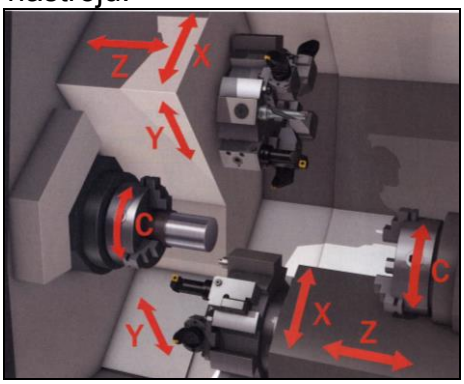
Název projektu: **Automatizace výrobních procesů ve strojírenství a řemeslech**
Registrační číslo: **CZ.1.07/1.1.30/01.0038**
Příjemce: **SPŠ strojnická a SOŠ profesora Švejcara Plzeň, Klatovská 10**

Monitorovací indikátor: **06.43.10 Počet nově vytvořených/inovovaných produktů**
Akce: **Přednáška, KA 5,** Číslo přednášky: **1**
Téma: **MODERNÍ TECHNOLOGIE V OBRÁBĚNÍ**
Lektor: **Ing. Miroslav Zetek, Ph.D**
Třídy: **3 MSA a MSB**
Datum konání: **19. 3. 2012**
Místo konání: **ZČU – Fakulta strojní, Katedra technologie obrábění**
Čas: **8:00 – 13:00**

Technologie obrábění jsou v současné době velmi rozvíjené a hlavní snahou všech výrobců je sdružování několika operací do jedné, což vede k velkým úsporám. Tuto podmínku lze splnit v oblasti konstrukce a použití výrobních strojů např. pomocí přidání dalších os pro obrábění s vlastní soustavou pohybových elementů a s vlastním řízením. Tzn., že je možné obrábět další tvary nebo obrábět několik ploch najednou. Další možností jak docílit snížení nákladů je optimální volba nástroje. Hlavním požadavkem na nástroj je řezivost, trvanlivost, spolehlivost a jeho univerzálnost. Proto nástroje pro třískové obrábění lze dělit na univerzální a speciální. Speciální nářadí se většinou nasazuje v hromadné výrobě, jako je automobilový průmysl, letecký či energetický průmysl atd.. Vyskytují se zde nástroje, které dokáží na jednu operaci obrobit několik různorodých tvarů a tím docílit časových, finančních úspor a snížení počtu potřebného nástrojového vybavení. Na druhou stranu tyto speciální nástroje jsou dnes vyvinuty do takové míry účelnosti, že mnoho prvků se již zavádí do standardní výroby nebo se poznatky z tohoto nářadí implementují na univerzální nástroje. To však s sebou přináší zvýšené požadavky na stroje, systém upínání nástrojů a obrobků. Mnohdy se stává, že nově vyvinuté nástroje nelze nasadit na stroj z důvodu např. malého výkonu či z důvodu tuhosti stroje nebo přesnosti. Proto při volbě strojního a nástrojového vybavení je nutné na danou problematiku pohlížet komplexně a vyhodnotit slabá místa v soustavě S-N-O-U (stroj-nástroj-obrobek-systémy upnutí nástroje a obrobku). Nedílnou součástí funkčnosti soustavy je tedy i upnutí obrobku, které lze realizovat několika způsoby a to od univerzálních systémů upnutí, přes stavebnicové systémy až opět po speciální způsoby upínání pomocí přípravků pro upnutí. Výběr způsobu upnutí je opět závislý na množství a tvaru vyráběné součásti. Upínací systémy obrobků a nástrojů musí splňovat požadavky jako je bezpečnost, spolehlivost, zdravotní nezávadnost, jednoduchost, rychlá obslužnost, dostatečná upínací síla bez poškození upínané součásti atd. I přes to, že nástrojové vybavení činní v celkových nákladech cca 1-3% výrobních nákladů, tak díky vhodnému výběru nástrojů a systému upnutí lze výrazně snížit náklady na součást a tedy zvýšit ziskovost firmy.
Lze konstatovat, že vývoj nástrojového vybavení jde v souběhu s vývojem strojů pro obrábění a někdy i naopak. Nástroje jsou přizpůsobovány kinematickým požadavkům a výkonům strojů, které mnohdy překračují nové hranice technologických postupů

