém rozsahu řezných podmínek. Jeho velikost závisí především na řezné rychlosti, na posuvu, úhlu čela a vlastnostech obráběného materiálu. Čím menší je posuv, tím ve větším rozsahu řezných rychlostí se nárustek tvoří.

Vliv úhlu čela na vznik nárustku je značný.Při $\gamma = 40°$ se nárustek prakticky netvoří, kdežto při záporném úhlu čela vzniká velký nárustek, který při dosažení maximální výšky změní úhel $\gamma = -10°$ na skutečný úhel čela $\gamma_s = 34°$. Nárustek prakticky nivelizuje rozdíly v úhlech čela.

Bez ohledu na řezné podmínky dosahuje nárustek maxima při teplotě 300 °C a mizí při 600 °C.

5.1 Nalepování třísek.

Při obrábění tvárných materiálů dochází k nalepování třísek v bezprostřední blízkosti ostří.

Příčina nalepování třísek je v podstatě stejná jako vytváření nárustku. To jest vyšší plasticita tenké vrstvy třísky, která obtéká břit a která v důsledku vysokých tlaků mezi břitem a touto vrstvou i v důsledku vysokých teplot se navařuje na čelo nástroje.

Na rozdíl od nárustku, který se vytváří a rozpadá ve velmi krátkých intervalech, má nalepovaná tříska vyšší stabilitu a zůstává po delší čas pevně spojena s břitem.Nalepování třísek je více na závadu normálnímu průběhu obrábění než vytváření nárustku. Nalepená tříska zvyšuje řezný odpor, což vede u nástroje ze slinutého karbidu k vylomování břitu a zhoršení drsnosti povrchu.

Nalepování třísek lze omezit zvýšením řezné rychlosti a zvětšením posuvu.

6.0 Trvanlivost.

Řezivost posuzujeme podle doby, po níž nástroj uspokojivě pracuje. Tato doba, která se nazývá trvanlivost nástroje, je obecnou měrou řezivosti. Podle definice řezivosti je trvanlivost dána změnou činné části nástroje, způsobenou opotřebením. Definice trvanlivosti nástroje je různá podle hledisek, dle kterých posuzujeme uspokojivost práce nástroje.

K zjišťování trvanlivosti je nutno určit meze změny tvaru tzv. mezní otupení kvantitativně měřitelné. Velikost a charakter dovolené změny tvaru nástroje otupováním jsou přímo závislé na povaze prováděné operace.

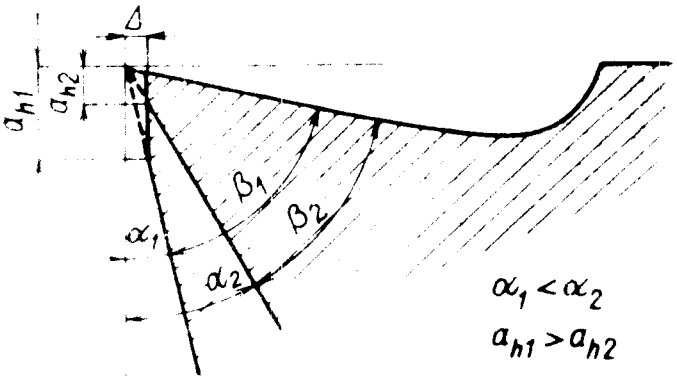
Trvanlivost nástroje je doba omezená počátkem práce nástroje a okamžikem, kdy průměrná šířka opo-

třebení hlavního hřbetu dosáhne stanovené mezní hodnoty a_h .

Spolehlivost této metody je závislá především na geometrii břitu nástroje. Úhel hřbetu α / obr.5 / má přímý vliv na šířku opotřebení. Při stejném radiálním úbytku nástroje Δ bude při větším úhlu α opotřebení a_{h2} menší než opotřebení a_{h1} odpovídající menšímu úhlu hřbetu.

6.1.0 <u>Vliv řezných podmínek na trvanlivost břitu.</u>

Z hlediska vlivu řezných podmínek lze trvanlivost považovat za funkci řezné rychlosti, tloušťky třísky a šířky třísky. Stanovení této funkce je značně obtížné, neboť mezi jednotlivými proměnnými jsou další empirické závislosti.Nutno zdůraznit, že tyto závislosti platí jen v určitém rozsahu a s omezenou přesností vzhledem k značnému rozptylu.



obr. 5

6.1.1 Vliv řezné rychlosti na trvanlivost.

V oblasti nejčastěji používaných řezných rychlostí / asi nad 50 m/min / trvanlivost s řeznou rychlostí klesá. V této oblasti v určitém rozsahu řezných rychlostí / při konstantních ostatních veličinách / se vyjadřuje závislost trvanlivosti na řezné rychlosti vztahem

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

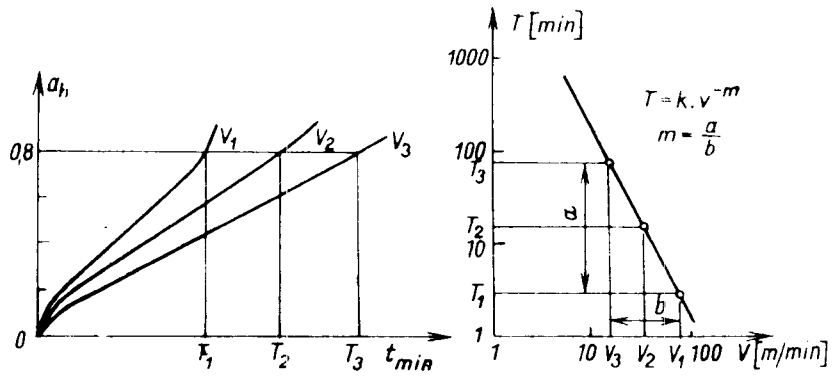
kde T je trvanlivost břitu / min /

c_T - konstanta vyjadřující vliv ostatních řezných podmínek

v - řezná rychlost / m/min /

m - exponent, který vyjadřuje citlivost materiálu nástroje vůči řezné rychlosti.

V dvojité logaritmické síti má táto závislost přímkový průběh / obr. 6 /, kde konstanta c_T je trvanlivost při v = 1 m/min a m směrnice přímky.



obr. 6

Exponent m závisí na fyzikálně mechanických vlastnostech obráběného a řezného materiálu. I při obrábění určitého materiálu určitým řezným materiálem závisí exponent m na řezných poměrech, geometrii nástroje, chlazení a pod.

Ve skutečnosti má závislost T - v v logaritmických souřadnicích podobu přímky jen v určitém úzkém intervalu řezných rychlostí.

6.1.2 Vliv tloušťky třísky / posuvu / na trvanlivost.

Vliv tloušťky třísky na trvanlivost je kvalitativně podobný vlivu řezné rychlosti a vyjadřuje se vztahem

$$T = \frac{c}{a^n}$$

kde a je tloušťka třísky

c - konstanta vyjadřující vliv ostatních řezných podmínek

n - exponent vyjadřující citlivost materiálu nástroje vůči posuvu.

Platí zde stejná omezení jako u vlivu řezné rychlosti / viz stať 6.1.1 /.

6.2 Zjišťování trvanlivostních závislostí.

Provádí se tak, že zjistíme časový průběh opotřebení na hřbetě $a_h = f / T /$ při několika konstantních řezných rychlostech a konstatních ostatních parametrech.

Provést dlouhodobé zkoušky trvanlivosti na soustruhu s plynulou změnou otáček není obtížné. Zajistit konstantní řeznou rychlost na soustruhu se stupňovitou změnou otáček však není možné. Provádění zkoušek na těchto soustruzích umožňuje Brachmanova metoda, která byla v experimentální části této práce použita.

Podstata Brachmanovy metody je v korekci času každého záběru podélného soustružení na hodnotu, která odpovídá střední rychlosti v_s při jedné zkoušce. Je třeba volit pravděpodobnou hodnotu exponentu m_s ze závislosti $T = c_T v^{-m}$. Vzniklá chyba nepřekračuje hodnotu pro praxi přípustnou.

Jelikož je intenzita opotřebení nestejná při různých řezných rychlostech, počítá se střední rychlost v_s pomocí vztahu $v_s = k\, v_{max}$, kde koeficient $\underline{k}$ závisí na poměru skutečných nejmenších a největších řezných rychlostí a na materiálu nástroje. Hodnoty koeficientu $\underline{k}$ jsou v následující tabulce:

v_{min}/v_{max}	koeficient $\underline{k}$ pro SK
1	1
0,98	0,99
0,96	0,98
0,94	0,97
0,92	0,96
0,90	0,955
0,88	0,95
0,86	0,945
0,84	0,94
0,82	0,935

Dále se určí korigovaný čas každého záběru T_k a hodnota trvanlivosti T_s odpovídající v_s dle vzorců

$$T_{ki} = T_i \, k_{Ti} \qquad T_s = \sum_{i=1}^{x} T_{ki}$$

kde k_i je opravný koeficient na čas záběru a je vyjádřen vztahem

$$k_{Ti} = \left(\frac{v_i}{v_s} \right)^{m_s} .$$

7.0 Řezivost.

Ekonomický význam řezivosti nástrojových materiálů je dálekosáhlý, poněvadž obrábění má dosud rozhodující podíl v technologii strojírenství. Asi 30 - 35 % všech výrobních nákladů připadá na obrábění.

Během celkové životnosti určitého obráběcího stroje se na něm spotřebují nástroje, které svou hodnotou převyšují pořizovací i udržovací náklady obráběcího stroje včetně generálních oprav.

Podle statistického sledování využití soustružnických nožů nastává u 26,6 % poškození a jen u 73,4 % normální otupení.

7.1 Pojem řezivost.

Řezivost nástrojového materiálu je schopnost udržet za podmínek obráběcího pochodu původní tvar v určitých mezích po určitou dobu.

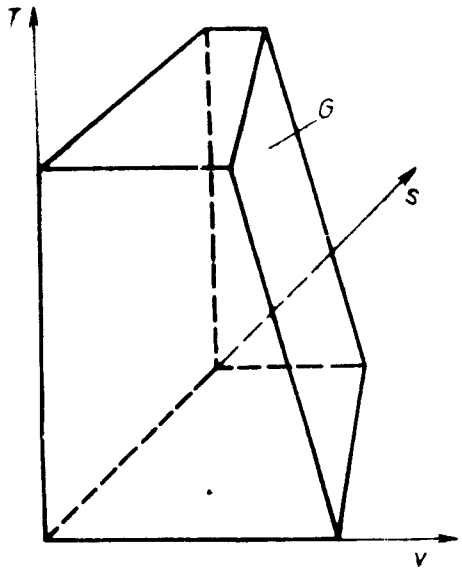
Čím vyšší je řezivost nástrojového materiálu,

tím větší řezná rychlost odpovídá hospodárné trvanlivosti nástroje.

Komplexní posouzení řezivosti slinutých karbidů trvanlivostí lze v omezeném rozsahu vyjádřit vztahem

$$T = \frac{c}{t^x \, s^y \, v^z} \qquad x < y \ll z$$

Vzájemná souvislost zmíněných vlivů / t, s, v, c /vyjádřených tímto vztahem je v logaritmickém prostoru znázorněna rovinou G / obr. 7 /. Body ležící na rovině G znázorňují podmínky, při nichž se dosáhne daného kriteria otupení.



obr. 7

Úplný popis řezivosti slinutých karbidů z hlediska pracovních podmínek vyžaduje vyjádření těchto vlastností: citlivost vůči řezné rychlosti, posuvu, hloubce řezu a vůči záběrovým podmínkám.

7.2.0 <u>Zkoušení řezivosti.</u>

Poněvadž vliv hloubky řezu je malý a vliv záběrových podmínek se nahrazuje měřením houževnatosti, skládá se úplná zkouška řezivosti ze stanovení vlivu

řezné rychlosti a posuvu na trvanlivost nástroje v oblasti používaných řezných podmínek.

Všechny zkoušky řezivosti se provádí na materiálu 12 060.1

7.2.1 Dlouhodobá zkouška řezivosti.

Teoreticky by stačilo určit tři body roviny G z obr. 7. Pro zajištění spolehlivosti výsledku se pracuje při třech různých posuvech a při nejmenším posuvu ještě při třech různých rychlostech odpovídajících trvanlivostem 15, 30, 60 min. Každou zkoušku za určitých řezných podmínek je třeba opakovat nejméně dvakrát a do výsledku dosadit aritmetický průměr. Taková zkouška řezivosti je ovšem materiálově i časově velmi nákladná.

Proto se hledají způsoby, jak stanovit řezivost slinutých karbidů levněji a rychleji. Poněvadž řezivost je souhrnné označení všech vlastností nástrojového materiálu, je zkrácená zkouška možná jen na úkor přesnosti výsledku.

7.2.2 Zkrácené zkoušky řezivosti SK.

Dosud známé zkrácené zkoušky řezivosti slinutých karbidů lze rozdělit takto:

1/ Zkoušky, při nichž se SK destičkou neobrábí, ale zjišťují se její některé fyzikální vlastnosti a z nich se usuzuje na řezivost.

2/ Zkoušky, při nichž se obrábí a podle výsledku dosaženého při zkušebních podmínkách se usuzuje na řezivost.

První typ zkoušek není propracován a nepoužívá se. Druhý typ zkoušek se provádí dvěma způsoby:

a/ zkouška za zostřených řezných podmínek,

b/ zkouška se zjemněným posuzováním otupení.

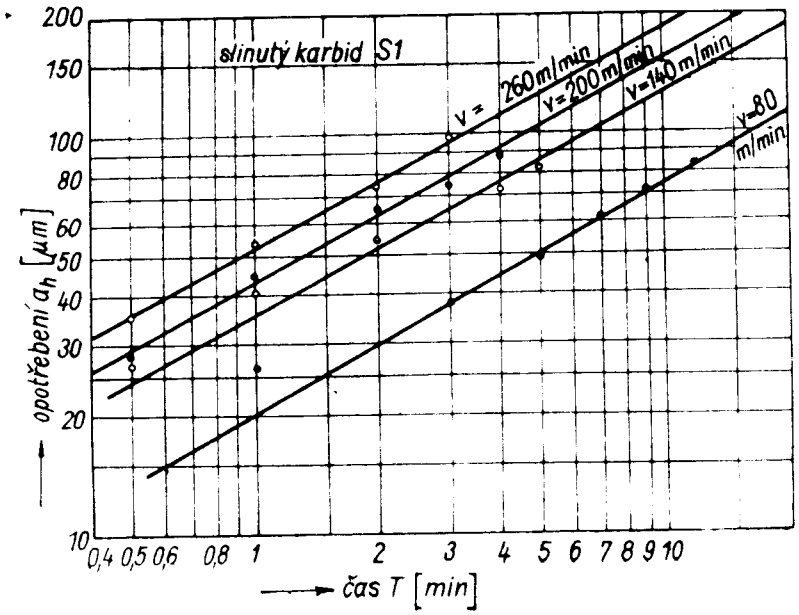
Možnost použití snížené míry opotřebení a_h byla prokázána. Podrobnými zkouškami bylo zjištěno, že soustava závislostí T - v sestrojených pro různé míry opotřebení hřbetu bude v dvojité logaritmické síti zobrazena rovnoběžnými přímkami. Potom exponenty všech závislostí T - v jsou konstantní. Tím je prokázáno, že exponenty získané za podmínek mikrozkoušky jsou shodné s hodnotami získanými dlouhodobými zkouškami pro míru otupení $a_h = 0,8$ mm. Jen konstanty, které určují polohu přímky, jsou rozdílné.

Mikrozkoušky řezivosti SK.

Břitové destičky určené pro mikrozkoušku řezivosti musí mít čelo i hřbet lapovány. Pro dosažení požadované přesnosti při měření malých hodnot opotřebení hřbetu je nutno zachovat konstantní úhel hřbetu s tolerancí $\pm 5'$.

Pro čtyři řezné rychlosti zjišťujeme opotřebení na hřbetě v závislosti na čase a to tak, aby byla získána aspoň ze čtyř bodů.

Z těchto závislostí, které lze zhotovit ve dvojité logaritmické síti, se zjišťují odpovídající hodnoty času pro míru opotřebení hřbetu $a_h = 0,8$ mm. Tyto závislosti jsou znázorněny na obr. 8. Tím jsou určeny čtyři body závislosti trvanlivosti na řezné rychlosti, které dávají v logaritmické síti přímku.



obr. 8

8.0 Pojem obrobitelnost.

Obrobitelnost materiálu je souhrn všech vlastností, které určují, jak snadno a s jakým výsledkem se materiál obrábí. To jest s jakou intenzitou se otupuje břit nástroje, jakou práci je třeba vynaložit na oddělení třísky či jakou drsnost povrchu dosáhneme.

8.1 Posuzování obrobitelnosti.

Obrobitelnost materiálu lze posuzovat z mnoha hledisek. V praxi mají největší význam tato hlediska:

1/ Vliv vlastností obráběného materiálu na intenzitu otupování řezných nástrojů a na teplotu při obrábění. Tyto vlastnosti se zahrnují do pojmu obrobitelnost podle řezné rychlosti.

2/ Vliv obráběného materiálu na velikost sil působících na nástroj při obrábění se zahrnuje do pojmu obrobitelnost podle řezného odporu.

3/ Vliv obráběného materiálu na jakost opracované plochy se označuje jako obrobitelnost podle drsnosti povrchu.

4/ Vliv obráběného materiálu na utváření třísek se zahrnuje do pojmu obrobitelnost podle utváření třísek.

Vliv vlastností materiálu na obrobitelnost z různých hledisek není stejný, v mnoha případech je i protichůdný. Např. materiály, které mají velmi dobrou obrobitelnost podle řezné rychlosti, mohou mít špatnou obrobitelnost z hlediska drsnosti povrchu nebo z hlediska utváření třísky. Proto je nutno obrobitelnost posuzovat podle toho hlediska, které je pro daný způsob práce nejdůležitější.

8.2 Vliv různých činitelů na obrobitelnost.

Na obrobitelnost ocelí působí tito činitelé:

1. mikrostruktura oceli / velikost zrna; rozložení, druh a charakter nekovových vměstků /
2. chemické složení
3. způsob výroby a tepelné zpracování.

