

VLIV PROCESNÍ KAPALINY PŘI BROUŠENÍ

Holešovský František, Prof., Dr., Ing., Novák Martin, Ing.
Univerzita J.E.Purkyně, Fakulta výrobních technologií a managementu, Ústí nad Labem
Tel. 475 285 511, E-mail: holešovský@fvmtm.ujep.cz

Řezné prostředí, tvořené většinou procesní kapalinou, je důležitým parametrem, který ovlivňuje významně přesnost a jakost obráběných ploch. Vzhledem ke své funkci zastává roli právě u povrchů vytvářených s cílem dosažení vysoké přesnosti a jakosti. Řezné prostředí ovlivňuje množství tepla přecházejícího do obrobku, nástroje, třísky a množství tepla odváděné vlastní procesní kapalinou. To znamená, že prostředí ovlivňuje tzv. tepelnou bilanci obrábění. Při broušení ploch je význam zvýšen odlišnostmi procesu v porovnání s běžným obráběním.

Klíčová slova: broušení, drsnost, profil, redukce, procesní kapalina

1. Úvod

Pro řezné prostředí při broušení jsou důležité jak vlastnosti broušeného materiálu, tak i vlastnosti broušícího nástroje. Materiály broušících zrn i pojiva těchto zrn v kotoučích mají většinou (mimo kovových pojiv) velmi nízkou tepelnou vodivost, což je důvodem odlišné tepelné bilance v porovnání s běžnými technologiemi obrábění. Řezné prostředí je při broušení vytvářeno procesní kapalinou různého typu. Většinu těchto kapalin tvoří vodní roztoky chemických látek a emulze, kdy v posledních rocích tyto kapaliny nahrazují procesní kapaliny s nižší ekologickou zátěží - to znamená kapaliny, které při použití a následné likvidaci minimálně zatěžují životní prostředí.

Procesní kapalina plní při broušení několik těžko zastupitelných funkcí mezi něž patří odvod tepla z místa plastické deformace a vzniku třísky, snížení množství vznikajícího tepla snížením tření mezi broušícím zrnem a povrchem broušené plochy, odvod třísky a zamezení ucpávání pórů broušících kotoučů, podpora tvorby třísky a zamezení korozi.

Přestože procesní kapaliny plní významnou funkci při tvorbě povrchu, ovlivňují nejen jeho profil a drsnost, hledají se cesty k redukci jejich množství přiváděného do místa řezu nebo úplnému odstranění kapalin a tzv. obrábění za sucha. Důvodem uvedeného kroku jsou značné náklady na nákup, provoz a likvidaci procesních kapalin.

2. Druhy procesních kapalin

Procesní kapaliny používané pro broušení mají v současné době téměř vyvážený účinek mazací a chladicí. Podle jejich složení jsou k dispozici:

- a) Vodné roztoky – mají velmi dobrý chladicí účinek, jedná se o alkalické roztoky, které většinou nemají dostatečnou stálost. Obsahují přísady k ochraně povrchu proti korozi, zlepšení smáčivosti a potlačení pěnivosti.
- b) Emulzní roztoky – většinou se jedná o mastné látky rozptýlené pomocí tzv. emulgátoru ve vodě. Kapaliny spojují přednosti chladicích účinků vody a mazacích účinků olejů. Jedná se např. o Robol.
- c) Oleje – jedná se o zušlechtnuté minerální oleje, přísady těchto látek zvyšují tlakovou únosnost a mazací vlastnosti, např. Isocut VG. Používají se pro vysoký mazací účinek a výrazné snížení tření v místě řezu. Moderní oleje mají sníženou viskozitu a prokazují i určité chladicí schopnosti. Pořizovací náklady jsou vyšší, ale jsou kompenzovány vysokou životností.
- d) Syntetické a polosyntetické kapaliny – syntetické kapaliny neobsahují minerální oleje, polysyntetické potom nižší množství. Složkou kapalin jsou glykoly, které ve vodě

emulgují nebo se rozpustí. V polosyntetických kapalinách (např. Emulkat) jsou rozptýleny velmi jemné částice oleje. Syntetické kapaliny představuje např. Diol.

