

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY ZE SLINUTÝCH KARBIDŮ

CEMENTED CARBIDE TOOL MATERIALS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MIROSLAV BIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. MILAN KALIVODA

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Miroslav Bil

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nástrojové materiály ze slinutých karbidů

v anglickém jazyce:

Cemented carbide tool materials

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obecný přehled nástrojových materiálů skupiny slinutých karbidů pro řezné nástroje, pojednání o jejich vlastnostech. Zaměření se na problematiku upichovacích nástrojů (včetně geometrie ostří, přehledu nástrojových firem a světového vývoje). Zkušební metody ve firmě. Vyhodnocení trvanlivosti ostří z naměřených dat.

Cíle bakalářské práce:

Znalost charakteristik nástrojových materiálů. Posuzování jejich vhodnosti pro nasazení do obráběcích operací. Posouzení metod zkoušení.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fine.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOČMAN, K. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavním cílem bakalářské práce je seznámení se s charakteristikou nástrojových materiálů a posuzování jejich vhodnosti pro nasazení do obráběcích operací. Práce se dále zabývá problematikou upichovacích nástrojů, problematikou geometrie ostří, obecným přehledem nástrojových materiálů skupiny slinutých karbidů pro řezné nástroje a jejich vlastnostmi. Zmíněn je zde i přehled nástrojových firem a světového vývoje.

Klíčová slova

Slinuté karbidy, zapichovací nástroje, upichování, drážkování, utváření třísky

ABSTRACT

Main goal of this bachelor thesis is the introduction with characteristics of tool materials and assessing their fitness for use in machining operations. The thesis also deals with the parting-off tools, blade geometry issues, a general overview of the tool material group of cemented carbide cutting tools and their properties. There is a mention of overview of companies and world development.

Keywords

Cemented carbids, grooving tools, parting-off, recessing, chip forming

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BIL, Miroslav. *Nástrojové materiály ze slinutých karbidů: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 33 s., 10 s. příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Nástrojové materiály ze slinutých karbidů“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

27. 5. 2011

.....
Miroslav Bil

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Milanu Kalivodovi za pomoc a cenné připomínky při vypracování bakalářské práce. Rovněž děkuji firmě Pramet Tools s.r.o. a panu Ing. Miroslavu Kouřilovi za cenné rady a pomoc poskytnutou při vypracování praktické části bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mojí rodině a přítelkyni za jejich podporu při mém studiu.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| Abstrakt..... | 4 |
| Prohlášení..... | 5 |
| Poděkování..... | 6 |
| Obsah..... | 7 |
| Úvod..... | 8 |
| 1 OBECNÝ PŘEHLED NÁSTROJOVÝCH MATERIÁLŮ SKUPINY SLINUTÝCH KARBIDŮ PRO ŘEZNÉ NÁSTROJE, POJEDNÁNÍ O JEJICH VLASTNOSTECH..... | 9 |
| 1.1 Co to je slinutý karbid..... | 9 |
| 1.2 Rozdělení a značení..... | 9 |
| 1.2.1 Skupina K..... | 11 |
| 1.2.2 Skupina P..... | 11 |
| 1.2.3 Skupina M..... | 11 |
| 1.2.4 Porovnání skupin K, P a M..... | 11 |
| 1.3 Povlakování..... | 12 |
| 1.3.1 Historie povlakování..... | 12 |
| 1.3.2 Generace povlaků..... | 12 |
| 1.4 Metody povlakování..... | 14 |
| 1.4.1 Metoda PVD..... | 14 |
| 1.4.2 Metoda CVD..... | 15 |
| 2 UPICHOVACÍ NÁSTROJE ZE SLINUTÝCH KARBIDŮ..... | 16 |
| 2.1 Upichování..... | 16 |
| 2.2 Zapichování a drážkování..... | 17 |
| 2.3 Geometrie ostří..... | 18 |
| 2.3.1 Úhly soustružnického nástroje..... | 18 |
| 2.4 Přehled firem vyrábějících nástroje..... | 20 |
| 2.4.1 Sandvik Coromant..... | 20 |
| 2.4.2 ISCAR LTD..... | 20 |
| 2.4.3 Walter AG..... | 20 |
| 2.4.4 Pramet Tools s.r.o..... | 21 |
| 2.5 Světový vývoj..... | 22 |
| 2.5.1 Sandvik Coromant..... | 22 |
| 2.5.2 ISCAR LTD..... | 23 |
| 2.5.3 Walter AG..... | 24 |
| 3 ZKUŠEBNÍ METODY VE FIRMĚ PRAMET TOOLS..... | 25 |
| 3.1 Předmět zkoušek..... | 25 |
| 3.2 Stručná charakteristika utvařečů F1 a M2..... | 25 |
| 4 VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK..... | 27 |
| 4.1 Podélné soustružení - $a_p = 0,5$ mm..... | 27 |
| 4.2 Podélné soustružení - $a_p = 1$ mm..... | 28 |
| 4.3 Zapichování - $a_p = 3$ mm..... | 29 |
| ZÁVĚR..... | 30 |
| Seznam použitých zdrojů..... | 31 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů..... | 32 |
| Seznam příloh..... | 33 |

ÚVOD

Začátkem září roku 2010 jsem se zúčastnil ve firmě Pramet Tools s.r.o. v Šumperku akce „Dny obrábění“ a zcela mě nadchla celá procedura slinování karbidů a výroby břitových destiček. Proto jsem se přihlásil na personálním oddělení a zeptal jsem se, zdali by bylo možné vypracovat bakalářskou práci ve spolupráci s firmou Pramet. Původně jsem chtěl popsat celý proces výroby břitových destiček ze slinutých karbidů od lisování, slinování v pecích, následné broušení až po povlakování, ale nakonec jsem si vybral z několika vypsanych témat problematiku zapichovacích a upichovacích nástrojů.

Práce obsahuje charakteristiku slinutých karbidů, jejich rozdělení a použití pro obrábění. Také je zde vypsána historie a vývoj povlakování a metody povlakování používané v průmyslu.

Dále se práce zabývá problematikou upichovacích a zapichovacích nástrojů. Jsou zde představeny největší firmy vyrábějící vyměnitelné břitové destičky ze slinutých karbidů. Jedna podkapitola je věnována novinkám a zajímavostem z katalogů těchto firem.

Třetí kapitola představuje úvod ke zkouškám tváření třísky, které probíhaly v areálu firmy Pramet Tools s.r.o.

Na závěr práce budou vyhodnoceny výsledky provedených zkoušek.

1 OBECNÝ PŘEHLED NÁSTROJOVÝCH MATERIÁLŮ SKUPINY SLINUTÝCH KARBIDŮ PRO ŘEZNÉ NÁSTROJE, POJEDNÁNÍ O JEJICH VLASTNOSTECH

V první kapitole bude přednesena teorie slinutých karbidů, jejich rozdělení do skupin, vývoje povlakování a jejich metod.

1.1 Co to je slinutý karbid

„Slinuté karbidy jsou produktem práškové metalurgie a vyrábí se z různých karbidů (WC, TiC, TaC, NbC) a kovového pojiva (nejčastěji Co). Obsahové množství jednotlivých fází ovlivňuje tvrdost, houževnatost a odolnost proti otěru. Vyrábějí se nejčastěji ve tvaru břitových destiček, které se mechanicky upínají k příslušnému držáku.“¹

„Pro lepší vlastnosti, zvýšení řezivosti a trvanlivosti nástroje se destičky povlakuji vrstvou tvrdých a otěruvzdorných sloučenin Ti (karbidy, nitridy, oxidy, boridy).“¹

1.2 Rozdělení a značení

Rozdělení a použití typů slinutých karbidů je přehledně znázorněno v tab.1.2

Tab. 1.2 Rozdělení slinutých karbidů⁵

| Skupina | Podskupiny | Základní chemické složení | Efektivní aplikace pro obrábění |
|----------|---|--|---|
| P | P01, P05, P10, P15, P20, P25, P30, P35, P40, P45, P50 | WC (30÷82)% +TiC (8÷64)% +Co (5÷17)% + (TaC.NbC) | Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou, plynulou třísku: Nelegovaná, nízkolegovaná a vysoce legovaná ocel, litá ocel, automatová ocel, nástrojová ocel, feritická a martenzitická korozivzdorná ocel. |
| M | M01, M05, M10, M15, M20, M25, M30, M35, M40 | WC (79÷84)% +TiC (5÷10)% +Co (6÷15)% +TaC.NbC (4÷15)% | Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou a střední třísku: Austenitická a feriticko austenitická ocel, korozivzdorná, žáruvzdorná, žárovečná, nemagnetická a otěruvzdorná ocel. |
| K | K01, K05, K10, K15, K20, K25, K30, K35, K40 | WC (87÷92)% +Co (4÷12)% + (TaC.NbC) | Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající krátkou, drobnou třísku: Nelegovaná i legovaná šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina. |
| N | N01, N05, N10, N15, N20, N25, N30 | | Slinuté karbidy pro obrábění neželezných materiálů: Slitiny mědi a hliníku, duroplasty, fibry, plasty s vlákniinou, tvrdá guma. |
| S | S01, S05, S10, S15, S20, S25, S30 | | Slinuté karbidy pro obrábění: Žáruvzdorné slitiny na bázi Fe, superslitiny na bázi Ni nebo Co, Titanu, Ti slitiny. |
| H | H01, H05, H10, H15, H20, H25, H30 | | Slinuté karbidy pro obrábění: Zušlechťené oceli s pevností nad 1500 MPa, kalené oceli HRC 48÷60, tvrzené kokilové litiny HSh 55÷58 |

„Současné nepovlakované slinuté karbidy s obsahem primárního WC pro řezné aplikace jsou podle normy ČSN ISO 513 označovány:

HW (zrnitost $\geq 1\mu\text{m}$)

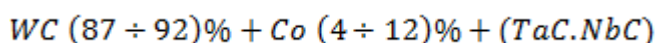
HF (zrnitost $\leq 1\mu\text{m}$).

Dále je můžeme rozdělit podle určení používání na obráběném materiálu do šesti skupin P, M, K, N, S a H. Skupina P je označována modrou barvou (dělí se na podskupiny P01-P05-P10-P15-P20-P25-P30-P35-P40-P45-P50), skupina M je označována žlutou barvou (podskupiny M01-M05-M10-M15-M20-M25-M30-M35-M40), skupina K je označována červenou barvou (podskupiny K01-K05-K10-K15-K20-K25-K30-K35-K40). 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.

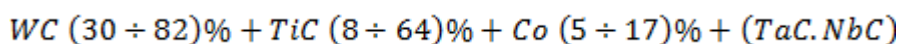
Skupina N je označována zelenou barvou (podskupiny N01-N05-N10-N15-N20-N25-N30), skupina S je označována hnědou barvou (podskupiny S01-S05-S10-S15-S20-S25-S30) a skupina H tmavošedou barvou (podskupiny H01-H05-H10-H15-H20-H25-H30). Rostoucí číslo podskupiny znamená stejnou změnu vlastností a doporučených řezných podmínek jako u skupin P, M a K.

