

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

Obrábění za sucha
diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Milan Brožek, CSc.

Autor: Ivana Veverková

PRAHA 2011

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Akademický rok 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ivana Veverková

obor Silniční a městská automobilová doprava

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze
čl. 17 odst. 2 určuje tuto diplomovou práci.

Název práce: **Obrábění za sucha**

Osnova diplomové práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Hlavní rozdíly při obrábění za sucha a s použitím řezného prostředí
4. Experimentální část - hodnocení opotřebených nástrojů, výpočet nákladů na obrábění
5. Závěr
6. Seznam literatury
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 40 - 60 stran


Doporučené zdroje:

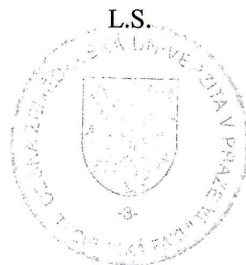
- [1] BUDA, J. – SOUČEK, J. – VASILKO, J.: Teória obrábania. ALFA/SNTL, Bratislava/Praha 1988. 392 s.
- [2] KALPAKJIAN, S.: Manufacturing processes for engineering materials. Menlo Park, Addison-Wesley Publishing Company, 1997. 950 pp.
- [3] MÁDL, J. aj.: Technologie obrábění. 1., 2. a 3. díl. Praha, ČVUT 2000. 79, 86 a 81 s.
- [4] MODERN METAL CUTTING: A Practical Handbook. Sandviken, Sandvik Coromant, 1994. 896 pp.
- [5] NOVÁK, P.: Návrh metodiky hodnocení procesních kapalin při osových operacích obrábění. Disertační práce. ČVUT, FSI 2005. 201 s.
- [6] SMITH, G. T.: CNC machining technology. London, Springer – Verlag 1993. 434 pp.
- [7] časopisy: MM Průmyslové spektrum, Strojárstvo / Strojírenství, Technický týdeník, Technik.
- [8] firemní literatura: katalogy, prospekty

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Milan Brožek, CSc.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2011


.....
Vedoucí katedry




.....
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu. Další informace mi poskytla firma Škoda auto a.s. a firma Walter.“

V Mladé Boleslavi dne 25.3.2011

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé práce, panu prof. Ing. Milanu Brožkovi, CSc., za odborné vedení během mé práce. Dále bych chtěla poděkovat firmě Škoda auto a.s. za umožnění provedení zkoušky a firmě Walter za poskytnuté informace použité v experimentální části této diplomové práce.

Abstrakt: Cílem této diplomové práce je poukázat na výhody suchého obrábění a jaké jsou rozdíly mezi suchým obráběním a obráběním za pomoci procesní kapaliny. V kapitole číslo tři je popsáno základní rozdělení procesních kapalin a požadavky na ně. Dále jsou v této kapitole popsány výhody a nevýhody suchého obrábění a rozdělení řezných materiálů, které se při obrábění používají. Experimentální část – kapitola číslo čtyři – je věnována zkoušení vyměnitelných břitových destiček – VBD. V první části této kapitoly je popsána příprava před obráběním. Na základě této přípravy byla odzkoušena životnost a naměřeno opotřebení hřbetu VBD. Na závěr jsou ekonomicky zhodnoceni jednotliví výrobci VBD.

Klíčová slova: suché obrábění, vyměnitelná břitová destička, opotřebení hřbetu nástroje, životnost VBD

Dry cutting

Summary: The main target of this diploma is to highlight advantages of dry cutting and to show differences between dry and wet cut. In the chapter Nr.3 has been described the basic categorization and demand of coolant liquid. Furthermore are covered the advantages and disadvantages of dry cutting and also the cutting material (grades and substrates) classification, which has been used for the machining itself. In the experimentel chapter Nr.4 is focused on trial of indexable inserts. In the first part of the chapter we describe the preparation before cutting process. Based on that arrangement the tool life was tested and the flank wear was measured. At the end there are economically evaluated individual insert manufacturer.

Key words: dry cutting, indexable insert, flank wear, tool life of insert

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce a metodika	2
3. Hlavní rozdíly při obrábění za sucha a s použitím řezného prostředí	3
3.1 Procesní kapaliny	3
3.1.1 Požadavky na procesní kapaliny	4
3.1.2 Rozdělení procesních kapalin	5
3.2 Suché obrábění	6
3.2.1 Výhody suchého obrábění	6
3.2.2 Nevýhody suchého obrábění	9
3.3 Materiály pro řezné nástroje	10
3.3.1 Slinuté karbidy	11
3.3.2 Cermety	18
3.3.3 Řezná keramika	19
3.3.4 Supertvrdé materiály	21
4. Experimentální část - opotřebení nástrojů	23
4.1 Příprava	25
4.2 Zkouška trvanlivosti břitových destiček	33
4.3 Měření opotřebení vyměnitelných břitových destiček	36
4.4 Ekonomické zhodnocení jednotlivých VBD	42
5. Závěr	55
6. Seznam použité literatury	56
7. Přílohy	

1. Úvod

V oblasti třískového obrábění, probíhá neustálý pokrok. Jak uvádí odborná literatura, tak situace na trhu týkající se obrábění, se mění každých tři až pět let. Neustále se zvyšují nároky na řezné nástroje, technické provedení obráběcích strojů i softwaru pro tvoření NC programů. [6]

V současné době je v třískovém obrábění nejvýraznějším trendem především suché obrábění nebo tzv. systémy MQL – mazání s minimální spotřebou maziva, obrábění vysokými řeznými i posuvovými rychlostmi a obrábění tvrdých a těžkoobrobitelných materiálů.

Tyto technologie se vyvíjí společným směrem - jejich cílem je dosáhnout odebrání maximálního množství materiálu za jednotkový čas, snižování výrobních nákladů a také snižování ekologického zatížení životního prostředí způsobené procesními kapalinami při obrábění. [6]

Teoretická část této práce je věnována těmto trendům, především pak suchému obrábění. Jaké má výhody či nevýhody oproti použití procesních kapalin při obrábění. Bude také popsáno rozdělení materiálů pro řezné nástroje a jejich použití. V experimentální části budu zkoumat trvanlivost vyměnitelných břitových destiček od jednotlivých výrobců a jejich ekonomický dopad na hospodárnost obrábění.

2. Cíl práce a metodika

Cíl práce

Cílem této práce je zhodnocení trvanlivosti a opotřebování vyměnitelných břitových destiček - VBD od jednotlivých výrobců řezných nástrojů při provozní zkoušce. A dále výpočet nákladů na vyměnitelné břitové destičky na dávku, která byla 6500 kusů.

Metodika práce

Při provozní zkoušce byl pro obrábění použit materiál, který se dle normy WV 01155 značí TL 4521. Tento materiál odpovídá oceli 16220. Rozměry a struktura materiálu je popsána v experimentální části.

Postup zkoušky:

- Shromáždění informací pro vhodné zvolení nástrojů a určení řezných podmínek
- Zaznamenávání trvanlivosti jednotlivých VBD a jejich následné vyhodnocení
- Změření velikosti opotřebení VBD a určení optimálního opotřebení
- Výpočet nákladů na VBD na jeden obrobek a porovnání mezi jednotlivými výrobci

3. Hlavní rozdíly při obrábění za sucha a s použitím řezného prostředí

Vhodnou volbou řezného prostředí výrazně ovlivňujeme průběh a výsledky řezného procesu, protože při stejných podmínkách obrábění, mohou být účinky různých prostředí na řezný proces odlišné. Tento vliv lze sledovat např. na trvanlivosti bříty nástroje, teplotě řezání a velikosti sil při obrábění. Dalšími ukazateli ve vztahu k funkčním vlastnostem obrobku jsou především drsnost obrobeného povrchu, zbytková napětí v povrchové vrstvě nebo zpevnění obrobené plochy. [3]

V současné době se při obrábění používají jak klasické způsoby chlazení řezného procesu, tak i moderní technologie chlazení a mazání, mezi které patří mazání minimálním množstvím kapaliny MQL a suché obrábění, kde je přiváděn do místa řezu chlazený nebo mražený vzduch. [4]

3.1 Procesní kapaliny

Procesní kapaliny mají stále v technologické praxi rozhodující váhu, a proto je v současné době snaha dosáhnout co nejvyššího stupně souladu s ekologickými požadavky. [1]

Přístupy, které snižují ekologické zatížení způsobené procesními kapalinami:

- nové procesní kapaliny s vyššími užitnými vlastnostmi a menšími riziky z hlediska znečišťování v průběhu vlastního procesu či při likvidaci
- ošetřování a monitoring procesních kapalin a procesů. Vývoj a zavádění metod zabezpečujících dlouhodobě vysokou stálost jakosti procesních kapalin
- Systémy MQL [1]

Systémy MQL - Minimum Quantity Liquid

Jsou zaměřeny na minimalizaci aplikované procesní kapaliny ve formě jemně rozptýlené směsi orientované přímo do místa řezu. Mazání minimálním množstvím kapaliny umožňuje speciální zařízení, které vytváří aerosol vzduchu a oleje. Pomocí tohoto zařízení je velmi malé množství oleje (v řádu ml za hodinu) dodáváno přímo

na stykové plochy mezi nástroj a třísku, případně obrobený povrch, čímž se snižuje množství tepla vznikajícího vlivem tření. [1]

Hlavním motivem pro vývoj procesních kapalin a jejich aplikací jsou požadavky definované vlastním technologickým procesem.

3.1.1 Požadavky na procesní kapaliny

Chladicí účinek

Chladicím účinkem se rozumí schopnost řezného prostředí odvádět teplo z místa řezu. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že řezné prostředí obklopuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá část vzniklého tepla. [3]

Mazací účinek

Mazací účinek je vyjádřen schopností prostředí vytvořit na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Mazací účinek znamená zmenšení řezných sil, zmenšení spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobeného povrchu. [3]

Řezný účinek

Do mikrotrhlin v povrchu obráběného materiálu vniká procesní kapalina a svým účinkem přispívá k snadnějšímu oddělování třísky. [1]

Čisticí účinek

Čisticí účinek řezného prostředí znamená, že jeho přívod odstraňuje třísky z místa řezání a zlepšuje např. vlastnosti brousicího kotouče tím, že vyplavuje zanesené póry. Řezné prostředí má také bránit slepování částic, které vznikají při řezání a usnadňovat jejich usazování. [3]

Protinárůstkový vliv

V podstatě se jedná buď o odstranění, nebo o vhodný stupeň stabilizace nárůstku tak, aby se projevil pouze jeho pozitivní ochranný vliv na břit nástroje. [1]

Ochranný účinek

Ochranný účinek řezného prostředí se projevuje tím, že nenapadá kovy a nezpůsobuje korozi. Toto je důležitý požadavek proto, aby nebylo nutné výrobky mezi operacemi konzervovat, aby se také stroje chránily před korozí. [3]

3.1.2 Rozdělení procesních kapalin

Procesní kapaliny lze rozdělit do tří základních skupin, které v případě třískového obrábění korespondují s řeznou rychlostí:

- *kapaliny s výrazným mazacím účinkem pro nízké řezné rychlosti*
- *kapaliny s mazacím i chladícím účinkem pro střední řezné rychlosti*
- *kapaliny s převažujícím chladícím účinkem pro vysoké řezné rychlosti [3]*

Podle charakteristiky vlastností, rozhodujících převážně o účelu použití, tj. podle chladicího a mazacího účinku, se procesní kapaliny třídí do dvou hlavních skupin:

- *čisté řezné oleje*
- *emulze [3]*

Čisté řezné oleje lze rozdělit do následujících skupin:

- *minerální oleje*
- *mastné oleje*
- *olejové směsi na bázi minerálních a mastných olejů*
- *oleje s vysokotlakými přísadami*

Emulze se dělí na:

- *olejové emulze*
- *syntetické nebo chemické chladicí kapaliny*

V určitých případech může být jako chladicí a mazací prostředek použit rovněž plyn. Nejběžnějším plynným médiem je vzduch, používá se však také freon, oxid uhličitý a rovněž kapalný argon a dusík. Všechny plynné látky mají relativně malý chladicí účinek. Jedním z účinných způsobů chlazení plynem je chlazením stlačeným CO₂. Tento způsob je většinou doporučován při obrábění těžkoobrobitelných materiálů. Tato metoda, i když přináší možnost zvýšení výkonu obrábění, má řadu nevýhod, k nimž patří především vysoké náklady na CO₂, jisté nebezpečí při jeho používání a nutnost dokonalého odsávání a větrání pracoviště. [2]

3.2 Suché obrábění

Nový trend obrábění označovaný zkratkou DM – Dry Machining znamená soustružení, frézování a v určitém rozsahu i vrtání bez používání jakékoliv procesní kapaliny. Tento přístup umožňuje dosahovat velkých úspor výrobních nákladů a má značné výhody z hlediska ochrany životního prostředí. Podle dostupných údajů se v Německu spotřebuje ve strojírenské výrobě za rok přes 75 tisíc tun různých druhů procesních kapalin. Procesní kapaliny představují asi 10 – 15 % nákladů vynaložených na obrábění. [4]

3.2.1 Výhody suchého obrábění

Využití metody DM umožňuje dosahovat velkých úspor výrobních nákladů. V první řadě odpadnou náklady potřebné na nákup procesních kapalin a na jejich likvidaci po využití. Dále nejsou nutné investice do zařízení pro manipulaci, čištění a skladování procesních kapalin. Manipulace, skladování, čištění a likvidace procesních kapalin je náročný a složitý proces s velkými riziky úniku. Přechodem na metodu DM lze získat čistější a zdravější dílny. Nedochozí k rozprašování procesní kapaliny a ke vzniku nepořádku na pracovišti, takže se zlepšují pracovní i životní prostředí a také bezpečnost práce. Odpadá nutnost čištění obrobků před

následujícími operacemi, čímž se zmenší riziko vzniku alergických reakcí u pracovníků obsluhujících obráběcí stroje. [4]

Další výhodou je větší produktivita obrábění. Pokud se procesní kapalina přestane používat, je teplota při obrábění větší, ale také stálější. To často znamená delší trvanlivost břitů nástrojů, lepší utváření třísky a větší výkon obrábění. [5]

Jedním z hlavních argumentů suchého obrábění je to, že v okamžiku, kdy je nástroj zasažen chlazením, dochází k výraznému teplotnímu šoku. Tento efekt je zvláště patrný při frézování, kdy se nástroj během celého obrábění otáčí. Při frézování má použití procesní kapaliny za následek, že se od jednoho záběru břitu k druhému projevuje silnější účinek výkyvů teploty. Výkyvy teplot vznikají rovněž při frézování za sucha, ale pro uživatele z toho plyne menší počet výrazných nevýhod, protože je k dispozici celá řada druhů řezných materiálů, které byly vyvinuty tak, aby odolávaly působení teplot ve větší míře. Přiváděná procesní kapalina zvyšuje teplotní výkyvy tím, že působí na břit jen v okamžiku, kdy břit není v záběru. Břit je neustále zahříván a v zápětí ochlazován. Vlivem tepelného šoku vznikají ve vyměnitelné břitové destičce trhliny, vyvolané pnutím, které způsobují vydrolování ostří břitu a tím předčasné ukončení použitelnosti vyměnitelné břitové destičky. Moderní druhy slinutých karbidů, nevyžadují při obrábění použití procesní kapaliny. Mají při frézování za sucha větší trvanlivost břitu. Musí-li být při obrábění použita procesní kapalina, například z důvodu vyplavování třísek při obrábění stopkovou frézou, měl by být přívod kapaliny dostatečný. Procesní kapalina musí být v každém případě používána v dostatečném množství po celou dobu, po kterou nástroj obrábí. Přerušovaný nebo krátkodobý přívod procesní kapaliny není přípustný. Při řezných rychlostech, které jsou v současné době při používání slinutých karbidů dosahovány, vznikají v zóně řezu velmi vysoké teploty. Každá procesní kapalina, která by se dostala do blízkosti břitu, který je v záběru, by se okamžitě proměnila v páru a ztratila tak jakýkoliv chladicí efekt. Čím vyšší hodnoty teplota v zóně řezání dosáhne, tím méně účelné je používání procesní kapaliny. [5]

HSC - High Speed Cutting

Metoda, která podporuje suché obrábění se nazývá vysokorychlostní obrábění HSC. Tato metoda využívá vyšší pracovní otáčky ve srovnání například s běžným frézováním. V následujících dvou tabulkách jsou uvedeny orientační hodnoty pracovních řezných rychlostí.

Tab. 1 Orientační oblasti HSC obrábění pro vybrané druhy materiálů obrobku [6]

Materiál	Řezná rychlost [m.min⁻¹]
Ocel	800 – 1100
Slitiny Ti	100 – 150
Slitiny Ni	160 – 280
Litina	900 – 1600
Slitina Al	3000 – 6000
Plasty zpevněné vlákny	2800 – 8000
Bronz, mosaz	1100 - 3000

Tab. 2 Orientační oblasti HSC obrábění pro jednotlivé technologie obrábění [6]

Materiál	Řezná rychlost [m.min⁻¹]
Soustružení	800 – 8000
Vrtání	100 – 1100
Frézování	560 – 6000
Frézování závitů	120 – 400
Protahování	12 – 70
Broušení	6000 – 9500
Vystružování	10 – 250
Řezání	70 - 200

Mezi hlavní přednosti HSC obrábění lze zařadit:

- zvýšení objemu odebraného materiálu při hrubovacích operacích
- dosažení vysoké kvality obrobeného povrchu zpravidla bez vzniku nežádoucích reziduálních pnutí
- snížení tepelného namáhání rezného nástroje i obrobku vlivem odvodu převážné většiny tepla třískou
- snížení vzniku vibrací
- významný ekologický dopad – obrábění bez chlazení [6]

3.2.2 Nevýhody suchého obrábění

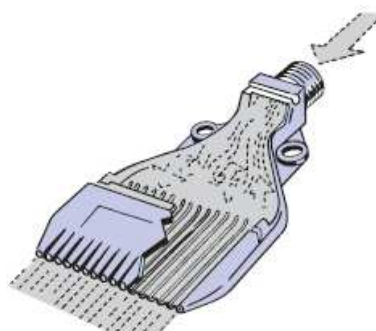
V souvislosti s obráběním za sucha je zapotřebí vyřešit určité technologické předpoklady:

- posunutí tepelné stability stávajících nástrojových materiálů na vyšší úroveň. To znamená chemicky, strukturně a technologicky připravit nové materiálové systémy, jejichž odolnost bude posunuta až na hranici 1200 – 1300 °C
- snížení energetické náročnosti procesu řezání ovlivněním zdrojů tepla při tvorbě třísky. Nutnost použití nových materiálů v kombinaci výrazně pozitivních geometrií
- doplnění obráběcích strojů o nové kontrolní a regulační systémy, které umožní kontrolovat a usměrňovat vyšší tepelnou zátěž obráběcího procesu při obrábění za sucha
- třísky, které vznikají při suchém obrábění mohou mít za následek poškození produktů a zařízení a proto je žádoucí je odsávat nebo ofukovat [7]

Obr. 1 Odsávání třísek [8]



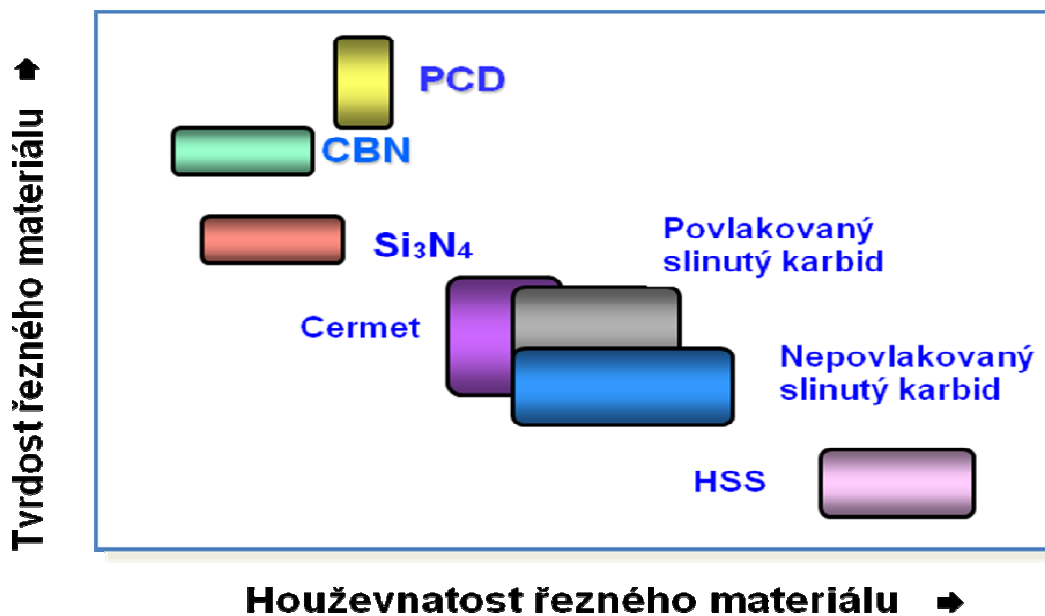
Obr. 2 Ofukování třísek



3.3 Materiály pro řezné nástroje

Vhodnou volbou řezného materiálu lze dosáhnout značných úspor nákladů vynaložených na obrábění. V současné době vznikají nové řezné materiály, které jsou vhodné pro obrábění za sucha. Převážně se jedná o břitové destičky ze slinutých karbidů, které jsou přímo určené pro tento druh obrábění. Dále to jsou např. cermety nebo keramika. Dalším trendem je vytváření řezných materiálů, které jsou v provedení jak pro mokré obrábění tak i pro suché. V této kapitole jsou popsány řezné materiály, které se pro obrábění používají a jejich charakteristika. [4]

Obr. 3 Řezné materiály pro obrábění [9]



3.3.1 Slinuté karbidy

Výroba a vlastnosti slinutých karbidů

Slinuté karbidy jsou materiály vyráběné práškovou metalurgií. Podstatou procesu výroby je lisování směsi prášku tvrdých karbidických částic s práškem pojícího kovu, nejčastěji kobaltu, a následné slinování při teplotě blízké bodu tavení pojiva. Tím vzniká kompaktní materiál, jehož tvrdost se blíží tvrdosti výchozích karbidů a který vyniká poměrně vysokou pevností, protože jeho struktura je tvořena pevnou kostrou pojícího kovu, která obklopuje zrna relativně křehkých karbidů. Slinuté karbidy používané pro obrábění obsahují více než 80% částic tvrdé fáze WC - karbidů wolframu. [9]

Velikost zrna WC je jedním z nejdůležitějších parametrů mající vliv na tvrdost/houževnatost dané třídy. Menší velikost zrna, vyšší tvrdost. Množství a složení pojiva určuje houževnatost a odolnost dané třídy proti plastické deformaci. S rostoucím množstvím pojiva se zvýší houževnatost dané třídy. Kubické karbonitridy jsou obvykle přidávány za účelem zvýšení tvrdosti za vysokých teplot a vytvoření gradientu. Gradienty se využívají pro získání kombinace zvýšené odolnosti proti plastické deformaci a houževnatosti bříty. [9]

- Střední až velká velikost zrn WC

poskytují skvělou kombinaci vysoké tvrdosti za zvýšených teplot a houževnatosti. Toho se využívá v kombinaci s PVD a CVD povlaky u tříd pro všechny oblasti použití. [9]

- Malá nebo submikroskopická velikost zrn WC

využívají se u ostrých břitů s PVD povlaky pro další zvýšení pevnosti ostré řezné hrany. Výhodou je taky jejich vynikající odolnost proti tepelným trhlinám a mechanickému cyklickému zatížení. [9]

Obecný postup výroby slinutých karbidů lze rozdělit do následujících základních operací:

- Výroba práškového wolframu
- Výroba práškových karbidů a kobaltu
- Příprava směsí uvedených prášků (míchání, homogenizace, mletí, sušení a granulace)
- Formování směsi (lisování, vytlačování)
- Předlisování zformovaných směsí
- Úprava tvaru předsunutého tělesa (v případě potřeby)
- Slinování (1350 – 1650 °C)
- Vysokoteplotní izostatické lisování [9]

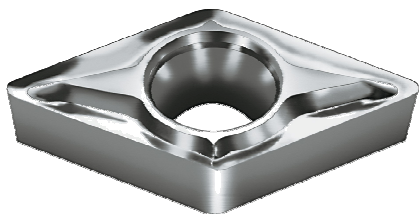
Pro všechny druhy slinutých karbidů, určených k obrábění (povlakovaných i nepovlakovaných), je základním karbidem pro výrobu karbid wolframu (WC). Jako pojící kov se používá kobalt (Co), dalšími složkami jsou karbidy titanu (TiC), tantalu (TaC), chromu (Cr_3C_2) a niobu (NbC).

