

Vývojové trendy v technológii obrábania

- zvyšovanie rýchlostí hlavného a posuvového pohybu (High Speed Cutting – HSC, High Feed Cutting – HFC, High Performance Cutting – HPC, HSM – High Speed Machining)
- Environmentálne prijateľné spôsoby obrábania (suché obrábanie (Dry Machining – DM))
- obrábanie materiálov v kalenom stave nástrojmi s definovanou geometriou rezného klina nástroja (Hard Machining – HM)
- obrábanie na mikro a nano úrovni

Vysokorýchlostné obrábanie

Historický vývoj:

- 1931 – Carl Salomon (German Patent No. 523594)
 - (ocel': 440 m/min, bronz: 1 600 m/min, Cu: 2 840 m/min, Al: do 16 500 m/min)
 - výskum pomocou pílových kotúčov s veľkým priemerom
- 50. roky 20. stor. – obdobie výkumu HSM pomocou balistických testov
- 1977 – USA: prvá vysokorýchlostná frézovačka (1980 m/min)
- 1979 – USA: Air Force + General Electric (implementácia HSM do praxe), výskum na oceliach, liatinách a Al zliatinách
- Výskum v Japonsku a v Európe: Institute of Production Engineering and Machine Tools (PTW) at the Darmstadt University of Technology

SR + ČR

- 1950 – Hirsschfeld, E. *Teória obrábania kovov*. Bratislava : Vydavateľstvo SAV
- 1952 – Skřivánek, K. et al. *Vybrané stati z rychlostního obrábění*. Praha

Vysokorýchlostné obrábanie

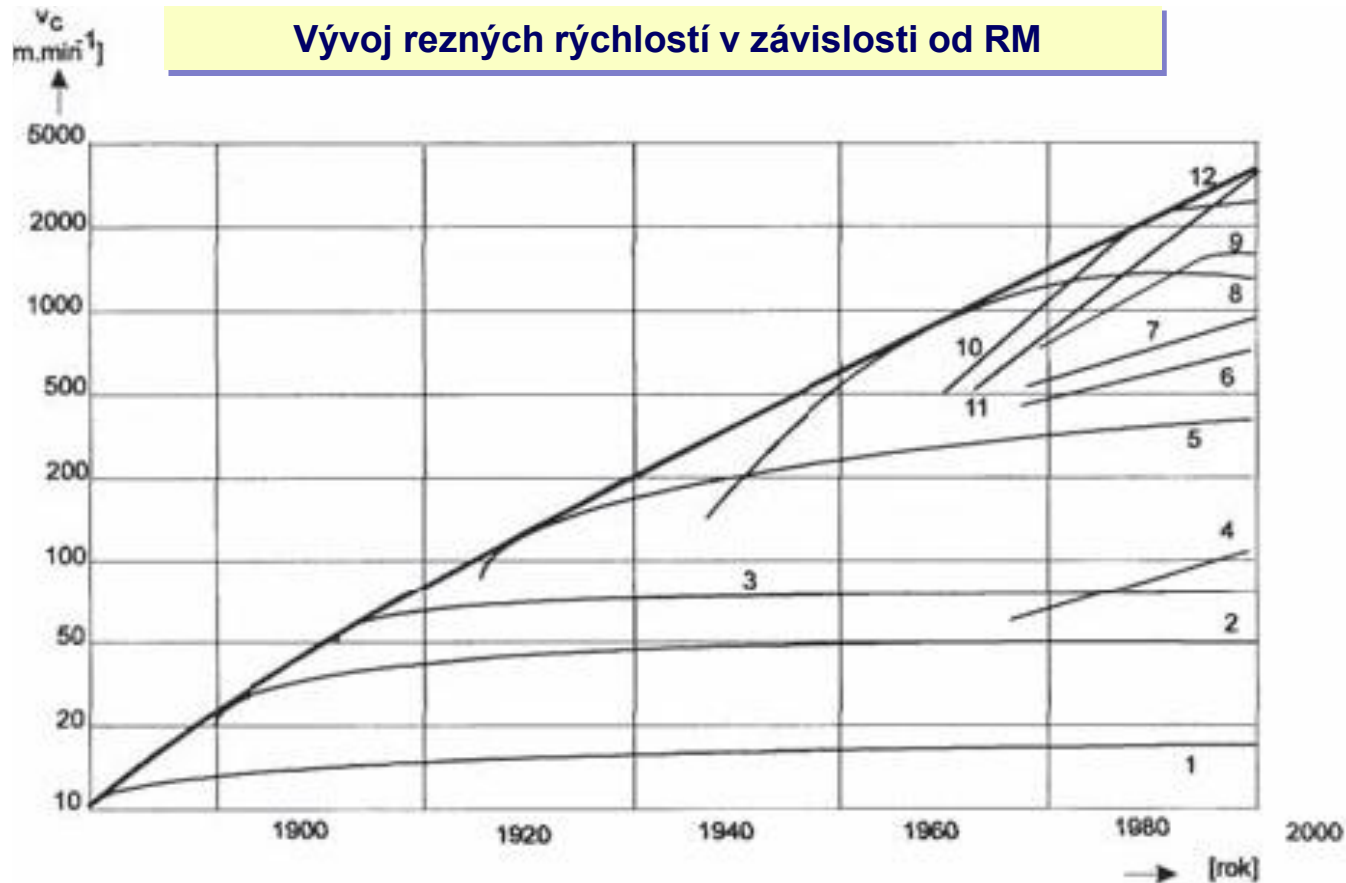
Vysokorýchlostné obrábanie je technológia, pri ktorej rezný proces je realizovaný vysokými reznými rýchlosťami (rýchlosť hlavného i posuvového pohybu). Rýchlosti, kedy hovoríme už o vysokorýchlostnom obrábaní, sú rôzne v závislosti od metódy obrábania a obrábaného materiálu.