Základním karbidem pro výrobu všech druhů slinutých karbidů pro obrábění (nepovlakovaných i povlakovaných) je karbid wolframu (WC), pojícím kovem je kobalt (Co), jako další složky jsou používány karbidy titanu (TiC), tantalu (TaC), niobu (NbC) a chromu (Cr_3C_2). Vzhledem ke svému složení jsou nepovlakované slinuté karbidy někdy též označovány jako jednodobidové (K), dvojdobidové (P) a vícekarbidové (M). Z tohoto hlediska lze proto k jednotlivým skupinám přiřadit obvykle následující složení (karbidy uvedené v závorce nevytvářejí obvykle v materiálech dané skupiny novou fázi, jejich hlavním úkolem je zabránit růstu zrna hlavních karbidických fází):

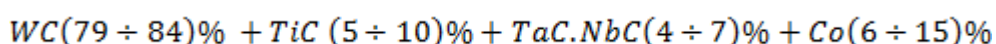
Skupina K:



Skupina P:



Skupina M:



Přidáním malého množství přísad kovů (0,5÷3,0 % V, Nb, Ta, Ti, Hf) nebo karbidů (VC, Cr_3C_2 , NbC, TaC, Zr/HfC) do výchozí práškové směsi se zajistí zpomalení růstu zrna WC a výsledný slinutý karbid má pak jemnější zrno a vyšší tvrdost a pevnost (negativním důsledkem může být částečné snížení houževnatosti).“²

1.2.1 Skupina K

„Skupina K je určena pro obrábění materiálů, které vytvářejí krátkou, drobnou třísku (zejména pro šedé litiny, neželezné slitiny a nekovové materiály). Řezné síly jsou přitom obvykle relativně nízké a převládá abrazní a adhezní opotřebením. Karbid wolframu, který tvoří jedinou tvrdou strukturní složku této skupiny SK, má za pokojové teploty tvrdost srovnatelnou s většinou ostatních karbidů, s rostoucí teplotou ale její hodnota klesá rychleji než u jiných karbidů. Proto slinuté karbidy skupiny K nejsou vhodné pro obrábění materiálů tvořících dlouhou třísku, která mnohem více tepelně zatěžuje čelo nástroje (dlouhá tříška má větší plochu styku s čelem nástroje a doba jejího kontaktu s nástrojem je delší).“²

1.2.2 Skupina P

„Skupina P je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Řezný proces je obvykle doprovázen velkými řeznými silami a značným opotřebením na čele (výmol), proto tato skupina SK obsahuje velké množství TiC a TaC, které zlepšují odolnost proti vymílání na čele nástroje. Přísada TiC zaručuje vysokou difuzi za vysokých teplot, která je jednou z hlavních příčin vytváření výmolu na čele nástroje v místě styku s odcházející třískou (WC naopak difunduje do povrchu třísky velice snadno). Vhodnost slinutých karbidů skupiny P pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, je dána též vysokou tvrdostí TiC (stejně TaC.NbC) za vyšších teplot, ve srovnání s WC. Nevýhodnou vlastností TiC a tuhých roztoků na bázi TiC je jejich vyšší křehkost a nižší odolnost proti abrazi ve srovnání s WC.“²

1.2.3 Skupina M

„Skupina M má univerzální použití a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku, jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny (vzhledem k relativně vysoké houževnatosti se SK této skupiny též často používají pro těžké hrubovací a přerušované řezy). Řezné síly dosahují středních až vysokých hodnot, dochází k vydrolování ostří.“²

1.2.4 Porovnání skupin K, P a M

„Z nepovlakovaných slinutých karbidů K, P a M je pouze omezený počet druhů užíván pro lehké a dokončovací obrábění (vysoká řezná rychlost v_c , nízká posuvová rychlost v_f a šířka záběru ostří a_p). Druhy s vyšším číselným označením jsou obvykle používány pro střední a těžké obrábění, nebo hrubování (v důsledku své nízké tvrdosti nemohou být použity při vysokých řezných rychlostech, vyšší houževnatost ale umožňuje jejich užití pro vyšší posuvové rychlosti – zejména při přerušovaném řezu – a větší šířky záběru ostří a_p), lze je také užít pro frézování a vrtání. Při nepřerušovaném řezání mají slinuté karbidy s nižším obsahem pojící fáze (skupiny s nižším číselným označením) lepší řezivost vzhledem k větší odolnosti proti plastické deformaci.“²

1.3 Povlakování

„Mezi nejdůležitější vývojové stupně v průmyslu slinutých karbidů během 20. století lze zařadit zavedení výroby vyměnitelných břitových destiček s tenkými povrchovými vrstvami TiC (1969).“²

1.3.1 Historie povlakování

„První povlakované břitové destičky ze slinutého karbidu pro obrábění se na trhu objevily koncem 60. let 20. století (materiál GC125 firmy Sandvik Coromant povlak TiC, tloušťka vrstvy 4+5 μ m).

Brzy nato byly vyvinuty povlaky typu TiN a TiCN, povlaky Al₂O₃ přišly na trh v polovině 70. let. Pvlaky byly vytvářeny metodou CVD (Chemical Vapour Deposition – chemické napařování – patentováno Hintermannem, Rupertem a Swedlerem, pracovníky laboratoře LSRH ve Švýcarsku). Jako jednovrstvé, povlak Al₂O₃ vyžadoval vytvoření mezivrstev (např. TiC), aby byla zlepšena adhezní pevnost mezi povlakem a podkladem.

Povlaky PVD (Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování) se objevily na začátku 80. let. Nejužívanějším povlakem PVD byl jednovrstvý TiN, získaný metodou reaktivní iontové implantace.

Původně postačovalo několik typů povlaků jako konkurence jiným nástrojovým materiálům, v současnosti je z hlediska uspokojování rostoucích požadavků každoročně vyvíjeno a zdokonalováno mnoho nových druhů povlakovaných slinutých karbidů pro různé řezné aplikace. Jednotlivé materiály se navzájem liší druhem povlaku, kombinací vrstev, tloušťkou povlaku, metodou povlakování, substrátem atd. Pro konkrétní aplikaci řezného nástroje s povlakovanou břitovou destičkou (obráběný materiál, řezné podmínky) je velmi důležitá správná kombinace všech uvedených faktorů, protože zejména na této skutečnosti závisí efektivnost jeho využití.“²

1.3.2 Generace povlaků

Vývoj povlaků pro slinuté karbidy by se dal rozčlenit do těchto etap:

1. generace:

„Jednovrstvý povlak (téměř výhradně TiC) s tloušťkou asi 6 μ m a špatnou soudržností podkladu a povlaku (tato nepříznivá vlastnost byla způsobena nedokonalou technologií výroby, kdy mezi podkladem (substrátem) a povlakem docházelo k tvorbě křehkého *eta*-karbidu). Při obrábění takovými nástroji proto rychle docházelo k odlupování povlaku, což vedlo k znehodnocování nástroje.“²

2. generace:

„Jednovrstvý povlak (TiC, TiCN, TiN) bez *eta*-karbidu na přechodu podklad – povlak. Zdokonalení technologie výroby umožnilo vytvořit vrstvy povlaků o větší tloušťce (7 až 10 μ m) bez nebezpečí jejich odlupování při funkci nástroje. K této generaci patřily např. povlakované slinuté karbidy Pramet, typ 015 P, 020 P, nebo jeden z prvních povlakovaných SK firmy Sandvik Coromant.“²

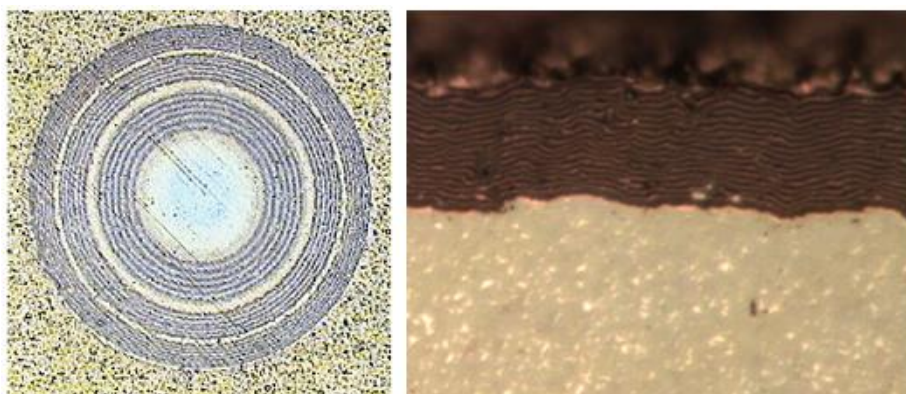
3. generace:

„Vícevrstvý povlak (dvě až tři vrstvy, případně i více) s ostře ohraničenými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Řazení vrstev odpovídá jejich vlastnostem tak, že jako první jsou na podklad obvykle nanášeny vrstvy s lepší přilnavostí k podkladu, které mají relativně nižší odolnost proti opotřebením, a jako poslední jsou nanášeny vrstvy, které nemusí mít dobrou přilnavost k podkladu (dobrá přilnavost k předchozí vrstvě vyplývá z procesu povlakování), ale požaduje se od nich zejména vysoká tvrdost a odolnost proti opotřebením a oxidaci za zvýšených teplot. Nejčastěji bývají jednotlivé vrstvy řazeny v tomto pořadí (od podkladu k povrchu): TiC-Al₂O₃, TiC-TiN, TiC-TiCN-TiN, TiC-Al₂O₃-TiN.“²

4. generace:

„Speciální vícevrstvý, „multivrstvý“ povlak, velmi často složený z více než deseti vrstev a mezivrstev, s méně či více výraznými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Tyto vrstvy jsou ze stejných materiálů, jaké se používají u povlaků třetí generace. Multivrstvé povlaky jsou u metody CVD vyráběny pomocí cíleného řízení atmosféry v povlakovacím zařízení (podle potřeb technologického postupu povlakování), u metody PVD odpařováním různých typů tarotů. K jejich velkým výhodám lze přiřadit i schopnost odklánět a zpomalovat šíření trhlin od povrchu povlaku k substrátu. Tuto schopnost mají též povlaky s nanokrystalickou strukturou a povlaky s vysokým zbytkovým tlakovým napětím.

Za povlaky čtvrté generace jsou považovány též **diamantové**, **nanokompozitní** (povlak tvořený dvěma nebo více složkami, které jsou vzájemně nerozpustné, přitom alespoň jedna složka musí být krystalická), **gradientní** (složení vrstvy se plynule mění od substrátu k povrchu povlaku), **supermřížkové** (povlaky, u kterých je základní vrstva opakována s tak krátkou periodou, aby byla vytvořena jednotná mřížka, která difraktuje při rentgenovém nebo elektronovém záření, jednotlivé složky povlaku nesmí být krystalické) a „**inteligentní**“ **povlaky** (keramické vyměnitelné břitové destičky japonské firmy Kyocera s tzv. „maskovacím“ povlakem tvoří základní součást zařízení Sensor Tool Systém pro inteligentní nástroje, které jsou schopny průběžně monitorovat a pomocí příslušného zařízení též vyhodnocovat opotřebením nástroje), v budoucnu se k nim přiřadí i povlaky z **kubického nitridu boru**.“²



Obrázek 1.1 Nanokompozitní povlak⁷, multivrstvý povlak⁴

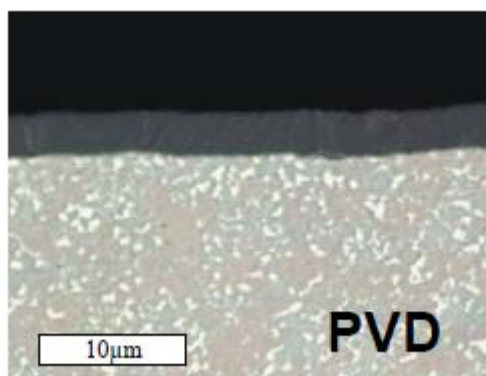
1.4 Metody povlakování

„Povlakované slinuté karbidy jsou vyráběny tak, že na podklad z běžného slinutého karbidu typu K, P nebo M (v současné době jsou již povlaky většinou nanášeny na podkladové SK, vyrobené speciálně k tomuto účelu) se nanáší tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení (povlak ve formě tenké vrstvy má vyšší tvrdost i pevnost než stejný homogenní materiál v jakékoli jiné formě). Tyto výhodné vlastnosti vyplývají zejména z toho, že povlakový materiál ve srovnání se substrátem neobsahuje žádné pojivo, má o jeden i více řádů jemnější zrnitost a méně strukturních defektů a navíc tvoří bariéru proti difuznímu mechanismu opotřebení nástroje. Vlastnosti povrchové vrstvy povlaku se významně podílejí na zamezování tvorby nárůstku na břitu nástroje.“²