Nepovlakované slinuté karbidy

Rozdělení a značení

V současné době jsou tyto karbidy označovány podle normy ČSN ISO 513 symboly HW a HF a podle užití obráběného materiálu jsou rozděleny do šesti skupin: P, M, K, N, S, H. [9]

Obr. 4 Nepovlakovaný slinutý karbid



Skupina P

- je značena modrou barvou
- dělí se na podskupiny P01-P05-P10-P15-P20-P25-P30-P35-P40-P45-P50

Pro obráběné materiály, které vytvářejí dlouhou třísku je určena *skupina P*. Mezi tyto materiály patří uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Řezné síly při obrábění jsou vysoké a dochází ke značnému opotřebení na čele nástroje (výmol, žlábek). Ke zlepšení odolnosti proti tomuto opotřebení, obsahuje tato skupina slinutých karbidů velké množství TiC a TaC. Přísada TiC zaručuje zvýšenou odolnost proti difúzi za vysokých teplot, která je jednou z hlavních příčin vytváření výmolu na čele nástroje v místě styku s odcházející třískou. Dále má i vyšší tvrdost ve srovnání s WC. Nevýhodou je vyšší křehkost. [10]

Skupina M

- je značena žlutou barvou
- dělí se na podskupiny M01-M05-M10-M15-M20-M25-M30-M35-M40

Skupina M je vhodná pro materiály, které vytvářejí dlouhou a střední třísku. Jsou to lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny. Tyto slinuté karbidy se často používají pro těžké hrubovací a přerušované řezy, protože jsou vysoce houževnaté. [10]

Skupina K

- je značena červenou barvou
- dělí se na podskupiny K01-K05-K10-K15-K20-K25-K30-K35-K40

Skupina K je vhodná pro obrábění materiálů, které tvoří krátkou a drobnou třísku, především tedy pro šedé litiny, nezelezné slitiny a nekovové materiály. Řezné síly jsou relativně nízké. Vzhledem k obrábění vysokými reznými rychlostmi, zejména u litin, které obsahují vměstky písku, dochází nejčastěji k abrazivnímu opotřebení. Abychom získali potřebnou odolnost proti tomuto opotřebení, měl by karbidový

substrát být tvrdý a povlak by měl mít tlustou vrstvu oxidu hlinitého. Protože tvrdou strukturu této skupiny tvoří jen karbid wolframu, u kterého klesá tvrdost se zvyšující se teplotou rychleji než u jiných karbidů, není vhodná skupina K pro obrábění materiálů tvořící dlouhou třísku, která o mnoho více tepelně zatěžuje čelo nástroje. Litina se nejčastěji obrábí pomocí břitových destiček bez utvařeče, protože ty mají pevné a odolné břity. Využívá se obrábění za sucha, ale lze využít i mokré obrábění, které snižuje znečištění prachovými částicemi. [10]

Skupina N

- je značena zelenou barvou
- dělí se na podskupiny N01-N05-N10-N15-N20-N25-N30

Pro neželezné měkké materiály jako je např. hliník, který tvoří dlouho třísku, je určena *skupina N*. Řezné síly jsou nízké. Čistý hliník lehce ulpívá na břitu nástroje, a proto je nutné používat ostré břity a vysoké řezné rychlosti. Pomocí nepovlakovaných slinutých karbidů lze obrábět tento materiál tehdy, je-li obsah Si nižší než 7 – 8 %. Jestliže má hliník vyšší obsah Si, musí se použít PKD – polykrystalický diamant. Nejběžněji obráběnými součástmi jsou např. bloky motoru, hlavy válců, skříně převodovek. [10]

Skupina S

- je značena hnědou barvou
- dělí se na podskupiny S01-S05-S10-S15-S20-S25-S30

Skupina S se používá pro žáruvzdorné slitiny a titan. Žáruvzdorné slitiny můžeme pak rozdělit do třech skupin: slitiny na bázi niklu, na bázi železa a na bázi kobaltu. Průběh obrábění se u jednotlivých slitin liší, vzhledem k jejich chemickým vlastnostem a metalurgickým procesům, kterými slitiny během výroby prochází. Řezné síly jsou velmi vysoké. Tvoří se článkovitá tříska. [10]

Skupina H

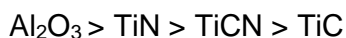
- je značena tmavošedou barvou
- dělí se podskupiny H01-H05-H10-H15-H20-H25-H30

Pro tvrzené oceli je vhodná *skupina H*. Mezi nejčastější patří cementované oceli, nástrojové oceli a oceli pro kuličková ložiska. Vzhledem k obrábění tvoří nejmenší skupinu a nejvíce se využívají při dokončovacích operacích. Řezné síly jsou poměrně vysoké. Tříška se dobře láme. Materiál nástroje musí být dobře odolný proti plastické deformaci a abrazivnímu opotřebení a musí mít dobrou mechanickou pevnost a chemickou stabilitu. [10]

S rostoucím číslem podskupiny se zvyšuje obsah pojícího kovu, roste houževnatost a pevnost v ohybu, klesá tvrdost a otěruvzdornost, z hlediska doporučených řezných podmínek klesá řezná rychlost a roste rychlost posuvu a průřez odebírané třísky. [9]

Povlakované slinuté karbidy

K hlavním faktorům, které ovlivňují fyzikální a mechanické vlastnosti a tím i řezný výkon povlakovaných slinutých karbidů, patří druh povlaku a jeho tloušťka, metoda povlakování a substrát. Pro řezný výkon je také důležitá drsnost povrchu povlaku a koeficient tření. Odolnost povlaku proti opotřebení závisí na typu povlaku. Povlak Al_2O_3 s vynikající termochemickou stabilitou vykazuje vyšší trvanlivost než TiC při vysokých řezných rychlostech, kde převládá tepelné opotřebení. S poklesem řezné rychlosti, kdy začíná převládat abrazivní opotřebení, narůstá trvanlivost u povlaku TiC, který je tvrdší než Al_2O_3 . Obecně lze povlaky dle odolnosti proti tepelnému opotřebení seřadit následovně: [9]



Pořadí podle odolnosti proti abrazivnímu opotřebení je opačné. Proto jsou povlaky Al_2O_3 používány pro vysoké řezné rychlosti, zatímco TiC je vhodný pro nízké řezné rychlosti, samozřejmě v rozsahu určeném pro povlakované karbidy. V následující tabulce 3 jsou porovnány vlastnosti základních povlakových materiálů. [9]

Tab. 3 Obecné porovnání vlastností základních povlakovaných materiálů [9]

Hodnocení	Chemická stabilita	Odolnost proti oxidaci	Tvrдость	Tvrдость za tepla
Nejlepší	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiC	Al ₂ O ₃
↑	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN
	TiN	TiN	TiCN	TiN
	TiCN	TiCN	Al ₂ O ₃	TiCN
Nejhorší	TiC	TiC	TiN	TiC

Pro povlakování se v současnosti vyrábí speciální podkladové slinuté karbidy, na které se povlaky nanášejí. Nebo se dají využít běžné slinuté karbidy typu K, P a M. Na tyto podklady se nanášejí tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí a výbornou odolností proti opotřebení. Metody povlakování můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin: [9]

Metoda PVD (Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování)

Je charakteristická nízkými pracovními teplotami (pod 500 °C). Tato metoda byla původně vyvinuta pro povlakování nástrojů z rychlořezných ocelí (nízká teplota zaručuje, že nedojde k tepelnému ovlivnění nástroje), v poslední době dochází k významnému rozvoji metod PVD a rozšiřování jejich aplikací. PVD povlaky zvyšují odolnost proti otěru. Jejich vnitřní tlaková pnutí jsou také důvodem nárůstu houževnatosti bříty a odolnosti proti hřebenovým trhlinám. [9]

Povlak je nejčastěji vytvářen:

- napařováním
- napařováním
- iontovou implantací

Obr. 5 Slinutý karbid s PVD povlakem



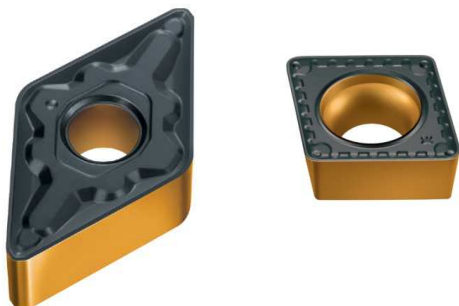
Metoda CVD (Chemical Vapour Deposition – chemické napařování z plynné fáze)

Jedná se o chemický proces povlakování, který je založen na reakci plynných chemických sloučenin v plazmě, která se tvoří v bezprostřední blízkosti povrchu podkladového slinutého karbidu a následném uložení produktů heterogenní reakce na tomto povrchu. Tento proces probíhá za vysokých teplot (1000 – 1200 °C). CVD povlaky mají vysokou odolnost proti otěru a skvělou adhezi ke slinutým karbidům. Prvním povlakem, nanesený metodou CVD, byl jednovrstvý povlak z karbidu titanu. Povlaky oxidu hlinitého a nitridu titanu byly zavedeny později. Další zlepšení přinesly moderní povlaky z karbonitridu titanu, který chrání povrch slinutého karbidu a udržují jej neporušený. [10]

Povlakování se provádí v těchto variantách:

- tepelně indukovaná
- plazmatický aktivovaná
- elektronově indukovaná
- fotonově indukovaná [9]

Obr. 6 Slinuté karbidy s CVD povlakem



3.3.2 Cermety

Tento název se skládá ze slov CERamik – METal, to znamená keramické částice s kovovým pojivem. Cermet je společný název pro všechny tvrdé kovokeramické materiály, u nichž jsou tvrdé složky tvořeny karbidem titanu, karbonitridem titanu, nitridem titanu. Jako pojivo se používá nikl a v současné době i kobalt. V praxi lze cermety považovat za slinuté karbidy zhotovené na bázi titanu. Z počátku tyto materiály byly velice křehké. Vývojem, kdy se začal přidávat molybden a zvýšil se přísávek nitridu titanu, získaly cermety lepší houževnatost a tak se mohou uplatňovat i při vysoce náročných operacích. Za účelem zvýšení jejich odolnosti proti otěru je můžeme povlakovat metodou PVD. [9]

Obr. 7 Povlakovaný cermet



Vlastnosti cermetů lze shrnout následovně:

- vysoká odolnost proti opotřebení hřbetu a opotřebení ve tvaru žlábků na čele
- vysoká chemická stabilita a tvrdost za tepla
- malý sklon k vytváření nárůstků
- malý sklon k oxidačnímu opotřebení [10]

Typické použití těchto materiálů jsou dokončující operace korozivzdorných ocelí, nízkouhlíkových ocelí, feritických ocelí, ale používají se i pro obrábění jiných materiálů na bázi železa. Cermety se s výhodou prosazují při velkých řezných rychlostech, malých posuvech a hloubkách řezu zvláště tak, kde důležitými kritérii jsou přesnost rozměrů a jakost obrobeného povrchu. Ideálními podmínkami pro obrábění by měla být stabilita procesu a obrábění bez přerušovaných řezů. Ostrý a

trvanlivý břit je často výhodou při obrábění velkého počtu kusů, zvláště tam, kde jsou přídávky na obrábění udržovány v úzkých tolerancích. To, že jsou vhodné pro dokončovací operace, přispívá jejich dlouhé životnosti. [10]

Pro porovnání se slinutými karbidy na bázi karbidu wolframu, které jsou opatřeny povlakem, mají cermety tyto výhody:

- nemění se stabilitu břitu při malých a konstantních zatíženích
- lepší a déle trvající schopnost vytváření kvalitních povrchů
- větší vhodnost pro obrábění vyššími reznými rychlostmi
- větší odolnost proti opotřeбенí ve tvaru vrubu na hřbetě břitu
- jsou vhodnější pro vytváření dobrých povrchů při obrábění tažných a lepkavých materiálů se sklonem k tvorbě nárůstku [10]

Tyto vlastnosti jsou využity hlavně při dokončovacích operacích. Při použití u náročnějších operací jako je předhrubování a hrubování, mají cermety tyto nevýhody:

- příliš malá pevnost břitu při středních a vyšších posuvech
- příliš malá houževnatost při střídavém středním až těžkém zatížení břitu
- příliš malou odolnost proti abrazivnímu opotřeбенí [10]

3.3.3 Řezná keramika

Veškeré obráběcí nástroje využívající reznou keramiku se vyznačují mimořádnou odolností proti otěru při použití vysokých rezných rychlostí. Existuje celá řada tříd rezné keramiky vhodných pro širokou oblast aplikací.

Obr. 8 Řezná keramika



Výhody řezné keramiky:

- vysoká tvrdost a odolnost proti plastické deformaci
- odolnost proti mechanickému namáhání
- odolnost proti působení vysokých teplot
- vysoká chemická stabilita
- odolnost proti opotřebení, chemickým vlivům a korozi (vysoká trvanlivost a řezivost)
- nízká měrná hmotnost
- dostupnost základních surovin z domácích zdrojů
- poměrně nízká cena [9]

Řezná keramika se rozděluje na dva základní typy:

- na bázi oxidu hlinitého
- na bázi nitridu křemíku

Keramiku na bázi oxidu hlinitého dále rozdělujeme:

- čistou (oxidickou)
- směsnou
- vyztuženou

Čistá (oxidická) keramika – má relativně nízkou pevnost a houževnatost a také malou tepelnou vodivost. Tyto vlastnosti jsou příčinou vylamování břitů při nepříznivých podmínkách obrábění. Přidáním oxidu zirkoničitého se tyto vlastnosti zlepšují. Barva čisté keramiky lisované za studena je bílá, u keramiky lisované za tepla je šedá. [10]

Směsná keramika – Pro zlepšení tepelné vodivosti a houževnatosti, se přidávají kubické karbidy nebo karbonitridy. Barva této keramiky je černá.

Vyztužená keramika – je vyztužená whiskery karbidu křemíku

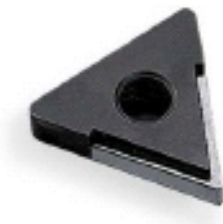
3.3.4 Supertvrde materiály

Pod všeobecný název supertvrde materiály lze zahrnout dva synteticky vyrobené materiály, a to polykrystalický diamant PKD a kubický nitrid boru KNB. Vzhledem k vynikajícím mechanickým vlastnostem (pevnost v tlaku, tvrdost) lze tyto řezné nástrojové materiály s výhodou použít u speciálních aplikací. [10]

Polykrystalický diamant – diamant má poměrně nízkou teplotní stálost (při dosažení teplot nad 650 °C se mění na grafit), nesmí být používán pro obrábění materiálu na bázi železa (oceli, litiny), kde by při nadměrném ohřevu docházelo k silné difuzi mezi nástrojem a obráběným materiálem a tím i k velmi rychlému opotřebení v důsledku probíhajících reakcí, hlavně na čele nástroje. [10]

Široké aplikační možnosti poskytuje diamant v oblasti obrábění hliníkových slitin. Často je doporučován i pro obrábění slitin mědi. Pro obrábění diamantovými nástroji je doporučováno chlazení běžnými procesními kapalinami, na které nejsou kladeny žádné speciální požadavky. Musí se však přivádět do místa řezu pod vysokým tlakem. Protože nástroje z PKD pracují obvykle za vysokých řezných rychlostí, použitý obráběcí stroj musí mít vysoký výkon a tuhost a s ohledem na vysoké úběry obráběného materiálu je též třeba pamatovat na efektivní odstraňování třísek z místa řezu. [9]

Obr. 9 Polykrystalický diamant

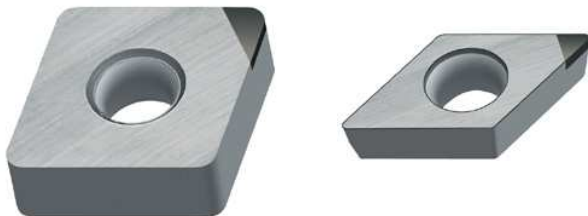


Kubický nitrid boru – je to materiál s mimořádně vysokou tvrdostí za tepla, který lze používat při velmi vysokých rychlostech. Vyznačuje se také velmi dobrou houževnatostí a odolností proti tepelným rázům.

Používá se zejména pro soustružení a frézování kalených ocelí i tvrzených litin, kde s výhodou nahrazuje operace broušení. Minimální doporučená tvrdost

obráběného materiálu je 45 HRC, obrábění měkčích materiálů je vzhledem k vysoké ceně nástroje neekonomické. [10]

Obr. 10 Kubický nitrid boru



4. Experimentální část - opotřebení nástrojů

Provozní zkouška byla prováděna na CNC soustruhu, na kterém se vyrábí kolo zpětného chodu. Dosavadní technologií bylo obrábění za pomoci procesní kapaliny – Quaker Bio o koncentraci 4 %. Vzhledem k optimalizaci procesu byl zadán požadavek na suché obrábění.

Břítové destičky byly zkoušeny při suchém obrábění chlazené vzduchem. Vzduch je přiváděn o tlaku 0,2 MPa držákem nástroje. Pro porovnání bylo zaznamenáno i opotřebení při chlazení kapalinou. Zkoušené vyměnitelné břitové destičky byly použity od výrobců Widia, Walter, Sandvik.

Stroj je vertikální dvouvřetenový revolverový soustruh EMAG VSC 200 DUO. Tyto soustruhy se nejčastěji používají, když bezprostředně po prvním upnutí obrobku je obráběná také druhá strana obrobku při druhém upnutí. Díky Pick-up vřetenům si stroj sám zajišťuje manipulaci a polohu obrobku při upínání. Obráběcí nástroje jsou pevně umístěny. [11]

Obr. 11 Soustruh EMAG VSC 200 DUO

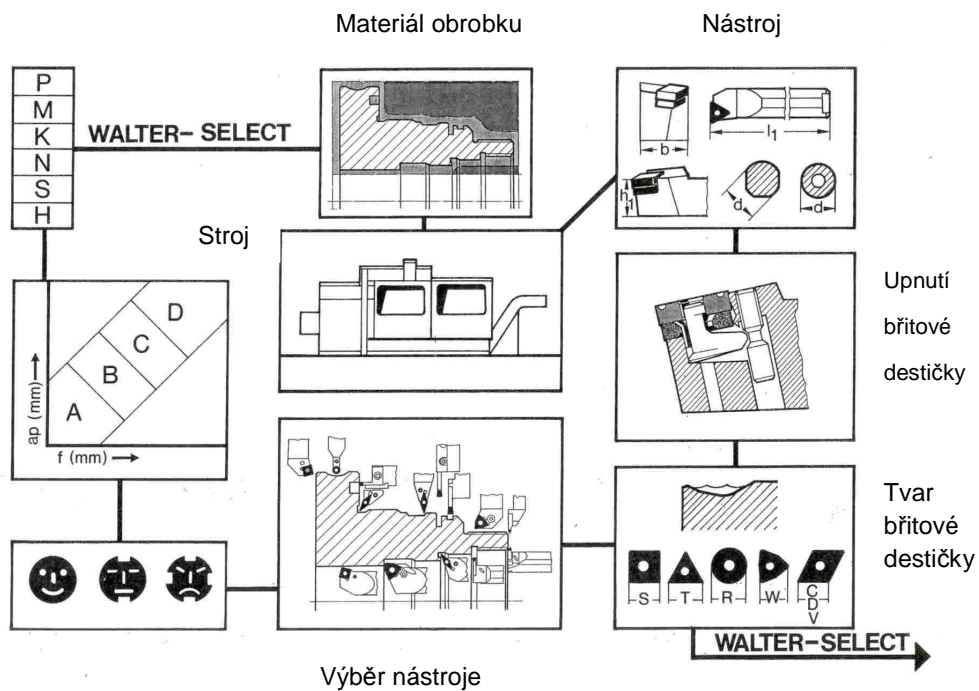


Pro volbu soustružnického nástroje se uplatňují následující faktory:

- Návrh obrobku, stabilita/nestabilita obrobku a rozměry
- Struktura materiálu obrobku
- Polotovar obrobku
- Obráběný materiál, slitiny
- Materiál řezného nástroje

Po obrábění musí obrobek splňovat požadavky na tvar a jakost. Dosažení těchto cílů závisí na shromáždění informací o výše uvedených faktorech. Tyto informace je nutné posoudit a převést na vhodný návrh procesu soustružení.

Obr. 12 Kritéria obrábění [8]



4.1 Příprava

Obrobek

Polotovar obrobku: výkovek

Materiál obrobku: dle koncernové normy VW 01155 je značen jako TL 4521, který odpovídá oceli 16220

dle ISO se řadí do skupiny P – ocel s dlouhou třískou

Složení materiálu je znázorněno v následující tabulce.

