

Zvyšovanie produktivity sústružníckeho nástroja

Peter Monka¹, Katarína Monková¹

¹Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, Technická univerzita v Košiciach, Bayerova 1, 080 01 Prešov. Slovenská republika. E-mail: peter.monka@tuke.sk, katarina.monkova@tuke.sk

Príspevok prezentuje výsledky výskumu dosiahnuté pri racionalizácii operácií obrábania, ktorými sa dospelo k orientácii na sústružnícky nástroj pracujúci lineárnou hranou mimobežnou s osou obrábania.

Optimalizáciou uhla sklonu reznej hrany pri sústružení týmto nástrojom a následnými experimentálnymi overovaniami dosiahnuté výsledky poukazujú na to, že skúmaný typ nástroja zabezpečuje pri podstatnom zvýšení posuvovej rýchlosti rovnaké hodnoty charakteristík drsnosti povrchu ako klasický nástroj pre dokončovacie obrábanie. Pri použití skúmaného nástroja vo vhodných operáciách by to znamenalo niekoľkonásobné zníženie hlavných časov.

Kľúčová slova: Lineárna rezná hrana, dokončovacie obrábanie, charakteristiky drsnosti povrchu

1 Úvod

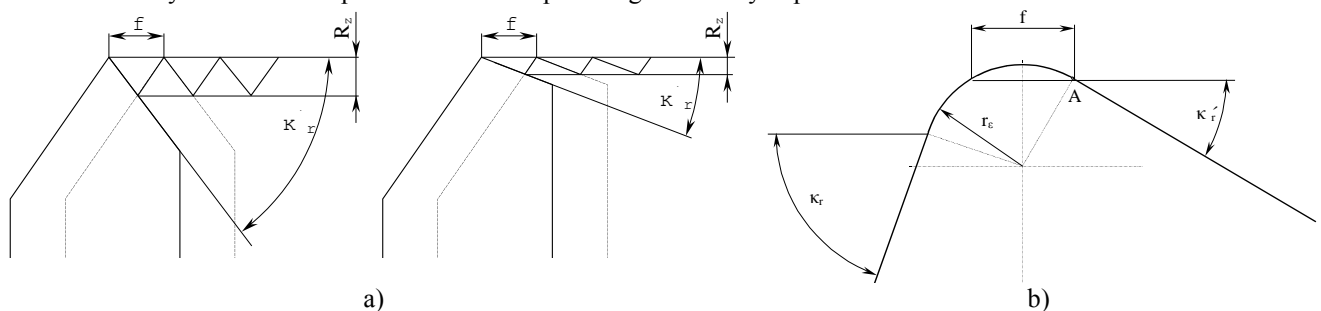
Obrobenú plochu, ktorá je nositeľkou hodnotených charakteristík drsnosti povrchu je možno na obrobku odvodiť z kinematických vzťahov v technologickej sústave. Z geometrického hľadiska je tvorená obalovou plochou výslednej trajektórie tvoriacej časti reznej hrany nástroja voči obrobku. V rámci riešenia uvedeného problému v teoretickej oblasti boli odvodené pre určenie hodnôt najväčšej výšky nerovnosti povrchu vzťahy (1), (3) a (6) [2].

Je samozrejmé, že takto získané výsledky veľmi málo korešpondujú so skutočne dosiahnutými hodnotami charakteristík drsnosti povrchu, pretože na reálne obrobený povrch okrem geometrických väzieb pohybu aktívnej časti reznej hrany nástroja voči obrobku vplyvajú aj typ použitej technológie, vlastnosti rezného a obrábaného materiálu, tuhosť technologickej sústavy, teplotné podmienky technológie a ďalšie.