Metody povlakování lze rozdělit do dvou základních skupin:

1.4.1 Metoda PVD

„Metoda PVD (Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování), která 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 posledním období dochází k velmi významnému rozvoji metod PVD a rozšiřování jejich aplikací také pro slinuté karbidy.“



Obrázek 1.2 Ukázka PVD povlaku⁷

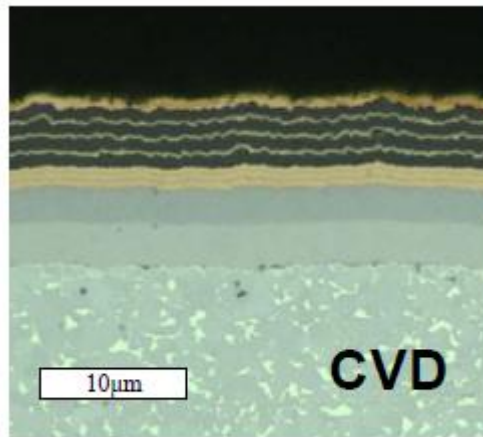
Povlak je nejčastěji vytvářen:

- **napařováním** (evaporation) - přímé, reaktivní, aktivované reaktivní, s asistencí iontového paprsku
- **naprašováním** (sputtering) – doutnavý výboj (stejnoseměrná nebo RF dioda, trioda, magnetron), iontový paprsek (jediný, dvojitý)
- **iontovou implantací** (ion-plating) – doutnavý výboj (stejnoseměrná nebo RF dioda, trioda, výboj v duté katodě, naprašování), iontový paprsek (přímý iontový paprsek, iontový paprsek, skupinový iontový paprsek).“²

1.4.2 Metoda CVD

„Metoda CVD (Chemical Vapour Deposition – chemické napařování z plynné fáze), která probíhá za vysokých teplot (1000÷1200 °C); tato metoda je hlavní metodou povlakování slinutých karbidů a může být realizována ve čtyřech variantách:

- **tepelně indukovaná**
- **plazmaticky aktivovaná**
- **elektronově indukovaná** (paprsek elektronu)
- **fotonově indukovaná** (např. laserem).“²



Obrázek 1.3 Ukázka CVD povlaku⁷

2 UPICHOVACÍ NÁSTROJE ZE SLINUTÝCH KARBIDŮ

V následující kapitole bude představeno řešení upichovacích a zapichovacích nástrojů, geometrie nástroje a přehled hlavních firem s jejich novinkami na trhu zapichovacích nožů.

2.1 Upichování

Upichování je způsob dělení materiálu upichovacím nástrojem. Primárně by se mělo dbát na to, aby byl používán co nejstabilnější nástroj. Zabráni se tím vzniku vibrací a prodlouží se životnost nástroje. Dalším důležitým faktorem pro optimalizaci řezného procesu a trvanlivosti nástroje je upichovací šířka a upichovací hloubka. Šířka by měla být zvolena podle potřeby co možná nejmenší, protože se tím zmenší řezná síla a také se šetří materiál. Maximální upichovací hloubka nástroje, resp. maximální vyložení držáku břitu by neměla být větší než 8x šířka břitu. Dalším faktorem ovlivňujícím hloubku řezu je úhel nastavení. Neutrální destička s nulovým úhlem nastavení dovoluje větší hloubku zápichu. Zároveň by měl být používán co největší držák břitové destičky s co nejmenším vyložení břitu, protože se tak docílí vyšší tuhosti nástroje a tím pádem i menších vibrací, lepší rovinnosti obráběné plochy a delší životnosti nástroje.

Jelikož při dělení materiálu dochází v místě dokončení řezu k ulomení materiálu a vzniku zbytkových hrotů (u plného materiálu) nebo kroužků (u trubek), byly vyvinuty zkosené upichovací břitové destičky, které zabráni vzniku těchto nežádoucích jevů. Avšak použití zkosených VBD má v zásadě negativní vliv na životnost břitových destiček. V důsledku zešikmení řezné roviny vznikají kromě radiálních řezných sil také síly axiální, díky kterým má nástroj sklon k vybočování, vzniku vibrací a vytvoření vypouklé upichovací plochy. To se eliminuje snížením posuvu o cca. 30%. Při upichování s šikmými VBD je na základě úhlu nastavení třeba počítat s méně příznivým tvarem třísky. Třísky se roluje v úhlu 90° vůči hlavnímu břitu a nevytváří tak pružinový tvar třísky (jako u neutrální VBD) nýbrž spirálu, která může poškodit povrch v upichované drážce.³

Tab. 2.1 Vliv geometrie břitu na obrábění³

| Vliv na obrábění | Neutrální geometrie | Pravá / levá |
|---------------------------------|---------------------|--------------|
| Stabilita a životnost | dobrá | špatná |
| Radiální řezné síly (pozitivní) | velké | malé |
| Axiální řezné síly (negativní) | malé | velké |
| Tvorba zbytkových hrotů/ otřepů | velká | malá |
| Riziko vibrací | malé | velké |
| Kvalita povrchu a rovnost | dobrá | špatná |
| Tok třísek | dobry | špatný |

2.2 Zapichování a drážkování

Zapichování je tvoření drážky na hřídeli zapichovacím nožem. Základní princip zapichování je téměř stejný jako při upichování, ale rozdíl je v tom, že nedochází k oddělení materiálu.

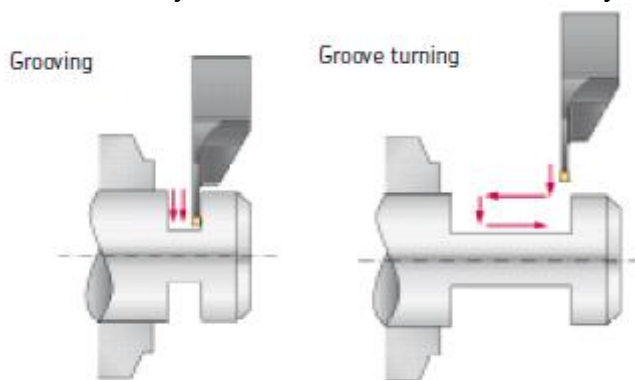
Navíc použitím nástrojů pro drážkování, které mají speciálně tvarovaný spoj destičky s lůžkem držáku a mohou tak zachytit axiální síly, lze spojit jednotlivé kroky obrábění a ušetřit počet nástrojů. To umožňuje při použití speciálních geometrií tvaru třísky operace drážkování a podélného soustružení. Existují dvě základní výrobní strategie drážek: ³

- Zapichování

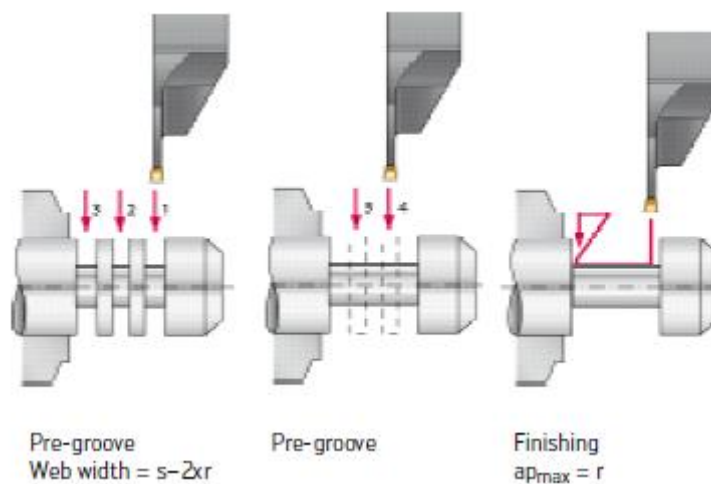
Při zapichování dochází k posuvu pouze jedním směrem. Pouze při dokončování může být proveden podélný pohyb s malým přídávkem na opracování cca. $0,1 \div 0,3$ mm. Zapichování se užívá tehdy, když je hloubka drážky 1,5x větší než šířka drážky. ³

- Drážkování

Drážkování představuje kombinaci zapichovacího a podélného pohybu a užívá se, když je šířka drážky 1,5x větší než hloubka drážky ³



Obrázek 2.1 Výroba drážky zapichováním, drážkováním ³



Obrázek 2.2 Výroba široké drážky zapichováním ³

2.3 Geometrie ostří

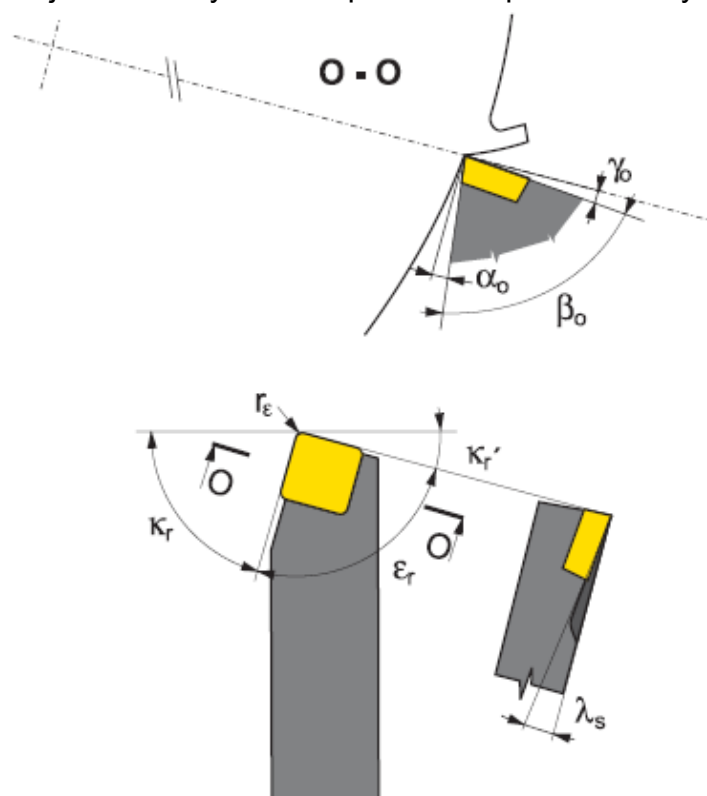
Popsat geometrii ostří upichovacích nástrojů by mohlo být trochu problematické, protože jsou svým způsobem velmi specifické. Ale protože se upichování a zapichování řadí mezi soustružnické operace, bude zde uvedeno klasické popsání a označení geometrie řezných rovin a úhlů soustružnického nože. Rozdíly mezi jednotlivými upichovacími noži od různých výrobců jsou převážně ve tvarech utvařečů třísky a typech upnutí destiček.

2.3.1 Úhly soustružnického nástroje

„Poloha břitu nástroje vzhledem k obrobku a jeho geometrický tvar jsou určeny úhly, které svírají funkční plochy s určitými pomocnými rovinami. Úhly na břitu se určují ve dvou souřadnicových soustavách:

a) Nástrojová (statická) souřadnicová soustava, která se používá na určení geometrie břitu při konstrukci, výrobě a kontrole, přičemž se jednotlivé úhly definované v této soustavě nazývají nástrojové řezné úhly. Sem patří úhly, které jsou přímo určeny normou ISO podle tvaru vyměnitelné břitové destičky.

b) Pracovní souřadnicová soustava, podle které se určuje geometrie nástroje v průběhu procesu obrábění. Tyto úhly analogicky nazýváme pracovní úhly a jsou závislé především na poloze, ve které je břitová destička upnuta v nástrojovém držáku. Významnou měrou ovlivňují pracovní úhly i nástrojové úhly břitových destiček s předlisovanými utvařečů. Pro průběh řezného procesu jsou však významné především pracovní úhly.