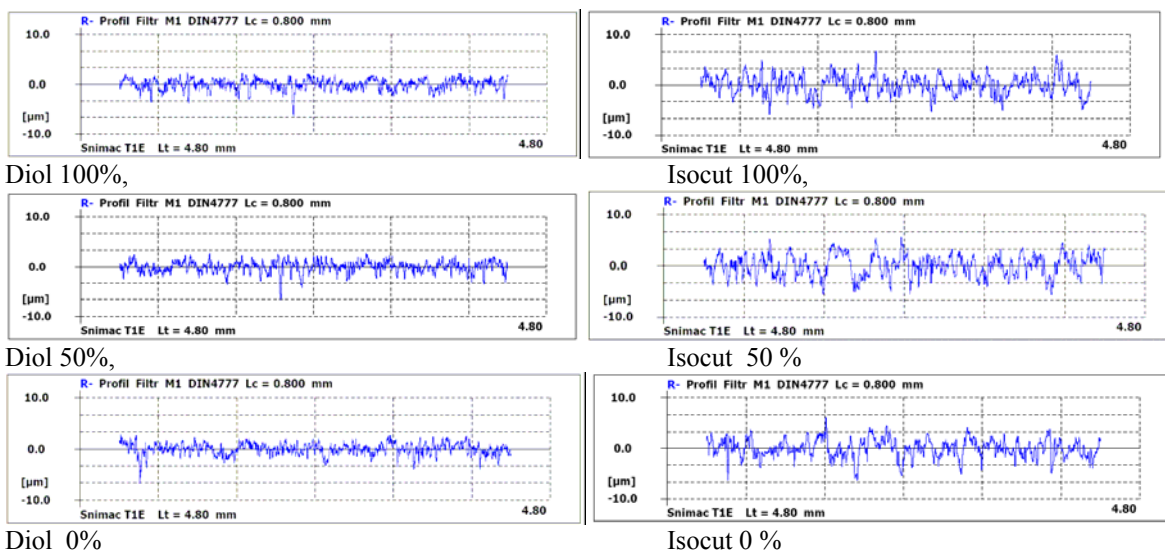
2.1 Redukce procesní kapaliny

Redukce množství nebo plné odstranění procesní kapaliny (obrábění za sucha) je vyvoláno silicím tlakem legislativy na ekologické chování výrobních procesů. Cestou se jeví použití menšího množství kapaliny (redukce), plné odstranění kapaliny, případně použití alternativních látek. Náklady vznikají zejména při likvidaci a regeneraci kapalin, ročně musí výroba odstranit tisíce tun olejových emulzí a neodhadnuté množství kalů po broušení. Náklady na procesní kapaliny tvoří například v automobilovém průmyslu 7-17% nákladů na obrábění.

Vzhledem k požadavkům kladeným na procesní kapalinu při broušení je možno předpokládat při redukcí kapaliny změny především v profilu a drsnosti povrchu, průběhu tvrdosti v povrchové vrstvě, hodnotě a průběhu zbytkových napětí, vadách povrchu a změnách struktury povrchu [4], [5],[7].

Pokud lze uvažovat o eliminaci množství procesní kapaliny, je nutno brát v úvahu celý systém broušení a nalézt takový optimální stav, kdy dojde k udržení výstupních parametrů povrchu jako při použití plného množství kapaliny, nebo ještě k mírnému zlepšení těchto parametrů. Většinou lze jen obtížně odstranit procesní kapalinu a zachovat jakost povrchu v původních hodnotách.

Profil povrchu je ovlivněn druhem abrazivního materiálu a materiálu obrobku, jejich vlastnostmi, reznými podmínkami, tuhostí soustavy a také rezným prostředím. Rezné prostředí ovlivňuje profil povrchu svým působením na odvod tepla, snižování tření a tím množství vznikajícího tepla a svoji funkci plní při vzniku třísky. Se snižováním množství rezné kapaliny dochází k intenzivnějšímu přestupu tepla do obrobku, podle stupně takto převedeného tepla potom dochází až k natavování a vyhřátí částic materiálu a vzniku opalů. Při natavování povrchu může docházet k zaoblování hran mikronerovností.