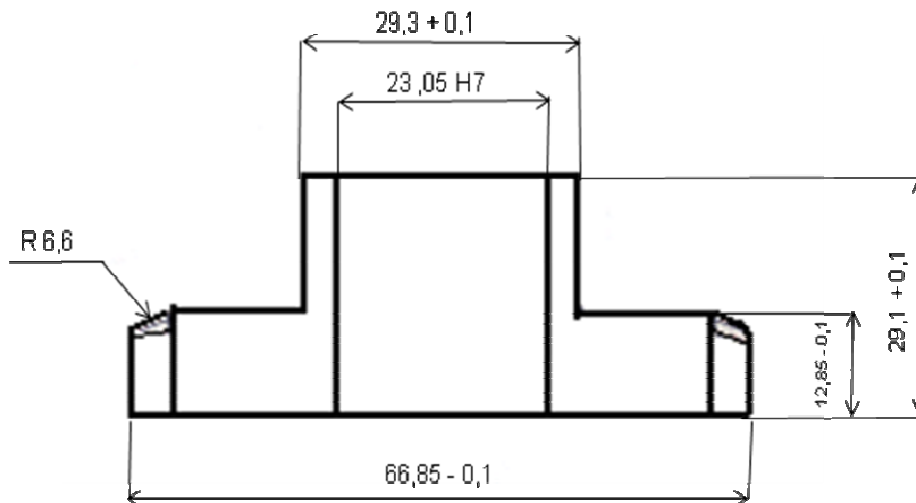
Tab. 4 Složení TL 4521

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	O ₂	Ni	Ti	Al	Ca ^{a)}	Cu + 10xSn	N ^{b)}
0,15 to 0,23	≤ 0,12	0,50 to 0,80	≤ 0,035	0,025 to 0,035	0,65 to 0,85	0,28 to 0,38	≤ 0,0025	1,5 to 1,9	≤ 0,0050	0,015 to 0,040	+	≤ 0,5	≤ 0,015

Stabilní obrobek – rozměry zapsány v obr. 12

Drsnost povrchu Rz = 25 μm

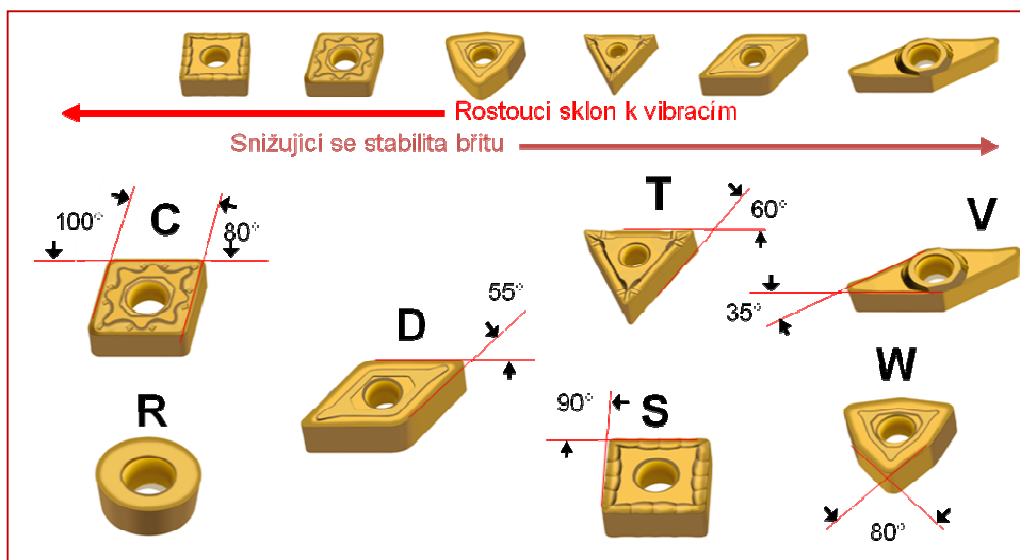
Obr. 13 Soustružené kolo zpětného chodu



Řezné nástroje

Pro stabilní obrobek při vnějším soustružení se obvykle používají držáky pro břitové destičky s negativním úhlem hřbetu nástroje – pro jednostranné i oboustranné VBD. Při vnitřním soustružení do maximálního vyložení 1:2,5 (D:L) se obvykle používají břitové destičky s negativním úhlem hřbetu. Při vyložení do 1:4 (D:L) břitové destičky s pozitivním úhlem hřbetu. [8]

Obr. 14 Základní tvary břitových destiček [8]



Pro obrábění byly zvoleny vyměnitelné břitové destičky, které jsou zaznamenány v následující tabulce:

Tab. 5 Použité VBD

ISO OZNAČENÍ	utvařeč	karbid	utvařeč	karbid	utvařeč	karbid	utvařeč	karbid
I. Upnutí	Sandvik M		Widia		Walter		Sandvik S	
TNMG 160412	PM	4225	5	TN 7115	NS6	WPP10	PM	4215
CCMT 09T308	PM	4235	MU	TN 6010	PF2	WSM20	PM	4215
II. Upnutí	MM		5		NM9		PR	
CNMG 120412	MM	2025	5	TN7115	NM9	WPP10	PR	4215
CCMT 09T308	WF	2015	MU	TN 6010	PF2	WSM20	MF	2015
CNMG 120412	WF	4215	5	TN7115	NM9	WPP10	MF	2015

Obr. 15 Vysvětlivky ke značení VBD dle ISO [13]

1
Tvar destičky / Tvar došičky


H	O	P	R
S	T	C	D
E	M	V	W
L	A	B	K

2
Úhel hřbetu / Úhel chrty

A	B
C	D
E	F
G	N
	Speciální Speciální
P	O

4
Provedení / Prevedenie

N	R
F	A
M	G
W	T
	Speciální Speciálne
Q	X



ISO kód


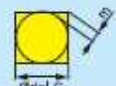

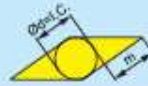

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G

ANSI kód

1	2	3	4
T	N	U	
T	N	M	G

3
Tolerance / Tolerancia

Označení / Označenie	Tolerance / Tolerancia [mm]			Tolerance / Tolerancia [Palce]		
	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010
J	0,005	0,025	0,05 + 0,13	0,0002	0,001	0,002 + 0,005
K	0,013	0,025	0,05 + 0,13	0,0005	0,001	0,002 + 0,005
L	0,025	0,025	0,05 + 0,13	0,0010	0,001	0,002 + 0,005
M	0,08 + 0,18	0,130	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,005	0,002 + 0,005
N	0,08 + 0,18	0,025	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,001	0,002 + 0,005
U	0,05 + 0,38	0,130	0,08 + 0,25	0,005 + 0,015	0,005	0,003 + 0,010

Obr. 16 Vysvětlivky ke značení VBD dle ISO [13]

5								
Délka fezné hrany / Dĺžka reznej hrany								
d=LC.		R	S	T	C	D	V	W
mm	Palce							
3,97	5/32"			06				
5,00		05						03
5,56	7/32"			09				
6,00		06						
6,35	1/4"			11	06	07		04
8,00		08						
9,525	3/8"	09	09	16	09	11	16	06
10,0		10						
12,0		12						
12,7	1/2"	12	12	22	12	15		08
15,875	5/8"	15	15	27	16			
16,0		16						
19,05	3/4"	19	19	33	19			
20,0		20						
25,0		25						
25,4	1"	25	25		25			
31,75	1 1/4"	31						
32,0		32						

6		
Tloušťka / Hrúbka		
Označ.	mm	Palce
01	1,59	1/16"
T1	1,98	
02	2,38	3/32"
03	3,18	1/8"
T3	3,97	5/32"
04	4,76	3/16"
05	5,56	
06	6,35	1/4"
07	7,94	5/16"
09	9,52	3/8"

7		
Rádus špičky / Rádus špičky		
Označ.	mm	Palce
00	0	0"
02	0,2	
04	0,4	1/64"
08	0,8	1/32"
12	1,2	3/64"
16	1,6	1/16"
24	2,4	3/32"
32	3,2	1/8"

Kruhové destičky / Kruhové doštičky	
d=LC.	Označ.
Palce	00
mm	M0

5	6	7	8	9	10
22	04	08			
22	04	08	E	N	-
5A	6A	7A	8	9	10
4	3	2			
4	3	2	E	N	-
					M

ANSI kód			
Vepsaná kružnice Vpísaná kružnica	Tloušťka Hrúbka	Rádus špičky Rádus špičky	
Označ.	d = LC.	Označ.	
	mm	mm	
	Palce	Palce	
2	6,35 1/4"	0	0 0"
3	9,525 3/8"	1	0,4 1/64"
4	12,7 1/2"	2	0,8 1/32"
5	15,875 5/8"	3	1,2 3/64"
6	19,05 3/4"	4	1,6 1/16"
8	25,4 1"	5	2,4 3/32"
10	31,75 1 1/4"	6	3,2 1/8"

8	
Provedení fezné hrany / Pravedenie reznej hrany	
F Ostře hrany / Ostre hrany	E Zaoblené hrany / Zaoblene hrany
T Hrany s fazetkou / Hrany s fazetkou	S Zaoblené hrany s fazetkou / Zaoblene hrany s fazetkou

9	
Směr posuvu / Smer posuvu	
R	
L	
N	

10	
Utvařeč / Utvárač	

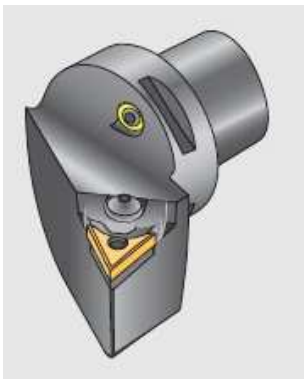
Držáky nástrojů

Jsou používány držáky s rychlovýměnným nástrojovým systémem – Capto – ISO 26623.

Vzhledem ke stabilitě obrobku a použitým řezným destičkám jsou používány tyto držáky nástrojů:

C5 – MTFNL – 35060 – 16

Obr. 17 Držák C5 – MTFNL – 35060 - 16



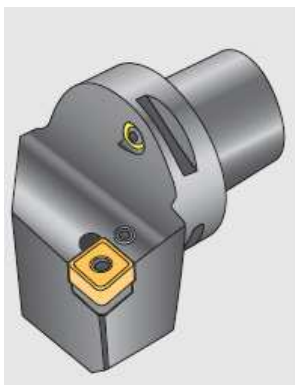
C5 – SCLCR – 11070 - 09

Obr. 18 Držák C5 – SCLCR – 11070 - 09



C5 – PCLNL – 35060 – 12

Obr. 19 Držák C5 – PCLNL – 35060 - 12



Obr. 20 Vysvětlivky ke značení držáku nožů – vnitřní dle ISO [13]

1		2				
Provedení držáku Prevedenie držíaka		Průměr držáku (mm) Priemer držíaka (mm)				
S	Ocelový držák Oceľový držíak	08	10	12	16	20
		25	32	40	50	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	40	T	-	P	C	L	N	L	12	-
										X

3		
Celková délka Celková dĺžka		l_1 [mm]
	D	60
	E	70
	F	80
	H	100
	J	110
	K	125
	L	140
	M	150
	N	160
	P	170
	Q	180
	R	200
	S	250
	T	300
	U	350
	V	400
W	450	
X	Spec.	
Y	500	

4		
Způsob upínání Spôsob upínania		
C		
P		
M		
S		
X		
G		

5		
Tvar destičky Tvar doštičky		
S		C 80°
T		D 55°
R		K 55°
W		V 35°
L		X Speciál Špeciál

6		
Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia		
A		B
C		D
90°		45°
E		F
60°		90°
G		H
90°		107°30'
J		93°
K		L
75°		95°
M		N
90°		50°
P		62°30'
117°30'		60°
Q		R
107°30'		75°
S		45°
T		SPECIAL SPECIÁL
93°		85°
U		V
72°30'		60°
Z		

7		
Úhel hřbetu Uhol chrbita		
α_n		
N		C
$\alpha_n=0^\circ$	$\alpha_n=7^\circ$	P
		$\alpha_n=11^\circ$

9									
Velikost destičky Veľkosť doštičky		S	C	D	V	K	W	T	R
d [mm]									
6,00			06	07	11			11	06
6,35									
8,00									08
9,525	09	09	11	16	19	06	16		10
10,00									12
12,00									12
12,70	12	12	15			08	22	27	15
15,875	15	16							16
16,00									16
19,05	19	19							19
20,00									20
25,00									25
25,40	25	25							25

8		
Směr řezu Smer rezu		
R		
L		

10		
Údaje výrobce Údaje výrobcu		
X		Speciální provedení stopky Špeciálne provedenie stopky
.		
.		
87		
90		Hodnota úhlu κ u nože tvaru "Z" Hodnota uhlu κ pri noži tvaru "Z"
93		
.		
.		

Obr. 21 Vysvětlivky ke značení držáku nožů – vnitřní dle ISO [13]

1		2		3						4											
Způsob upínání Způsob upínania		Tvar destičky Tvar doštičky		Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia						Úhel hřbetu Uhol chrbta											
C		S		C		A		B		C		D		D		N		C		P	
P		T		D		E		F		G		H		J							
M		R		K		K		L		M		N		P							
S		W		V		Q		R		S		S		T							
X		L		X		U		V		W		X		X							
G				Z		Z															

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S

6					
Výška držáku (mm) Výška držiaka (mm)					
08	10	12	16	20	25
32	38	40	45	50	

7					
Šířka držáku (mm) Šírka držiaka (mm)					
08	10	12	16	20	25
32	38	40	45	50	

10	
Údaje výrobce Údaje výrobcu	
M	Způsob upínání "S" s podložkou Spôsob upínania "S" s podložkou
S	Se seřizovacími šrouby S nastavovacími skrutkami

8	
Celková délka Celková dĺžka	
	l_1 [mm]
D	60
E	70
F	80
H	100
J	110
K	125
L	140
M	150
N	160
P	170
Q	180
R	200
S	250
T	300
U	350
V	400
W	450
X	Spec.
Y	500

9								
Velikost destičky Veľkosť doštičky								
	S	C	D	V	K	W	T	R
d [mm]								
6,00								06
6,35		06	07	11			11	
8,00								08
9,525	09	09	11	16	19	06	16	
10,00								10
12,00								12
12,70	12	12	15			08	22	12
15,875	15	16					27	15
16,00								16
19,05	19	19						19
20,00								20
25,00								25
25,40	25	25						25

Řezné podmínky – suché obrábění

Při vnější soustružení - hrubování byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 300 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,27 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 1 - 1,5 \text{ mm}$

Při vnějším soustružení – na čisto byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 250 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,22 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 0,4 \text{ mm}$

Při vnitřním soustružení – hrubování byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 230 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,35 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 1 - 1,5 \text{ mm}$

Při vnitřním soustružení – na čisto byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 210 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,32 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 0,3 \text{ mm}$

Řezné podmínky – mokré obrábění

Při vnější soustružení - hrubování byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 310 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,27 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 1 - 1,5 \text{ mm}$

Při vnějším soustružení – na čisto byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 270 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,22 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 0,4 \text{ mm}$

Při vnitřním soustružení – hrubování byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 300 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,35 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 1 - 1,5 \text{ mm}$

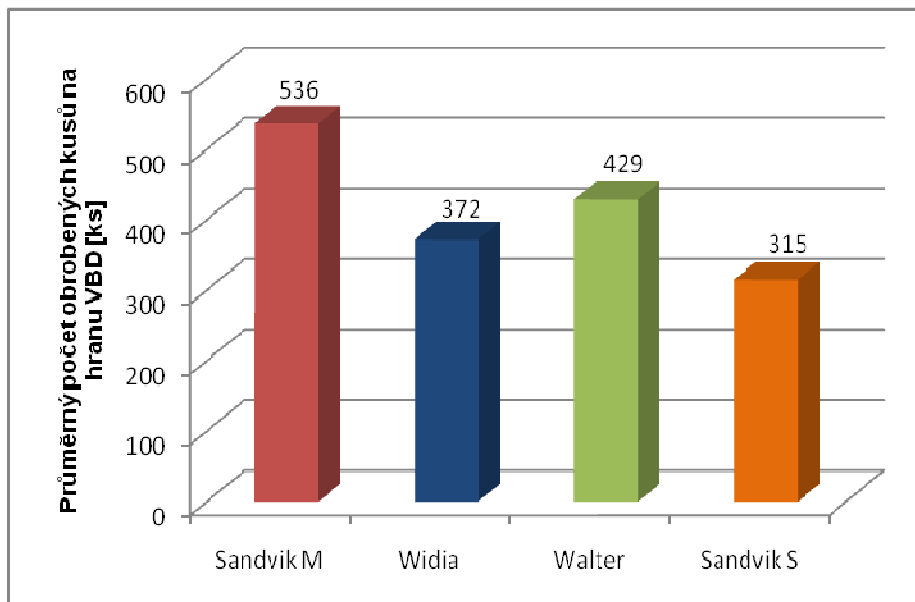
Při vnitřním soustružení – na čisto byla zvolena:

- řezná rychlost $v_c = 250 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv na otáčku $f_n = 0,35 \text{ mm}$
- hloubka řezu $a_p = 0,3 \text{ mm}$

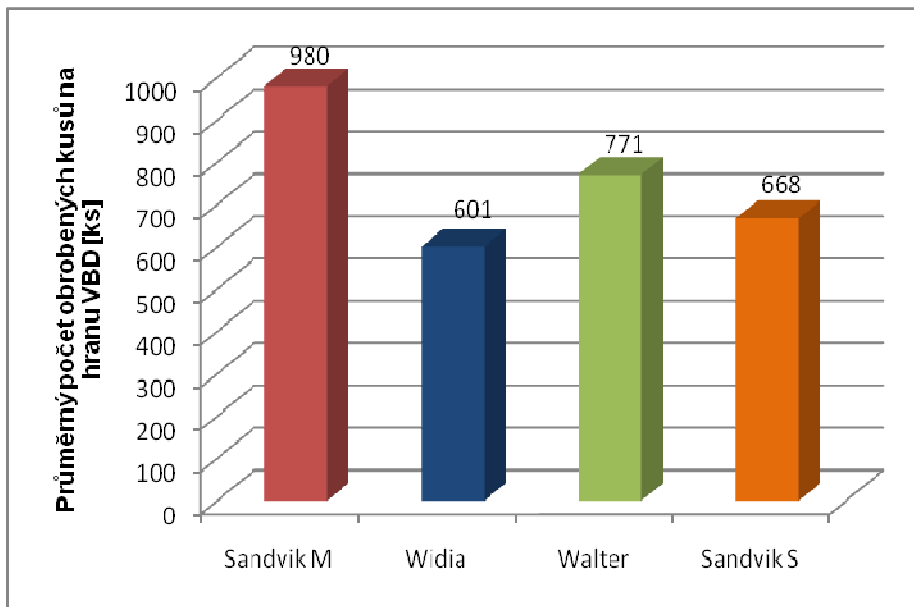
4.2 Zkouška životnosti břitových destiček

V této kapitole jsou vyhodnoceny životnosti použitých VBD, které byly zaznamenávány během zkoušení. Zkouška pro jednotlivé výrobce VBD proběhla přibližně na 6500 kusech sériové výroby. V následujících grafech jsou vyhodnoceny průměrné hodnoty obrobených kusů na hranu VBD. Jednotlivé záznamy VBD jsou v přílohách. Kritériem výměny VBD byla vizuální kontrola - změna tvaru obrobku (otřepy) a měření drsnosti povrchu Rz.

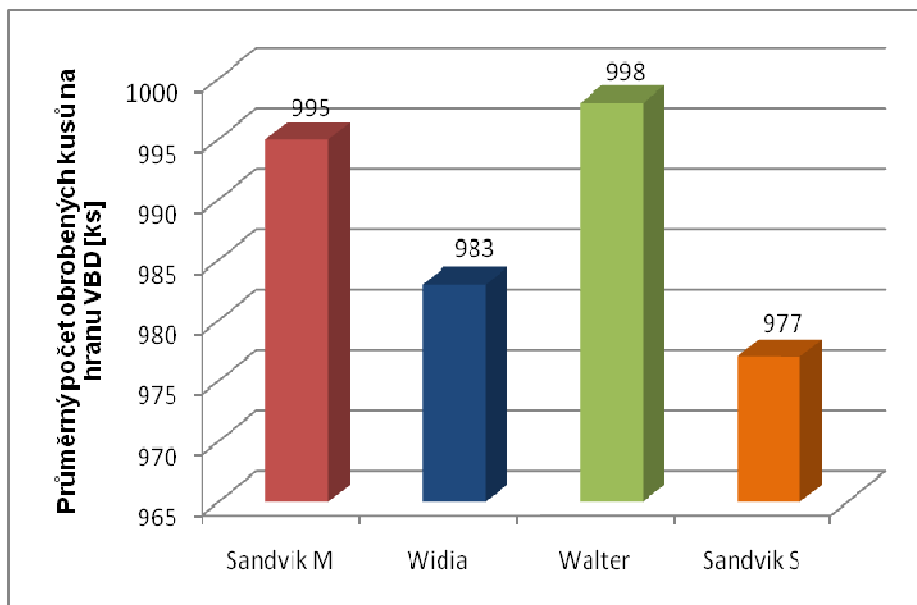
Graf 1 Vnější hrubování - TNMG 160412



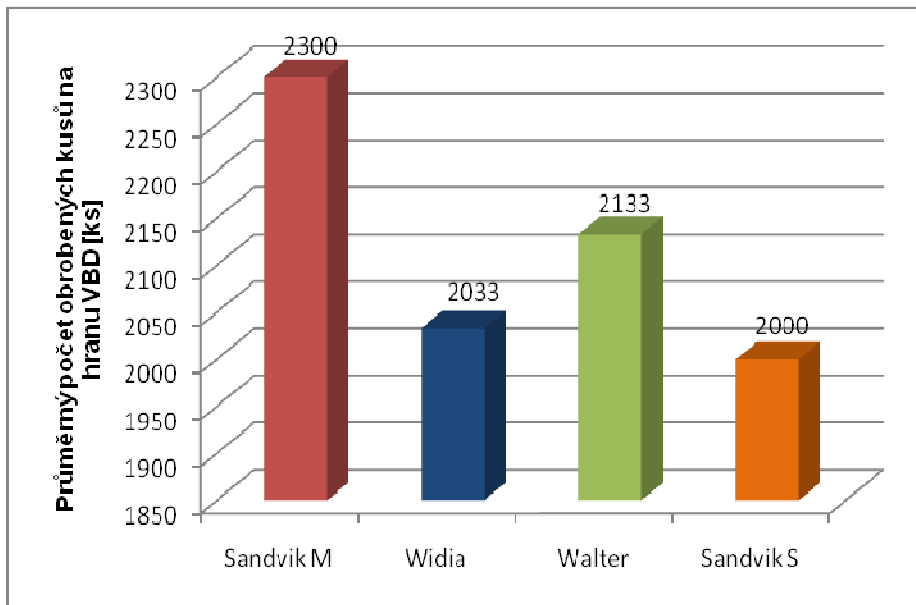
Graf 2 Vnitřní hrubování - CCMT 09T308



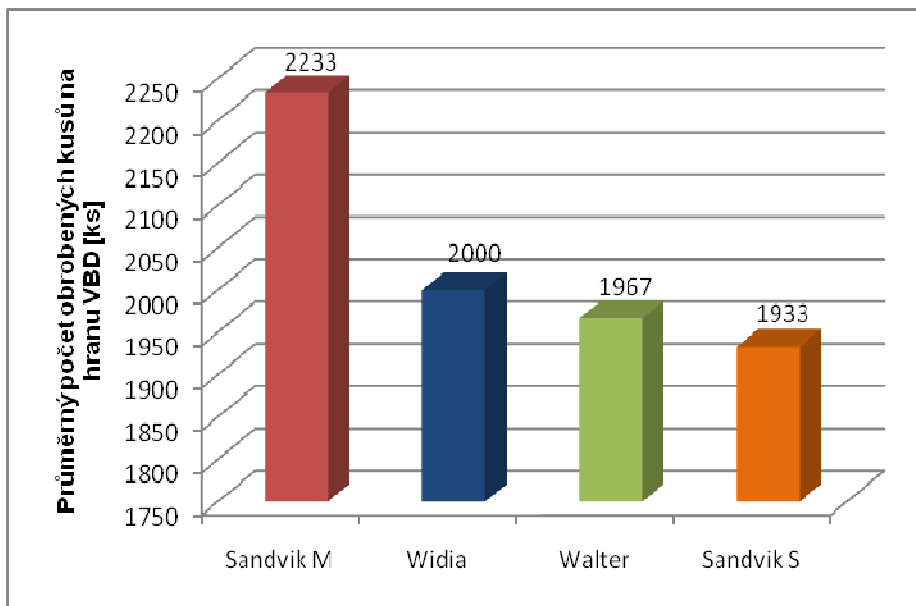
Graf 3 Vnější hrubování - CNMG 120412



Graf 4 Vnitřní soustružení na čisto - CCMT 09T308



Graf 5 Vnější soustružení na čisto - CNMG 120412

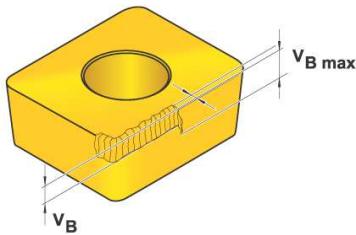


Hodnoty zaznamenané v těchto grafem budou zohledněny v ekonomické části vyhodnocení.