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky

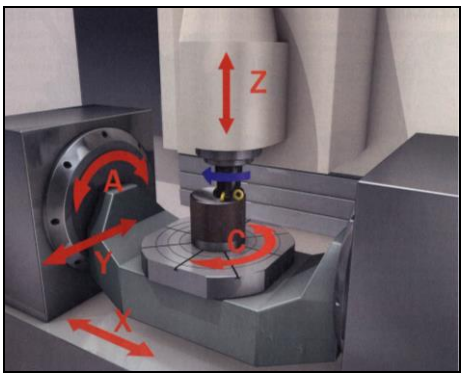
výroby. Největší rozmach v současné době činní nasazování víceosých operací obrábění a to v oblasti soustružnických a frézovacích center. Tyto centra mají většinou více vřeten a tedy lze osadit více nástrojů do jednoho stroje. Navíc ve většině případů větších firem stále existuje přípravna nářadí a tedy je vhodné mít možnost jednoho systému upnutí využít na více strojích a tím snížit náklady na nástrojové vybavení. Další novinkou v moderních firmách je zavádění elektronického systému vedení a doplňování nástrojového vybavení samotnými dodavateli nástrojů. V případě snížení zásoby nástrojů je automaticky vyslána elektronická objednávka dodavateli nástrojů, který zajistí doplnění. Díky tomu je sníženo riziko nedostatku nástrojů ve výrobě a velmi jednoduchým způsoben je přesný přehled v nářadí. Dnes se ukazuje, že cílovou skupinou pro vývoj strujů a nářadí pro obrábění jsou průmyslová odvětví, které se soustřeďují především na automobilový průmysl, energetiku a to jak klasickou tak i obnovitelných zdrojů energie (větrná, sluneční energie) a v současné době se ukazuje zvýšený zájem výrobců strojů a nástrojů v oblasti zdravotní techniky. Nicméně všechny tyto odvětví průmyslu mají jedno společné a to je, že ve většině případů se obrábějí tvarově složité plochy. Tzn., že je potřeba obrábět ve více osách a vzhledem k různorodosti výroby v daných oblastí se používají v zásadě speciální materiály výrobku, které jsou převážně těžkoobrobitelné. Požadavky na nářadí dokumentují níže uvedené obrázky, které představují základní principy kinematiky moderního obrábění na NC centrech různých konstrukcí a možnosti systému upínání nástrojů.



Obrázek 1 Základní souřadný systém soustružnických center a možnosti osazení nástrojů [1]

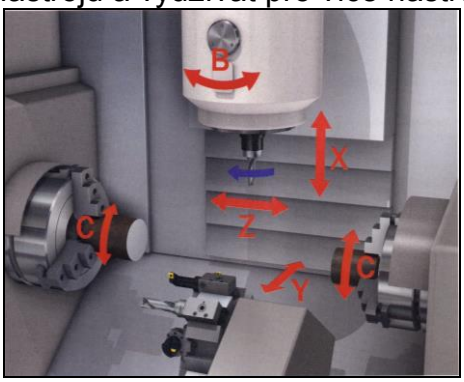
Obrázek 1 zachycuje standardní uspořádání NC revolverového soustružnického automatu se dvěma poháněnými vřeteny. Ze směru os je patrný pohyb jednotlivých nástrojů, které mohou vykonávat jak vnější operace soustružení tak i vnitřní. Navíc v některých případech je možnost použít poháněných nástrojů v revolverové hlavě a tím docílit nejen výroby rotačních ploch, ale i rovinných ploch mimoosových. Zde je zřejmý požadavek na jednoduchost upínání nářadí z důvodu rychlého přeseřízení stroje na nový tvar výrobku.

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky



Obrázek 0 Základní souřadný systém frézovacích center a možnost osazení nástrojů [1]

Klasické uspořádání frézovacích víceosých center zachycuje obrázek 2. Tyto stroje mají zásobníky nástrojů o různém počtu poloh a vzhledem k minimalizaci ztrátových časů při výměně nářadí se nástroje mohou vyměňovat ze zásobníku za chodu stroje mimo pracovní prostor stroje. Nicméně konstrukce těchto center umožňuje obrábět tvary na součásti mnoha technologiemi obrábění a proto je opět nutné redukovat počet upínacích systémů nástrojů a využívat pro více nástrojů jeden držák.