2 Teoretické vzťahy pre určenie najväčšej výšky nerovnosti povrchu

V odbornej literatúre, venujúcej sa závislosti hodnôt charakteristík mikropovrchu od geometrických parametrov objektov zúčastňujúcich sa rezania pri sústružení, sú pomerne často uvádzané teoretické vzťahy pre nástroj pracujúci bez zaoblenia hrotu (obr. 1 a) a pre nástroj, ktorý pracuje iba polomerom zaoblenia hrotu r_ϵ (obr. 1 b). V príspevku uvádzame iba nami odvodené nové teoretické vzťahy.

Nástroj režúci iba zaoblenou časťou reznej hrany (obr. 1 b), musí spĺňať podmienku, že rezania sa nesmie zúčastniť žiadna časť priamkovej reznej hrany. Z uvedeného vyplýva, že pre uvedený nástroj sa rezania môže zúčastniť ako krajný bod A – inak by tento vzťah neplatil z dôvodu nesplnenia geometrických podmienok.



Obr. 1. Schémy pre určenie teoretických hodnôt charakteristík drsnosti povrchu pri sústružení: a) nôž bez polomeru zaoblenia hrotu r_ϵ , b) nôž režúci iba zaoblenou časťou reznej hrany.

Vzťah (1) je platný pre získanie teoretických hodnôt najväčšej výšky nerovnosti profilu pre nástroj bez zaoblenia hrotu rovnako ako aj pre nástroj so zaoblením hrotu nástroja, ktorý obrába aspoň časťou oboch priamkových rezných hrán.

$$R_z = \frac{f}{\cot g\kappa_r + \cot g\kappa_r'} \left(\frac{r_\epsilon \cdot \sin \psi}{\sin \frac{\epsilon_r}{2}} - r_\epsilon \right) \quad (1)$$

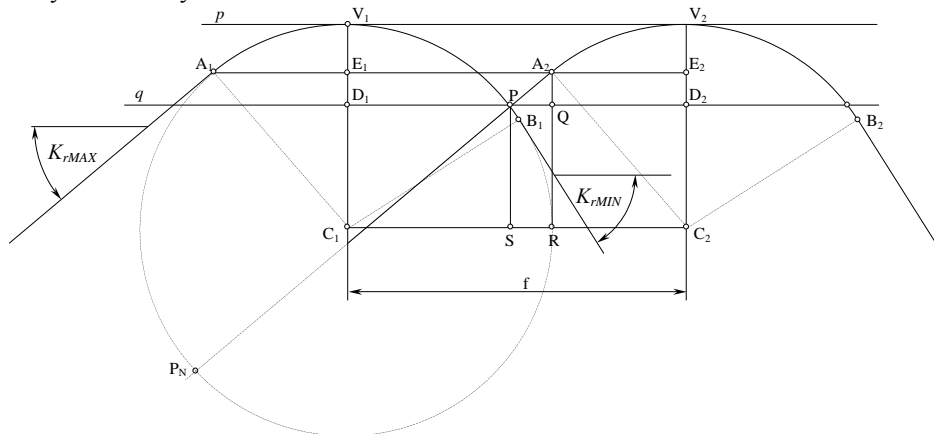
Tento vzťah nie je možné použiť pre nástroj, ktorý vytvára obrobený povrch tak, že rezania sa zúčastňuje iba hrotom so zaoblením r_ϵ . Interval posuvov pre ktoré je možné použiť tento vzťah je určený rovnicou (2).

$$f \geq r_{\varepsilon} \cdot \sin \kappa_{rMAX} + r_{\varepsilon} \cdot \cos \kappa_{rMAX} \cdot \operatorname{tg} \kappa_{rMIN} + \frac{r_e - \frac{r_{\varepsilon} \cdot \cos \kappa_{rMAX}}{\cos \kappa_{rMIN}}}{\sin \kappa_{rMIN}} \quad (2)$$

kde pre symboly platí:

κ_{rMAX} - väčší z oboch uhlov nastavenia
 κ_{rMIN} - menší z oboch uhlov nastavenia

Vzťah (3) je možné použiť pre získanie teoretických hodnôt najväčšej výšky nerovnosti profilu pre nástroj so zaoblením hrotu, pričom obrábania sa zúčastňuje hrot a iba jedna priamková časť hlavnej alebo vedľajšej reznej hrany. Tento prípad je schematicky znázornený na obr. 2.