Těmito činiteli jsou dány mechanické a fyzikální vlastnosti: pevnost, tvrdost, tažnost, tepelná vodivost aj. Všichni uvedení činitelé se navzájem ovlivňují. Např. chemické složení, způsob výroby a tepelné zpracování ovlivňuje mikrostrukturu, pevnost a tvrdost. Proto není možno jednotlivé činitele brát odděleně.

Vliv mikrostruktury na obrobitelnost ocelí se projeví prostřednictvím jejich základních strkturálních součástí tj. feritu a perlitu. Ferit,a to především nelegovaný, je velmi měkký, tvárný a houževnatý. Snadno se deformuje, nepatrně odírá plochy nástroje, působí však molekulární adhezí.

V důsledku těchto vlastností a při současném působení tlaku a teploty se nalepuje / navařuje / na pracovní plochy nástroje, čímž zvyšuje koeficient tření a teplotu řezání. Při vzniku nárustku a jeho periodickém oddělování odnáší s sebou i povrchové částice materiálu nástroje. Tento jev působí také nepříznivě na drsnost obrobené plochy. Perlit působí na obrobitelnost molekulární adhezí feritu a abrazí cementitu. Cementit je velmi křehká a tvrdá součást struktury. Dosahuje tvrdost až 1000 HV.
V perlitu se cementit vyskytuje zpravidla ve formě lamel uložených v základní feritické hmotě. Takový perlit se nazývá lamelární a působí na nástroj silně abrazivně. Po žíhání na měkko vzniká tzv. perlit globulární, v němž je cementit ve formě globulí. Globulární perlit nízkouhlíkatých ocelí je měkčí, má mnohem menší abrazivní účinek na nástroj než perlit lamelární. Nalepuje se však na břit nástroje, zvyšuje tak síly tření a tím i teplotu řezání. V ocelích s obsahem uhlíku asi nad 0,3 % dává naopak lepší obrobitelnost perlit globulární.

Vliv chemického složení se projevuje podle toho, jak působí na strukturu oceli.

Vliv způsobu výroby a tepelného zpracování je velký. Oceli konvertorové mají lepší obrobitelnost než oceli vyráběné v martinských nebo elektrických

pecích, což je dáno jejich vyšším obsahem fosforu a dusíku. Oceli s obsahem uhlíku do 0,3 % tažené za studena jsou lépe obrobitelné než oceli válcované za tepla. Tepelné zpracování ovlivňuje podstatně mikrostrukturu oceli a tím nepřímo i obrobitelnost.

8.3 Zkoušky obrobitelnosti.

V praxi je nejčastěji uplatňováno hledisko obrobitelnosti podle řezné rychlosti. Základní zkouškou obrobitelnosti podle řezné rychlosti je dlouhodobá zkouška. Jejím účelem je zjistit řeznou rychlost / při určitém průřezu třísky /pro zvolený řezný materiál a pro normální trvanlivost ostří / zpravidla 60 min / a normální otupení. Řezná rychlost odpovídající trvanlivosti 60 min tj. v_{60} se odečte z grafu T - v sestrojeného v dvojité logaritmické síti způsobem popsaným v kapitole 6.1.1 .

Poměrnou obrobitelnost tzv. koeficient obrobitelnosti k_v se určí porovnáním řezné rychlosti v_{60} pro zkoušený materiál s řeznou rychlostí v_{60e} etalonového materiálu podle rovnice

$$k_v = \frac{v_{60}}{v_{60e}} \quad .$$

Etalonový materiál je ocel 12 060.1 , jehož pevnost činí $\sigma_{pl} = 72$ kp/mm^2.

9.0 Složení oceli 14340.

Ocel 14340 obsahuje:

0,28 - 0,38 % C 0,5 - 0,9 % Mn

1,3 - 1,9 % Cr 0,9 - 1,3 % Al

0,4 % Si.

Některé teploty rovnovážného diagramu oceli 14340:

$A_{c_1} = 785\ ^oC$ $A_{c_3} = 875\ ^oC$

$A_{r_1} = 690\ ^oC$ $A_{r_3} = 740\ ^oC$

Pro ocel 14 340.3 udává literatura tyto parametry: σ_{Pt} = max 80 kp/mm^2 ,tvrdost HB = max 225, obrobitelnost podle řezné rychlosti pro soustružení je 11b.

9.1 Tepelné zpracování oceli 14 340.

Ocel 14 340 je určena k nitridování, což je sycení povrchu dusíkem. Nitridování se provádí v plynném nebo kapalném prostředí při teplotě pod A_{c1} . Obrobek je před nitridováním opracován a tepelně zpracován. Nitridováním se získá tenká, velmi tvrdá povrchová vrstva odolná proti otěru, která zvyšuje i odolnost součásti proti únavě a korozi.

Při nitridování vytváří dusík vniklý do oceli v povrchové vrstvě nitridy a zvyšuje tím její tvrdost. Zvýšení tvrdosti je malé u uhlíkových ocelí, ale výrazně se projevuje u ocelí obsahujících chrom a hliník.

Z hutí je ocel dodávána v naměkko žíhaném stavu. Účelem žíhání na měkko je jednak snížení tvrdosti pro následující obrábění nebo tváření za studena a rovněž i příprava vhodné výchozí struktury pro následující zušlechtění. Nejjednodušší žíhání na měkko je ohřev na teplotu těsně pod A_{c1} a několika hodinová výdrž na této teplotě. Je-li výchozí strukturou lamelární perlit, probíhá sbalování lamel poměrně pomalu, a to tím pomaleji, čím jsou lamely hrubší. Průběh žíhání lze poněkud urychlit kolísáním žíhací teploty okolo teploty A_{c1}. Při žíhání velkých kusů nebo velkých vsázek se však mění teplota jen na povrchu a uvnitř se změny teploty téměř neprojeví.

Podstatně rychleji se globulární perlit vytvoří žíháním při teplotách nad A_{c1} s následujícím plynulým ochlazováním. Čím pomalejší je ochlazování přes kritické teploty, tím hrubší jsou karbidy a tím nižší je výsledná tvrdost. Ocel se musí pomalu ochlazovat do teploty 600 °C, tedy nejen do ukončení přeměny austenitu v perlit, ale i pod teplotu maximální rozpustnosti uhlíku ve feritu. Vysoká žíhací teplota, právě tak jako dlouhá doba výdrže na teplotě způsobí příliš velkou homogenizaci austenitu. Proto následující ochlazování musí být pomalejší a je vždy nebezpečí, že vznikne lamelární perlit.

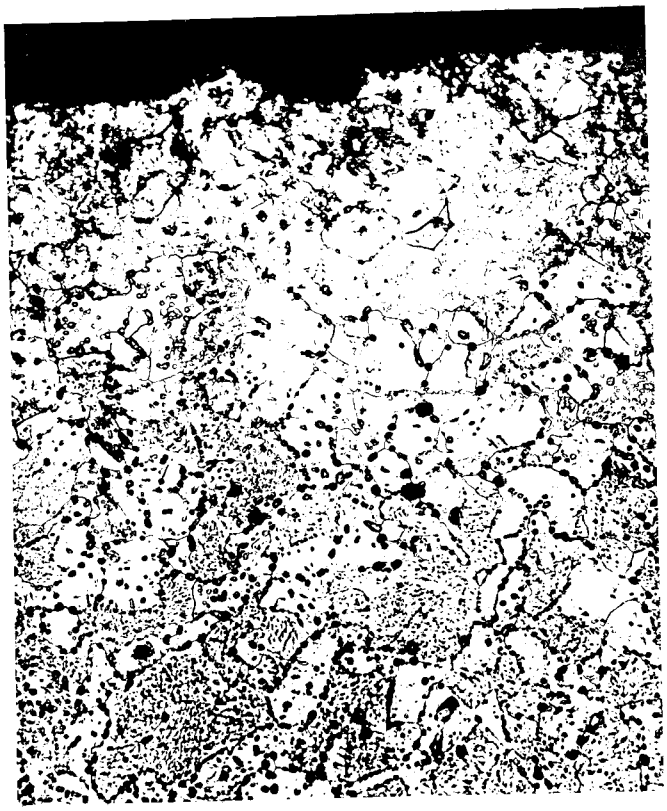
9.2 Zjišťování struktury oceli 14 340.3

Ke zjišťování struktury oceli 14 340.3 dodané hutí závodu TOS Varnsdorf bylo použito tří vzorků ze střední části polotovaru ø d = 140 mm. Dva vzorky v příčném řezu, jeden u povrchu a druhý uprostřed polotovaru. Třetí vzorek je podélný řez asi 4mm pod povrchem polotovaru.

Výbrus vzorků byl proveden na metalografických papírech 0 - 6 a leštění bylo provedeno elektrolyticky po dobu 25 vteřin. Složení elektrolytu: 220 ml kyselina octová + 20 ml kyselina chloristá + 5 ml voda. Leptání tříprocentním nitalem se dělo po dobu 5 vteřin. Fotografování bylo provedeno na Neophot-u / Zeiss / vždy v 312,5 násobném zvětšení.

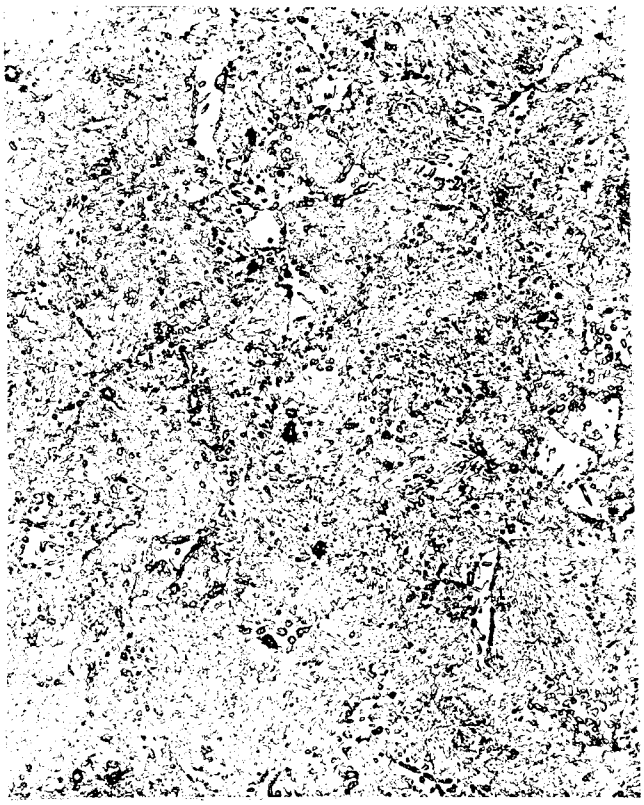
Na všech vzorcích byla desetkrát měřena tvrdost HV 30/10. Tvrdosti jednotlivých vzorků jsou v intervalu daném přesností metody, který se rovnal ± 8 HV. Střední hodnota tvrdosti je 170 HV 30/10, což zhruba odpovídá 166 HB.

Vyhodnocení výbrusů:



obr. 9

Na obrázku 9 je povrch polotovaru v příčném řezu. Vlivem oblosti / kulatosti / vzniklé při broušení není povrch zaostřen. Pod povrchem je patrné výrazně oduhličené pásmo způsobené žíháním. V dalším pásmu je na hranicích zrn perlit sbalený do globulí.



obr. 10

Na obr. 10 je podélný řez asi 4 mm pod povrchem polotovaru. Struktura je ferit a částečně globulární perlit. Již zde lze pozorovat zbytky perlitových lamel.

obr. 11

Na obr. 11 je příčný řez asi 12 mm pod povrchem polotovaru. Patrna jsou velká feritická zrna. Nastalo již sbalování perlitu, ale je patrná původní orientace perlitických lamel.

obr. 12

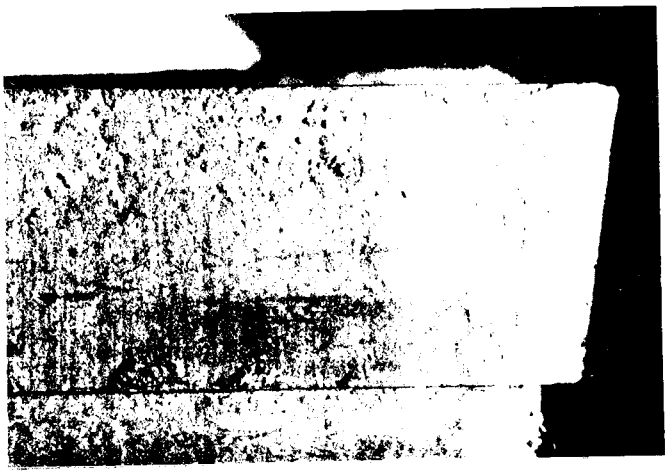
Na obr. 12 je příčný řez středu polotovaru provedený v polovině jeho délky. Strukturu tvoří velká feritická zrna po hranicích obalená globulárním perlitem. V perlitické hmotě již počalo sbalování, ale je výrazně zachována původní lamelární struktura. Černé skvrny jsou tzv. pittingy vzniklé jako doprovodný jev při elektrolytickém leštění.

10 Vliv otočení a výměny destičky na změnu rozměru obrobku.

Změna rozměru obráběného dílce vlivem otočení nebo výměny mechanicky upnuté destičky je způsobena rozptylem geometrického tvaru destiček.

Měření byla provedena na dvoubřitých destičkách M19 U4 10.2 ze slinutých karbidů S1, S3 a U1. Destičky ostatních druhů SK byly vyrobeny na zvláštní objednávku ve zcela jiných podmínkách než destičky hromadně vyráběné pro běžný trh. Tyto destičky vykazovaly podstatně větší odchylky všech rozměrů a tvarů. Proto nebyly do výsledků zahrnuty.

Podmínkou dosednutí destičky do držáku je, aby plochy hlavního a vedlejšího hřbetu neměly vady způsobené připečením zrn při slinování. Tyto vady se na některých destičkách vyskytovaly, jak je patrno z obr. 13.



obr. 13

Měřené destičky byly k měření trvanlivosti lapovány a tím byly tyto vady odstraněny. Z tohoto důvodu lze očekávat, že v provozních podmínkách, kde se destičky nelapují, budou naměřené odchylky větší.

Měření vlivu otočení a výměny destičky na změnu rozměru dílce bylo prováděno na dílenském mikroskopu Zeiss při 50 násobném zvětšení. Těleso nože / držák / bylo pevně spojeno se stolem mikroskopu. Jednotlivé destičky byly vloženy do držáku a pomocí optického kříže v okuláru byla změřena vzdálenost hrotu ostří a tak získán prvý rozměr. Pak byla destička otočena a opět změřena vzdálenost hrotu ostří a tím získán druhý rozměr. Rozdíl prvého a druhého rozměru je diference $\underline{d_1}$ vzniklá otočením destičky. Změna rozměru hřídele vzniklá otočením destičky se rovná $2d_1$. Rozdíl maximálního a minimálního rozměru všech měření dá největší diferenci d_2 vzniklou výměnou destičky. Změna rozměru hřídele vzniklá výměnou destičky se rovná $2d_2$. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce / str.43/.

Z naměřených hodnot plyne: $d_{1\ max\ S1} = 0{,}14$ mm, $d_{1\ max\ S3} = 0{,}05$ mm, $d_{1\ max\ U1} = 0{,}04$ mm, $d_{2\ max\ S1} = 0{,}36$ mm, $d_{2\ max\ S3} = 0{,}16$ mm, $d_{2\ max\ U1} = 0{,}26$ mm. Bez ohledu na druh slinutého karbidu je $d_{2\ max} = 0{,}9$ mm. To znamená, že po plátku z čís. měř. 27 by následoval plátek z čís. měř. 13.

Vliv otočení a výměny destičky na změnu rozměru obrobku.

druh SK	číslo měření	1.rozměr / mm /	2.rozměr / mm /	d_1 / mm /
S1	1	2,95	2,85	0,10
	2	2,91	2,95	0,04
	3	2,76	2,84	0,08
	4	2,78	2,86	0,08
	5	2,85	2,79	0,06
	6	2,80	2,73	0,07
	7	2,80	2,92	0,12
	8	2,87	2,73	0,14
	9	2,94	2,82	0,12
	10	2,91	2,82	0,09
	11	2,83	2,91	0,08
	12	3,09	3,09	0,00
U1	13	2,55	2,56	0,01
	14	2,57	2,57	0,00
	15	2,67	2,69	0,02
	16	2,67	2,67	0,00
	17	2,58	2,62	0,04
	18	2,70	2,70	0,00
	19	2,68	2,69	0,01
	20	2,78	2,80	0,02
	21	2,68	2,71	0,03
	22	2,62	2,58	0,04
	23	2,64	2,64	0,00
	24	2,64	2,64	0,00
S3	25	3,38	3,34	0,04
	26	3,29	3,34	0,05
	27	3,45	3,41	0,04
	28	3,34	3,37	0,03

11.0 Porovnání plátků M19 U4 10.2 různých druhů SK při podélném soustružení oceli 14 340.3

Při provádění experimentální části bylo postupováno podle těchto hlavních bodů:

1. Měření opotřebení na hřbetě a_h v závislosti na čase podélného soustružení při různých konstantních rychlostech a při konstantních ostatních řezných podmínkách.
2. Sestrojení grafu T - v v logaritmických souřadnicích pro určitou mezní hodnotu otupení a_h.
3. Zjištění exponentu m z grafu T - v.
4. Výpočet optimální hospodárné trvanlivosti T_{opt}.

Zkušebním materiálem byly dva polotovary oceli 14 340.3 rozměru Ø 140 x 750 mm, které byly před započetím zkoušek zbaveny kůry do hloubky t = 5 mm.

Vzhledem k velkému počtu měření a malému množství materiálu byla volena krátkodobá zkouška se zvýšenými řeznými rychlostmi, sníženou mezní hodnotou otupení a hloubkou řezu vždy jen t = 1,5 mm.

Volba těchto podmínek, které neodpovídají skutečnému průběhu soustružení prováděnému v praxi, způsobila všechny nepřesnosti a omezení platnosti výsledků.

Všechna měření byla provedena na dvoubřitých plátcích M19 U4 10.2 s těmito geometrickými para-

metry:

radius špičky $R = 1,2$ mm

vzdálenost utvařeče od ostří $S = 2,2$ mm

velikost fazetky $f = 0,2$ mm.