Podľa Institute of Production Engineering and Machine Tools (PTW) at the Darmstadt University of Technology, HSM je obrábanie rýchlosťami **5 až 10 krát vyššími**, ako je klasické obrábanie.

Ciele:

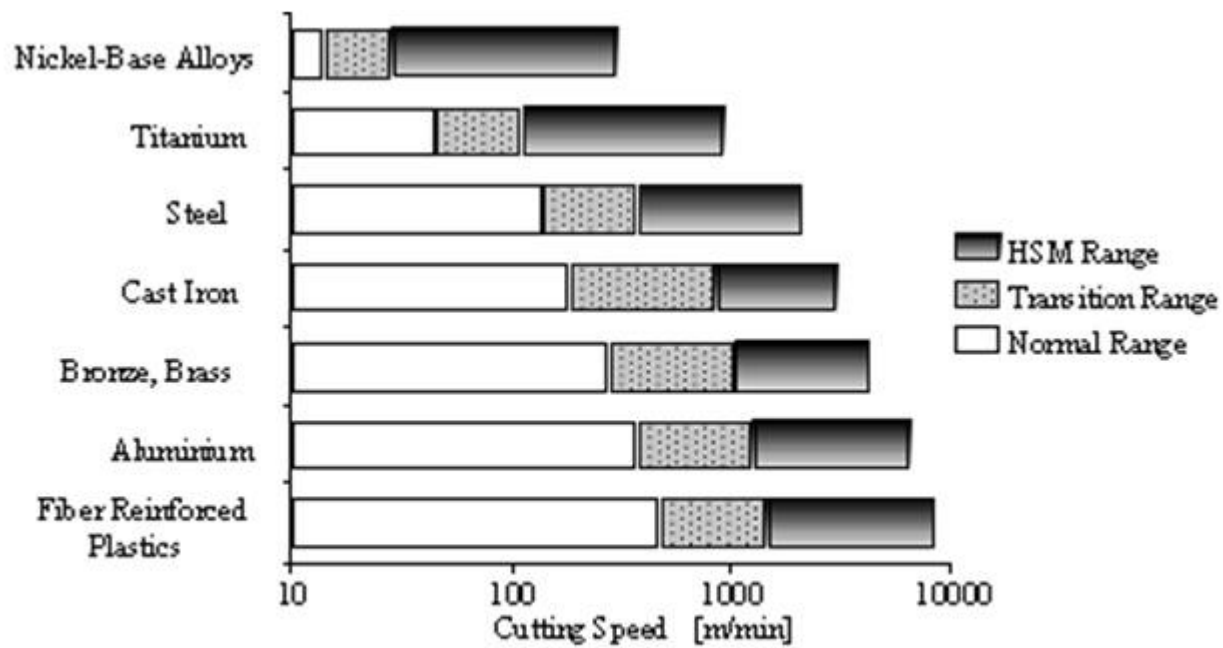
- zvýšiť rezný výkon,
- zvýšiť kvalitu obrobenej plochy,
- zvýšiť trvanlivosť rezného nástroja.