Obrázek 2.3 Nástrojové úhly ⁶

Základní úhly nástroje jsou v obrázku naznačeny jednak v základní nástrojové rovině (proložené dosedací plochou nožového držáku) a v normálové nástrojové rovině (proložené kolmo na ostří – řez O-O).

Jde o následující úhly:

Úhel čela γ_0 – má podstatný vliv na řezný proces. Na jeho velikosti závisí průběh a velikost plastických deformací při tvorbě třísky, tím určuje i velikost řezných sil a úroveň tepelného zatížení břitu. U nástrojů s výměnnými břitovými destičkami pro soustružení i frézování se jeho velikost pohybuje v poměrně širokém rozmezí $\gamma_0 = +25^\circ$ až -15° . Kladný úhel zlepšuje podmínky tvoření třísky, zmenšuje velikost řezných sil i úroveň řezných teplot. Záporný úhel čela zvyšuje pevnost břitu, ale současně zvyšuje i plastické deformace při tvorbě třísky a tím i řezné síly a teploty.

Úhel hřbetu α_0 – má vliv na velikost tření mezi hřbetem a plochou řezu; se vzrůstajícím úhlem α_0 se tření zmenšuje a tím se zmenšuje i opotřebení hřbetu.

Úhel břitu β_0 – je úhel řezného klínu břitové destičky; se zvětšujícím se úhlem β_0 se zvětšuje pevnost břitu (odolnost břitu proti rázům), ale současně stoupá řezný odpor, který klade obráběný materiál vnikajícímu břitu.

Úhel sklonu ostří λ_s – určuje místo prvního dotyku břitu s obrobkem, což má význam zejména při přerušovaném řezu. Při kladných hodnotách λ_s je místo prvního dotyku blíže špičce břitové destičky. Záporný úhel λ_s oddaluje místo prvního dotyku dále od špičky a tím zvyšuje odolnost břitu proti mechanickým rázům. Kromě toho ovlivňuje úhel λ_s i směr odchodu třísky. Při záporném úhlu λ_s (špička je nejnižším bodem ostří) odchází tříska směrem k obrobené ploše. Naopak při kladném úhlu λ_s je odcházející tříska směřována od obrobené plochy.

Úhel nastavení hlavního břitu κ_r – má zejména vliv na tvar průřezu třísky. Se zmenšujícím se úhlem κ_r je při určitém posuvu f a hloubce řezu a_p tříška tenčí a širší a naopak při $\kappa_r = 90^\circ$ je tloušťka třísky $h=f$ a šířka třísky $b=a_p$.

Úhel nastavení vedlejšího břitu κ_r' - spolu s poloměrem zaoblení špičky r_ϵ určují především výslednou drsnost obrobeného povrchu.“⁶

2.4 Přehled firem vyrábějících nástroje

Světový trh v oblasti výroby břitových destiček je velmi rozmanitý. Vlivem globalizace se udrží na špičkové pozici jen nejlepší firmy, které musí investovat značné peníze do vývoje nových typů slinutých karbidů, utvařečů, povlaků, systémů uchycení břitových destiček i dalšího příslušenství.

2.4.1 Sandvik Coromant

Firma Sandvik nejdříve vyráběla ingotovou ocel metodou Bessemer dříve než kdokoliv jiný. Poté se obchodníku Göranu Fredrik Göranssonovi podařilo vyrábět velké množství ocele, aby uspokojil zvyšující se poptávku. Na základě této inovace, byla založena v roce 1862 firma Sandvik.

Postupně inovacemi svých produktů se Sandvik dostal k výrobě slinutých karbidů a v roce 1942 vznikla světoznámá značka Sandvik Coromant. V roce 1952 pak byla celá výrobní linka přestěhovaná do města Gimo ve středním Švédsku, kde se dnes nachází hlavní závod pro výrobu břitových destiček ze slinutých karbidů.¹¹

2.4.2 ISCAR LTD.

Firma ISCAR se prezentuje jako výrobce unikátních a inovativních řezných nástrojů pro obrábění kovů, včetně soustružení, drážkování, frézování, vrtání a řezání závitů nástroje.

Společnost byla založena v roce 1952 v dřevěné garáži za domem Stefa Wertheimera, jejího zakladatele. Po úspěšném rozvoji a expanzi i na zahraniční trhy se sídlo firmy přestěhovalo do průmyslové zóny Tefen, která se nachází v západní Galileji v Izraeli, kde sídlí dodnes. V dnešní době je ISCAR nadnárodní společnost se zastoupením ve více než 50 zemích světa.

Společnost ISCAR se stala jednou z nejrychleji rostoucích firem ve svém oboru a její zaměstnanci se věnují tvorbě účinných, praktických a hospodárných řešení pro své klienty po celém světě. Růst a úspěch firmy je výsledkem inovací a touhy poskytovat zákazníkům nejmodernější a nejefektivnější technologie obrábění kovů na světě. Společnost ISCAR v poslední době zbudovala nové výrobní kapacity pro výrobu speciálních destiček a nástrojů v USA, střední a východní Evropě, Asii, Turecku a Izraeli. Kromě toho ISCAR disponuje nejmodernějšími sklady v severní Americe, Evropě a Asii.

Za posledních 50 let se firma ISCAR katapultovala z malého dodavatele na jednoho z předních světových výrobců nástrojů pro kovoobrábění.¹⁰

2.4.3 Walter AG

Firma Walter AG byla založena v roce 1919 a už od počátku se angažovala v oblasti kovoobrábění.

V dnešní době firma Walter AG sídlí v německém Tübingenu a celosvětově má přibližně 3600 zaměstnanců. V dnešní době má ve svém katalogu 49 tisíc nástrojů a produkty vyvinuté za posledních 5 let tvoří 46%

celkového prodeje firmy. Firma Walter AG dodává nástroje pro obrábění ve všeobecném strojním inženýrství, automobilovém a leteckém průmyslu, energetice, výrobě nástrojů a forem, pro železniční průmysl a lékařské technologie. Také poskytuje přibližně 80-ti studentům vzdělání ve svých moderních vzdělávacích centrech Walter Academy, kde vyučují 9 různých učebních oborů.

Firma Walter AG v posledních letech investoval kolem 130 milionů eur do dalšího vývoje produkce nástrojů a obráběcích nástrojových materiálů. VBD firmy Walter se vyrábí v moderní továrně rozprostírající se na rozloze 15000m² v Münsingenu.^{8,9}

2.4.4 Pramet Tools s.r.o.

„Výroba slinutých karbidů ve společnosti Pramet Tools vychází z tradice výroby slinutého karbidu v Československu od 30. let. V roce 1951 byla zahájena v Šumperku výroba součástí ze slinutého karbidu a také zde započala výroba řezných nástrojů osazených slinutým karbidem.

Více než 50-ti letá tradice a zkušenosti ve výrobě slinutého karbidu, stejně jako reprodukovatelná kvalita materiálů a kontinuální výzkum i vývoj umožnily firmě Pramet udržet si vedoucí pozici v daném sortimentu na tuzemském teritoriu a také získávat stále vyšší uplatnění na náročných exportních trzích.

Od roku 1999 započala nová etapa společnosti Pramet Tools. Došlo k propojení s finančně silným partnerem, který zaujímá přední světovou pozici mezi výrobci obráběcích nástrojů osazených slinutým karbidem. Společnost navýšila své základní jmění na 250 mil. Kč a získané prostředky byly použity na nákup aktiv. Následně v dalším období proběhly investice již z vlastních zdrojů. Byly pořízeny nové technologie pro moderní výrobu vyměnitelných břitových destiček, došlo k přestěhování obchodního oddělení a části výroby do obnovených prostor, rozšířily se výzkumné a vývojové aktivity, proběhly optimalizace informačních systémů a reorganizační změny, vzniklo nové oddělení logistiky a také došlo k posílení technického servisu a poradenství zákazníkům. V neposlední řadě byla rozšířena síť poboček – byly založeny pobočky v Polsku a Itálii.

Od roku 2000 společnost Pramet Tools díky vlastnímu vývoji a výzkumu prakticky kompletně inovovala výrobní sortiment nástrojů pro třískové obrábění, a to jak po stránce materiálové, tak po stránce nových tvarů a geometrií nástrojů, stejnou inovací prošly i materiály pro tvářecí a lisovací nářadí ze slinutých karbidů.

Nový sortiment tak dnes plně odpovídá požadavkům moderních technologických postupů obrábění a ve srovnání s původním sortimentem je zde nárůst výkonnosti o mnoho desítek procent.“⁶

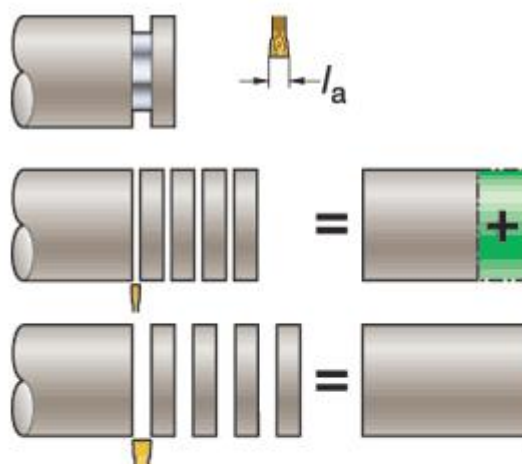
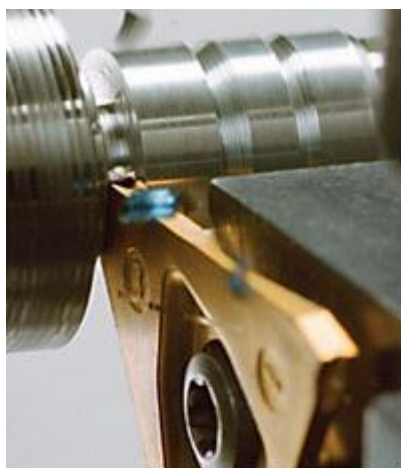
2.5 Světový vývoj

V této kapitole budou shrnuty nejzajímavější novinky z katalogů firem.

2.5.1 Sandvik Coromant

Z katalogu upichovacích nástrojů mi jako nejzajímavější novinka připadá VBD s obchodním názvem CoroCut® 3. Jedná se o destičku tvaru trojúhelníku, která je zajímavá svojí tloušťkou. Tato destička může být výhodně používána v sériové výrobě při upichování nebo zapichování tenkých kroužků, kde může ušetřit mnoho peněz díky menší spotřebě materiálu při tvoření třísky. Další plus je jednoznačně v použití třech břitů na jedné destičce, což sníží celkový potřebný počet destiček.

