Příspěvek k posouzení vlivu nanášení MQL media na průběh řezných sil při tvrdém HSC frézování

Janda Zdeněk, Ing.,
Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, +420377638516, zjanda@kto.zcu.cz ;
Řehoř Jan, Ing., Ph.D.,
Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, +420377638500, rehor4@kto.zcu.cz ;
Fišer František, Ing.,
Katedra technologie obrábění, Západočeská univerzita v Plzni 22, 306 14 Plzeň

Anotace

Příspěvek pojednává o problematice tvrdého HSC frézování s podporou MQL (Minimum Quantity Lubrication). Úkolem příspěvku je experimentální analýza vlivu procesního prostředí aplikovaného metodou MQL na řezný proces z hlediska silového zatížení. Porovnáván je způsob nanášení procesního media při tvrdém HSC frézování zápustkové oceli. V současnosti je možné aplikovat metodu MQL několika různými způsoby, kdy nejběžnějšími jsou přívod mazací mlhy do místa řezu pomocí trysek nebo nanášení tenké vrstvy manuálně pomocí štětce. Právě tyto dvě běžné metody jsou zde analyzovány z hlediska silového zatížení řezného procesu.

Klíčová slova: MQL, HSC, tvrdé frézování, řezné síly

1.Úvod

V průmyslové oblasti obrábění kovů jsou veškerá procesní media, hlavně řezné kapaliny, nejvíce používanými látkami. Jejich použití je odvozeno od požadavků kladených na dosažení předepsaných výsledků obrábění, hlavně ve smyslu kvality a přesnosti obrobeného povrchu, trvanlivosti břitu nástroje, dosažení vysokého úběru a v neposlední řadě také ulehčení lámání a odvodu třísek z místa řezu. Jelikož je ale v posledních letech stále více kladen důraz na ekologické a samozřejmě i ekonomické faktory výroby, dochází k výraznému omezení používání právě těchto procesních medií, která jsou shledávána jako nežádoucí faktor [1,2]. Pro příklad stačí uvést, že při použití tzv. záplavového chlazení může objem použité řezné kapaliny dosáhnout i více než 10 000 l/hod. Tato kapalina má samozřejmě omezenou životnost a v souladu s dnešními požadavky na ekologičnost výroby se musí velmi náročným a nákladným způsobem recyklovat. Tento problém při obrábění za sucha zcela odpadá [3].

V oblastech, kde není možné obrábět zcela za sucha, např. při obrábění hliníku a jeho slitin z důvodu vysoké adheze materiálu obrobku (třísky) na břit a tím způsobené výrazně nižší trvanlivosti břitu, je výhodné aplikovat metodu také nazývanou „kvazi-suché obrábění“. Jedná se o metodu minimálního množství přimazávání, neboli metodu MQL. Po aplikaci metody MQL zůstávají nástroje, obrobky i třísky prakticky suché, proto nejsou nutné další technologické postupy pro odstranění procesních kapalin z třísek nebo z obrobku. Z toho důvodu může být metoda MQL rovněž považována za obrábění zasucha [3]. V kombinaci s aplikací metody MQL dochází k výraznému zlepšení již tak dobrých kluzných vlastností moderních řezných materiálů a vrstev. Také velmi tenká a homogenní vrstvička MQL média na břitu nástroje nebo na povrchu obrobku vytváří jistou tepelně izolační bariéru, která snižuje přestup tepla z obrobku do nástroje a tím zvyšuje jeho odolnost.

Přínosy aplikace metody MQL jsou již dostatečně známy jak při konvenčním obrábění [6], tak i při HSC [3,4,7]. Ovšem v oblasti HSC s podporou MQL stále ještě existují některá omezení, především teplotní stabilita MQL média, respektive jeho bod vzplanutí. Použitelná

MQL media se obecně dělí na mastné alkoholy a syntetické estery. Z charakteristik těchto medií vyplývá, že pro aplikaci v oblasti tvrdého HSC obrábění jsou vhodnější syntetické estery. Velmi důležitá je i volba způsobu přívodu MQL media k řeznému břitu [3]. Právě touto důležitou podmínkou se zabývá tento příspěvek. Mezi nejzákladnější způsoby přívodu MQL media do místa řezu patří kontinuální přívod v průběhu obrábění pomocí trysek v podobě směsi oleje se vzduchem, nebo nanesení média před obráběním na povrch obrobku, např. štětečkem. Způsob aplikace samozřejmě závisí na velikosti a automatizaci výroby.