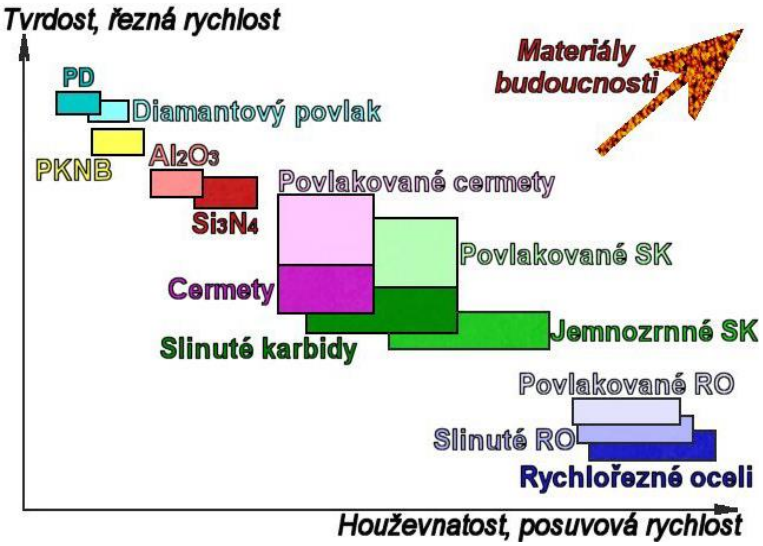
Obrázek 3 Základní souřadný systém víceúčelových center a možnosti osazení nástrojů [1]

Víceúčelová centra v sobě zahrnují možnosti a přednosti předešlých dvou variant strojů a tedy dokáží sdružit do jednoho pracovního prostoru veškeré technologie obrábění. K tomu musí být uzpůsobeny systémy upínání nástrojů a jak zachycuje obrázek 3, jedná se o upnutí rotačních i nerotačních nástrojů. Proto u těchto center bude nejvyšší požadavek na jednoduchost upínaní pomocí jednoho systému.

Je tedy patrné, že každá technologie obrábění má svá specifika, na druhou stranu je snaha minimalizovat jednotlivé konstrukční prvky nástrojů pro jednotné systémy upínání. Pokud se tedy soustředíme na problematiku nástrojů bez ohledu na konstrukci stroje, zjistíme, že z hlediska konstrukce nástrojů při jejich návrhu musíme postupovat stejným způsobem. Každý nástroj se skládá ze základních konstrukčních prvků jako je především upínací část popř. ložná část a z řezné části. Dalším prvky konstrukce se odvíjejí od technologie obrábění a tvaru obráběné plochy jako je např. zubová mezera, tvar drážky zubové mezery (přímá x ve šroubovici) atd.

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky

Asi nejintenzivnější výzkum je věnován z hlediska řezných nástrojů vývoji řezných materiálů. Jsou kladeny velmi vysoké nároky na řezný materiál, který tak musí splňovat mnoho požadavků najednou a výrobci jsou nuceni přibližovat se ideálnímu nástroji. To lze splňovat kombinací velmi kvalitních řezných materiálů, na ně aplikovat nové geometrie břitů, které dnešní systémy umožňují vybrousit a novými technologiemi povrchových úprav břitů. Prakticky nabídka řezných materiálů se po dlouhou dobu let nezměnila a stále platí v základu stejné uspořádání, tak jak ukazuje obrázku 4.



Obrázek 4 Druhy nástrojových materiálů [2]