Plátky S1, S2, S3, U1 byly již od výrobce naostřeny. Plátky S4, S5, U2 byly dodány n.p. Pramet Šumperk ve formě polotovarů vyrobených na zvláštní objednávku v několika exemplářích. Ostření těchto plátků bylo provedeno v n.p. Plastimat Liberec na brusce Elycomat. Brousí se diamantovým kotoučem s kovovou vazbou, na který je přiveden záporný pól stejnosměrného proudu. Kladný pól je tvořen stolem brusky. Broušení probíhá za intenzivního ostřiku chladící kapaliny, která je tvořena vodným roztokem soli. Z uvedeného postupu vyplývá, že při dodatečném broušení nemohlo dojít k přehřátí SK.

Všechny použité plátky byly na hřbetu lapovány. Dodržet toleranci pro úhel hřbetu $\pm 5'$ nastavením stolu lapovačky je obtížné. Proto byly v zájmu srovnatelnosti všechny plátky lapovány při jednom nastavení stolu lapovačky.

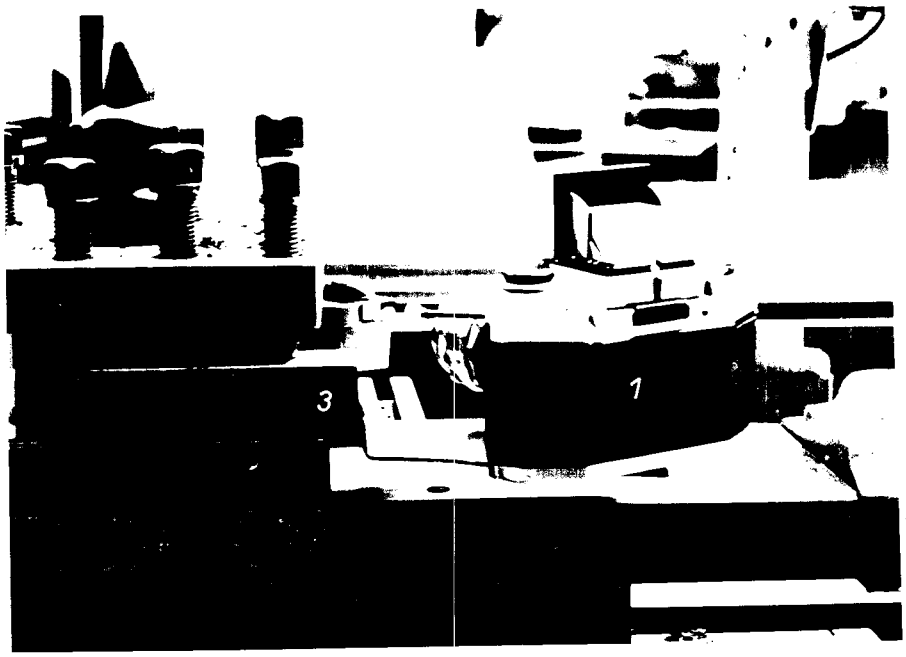
Plátky byly upnuty do levého nože PN 22 3842, s nímž tvoří řezné úhly: $\alpha = 5^{\circ}$, $\gamma = 10^{\circ}$, $\varkappa = 63^{\circ}$, $\varepsilon = 55^{\circ}$.

Zjišťování funkce $a_h = f / T /$ bylo vzhledem k velikosti obrobku prováděno na soustruhu SU-50.

Protože na tomto soustruhu probíhalo vedle normální výuky též dalších pět diplomových prací, bylo nutno maximálně využít přidělený čas.

Měření opotřebení pod mikroskopem je značně zdlouhavé, neboť vyžaduje vyjmout nůž nebo horký plátek. Také samotné měření na mikroskopu je zatíženo subjektivní chybou a nedává možnost zpětného ověření naměřených hodnot.

S ohledem na tyto skutečnosti byla volena metoda měření opotřebení pomocí fotografování. Použité zařízení sestávalo prakticky jen z držáku fotoaparátu na obr. 14 označeného pozicí 3. Fotoaparát Exa I.A s mezikroužky / pozice 1 /se po zaostření na nůž / pozice 2 / vyjmul i s držákem z nožové hlavy.



obr. 14

Po určité době soustružení a vyjetí nože ze záběru byl držák s fotoaparátem / obr. 15 pozice 1 /upnut do nožové hlavy proti noži / pozice 2 / a pomocí elektrického blesku fotografováno.

obr. 15

Velikost opotřebení byla z negativu vyhodnocena na profilprojektoru Zeiss při padesátinásobném zvětšení. Vzhledem k malé hloubce řezu a zaoblení špičky plátku bylo opotřebení měřeno podél ostří v šesti místech vzdálených od sebe 0,1 mm a vypočítána průměrná hodnota a_h.

Bylo provedeno celkem 78 měření časové závislosti opotřebení na hřbetě včetně měření selekcí vyloučených z vyhodnocování. Důvodem k selekci bylo např. předčasné zborcení plátku, vyštípnutí břitu způsobené vypnutím elektrického proudu nebo poruchou soustruhu. Asi 15 provedených měření nemohlo být vyhodnoceno pro poruchu synchronizace závěrky fotoaparátu a blesku. Tím přišlo nazmar i tomu odpovídající množství materiálu a plátků.

Při podrobném zjišťování průběhu funkce $a_h = f / T /$ pro plátky lapované na lapovačce katedry obrábění bylo zjištěno, že velikost opotřebení hřbetu a_1 na konci oblasti počátečního zrychleného opotřebení A / obr. 1 kap. 4.1 / dosahuje hodnot $a_1 = 0{,}07 - 0{,}08$ mm. Snížená mezní hodnota opotřebení byla volena $a_h = 0{,}15$ mm, tedy v oblasti normálního rovnoměrného opotřebení, kde lze v určitém intervalu s jistou přibližností křivku $a_h = f / T /$ nahradit přímkou.

Časový průběh opotřebení byl měřen na soustruhu SU-50, kde změnou průměru obrobku odebráním třísky dochází ke změně řezné rychlosti. Proto byla u některých měření provedena korekce dle Brachmanovy metody / kap. 6.2 /. Při zjišťování funkce $a_h = f/ T /$ s posuvem $s = 0{,}1$ mm/ot docházelo ke změně řezné rychlosti maximálně o 2 - 3 %. Provádění korekce zde nemá

praktický význam. Střední rychlost v_s v těchto měřeních byla volena podle toho, jakou dobu se při určité řezné rychlosti soustružilo. Došlo-li k větší změně řezné rychlosti než 3 %, byla Brachmanova metoda aplikována v plném rozsahu.

Naměřené hodnoty jsou zpracovány v tabulkách, grafech a přílohách. V následujících tabulkách a grafech naměřených hodnot je pro jednoduchost střední rychlost v_s označována jen $\underline{v}$. Řezná rychlost každého záběru je označována v_i a T_k je čas záběru korigovaný Brachmanovou metodou na střední rychlost.

Zjišťování exponentu $\underline{m}$ v závislosti T - v bylo provedeno při posuvu s = 0,1 mm/ot a hloubce řezu t = 1,5 mm / viz příloha 1 /, kde mohlo být provedeno dostatečné množství měření. Zjišťování velikosti exponentu $\underline{m}$ při posuvu s = 0,34 mm/ot by vyžadovalo mnohonásobně větší spotřebu materiálu. Exponent $\underline{m}$ a tedy sklon přímek v grafu T - v při posuvu s = 0,34 mm/ot byl převzat ze závislosti T - v při posuvu s = 0,1 mm/ot / viz příloha 2 /.

V příloze 3 je sestrojena závislost a_h - T pro posuv 0,34 mm/ot v dvojité logaritmické síti a z ní odečtena hodnota trvanlivosti pro míru otupení a_h = 0,8 mm. To umožnilo / podle kap. 7.2.2

str. 29 /sestrojení závislosti T - v pro $a_h = 0,8$ mm a posuv $s = 0,34$ mm/ot, která je v příloze 4. Nutno upozornit, že při odečtení trvanlivosti pro míru otupení $a_h = 0,8$ mm z přílohy 3 může dojít k značným chybám, neboť přímka je sestrojena z bodů v oblasti do $a_h = 0,15$ mm, kde bylo měření prováděno. Nepatrná změna polohy přímky /logaritmické souřadnice / dá vzniknout chybám, které výrazně ovlivní výsledek.

Na plátcích U1 byla též zkoušena geometrie se záporným úhlem čela $\gamma = -3^{o}\ 30'$. Velikost úhlu γ byla převzata z nože PN 22 3840. Plátky byly ostřeny v n.p. Plastimat Liberec způsobem, jak bylo dříve uvedeno. Pro nedostatek materiálu byly provedeny jen dvě zkoušky. Měření trvanlivosti těchto plátků proběhlo za přesně stejných podmínek jako měření plátků U1 s kladným úhlem $\gamma = 10^{o}$. Plátky se zápornou geometrií dosáhly v obou případech nižší trvanlivost než plátky s kladnou geometrií čela. To odpovídá teoretickým předpokladům, neboť záporný úhel čela zvětší řezné odpory a tím i teplotu řezání. Také vliv intenzivně se tvořícího nárustku při negativním úhlu čela / kap. 5.0 / se projeví opotřebením, které je způsobeno vytrháváním materiálu nástroje nárustkem / kap. 4.1 str. 15 /.

Při všech řezných rychlostech a zvláště při po-

suvu s = 0,1 mm/ot bylo pozorováno intenzivní nalepování třísek.

Posouzení plátků jednotlivých druhů SK bylo provedeno na základě srovnání řezné rychlosti v_{opt} odpovídající optimální hospodárné trvanlivosti T_{opt}. Obecně má tento postup několik omezení. Např. je možné, že vypočtená rychlost v_{opt} bude v rozsahu řezných rychlostí nepoužitelných pro intenzivní tvorbu nárustku, chvění soustavy obrobek-stroj-nástroj atd. Optimální trvanlivost T_{opt} byla vypočítána z vzorce

$$T_{opt} = \frac{60\ C}{D_s} \quad / m - 1 / \qquad / 2 /$$

kde C jsou náklady na jednu výměnu nástroje, na jeho ostření a podíl jeho ceny připadající na práci po dobu trvanlivosti

m - exponent vyjadřující citlivost materiálu nástroje na řeznou rychlost

D_s - náklady na hodinu práce stroje / odpisy, mzda dělníka, energie, údržba stroje /.

Státní velkoobchodní cena plátků M19 U4 10.2 je podle druhu SK: S1, S2, S4 = 10,40 Kčs/ks

S3, S5, U1 = 11,70 Kčs/ks

U2 = 12 Kčs/ks

Náklady C byly vypočteny z rovnice / 1 / kapitola 3.0 .Potom činí C_{U2} = 7,70 Kčs

$C_{S3} = C_{S5} = C_{U1}$ = 7,55 Kčs

$C_{S1} = C_{S2} = C_{S4}$ = 6,90 Kčs

Velikosti exponentu m odeřtené z přílohy 1 jsou: $m_{S3} = m_{U1} = 2,76$ $m_{S2} = 2,2$ $m_{S1} = 2,1$

$m_{U2} = 3,1$ $m_{S5} = 4,86$ $m_{S4} = 6,57$

Náklady D_s pro soustruh SP-31 jsou podle údajů TOS $D_s = 25$ Kčs/hod.

Trvanlivost T_{opt} se vypočítá dosazením do vzorce / 2 / a jí odpovídající řezná rychlost v_{opt} se odečte z přílohy 4.

Pro	S1	je $T_{opt} = 18$ min	a	$v_{opt} = 350$ m/min
	S2	$T_{opt} = 20$ min		$v_{opt} = 270$ m/min
	S3	$T_{opt} = 31$ min		$v_{opt} = 275$ m/min
	S4	$T_{opt} = 92$ min		$v_{opt} = 122$ m/min
	S5	$T_{opt} = 70$ min		$v_{opt} = 116$ m/min
	U1	$T_{opt} = 31$ min		$v_{opt} = 255$ m/min
	U2	$T_{opt} = 38$ min		$v_{opt} = 135$ m/min

Ze získaných výsledků plyne, že při podmínkách, za jakých zkoušky probíhaly, je v_{opt} nejvyšší pro plátky S1. Kvalita použitých plátků S1 byla v průběhu měření shledána poměrně jednotnou, bez podstatných výkyvů. Slinutý karbid S1 se však nehodí k těžkému hrubování polotovarů s nečistým povrchem; v takových podmínkách totiž na rozdíl od provedených zkoušek probíhá soustružení v n.p. TOS Varnsdorf.

Na dalších místech podle velikosti v_{opt} jsou plátky S3, S2 a U1. Kvalita plátků S2 a U1 byla stejnoměrná. Na tomto místě je nutno uvést několik

poznatků o plátcích S3, které byly ke zkouškám použity. Druh S3 vykazoval největší rozptyl naměřených výsledků. Bylo provedeno mnohem větší množství měření těchto plátků, než která jsou zahrnuta ve výsledcích. Naměřené hodnoty trvanlivostí / při ostatních konstantních podmínkách / se u jednotlivých břitů podstatně lišily. Např. za určitých řezných podmínek bylo dosaženo opotřebení $a_h = 0,15$ mm za 6 minut soustružení. Po otočení plátku a použití druhého břitu za přesně týchž podmínek bylo dosaženo stejného opotřebení dříve jak za 2 minuty, tedy za dobu víc jak o 60 % kratší. Všechna taková měření byla z dalšího vyhodnocování vypuštěna. Trvanlivost žádného vypuštěného měření se nelišila o 20 - 50 % od výsledků zahrnutých do vyhodnocování, ale vždy více. Z těchto důvodů je možné, že dosažené výsledky s plátky S3 jsou ovlivněny, neboť byla prakticky vyhodnocena jen ta nejlepší měření. K hrubování polotovarů nezbavených kůry je karbid S3 vhodný.

12.0 Závěr.

Při shrnutí této práce nutno říci, že výsledky měření provedených ze dříve uvedených podmínek /krátkodobá zkouška, zkušební obrobek zbaven kůry atd. / a teoretických předpokladů / exponent $\underline{m}$ = konst atd. / není možno přímo aplikovat na podmínky, v jakých probíhá soustružení v n.p. TOS.

Z výsledků provedených zkoušek je možno doporučit použít k obrábění oceli 14 340.3 na první těžké hrubování polotovaru s nečistým povrchem plátky M19 U4 10.2 , neboť kladný úhel čela se jevil vhodnější. Ze slinutých karbidů se jevily nejvhodnější druhy S3, S2 a U1. Přesné a spolehlivě určit druh slinutého karbidu a jeho optimální řezné podmínky by bylo možno teprve na základě dlouhodobých zkoušek konaných za skutečných řezných podmínek používaných v n.p. TOS Varnsdorf, kde první hrubování pinoly probíhá při hloubce řezu t = 10 mm a s = 0,45 mm/ot. Takové řezné podmínky nebylo možno vzhledem k výkonu soustruhu SU-50 a množství materiálu ani zdaleka napodobit. K soustružení na čisto a soustružení obrobků s čistým povrchem je možno doporučit slinutý karbid S1.

K ověření dosažených výsledků na soustruhu SP-31 nebyly splněny potřebné podmínky. Ověření krátkodobou zkouškou by se vzhledem k výrobnímu programu projevilo nepříznivě ve výrobě, nehledě na problematickou možnost měření opotřebení bez potřebného zařízení. Provést zkoušky bez narušení výroby by vyžadovalo propracovat metodu a zařízení k provedení dlouhodobých zkoušek do výroby nezasahujících, jak se dále pokusím.

Navrhuji způsob měření, který by byl proveditelný

v podmínkách n.p. TOS Varnsdorf bez narušení výroby a omezil nevýhody krátkodobých zkoušek. Navrhovaná metoda spočívá v použití fotografování k zjištění opotřebení hřbetu. Potřebné zařízení, které se umístí mimo soustruh SP-31, by sestávalo z držáku fotoaparátu a držáku plátku, který by umožnil po vložení plátku bez dlouhého zaostřování fotografovat. V čase, kdy soustružník provádí upínání jednotlivých obrobků / pinol, pracovních vřeten / by byl plátek vyjmut z nože upnutého na soustruhu, vložen do držáku a ofotografován. Navrhované měření by probíhalo za skutečných řezných podmínek a nevyžadovalo by zvláštní materiál na zkušební obrobek. Zjištění času záběru a řezných rychlostí je snadno zjistitelné z obráběných průměrů a délek.

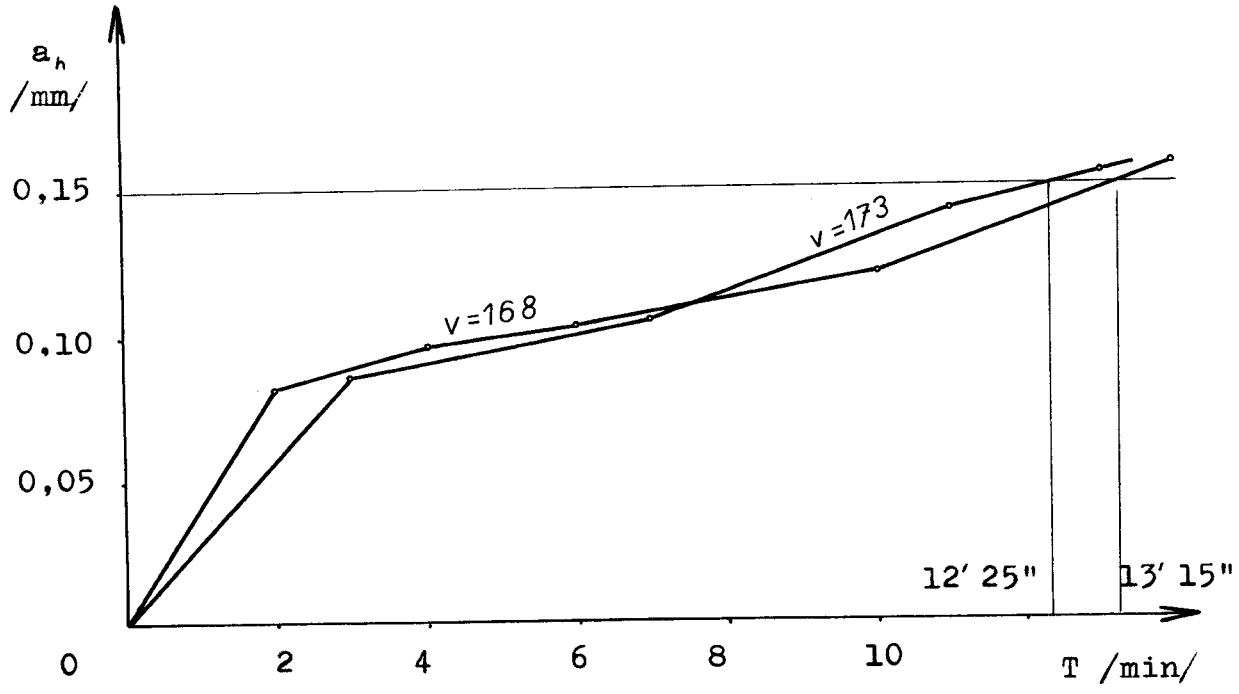
Tuto práci považuji za skromný pokus přispět k řešení problematiky obrábění oceli 14 340 noži s mechanicky upínanými plátky ze slinutých karbidů. Považoval bych za úspěch, kdyby některých výsledků této práce mohlo být použito k dalšímu pokračování na tomto úkolu.