Obr.1 Profil povrchu při redukcí kapaliny DIOL a ISOCUT při broušení tvárné litiny 42 2306, kotouč CBN, $v_c = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $v_p = 0,26 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

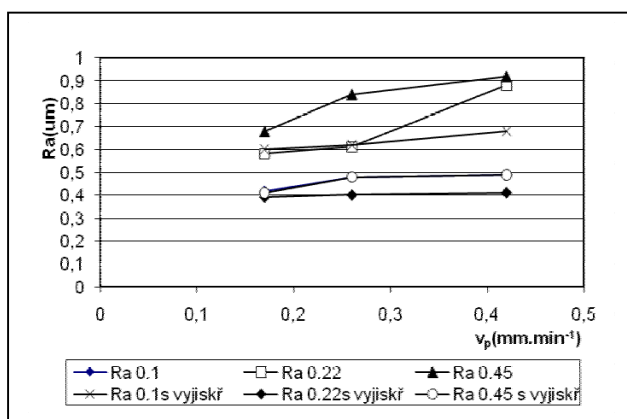
Profil a drsnost povrchu při snižování množství procesní kapaliny zaváděné do řezu mohou vykazovat teoreticky lepší hodnoty v porovnání s plným množstvím kapaliny. Při

snížení množství kapaliny se zvýší vliv tepla na broušenou plochu, dochází ke zvýšení plasticity odebíraného materiálu a odstranění ostrých hran profilu po průchodu broušicích zrn. Uvedený jev může nastat zejména při broušení povrchů v přírodním stavu. Při broušení kalených povrchů nemusí být vliv tepla tak znatelný a navíc může působit naopak negativně na vznik sekundární tvrdosti povrchu, zvýšení opotřebení broušicího kotouče a vyvolá tím změny povrchu bez viditelných změn jeho profilu a drsnosti.

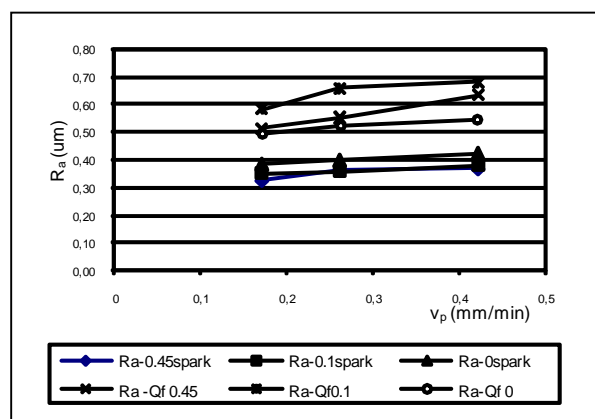
Profil povrchu dosažený při broušení tvárné litiny 42 2306 syntetickou procesní kapalinou DIOL a minerálním olejem Isocut ukazuje obr.1.

2.2 Drsnost povrchu

Drsnost povrchu je hodnocena podle norem, v současnosti podle normy ČSN EN ISO 4287. Vliv množství kapaliny můžeme sledovat například při broušení růžovým korundem (obr.2) a kotoučem se zrnem SG (obr.3) $Q_{f1} = 8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ($0.45 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$), $Q_{f3} = 2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ($0.11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$) a tato množství srovnána s broušením bez procesní kapaliny Z grafu je patrné, že i malé množství kapaliny může mít významný vliv na drsnost broušené plochy.

