ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Strojnícka fakulta

DOI: https://doi.org/10.26552/tech.C.2025.2.1

Vplyv geometrie reznej hrany na tvorbu triesky a zložky reznej sily

Anna Mičietová, prof. Ing., PhD.*
Katedra obrábania a výrobnej techniky, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 1, 010 26 Žilina.
E-mail: anna.micietova@fstroj.uniza.sk, Tel.: + 421 41 513 2781

Mária Čilliková, doc. Ing. PhD.
Katedra obrábania a výrobnej techniky, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 1, 010 26 Žilina.
E-mail: maria.cillikova@fstroj.uniza.sk, Tel.: + 421 41 513 2784

Influence of cutting insert geometry on chip formation and cutting forces

Abstract: This paper deals with influence of cutting edge geometry on chip formation and components of cutting force components. The insert with the flat surface is compared with the insert containing positive geometry in order to produce acceptable chip form. It was found that cutting forces components are lower for the insert having positive geometry together with the lower energy consumed for chip formation. Furthermore, the acceptable chips in the form of short sequence is developed as contrasted against the insert of flat surface producing long chips. The measured cutting force components are decomposed in order to distinguishes between the components associated with chip formation and energy consumed in the produce new surface. Chip ratio for the flat insert is more and the shearing angle is therefore less.

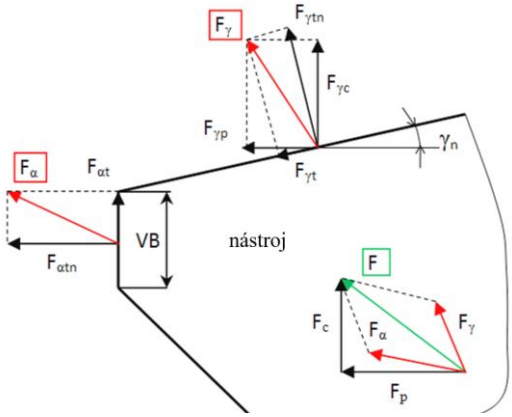
Keywords: turning, chip form, cutting forces.

ÚVOD

V súvislosti so zvyšovaním rezných rýchlostí na obrábacích strojoch nadobúda osobitný význam problematika odvodu triesky z miesta jej vzniku a veľkosť priestoru, ktorý zaberá. Triesky po oddelení od základnej hmoty obrábaného kovu často zaberajú veľký priestor a treba ich upravovať. Vhodnosť triesky sa posudzuje z hľadiska ľahkého transportu z miesta rezania. Dlhé triesky môžu poškodiť nástroje a mechanizmy stroja, pretože sa namotávajú na obrobok, zaberajú veľký priestor a pri ručnej obsluhe stroja môžu ľahko spôsobiť úraz. Naopak, veľmi krátke triesky sa dostávajú do medzier na stroji medzi suport a lôžko a môžu poškodiť vedenie stroja. Najvhodnejšia je krátka špirálová alebo skrutkovitá trieska. Vonkajší tvar triesky súvisí s napäťovým stavom v zóne rezania. Problematika riadenia tvaru a odchodu triesky má zvlášť význam v bezobslužných prevádzkach.

Vhodný tvar triesky je možné zabezpečiť použitím tvarovačov a lámačov triesok. Tieto môžu byť vybrúsené, vyiskrené, alebo mechanicky príložné. V súčasnosti sa prevažná časť rezných platničiek vyrába s predlisovanými tvarovačmi triesok. Tieto tvarovače zabezpečujú vhodný tvar triesky v istom rozsahu rezných podmienok (obvykle v rozsahu posuvov a hĺbok rezu). Pre užívateľom požadované informácie poskytuje výrobca vo forme diagramov tvarovania triesky [1].

Geometria rezných platničiek však nemá vplyv len na tvar triesky, ale úzko súvisí aj so zložkami reznej sily, stavom povrchu a inými parametrami obrábania. Rezná sila sa v zásade rozkladá na zložku, ktorá sa spotrebuje pri tvorení triesky $F\gamma$ a zložku, ktorá sa spotrebuje na vytvorenie nových povrchov F_α ,ako to ukazuje obr. 1. Tieto sa ďalej rozkladajú na normálové a tangenciálne zložky [2, 3].



Obr. 1. Rozklad reznej sily v zóne rezania

Tento článok sa zaoberá práve vyššie uvedenou problematikou a jeho cieľom je poukázať na vplyv geometrie nástroja na tvorenie triesky, ich tvar, ako aj na silové pôsobenie v zóne rezania pri sústružení.