Obr. 2 Sústružnícky nôž nástroj so zaoblením hrotu, pričom obrábania sa zúčastňuje hrot a iba jedna priamková časť reznej hrany

V tomto prípade nesmie byť hĺbka rezu väčšia ako vzdialenosť medzi priamkou danou bodmi V1 a V2 od priamky danej bodmi B1 a B2, čo je možné z predloženej schémy (Obr. 2) matematicky vyjadriť prostredníctvom rovnice (3):

$$(1 + \cot^2 \kappa_{rMIN}) R_z^2 + (-2(r_{\varepsilon} + r_{\varepsilon} \cdot \cot^2 \kappa_{rMIN} (\cos \kappa_{rMIN} - 1))) R_z + (f - r_{\varepsilon} \cdot \sin \kappa_{rMIN} - r_{\varepsilon} \cdot \cot \kappa_{rMIN} (\cos \kappa_{rMIN} - 1))^2 = 0 \quad (3)$$

V skutočnosti štruktúra tohto vzťahu predstavuje kvadratickú rovnicu, ktorú je možné zapísať v tvare:

$$A \cdot R_z^2 + B \cdot R_z + C = 0 \quad (4)$$

Riešením tejto rovnice sú dva kladné korene, ale hľadaným riešením je menší z nich [2].
Interval posuvov pre ktoré je možné použiť vzťah (4) je určený rovnicou (5).

$$2 \cdot r_{\varepsilon} \cdot \sin \kappa_{rMIN} < f < \frac{r_{\varepsilon} \cdot (\cos \kappa_{rMIN} - \cos \kappa_{rMAX})}{\operatorname{tg} \kappa_{rMIN}} + r_{\varepsilon} \cdot \sin \kappa_{rMIN} + r_{\varepsilon} \cdot \sin \kappa_{rL} \quad (5)$$