Vývoj rezných rychlostí v závislosti od RM



- 1 - nástrojová ocel, 2 - rychlořezná ocel, 3 - stellity, 4 - povlakovaná rychlořezná ocel,
 5 - nepovlakované karbidy, 6 – povlakované karbidy, 7 - cermety,
 8 - oxidická keramika, 9 - nitridová keramika, 10 - polykryštalický diamant,
 11 - kubický nitrid bóru, 12 - vývoj rezných rychlostí materiálů (obalová křivka).

Oblasti rychlostí pre HSC



Stroje pre HSM technológie

Stroje strednej veľkosti, ktoré považujeme za vysokorýchlostné majú nasledovné základné technické parametre:

- frekvencia otáčania vretien: pre sústružnícke stroje: 5 000 až 15 000 min⁻¹,
- frekvencia otáčania vretien pre frézovacie stroje: 10 000 až 50 000 min⁻¹,
- posuvové rýchlosti: 7 až 30 m.min⁻¹,
- výkon na vretene: 15 až 60 kW.

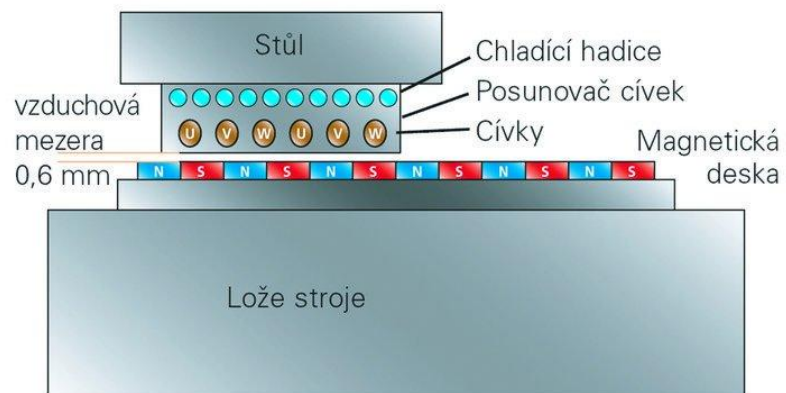
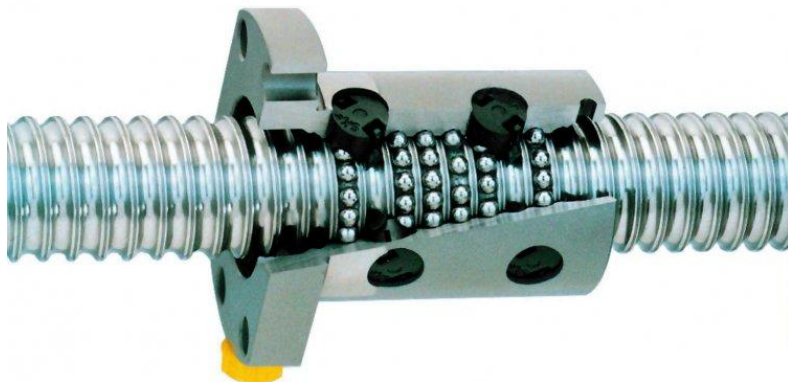
Niektoré stroje tohto charakteru tieto hodnoty prevyšujú.

Aplikácie technológie HSM

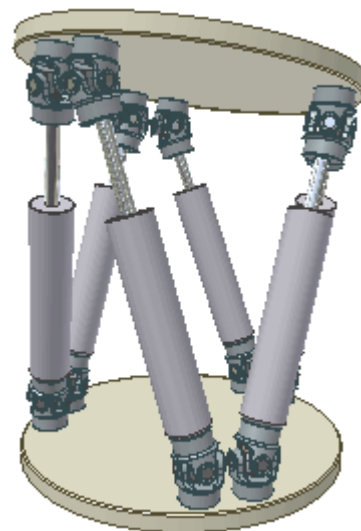
- výroba zápuštíek, foriem, tvárniacich nástrojov a elektród pre EDM
- obrábanie s vysokým podielom hrubovania v leteckom a automobilovom priemysle (skrine prevodoviek, hlavy valcov, pumpy, časti bŕzd a iné)
- súčiasťky vyrábané z krehkých materiálov a tenkostenné súčiasťky,
- súčiasťky citlivé na teplo

Trendy v konštrukciách strojov pre HSM

- Prevláda ponuka viacosových (päť, šesť- osových) strojov.
- Uplatňujú sa stroje s vysokootáčkovými vysokovýkonnými vretenami, s automatickou výmenou nástrojov a aktívnym chladením.
- Rastie uplatnenie aktívnych chladiacich systémov, vrátane systémov na chladenie reznej kvapaliny.
- Existuje trend nahrádzať guľkové pohybové skrutky lineárnymi motormi.
- Výroba vysokodynamických obrábacích centier sa orientuje na stroje so zrýchlením do 2g a nie viac.
- Uplatňujú sa monitorovacie kamerové systémy, inštalované priamo na stroji s cieľom diagnostikovať poruchu a efektívne zasiahnuť (vrátane diagnostiky stavu nástroja).
- Existujú trendy zabezpečenia presnosti stroja. Ide o riešenia, ktoré zvyšujú tlmenie, tepelnú stabilitu a hlavne tuhosť uzlov.
- Postupne rastie podiel strojov s paralelnou kinematickou štruktúrou – hexapody.