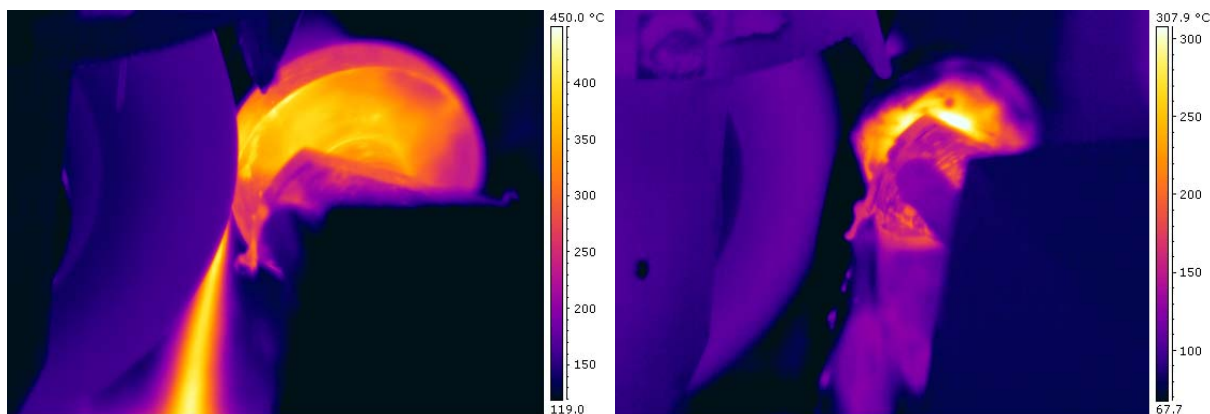


Obr.2 Vliv redukce procesní kapaliny u broušicího kotouče se zrnem růžového korundu 98 A při rychlosti $v_c = 27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, ocel 14 220.4

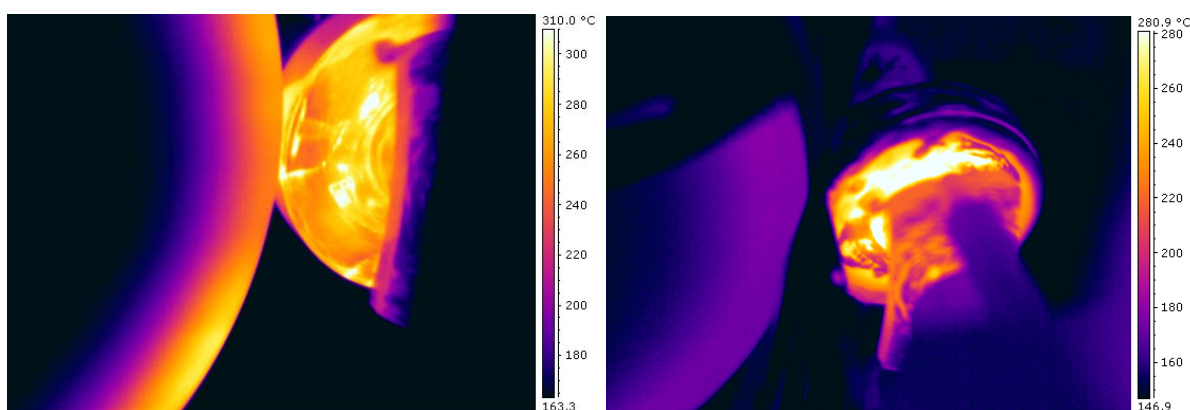


Obr.3 Vliv redukce procesní kapaliny u zrna SG při rychlosti $v_c = 27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, ocel 14 220.4