V této souvislosti bych rád poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při zpracování zadaného úkolu. Děkuji všem odborným asistentům katedry obrábění, kteří projevili porozumění pro moji práci a přispěli mi radou. Zvláštní dík patří prof. Ditlovi CSc a

odbornému asistentu ing. Tvrdíkovi z katedry metalografie. Nemohu opominout ani cennou pomoc pracovníků dílen katedry obrábění, bez jejichž zkušeností a praktické pomoci bych nemohl provedená měření uskutečnit. S obzvláštní ochotou jsem se setkal u pracovníků Výzkumného ústavu práškové metalurgie Šumperk, závodu Pramet Šumperk a nástrojárny n.p. Plastimat Liberec, kterým touto cestou rovněž vyslovuji své poděkování.

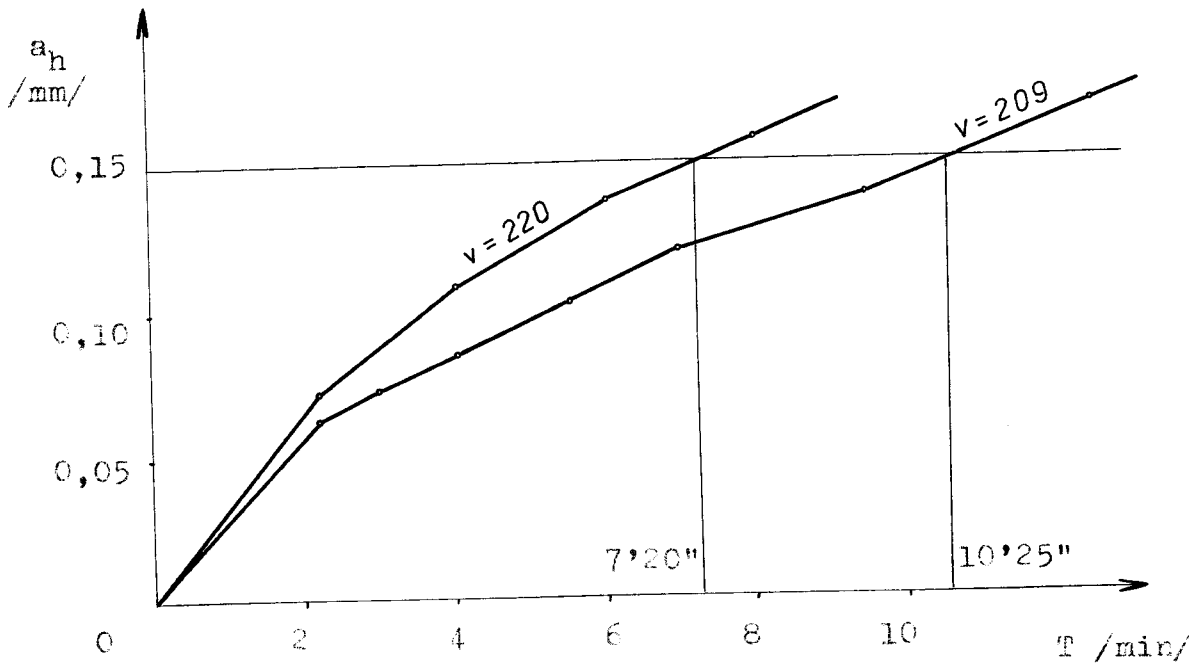
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S1	1	2'00"	168	168	0,082
	2	4'00"	168		0,094
	3	6'00"	168		0,103
	4	10'00"	168		0,120
	5	14'00"	168		0,157
S1	1	3'00"	178	173	0,084
	2	7'00"	172		0,104
	3	11'00"	172		0,142
	4	13'00"	172		0,154



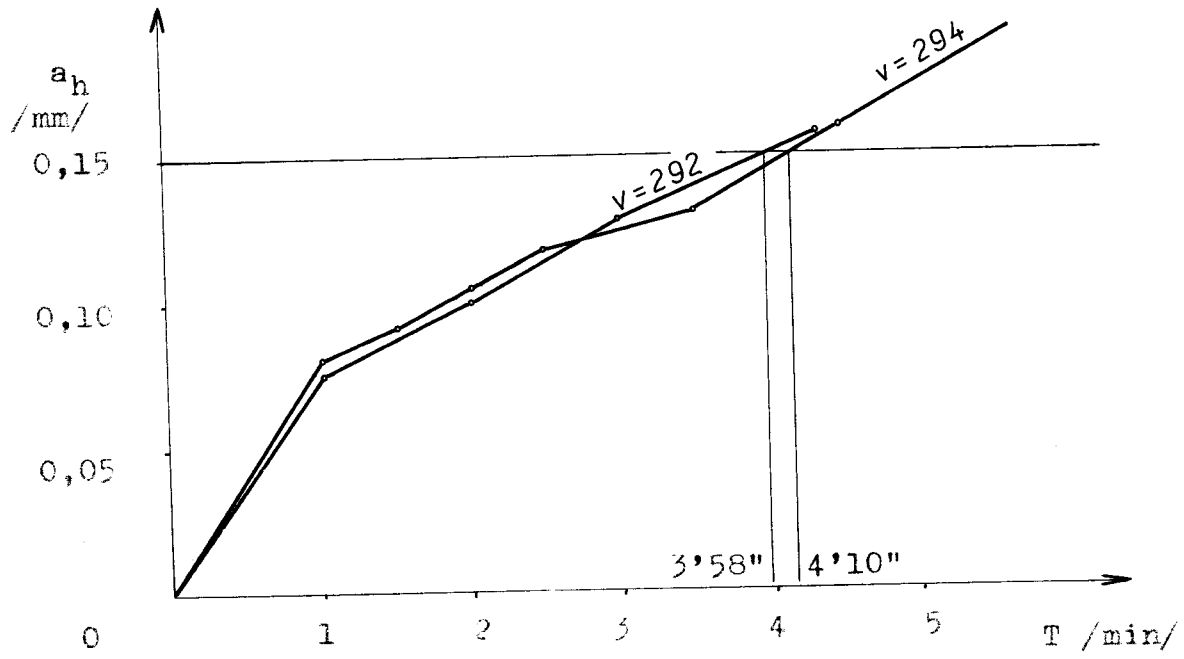
t = 1,5 mm

druh SK	s [mm/ot]	číslo měření	čas T	v [m/min]	a_h [mm]
S1	0,1	1	2'10"	209	0,063
		2	3'00"	209	0,073
		3	4'00"	209	0,085
		4	5'30"	209	0,103
		5	7'00"	209	0,119
		6	9'30"	209	0,139
		7	12'30"	209	0,185
S1	0,1	1	2' 08"	220	0,073
		2	4'00"	220	0,109
		3	6'00"	220	0,138
		4	8'00"	220	0,159



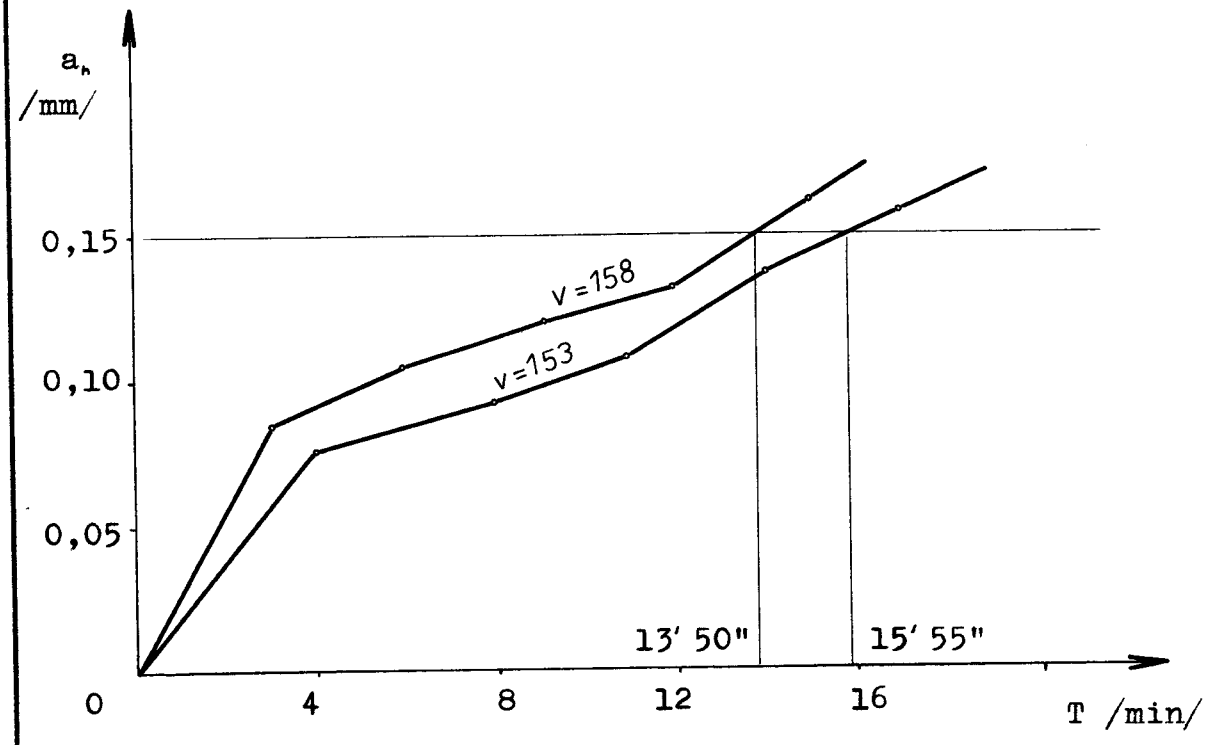
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S1	1	1'00"	294	294	0,080
	2	1'30"	294		0,092
	3	2'00"	294		0,105
	4	2'30"	294		0,117
	5	3'30"	294		0,133
	6	4'30"	294		0,160
S1	1	1'00"	294	292	0,077
	2	2'00"	294		0,101
	3	3'00"	294		0,128
	4	4'20"	285		0,158



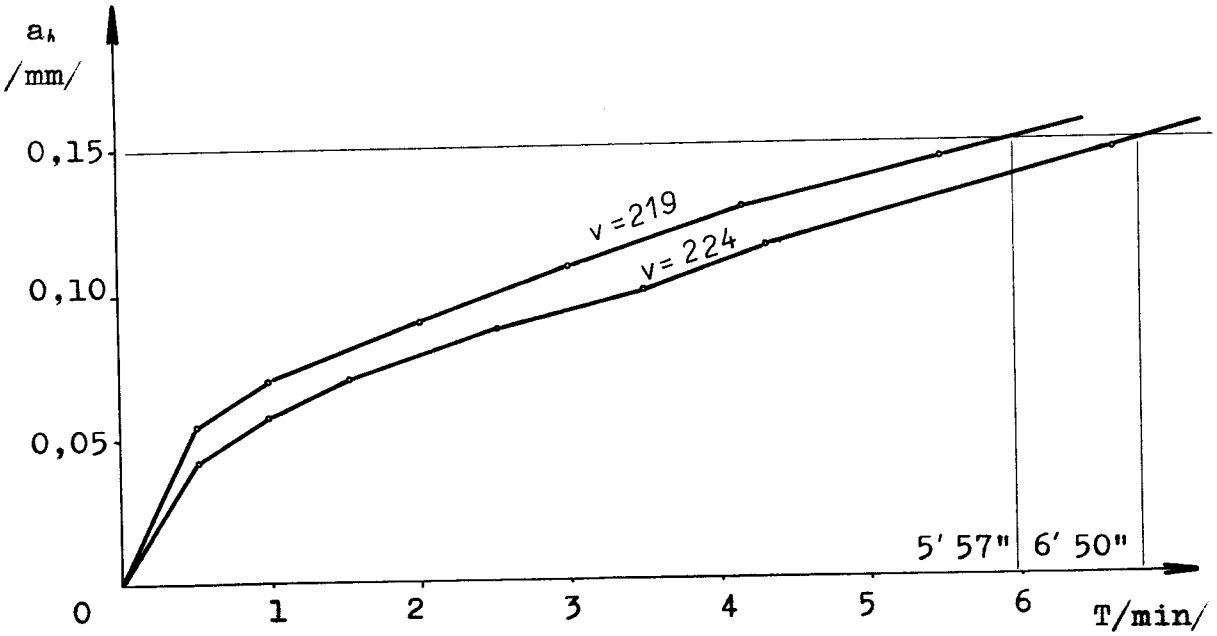
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S2	1	3'00"	159	158	0,086
	2	6'00"	159		0,105
	3	9'00"	159		0,121
	4	12'00"	159		0,133
	5	15'00"	155		0,161
S2	1	4'00"	155	153	0,076
	2	8'00"	155		0,093
	3	11'00"	151		0,109
	4	14'00"	151		0,137
	5	17'00"	151		0,158



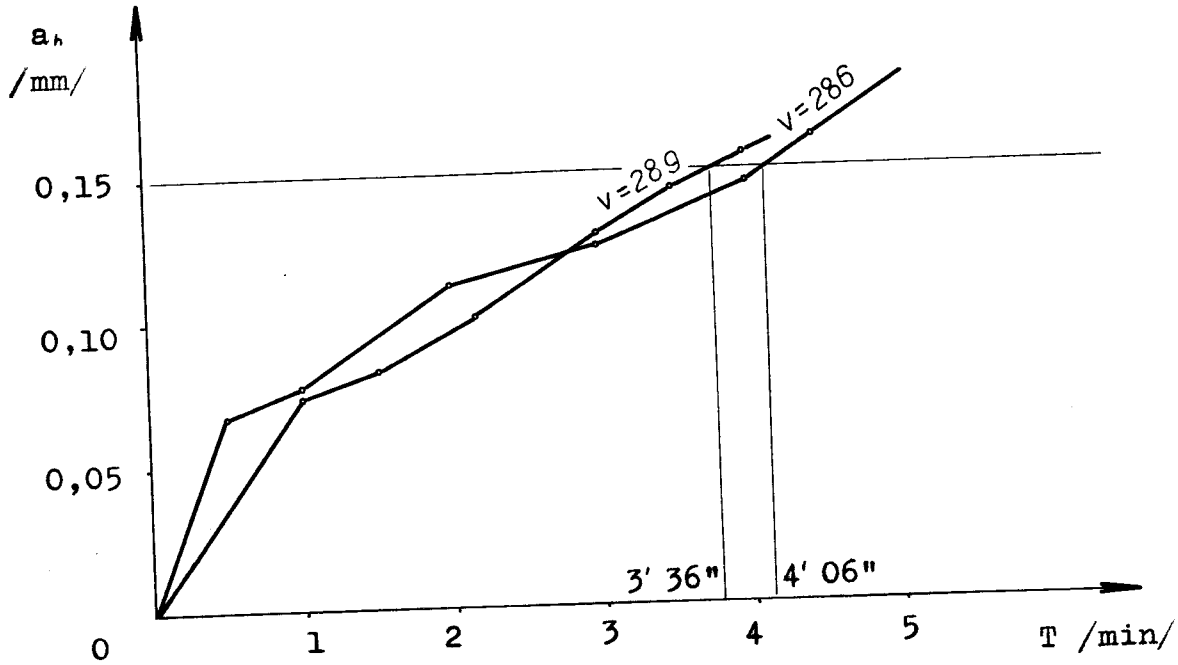
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S2	1	0'30"	225	224	0,043
	2	1'00"	225		0,057
	3	1'30"	225		0,070
	4	2'30"	225		0,087
	5	3'30"	225		0,100
	6	4'20"	225		0,115
	7	6'40"	220		0,147
S2	1	1'00"	220	219	0,069
	2	2'00"	220		0,091
	3	3'00"	220		0,109
	4	4'10"	220		0,129
	5	5'30"	215		0,145