1 PODMIENKY EXPERIMENTOV

Experimenty boli realizované na oceli 14 220 na tyči s priemerom 75 mm s použitím 2 rezných platničiek, ako ich ukazuje obr. 2.

a) *P* 15 (*TNMA* 220432-*KR* 3225)

b) *IC* 20 (*TNMA* 220408)

Obr. 2. Rezné platničky použité pri sústružení

Platnička *P*15 mala *TiN* povlak a vytvorený utvárač triesky *SF*, platnička *IC* 20 bola bez povlaku a bez utvárača. Pracovný uhol čela γ_n pre *P*15 bol 3° a pre *IC*20 - 4°. Pre vybrané rezné podmienky boli zachytené triesky a ich hrúbka h_c bola meraná v 5 miestach prostredníctvom posuvného meradla. Hrúbka nedeformovaného kovu h odpovedá veľkosti posuvu a potom stlačenie triesky K je možné vypočítať ako:

$$K = \frac{h_c}{h}. \tag{1}$$

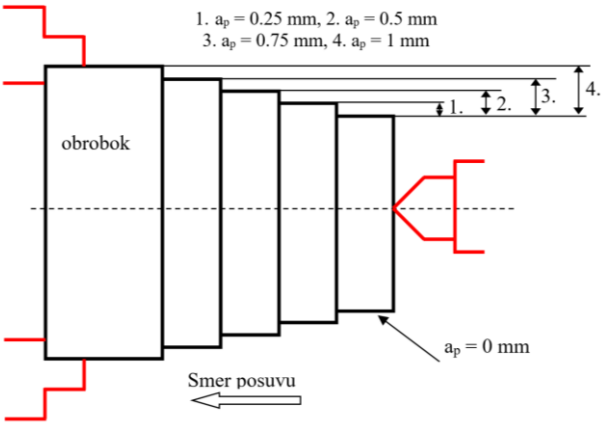
Uhol primárnej plastickej deformácie Φ je potom:

$$\mathrm{tg}\varphi = \frac{\cos\gamma_n}{K - \sin\gamma_n}, \tag{2}$$

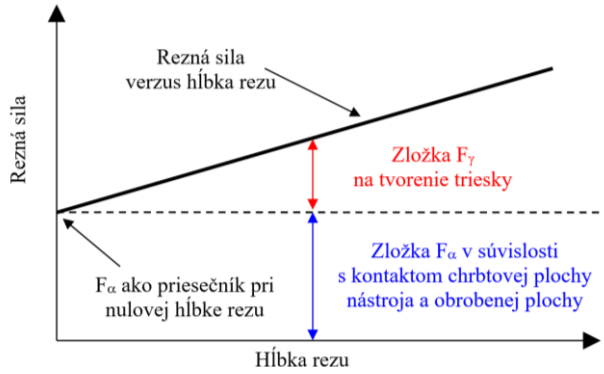
rýchlosť triesky je:

$$v_{ch} = v_c \cdot \frac{\sin\varphi}{\cos(\varphi - \gamma_n)}. \tag{3}$$

Sústruženie sa realizovalo na sústruhu *SUI* 40 za nasledovných rezných podmienok: $a_p = 1$ mm, $f = 0{,}09$ až $0{,}225$ mm a $v_c = 50$ až $150\ \mathrm{m{\cdot}min^{-1}}$. Zložky reznej sily F_c a F_p sa merali prostredníctvom dynamometra *Kistler*, pričom na separovanie zložiek $F\gamma$ a F_α bola použitá metodika stupňovitého hriadeľa, ako ju ukazuje obr. 3. [4].



Obr. 3. Stupňovitý obrobok pre meranie zložiek reznej sily



Obr. 4. Určenie veľkosti zložiek pripadajúcich na vytvorenie nového povrchu a zložiek pripadajúcich na tvorbu triesky

Z nameraných hodnôt F_c a F_p je možné prostredníctvom obr. 4 4 určiť veľkosť $F_{\alpha tn}$, ako aj F_α, pričom veľkosť zostávajúcich zložiek sa vypočíta podľa rovníc 4 a 5:

$$F_{\square p} = F_p - F_{\square tn}, \tag{4}$$

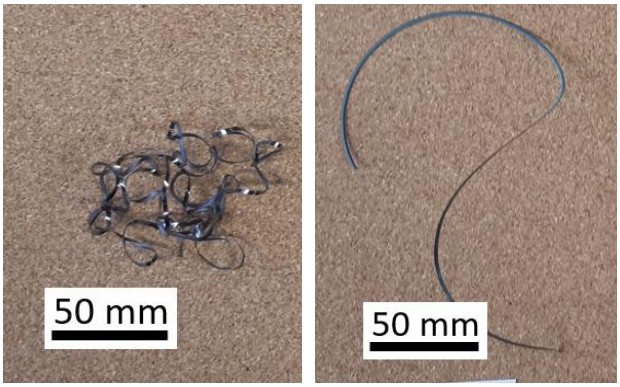
$$F_{\square c} = F_c - F_{\square t}. \tag{5}$$