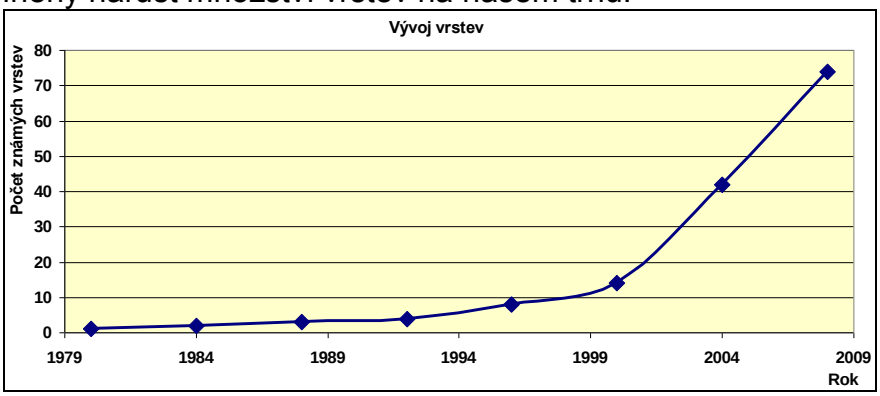
Na druhou stranu neustále trvá vývoj jednotlivých těchto materiálů a každá skupina se dělí na podskupiny materiálů, které současné trendy vyžadují. Tzn., že řezné materiály jsou optimalizovány pro daný obráběný materiál, tomu odpovídá např. v případě SK upravené chemické složení, velikost zrna, množství pojiva, technologický proces přípravy, vlastní výroba a v neposlední řadě i výsledná geometrie břitu a povrchová úprava. Každý výrobce dnes musí umět dokladovat všechny vlastnosti výrobku a umět dohledat případné chyby. To vše bezesporu předepisují normy ISO, kdy v ČR platí základní normy systému řízení jakosti ISO 9001: 2000. Navíc se dnes kladou velmi vysoké požadavky na hledisko environmentální ISO 14001: 2004, a to i v těžkém průmyslu. Ze strany EU je vytvářen velmi vysoký tlak a každoročně jsou snižovány již velmi přísné limity znečišťování životního prostředí. Proto se dnes vývoj v oblasti řezných nástrojů také ubírá směrem, jak zamezit používání procesních kapalin a především pak olejových emulzí a případně, jak tyto kapaliny ekologicky likvidovat nebo je nahradit něčím jiným.
Používání procesních kapalin má své klady i zápory. Hlavním kladem je bezesporu jejich chladící a mazací účinek. Např. při snížení teploty nástroje o 25°C se jeho životnost prodlouží až trojnásobně. Hlavním negativem je jejich celkový životní cyklus a s tím spojené celkové náklady. Např. náklady na nákup a likvidaci kapalin ve

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky

strojírenství tvoří v průměru až 15% výrobních nákladů na obráběné součástky. Vyhovět a splnit velmi přísné požadavky norem lze několika, dnes již používanými, způsoby. Jsou to především:
Mazání minimálním množstvím maziva, tzv. metoda MQL – v tomto případě je přiváděné množství kapaliny minimalizováno na cca 10 ml/hod. Při tomto způsobu odpadá intenzivní chlazení i odvod třísek z místa řezu a z pracovního prostoru stroje prostřednictvím média a vzniká tak problém s jejich odstraňováním tak, aby se zabránilo tvarové změně základních rozměrů výrobní soustavy. Dalším problémem je tvorba aerosolu, který má nepříznivý účinek z hlediska toxikologie a pracovní hygieny.
Další možností v této oblasti je změna receptur kapalin mísitelných s vodou - řešením jsou nové procesní kapaliny mísitelné s vodou, jejichž pH se pohybuje mezi 7,0 až 5,5. U takto koncipovaných kapalin s pH blízkým pokožce nebyla během testů prokázána nesnášenlivost s pokožkou.
Poslední ze základních možností, jak ovlivnit místo řezu, je obrábění za sucha. Pro udržení stávající produktivity je tento směr podmíněn vývojem progresivních řezných materiálů nebo jejich povrchových úprav, které budou mít vysokou tepelnou stabilitu a svými špičkovými kluznými vlastnostmi budou snižovat teplo vzniklé třením při procesu řezání. Absolutní přechod na suché obrábění je však například při vrtání nástroji z SK jen velmi těžko realizovatelný, neboť čistící a chladící účinek procesní kapaliny je zde v některých případech nezbytný. Nicméně i zde se již nasazují metody MQL a je dosahováno velmi dobrých výsledků. Je možné používat z hlediska odvodu třísek i vzduchové médium, ale zde se opět setkáváme s problémy z hlediska hygienického. Bezesporu oblast, kde se podařilo celkově odstranit použití procesních kapalin, je již zmíněné obrábění v režimu HSC, které je nasazováno pro obrábění jak v oblasti materiálů s nízkou teplotou tavení (např. Al slitiny), tak i v oblasti těžkoobrobitelných materiálů o vysoké tvrdosti a pevnosti. Tato technologie umožňuje při vysokých řezných rychlostech dosáhnout vysokých teplot blížících se teplotě tavení a odebíraná vrstva materiálu obrobku již neklade tak vysoký řezný odpor. HSC dosahuje vysokých úběrů materiálu za jednotku času při současné vysoké kvalitě obrobené plochy a to i po tepelném zpracování.
Z výše uvedeného je tedy patrné, že je velmi nezbytné mít plně vyrovnaný a funkční systém, aby bylo možné všechny požadavky splnit. V této souvislosti je stále velmi aktuálním tématem používání tenkých otěruvzdorných vrstev. Je však nezbytné, brát soustavu tenká vrstva spolu se substrátem (v našem případě řezný nástroj) jako celek a ne každé zvlášť. Pokud se poškodí jeden z těchto elementů, tak selže celá sestava. Depozice tenkých otěruvzdorných vrstev v podobě různých typů nitridů kovů se provádí převážně na řezných, popř. tvářecích nástrojích a silně namáhaných strojních součástech. Tyto vrstvy přinesly podstatné zlepšení užitných vlastností deponovaných předmětů, např. u řezných nástrojů několikanásobný nárůst řezivosti nebo trvanlivosti, zlepšení kvality obrobeného povrchu a případně i změny technologických procesů, např. již zmíněné suché obrábění bez použití procesní