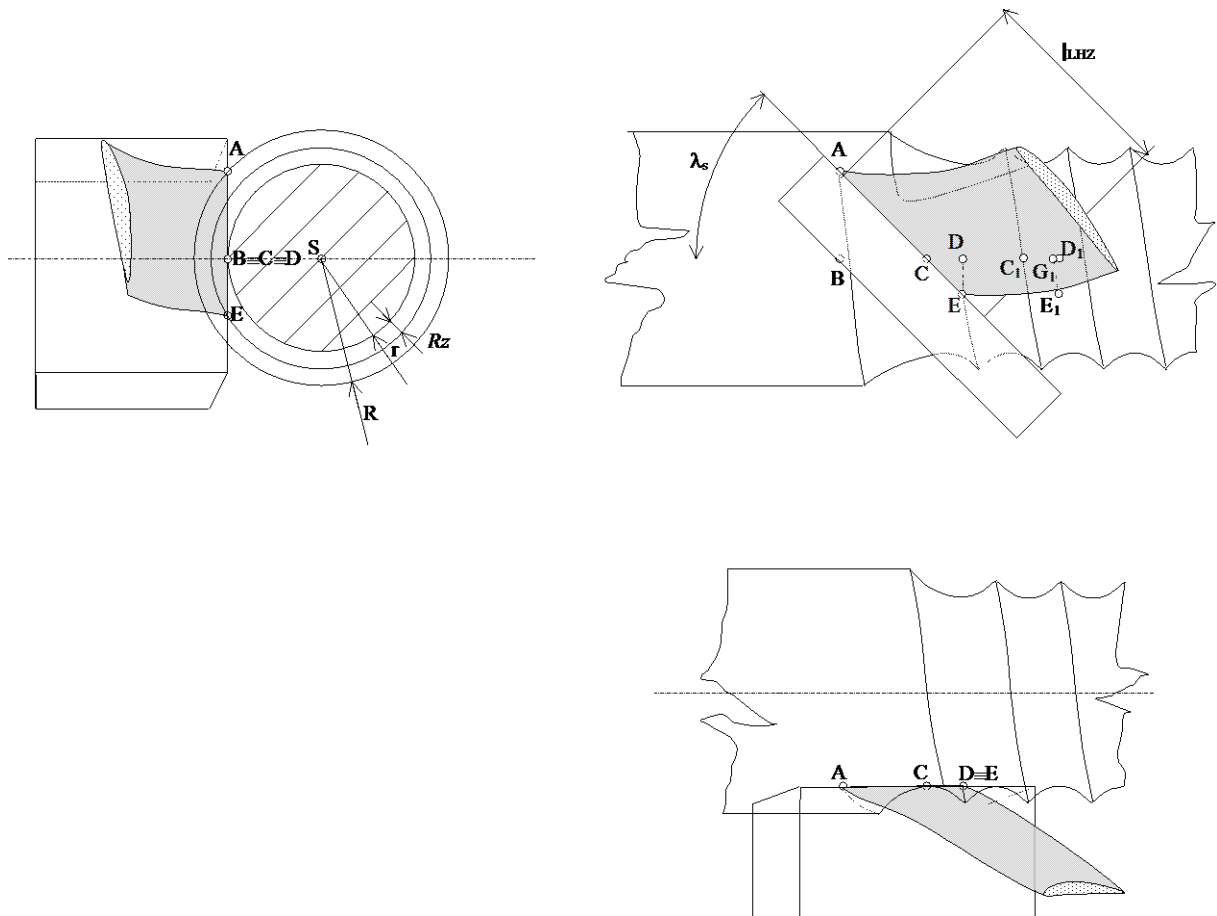
Výskumné aktivity autorského kolektívu zamerané na teoretické hodnoty charakteristík drsnosti povrchu – primárne zamerané na hodnotu najväčšej výšky nerovnosti profilu R_z .

Pracovisko autorov je dlhodobo známe jako výskumná základňa používania lineárnej reznej hrany v obrábaní. Autori v rámci tohoto výskumu dospeli ku vzťahu (6), ktorý je presnejším vyjadrením doteraz známych vzťahov teoretickej hodnoty najväčšej výšky nerovnosti povrchu pre nástroj ktorý vytvára obrobek schématicky uvedenom na obrázku 3. Autori považujú za dôležité zdôrazniť, že vzťahy (1) až (5) považujú za svoje originálne prínosy, pretože na základe podrobného prieskumu im nie je známe, aby boli tieto vzťahy publikované inými autormi.

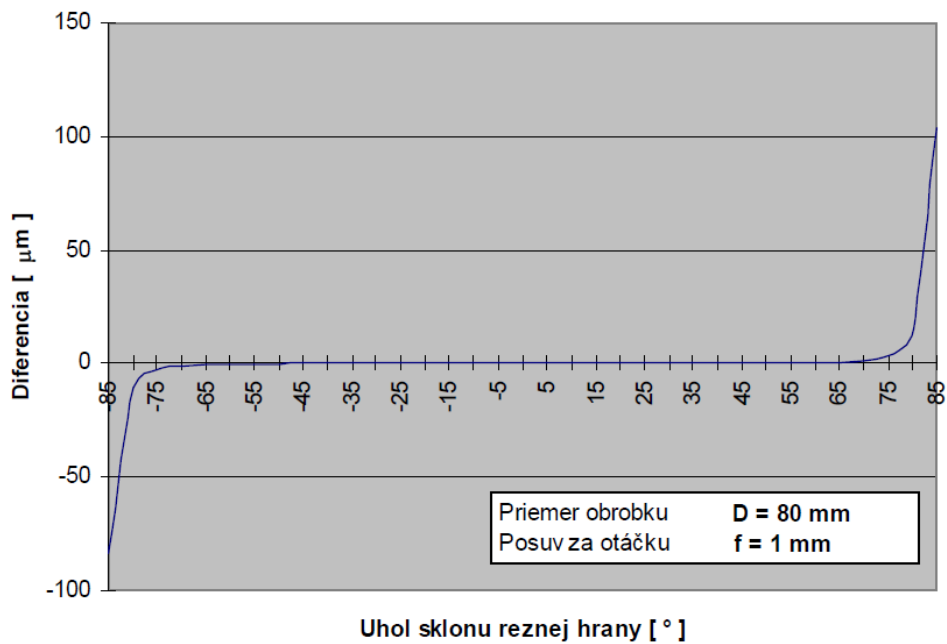
$$R_z = \sqrt{\frac{f^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \lambda_s}{4 \left[1 - \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \operatorname{tg} \left(\arctg \frac{f}{2 \cdot \pi \cdot r} \right) \right]^2}} + r^2 - r \quad (6)$$