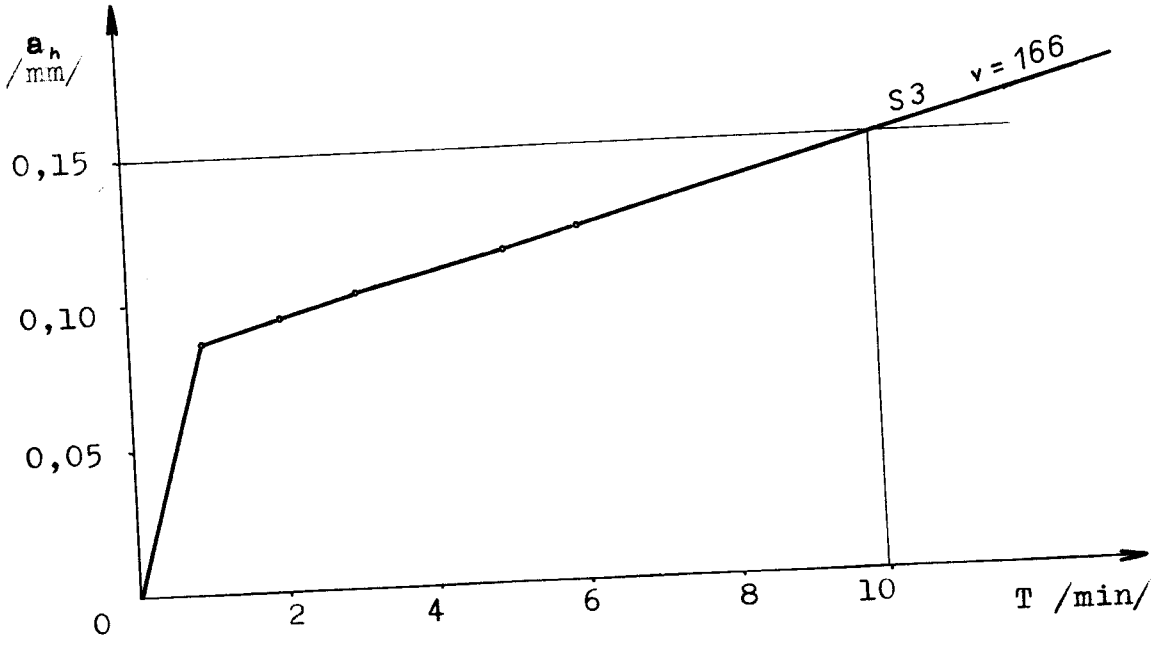
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S2	1	1'00"	292	289	0,075
	2	1'30"	292		0,083
	3	2'10"	292		0,102
	4	3'00"	286		0,127
	5	3'30"	286		0,144
	6	4'00"	286		0,156
S2	1	0'30"	286	286	0,068
	2	1'00"	286		0,076
	3	2'00"	286		0,113
	4	3'00"	286		0,125
	5	4'00"	286		0,145
	6	4'25"	286		0,161



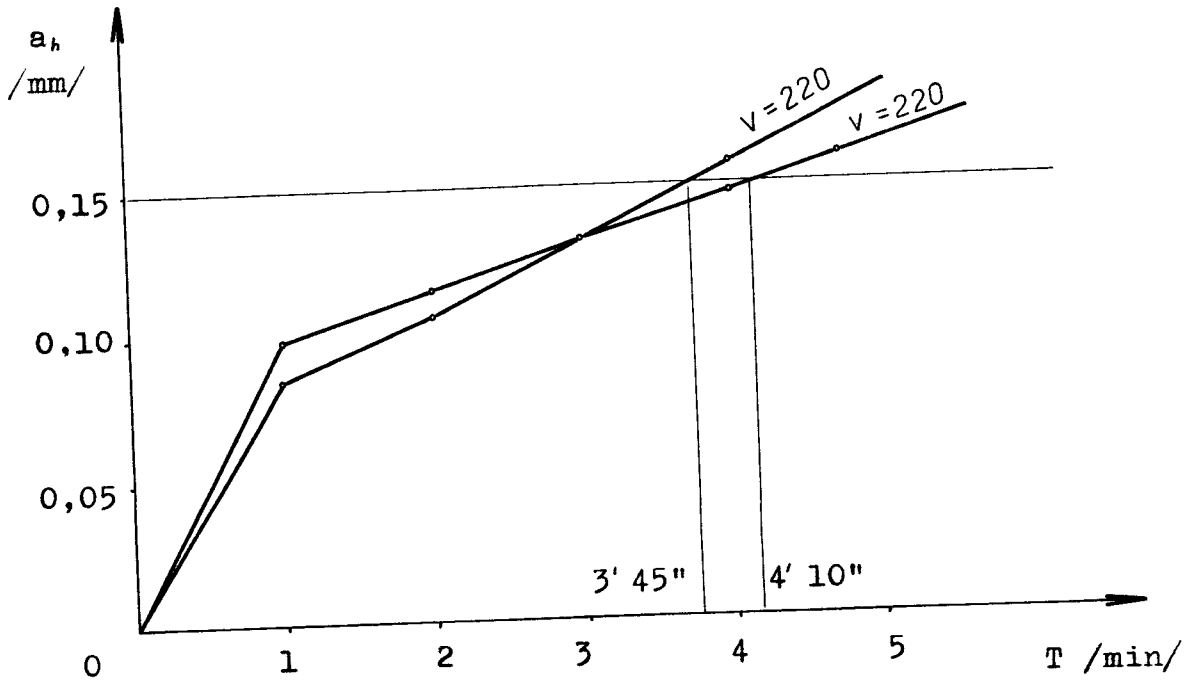
s = 0,1 mm/ ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S3	1	1'00"	167	166	0,086
	2	2'00"	167		0,095
	3	3'00"	167		0,103
	4	5'00"	167		0,115
	5	6'00"	162		0,123



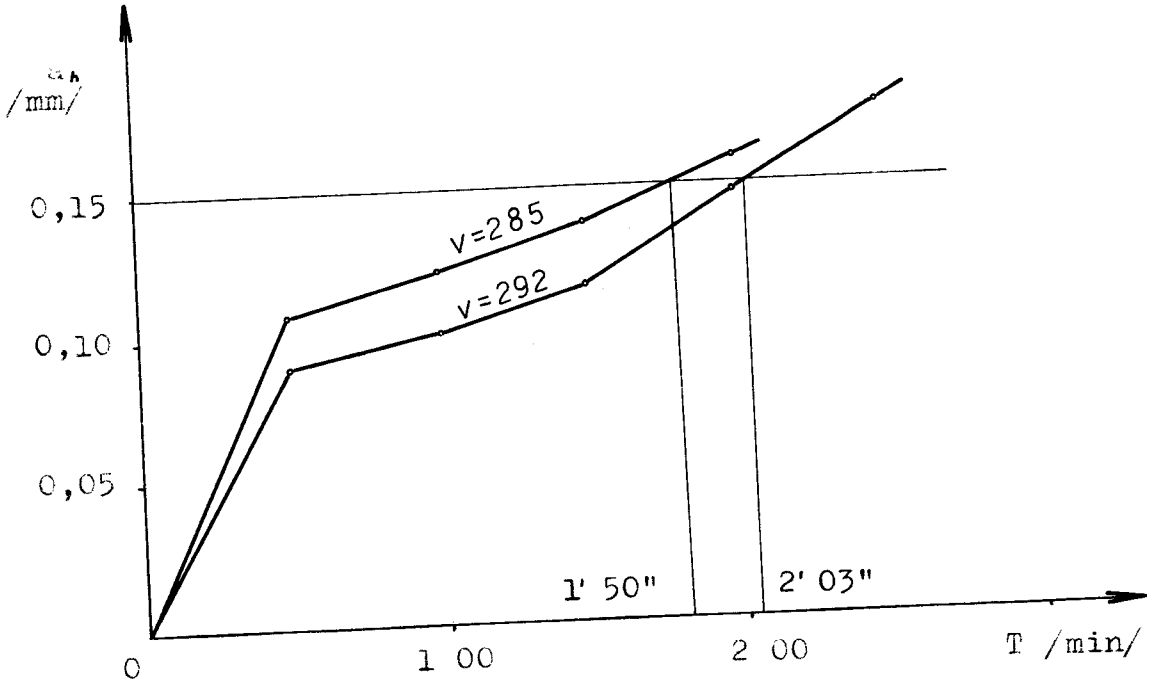
t = 1,5 mm

druh SK	s mm/ot	číslo měření	čas T	v [m/min]	a_h [mm]
S3	0,1	1	1'00"	220	0,086
		2	2'00"	220	0,107
		3	3'00"	220	0,131
		4	4'00"	220	0,158
S3	0,1	1	1'00"	220	0,098
		2	2'00"	220	0,115
		3	3'00"	220	0,131
		4	4'00"	220	0,149
		5	4'45"	220	0,159



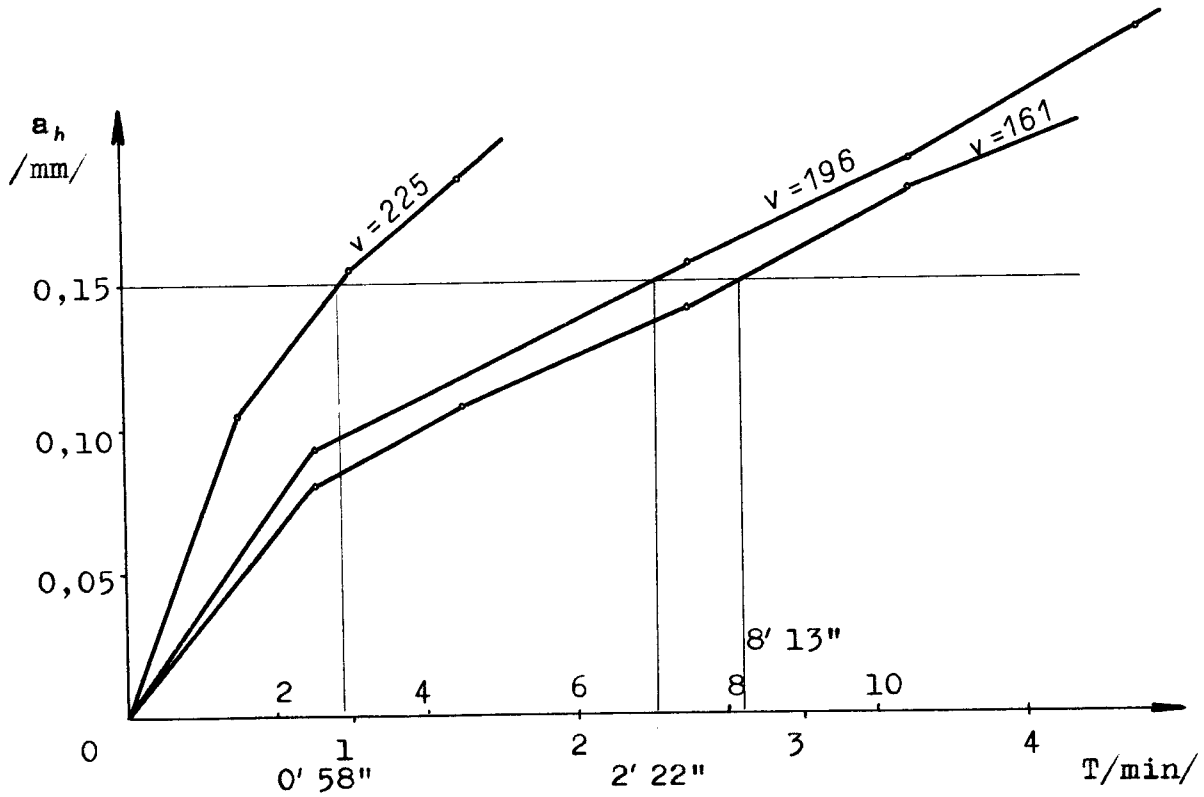
druh SK	s [mm/ot]	číslo měření	čas	v [m/min]	a_h [mm]
S 3	0,1	1	0' 30"	292	0,089
		2	1' 00"	292	0,101
		3	1' 30"	292	0,117
		4	2' 00"	292	0,149
		5	2' 30"	292	0,177
S 3	0,1	1	0' 30"	285	0,109
		2	1' 00"	285	0,123
		3	1' 30"	285	0,139
		4	2' 00"	285	0,161
		5	2' 30"	285	0,178

t = 1,5 mm



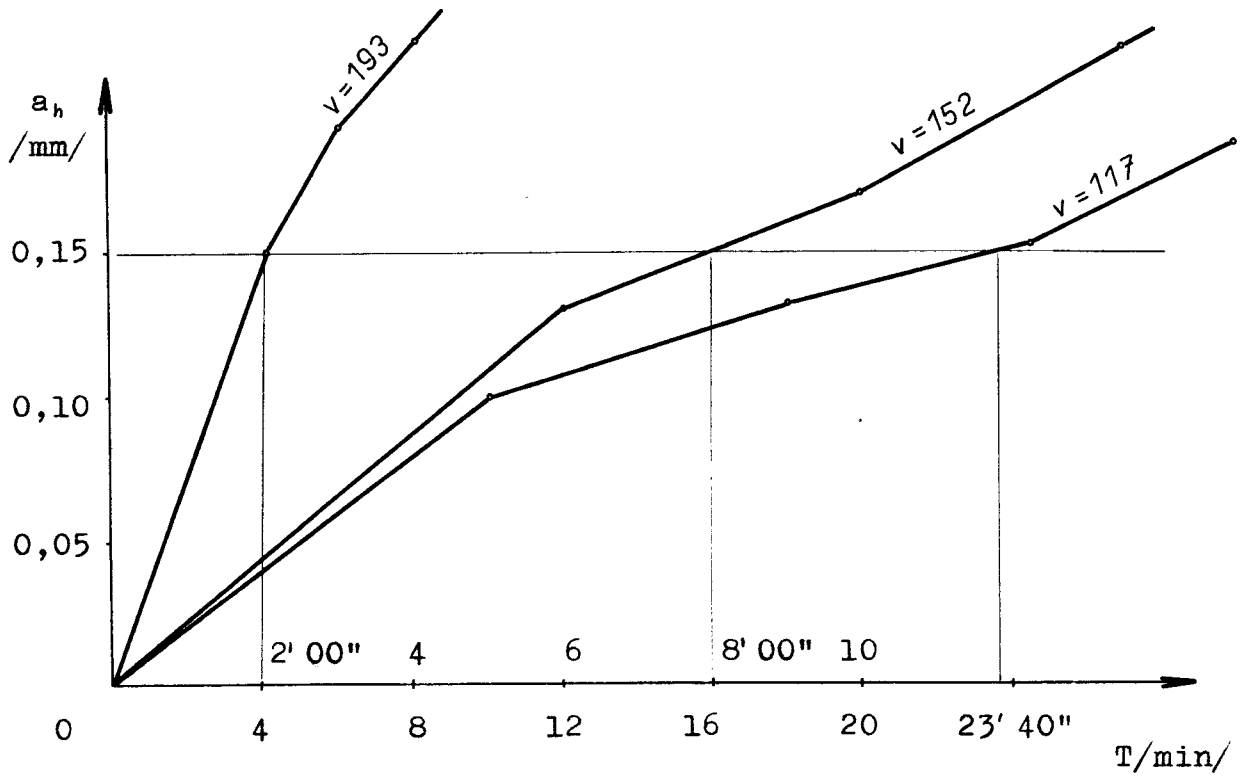
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S4	1	2'30"	164	161	0,081
	2	4'30"	160		0,107
	3	7'30"	160		0,139
	4	10'30"	160		0,180
S4	1	2'30"	199	196	0,156
	2	3'30"	193		0,190
	3	4'30"	193		0,235
S4	1	0'30"	225	225	0,104
	2	1'00"	225		0,154
	3	1'30"	225		0,185



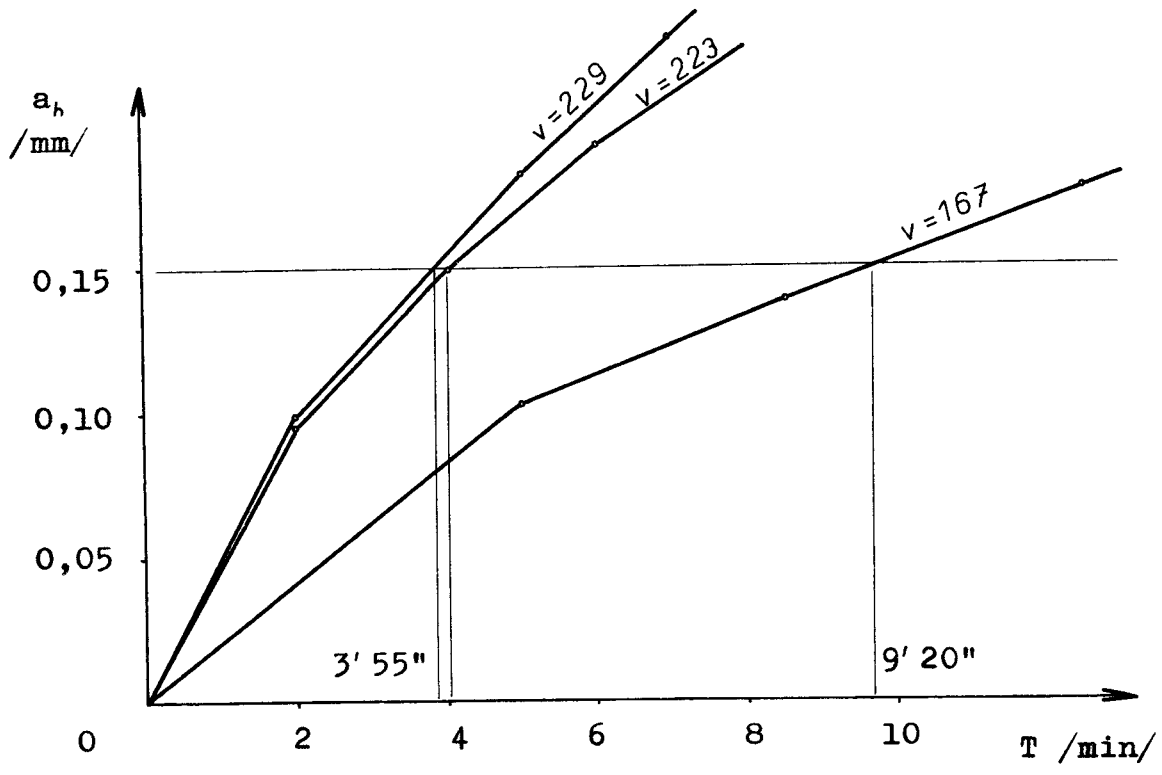
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
S5	1	2'00"	193	193	0,151
	2	3'00"	193		0,192
	3	4'00"	193		0,220
S5	1	6'00"	155	152	0,129
	2	10'00"	151		0,169
	3	13'30"	151		0,220
S5	1	10'00"	119	117	0,099
	2	18'00"	116		0,131
	3	24'30"	116		0,152
	4	30'00"	116		0,188