Nevýhodou je omezená hloubka zápichu v důsledku speciálního upnutí destičky k držáku. Vzhledem ke své tenké konstrukci má tato destička pouze omezené možnosti podélného soustružení a drážkování.¹¹

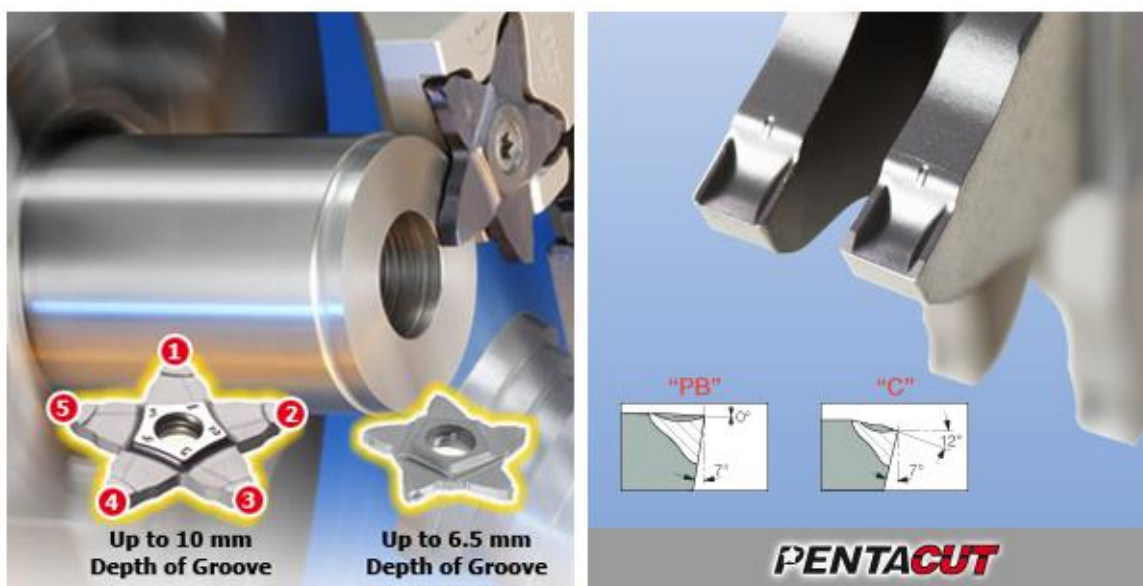


Obrázek 2.4 CoroCut 3¹¹

2.5.2 ISCAR LTD.

Z katalogu firmy ISCAR mě velmi zaujala VBD s názvem PentaCut. Tato destička má dokonce pět břitů, umožňujících zapichování až do hloubky $a_p=10\text{mm}$. Oproti klasickým dvoubřitým destičkám se tak sníží počet použitých destiček až 2,5krát.

Nevýhodou je podobně jako u destiček CoroCut nemožnost upichovat materiály větších průměrů. To vyřešila jako první právě firma ISCAR s použitím dlouhých planžet se samosvorným systémem upínání označeným SELF-GRIP.



Obrázek 2.5 PentaCut¹⁰

SELF-GRIP

Při upínání systémem SELF-GRIP dochází k uložení VBD do lůžka držáku vlivem řezných sil, které destičku do lůžka zatlačí a pevně uchytí. Nevýhodou tohoto uložení však je, že nedokáže dobře zachytit axiální síly v nástroji a tudíž není doporučováno použití pro drážkování.



Obrázek 2.6 Self-Grip¹⁰

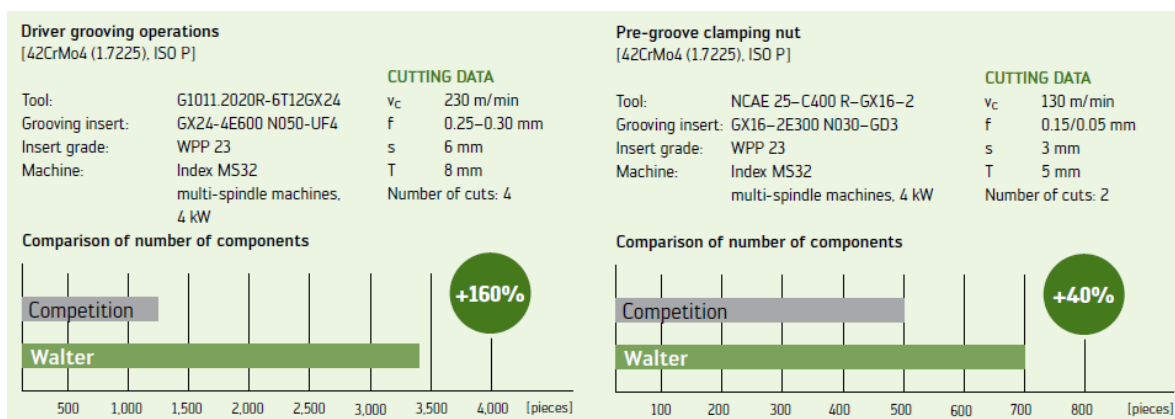
2.5.3 Walter AG

Firma Walter se nezaměřila na zvýšení počtu břitů na destičce, ale vydala se cestou zvyšování trvanlivosti dosavadních břitových destiček. A tak byl vyvinut a začal se používat jejich nový povlak na bázi Al_2O_3 , který byl pojmenován Tiger-tec®. Tímto povlakem byly pokryty všechny operace týkající se upichovacího obrábění s poměrně velkým nárůstem trvanlivosti VBD.



Obrázek 2.7 Tiger.Tec³

Na následujícím obrázku je graf pro porovnání počtu opracovaných kusů nástrojem s povlakem Tiger-tec a s jiným konkurenčním nástrojem.



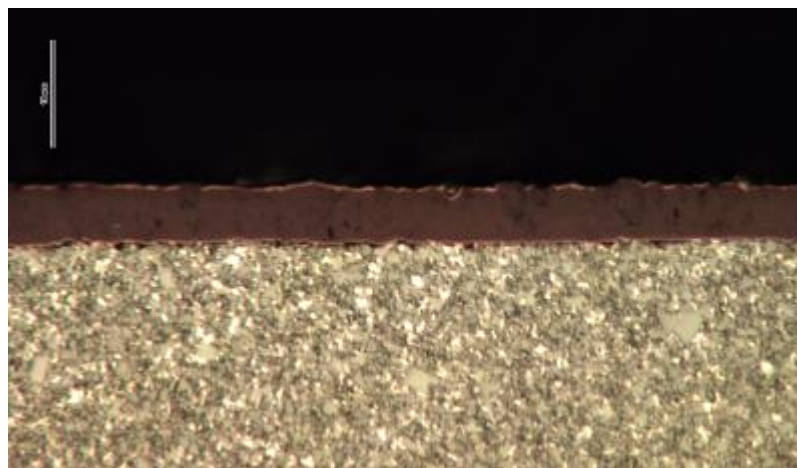
Obrázek 2.8 Porovnání trvanlivosti u povlaku Tiger.Tec³

3 ZKUŠEBNÍ METODY VE FIRMĚ PRAMET TOOLS

Ve firmě Pramet Tools jsem byl přítomen zkouškám utváření třísky při podélném soustružení a zapichování. Testovány byly upichovací břitové destičky ze slinitých karbidů a porovnávalo se utváření třísek u destiček se starým utvařečem F1 s nově vyvinutým utvařečem M2. Destičky s utvařečem F1 jsou v produktovém katalogu firmy Pramet už několik let a vývoj M2 byl dokončen teprve tento rok. ⁴

3.1 Předmět zkoušek

K testování byly použity destičky LCMF 022002_F1 a LCMF 022002_M2 a s povlakem P523 (obr. 3.1). Z označení destiček lze vyčíst, že se jednalo o destičky široké 2mm délky 20mm s rádiusem špičky 0,2 mm. Rozdílné byly tedy jen utvařeče třísky. Obě tyto destičky byly upnuty do držáku GFKL 2020 K02 – dá se vyčíst výška držáku 20 mm, šířku držáku také 20 mm a šířku destičky 2 mm. Pro přesnější zjištění typů upínání a délky držáku jsou v Příloze 7 a 8 uvedeny tabulky značení VBD a nožových držáků dle ISO. ⁴



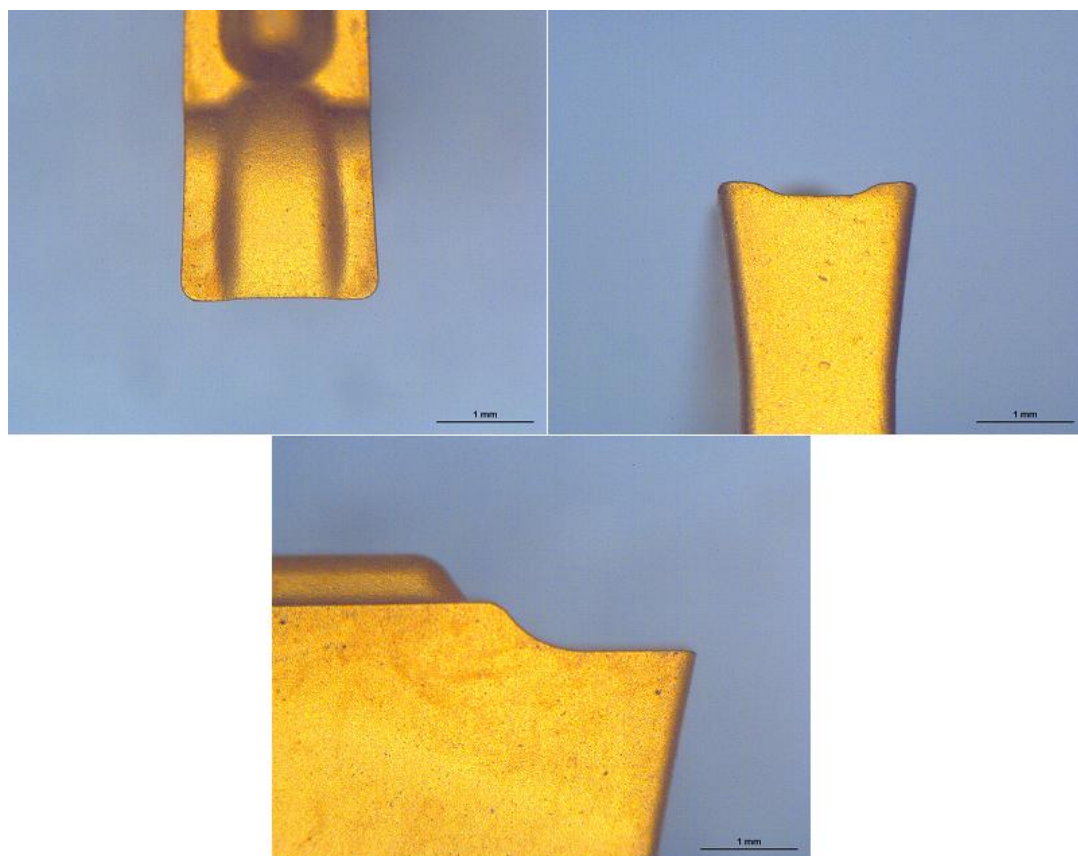
Obrázek 3.1 Povlak P523 ⁴

Obráběný materiál byla kovaná tyč kruhového průřezu z uhlíkové ocele s označením jakosti 12 050.9. Řezná rychlost byla $v_c = 130 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ a destičky byly chlazeny chladicí kapalinou po celou dobu obrábění. Podélné soustružení se testovalo ve dvou hloubkách záběru a to $a_p = 0,5 \text{ mm}$ a $a_p = 1 \text{ mm}$. Při zapichování byla hloubka zápichu $a_p = 3 \text{ mm}$. ⁴