Ako je poukázané v literatúre [2] pri hodnotách sklonu lineárnej reznej hrany zhruba do 50° (v kladnom aj zápornom

zmysle) je rozdiel medzi vzťahom (6) a doterajšími vzťahmi pre tento druh nástroja nepodstatný. Pri hodnotách sklonu reznej hrany nad spomenutý rozsah je tento rozdiel veľmi významný, čo reprezentuje obrázok 4.



Obr. 3 Sústružnícky nôž lineárnou reznou hranou mimobežnou s osou obrobku



Obr. 4 Grafická interpretácia rozdielu výpočtovej hodnoty získanej prostredníctvom klasickej rovnice a rovnice (6) odvodené autormi príspevku

3 Experimentálne overovanie

Z hľadiska snáh o zvyšovanie výrobnosti obrábania sú v zásade prakticky použiteľné možné smery:

- Zväčšovanie hĺbky úberu materiálu – tento spôsob ale v moderných výrobách, v ktorých sú polovýrobky vyrábané s rozmermi veľmi blízkymi definitívnym rozmerom po obrábaní, nie je možné použiť;
- Zväčšovanie rezných rýchlostí – tento spôsob je vhodné použiť len pre zvýšenie rezných rýchlostí v rámci optimálnych veľkostí, lebo pri práci s reznými rýchlosťami nad doporučené hodnoty spôsobuje nízku trvanlivosť nástroja a efektívnosť použitia nástrojov prudko klesá;
- Zväčšovanie hodnôt posuvov – tento spôsob sa javí ako najhodnejší, ale zvyčajne spôsobuje aj prudké zhoršenie charakteristík hodnotiacich drsnosť povrchu

Z toho dôvodu sa autori zaoberali vytvorením konštrukčných charakteristík reznej časti sústružníckeho noža, ktoré umožnia výrazné zväčšenie posuvu pri iba malom náraste, respektíve pri zachovaní požadovaných charakteristík drsnosti povrchu.

Pre experimentálne overovanie popísané v rámci tohto príspevku boli zvolené dva nástroje:

- nástroj s lineárnou reznou hranou mimobežnou s osou obrodku, navrhnutý a vyrobený na pôde FVT Technickej univerzity v Košiciach so sídlom v Prešove (schematicky uvedený na obr. 4);
- nástroj tvorený reznou platničkou CNMG 120408-WM 4025 (obchodné označenie výrobcu „Wiper“) a držiakom určený pre prácu so značne vysokými posuvmi, pri zachovaní veľmi vhodných hodnôt charakteristík drsnosti povrchu.

Geometrické parametre nástroja s lineárnou reznou hranou použité v rámci popísaného experimentu boli $\gamma_{o1} = 0^\circ$; $\gamma_{o2} = 40^\circ$; $\lambda_{s1} = 40^\circ$; $\lambda_{s2} = 0^\circ$; $\alpha_{o1} = 20^\circ$; $\alpha_{o2} = 10^\circ$; $b_e = 0,2$ mm; $r_e = 0,5$ mm.