Tab.1Charakteristika MQL kapalin [1]

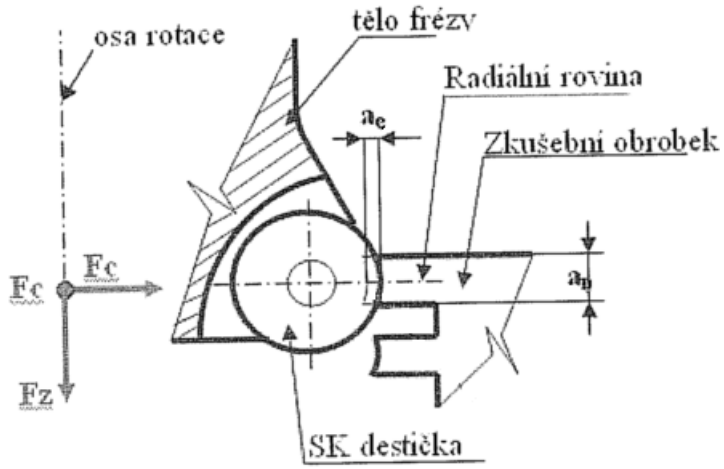
Syntetické estery	**Mastné alkoholy**
Chemicky upravené rostlinné oleje	Alkoholy vyrobené z přírodních Materiálů nebo min. olejů
- dobrá schopnost rozkladu - nízká úroveň rizika pro vodu - toxicky neškodné	
- Vysoký bod varu a vzplanutí, nízká viskozita - Velmi dobré mazací vlastnosti - Dobrý odpor proti korozi - Nižší chladící vlastnosti - Zanechává tenký film	- Nízký bod varu a vzplanutí, poměrně vysoká viskozita - Nízké mazací vlastnosti - Lepší odvod tepla - Malé zbytky

2.Charakteristika experimentu

Cílem experimentálního měření je posoudit vliv MQL přimazávání na řezný proces z hlediska silového zatížení řezného břitu při tvrdém HSC frézování zápustkové oceli. Jako způsoby nanášení MQL media byly zvoleny dva způsoby: 1) přívod rozprašovaného media (mlhy) z vnějšku v průběhu obrábění; 2) nanesení štětečkem na obráběnou plochu před samotným obráběním. Jako MQL médium byl zvolen toxicky neškodný řezný olej Blasomill HD20CF (bod vzplanutí 162°C). V případě použití mlhy byla tato odsávána z pracovního prostoru obráběcího stroje. Řezné podmínky jsou uvedeny v tab.2, schéma frézování na obr.1. Řezné a záběrové podmínky byly zvoleny s ohledem na technické možnosti a výsledky předchozího výzkumu v oblasti vysokorychlostního obrábění.

Tab.2 Řezné a technické podmínky

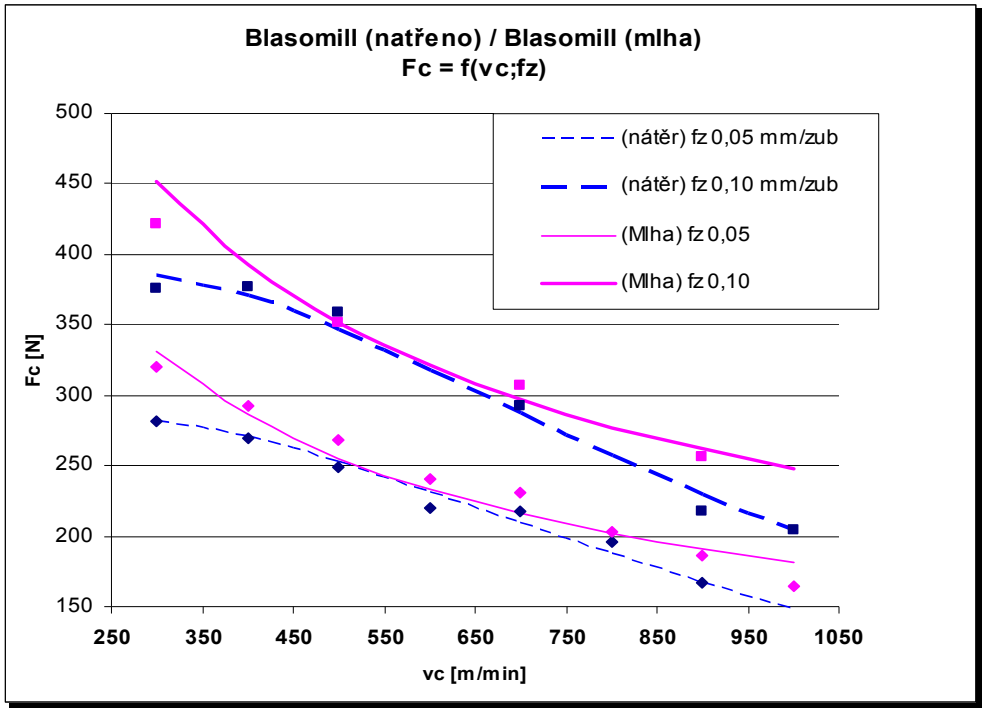
Typ záběru:	**obvodové**	**Obráběcí stroj:**	**MCV 750 A** Výrobce Kovosvit a.s. Sezimovo Ústí
Řezná rychlost v_c [m/min]	**300 - 1000**		
Axiální hloubka řezu a_p [m/min]	**3**	**Nástroj:**	**CoroMill 200** **1x VBD SK R200 (4020)** SANDVIK Coromant, Švédsko
Radiální hloubka řezu a_e[m/min]	**1**		
Radiální hloubka řezu a_e[m/min]	**1**	**Zkušební obrobek:**	**Cr-Mo-Si-W-V / EŠ 41 9556** (ekvivalent AISI H13, DIN 1.2343,) **56±2HRC**
Posuv f_z [mm/zub]	**0,05 a 0,15**		
Strategie frézování	**sousledné**	**Měřící soustava:**	• třísložkový piezoelektrický dynamometr pro frézování KISTLER 9255 A • zesilovač KISTLER 5007 • sběrná karta typu PLC 85511
Čas obrábění t [s]	**4** (pro každé měření)		
Výměna břitu VBD	**po každém měření**		
Procesní kapalina	**Blasomill HD20CF**		