2 VÝSLEDKY EXPERIMENTOV

Obrázok 5 ukazuje, že použitie tvarovača triesok *SF* na reznej platničke *P*15 zabezpečí vhodný tvar triesok, kedy je trieska rozdelená na segmenty, čo je vhodnejšie pre ich automatizované spracovanie v ďalšom postupe. Naopak, v prípade platničky *IC*20 vzniká dlhá trieska, ktorá má tendenciu sa namotávať na obrobok ako aj na nástroj.

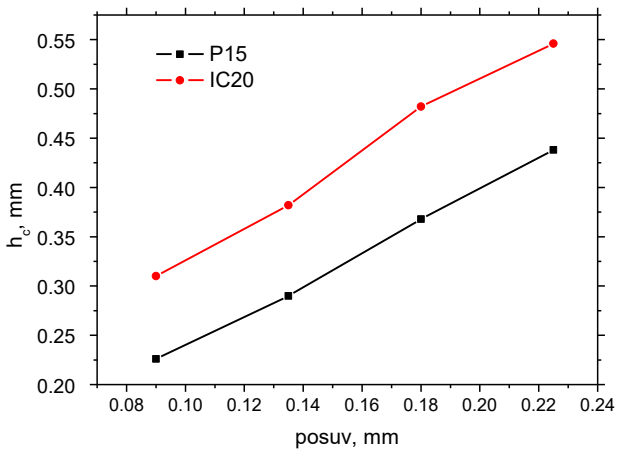
Hrúbka triesok h_c pri použití nástroja bez utvárača (*IC*20) je výrazne vyššia (obr. 6), čo korešponduje aj s vyššou hodnotou K (obr. 7) a menším Φ (obr. 8). Výsledkom je potom aj vyššie v_{ch} (obr. 9). Podobne sú vyššie hodnoty F_c a F_p pre *IC*20 (obr. 10 a obr. 11).

Veľkosť zložiek F_α a F_γ je následne pre *P*15 taktiež menšia, ako v prípade *IC*20 (tab. 1, obr. 12 a obr. 13).

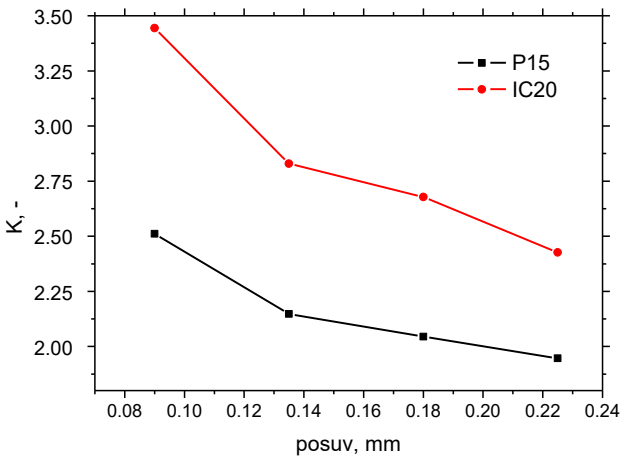


a) P15 b) IC20

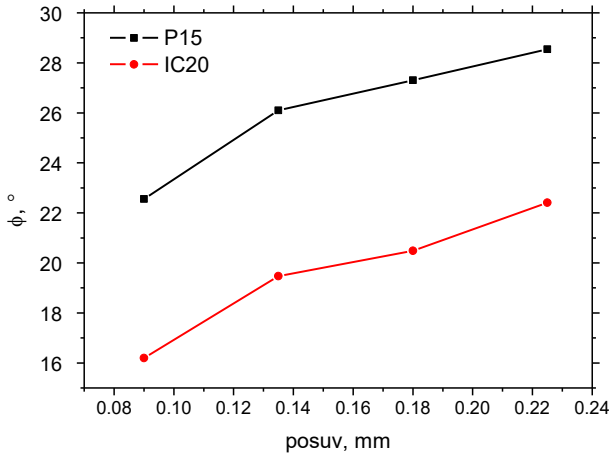
Obr. 5. Triesky pre *P*15 a *IC* 20, *f* = 0.,35 mm, a_p = 1 mm a v_c = 150 m·min^{-1}