Nástroj CNMG 120408-WM 4025 je nástrojom so stieracou geometriou, s obchodným názvom Wiper. Podľa výrobcu [4] vhodný na zdvojnásobenie výrobnosti sústruženia (voľbou dvojnásobnej hodnoty posuvu za otáčku) pri zachovaní hodnôt charakteristík drsnosti povrchu, alebo je ním možné dosiahnuť dvojnásobne lepšie hodnoty charakteristík drsnosti povrchu pri zachovaní rezných parametrov.

Oba experimentálne overované nástroje sú určené na prácu pri vyšších hodnotách posuvov. Pri tomto overovaní sa použila dvojica posuvov – 0,203 a 0,810 mm.

Väčší z týchto posuvov je už hraničný pre prácu nástroja s platničkou CNMG .

Pre nástroj s lineárnou reznou hranou je zasa v tomto prípade zvolená väčšia hodnota posuvu zvyčajne spodnou hranicou pre jeho nasadenie.

Na pôde Katedry výrobných technológií TU v Košiciach sa vykonávali experimenty nástrojom s lineárnou reznou hranou aj s hodnotami posuvov do 4,00 mm, ale nástroj CNMG už nemohol byť použitý pre takéto extrémne hodnoty. Rezné rýchlosti v rámci tohto experimentu boli použité v hodnotách 70, 84, 100, 120 a 145 m.min⁻¹.

Pre každú kombináciu rýchlostí a posuvov sa na základe nameraných hodnôt zostrojili grafické závislosti najväčšej výšky nerovnosti profilu obrobeného povrchu a nosného podielu profilu povrchu. Tieto grafické závislosti sú uvedené v tab. 1.