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky

kapaliny. V současné době se již pro množství jednotlivých druhů tenkých vrstev používaných v oblasti řezných nástrojů pomalu ztrácí přehled o jejich specifických vlastnostech a možnostech použití. To je do jisté míry způsobeno kontinuálním zdokonalováním depozičních zařízení a používaných technologií. Na obrázku 2-5 je viditelný zmíněný nárůst množství vrstev na našem trhu.



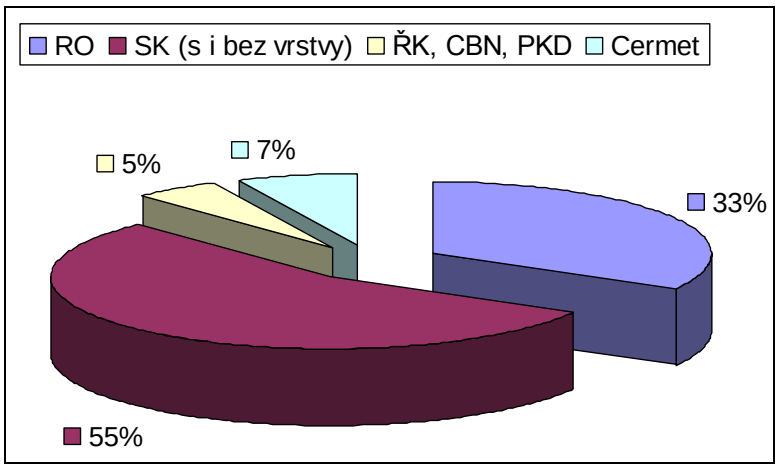
Obrázek 1 Vývoj a nárůst množství tenkých vrstev (přeloženo z originálu) [3]

Na počátku byla vrstva TiN, později se k této modifikaci přidaly systémy TiCN a CrN a dodnes velmi používaná vrstva TiAlN. V současné době známe více než 70 druhů vrstev, které jsou založeny např. na bázi Ti, Ti-C, Cr, Zr, W, Al, Si atd.

K tomu, aby tyto vrstvy byly vhodně použity, musí splňovat několik základních parametrů, ze kterých je nejvýznamnější vlastní adheze vrstvy k substrátu. Pokud adheze bude nedostačující, může mít vrstva sebelepší vlastnosti, které však nebudou využity, protože dojde k porušení systému již v prvních fázích zatížení. Je tedy nezbytné, aby depoziční procesy, přípravné fáze a výroba substrátu, předdepoziční úpravy a čištění substrátu a v některých případech i podepoziční úpravy nebyly v žádném případě podceňovány. Ve všech těchto oblastech je veden velmi cílený výzkum za účelem dosažení dokonalého spojení systému substrát – tenká vrstva.

Vzhledem k tomu, že nástroje deponované metodou PVD, která se používá především při depozici nástrojů z SK a vyšších řádů, tak se jejich podíl použití zvyšuje, tak jak je zřejmé z obrázku 6.