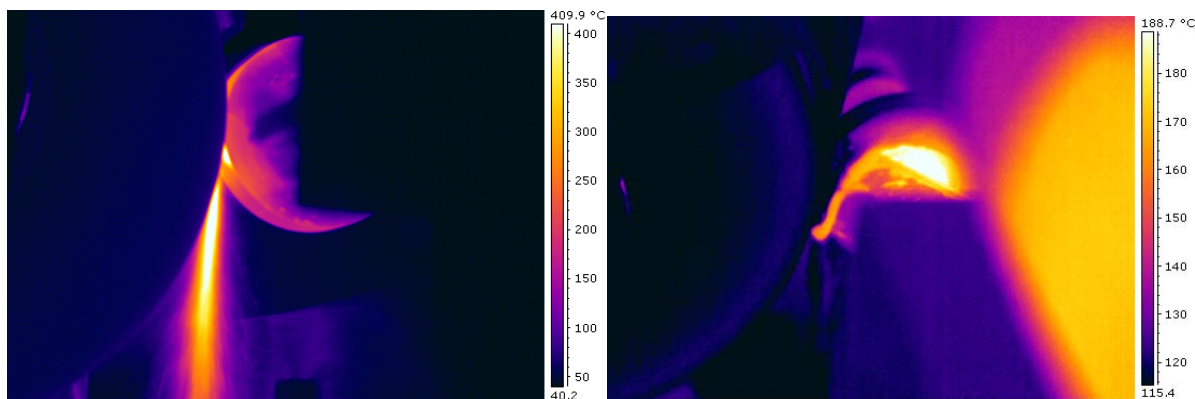
Při snižování množství použité kapaliny je odlišný výsledek jakosti povrchu odvozen také od použité procesní kapaliny (obr.8). Vidíme, že polysyntetická kapalina Emulkat při vyšším zatížení zrna – $v_p = 0,64 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, vykazuje nejlepší drsnost povrchu při snížení množství procesní kapaliny na polovinu. Nejhorší výsledky v případě zrna SG vykazuje syntetická kapalina Diol. Na obr.4-6 můžeme sledovat teplotní pole při broušení ložiskové oceli 14 109.6 zaznamenané termokamerou. Jednotlivá teplotní pole jsou zaznamenána při stejných řezných podmínkách při použití plného množství kapaliny a bez kapaliny. Z jednotlivých záznamů lze velice dobře identifikovat vliv vlastního broušicího kotouče. Největší množství tepla v souladu s dalšími níže uvedenými závěry vytváří kotouč se zrnem bílého korundu. Zde také hrozí největší změny v povrchové vrstvě z důvodu vysokého množství tepla působícího na vrstvu. Dochází k ovlivnění vlastní struktury podle materiálu obrobku. Nejnižší vznik tepla vykazuje nový materiál na bázi technologie sol-gel – Abrasol. Uvedená skutečnost byla ověřena i v praxi. Jednotlivé záznamy také ukazují rozdíl mezi broušením s použitím procesní kapaliny a broušením bez kapaliny.



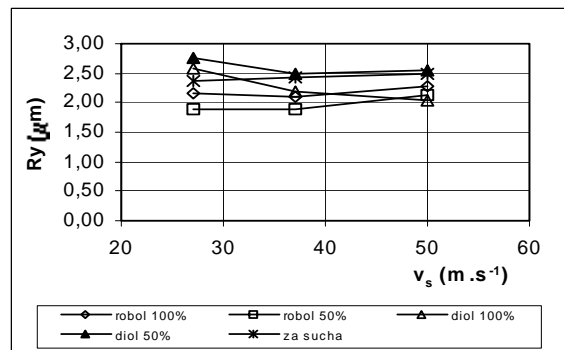
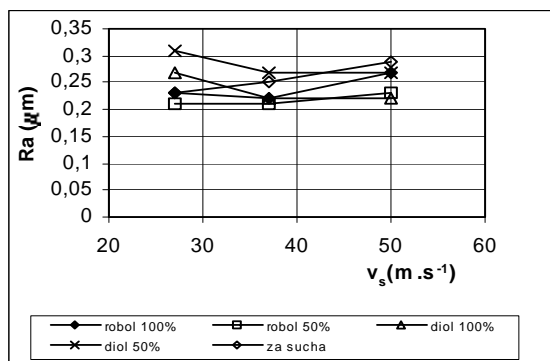
Obr. 4 Teplotní pole při broušení ložiskové oceli zrnem SG, $v_c = 37 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$; $v_p = 0,26 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,
a) bez kapaliny, b) procesní kapalina Diol



Obr.5 Teplotní pole při broušení ložiskové oceli zrnem CBN, $v_c = 37 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$; $v_p = 0,26 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,
a) bez kapaliny, b) procesní kapalina Diol