Obr.1Schéma frézování [3]

3. Analýza naměřených výsledků

Analýza naměřených výsledků v rámci tohoto příspěvku je zaměřena pouze na průběhy řezné síly F_C, která ovlivňuje velikost potřebného příkonu na vřetenu P_{PE} a namáhá frézu na ohyb. Čárkované průběhy představují silové zatížení při nanesení oleje pomocí štětce před obráběním, plné průběhy pak při přivedení oleje v podobě mlhy do místa řezu.



Obr.2 Závislost řezné síly F_C na způsobu nanášení MQL media

Z grafu je jasně patrný vliv řezné rychlosti a posuvu na velikost silového zatížení. Je zřejmé, že všechny křivky mají klesající nelineární průběh, což je způsobeno snižováním deformačního odporu, respektive řezného odporu, se zvyšující se řeznou rychlostí. Dále je známo, že řezná síla roste s přímou úměrností k objemu odebíraného materiálu, který se zvětšuje právě se zvětšujícím se posuvem [5,8].

Nás však v tuto chvíli zajímá vliv nanášení MQL media na silové zatížení. Sledováním této proměnné má graf na obr.2 poněkud zajímavý, ale ne nevysvětlitelný průběh. Pro lepší

vysvětlení tohoto zvláštního průběhu je potřeba si připomenout některé definice a zákonitosti v oblasti HSC obrábění.

Při HSC hraje teplota důležitou roli. Se zvyšující se rychlostí se zvyšuje řezná teplota a také se zvětšuje teplo odvedené třískou. Při vysoké rychlosti již vzniklé teplo nestihne prostoupit do nástroje a obrobku, a to díky velmi rychlému přerušení styku třísky s nástrojem a obrobkem, tedy rychlému „odlétávání“ elementárních třísek od nástroje a obrobku. Díky tomuto krátkému styku třísky s nástrojem a obrobkem tříska nedokáže předat velké množství tepla, takže většinu vzniklého tepla v sobě absorbuje. Teplota třísky při HSC je tak vysoká, že se blíží k teplotě tavení obráběného materiálu. Díky tomu tříska klade menší odpor a dochází ke snížení řezných sil. Vysoká teplota třísky je tedy pozitivním faktorem i principiálním zdrojem efektů vysokorychlostního obrábění [3,5,8].