4 Záver

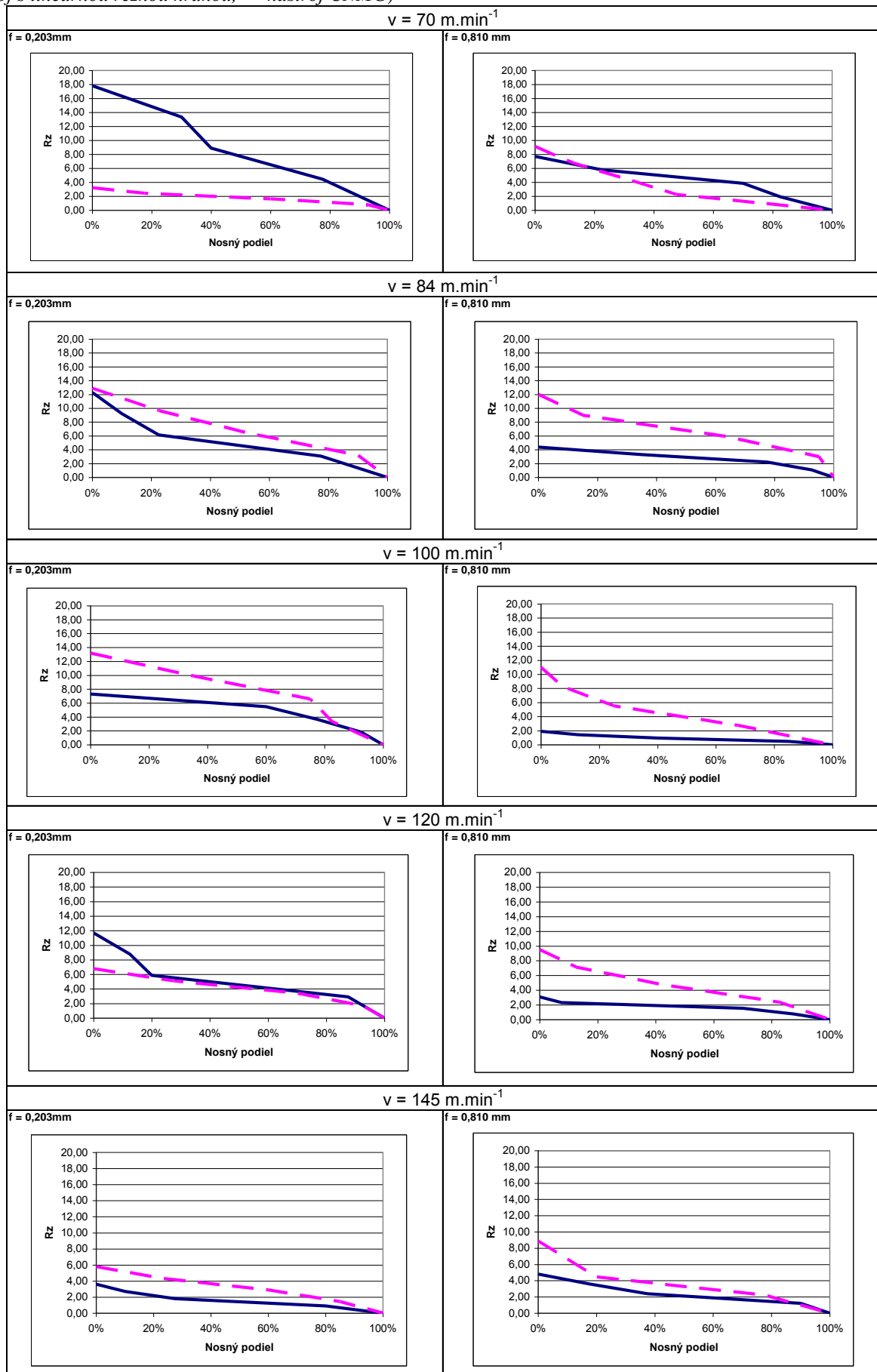
Autori považujú za potrebné podotknúť, že analýzy skúmajúce vzťah medzi geometrickými parametrami spoločne s posuvom na drsnosť povrchu slúžia len pre základnú orientáciu. Pre skúmanie procesov v reálnej tvorbe povrchov je úloha ďalších faktorov sprevádzajúcich proces rezania je veľmi významná. Hlavným prínosom geometrických analýz je ponúknutie možností úprav geometrických charakteristík nástroja a voľby rezných parametrov, pomocou ktorých je možné dospieť k výrazným úsporám času rezania, alebo k výraznejšiemu zlepšeniu charakteristík hodnotiacich stav povrchu obrobených súčiastok. Predpoklady, ktoré sa pri zisťovaní teoretických závislostí $R_z = f(f, \kappa, \epsilon, \lambda_s)$ použili v rozpore s reálnymi podmienkami sú hlavne [2]:

- materiál povrchovej vrstvy je nedeformovateľný;
- rezné hrany tvoria ideálne rovinné krivky, resp. Priamky;
- obrobok a rezný klin vykazujú absolútnu tuhosť.

Na základe grafických závislosti z experimentov je možné konštatovať, že napriek tomu, že nástroj s lineárnou reznou hranou je určený pre prácu s posuvmi podstatne vyššími ako v experimentoch použitá menšia hodnota (0,203 mm), bol aj pre takéto nevýhodné podmienky porovnateľný s priemyselne používaným nástrojom pre sústruženie povrchov s nízkymi hodnotami charakteristík drsnosti povrchu.

Je evidentné že pri posuve 0,203 mm nástroj s konštrukciou podľa autorov tohto príspevku nevykazuje vždy vhodnejšie hodnoty R_z ako porovnávaný nástroj CNMG. Je to spôsobené tým, že nástroj s lineárnou reznou hranou má pri menších použitých hodnotách posuvov sklon k výraznejšiemu indukovaniu chvenia, lebo geometrickými parametrami reznej hrany je určený pre veľké hodnoty posuvov. Pri hodnote posuvu 0,800 mm pracuje vo väčšine prípadov minimálne s dvojnásobne lepšími hodnotami R_z ako porovnávaný nástroj CNMG, ktorý je primárne určený pre výrobu povrchov s nízkymi hodnotami charakteristík hodnotiacich drsnosť povrchu. Nástroj s lineárnou reznou hranou je však vhodný aj pre prácu s posuvmi až niekoľko milimetrov za otáčku.