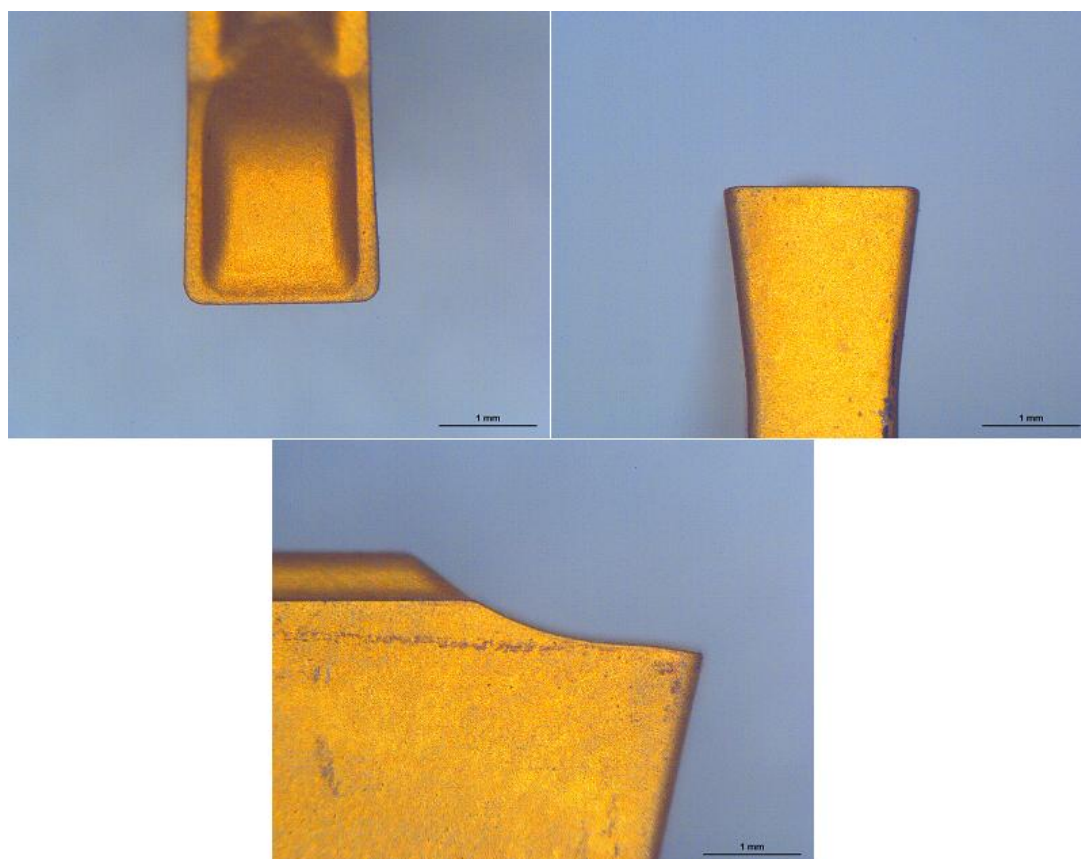
Měřena byla také drsnost povrchu drsnoměrem Hommel Tester T500. ⁴

3.2 Stručná charakteristika utvařečů F1 a M2

Destičky s utvařečem F1 mají mírně pozitivní geometrii ostří, což je vidět při pohledu na vedlejší hřbet destičky (obr. 3.2). Oproti tomu má M2 negativní fazetku délky asi 25 μm jak je patrné na obr. 3.3. ⁴



Obrázek 3.2 Detaily utvařeče F1⁴



Obrázek 3.3 Detaily utvařeče M2⁴

4 VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK

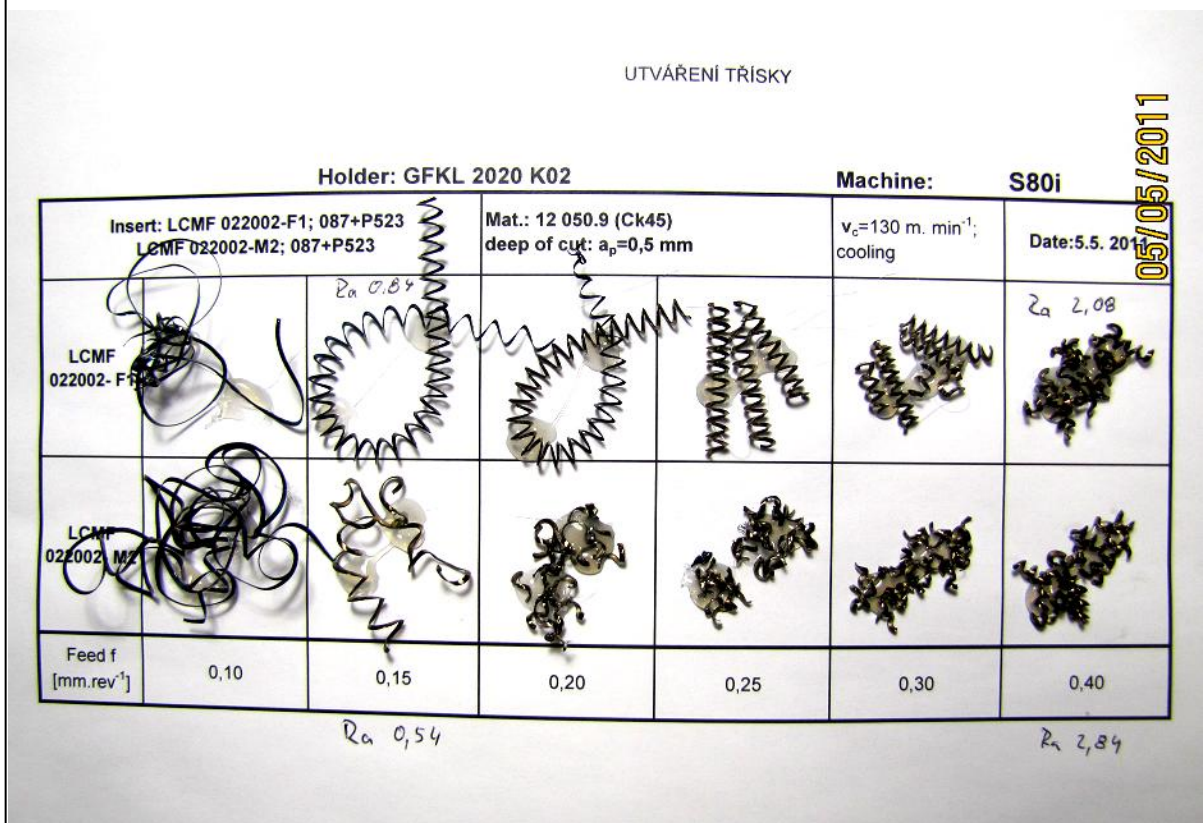
V závěrečné kapitole je vyhodnocení provedených zkoušek utváření břitových destiček s utvařeči F1 a M2.

4.1 Podélné soustružení - $a_p = 0,5$ mm

Z uvedených vzorků třísek odebraných při různých velikostech posuvu podélného soustružení je vidět, že utvařeč F1 při nízkých posuvech vůbec neutváří a tvoří táhlou rovnou třísku, která se namotává na nástroj a držák. Při posuvech $0,15 \div 0,20$ mm tvoří zatočenou šroubovitou třísku, ale ještě ji neláme. Ideální velikost posuvu pro tento utvařeč je v rozmezí $0,25 \div 0,30$ mm, kdy tvoří krátké šroubovitě zatočené třísky. Při vyšších posuvech už dochází k přetváření a třísky jsou už velmi deformované, čímž vznikají větší řezné síly.

Utvařeč M2 také při nízkých posuvech na otáčku do 0,10 mm tvoří ostrou a dlouhou netvářenou třísku a při posuvu 0,15 mm už začíná třísku lámat, ale stále je to nevyhovující. Posuvy $0,20 \div 0,30$ mm se zdají být pro tento utvařeč optimální, protože je tvořena krátká, zatočená, drobná tříska. Při posuvu 0,40 mm je tříska přetvářena.

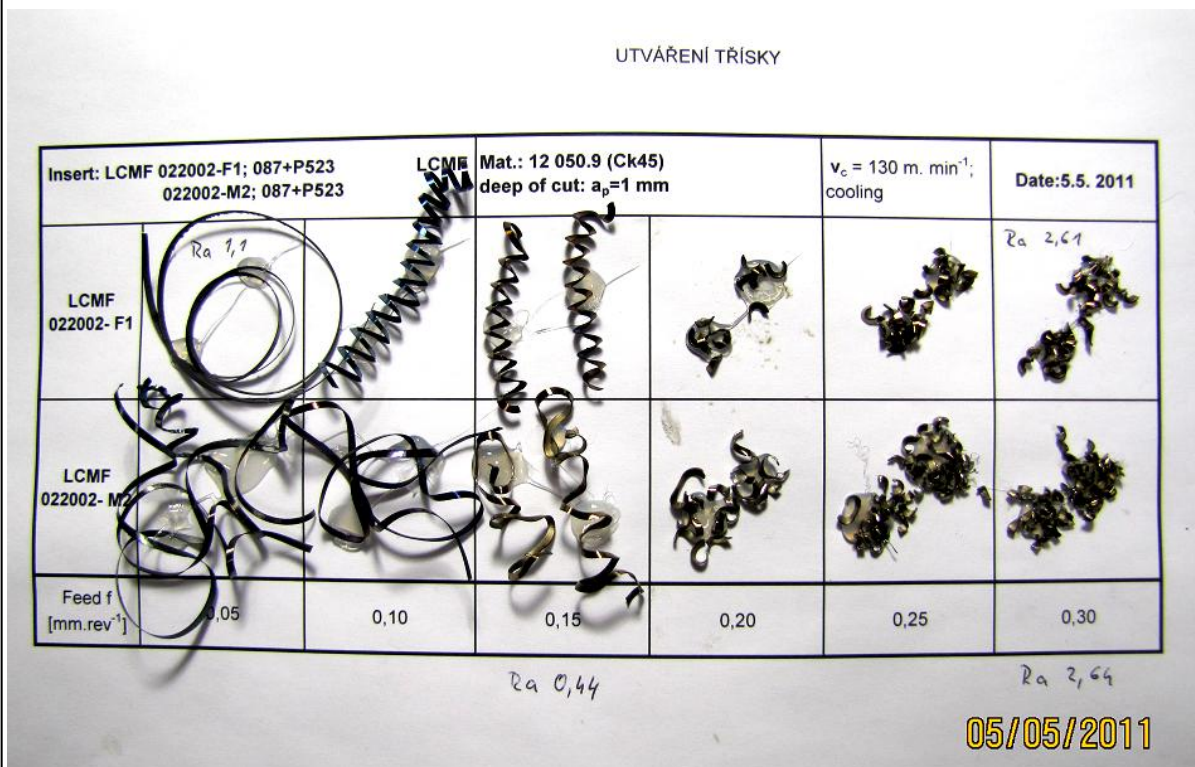
Tyto destičky s utvařeči F1 a M2 lze použít také pro dokončovací operace, protože při malé hloubce záběru a nízkém posuvu lze dosáhnout velmi dobrého povrchu $R_a = 0,84$ pro utvařeč F1 a $R_a = 0,54$ pro M2. Při posuvech 0,40 mm se dosáhlo drsnosti povrchu $R_a = 2,08$ pro utvařeč F1 a drsnosti $R_a = 2,84$ s utvařečem M2. ⁴



Obrázek 4.1 Tvářenání třísek při podélném soustružení v hloubce záběru $a_p = 0,5$ mm ⁴

4.2 Podélné soustružení - $a_p = 1$ mm

Při podélném soustružení v hloubce záběru 1 mm je vidět, že při posuvech 0,05 mm oba utvařeče tvoří dlouhou rovnou třísku, která má tendenci se namotávat na nástroj. Tuto nevyhovující třísku vytváří M2 také při posuvu 0,10 mm, zatímco F1 už začíná tvořit šroubovitě zatočenou třísku, kterou však neláme, což je také nevyhovující. Při posuvu 0,15 mm utvařeč F1 šroubovitě zatočenou třísku láme po asi 40÷50 mm a utvařeč M2 tvoří nepravidelně zakroucenou třísku, kterou láme po 30÷50 mm. Při posuvu 0,20÷0,25 mm oba utvařeče tvoří krátké drobné třísky, které jsou pro tuto hloubku záběru ideální. Při vyšších posuvech kolem 0,30 mm oba utvařeče stále tvoří krátkou drobnou třísku, ale už začínají třísku přetvářet a dochází ke zhoršení drsnosti obráběného povrchu na hodnoty $R_a=2,61$ pro utvařeč F1 a $R_a=2,64$ u M2. V porovnání s nižšími posuvy jde o velký nárůst drsnosti, kde bylo u M2 při posuvu 0,15 mm dosaženo $R_a=0,44$.⁴