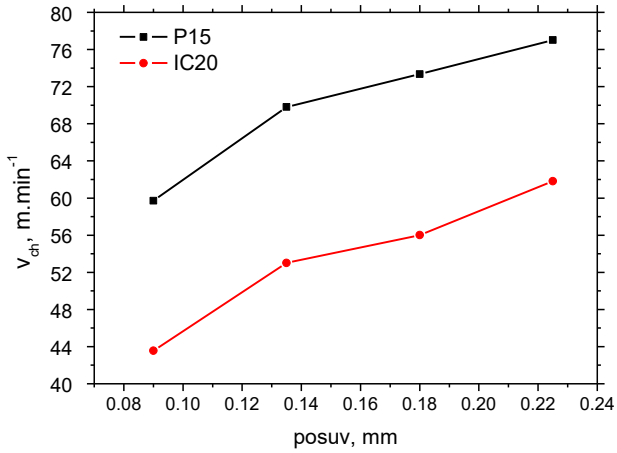
Obr. 6. Hrúbka triesky h_c ako funkcia posuvu, a_p = 1 mm, v_c = 100 m·min^{-1}



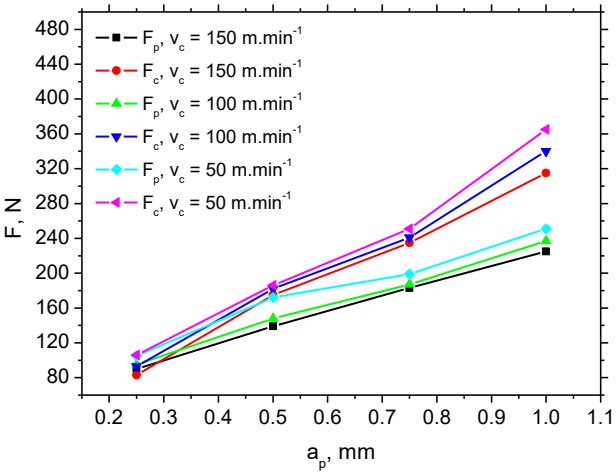
Obr. 7. Stlačenie triesky *K* ako funkcia posuvu, a_p = 1 mm, v_c = 100 m·min^{-1}



Obr. 8. Uhol primárnej plastickej deformácie *Φ* ako funkcia posuvu, a_p = 1 mm, v_c = 100 m·min^{-1}

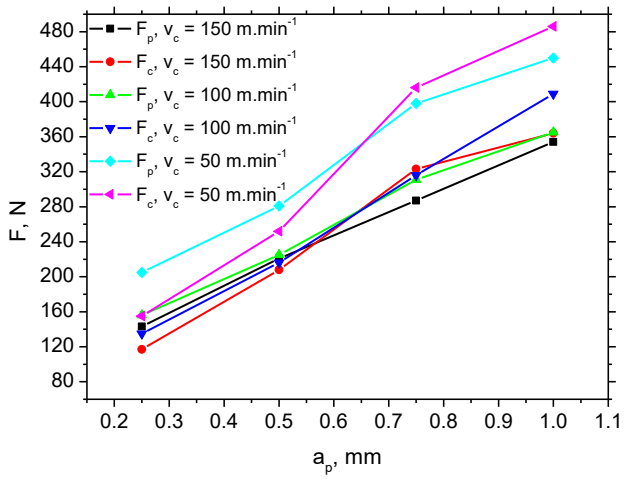


Obr. 9. Rýchlosť odchádzajúcej triesky v_{ch} ako funkcia posuvu, a_p = 1 mm, v_c = 100 m·min^{-1}

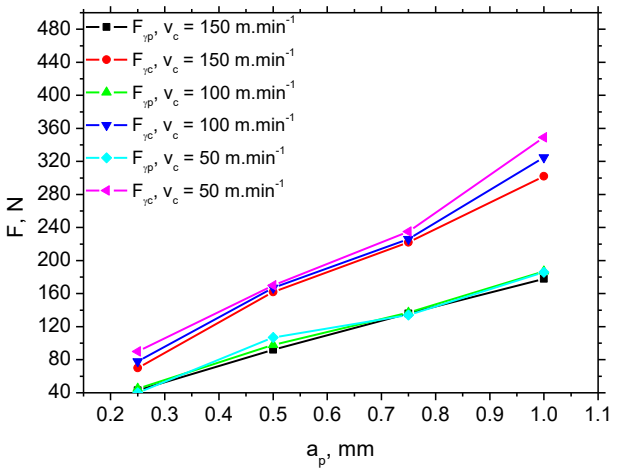


Obr. 10. F_c a F_p ako funkcia a_p pre *P*15

Výsledky ukazujú, že využitím vhodného utvárača triesok sa znižuje množstvo energie spotrebovanej pri plastickej deformácii triesky, čo je vyjadrené vo vyšších hodnotách *K,* hoci energia spotrebovaná na jej tvarovanie je energia väčšia, ako to ukazuje obr. 5.