Lineárne pohony, vs. guľkové pohybové skrutky



Paralelné kinematické štruktúry

Výhody technológie HSM – zhrnutie

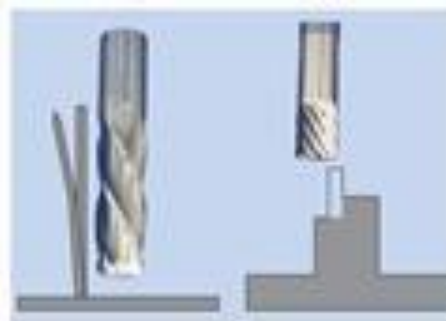
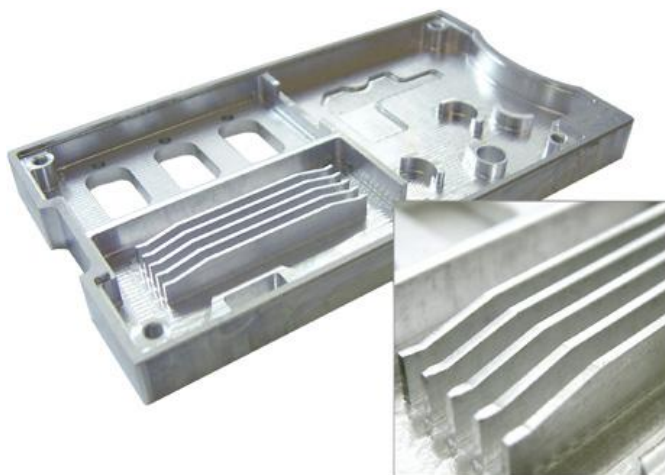
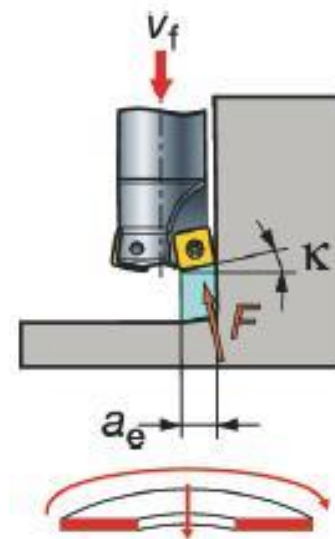
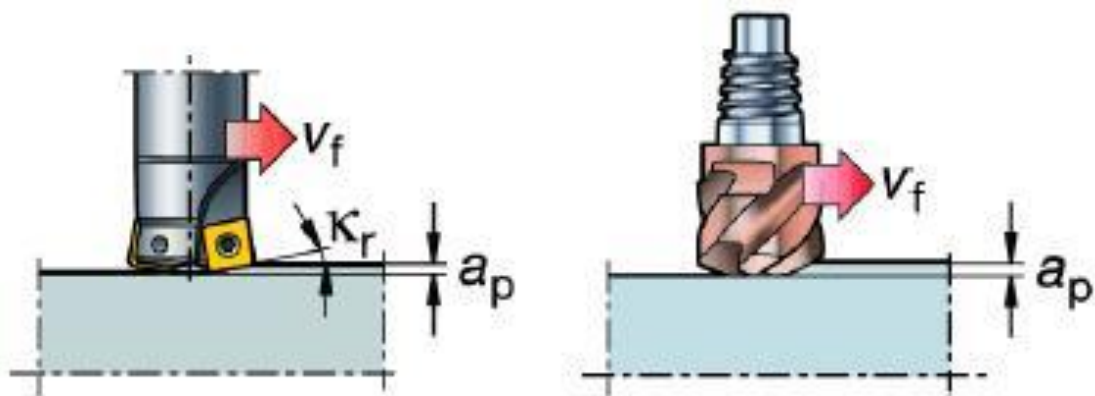
- Zvýšenie MRR pri hrubovacích operáciách (vyššie v_f pri nezmenenej hodnote f (f_z)).
- Pri nezmenenej hodnote MRR je možné znížiť f_z a tým silové zaťaženie N a O.
- Dosiahnutie vysokej kvality obrobenej plochy bez výrazných ťahových zvyšových napätí.
- Zníženie tepelného zaťaženia nástroja a obrobku (teplo odchádza prevažne trieskou).
- Zníženie vzniku kmitov (pracuje sa mimo oblasť samobudených kmitov).
- Zníženie reznej sily (stláčanie triesky je nižšie asi o 30 %).
- Vysoká efektivita v prípadoch, kedy triesky tvoria vysoký podiel z hmotnosti obrobku.
- Práca bez použitia rezných kvapalín, príp. ich obmedzenie na minimum.