4.3 Měření opotřebení vyměnitelných břitových destiček

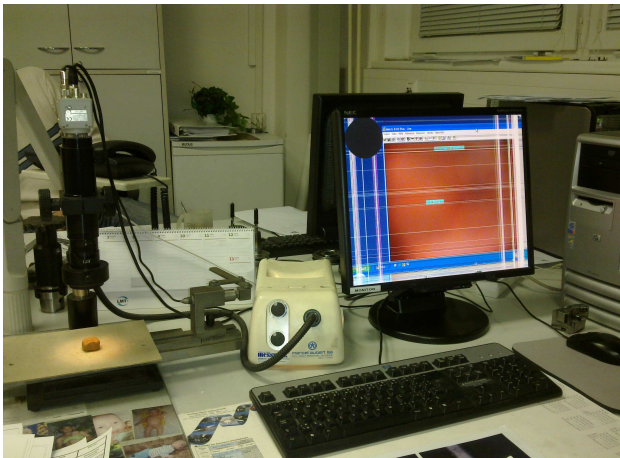
Opotřebení hřbetu nástroje vzniká při každém kovoobrábění - zejména při hromadné výrobě je preferováno rovnoměrně rostoucí opotřebení hřbetu nad všemi ostatními typy opotřebení, které se u každého konkrétního břitu mohou lišit. Nadměrné opotřebení hřbetu může narušit výrobu, a při automatickém obrábění je proto nutno provádět příslušné korekce. Kromě toho může nadměrné opotřebení hřbetu způsobit zhoršení kvality povrchu, nepřesnost a přehřívání břitů a obrobků. U nestabilních obrobků může nadměrné opotřebení způsobit vibrace. Opotřebení hřbetu nástroje se pozná podle dlouhých, rovných odřených stop s ostrými okraji. [8]

Obr. 22 Opotřebení hřbetu nástroje [8]

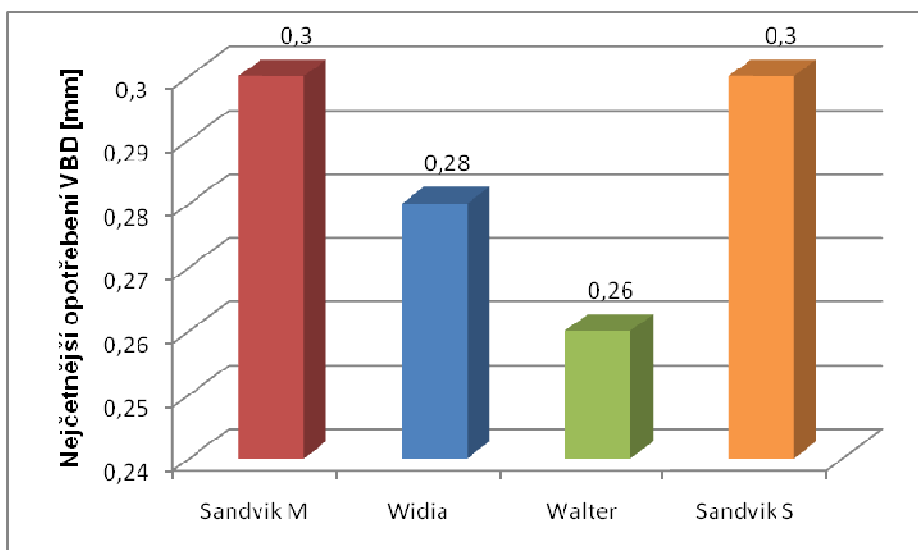


V této kapitole byla vyhodnocena nejčtenější naměřená opotřebení hřbetu jednotlivých VBD, ze kterých vyplývá, do jaké hodnoty opotřebení pracuje nástroj stabilně. Z této hodnoty pak také vyplývá kritérium optimální výměny VBD vzhledem k opotřebení. V následujících grafech jsou opotřebení znázorněna a doplněna o snímek z měření. Měření bylo provedeno na přístroji Marcel Aubert SA CM – 2501 BIENNE / SUISSE - MA 1200.

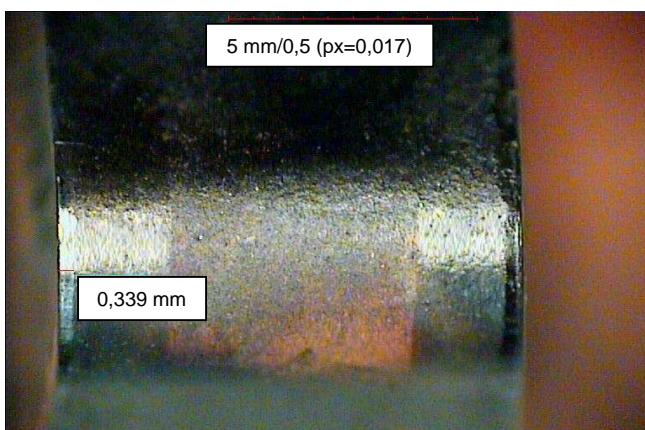
Obr.23 Měřící přístroj



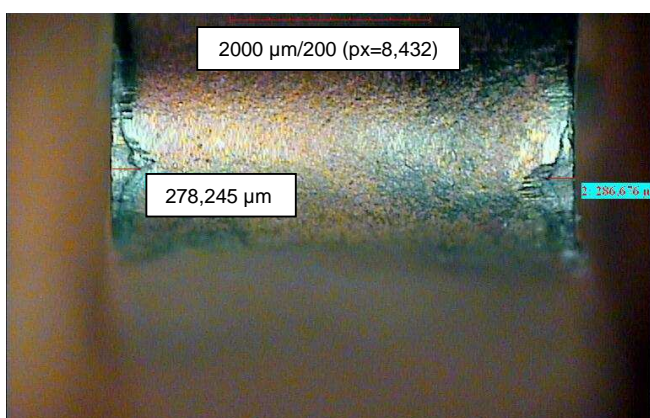
Graf 6 Vnější hrubování - TNMG 160412



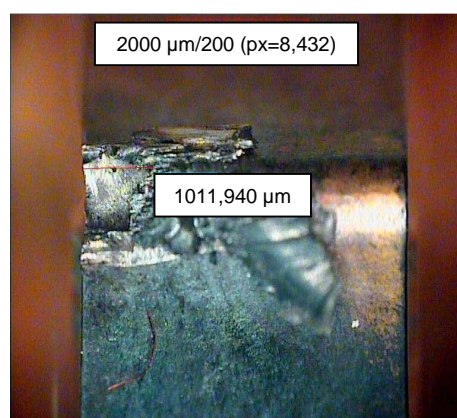
Obr. 24 TNMG 160412 - PM 4225



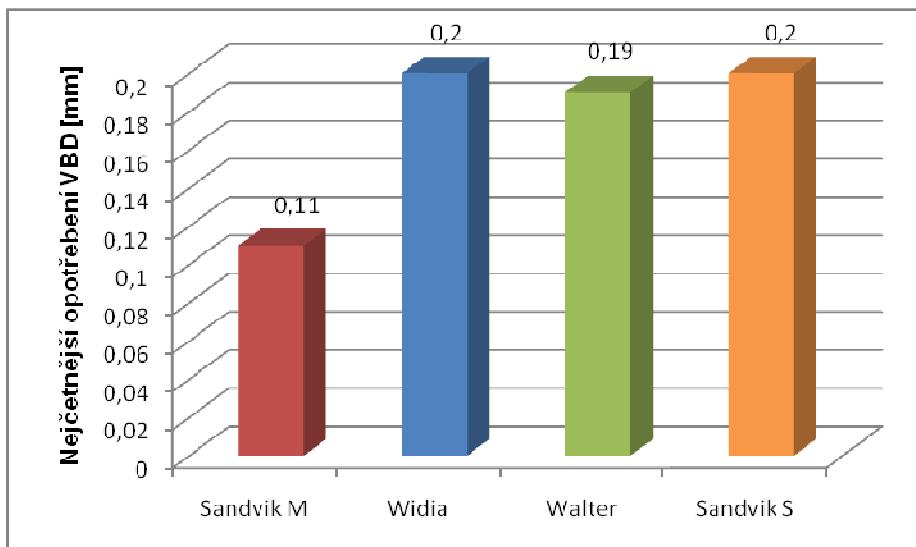
Obr. 25 TNMG 160412 - 5 TN7115



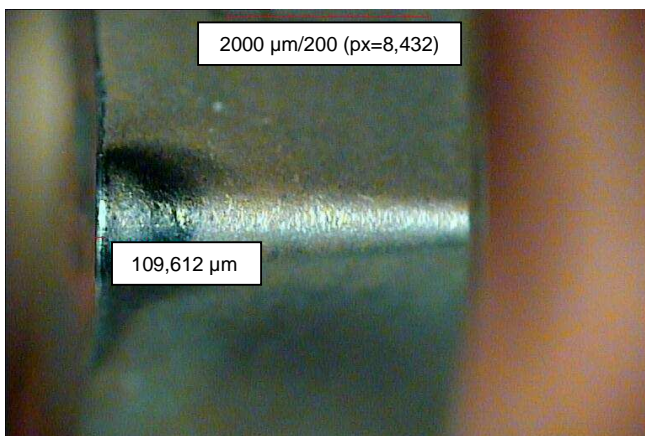
Obr. 26 TNMG 160412 - 5 TN7115



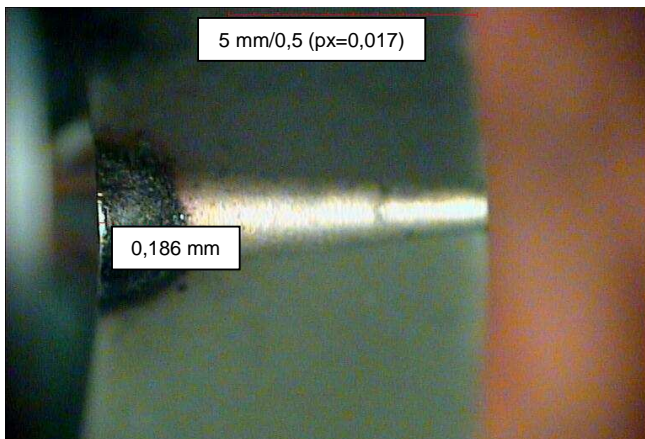
Graf 7 Vnitřní hrubování - CCMT 09T308



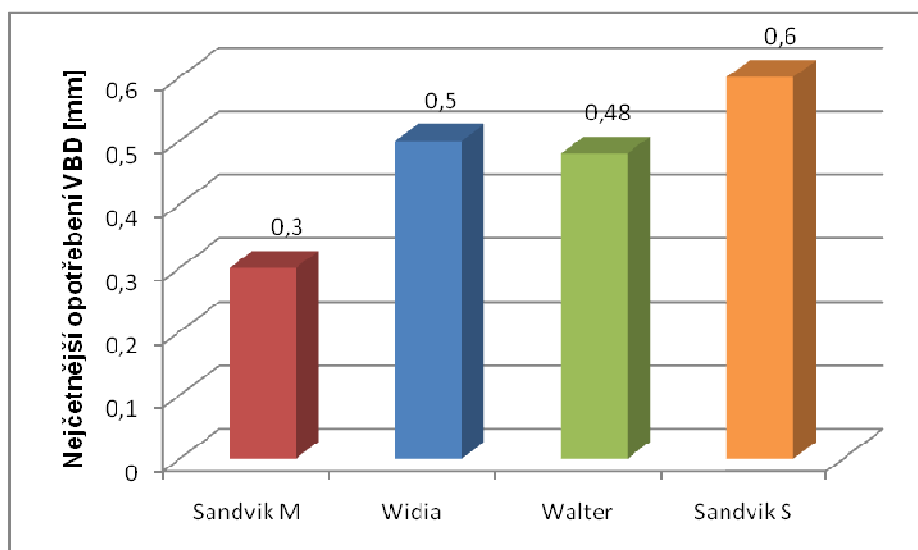
Obr. 27 CCMT 09T308 - PM 4235



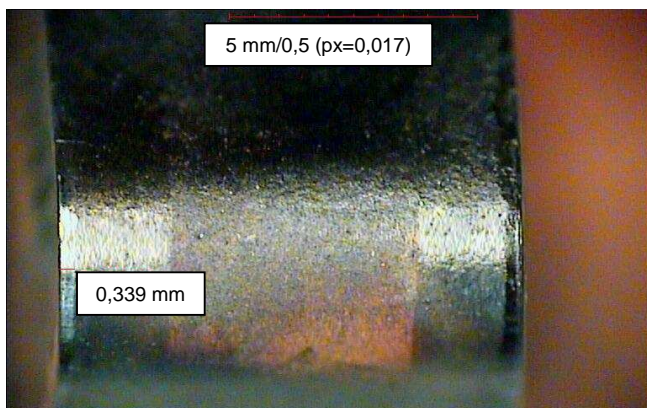
Obr. 28 CCMT 09T308 - PF2 WSM20



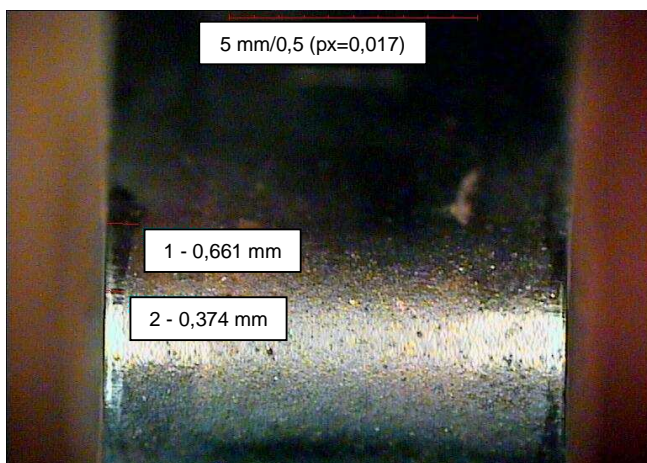
Graf 8 Vnější hrubování - CNMG 120412



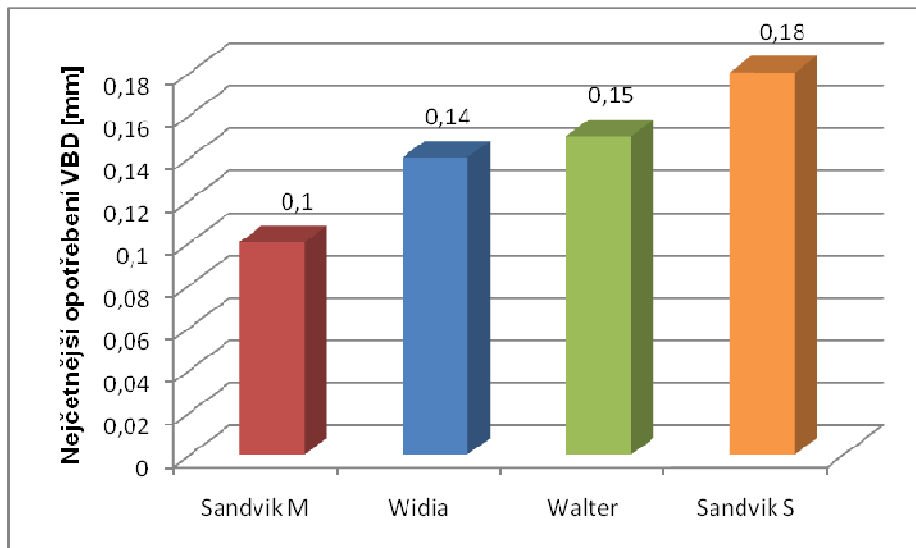
Obr. 29 CNMG 120412 - MM 2025



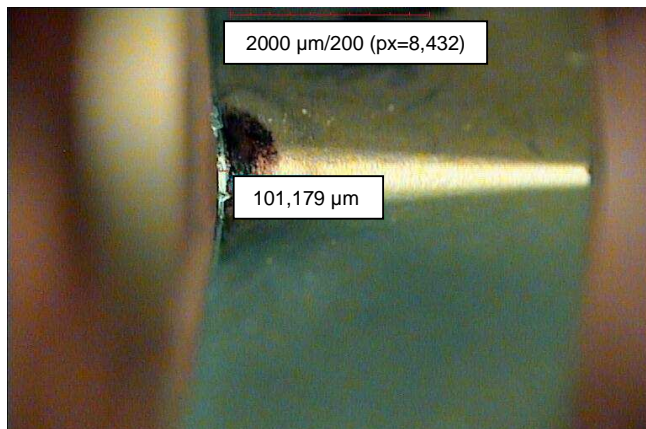
Obr. 30 CNMG 120412 - PR 4215



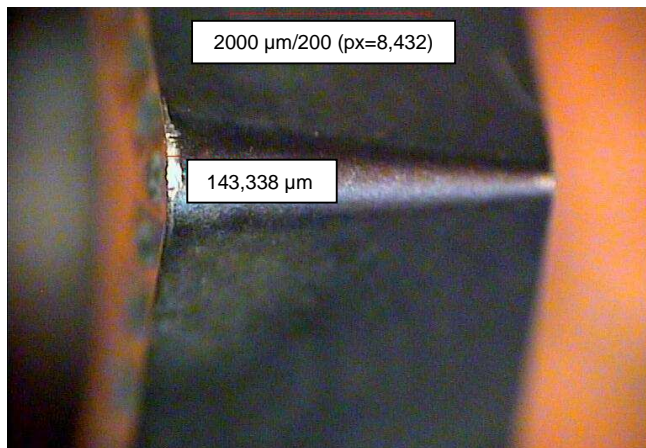
Graf 9 Vnitřní soustružení na čisto - CCMT 09T308



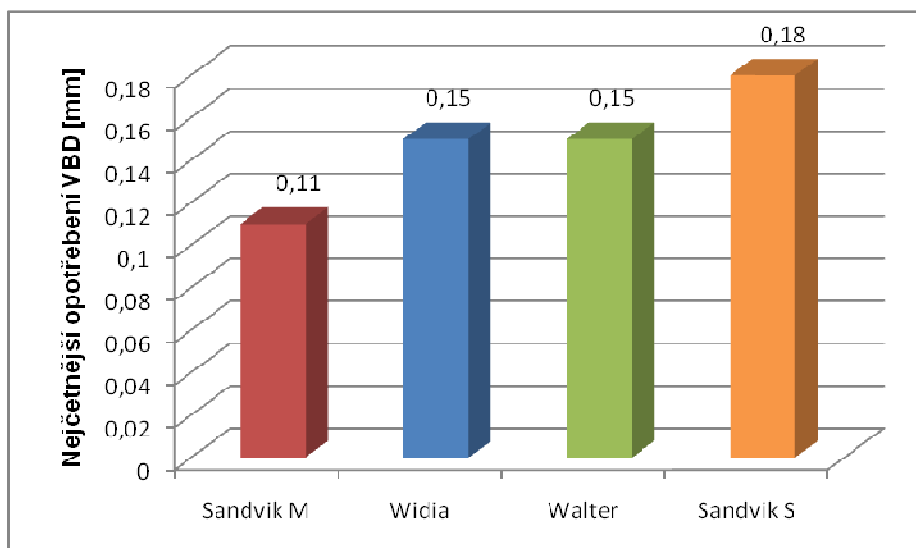
Obr. 31 CCMT 09T308 - WF 2015



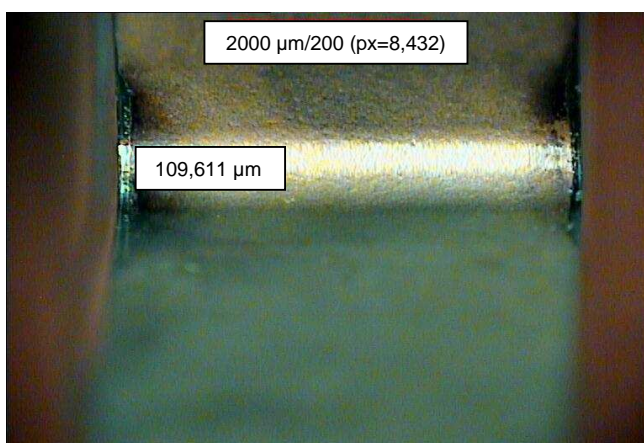
Obr. 32 CCMT 09T308 - MU TN6010



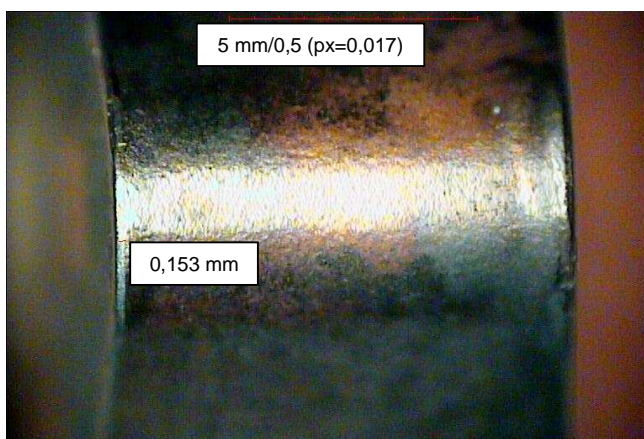
Graf 10 Vnější soustružení na čisto - CNMG 120412



Obr. 33 CNMG 120412 - WF 4215



Obr. 34 CNMG 120412 - NM9 WPP10

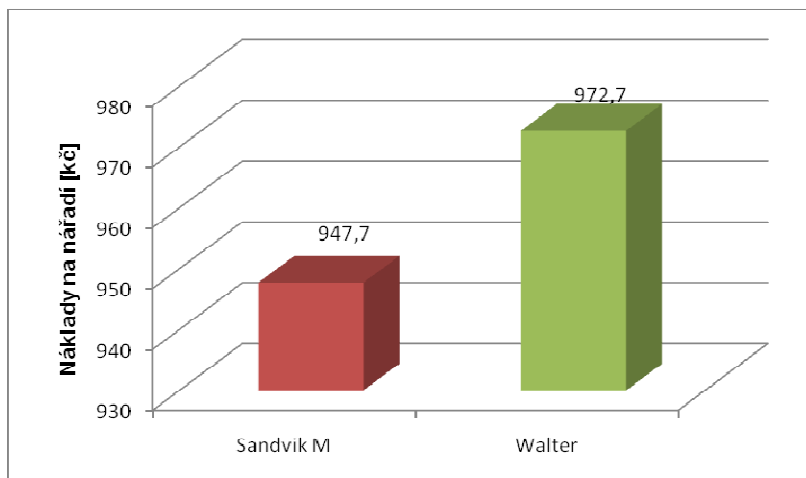


4.4 Ekonomické zhodnocení jednotlivých VBD

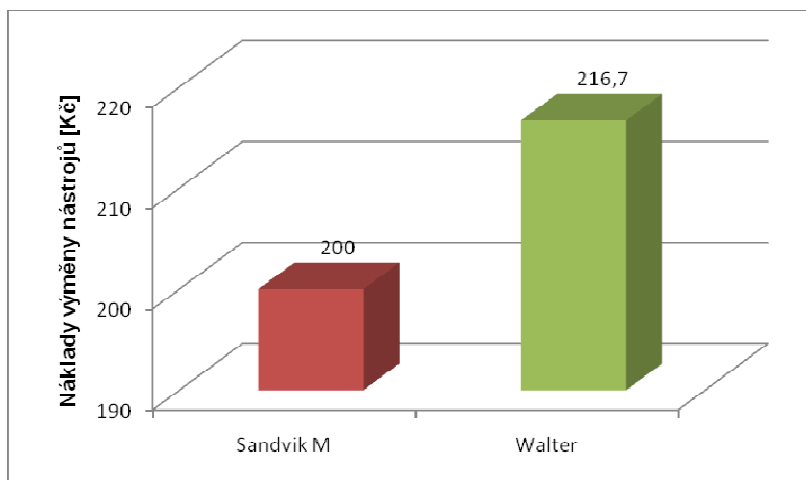
V této kapitole jsou ekonomicky vyhodnoceny jednotlivé VBD. Jsou vždy vzájemně porovnány dvě varianty. Velikost dávky byla zadána 6500 ks, což odpovídalo průměrnému počtu kusů na jednotlivé VBD. Do ekonomického hodnocení jsou zahrnuty náklady na výměnu nástrojů, náklady na nářadí na dávku, čas výměn nástrojů na dávku, čas na jeden obrobek. Veškeré faktory, které ovlivňují ekonomické zhodnocení jsou popsány v příloze.