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky

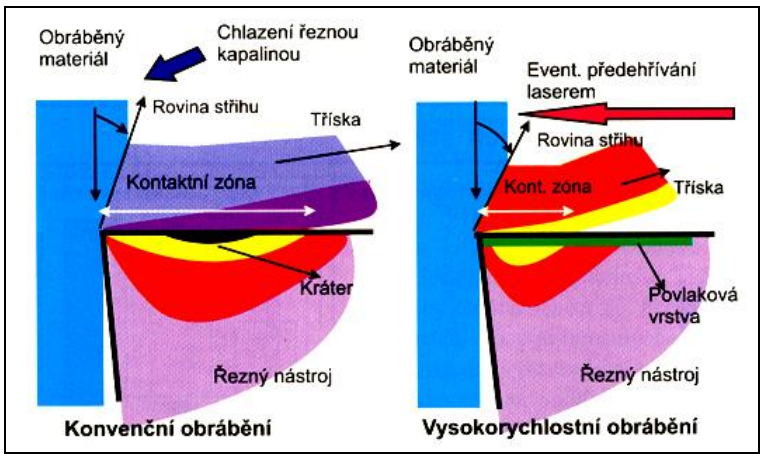


Obrázek 2 Světový podíl řezných materiálů

Zvyšování řezivosti nástrojů pomocí PVD technologií je v současné době hlavním směrem pro zvýšení užitných vlastností řezných nástrojů a to jak monolitních, tak i s vyměnitelnými břitovými destičkami. Jak naznačila úvodní kapitola i dnes je v této oblasti vyvíjen velmi intenzivní výzkum. Na druhou stranu je zde omezení dosavadními technologiemi popř. chemickými, fyzikálními a mechanickými vlastnostmi používaných materiálů. Proto se hledají nové cesty, jak se přiblížit již zmíněnému ideálnímu nástroji.

V souvislosti s rozšířením NC obráběcích strojů a jejich dalším vývojem změnily se zásadně pracovní podmínky nástrojů, na které musela být přizpůsobena i jejich konstrukce. Nové teoretické poznatky o účincích teploty řezání na proces tvoření třísky při vysokých řezných rychlostech a možnosti obráběcích strojů takové rychlosti dosáhnout (až 10 000 m/min) vedly k zavedení vysokorychlostního obrábění (HSC), obrázek 7. Za převratné lze rovněž považovat tzv. suché a tvrdé obrábění řazené též do této technologie. Suché obrábění předpokládá plné vyloučení nebo alespoň minimalizaci přívodu procesní kapaliny (metoda MQL) vedoucí ve svém důsledku ke značným úsporám výrobních nákladů, dříve nutných k pořízení a konečné likvidaci těchto prostředků. Tzv. tvrdé obrábění představuje obrábění velmi tvrdých materiálů (kalených ocelí aj.) nástrojem s definovaným tvarem břitu (často použit PKBN), náhradou za dříve obvyklé broušení.

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky



Obrázek 7 Konvenční a HSC obrábění [4]

Přední výrobci nástrojů nabízí pro tyto technologie vedle celistvých fréz a vrtáků ze slinutého karbidu, obrázek 3-14, též široký sortiment nástrojů s vyměnitelnými povlakovanými břitovými destičkami obvyklých tvarů upínaných do nástrojových těles nejrůznějších, často složitých tvarů, určených pro určité operace obrábění, obrázek 8.

Obrázek 8 Celokarbidové stopkové frézy ISCAR [5]

Použitá literatura

[1] Sandvik Coromant, Příručka pro praktiky, Elanders Sweeden 2010

[2] HUMÁR, A.: Materiály pro řezné nástroje, MM Publishing, s. r. o., Praha 2008, ISBN 978-80-254-2250-2

[3] CSELLE, T., CODDET, O., C. GALAMAND, HOLUBAR, P., JILEK, M., JILEK, J., LUEMKEMANN, A., MORSTEIN, M.: TripleCoatings® - A New Generation of PVD-Coatings for Cutting Tools, IN VRSTVY A POVLAKY 2008 . TRENČÍN : DIGITAL GRAPHIC, 2008. S. 9-14. ISBN 978-80-969310-7-1.

[4] Časopis MM Průmyslové spektrum.: *Vysokorychlostní obrábění*, červen 2000

[5] http://www.iscar.cz/