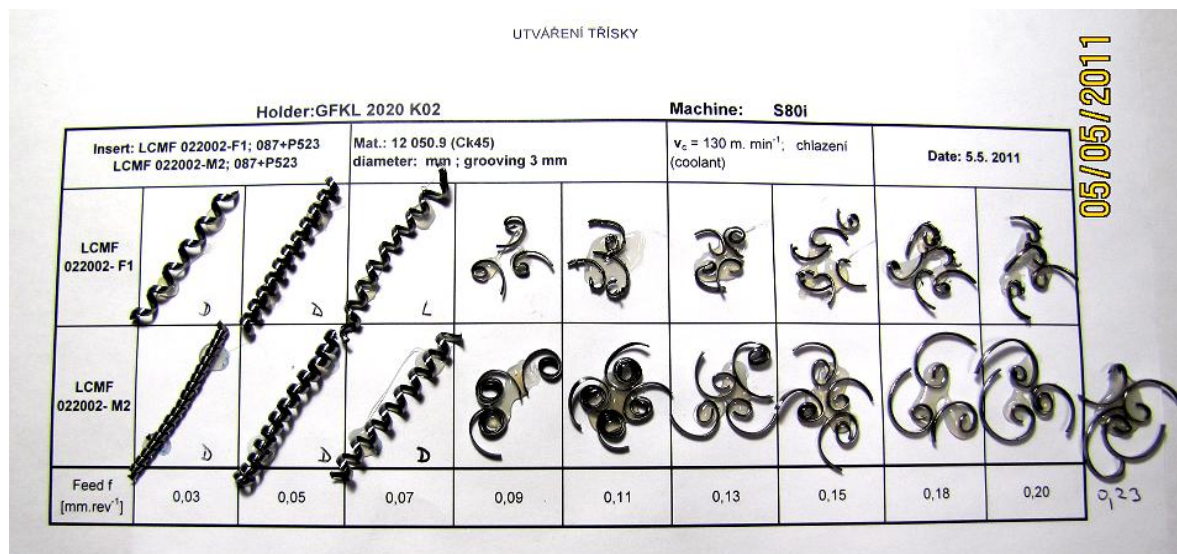


Obrázek 4.2 Tváření třísek při podélném soustružení v hloubce záběru $a_p = 1$ mm⁴

4.3 Zapichování - $a_p = 3 \text{ mm}$

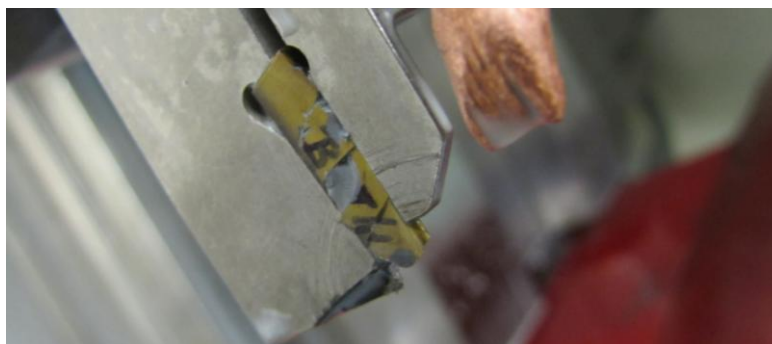
Při zapichování s posuvem do 0,05 mm tvoří utvařeč F1 dlouhou šroubovitě zatočenou třísku. Při posuvu 0,07 mm je tříska stále šroubovitě zatočená, již se láme, ale i přesto je však nevyhovující. Požadovaného tvaru dosahuje až při posuvech 0,09÷0,13 mm, kdy tvoří optimální spirály. U posuvu 0,11 mm se však po okrajích třísky vyskytují nežádoucí otřepy, které v tomto případě mohly být zapříčiněny například nečistotou na utvařeči. Při dalších posuvech 0,15÷0,20 mm se otřepy též vytvářejí a třísky již nejsou tak dobře zabaleny do spirály.

Utvařeč M2 tvoří dlouhé šroubovitě zatočené třísky při posuvech 0,03÷0,07 mm. Při posuvech 0,09÷0,11 mm utvařeč M2 již tvoří spirály, ale ty jsou příliš zabalené, což může způsobovat nežádoucí zvýšení řezných sil. Požadovaný tvar spirál se u tohoto utvařeče objevuje až při posuvech 0,13÷0,20 mm. Od posuvu 0,23 mm utvařeč začíná přetvářet, spirály jsou nedostatečně zabalené a nedochází ke správnému zarolování třísky.⁴



Obrázek 4.3 Tváření třísek při zapichování do hloubky $a_p = 3 \text{ mm}$ ⁴

Při zapichování destičkou s utvařečem M2 došlo při posuvu 0,07 mm k prasknutí a destrukci destičky, což nejspíš bylo způsobeno skřípnutím destičky mezi stěny drážky. Po vyměnění destičky za nový kus a nastavení větších rozestupů zápichů dále vše probíhalo hladce.



Obrázek 4.4 Prasklá VBD⁴

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je zaměřena na obráběcí nástroje ze slinutých karbidů, které jsou v posledních několika letech jedním z nejpoužívanějších materiálů pro obrábění.

První kapitola je teoretická. Obsahuje rozdělení slinutých karbidů do šesti základních skupin podle vhodnosti pro obrábění různých typů slitin. Dále jsou v této kapitole popsány metody povlakování a jejich vývoj. Povlakováním břitových destiček se dosáhne lepších řezných vlastností a dojde ke zvýšení trvanlivosti ostří. Základními metodami povlakování jsou metoda PVD a CVD.

Druhá kapitola je zaměřena na upichovací, zapichovací a drážkovací nástroje ze slinutých karbidů. Jsou zde vysvětleny jednotlivé procesy a popsány nástrojové úhly soustružnického nože. Jedna podkapitola je věnována seznámení se s firmami vyrábějícími nástroje ze SK. Dále práce obsahuje zajímavé výrobky z katalogů jednotlivých firem a při jejich detailnějším prozkoumání můžeme vyzorovat, že se všechny firmy vydávají jinými cestami, ale se společným cílem, čímž je prosadit se na světovém trhu.

Třetí kapitola je věnována představení zkoušek prováděných ve firmě Pramet Tools s.r.o. Předmětem zkoušek bylo zjistit a porovnat utváření třísek u VBD s různými utvařeči.

V poslední kapitole jsou výsledky zkoušek doloženy fotografiemi s odebranými vzorky třísek při různých posuvech. Zajímavé při zkoušení zapichování bylo, že vlivem malých rozestupů drážek došlo ke skřípnutí destičky mezi stěnami drážky a tím k jejímu zničení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOČMAN, Karel. - PROKOP, Jaroslav. *Výrobní technologie II: Obrábění*, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Strojního inženýrství, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o Brno, 2002, 83 s., ISBN 80-214-2189-4
2. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. MM publishing s. r.o., Praha. 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. WALTER *Odborníci v upichování*, Produktová příručka upichování
4. PRAMET TOOLS S.R.O., *Archív interních materiálů firmy Pramet Tools s.r.o.* [CD-ROM], Šumperk
5. DEMBEK, Jiří. *Slinuté karbidy a jejich efektivní využití: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 101 s., 8 s. příloh. Vedoucí práce: doc. Ing. Anton Humár, CSc., [cit. 2011-04-09], Dostupné na World Wide Web: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29889>
6. PRAMET TOOLS S.R.O., [cit. 2011-03-02], Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pramet.com>>
7. Studijní materiál o tenkých povlakovaných vrstvách, [cit. 2011-03-25], Dostupné na World Wide Web: <http://www.ateam.zcu.cz/tenke_vrstvy_fel_1.pdf>
8. WALTER, [cit. 2011-04-27], Dostupné na World Wide Web: <<http://www.walter-tools.com/>>
9. *Historie firmy Walter AG.*, [cit. 2011-04-27], Dostupné na World Wide Web: <<http://www.answers.com/topic/walter-ag>>
10. ISCAR, Ltd. [cit. 2011-04-25], Dostupné na World Wide Web: <<http://www.iscar.cz/Section.asp/CountryID/6/SectionID/784/SectionFatherSec/143>>
11. SANDVIK COROMANT, [cit. 2011-05-07], Dostupné na World Wide Web: <<http://www.sandvik.coromant.com/cz>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| <i>Zkratka/Symbol</i> | <i>Jednotka</i> | <i>Popis</i> |
|-----------------------|--------------------------------|---|
| CVD | - | Chemical Vapour Deposition – chemické napařování |
| HF | μm | zrnitost $\leq 1\mu\text{m}$ |
| HW | μm | zrnitost $\geq 1\mu\text{m}$ |
| NC | - | numeric control = numericky řízené |
| PVD | - | Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování |
| Ra | μm | střední aritmetická úchyłka profilu |
| SK | - | slinuté karbidy |
| VBD | - | vyměnitelné břitové destičky |
| a_p | Mm | šířka záběhu hlavního ostří |
| b | Mm | šířka třísky |
| f | Mm | posuv na otáčku |
| h | Mm | tloušťka třísky |
| r_ϵ | Mm | poloměr zaoblení špičky |
| s | Mm | délka spirály |
| t | $^\circ\text{C}$ | teplota |
| v_c | $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ | řezná rychlost |
| v_f | $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ | posuvová rychlost |
| α_0 | $^\circ$ | úhel hřbetu |
| β_0 | $^\circ$ | úhel břitu |
| γ_0 | $^\circ$ | úhel čela |
| κ_r | $^\circ$ | úhel nastavení hlavního břitu |
| κ_r' | $^\circ$ | úhel nastavení vedlejšího břitu |
| λ_s | $^\circ$ | úhel sklonu ostří |

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Fotografie z průběhu zkoušek
Příloha 2 Ukázka z katalogu firmy Pramet Tools s.r.o.
Příloha 3 Ukázka z katalogu firmy Walter AG
Příloha 4 Ukázka z katalogu firmy Sandvik Coromant
Příloha 5 Ukázka z katalogu firmy Iscar LTD.
Příloha 6 Systém značení nožů – vnější soustružení
Příloha 7 Systém značení – upichování, zapichování
Příloha 8 Systém značení vyměnitelných břitových destiček

Příloha 1 – 1/2

Fotografie z průběhu zkoušek ⁴

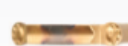
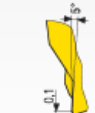
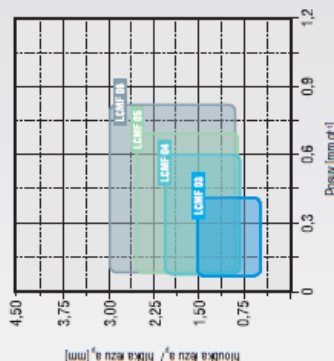