1. Sandvik – obrábění pomocí procesní kapaliny a Walter – suché obrábění
2. Sandvik – obrábění pomocí procesní kapaliny a Widia – suché obrábění
3. Sandvik – suché obrábění a Sandvik - obrábění pomocí procesní kapaliny
4. Sandvik – suché obrábění a Walter – suché obrábění
5. Widia – suché obrábění a Sandvik – suché obrábění
6. Widia – suché obrábění a Walter – suché obrábění

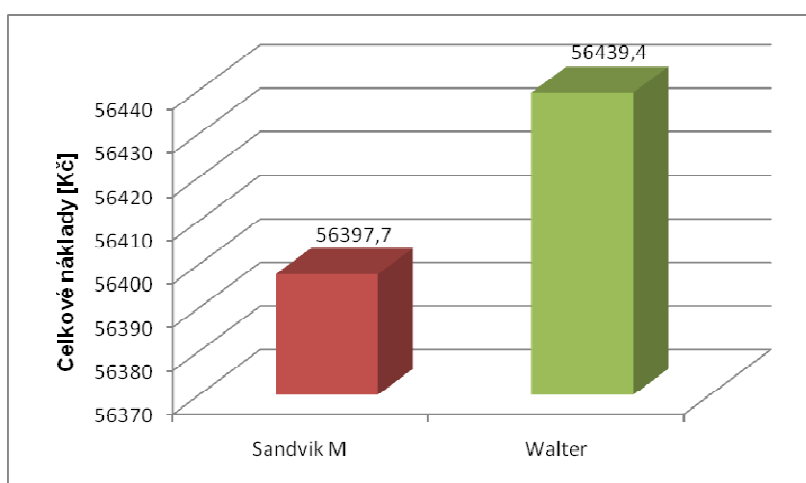
Graf 11 Náklady na nářadí Sandvik M - Walter



Graf 12 Náklady výměny nástrojů Sandvik M - Walter



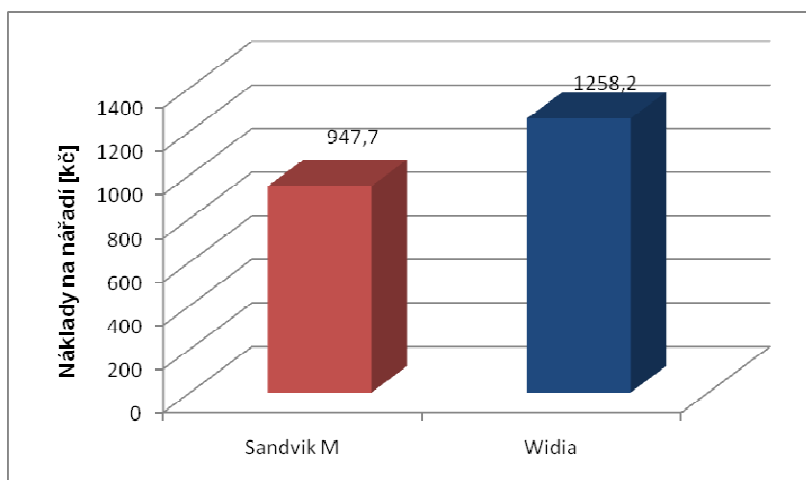
Graf 13 Celkové náklady Sandvik M - Walter



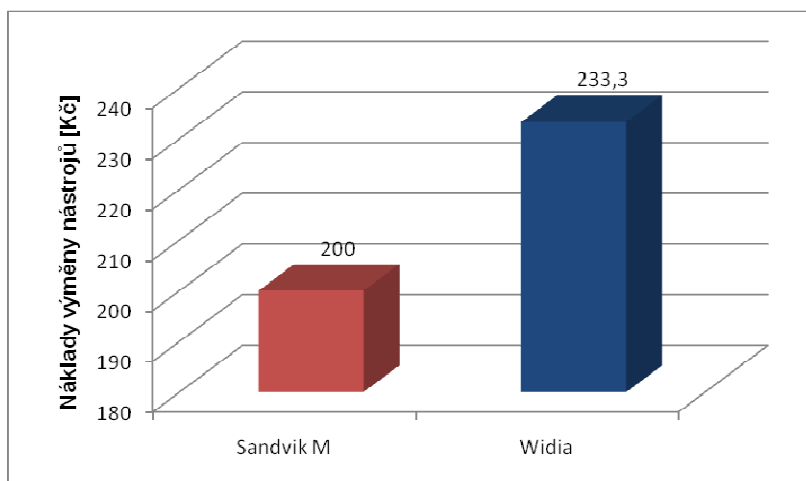
Tab. 6 Hodnocení Sandvik M - Walter

HODNOCENÍ OPERACE OBRÁBĚNÍ			
název dílu	Kolo zpětného Chodu		
operace	5/10		
varianta 1	Sandvik-chlazení emulzí		
varianta 2	Walter-chlazení vzduchem		
zpracoval	Ivana Veverková		
datum	26.2.11		
	varianta	1	2
stroj		Emag	Emag
hodinová sazba stroje [Kč]		1000	1000
dávka [ks]		6500	
počet držáků		5	5
čas výměny obrobku [min]		0,00	0,00
čas výměn nástrojů na dávku [min] <i>a</i>		12,00	13,00
strojní čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
<u>VÝSLEDKY PRO DÁVKU</u>			
	varianta	1	2
náklady na výměny obrobku [Kč]		0,0	0,0
náklady na výměny nástrojů [Kč]		200,0	216,7
náklady nářadí na dávku [Kč] <i>b</i>		947,7	972,7
celkové náklady [Kč]		56 397,7	56 439,4
čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
úspora nákladů na nářadí [Kč] *		-25,1 Kč	
ÚSPORA NÁKLADŮ CELKEM * [Kč]		-41,8	
ÚSPORA ČASU CELKEM * [hod]		0,0	
NÁRŮST PRODUKTIVITY O * [%]		0,0	
* HODNOCENA VARIANTA 2			

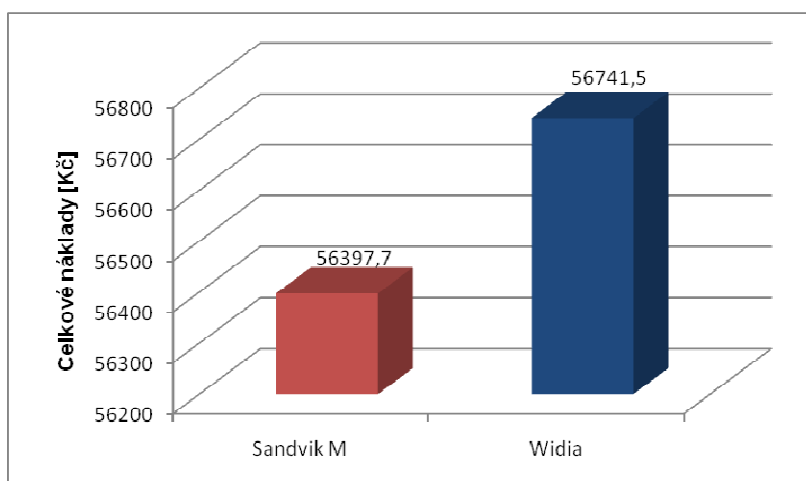
Graf 14 Náklady na nářadí Sandvik M - Widia



Graf 15 Náklady výměny nástrojů Sandvik M - Widia



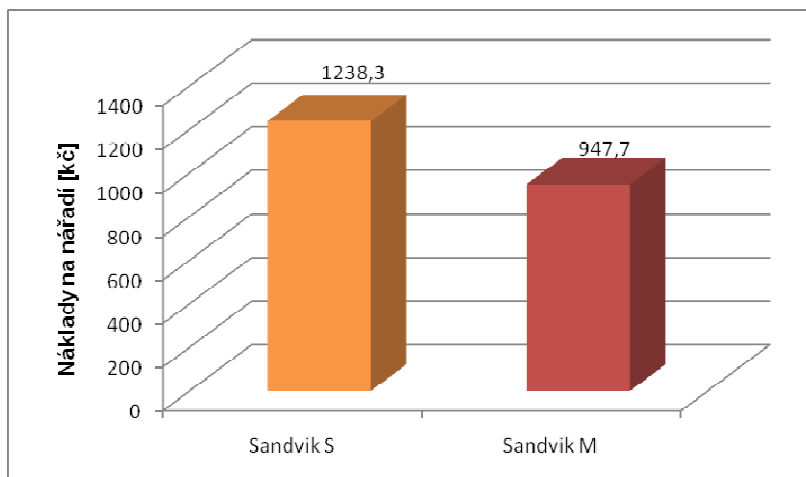
Graf 16 Celkové náklady Sandvik M – Widia



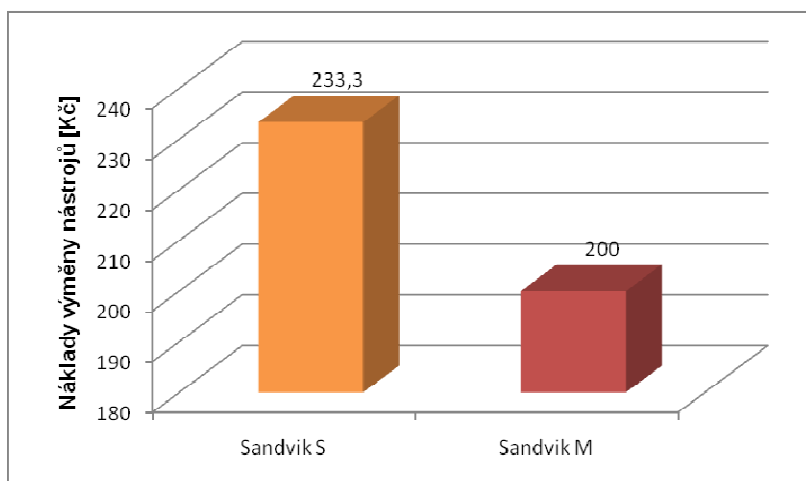
Tab. 7 Hodnocení Sandvik M – Widia

HODNOCENÍ OPERACE OBRÁBĚNÍ			
<i>název dílu</i>	<i>Kolo zpětného Chodu</i>		
<i>operace</i>	<i>5/10</i>		
<i>varianta 1</i>	<i>Sandvik-chlazení emulzí</i>		
<i>varianta 2</i>	<i>Widia-chlazení vzduchem</i>		
<i>zpracoval</i>	<i>Ivana Veverková</i>		
<i>datum</i>	<i>26.2.11</i>		
	<i>varianta</i>	1	2
<i>stroj</i>		Emag	Emag
<i>hodinová sazba stroje [Kč]</i>		1000	1000
<i>dávka [ks]</i>		6500	
<i>počet držáků</i>		5	5
<i>čas výměny obrobku [min]</i>		0,00	0,00
<i>čas výměn nástrojů na dávku [min]</i> ^a		12,00	14,00
<i>strojní čas pro 1 obrobek [min]</i>		0,51	0,51
<u>VÝSLEDKY PRO DÁVKU</u>			
	<i>varianta</i>	1	2
<i>náklady na výměny obrobku [Kč]</i>		0,0	0,0
<i>náklady na výměny nástrojů [Kč]</i>		200,0	233,3
<i>náklady nářadí na dávku [Kč]</i> ^b		947,7	1 258,2
<i>celkové náklady [Kč]</i>		56 397,7	56 741,5
<i>čas pro 1 obrobek [min]</i>		0,51	0,51
<i>úspora nákladů na nářadí [Kč] *</i>		-310,5 Kč	
ÚSPORA NÁKLADŮ CELKEM * [Kč]		-343,8	
ÚSPORA ČASU CELKEM * [hod]		0,0	
NÁRŮST PRODUKTIVITY O * [%]		-0,1	
* HODNOCENA VARIANTA 2			

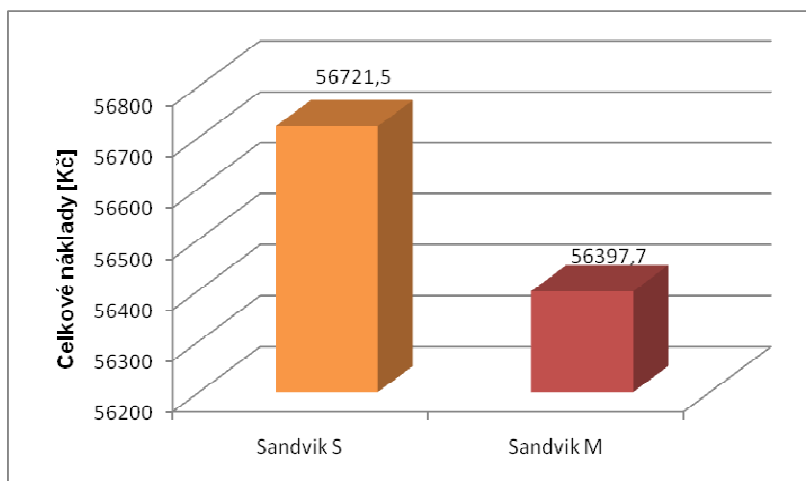
Graf 17 Náklady na nářadí Sandvik S – Sandvik M



Graf 18 Náklady výměny nástrojů Sandvik S – Sandvik M



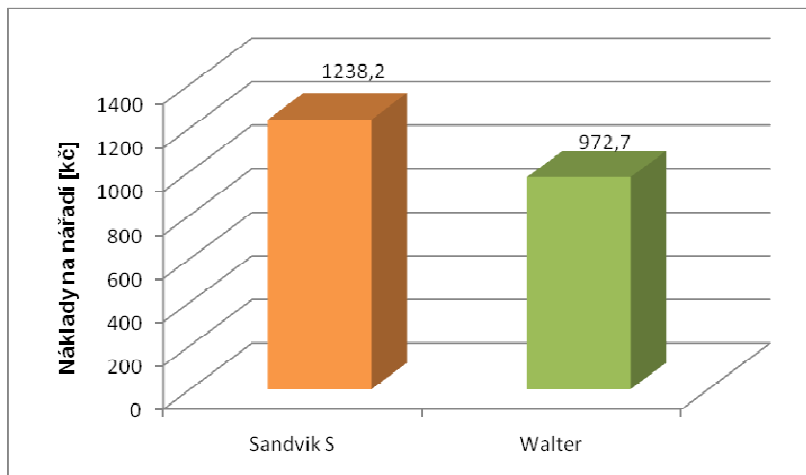
Graf 19 Celkové náklady Sandvik S – Sandvik M



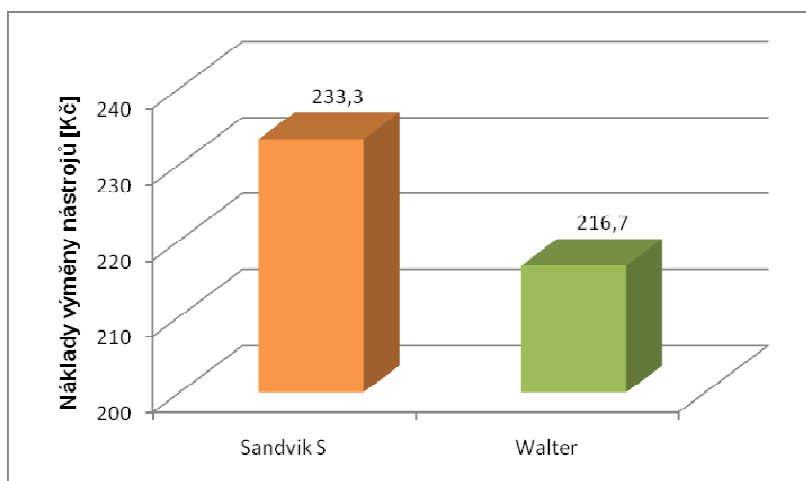
Tab. 8 Hodnocení Sandvik S – Sandvik M

HODNOCENÍ OPERACE OBRÁBĚNÍ			
název dílu	Kolo zpětného Chodu		
operace	5/10		
varianta 1	Sandvik-chlazení vzduchem		
varianta 2	Sandvik-chlazení emulzí		
zpracoval	Ivana Veverková		
datum	26.2.11		
	varianta	1	2
stroj		Emag	Emag
hodinová sazba stroje [Kč]		1000	1000
dávka [ks]		6500	
počet držáků		5	5
čas výměny obrobku [min]		0,00	0,00
čas výměn nástrojů na dávku [min] <i>a</i>		14,00	12,00
strojní čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
<u>VÝSLEDKY PRO DÁVKU</u>			
	varianta	1	2
náklady na výměny obrobku [Kč]		0,0	0,0
náklady na výměny nástrojů [Kč]		233,3	200,0
náklady nářadí na dávku [Kč] <i>b</i>		1 238,2	947,7
celkové náklady [Kč]		56 721,5	56 397,7
čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
úspora nákladů na nářadí [Kč] *		290,5 Kč	
ÚSPORA NÁKLADŮ CELKEM * [Kč]		323,8	
ÚSPORA ČASU CELKEM * [hod]		0,0	
NÁRŮST PRODUKTIVITY O * [%]		0,1	
* HODNOCENA VARIANTA 2			

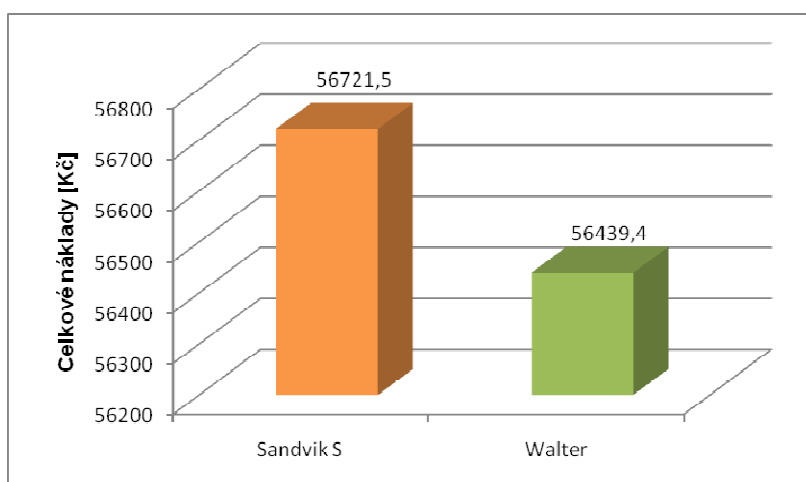
Graf 20 Náklady na nářadí Sandvik S – Walter



Graf 21 Náklady výměny nástrojů Sandvik S – Walter



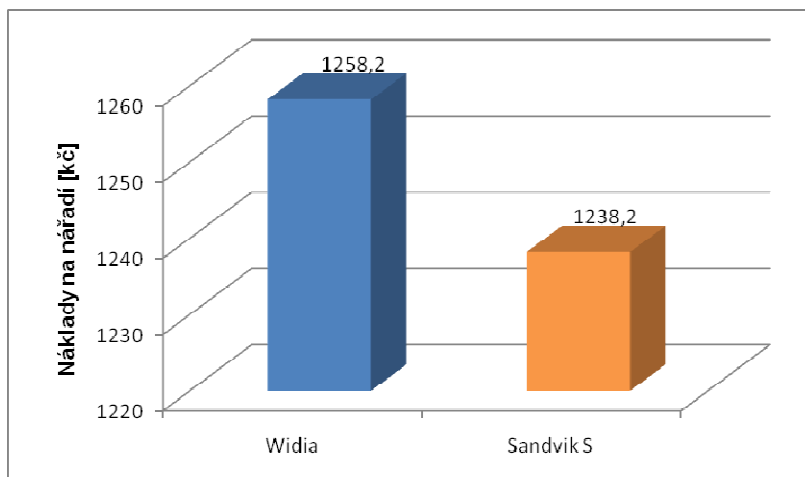
Graf 22 Celkové náklady Sandvik S – Walter



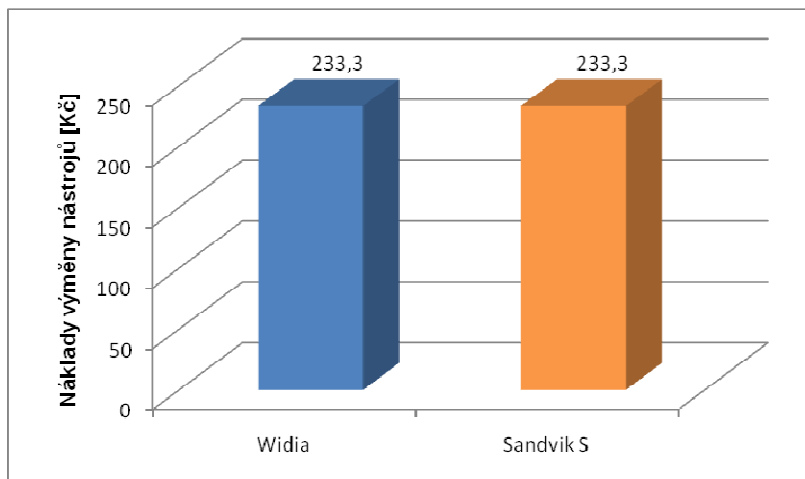
Tab. 9 Hodnocení Sandvik S – Walter

HODNOCENÍ OPERACE OBRÁBĚNÍ			
<i>název dílu</i>	<i>Kolo zpětného Chodu</i>		
<i>operace</i>	<i>5/10</i>		
<i>varianta 1</i>	<i>Sandvik-chlazení vzduchem</i>		
<i>varianta 2</i>	<i>Walter-chlazení vzduchem</i>		
<i>zpracoval</i>	<i>Ivana Veverková</i>		
<i>datum</i>	<i>26.2.11</i>		
	varianta	1	2
<i>stroj</i>		Emag	Emag
<i>hodinová sazba stroje [Kč]</i>		1000	1000
<i>dávka [ks]</i>		6500	
<i>počet držáků</i>		5	5
<i>čas výměny obrobku [min]</i>		0,00	0,00
<i>čas výměn nástrojů na dávku [min]</i> <i>a</i>		14,00	13,00
<i>strojní čas pro 1 obrobek [min]</i>		0,51	0,51
<u>VÝSLEDKY PRO DÁVKU</u>			
	varianta	1	2
<i>náklady na výměny obrobku [Kč]</i>		0,0	0,0
<i>náklady na výměny nástrojů [Kč]</i>		233,3	216,7
<i>náklady nářadí na dávku [Kč]</i> <i>b</i>		1 238,2	972,7
<i>celkové náklady [Kč]</i>		56 721,5	56 439,4
<i>čas pro 1 obrobek [min]</i>		0,51	0,51
<i>úspora nákladů na nářadí [Kč] *</i>		265,4 Kč	
ÚSPORA NÁKLADŮ CELKEM * [Kč]		282,1	
ÚSPORA ČASU CELKEM * [hod]		0,0	
NÁRŮST PRODUKTIVITY O * [%]		0,0	
* HODNOCENA VARIANTA 2			

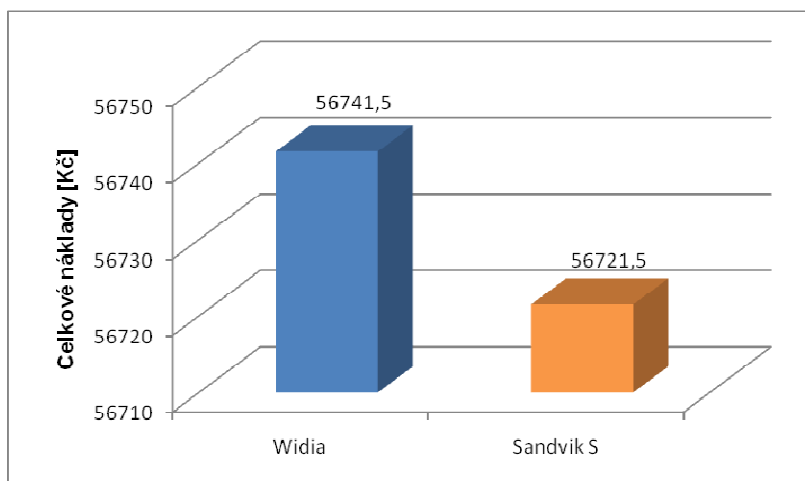
Graf 23 Náklady na nářadí Widia - Sandvik S



Graf 24 Náklady výměny nástrojů Widia - Sandvik S



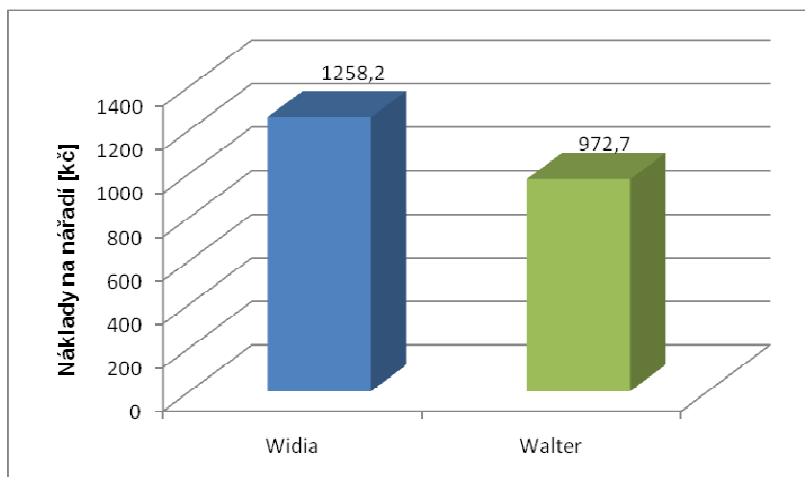
Graf 25 Celkové náklady Widia - Sandvik S