Tab. 1 Grafické závislosti největší výšky nerovnosti profilu obrobeneho povrchu a nosného podielu profilu povrchu (— nástroj s lineárnou reznou hranou, - - nástroj CNMG)



Pre nástroj s lineárnou reznou hranou boli následne vykonávané experimenty prostredníctvom ktorých sa dospelo k zlepšeniu vlastností obrobených povrchov z hľadiska charakteristík drsnosti povrchu pri snahe o zvyšovanie výrobnosti sústruženia vonkajších valcových povrchov.

Príprava nástroja s lineárnou reznou hranou pre použitie v praktických výrobných podmienkach, v súčinnosti s prípravou odolnejších konštrukcií výrobných strojov [1] a aplikáciou vhodných rezných materiálov [3] by bola vhodná pre zabezpečenie podstatne vyššej produktivity.

Overovanie tohto typu nástroja sa vykonalo aj vo výrobných podmienkach obrábania vonkajších valcových plôch ložiskových krúžkov, kde sa dosiahli niekoľkonásobne nižšie hodnoty hlavných časov, ale nevýhodou zostáva:

- Indukcia chvenia;
- Nevhodný tvar triesky;
- Nevhodnosť používaných výrobných strojov s nízkou tuhosťou (požadované posuvy 2 a viac mm).

Ďalší výskum sa teda zameriava na elimináciu týchto nevýhod, ktoré sa javia v porovnaní s výhodami nástroja s lineárnou reznou hranou ako odstrániteľné pri stanovení nových definícií čelnej plochy nástroja a parametrov obrábacích strojov.



Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj, pre projekt:

Kompetenčné centrum znalostných technológií pre inovácie produkčných systémov v priemysle a službách,

kód ITMS: 26220220155, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

5 Poděkování a Literatura

- [1] PETŘKOVSKÁ L., BRYCHTA J.: Vliv řezných parametrů na technický stav obráběcích strojů. In Sborník přednášek mezinárodní vědecké konference při příležitosti 55 let založení Fakulty strojní - sekce 7, strojírenská technologie - obrábění. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0895-1.
- [2] MONKA P.: Identifikácia geometrických charakteristík sústružníckeho nástroja z hľadiska drsnosti obrobeného povrchu. Dizertačná práca, Fakulta výrobných technológií TU Košice so sídlom v Prešove, 2001
- [3] VRBA V., GREGUŠOVÁ M.: Přehled a oblasti aplikace progresivních řezných materiálů. In Strojárska Technológia 2004, IV. Medzinárodná vedecká konferencia pre doktorandov, školiteľov a pracovníkov z praxe. Súľov, ŽU v Žilíně, 2004, ISBN 80–8070–300–0
- [4] Firma Sandvik: Novinky 2001/1, Sandvikens Tryckeri, 2001, Švédsko .

Abstract

Artilce: Turning tool productivity increasing

Authors: Peter Monka
Katarína Monková

Workplace: Technical University od Košice - Faculty of Manufacturing Technologies with seat in Prešov, Bayerova 1, 080 01 Prešov, Slovakia

Keywords: Linear cutting edge, finishing machining, surface roughness

The presented paper deals with the identification of turning tool geometry and cutting parameters from view of machined surface running roughness maximum height of the profile. They are published the results, which have been achieved by optimization of tool angle of cutting tool with linear cutting edge not parallel with the axis of the workpiece. The results of experiments show that the investigated cutting tool enables to obtain the same values of surface profile characteristics of steels workpieces as a classical cutting tool at finishing with the significant increase of the feed per revolution. It directly influences on the length of the technological operation time that is several times shortened.