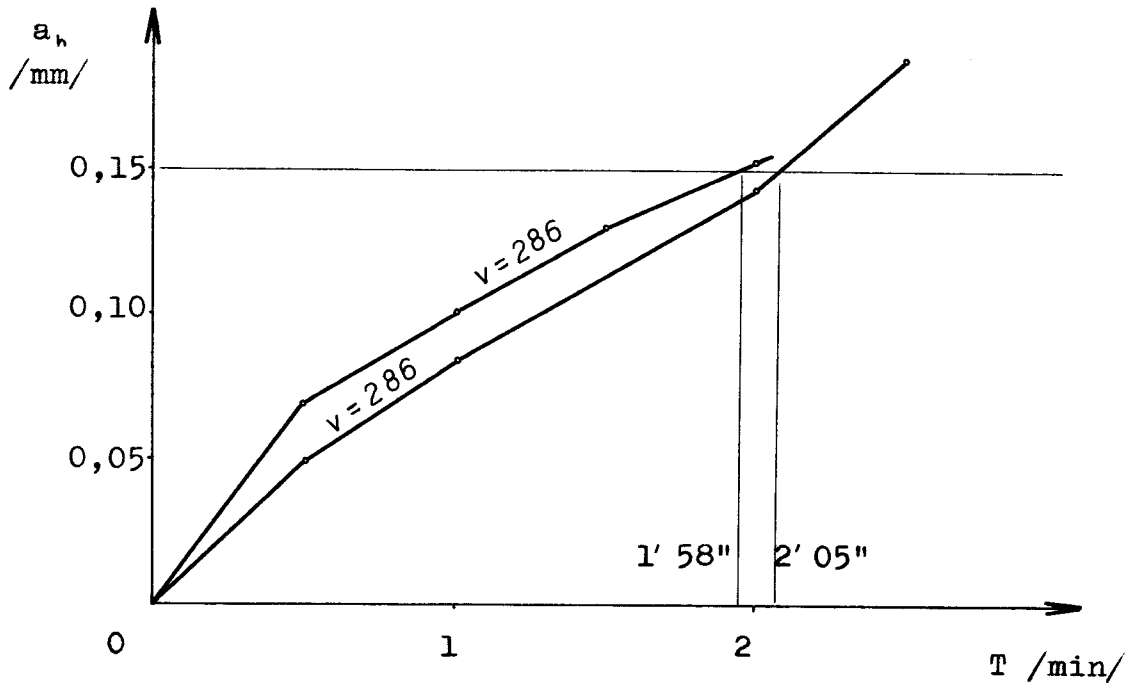
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
U1	1	5'00"	168	167	0,104
	2	8'30"	168		0,139
	3	12'30"	164		0,177
U1	1	2'00"	230	229	0,099
	2	5'00"	230		0,182
	3	7'00"	225		0,227
U1	1	2'00"	225	223	0,095
	2	4'00"	225		0,150
	3	6'00"	220		0,191



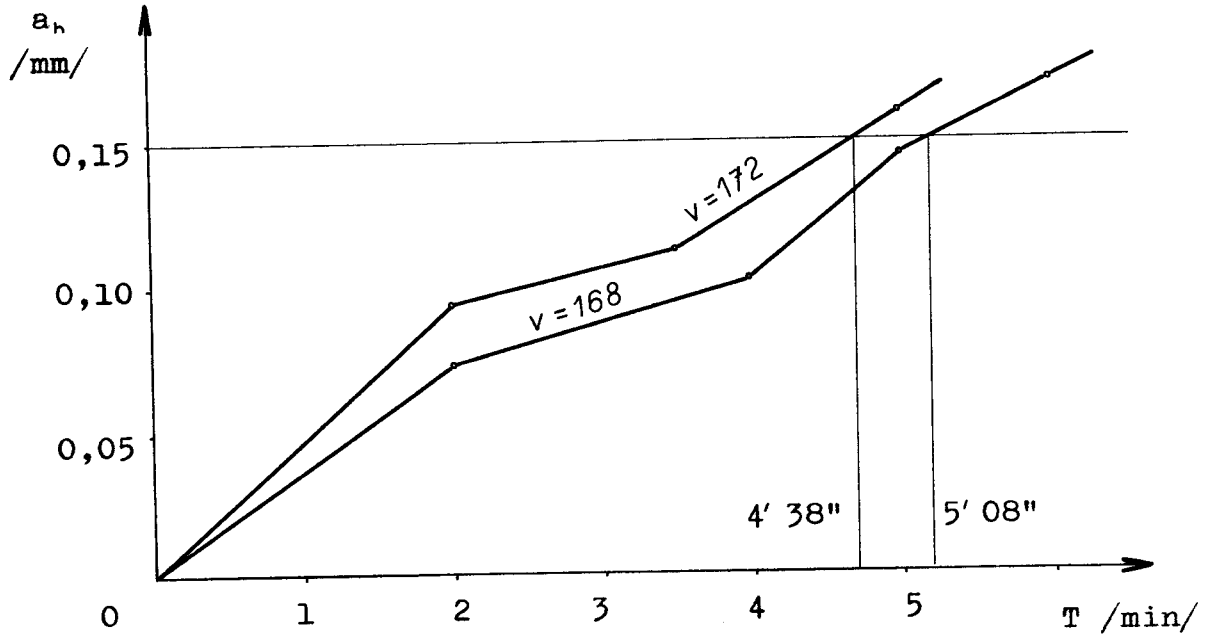
t = 1,5 mm

druh SK	s [mm/ot]	číslo měření	čas T	v [m/min]	a_h [mm]
U1	0,1	1	0'30"	286	0,050
		2	1'00"	286	0,085
		3	2'00"	286	0,144
		4	2'30"	286	0,187
U1	0,1	1	0'30"	286	0,070
		2	1'00"	286	0,101
		3	1'30"	286	0,130
		4	2'00"	286	0,152



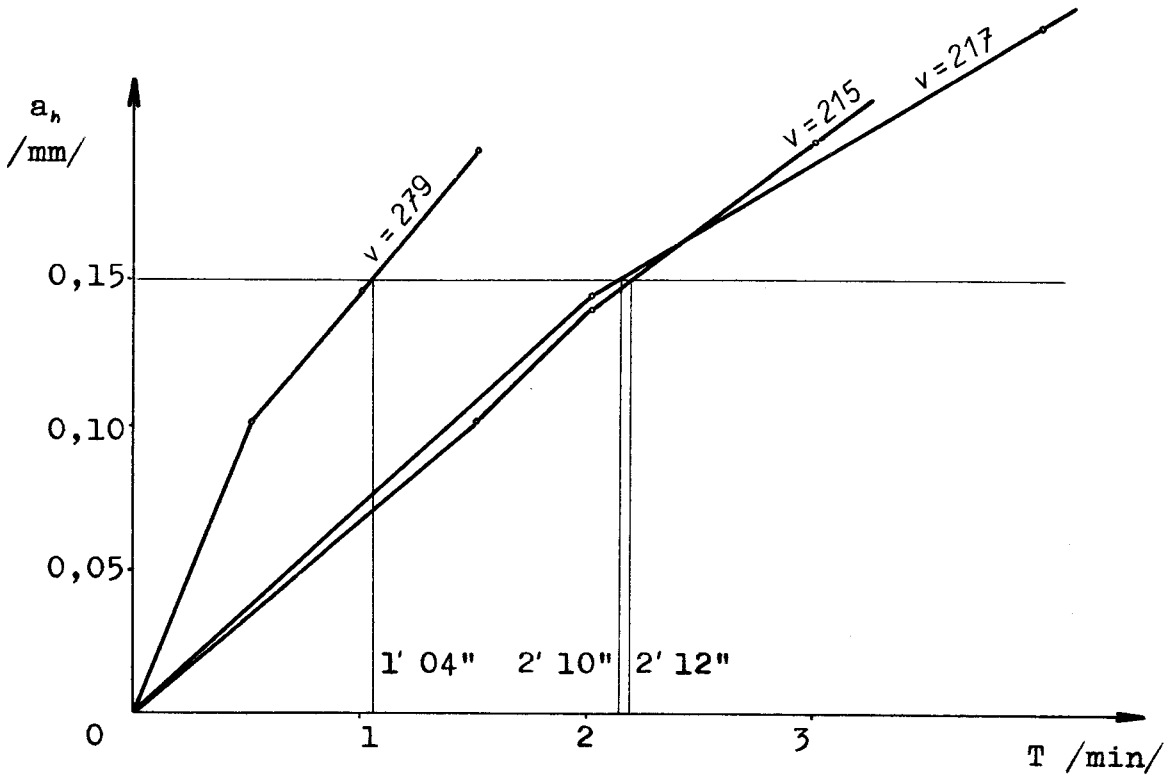
t = 1,5 mm

druh SK	s [mm/ot]	číslo měření	čas T	v [m/min]	a_h [mm]
U2	0,1	1	2'00"	172	0,093
		2	3'30"	172	0,111
		3	5'00"	172	0,159
U2	0,1	1	4'00"	168	0,101
		2	5'00"	168	0,144
		3	6'00"	168	0,169



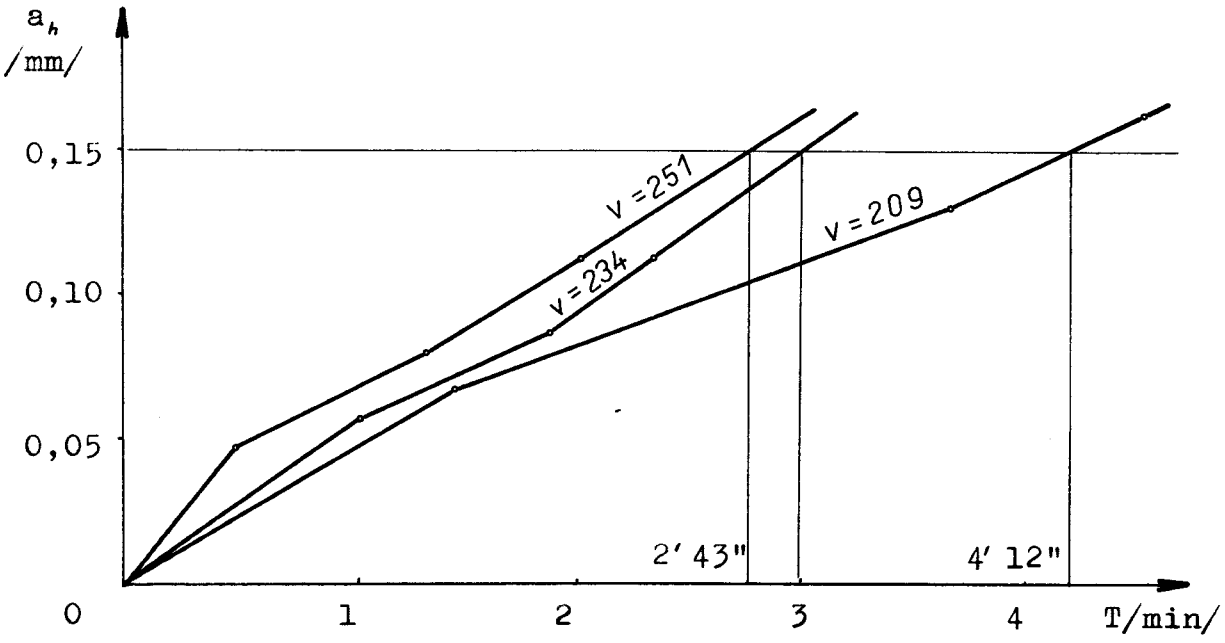
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm

druh SK	číslo měření	čas T	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
U2	1	0'30"	279	279	0,100
	2	1'00"	279		0,145
	3	1'30"	279		0,195
U2	1	2'00"	220	217	0,145
	2	4'00"	215		0,238
U2	1	1'30"	215	215	0,101
	2	2'00"	215		0,142
	3	3'00"	215		0,197



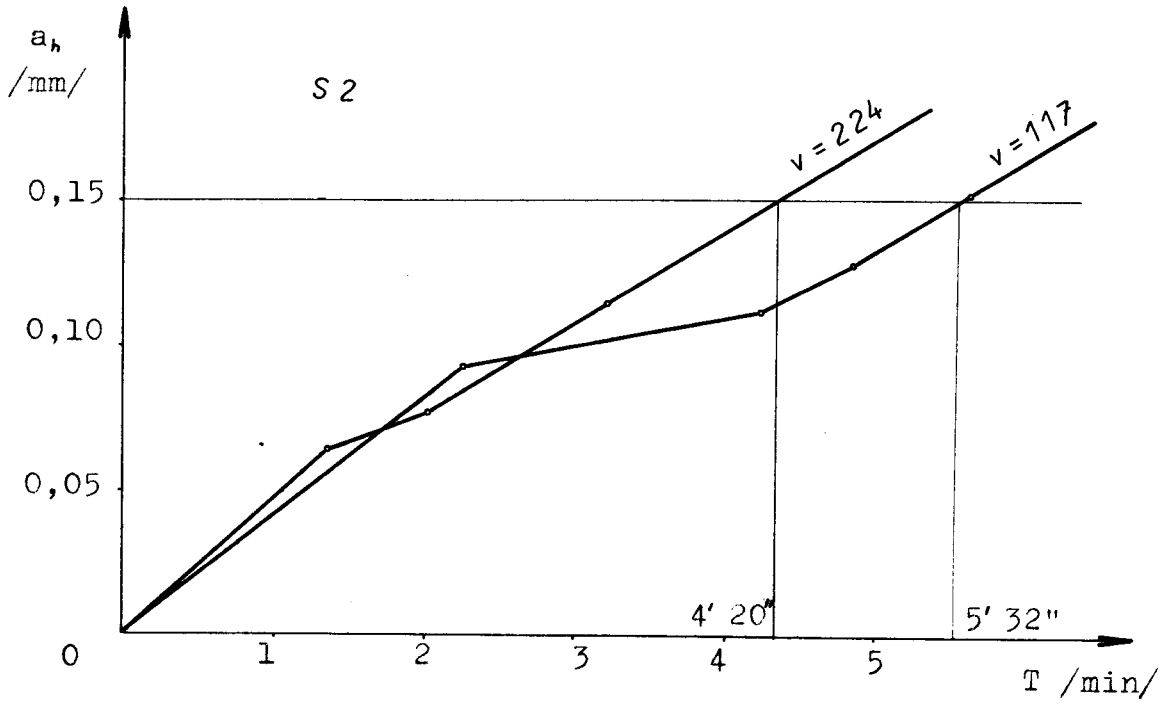
plátky S1 s = 0,34 mm/ot t = 1,5 mm

číslo měření	čas T	čas T_k	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
1	1'00"	1'02"	239		0,057
2	1'45"	1'52"	239	234	0,087
3	2'15"	2'20"	220		0,112
1	0'30"		251		0,048
2	1'20"		251	251	0,081
3	1'59"		251		0,112
1	1'20"	1'27"	217		0,067
2	3'40"	3'47"	209	209	0,129
3	4'30"	4'33"	201		0,161



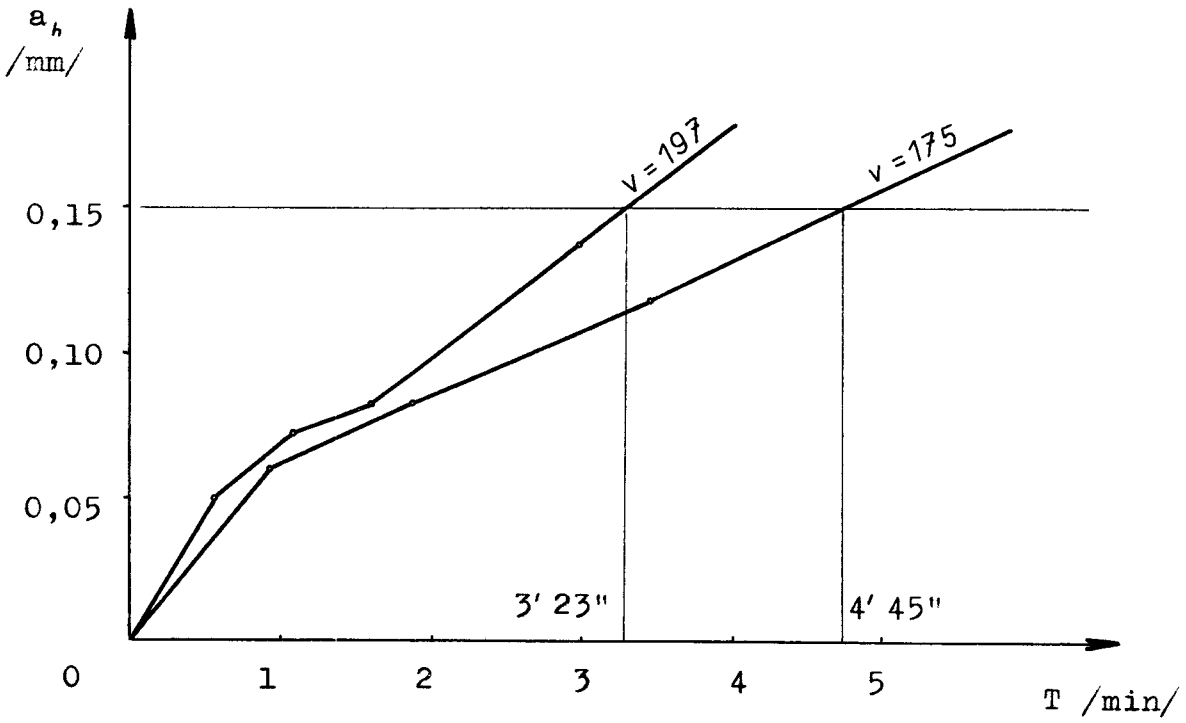
plátky S2 s - 0,34 mm/ot t - 1,5 mm

číslo měření	čas T	čas T_k	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
1	1'20"	1'24"	229	224	0,065
2	2'00"	2'02"	218		0,078
3	3'15"	3'13"	218		0,116
1	2'00"	2'14"	226	217	0,093
2	4'00"	4'14"	217		0,113
3	4'28"	4'42"	217		0,129
4	5'30"	5'38"	209		0,153