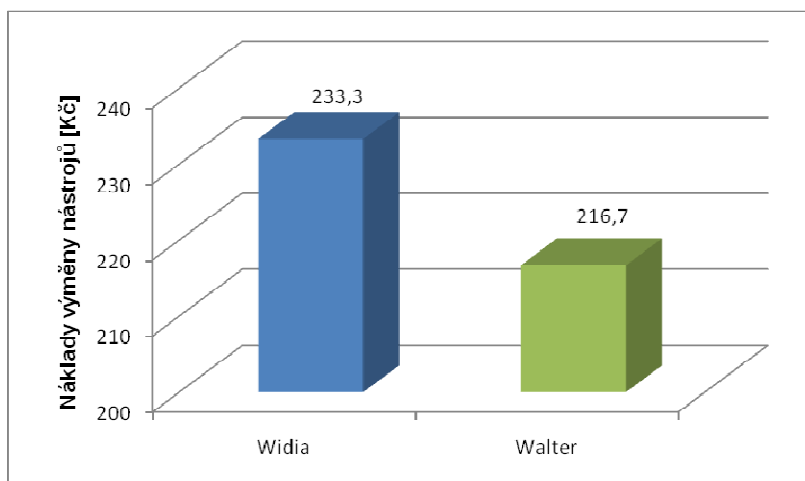
Tab. 10 Hodnocení Widia - Sandvik S

HODNOCENÍ OPERACE OBRÁBĚNÍ			
název dílu	Kolo zpětného Chodu		
operace	5/10		
varianta 1	Widia-chlazení vzduchem		
varianta 2	Sandvik-chlazení vzduchem		
zpracoval	Ivana Veverková		
datum	26.2.11		
	varianta	1	2
stroj		Emag	Emag
hodinová sazba stroje [Kč]		1000	1000
dávka [ks]		6500	
počet držáků		5	5
čas výměny obrobku [min]		0,00	0,00
čas výměn nástrojů na dávku [min] ^a		14,00	14,00
strojní čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
<u>VÝSLEDKY PRO DÁVKU</u>			
	varianta	1	2
náklady na výměny obrobku [Kč]		0,0	0,0
náklady na výměny nástrojů [Kč]		233,3	233,3
náklady nářadí na dávku [Kč] ^b		1 258,2	1 238,2
celkové náklady [Kč]		56 741,5	56 721,5
čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
<u>úspora nákladů na nářadí [Kč] *</u>		20,0 Kč	
ÚSPORA NÁKLADŮ CELKEM * [Kč]		20,0	
ÚSPORA ČASU CELKEM * [hod]		0,0	
NÁRŮST PRODUKTIVITY O * [%]		0,0	
* HODNOCENA VARIANTA 2			

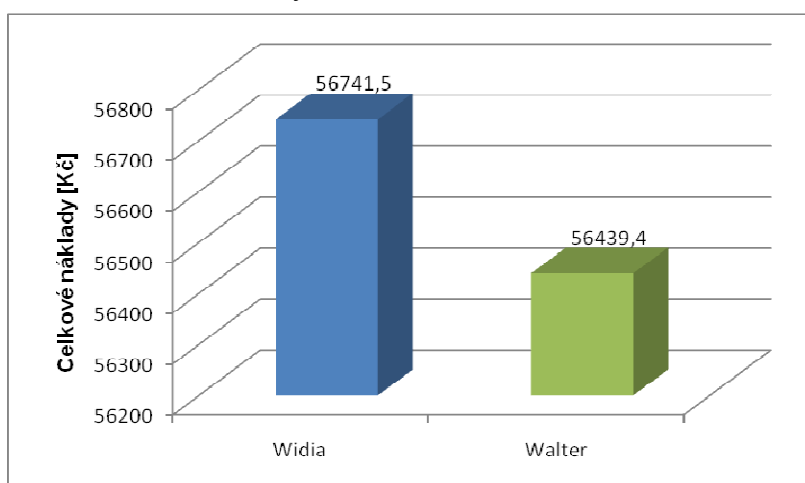
Graf 26 Náklady na nářadí Widia - Walter



Graf 27 Náklady výměny nástrojů Widia - Walter



Graf 28 Celkové náklady Widia - Walter



Tab. 11 Hodnocení Widia - Walter

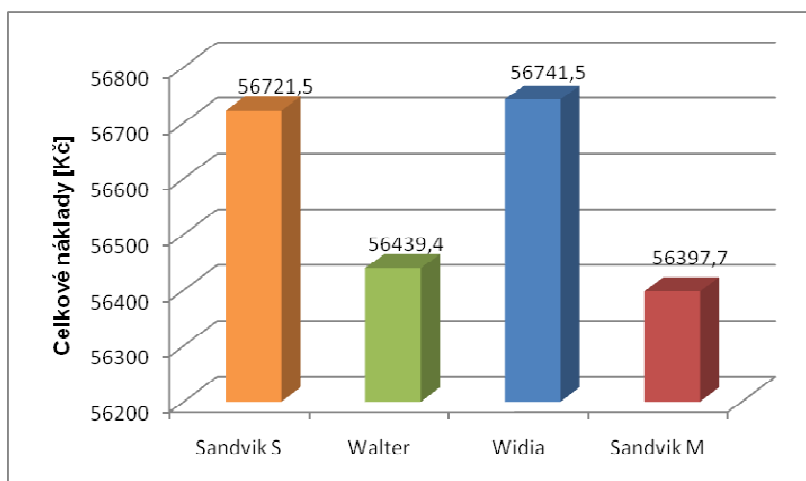
HODNOCENÍ OPERACE OBRÁBĚNÍ			
název dílu	Kolo zpětného Chodu		
operace	5/10		
varianta 1	Widia-chlazení vzduchem		
varianta 2	Walter-chlazení vzduchem		
zpracoval	Ivana Veverková		
datum	26.2.11		
	varianta	1	2
stroj		Emag	Emag
hodinová sazba stroje [Kč]		1000	1000
dávka [ks]		6500	
počet držáků		5	5
čas výměny obrobku [min]		0,00	0,00
čas výměn nástrojů na dávku [min] <i>a</i>		14,00	13,00
strojní čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
<u>VÝSLEDKY PRO DÁVKU</u>			
	varianta	1	2
náklady na výměny obrobku [Kč]		0,0	0,0
náklady na výměny nástrojů [Kč]		233,3	216,7
náklady nářadí na dávku [Kč] <i>b</i>		1 258,2	972,7
celkové náklady [Kč]		56 741,5	56 439,4
čas pro 1 obrobek [min]		0,51	0,51
úspora nákladů na nářadí [Kč] *		285,4 Kč	
ÚSPORA NÁKLADŮ CELKEM * [Kč]		302,1	
ÚSPORA ČASU CELKEM * [hod]		0,0	
NÁRŮST PRODUKTIVITY O * [%]		0,0	
* HODNOCENA VARIANTA 2			

5. Závěr

V teoretické části této práce byly popsány hlavní rozdíly při obrábění za sucha a za pomoci procesní kapaliny. Hlavním cílem bylo poukázat na výhody, které ze suchého obrábění vznikají. Největší výhodou je dosažení velkých úspor výrobních nákladů za nákup, skladování a následnou likvidaci po použití procesních kapalin. Dále bylo popsáno rozdělení materiálů řezných nástrojů, které se pro obrábění používají.

V experimentální části byla provedena provozní zkouška v sériové výrobě jednotlivých vyměnitelných břitových destiček od tří výrobců řezných nástrojů – Sandvik, Walter a Widia. Jako první byla provedena zkouška trvanlivosti vyměnitelných břitových destiček, ze které byla nejlépe vyhodnocena firma Sandvik za použití chladicí kapaliny, tedy stávající varianta. Vzhledem k optimalizaci – požadavku na suché obrábění, nejlépe dopadla firma Walter. Dále bylo měřeno opotřebením hřbetu nástroje, ze kterého vyplývá do jaké hodnoty nástroj pracuje stabilně a také kritérium výměny nástroje vzhledem k opotřebením. Na závěr byli ekonomicky zhodnoceni jednotliví výrobci vyměnitelných břitových destiček. Opět by nejlépe byla vyhodnocena firma Sandvik za použití procesní kapaliny. Ale v tomto ekonomickém zhodnocení vzhledem k optimalizaci nebyly zohledněny náklady spojené s chladicí kapalinou. Takže nejlépe vyhodnoceny byly VBD od firmy Walter.

Graf 29 Celkové zhodnocení nákladů



6. Seznam použité literatury

- [1] - Zeman, P. Účinek řezného prostředí. *MM průmyslové spektrum*, 2005, roč. 8, č. 12/2005, s. 36
- [2] - Kocman, K. – Prokop, J. *Technologie obrábění*. 1. vydání. Brno: CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2
- [3] - Růžička, P. Kapaliny v obráběcích procesech. *MM průmyslové spektrum*, 2006, roč. 9, č. 6/2006, s. 50
- [4] - Roček, V. Suché obrábění snižuje výrobní náklady. *MM průmyslové spektrum*, 2003, roč. 6, č. 4/2003, s. 44
- [5] - fa Sandvik. *Modern metal cutting*. 1. English edition. Sandwiken: Tofters Ttyckeri AB, 1994. ISBN 91-97 22 99-0-3
- [6] - Polzer, A. Vysokorychlostní obrábění. *Technický týdeník*, 2010, roč. 5, č. 18/2010, s. 28
- [7] - Růžička, P. Enviromentalizace řezného procesu a suché obrábění. *MM průmyslové spektrum*, 2004, roč. 7, č. 4/2004, s. 26
- [8] - Firemní materiály a prezentace firmy Walter
- [9] - Humár, A. *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vydání. Praha: MM publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2
- [10] - fa Sandvik. *Technická příručka*. Švédsko: Elanders, 2010.
- [11] - CNC stroje cztech Čelákovice [on-line]. cit. 23.1.2011 Dostupné z <http://www.cztech.cz/emag.html>
- [12] - Firemní materiály fa Škoda auto a.s.
- [13] - Pramet. *Katalog soustružení* [on-line]. cit. 20.2.2011 Dostupné z <http://www.gmtechnik.cz/naradi-stroje/nastroje-brusivo-meridla/>

Seznam tabulek

Tab. 1 Orientační oblasti HSC obrábění pro vybrané druhy materiálů obrobku

Tab. 2 Orientační oblasti HSC obrábění pro jednotlivé technologie obrábění

Tab. 3 Obecné porovnání vlastností základních povlakovaných materiálů

Tab. 4 Složení TL 4521

Tab. 5 Použité VBD

Tab. 6 Hodnocení Sandvik M - Walter

Tab. 7 Hodnocení Sandvik M – Widia

Tab. 8 Hodnocení Sandvik S – Sandvik M

Tab. 9 Hodnocení Sandvik S – Walter

Tab. 10 Hodnocení Widia - Sandvik S

Tab. 11 Hodnocení Widia – Walter

Tab. 12 TNMG 160412 PM

Tab. 13 CCMT 09T308-PM

Tab. 14 CNMG 120412-MM

Tab. 15 CCMT 09T308-WF

Tab. 16 CNMG 120412-WF

Tab. 17 TNMG 160412 NS6

Tab. 18 CCMT 09T308-PF2

Tab. 19 CNMG 120412-NM9

Tab. 20 CCMT 09T308-PF2

Tab. 21 CNMG 120412-NM9

Tab. 22 TNMG 160412 5

Tab. 23 CCMT 09T308-MU

Tab. 24 CNMG 120412-5

Tab. 25 CCMT 09T308-MU

Tab. 26 CNMG 120412-5

Tab. 27 TNMG 160412 PM

Tab. 28 CCMT 09T308-PM

Tab. 29 CNMG 120412-PR

Tab. 30 CCMT 09T308-MF

Tab. 31 CNMG 120412-MF

Seznam obrázků

Obr. 1 Odsávání třísek

Obr. 2 Ofukování třísek

Obr. 3 Řezné materiály pro obrábění

Obr. 4 Nepovlakovaný slinutý karbid

Obr. 5 Slinutý karbid s PVD povlakem

Obr. 6 Slinuté karbidy s CVD povlakem

Obr. 7 Povlakovaný cermet

Obr. 8 Řezná keramika

Obr. 9 Polykrystalický diamant

Obr. 10 Kubický nitrid boru

Obr. 11 Soustruh EMAG VSC 200 DUO

Obr. 12 Kritéria obrábění

Obr. 13 Soustružené kolo zpětného chodu

Obr. 14 Základní tvary břitových destiček

Obr. 15 Vysvětlivky ke značení VBD dle ISO

Obr. 16 Vysvětlivky ke značení VBD dle ISO

Obr. 15 Držák C5 – MTFNL – 35060 - 16

Obr. 16 Držák C5 – SCLCR – 11070 - 09

Obr. 17 Držák C5 – PCLNL – 35060 – 12

Obr. 20 Vysvětlivky ke značení držáku nožů – vnitřní dle ISO

Obr. 21 Vysvětlivky ke značení držáku nožů – vnitřní dle ISO

Obr. 22 Opotřebení hřbetu nástroje

Obr. 23 Měřicí přístroj
Obr. 24 TNMG 160412 - PM 4225
Obr. 25 TNMG 160412 - 5 TN7115
Obr. 26 TNMG 160412 - 5 TN7115
Obr. 27 CCMT 09T308 - PM 4235
Obr. 28 CCMT 09T308 - PF2 WSM20
Obr. 29 CNMG 120412 - MM 2025
Obr. 30 CNMG 120412 - PR 4215
Obr. 31 CCMT 09T308 - WF 2015
Obr. 32 CCMT 09T308 - MU TN6010
Obr. 33 CNMG 120412 - WF 4215
Obr. 34 CNMG 120412 - NM9 WPP10

Seznam grafů

Graf 1 Vnější hrubování - TNMG 160412
Graf 2 Vnitřní hrubování - CCMT 09T308
Graf 3 Vnější hrubování - CNMG 120412
Graf 4 Vnitřní soustružení na čisto - CCMT 09T308
Graf 5 Vnější soustružení na čisto - CNMG 120412
Graf 6 Vnější hrubování - TNMG 160412
Graf 7 Vnitřní hrubování - CCMT 09T30
Graf 8 Vnější hrubování - CNMG 12041
Graf 9 Vnitřní soustružení na čisto - CCI
Graf 10 Vnější soustružení na čisto - CNMG 120412
Graf 11 Náklady na nářadí Sandvik M - Walter
Graf 12 Náklady výměny nástrojů Sandvik M - Walter
Graf 13 Celkové náklady Sandvik M - Walter
Graf 14 Náklady na nářadí Sandvik M – Widia

Graf 15 Náklady výměny nástrojů Sandvik M - Widia
Graf 16 Celkové náklady Sandvik M - Widia
Graf 17 Náklady na nářadí Sandvik S – Sandvik M
Graf 18 Náklady výměny nástrojů Sandvik S – Sandvik M
Graf 19 Celkové náklady Sandvik S – Sandvik M
Graf 20 Náklady na nářadí Sandvik S – Walter
Graf 21 Náklady výměny nástrojů Sandvik S – Walter
Graf 22 Celkové náklady Sandvik S – Walter
Graf 23 Náklady na nářadí Widia - Sandvik S
Graf 24 Náklady výměny nástrojů Widia - Sandvik S
Graf 25 Celkové náklady Widia - Sandvik S
Graf 26 Náklady na nářadí Widia - Walter
Graf 27 Náklady výměny nástrojů Widia - Walter
Graf 28 Celkové náklady Widia - Walter
Graf 29 Celkové zhodnocení nákladů
Graf 30.1 Vnější hrubování
Graf 30.2 Vnitřní hrubování
Graf 30.3 Vnější hrubování
Graf 30.4 Vnitřní soustružení na čisto
Graf 30.5 Vnější soustružení na čisto
Graf 31.1 Vnější hrubování
Graf 31.2 Vnitřní hrubování
Graf 31.3 Vnější hrubování
Graf 31.4 Vnitřní soustružení na čisto
Graf 31.5 Vnější soustružení na čisto
Graf 32.1 Vnější hrubování
Graf 32.2 Vnitřní hrubování
Graf 32.3 Vnější hrubování
Graf 32.4 Vnitřní soustružení na čisto

Graf 32.5 Vnější soustružení na čisto

Graf 33.1 Vnější hrubování

Graf 33.2 Vnitřní hrubování

Graf 33.3 Vnější hrubování

Graf 33.4 Vnitřní soustružení na čisto

Graf 33.5 Vnější soustružení na čisto

Graf 34.1 Vnější hrubování

Graf 34.2 Vnitřní hrubování

Graf 34.3 Vnější hrubování

Graf 34.4 Vnitřní soustružení na čisto

Graf 34.5 Vnější soustružení na čisto

Graf 35.1 Vnější hrubování

Graf 35.2 Vnitřní hrubování

Graf 35.3 Vnější hrubování

Graf 35.4 Vnitřní soustružení na čisto

Graf 35.5 Vnější soustružení na čisto

Graf 36.1 Vnější hrubování

Graf 36.2 Vnitřní hrubování

Graf 36.3 Vnější hrubování

Graf 36.4 Vnitřní soustružení na čisto

Graf 36.5 Vnější soustružení na čisto

Graf 37.1 Vnější hrubování

Graf 37.2 Vnitřní hrubování

Graf 37.3 Vnější hrubování

Graf 37.4 Vnitřní soustružení na čisto

Graf 37.5 Vnější soustružení na čisto

Příloha 1: Životnost jednotlivých VBD

Grafy s druhým číslem 1 od jednotlivých firem znázorňují vnější hrubování s VBD, které mají šest řezných hran.

Grafy s druhým číslem 2 od jednotlivých firem znázorňují vnitřní hrubování s VBD, které mají dvě řezné hrany.

Grafy s druhým číslem 3 od jednotlivých firem znázorňují vnější hrubování s VBD, které mají čtyři řezné hrany.

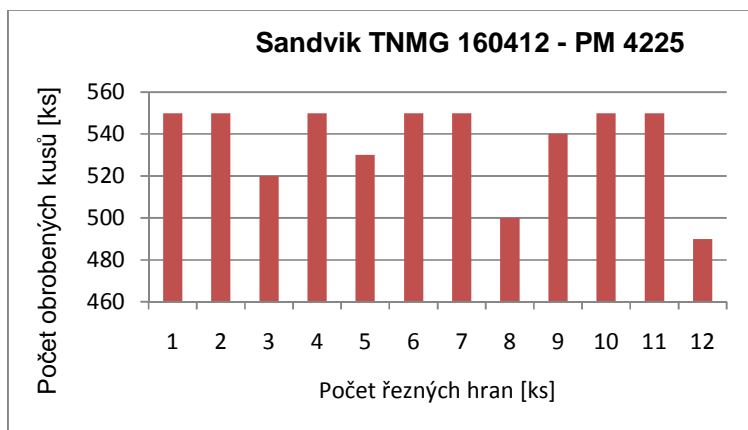
Grafy s druhým číslem 4 od jednotlivých firem znázorňují vnitřní soustružení na čisto s VBD, které mají dvě řezné hrany.

Grafy s druhým číslem 5 od jednotlivých firem znázorňují vnější soustružení na čisto s VBD, které mají čtyři řezné hrany.

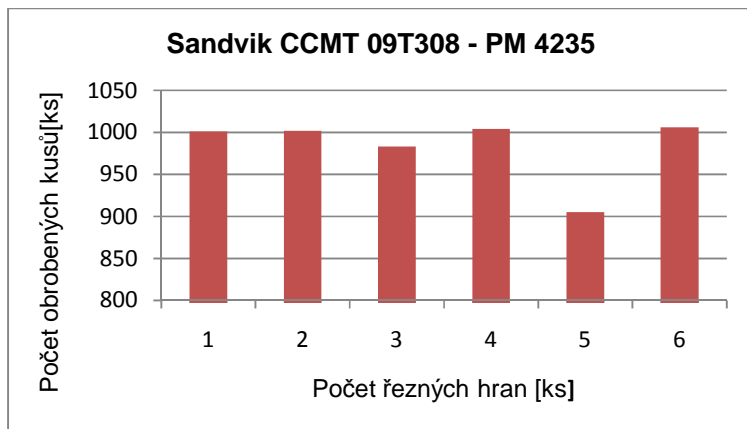
Rozdíl počtu odzkoušených hran VBD je dán jejich rozdílnou životností podle typu soustružení, kterou provádí.

V grafech 30.1 – 30.5 jsou znázorněny životnosti jednotlivých VBD od firmy Sandvik Coromant, které soustružily za pomoci řezné kapaliny.

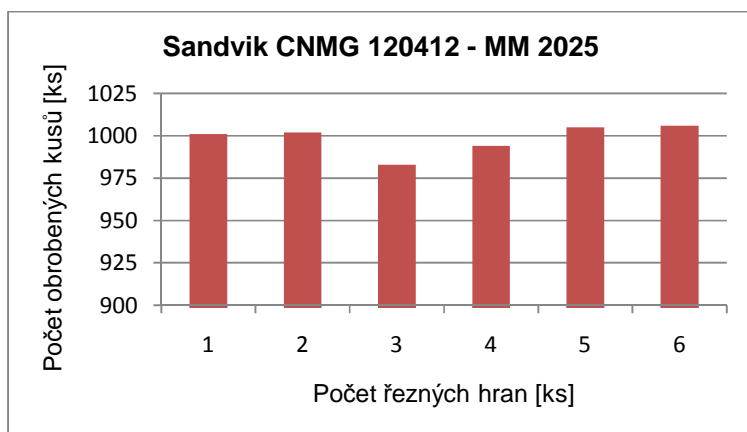
Graf 30.1 Vnější hrubování



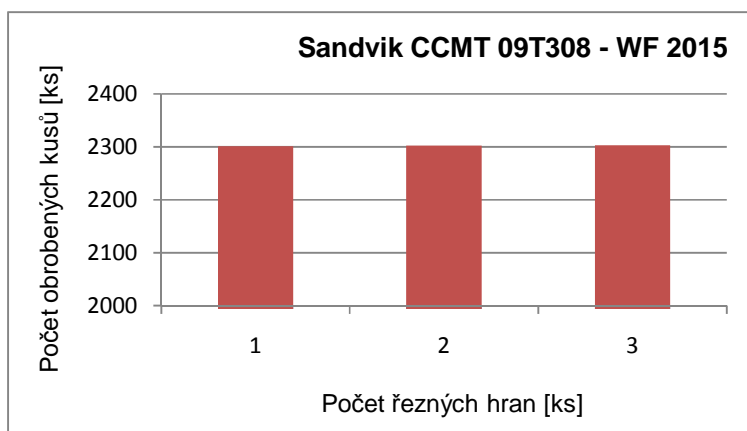
Graf 30.2 Vnitřní hrubování



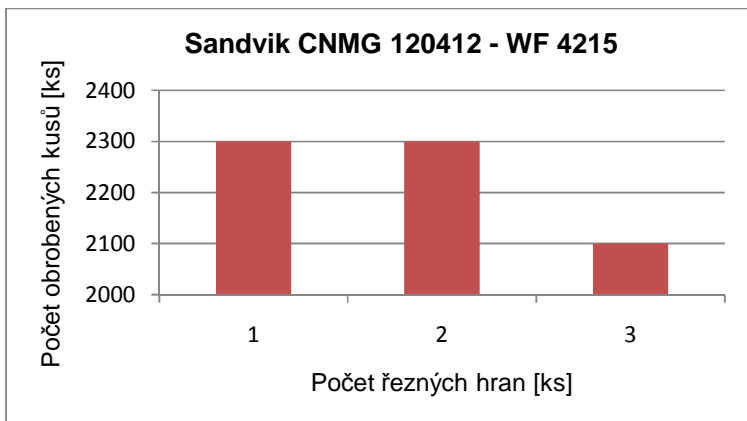
Graf 30.3 Vnější hrubování



Graf 30.4 Vnitřní soustružení na čisto

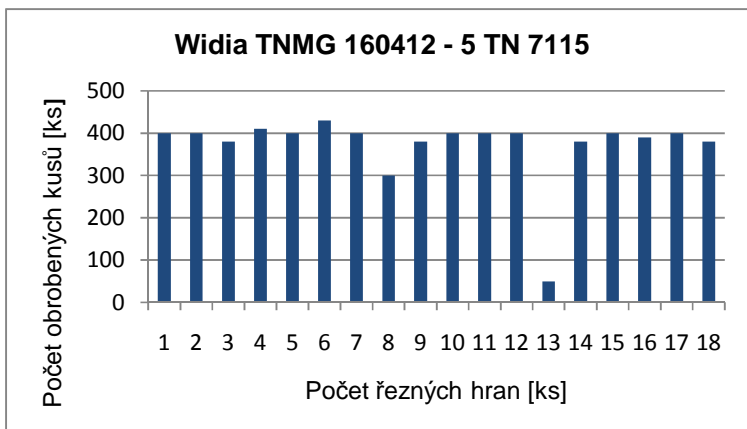


Graf 30.5 Vnější soustružení na čisto

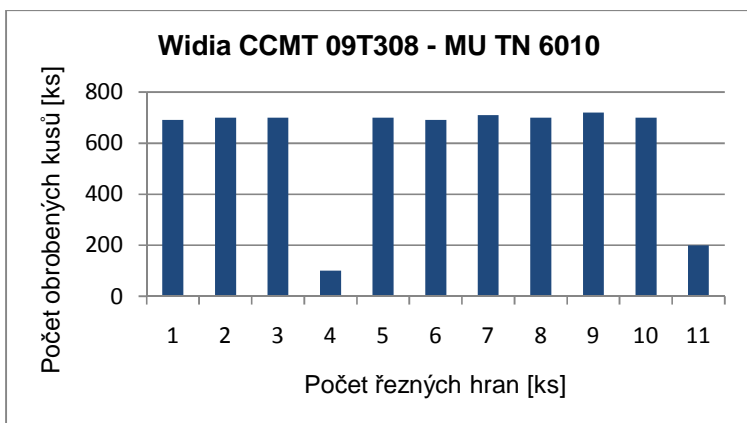


V grafech 31.1 – 31.5 jsou znázorněny životnosti jednotlivých VBD od firmy Widia, které soustružily za sucha.