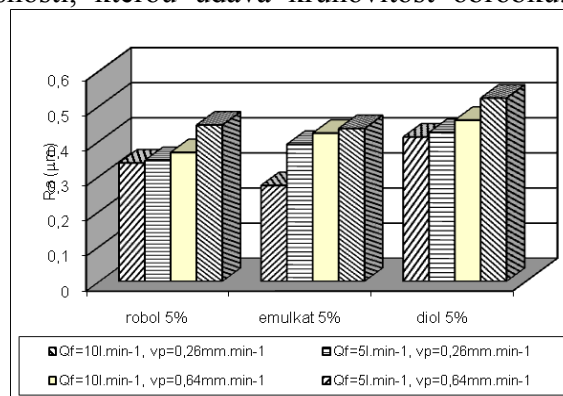
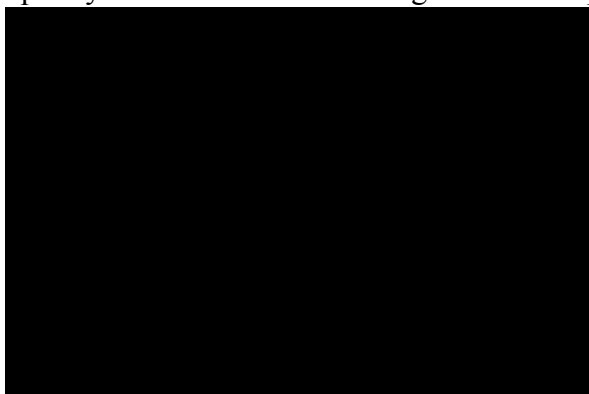
Obr.6 Teplotní pole při broušení ložiskové oceli zrnem Abrasol, $v_c = 37 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$; $v_p = 0,26 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,
a) bez kapaliny, b) procesní kapalina Diol



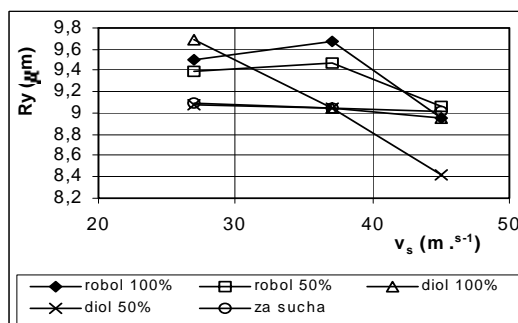
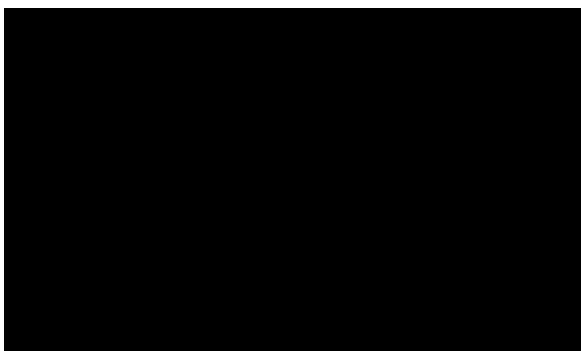
Obr. 7 Závislost parametrů drsnosti

broušené plochy při plném a redukovaném množství procesní kapaliny DIOL a ROBOL a rychlosti brousícího kotouče v_c , brousící zrna bílý korund

Snížení množství kapaliny na 50% při broušení zrnem CBN se téměř neprojevívá v drsnosti povrchu. Úplná eliminace kapaliny naopak zlepšuje drsnost povrchu. Ke zlepšení drsnosti povrchu je vhodnější použití kapaliny DIOL. Při sledování odchylky kruhovitosti vykazuje lepší výsledky emulze ROBOL v porovnání s DIOLEM a to zvláště při zvýšení rychlosti brousícího kotouče. U emulze se tak projevuje mastná složka kapaliny. Při úplné eliminaci kapaliny dochází ke zhoršení geometrické přesnosti, kterou udává kruhovitost obrobku.