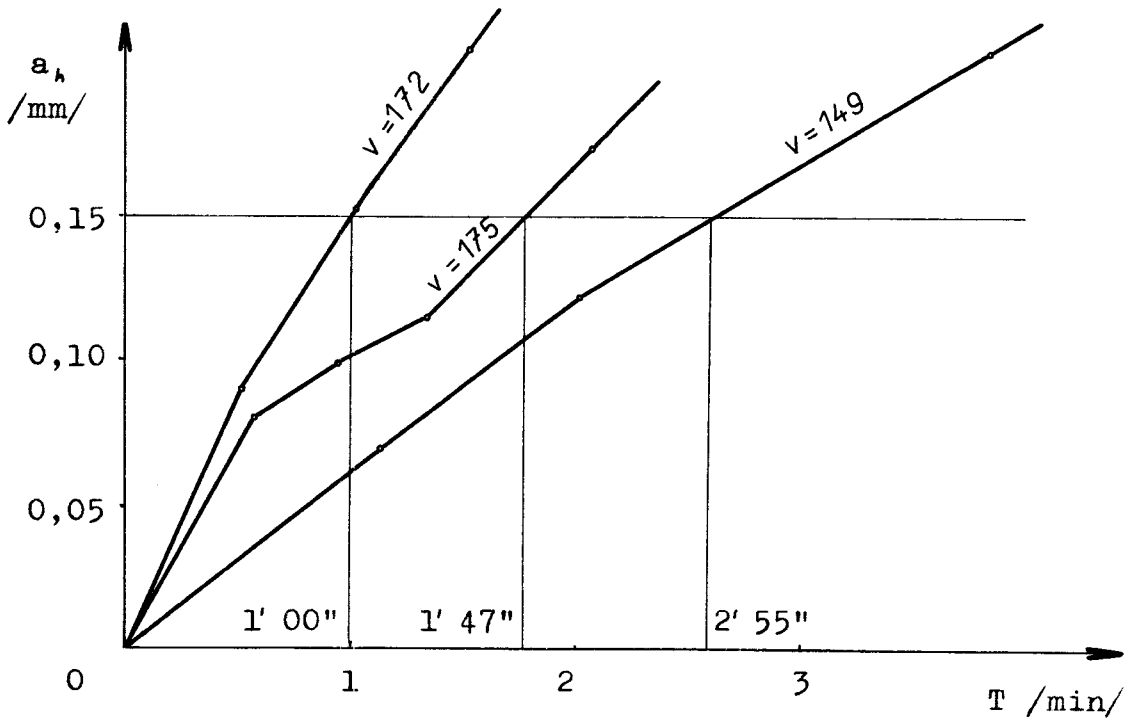
plátky S3 s = 0,34 mm/ot t = 1,5 mm

číslo měření	čas T	čas T_k	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
1	0'50"	0'53"	178		0,060
2	1'45"	1'51"	178	175	0,083
3	3'33"	3'27"	172		0,118
1	0'30"	0'32"	201		0,050
2	1'00"	1'04"	201	197	0,071
3	1'30"	1'35"	201		0,083
4	3'00"	2'58"	192		0,137



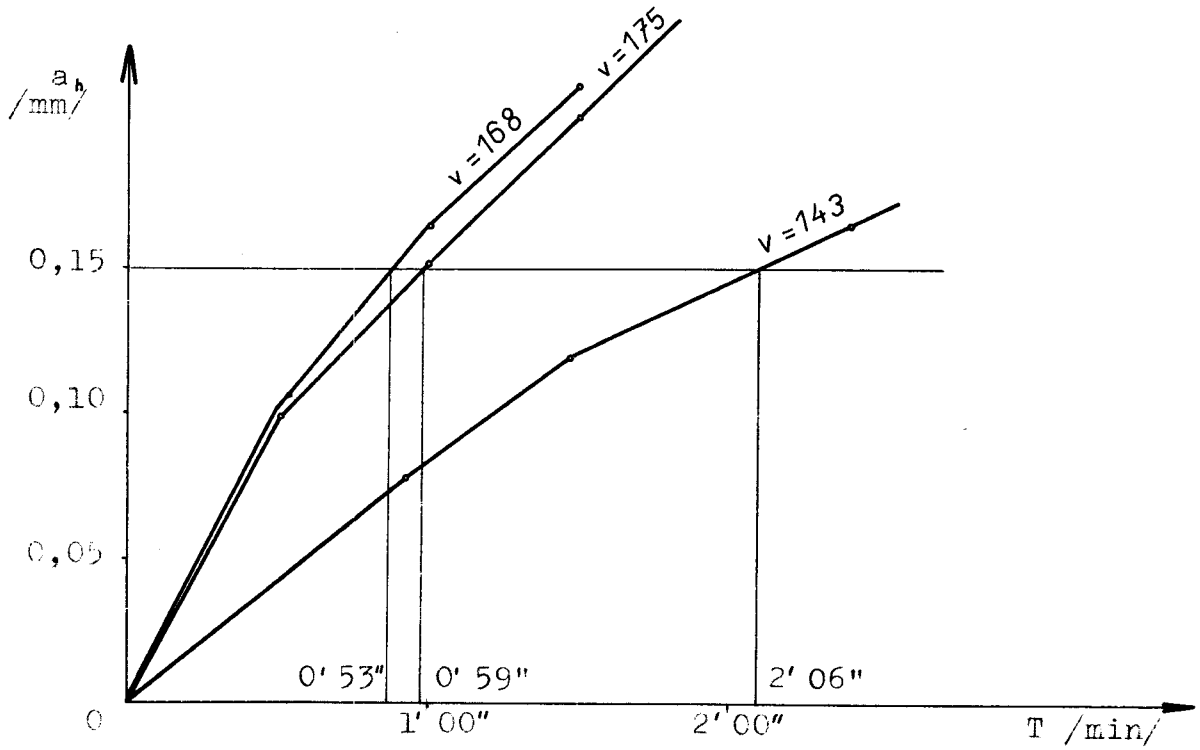
plátky S4 s = 0,34 mm/ot t = 1,5 mm

číslo měření	čas T	čas T_k	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
1	0'30"	0'34"	178	175	0,081
2	0'50"	0'56"	178		0,097
3	1'10"	1'19"	178		0,116
4	2'00"	2'04"	172		0,172
1	0'30"		172	172	0,090
2	1'00"		172		0,153
3	1'30"		172		0,207
1	1'00"	1'07"	152	149	0,070
2	2'00"	2'00"	145		0,121
3	3'55"	3'40"	145		0,207



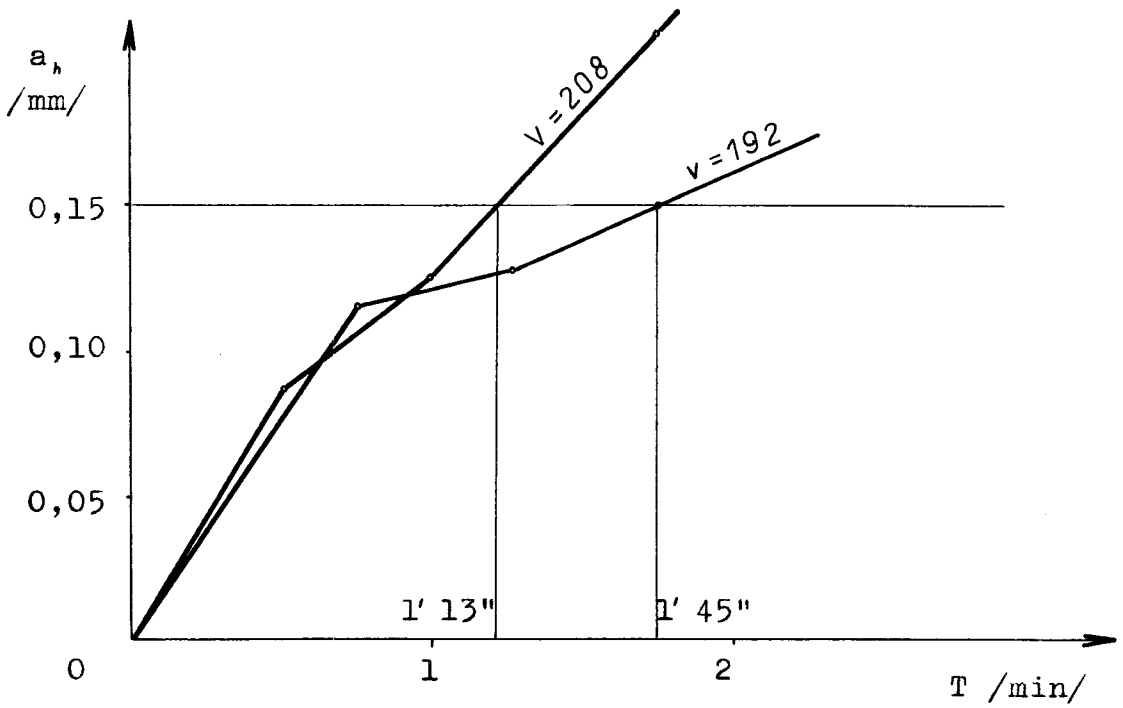
plátky S 5 s=0,34mm/ot t = 1,5 mm

číslo měření	čas T	čas T_k	v_i [m/min]	v [m/min]	a_h [mm]
1	0' 30"	0' 33"	171,5	168	0,108
2	1' 00"	1' 01"	165		0,164
3	1' 30"	1' 29"	165		0,213
1	0' 30"		175	175	0,100
2	1' 00"		175		0,153
3	1' 30"		175		0,204
1	0' 50"	0' 55"	146	143	0,078
2	1' 20"	1' 28"	146		0,119
3	2' 10"	2' 23"	146		0,166
4	3' 00"	3' 09"	141		0,197



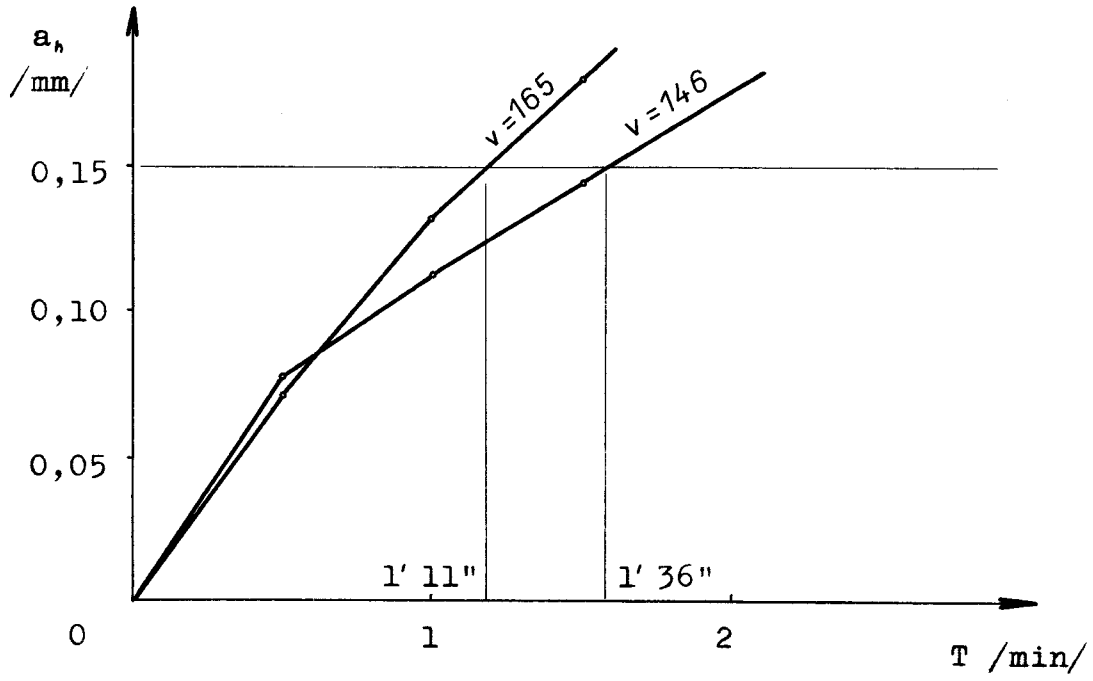
t = 1,5 mm

druh SK	s [mm/ot]	číslo měření	čas T	v [m/min]	a_h [mm]
U1	0,34	1	0'30"	208	0,087
		2	1'00"	208	0,125
		3	1'45"	208	0,210
U1	0,34	1	0'45"	192	0,115
		2	1'15"	192	0,128
		3	1'45"	192	0,149



t = 1,5 mm

druh SK	s [mm/ot]	číslo měření	čas T	v [m/min]	a_h [mm]
U2	0,34	1	0'30"	165	0,073
		2	1'00"	165	0,133
		3	1'30"	165	0,180
U2	0,34	1	0'30"	146	0,078
		2	1'00"	146	0,113
		3	1'30"	146	0,145



Použitá literatura.

Dlouhý - Houdek - Koloc: Slinuté karbidy pro obrábění. Praha, SNTL 1964.

Buda - Békés: Teoretické základy obrábania kovov. Bratislava, SVTL 1967.

Mikovec: Obrábění těžko obrobitelných materiálů. Praha, SNTL 1963.

Jech: Tepelné zpracování oceli.

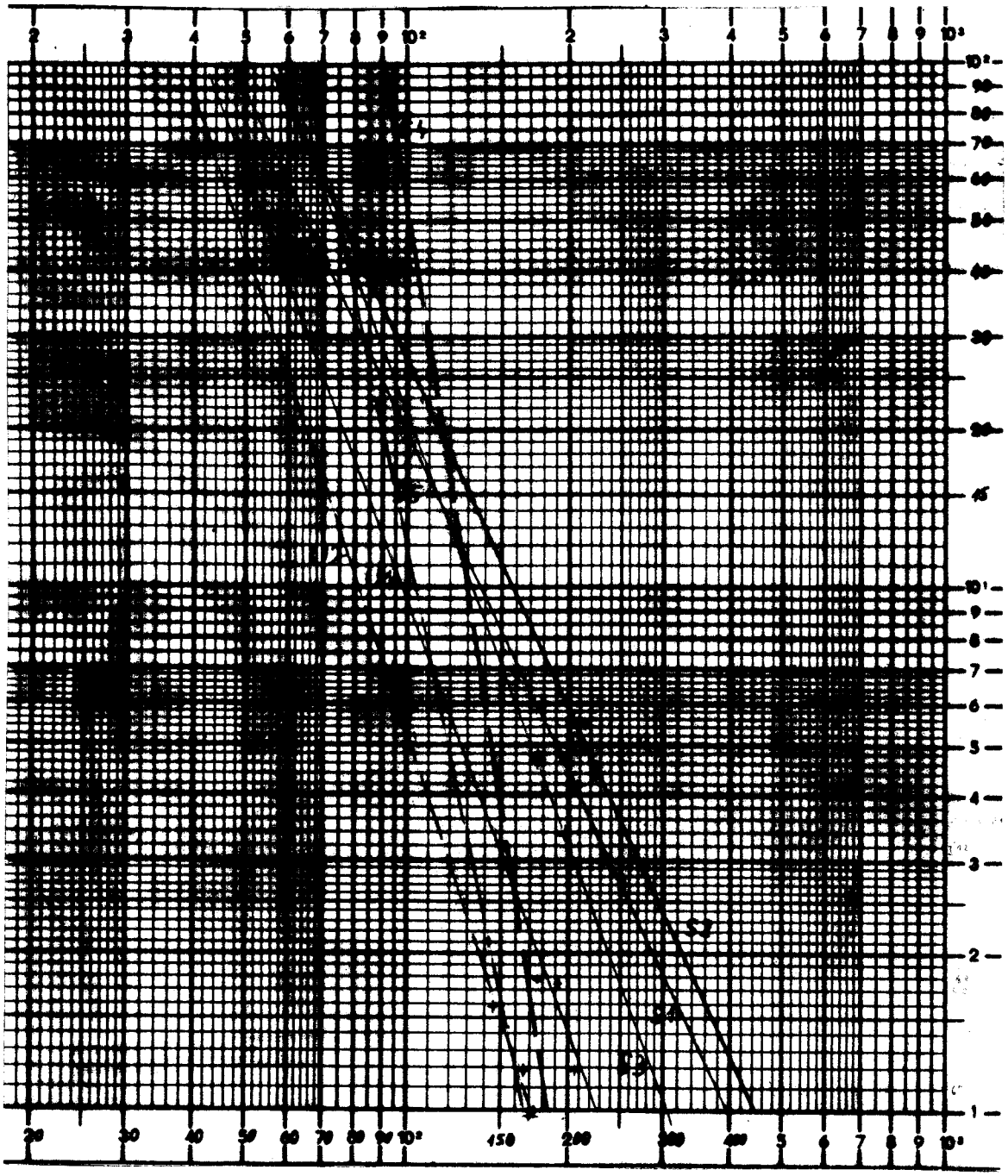
Přikryl: Technologie obrábění. Praha, SNTL 1967.

Přikryl: Teorie a metodika obrábění.