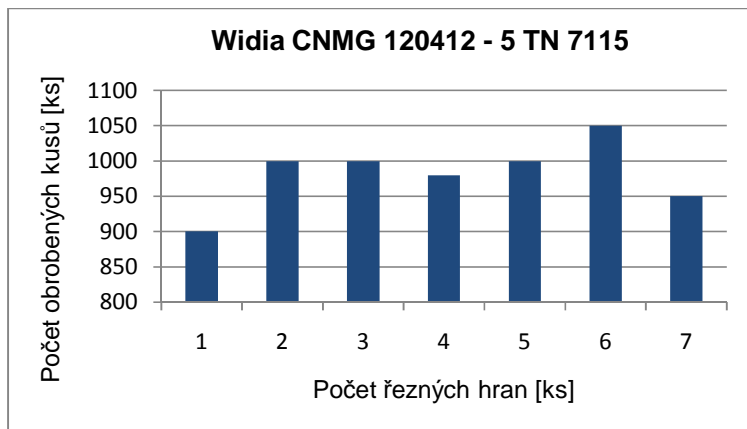
Graf 31.1 Vnější hrubování



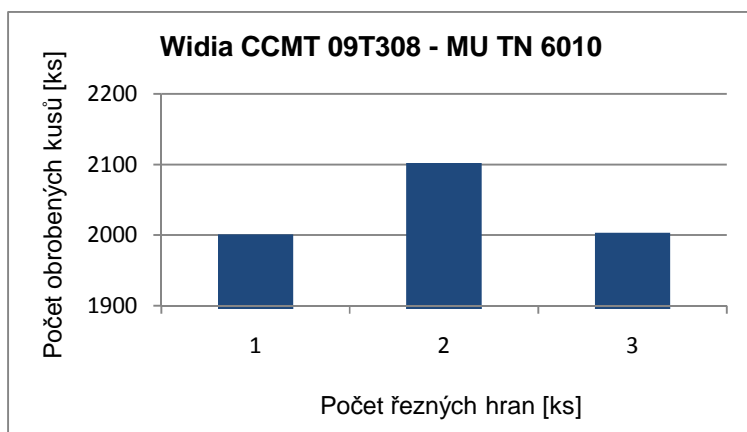
Graf 31.2 Vnitřní hrubování



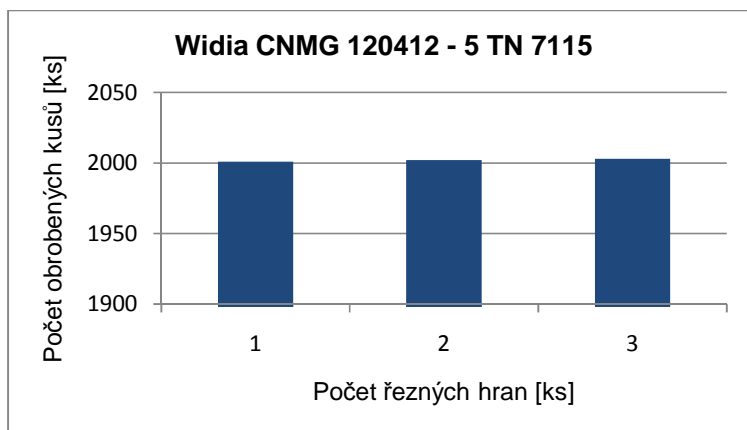
Graf 31.3 Vnější hrubování



Graf 31.4 Vnitřní soustružení na čisto

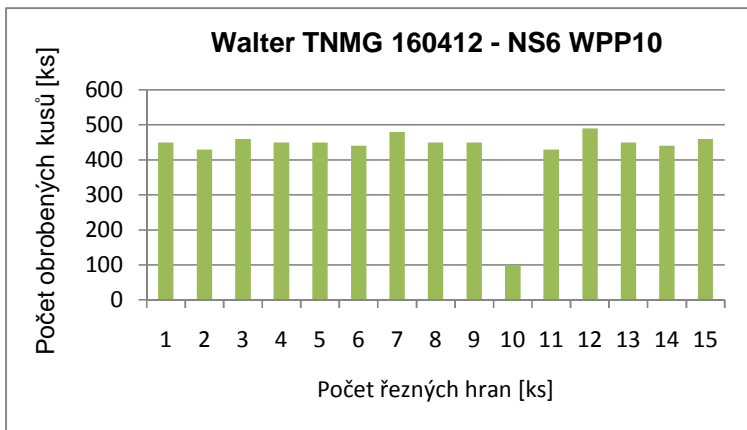


Graf 31.5 Vnější soustružení na čisto

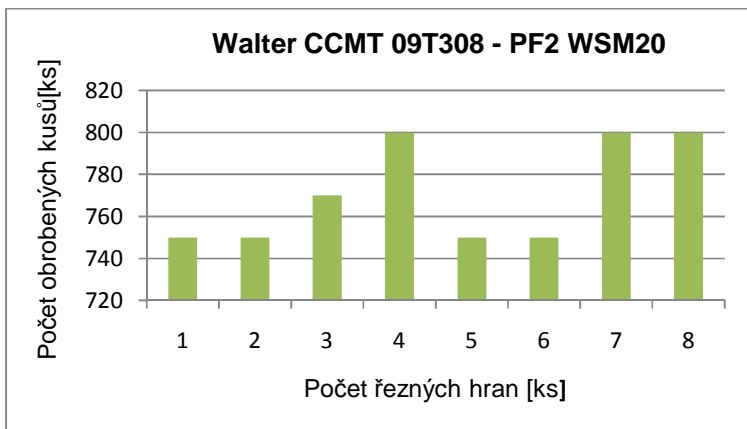


V grafech 32.1 – 32.5 jsou znázorněny životnosti jednotlivých VBD od firmy Walter, které soustružily za sucha.

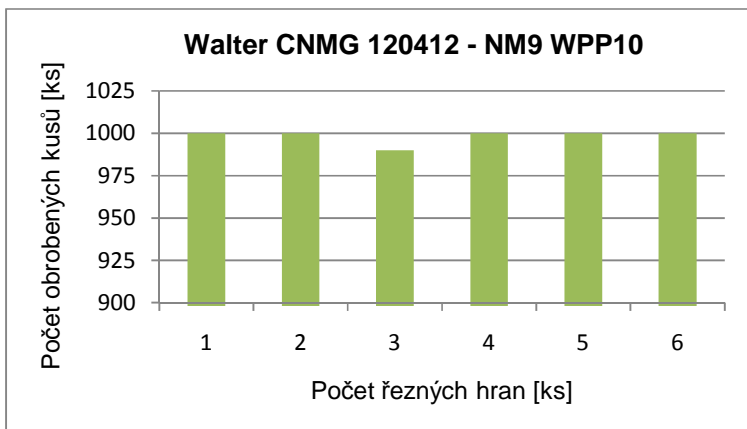
Graf 32.1 Vnější hrubování



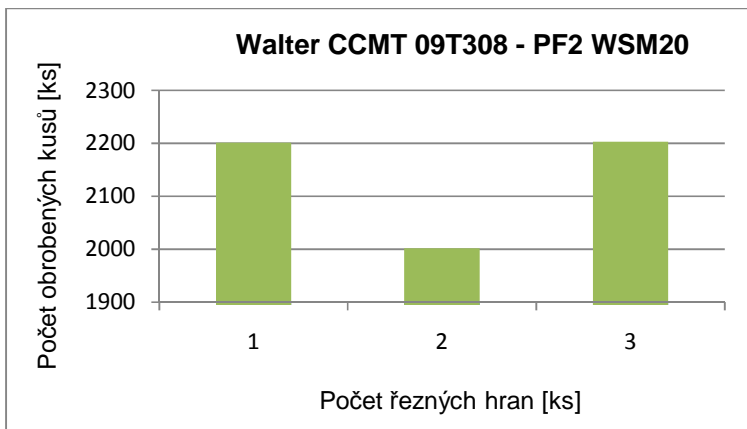
Graf 32.2 Vnitřní hrubování



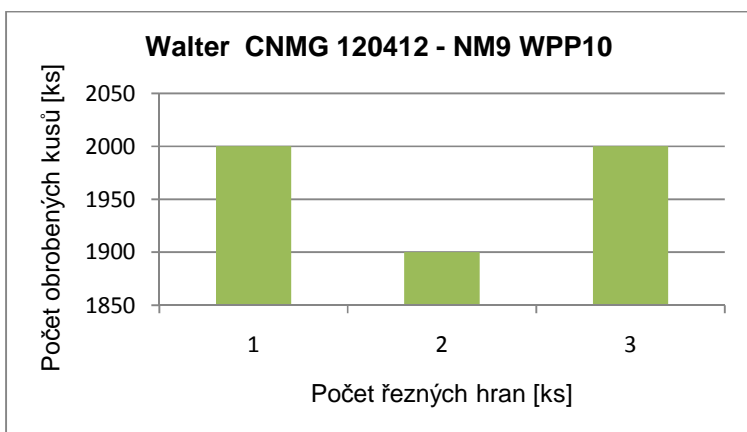
Graf 32.3 Vnější hrubování



Graf 32.4 Vnitřní soustružení na čisto

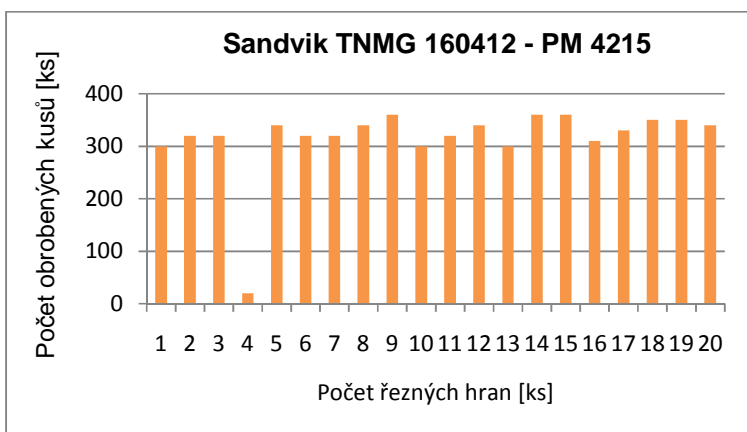


Graf 32.5 Vnější soustružení na čisto

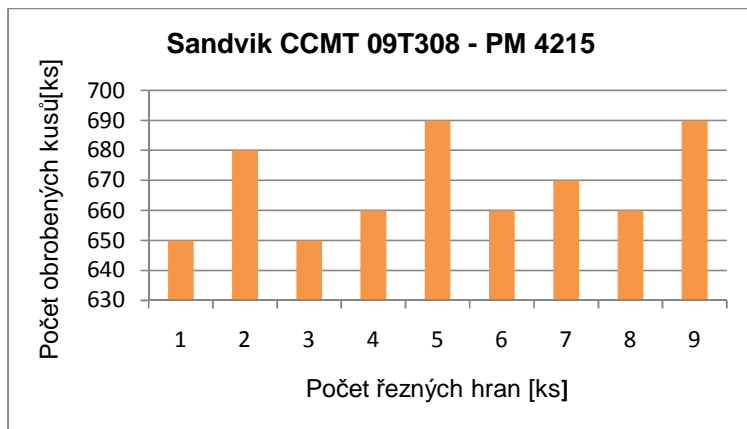


V grafech 33.1 – 33.5 jsou znázorněny životnosti jednotlivých VBD od firmy Sandvik Coromant, které soustružily za sucha.

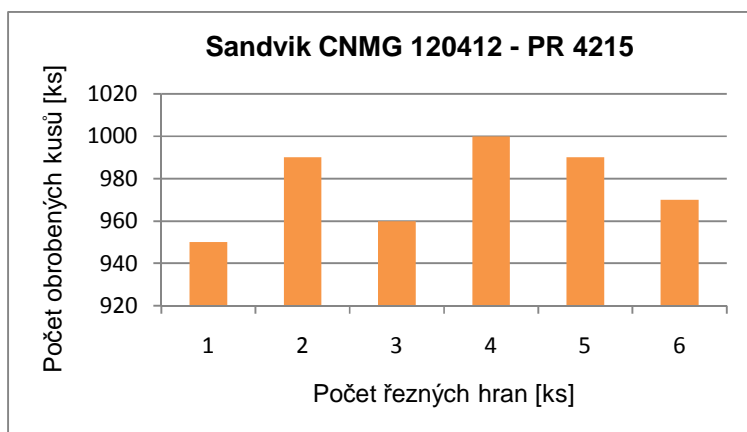
Graf 33.1 Vnější hrubování



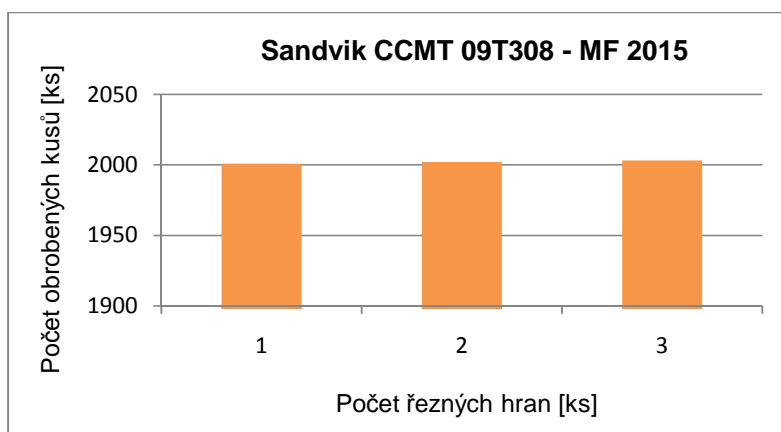
Graf 33.2 Vnitřní hrubování



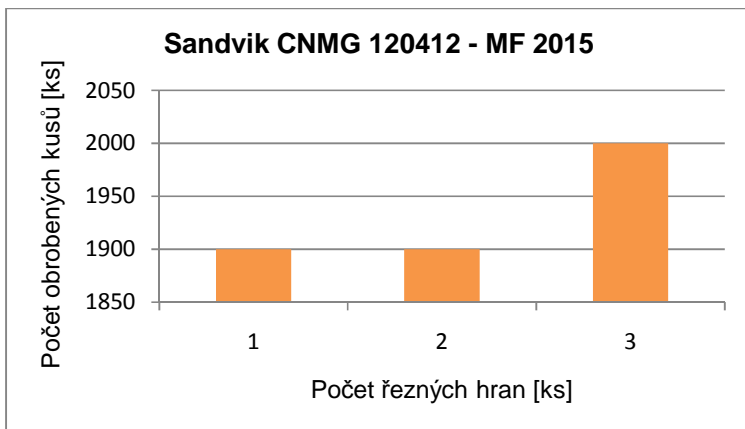
Graf 33.3 Vnější hrubování



Graf 33.4 Vnitřní soustružení na čisto



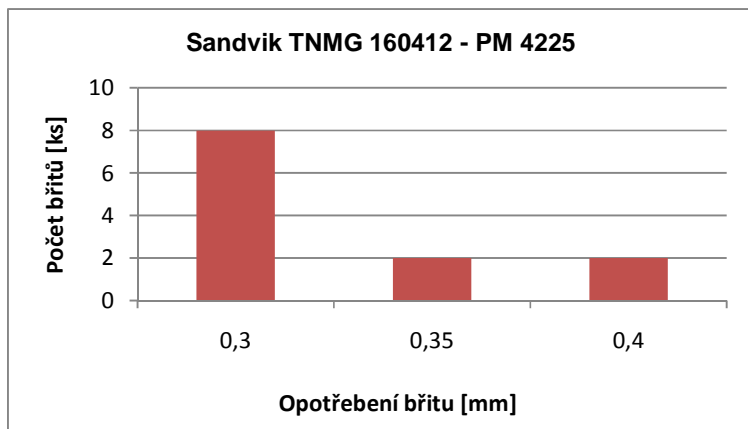
Graf 33.5 Vnější soustružení na čisto



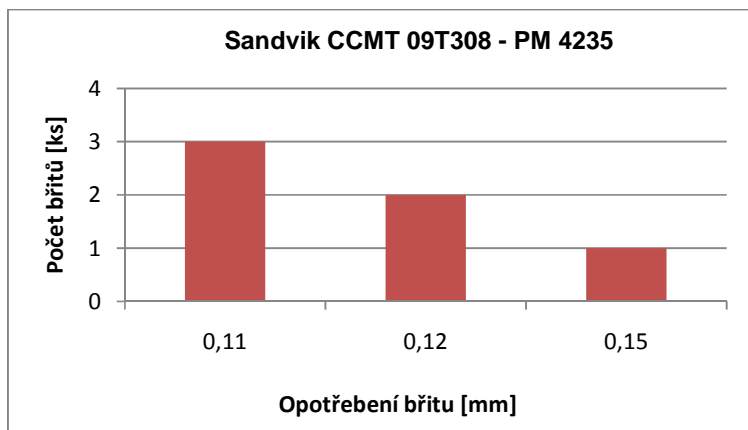
Příloha 2: Opatření hřbetu jednotlivých VBD

V grafech 34.1 – 34.5 jsou znázorněna opotřebení hřbetu jednotlivých VBD od firmy Sandvik Coromant, které soustružily za pomoci řezné kapaliny.

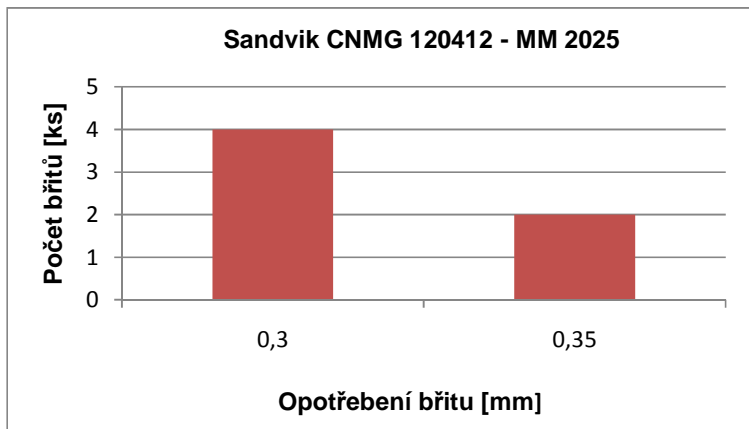
Graf 34.1 Vnější hrubování



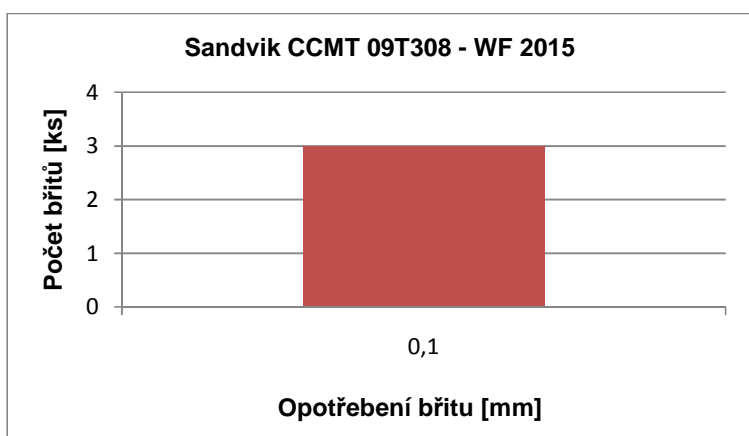
Graf 34.2 Vnitřní hrubování



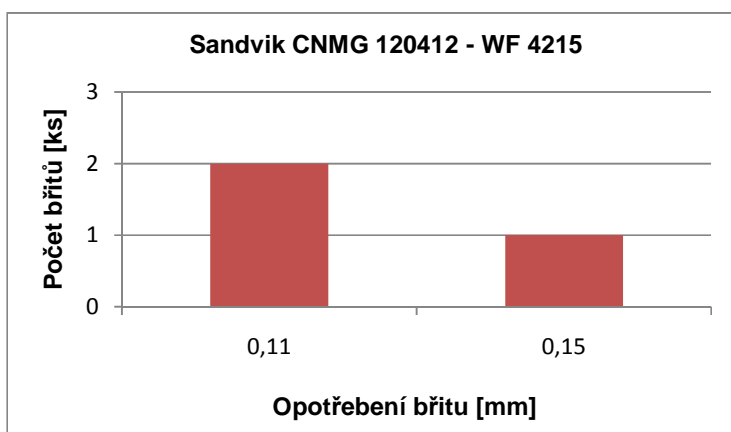
Graf 34.3 Vnější hrubování



Graf 34.4 Vnitřní soustružení na čisto

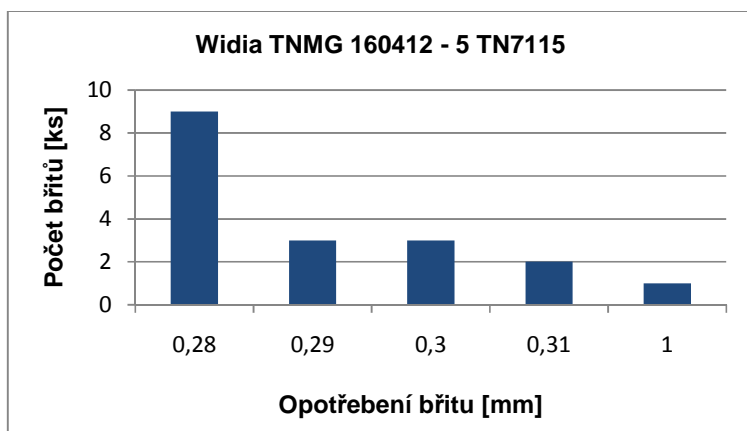


Graf 34.5 Vnější soustružení na čisto

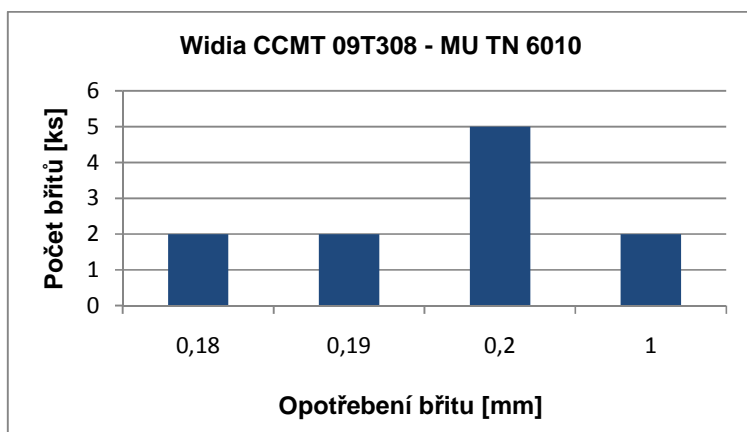


V grafech 35.1 – 35.5 jsou znázorněna opotřebenění hřbetu jednotlivých VBD od firmy Widia, které soustružily za sucha.