Nevýhody technológie HSM – zhrnutie

- Vyššie investičné a prevádzkové náklady.
- Neexistujúce databázy verifikovaných údajov pre obrábanie rôznych druhov materiálov obrobku.
- Vyššie nároky na zabezpečenie bezpečnosti obsluhy.

HFC (High Feed Cutting) – vysokoposuvové obrábanie

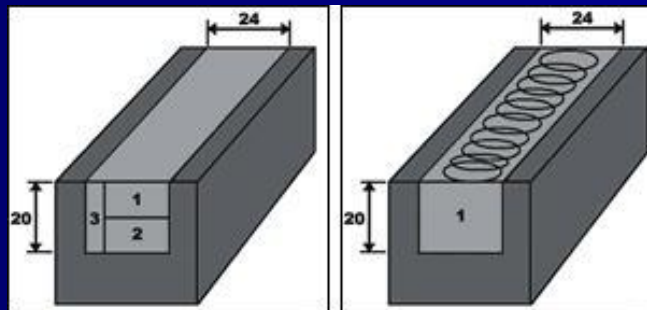
- Frézovanie s malou hĺbkou rezu (a_p do 2 mm) s veľkými hodnotami posuvov ($f_z = 2,5$ až 3,5 mm).
- Používajú sa robustné nástroje s VRP s veľkým r_ϵ a malými uhlami κ_r . Ich silové zaťaženie (F_p) je relatívne nízke, čo umožňuje konštruovať nástroje s dĺžkou až 7D, a pracovať s veľkým vyložením nástroja.
- Vreteníky strojov sú výrazne zaťažené tlakovými silami.
- Možnosť pracovať aj s veľkými hodnotami prísuvov (tzv. ponorné frézovanie – *plunging*).
- Vhodné na obrábanie štíhlych a tenkostenných súčiastok.



HFM, Ponorné frézovanie (plunging)

HPC (High Performance (Productive) Cutting) – vysokovýkonové obrábanie

- Obrábanie s vysokou hodnotou MRR.
- Použitie na hrubovanie a obrábanie ťažkoobrábateľných materiálov.
- Veľké hĺbky rezu (cca 1,5 D).
- Využíva sa tzv. *trochoidné obrábanie*.
- Nástroje: celokarbidový substrát s povlakom s vysokou tepelnou odolnosťou, napr. (Ti, Al)N, (Al, Cr, Si)N. Používajú sa združené rezné nástroje.
- Obrábanie vysokotvrdých materiálov s tvrdosťou až 67 HRC (RO).
- Obrábajú sa obrobky, kde vedľajšie časy sú zanedbateľné a dominantný je strojový čas. Na rozdiel od HSC (prevažne 3D obrábanie), pri HPM ide o 2.5 D obrábanie.



Všeobecné trendy v technológiách HSM, HSF, HPM

- Nástroje: jemné SK, nové typy povlakov, nové tvarovače triesok
- Zvyšovanie tuhosti sústavy S-N-O-P.
- Zvyšovanie frekvencie otáčania a výkonu obrábacích strojov.
- Vývoj nových obrábacích stratégií (CAD-CAM SW).
- Vývoj riadiacich systémov strojov schopných rýchlych reakcií a majúcich širokú škálu monitorovacích funkcií (zvyšovanie plynulosti posuvových pohybov, práca s NURBS krivkami, kontrola kolíznych stavov).

Použité zdroje:

1. KALPAKJAN, S., SHMID, S. R. *Manufacturing Engineering and Technology*. 6th Edition, Pearson Prentice Hall, 2009.
2. PÍŠKA, M. *Speciální technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2009.
3. SCHULZ, H. *The History of High-Speed Machining*. Revista de Ciência & Tecnologia, 13, 1999.
4. VASILKO, K. *Analýza vplyvu reznej rýchlosti na proces obrábania* . Manufacturing engineering. Vol. IX, 2010, no. 1, pp. 5 – 9.