Obr. 8 Závislost drsnosti broušené plochy při plném a redukovaném množství procesní kapaliny DIOL, ROBOL případně Emulkat a řezných parametrů, zrna SG, materiál 14 109.6



Obr. 9 Závislost drsnosti broušené plochy při plném a redukovaném množství procesní kapaliny DIOL a ROBOL a rychlosti brousícího kotouče v_c , zrna CBN

3. Změny tvrdosti v povrchové vrstvě při redukci procesní kapaliny

Vliv řezného prostředí na tvrdost povrchu po broušení je dán schopností snižovat a odvádět určité množství tepla, tento vliv nemusí být jednoznačný. Při nízkém zatížení povrchu (dáno hodnotou v_p , v_f nebo a_e) dochází ke zvýšení tření zrn kotouče o materiál a v tomto případě má pro snižování hodnoty tření velký význam procesní kapalina [5],[6]. To je důvod použití mastných kapalin při nízkých úběrech a dokončovacích operacích. Povrch bez použití procesní kapaliny je daleko více zatížen než povrch ošetřený kapalinou. Při růstu zatížení se průběh tvrdosti povrchové vrstvy sblíží. Broušený kalený povrch při použití kapaliny má přibližně tvrdost jádra, v určité vzdálenosti od povrchu dochází k jeho popuštění. Povrch bez použití kapaliny je druhotně zakalen při vysoké teplotě, pod ním ležící vrstva je popuštěna. Následuje další tvrdší vrstva, jejíž tvrdost klesá na tvrdost jádra součásti.

4. Závěr

Použití procesní kapaliny při broušení je velmi aktuální problém. Je nutno hledat cesty k tzv. ekologizaci procesu, což může znamenat snížení objemu procesní kapaliny, změnu druhu kapaliny a také použití nových abrazivních materiálů, které kapalinu nebudou vyžadovat. Tento problém mohou také řešit vysoce porézní kotouče [3] při nižším úběru nebo vysoké řezné rychlosti. Při broušení je však nutno dosud počítat s použitím určitého minimálního množství kapaliny. Toto minimální množství je určeno právě požadovanými kvalitativními parametry broušené plochy. Další možností je růst tepelné vodivosti zrn a pojiva k použití při broušení atd.

Obecně je nutno brát v úvahu poměrně vysoké náklady na použití kapaliny, její skladování a likvidaci. Problém není zcela odbourán vznikem syntetických kapalin, ale jeho řešení bude spočívat v komplexním pohledu na řezný proces, jak bylo uvedeno v úvodu odstavce. Znamená to tedy kombinaci snižování množství kapaliny, použití nových brousících materiálů a systémů a volba vhodných řezných podmínek.

Literatura.

- [1] BHATEJA, A. The Intrinsic Characteristics of Ground Surfaces. In.: Grinding, Theory, Techniques and Troubleshooting. SME, Michigan 1982, str.139-147
- [2] BILÍK, O. Modelování procesu broušení podle teplotní indikace. Sborník Mezinárodní Vědecké konference, VUT Brno, 1997, str.77-80
- [3] BOKUČAVA, T.V. Šlifovanie metallov s podačeju ochlaždajuščej židkosti čerez pory šlifovalnovo kruga. Mašgiz, Moskva 1959
- [4] LUKOVICS, I. Výzkum vlivu užití technologie na jakost povrchu. Sborník 10. Mezinárodní vědecké konference „Transfer 2008“, Trenčianska univerzita, Trenčín 2008, ISBN 1336-9695
- [5] MÁDL, J., JERSÁK, J., HOLEŠOVSKÝ, F. Jakost obráběných ploch. UJEP, Ústí nad Labem, 2003. ISBN 80-7044-539-4
- [6] MALKIN, S. Grinding Technology – Theory and applications of machining with abrasives, SME, Dearborn, Michigan, 1989
- [7] MARINESCU, I.D., HITCHINER, M. Handbook of Machining with Grinding Wheels. CRC Press, Taylor&Francis Group, New York 2007
- [8] MORGAN, M.N., JENKINSON, I.D. Advances in Manufacturing Technology – XX. Proceeding of John Mores University, Liverpool 2006