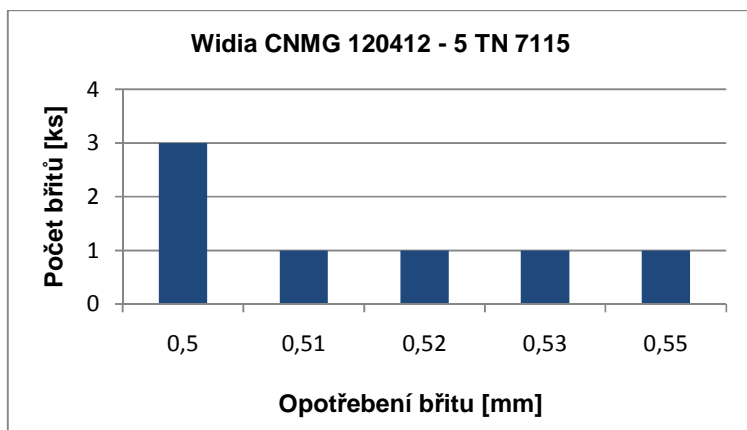
Graf 35.1 Vnější hrubování



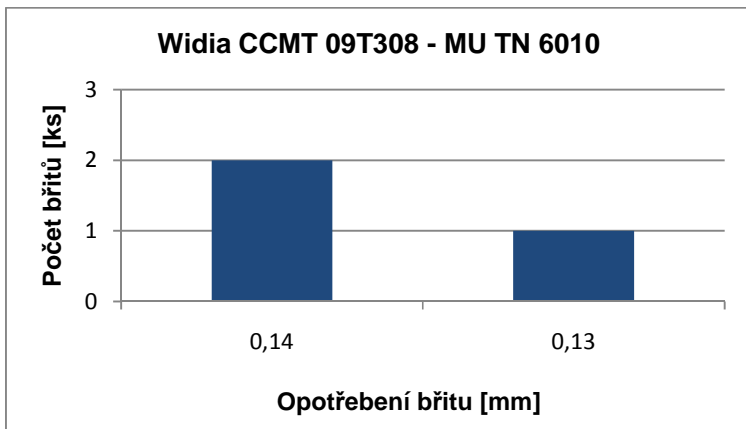
Graf 35.2 Vnitřní hrubování



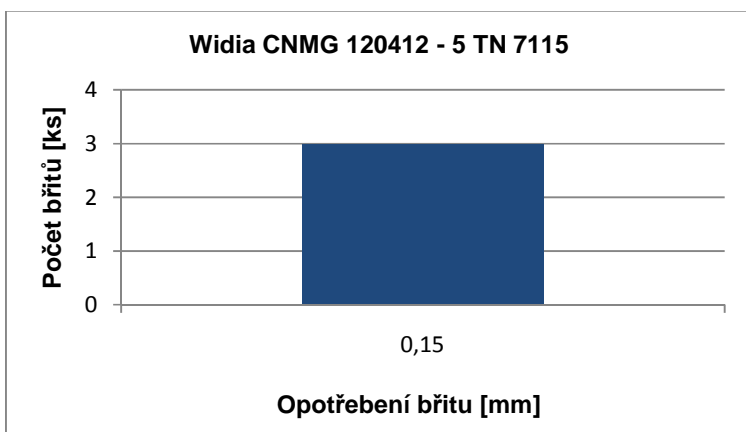
Graf 35.3 Vnější hrubování



Graf 35.4 Vnitřní soustružení na čisto

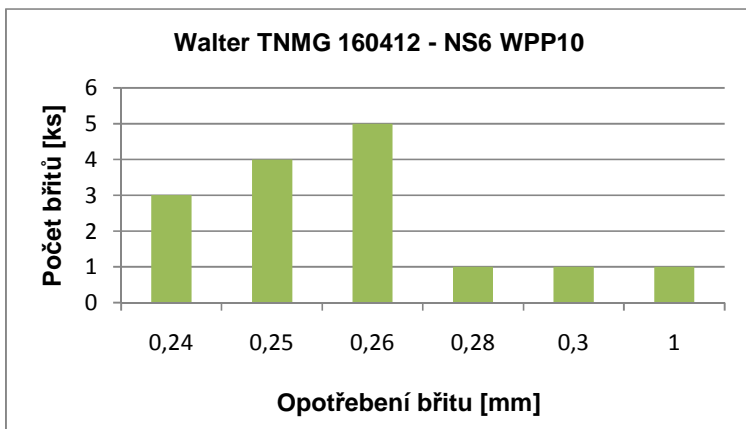


Graf 35.5 Vnější soustružení na čisto

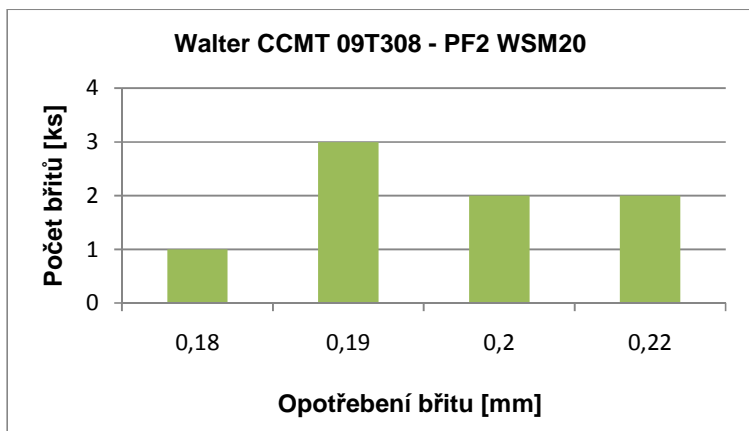


V grafech 36.1 – 36.5 jsou znázorněna opotřebení hřbetu jednotlivých VBD od firmy Walter, které soustružily za sucha.

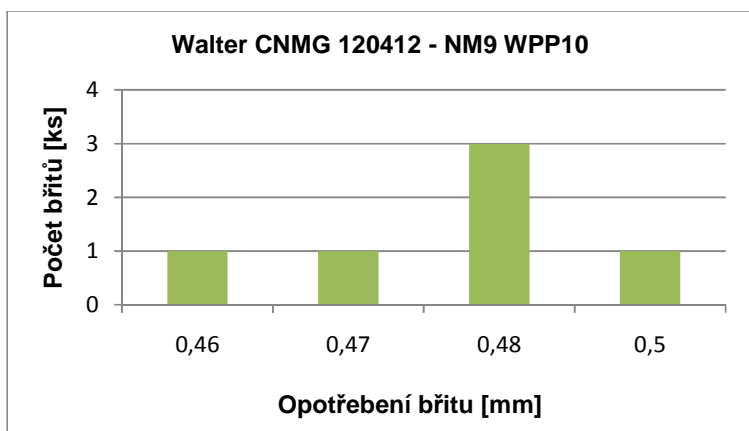
Graf 36.1 Vnější hrubování



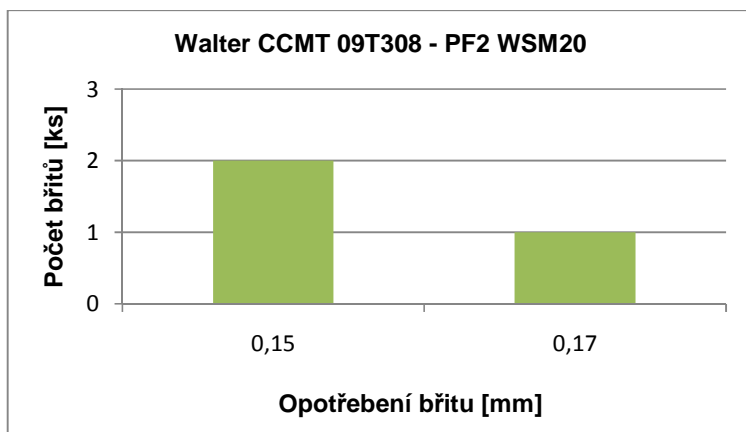
Graf 36.2 Vnitřní hrubování



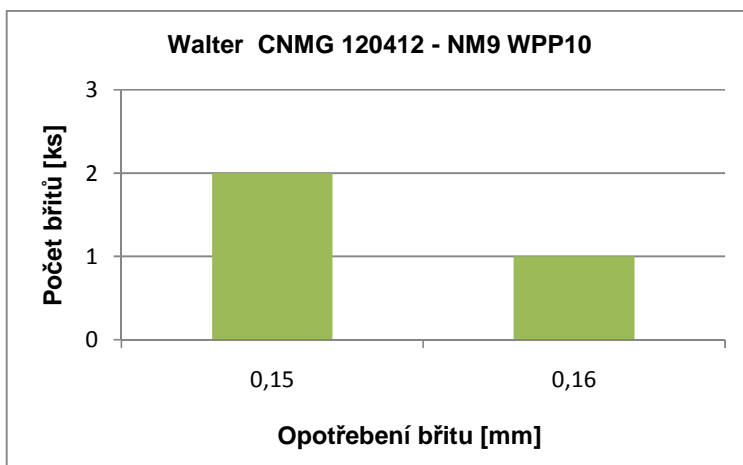
Graf 36.3 Vnější hrubování



Graf 36.4 Vnitřní soustružení na čisto

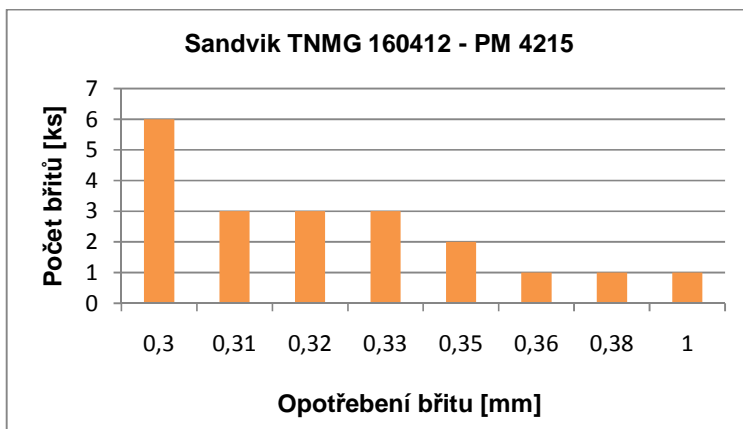


Graf 36.5 Vnější soustružení na čisto

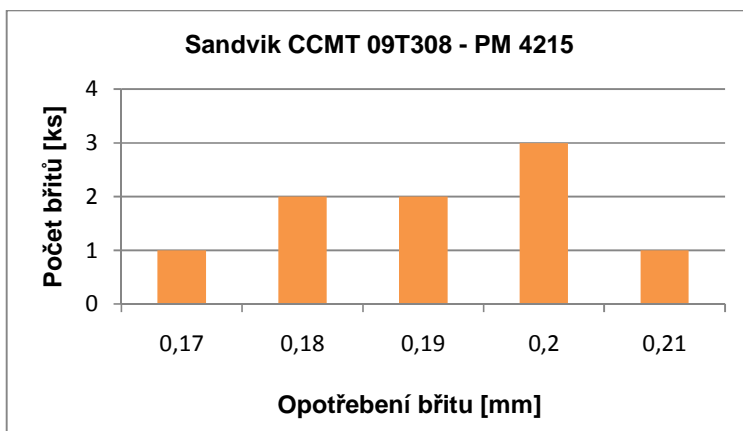


V grafech 37.1 – 37.5 jsou znázorněna opotřebení hřbetu jednotlivých VBD od firmy Sandvik Coromant, které soustružily za sucha.

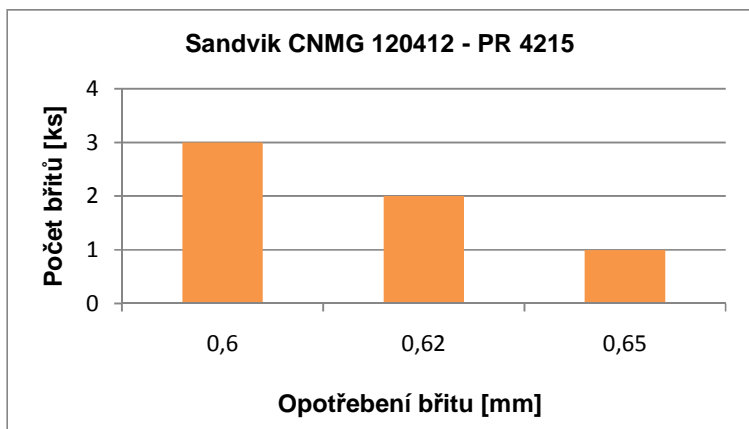
Graf 37.1 Vnější hrubování



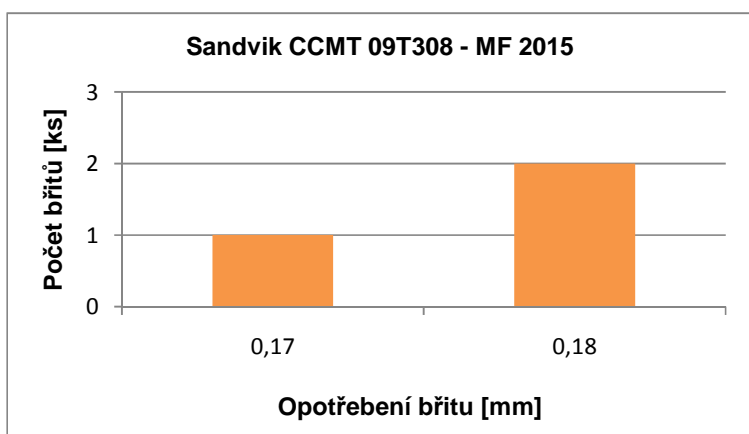
Graf 37.2 Vnitřní hrubování



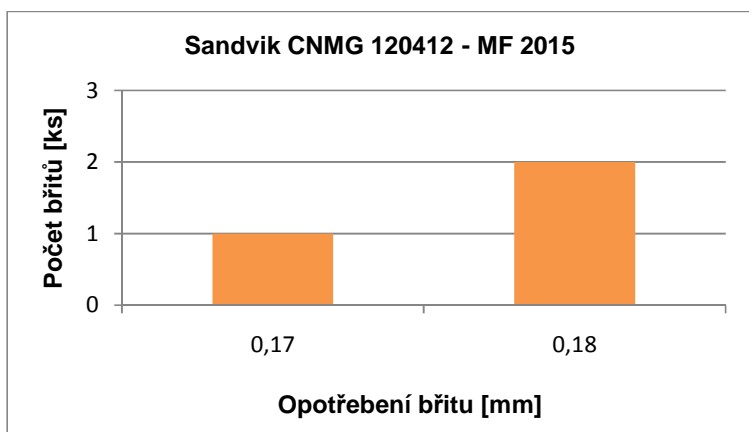
Graf 37.3 Vnější hrubování



Graf 37.4 Vnitřní soustružení na čisto



Graf 37.5 Vnější soustružení na čisto



Příloha 3: Ekonomické vyhodnocení

Sandvik – použití emulze

Tab. 12 TNMG 160412 PM

<i>držák</i>	C5-DTFNL-35060-16
<i>destička</i>	TNMG 160412 PM
<i>řezný materiál</i>	4225
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,13
<i>monolit- 1 ,destičky- 2</i>	2
<i>čas výměny nástroje [min]</i>	1,00
<i>cena držáku/nástroje [Kč]</i>	3 500,00 Kč
<i>cena destičky [Kč]</i>	120,00 Kč
<i>životnost držáku (výměn , počet broušení)</i>	10000
<i>cena přebroušení [Kč]</i>	0,00 Kč
<i>počet hran destičky</i>	6
<i>počet zubů plátkového nástroje</i>	6
<i>počet kusů na 1sadu hran (do broušení)</i>	3180
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	3180,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	2,0
<i>poč.výměn na dávku</i>	2,0
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,04 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	245,28 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,04 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	246,00 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	3,00

Tab. 13 CCMT 09T308-PM

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-PM
<i>řezný materiál</i>	4235
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	78,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	1960
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	1960,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	3,3
<i>poč.výměn na dávku</i>	3,3
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,04 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	258,67 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,04 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	259,67 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	4,00

..

Tab. 14 CNMG 120412-MM

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-MM
<i>řezný materiál</i>	2015
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	103,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	4
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	4000
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	4000,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,6
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,6
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	167,38 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	167,94 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 15 CCMT 09T308-WF

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-WF
<i>řezný materiál</i>	2015
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	114,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	4600
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	4600,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,4
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,4
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	161,09 Kč
<i>cena náradí na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena náradí na dávku</i>	161,51 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 16 CNMG 120412-WF

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-WF
<i>řezný materiál</i>	4215
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	152,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	4
počet kusů na 1 sadu hran (do broušení)	8800
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	8800,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	0,7
<i>poč.výměn na dávku</i>	0,7
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	112,27 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	112,53 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	1,00

Walter – suché obrábění

Tab. 17 TNMG 160412 NS6

<i>držák</i>	C5-DTFNL-35060-16
<i>destička</i>	TNMG 160412 NS6
<i>řezný materiál</i>	WPP10
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,13
<i>monolit- 1 ,destičky- 2</i>	2
<i>čas výměny nástroje [min]</i>	1,00
<i>cena držáku/nástroje [Kč]</i>	3 500,00 Kč
<i>cena destičky [Kč]</i>	92,00 Kč
<i>životnost držáku (výměn , počet broušení)</i>	10000
<i>cena přebroušení [Kč]</i>	0,00 Kč
<i>počet hran destičky</i>	6
<i>počet zubů plátkového nástroje</i>	6
<i>počet kusů na 1sadu hran (do broušení)</i>	2580
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	2580,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	2,5
<i>poč.výměn na dávku</i>	2,5
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,04 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	231,78 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,04 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	232,66 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	3,00

Tab. 18 CCMT 09T308-PF2

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-PF2
<i>řezný materiál</i>	WSM20
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	84,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	1540
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	1540,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	4,2
<i>poč.výměn na dávku</i>	4,2
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,05 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	354,55 Kč
<i>cena náradí na 1 obrobek</i>	0,05 Kč
<i>cena náradí na dávku</i>	355,81 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	5,00

Tab. 19 CNMG 120412-NM9

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-NM9
<i>řezný materiál</i>	WPP10
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
<hr/>	
<i>monolit- 1 ,destičky- 2</i>	2
<i>čas výměny nástroje [min]</i>	1,00
<i>cena držáku/nástroje [Kč]</i>	3 500,00 Kč
<i>cena destičky [Kč]</i>	104,00 Kč
<i>životnost držáku (výměn , počet broušení)</i>	10000
<i>cena přebroušení [Kč]</i>	0,00 Kč
<i>počet hran destičky</i>	4
<i>počet zubů plátkového nástroje</i>	4
<i>počet kusů na 1sadu hran (do broušení)</i>	4000
<hr/>	
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	4000,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,6
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,6
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	169,00 Kč
<i>cena náradí na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena náradí na dávku</i>	169,57 Kč
<hr/>	
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 20 CCMT 09T308-PF2

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-PF2
<i>řezný materiál</i>	WSM20
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	84,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	4260
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	4260,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,5
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,5
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	128,17 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	128,63 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 21 CNMG 120412-NM9

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-NM9
<i>řezný materiál</i>	WPP10
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	104,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	4
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	7880
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	7880,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	0,8
<i>poč.výměn na dávku</i>	0,8
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,01 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	85,79 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,01 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	86,08 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	1,00

Widia – suché obrábění

Tab. 22 TNMG 160412 5

<i>držák</i>	C5-DTFNL-35060-16
<i>destička</i>	TNMG 160412 5
<i>řezný materiál</i>	TN 7115
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,13
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	108,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	6
počet zubů plátkového nástroje	6
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	2220
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	2220,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	2,9
<i>poč.výměn na dávku</i>	2,9
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,05 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	316,22 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,05 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	317,24 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	3,00

Tab. 23 CCMT 09T308-MU

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-MU
<i>řezný materiál</i>	TN 6010
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	90,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	1200
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	1200,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	5,4
<i>poč.výměn na dávku</i>	5,4
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,08 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	487,50 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,08 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	489,13 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	6,00

Tab. 24 CNMG 120412-5

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-5
<i>řezný materiál</i>	TN 7115
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	124,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	4
počet kusů na 1 sadu hran (do broušení)	3920
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	3920,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,7
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,7
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	205,61 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	206,19 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 25 CCMT 09T308-MU

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-MU
<i>řezný materiál</i>	TN 6010
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	90,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	4060
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	4060,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,6
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,6
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	144,09 Kč
<i>cena náradí na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena náradí na dávku</i>	144,57 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 26 CNMG 120412-5

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-5
<i>řezný materiál</i>	TN 7115
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
<hr/>	
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	124,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	4
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	8000
<hr/>	
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	8000,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	0,8
<i>poč.výměn na dávku</i>	0,8
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	100,75 Kč
<i>cena náradí na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena náradí na dávku</i>	101,03 Kč
<hr/>	
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	1,00

Sandvik – suché obrábění

Tab. 27 TNMG 160412 PM

<i>držák</i>	C5-DTFNL-35060-16
<i>destička</i>	TNMG 160412 PM
<i>řezný materiál</i>	4215
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,13
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	120,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	6
počet zubů plátkového nástroje	6
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	1890
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	1890,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	3,4
<i>poč.výměn na dávku</i>	3,4
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,06 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	412,70 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,06 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	413,90 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	4,00

Tab. 28 CCMT 09T308-PM

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-PM
<i>řezný materiál</i>	4215
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	78,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	1340
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	1340,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	4,9
<i>poč.výměn na dávku</i>	4,9
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,06 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	378,36 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,06 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	379,81 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	5,00

Tab. 29 CNMG 120412-PR

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-PR
<i>řezný materiál</i>	4215
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
<hr/>	
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	127,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	4
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	3920
<hr/>	
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	3920,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,7
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,7
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	210,59 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,03 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	211,17 Kč
<hr/>	
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 30 CCMT 09T308-MF

<i>držák</i>	C5-SCLCL-11070-09
<i>destička</i>	CCMT 09T308-MF
<i>řezný materiál</i>	2015
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,11
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 000,00 Kč
cena destičky [Kč]	90,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	2
počet zubů plátkového nástroje	2
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	4000
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	4000,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	1,6
<i>poč.výměn na dávku</i>	1,6
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	146,25 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,02 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	146,74 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	2,00

Tab. 31 CNMG 120412-MF

<i>držák</i>	C5-PCLNL-35060-12
<i>destička</i>	CNMG 120412-MF
<i>řezný materiál</i>	2015
<i>strojní čas nástroje [min]</i>	0,80
monolit- 1 ,destičky- 2	2
čas výměny nástroje [min]	1,00
cena držáku/nástroje [Kč]	3 500,00 Kč
cena destičky [Kč]	103,00 Kč
životnost držáku (výměn , počet broušení)	10000
cena přebroušení [Kč]	0,00 Kč
počet hran destičky	4
počet zubů plátkového nástroje	4
počet kusů na 1sadu hran (do broušení)	7760
<i>poč.kusů na plátek/nástroj</i>	7760,0
<i>poč.plátků/nástrojů na dávku</i>	0,8
<i>poč.výměn na dávku</i>	0,8
<i>cena destiček/nástrojů na 1 obrobek</i>	0,01 Kč
<i>cena destiček/nástrojů na dávku</i>	86,28 Kč
<i>cena nářadí na 1 obrobek</i>	0,01 Kč
<i>cena nářadí na dávku</i>	86,57 Kč
<i>čas výměn na dávku [min]</i>	1,00