Pokud rozprašujeme olej tryskou (vzniká mlha = urychlené mikročástice oleje se studeným vzduchem), dochází vlivem vzduchu a oleje k ochlazení místa řezu (konkrétně oblasti: hřbet – břit a čelo - tříska). Ochlazení sice není příliš velké, ale přesto je rozhodující, protože povrch třísky není těžké ochladit, a tím zvětšit celkovou tuhost třísky a její odpor při odřezávání. Pokud naneseme olej bez použití vzduchu, který ochlazuje místo řezu, budou řezné síly nižší. Což je patrné (obr.2) v intervalu řezné rychlosti 300-500 m/min. V intervalu 500 – 700 m/min dochází k splynutí obou křivek „mlha a nátěr“ z důvodu navýšení teploty na takovou úroveň, že nízké chladící schopnosti vzduchu již teplotu povrchu třísky nesníží pod hranici, při které by došlo k výraznému zvětšení odporu a tím ke zvýšení řezné síly. Při vyšších rychlostech nad 700 m/min se křivky „mlha a nátěr“ opět rozbíhají. To je způsobeno tím, že při vysoké rychlosti olej nanášený na obráběný povrch (při obrábění) nedokáže za tak krátký čas vytvořit kontinuální (celistvý) film kopírující nerovnosti obráběného povrchu. Zatímco u křivky „nátěr“ má olej dost času na „zatečení“ do všech nerovností povrchu, protože k aplikaci oleje dochází ještě před obráběním.

Nízká účinnost poklesu síly F_C u oleje rozprašovaného pomocí trysky, mohla být zapříčiněna tím, že jsme používali jen jednu trysku, která mířila na neobrobenou část a hřbet destičky.

4.Závěr

Experimentálním měřením bylo potvrzeno a již dříve částečně publikováno [4], že aplikací MQL při HSC frézování dochází ke snížení řezných sil podobně jako při konvenčním obrábění. Charakter průběhu řezných sil v závislosti na řezné rychlosti také dokazuje, že i použití procesní kapaliny s poměrně nízkým bodem vzplanutí významně ovlivňuje pokles silového zatížení i při plnohodnotném HSC frézování.

Pokud jde o vliv nanášení MQL média, je zjištěno, že mezi nanášením štětečkem na obráběný povrch před samotným obráběním a přiváděním do místa řezu v průběhu obrábění není žádný výrazný rozdíl. Z toho se dá vyvodit závěr, že pokud tomu nebude bránit technologie výroby (plně automatizovaná, poloautomatizovaná) nebo velikost výroby (hromadná, sériová), tak se dá aplikovat metoda MQL v podobě pouhého nanášení řezné kapaliny štětečkem, čímž se mohou ušetřit prostředky potřebné na speciální zařízení pro aplikaci MQL v podobě mlhy. Nanášení MQL média manuálně má tedy za specifických podmínek výhody, hlavně ekonomické a za určitých řezných podmínek (jak je z grafu na obr.2 patrné) i výhody technologické (snížení řezných sil).

Tento příspěvek je v souladu s výzkumným záměrem katedry FST/KTO, kde dochází k výzkumu obrábění těžkoobrobitelných materiálů v režimu HSC.

Literatura:

[1] WEINERT, K.; INASAKI, I.; SUTHERLAND, J.: Dry Machining and Minimum Quantity Lubrication, *In*: Annals of the CIRP, Vol.53/2, s.511-537, 2004

[2] SUDA, S., YOKOTA, H., INASAKI, I.: A Synthetic Ester as an Optional Cutting Fluid for Minimal Quantity Lubrication Machining, *In*: Annals of the CIRP, 51/1; s.95-98, 2002

[3] FIŠER, F.: Tvrdé HSC obrábění s podporou MQL; [Diplomová práce]. ZČU Plzeň 2006

[4] ŘEHOŘ, J.; FIŠER, F.; HOFMANN, P.: Tvrdé HSC frézování s podporou MQL; *In*: Nové poznatky v technologiích a technologické informace ´05: 1. mezinárodní vědecká konference, Ústí nad Labem, ISBN 80-7044-743-5. s.[1-5]; 2007

[5] JANDA, Z.: Řezné síly při tvrdém frézování progresivní řeznou keramikou v režimu HSC. [Diplomová práce] Plzeň: ZČU 2007

[6] ZELENÝ, J.: Suché a polosuché obrábění – Základní Závislosti a Technické prostředky. In: ECOFRIM: Towards Ecologically Friendly Machining, INCO – COPERNICUS NETWORK, The sixth seminar: Praha, April 2001, s. 87-97

[7] ZEMAN, P., ŠAFEK, J., VANĚČEK, D.: Technologie HSC: Velké ekonomické i ekologické přínosy [online]. Dostupný z WWW: <http://technik.ihned.cz/il2/1-10004030-11353150-800000_d-b4>.

[8] SKOPEČEK, T., VODIČKA, J., PAHL, J., HERKNER, V.: Základy vysokorychlostního obrábění – HSC. Plzeň, 2005. ISBN 80-7043-344-2

ZPĚT