PŘÍLOHA 2 DP ST - 801/70

ocel 14 340.3 destičky M19 U4 10.2

s - 0,1 mm/ot t - 1,5 mm a_h = 0,15 mm



PŘÍLOHA 1

DP ST -801/70

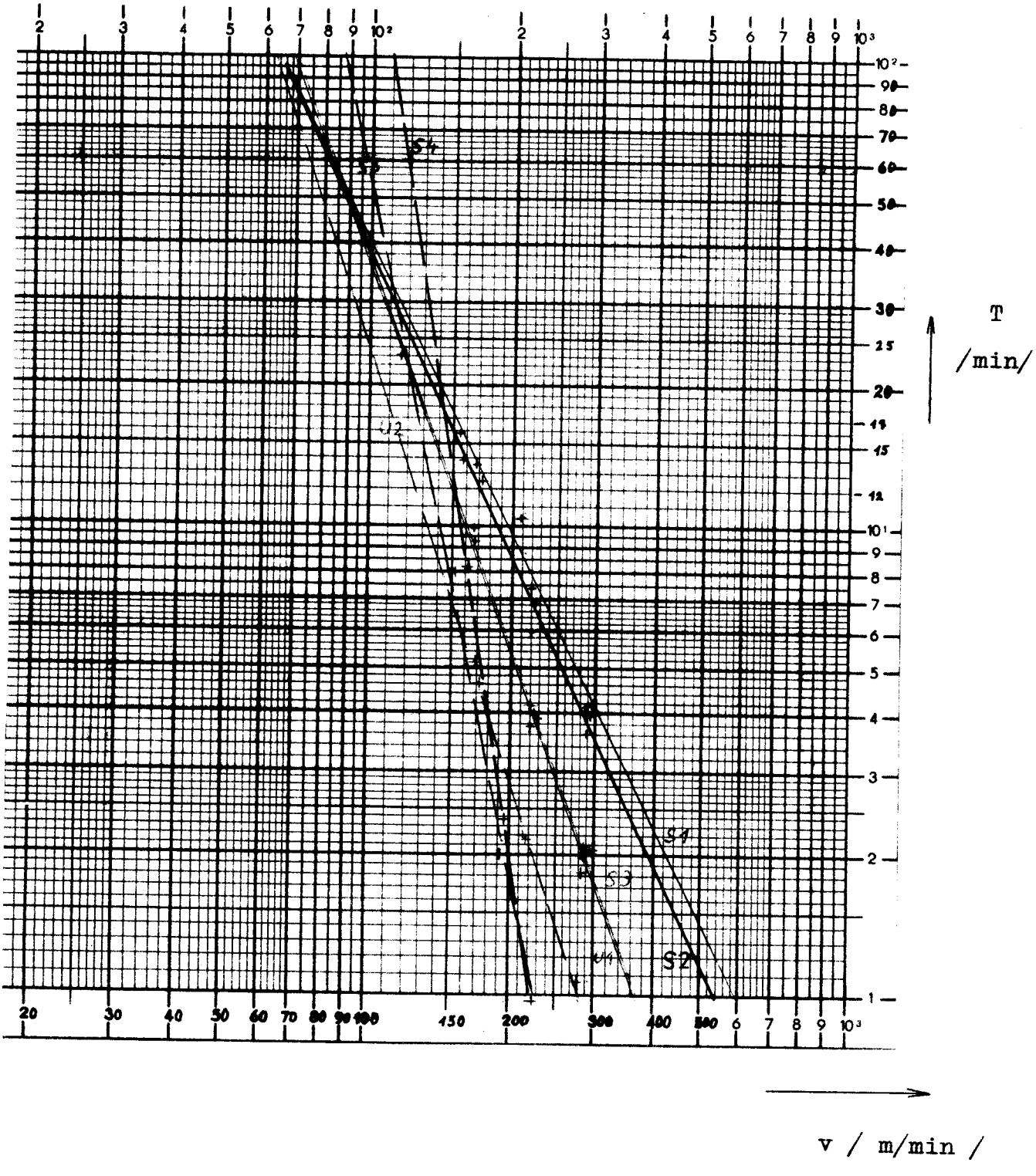
ocel 14 340.3

destičky M19 U4 10.2

s - 0,1 mm/ot

t - 1,5 mm

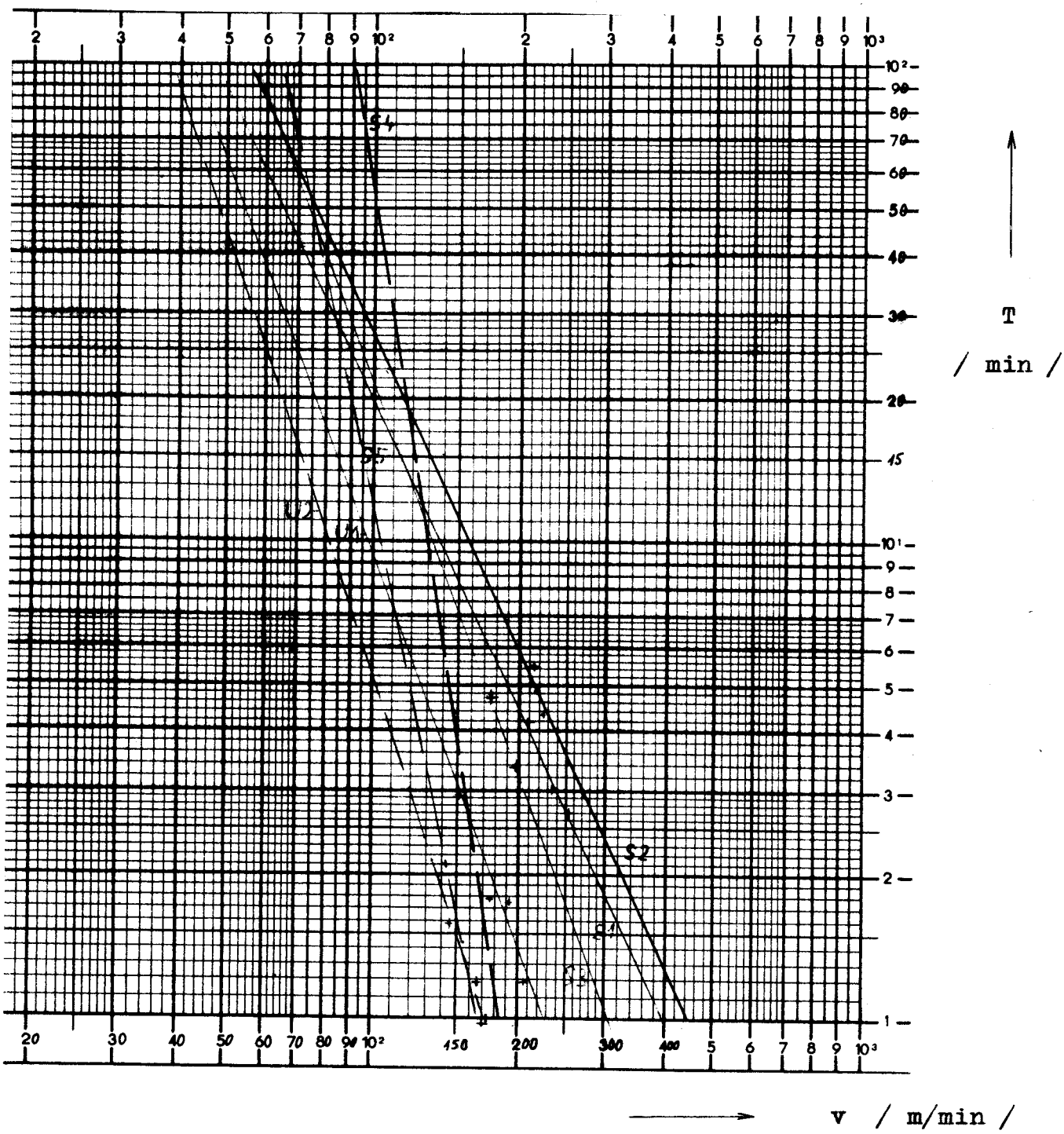
a_h - 0,15 mm



PŘÍLOHA 2 DP ST - 801/70

ocel 14 340.3 destičky M19 U4 10.2

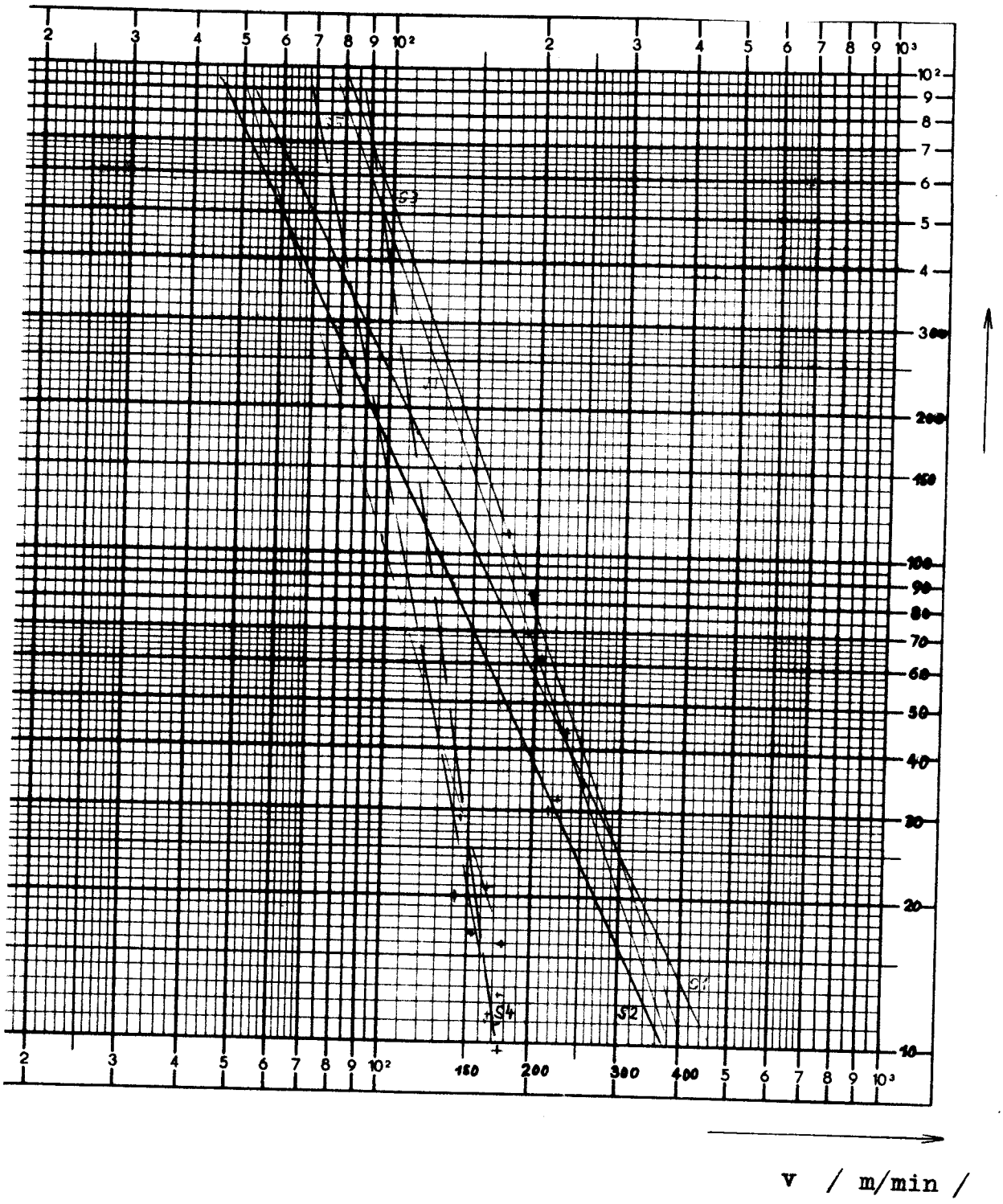
s = 0,1 mm/ot t = 1,5 mm a_h = 0,15 mm



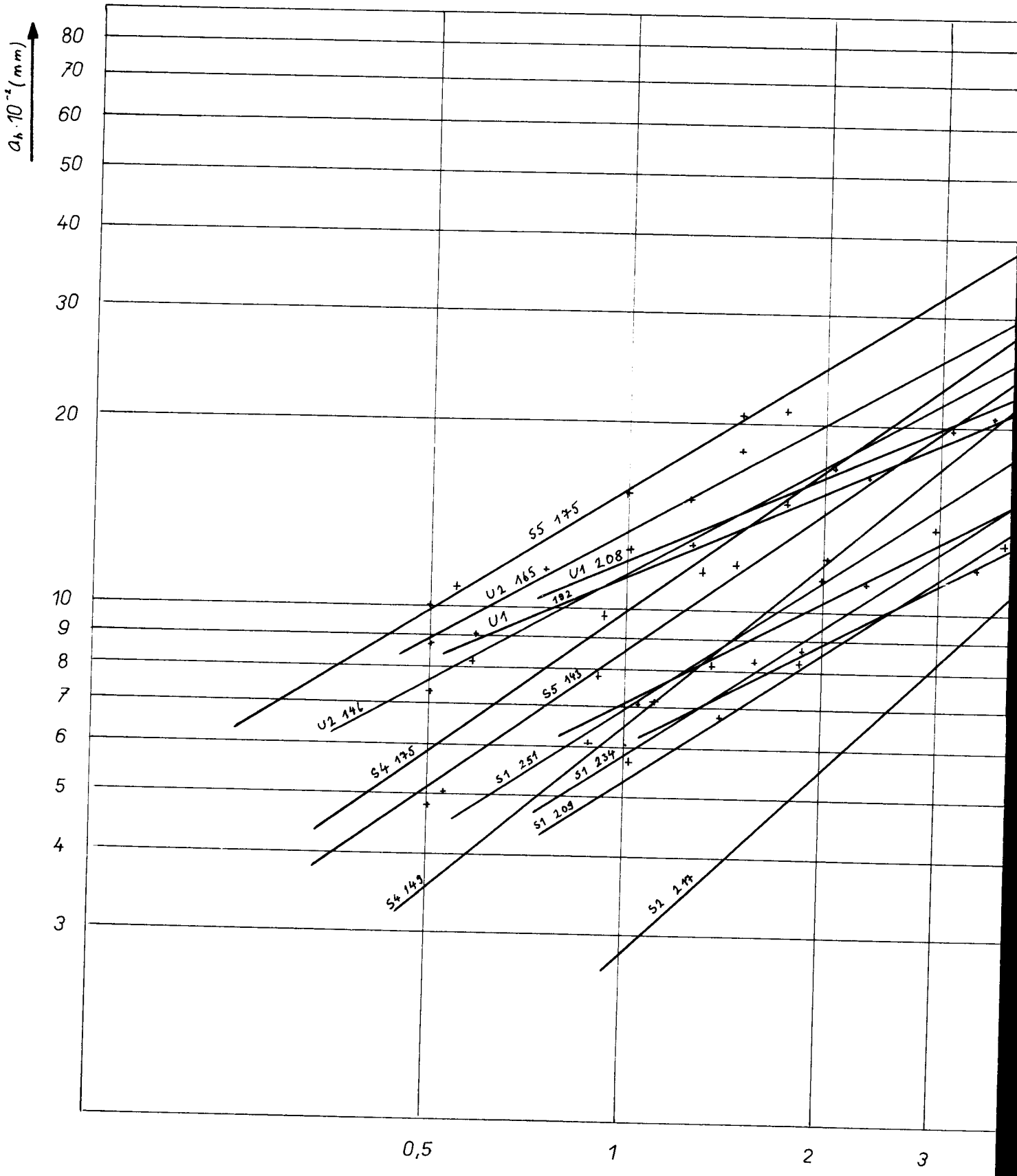
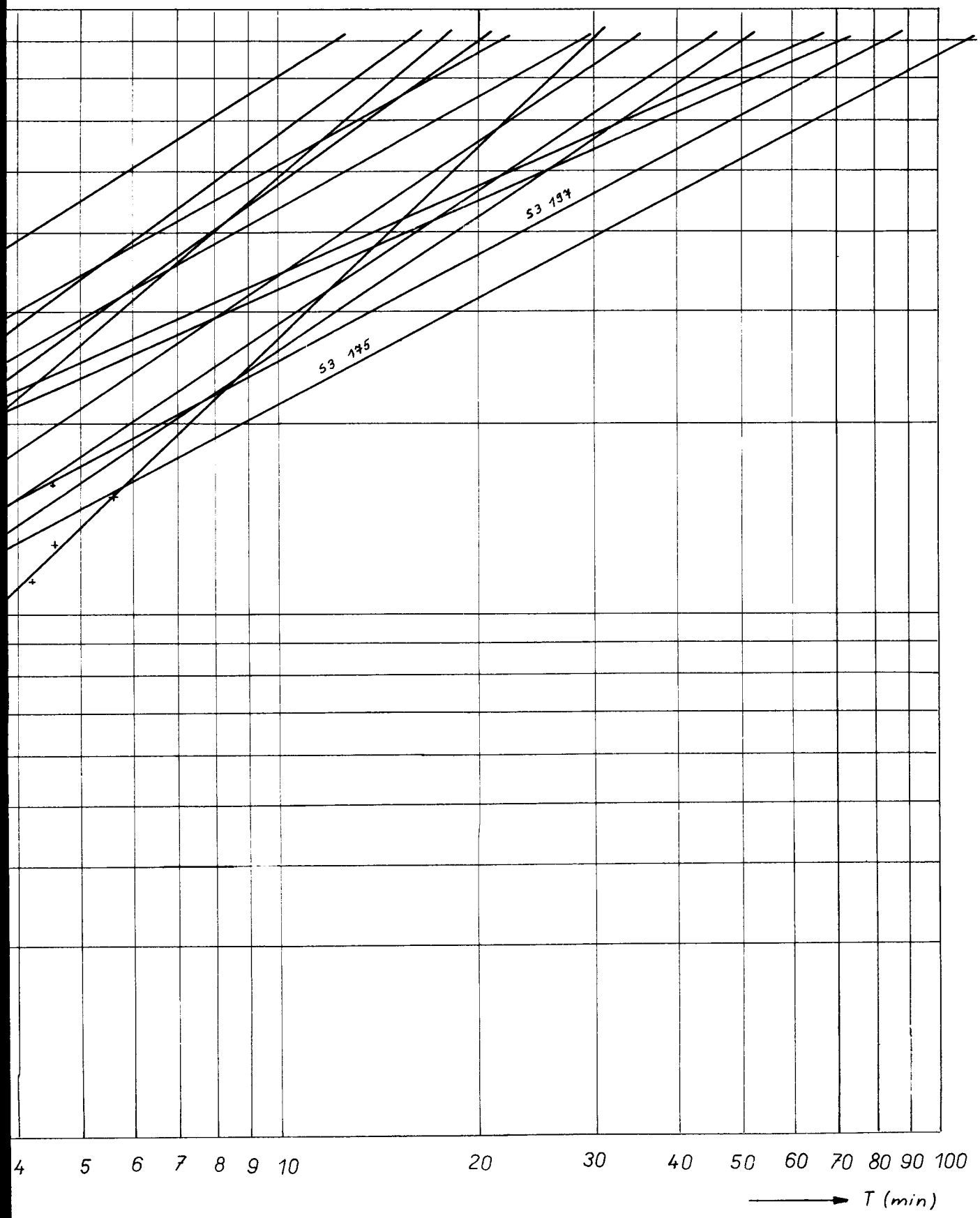
PŘÍLOHA 4 DP ST - 801/70

ocel 14 340.3 destičky M19 U4 10.2

s = 0,34 mm/ot t = 1,5 mm a_h = 0,8 mm



PŘÍL


$a_h \cdot 10^{-2}$ (mm)
80
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
0,5
1
2
3
S5 175
U2 165
U1 208
U1 182
U1
S5 143
U2 146
S4 175
S1 251
S1 234
S1 209
S4 143
S2 217

OHA 3