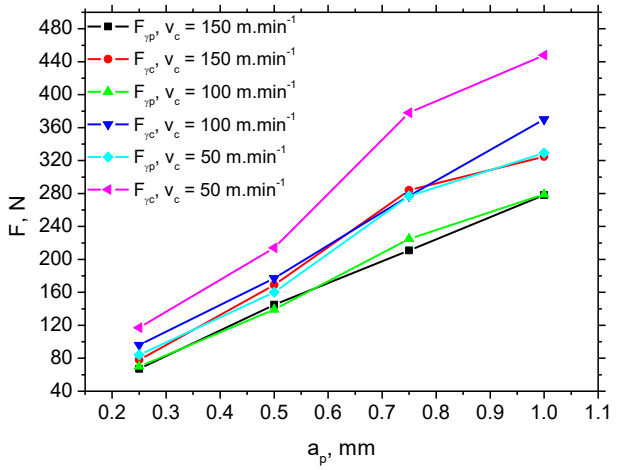
Obr. 11. ***F_c* a *F_p* ako funkcia *a_p* pre *IC*20**



Obr. 12. ***$F_{\gamma c}$* a *$F_{\gamma p}$* ako funkcia *a_p* pre *P*15**

Tab. 1. ***$F_{\square tn}$* a *$F_{\square t}$* [N] pre *P*15 a *IC*20**

	50 m·min^{-1}	100 m·min^{-1}	150 m.min^{-1}
P*15 - *$F_{\square tn}$	65	50	47
IC*20 - *$F_{\square t}$	121	86	76
P*15 - *$F_{\square tn}$	16	15	13
IC*20 - *$F_{\square t}$	39	39	38



Obr. 13. ***$F_{\gamma c}$* a *$F_{\gamma p}$* ako funkcia *a_p* pre *IC*20**

Zložky reznej sily vzhľadom na novovytvorený povrch $F_{\alpha tn}$ a $F_{\alpha t}$ zostávajú s veľkosťou hĺbky rezu konštantné. Rastúca veľkosť F_c a F_p s hĺbkou rezu a_p preto ovplyvňuje predovšetkým to, koľko energie sa spotrebuje na tvorenie triesky a s tým spojené hodnoty $F_{\gamma c}$ a $F_{\gamma p}$. Zníženie spotreby energie pri tvorení triesky s vhodným utváračom potvrdzuje, že veľkosť zložiek reznej sily na čele $F_{\gamma p}$ a $F_{\gamma c}$ je väčšia pri aplikácii platničky *IC*20. Rovnako je veľkosť $F_{\alpha tn}$ a $F_{\alpha t}$ vyššia v prípade *IC*20, ako ukazuje tab. 1, a preto aj potenciálne zmeny napäťového a štruktúrneho stavu povrchov budú intenzívnejšie.

ZÁVER

Geometria reznej hrany ovplyvňuje rezný proces veľmi komplexne. Okrem utvárania triesky má vplyv aj na integritu povrchu, stabilitu procesu rezania, tvorbu tepla, tepelné zaťaženie nástroja i vytvoreného povrchu. Z tohto hľadiska je potrebné proces posudzovať komplexne. Polomer zaoblenia reznej hrany, povlak na reznej hrane, typ utvárača a s ním súvisiaci diagram utvárania triesok limitujú oblasť využiteľných rezných podmienok. Tieto charakteristiky sa taktiež menia v súvislosti s opotrebovaním reznej hrany, čo by malo byť predmetom ďalšieho výskumu.

Poďakovanie

Táto štúdia vznikla s finančnou podporou KEGA projektu č. 005 ŽU-4/2025 a VEGA projektu č. 1/0008/25.

LITERATÚRA

[1] ČILLIKOVÁ, M. - MIČIETOVÁ, A. - NESLUŠAN, M. (2014): *Trieskové obrábanie,* EDIS – vydavateľstvo ŽU v Žiline, ISBN 978-80-554-0497-4.

[2] NESLUŠAN, M. et al. (2020): *Decomposition of cutting forces with respect to chip segmentation and white layer thickness when hard turning 100Cr6*. In: Journal of Manufacturing Processes, Vol. 50, pp. 475-484.

[3] ČILLÍKOVÁ, M. et al. (2022): *Analysis of Surface State after Turning of High Tempered Bearing Steel*. In: Materials, Vol. 15, No. 5, 1718.