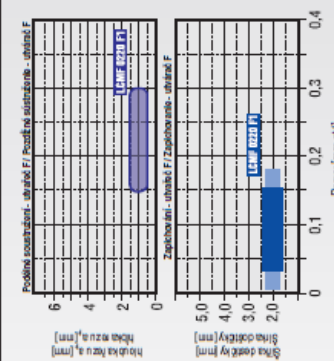


Příloha 1 – 2/2



Příloha 2

Ukázka z katalogu firmy Pramet Tools s.r.o. ⁶

| DALŠÍ INFORMACE DALŠIE INFORMÁCIE | OPOTŘEBENÍ OPOTREBENIE | VOLBA ŘEZ. PODMÍNEK VOLBA REZ. PODMIEŇOK | ŘEZNÉ MATERIÁLY REZNÉ MATERIÁLY | GEOMETRIE VBD GEOMETRIA VRD | VOLBA NÁSTROJE VOLBA NÁSTROJA | OBŘÁBĚNÉ MATERIÁLY OBŘÁBĚNÉ MATERIÁLY |
|--|---|---|--|---|--|--|
| <p>Systém upnutí / System upnutia G</p>  <p>Profil hlavního bítu Profil hlavného ostia</p>  | <p>Skupina obr. materiálu Typ osaz. / Typ osaz.</p> <p>F</p> | <p>Skupina obr. materiálu Typ osaz. / Typ osaz.</p> <p>F</p> | <p>Funkční diagram Funkčný diagram</p>  | <p>Použití u VBD / Použitie u VRD: LCMF</p> <p>Popis</p> <ul style="list-style-type: none"> - geometrie vřetěna vhodná pro kopírovací soustružení - geometrie vhodná pro obrábění materiály skupin P, K, M - pro jemná a dokončovací soustružení - geometrie zájmejna vhodná pro kopírovací soustružení - geometrie vhodná pro obrábění materiály skupin P, K, M - pro jemná a dokončovací soustružení <p>Rozsah řezyňch podmínek / rozsah rezňch podmínek:</p> <p>f Viz diagram / Pazi diagram</p> <p>a_p Viz diagram / Pazi diagram</p> | <p>VOLBA NÁSTROJE VOLBA NÁSTROJA</p> | <p>OBŘÁBĚNÉ MATERIÁLY OBŘÁBĚNÉ MATERIÁLY</p> |
| <p>Systém upnutí / System upnutia G</p>  <p>Profil hlavního bítu Profil hlavného ostia</p>  | <p>Skupina obr. materiálu Typ osaz. / Typ osaz.</p> <p>F</p> | <p>Skupina obr. materiálu Typ osaz. / Typ osaz.</p> <p>F</p> | <p>Funkční diagram Funkčný diagram</p>  | <p>Použití u VBD / Použitie u VRD: LCMF</p> <p>Popis</p> <ul style="list-style-type: none"> - řezná geometrie vhodná pro zapichování a podélné soustružení - geometrie vhodná pro obrábění materiály skupin P, K, M - pro jemná a dokončovací soustružení - řezná geometrie vhodná pro zapichování i podélné soustružení - geometrie vhodná pro obrábění materiály skupin P, K, M - pro jemná a dokončovací soustružení <p>Rozsah řezyňch podmínek / rozsah rezňch podmínek:</p> <p>f Viz diagram / Pazi diagram</p> <p>a_p Viz diagram / Pazi diagram</p> | <p>VOLBA NÁSTROJE VOLBA NÁSTROJA</p> | <p>OBŘÁBĚNÉ MATERIÁLY OBŘÁBĚNÉ MATERIÁLY</p> |

■ - hlavní oblast použití / hlavní oblast použitia

□ - další použití / ďalšie použitia

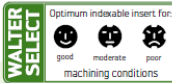
□ - podmíněné použití / podmienené použitia

Příloha 3

Ukázka z katalogu firmy Walter AG ⁸

CE4 – the universal insert CF6 – the sharp insert

THE RIGHT CUTTING EDGE FOR
 - grooving and parting off operations
 - moderate to high feeds
 - good chip formation



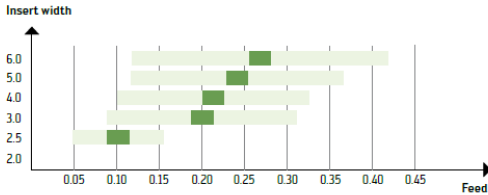
THE RIGHT CUTTING EDGE FOR
 - low feeds
 - stainless steels
 - minimal burr/pip at centre
 - low cutting force



GX-CE4

| Designation | l mm | s mm | r mm | χ | coated grades | | | | | |
|---------------------|---------|---------|---------|----|---------------|--------|--------|---|---|---|
| | | | | | WPP 23 | WSM 33 | WSP 43 | M | K | S |
| GX16-1E250 N020-CE4 | 16.6 | 2.5 | 0.2 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-2E300 N020-CE4 | 16.6 | 3.0 | 0.2 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX24-2E300 N020-CE4 | 24 | 3.0 | 0.2 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX24-3E400 N030-CE4 | 24 | 4.0 | 0.3 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX24-3E500 N030-CE4 | 24 | 5.0 | 0.3 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX24-4E600 N030-CE4 | 24 | 6.0 | 0.3 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-1E250 R6-CE4 | 16.6 | 2.5 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-2E300 R6-CE4 | 16.6 | 3.0 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-1E250 L6-CE4 | 16.6 | 2.5 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-2E300 L6-CE4 | 16.6 | 3.0 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |

For cutting speed recommendations see page 30.

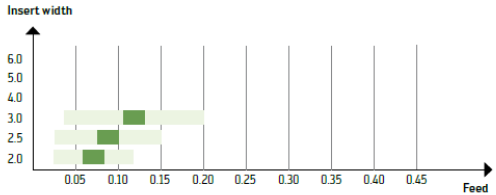


20

GX-CF6

| Designation | l mm | s mm | r mm | χ | coated grades | | | | | |
|---------------------|---------|---------|---------|----|---------------|--------|--------|---|---|---|
| | | | | | WPP 23 | WSM 33 | WSP 43 | M | K | S |
| GX16-1E200 N020-CF6 | 16.6 | 2.0 | 0.2 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-1E250 N020-CF6 | 16.6 | 2.5 | 0.2 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-2E300 N020-CF6 | 16.6 | 3.0 | 0.2 | — | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-1E200 R6-CF6 | 16.6 | 2.0 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-1E250 R6-CF6 | 16.6 | 2.5 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-2E300 R6-CF6 | 16.6 | 3.0 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-1E200 L6-CF6 | 16.6 | 2.0 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-1E250 L6-CF6 | 16.6 | 2.5 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| GX16-2E300 L6-CF6 | 16.6 | 3.0 | 0.2 | 6° | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |

For cutting speed recommendations see page 30.



Walter Cut – Parting off

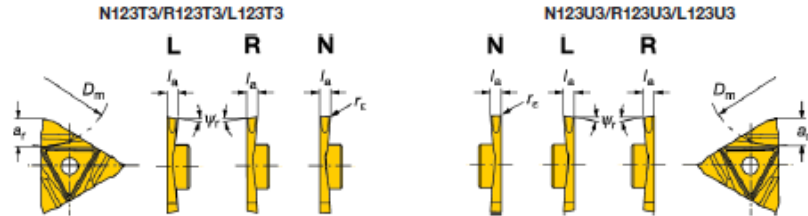
21

Příloha 4

Ukázka z katalogu firmy Sandvik Coromant¹¹

CoroCut® 3 – Inserts PARTING AND GROOVING

CoroCut® 3 Shallow parting



Tolerances, mm (inch):
 N123 -CM $l_b = \pm 0.03 (\pm 0.001)$
 $r_c = +0.10, -0 (-0.004)$
 N123 -CS $l_b = \pm 0.03 (\pm 0.001)$
 $r_c = +0.10, -0 (+0.004, -0)$
 R/L123 -CS $l_b = \pm 0.07 (\pm 0.003)$
 $r_c = +0.10, -0 (+0.004, -0)$

For ISO application areas, see bottom of the table.

| | Selection criteria, millimeter, inch (mm, in.) | | | | | | | | Seat size ²⁾ | Ordering code | ISO application areas | | | | | |
|--------------|--|--------------|----------|-------------|--------------|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------------|---|---|---|---|
| | l_b mm | l_b in. | γ | r_c mm | r_c in. | a_r max mm | a_r max in. ¹⁾ | D_m max mm ¹⁾ | | | D_m max in. ¹⁾ | P | M | N | S | |
| Low feed | 1.00 | .039 | 0° | 0 | .000 | 4.30 | .169 | 50 | 1.968 | T | N123T3-0100-0000-CS | * | * | * | * | |
| | 1.50 | .059 | 0° | 0 | .000 | 6.40 | .252 | 100 | 3.937 | | N123T3-0150-0000-CS | * | * | * | * | |
| | 2.00 | .079 | 0° | 0 | .000 | 6.40 | .252 | 100 | 3.937 | | N123T3-0200-0000-CS | * | * | * | * | |
| | 1.00 | .039 | 5° | 0 | .000 | 4.20 | .165 | 50 | 1.968 | | R/L123T3-0100-0500-CS | * | * | * | * | |
| | 1.00 | .039 | 10° | 0 | .000 | 4.20 | .165 | 50 | 1.968 | | R/L123T3-0100-1000-CS | * | * | * | * | |
| | 1.00 | .039 | 15° | 0 | .000 | 4.20 | .165 | 50 | 1.968 | | R/L123T3-0100-1500-CS | * | * | * | * | |
| | 1.50 | .059 | 5° | 0 | .000 | 6.30 | .248 | 100 | 3.937 | | R/L123T3-0150-0500-CS | * | * | * | * | |
| | 1.50 | .059 | 10° | 0 | .000 | 6.30 | .248 | 100 | 3.937 | | R/L123T3-0150-1000-CS | * | * | * | * | |
| | 1.50 | .059 | 15° | 0 | .000 | 6.30 | .248 | 100 | 3.937 | | R/L123T3-0150-1500-CS | * | * | * | * | |
| | 2.00 | .079 | 5° | 0 | .000 | 6.30 | .248 | 100 | 3.937 | | R/L123T3-0200-0500-CS | * | * | * | * | |
| | 2.00 | .079 | 10° | 0 | .000 | 6.30 | .248 | 100 | 3.937 | | R/L123T3-0200-1000-CS | * | * | * | * | |
| | 2.00 | .079 | 15° | 0 | .000 | 6.30 | .248 | 100 | 3.937 | | R/L123T3-0200-1500-CS | * | * | * | * | |
| | Medium feed | 1.00 | .039 | 0° | 0.1 | .004 | 4.30 | .169 | 50 | 1.968 | T | N123T3-0100-0001-CM | * | * | * | * |
| | | 1.50 | .059 | 0° | 0.1 | .004 | 6.40 | .252 | 100 | 3.937 | | N123T3-0150-0001-CM | * | * | * | * |
| | | 2.00 | .079 | 0° | 0.1 | .004 | 6.40 | .252 | 100 | 3.937 | | N123T3-0200-0001-CM | * | * | * | * |
| | | 1.00 | .039 | 0° | 0.1 | .004 | 4.30 | .169 | 50 | 1.968 | U | N123U3-0100-0001-CM | * | * | * | * |
| | | 1.50 | .059 | 0° | 0.1 | .004 | 6.40 | .252 | 100 | 3.937 | | N123U3-0150-0001-CM | * | * | * | * |
| | | 2.00 | .079 | 0° | 0.1 | .004 | 6.40 | .252 | 100 | 3.937 | | N123U3-0200-0001-CM | * | * | * | * |

¹⁾ D_m max = max bar or tube diameter

²⁾ To correspond with seat size on holder.

T = Right hand cutting insert, U = Left hand cutting insert.

Insert code key, see page B15


R = Right hand, L = Left hand


★ = First choice



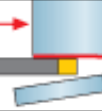
Příloha 5

Ukázka z katalogu firmy Iscar LTD. ¹⁰







Turn-Groove




Main Application



Parting

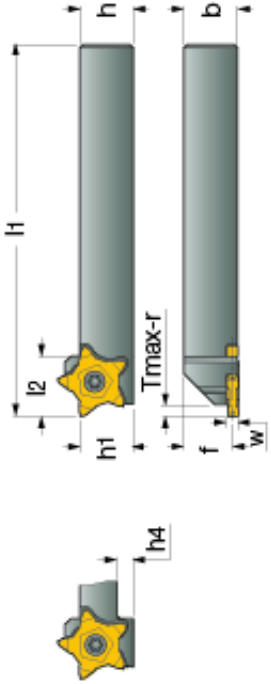


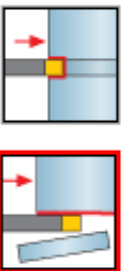
Sub Application




PENTACUT

PCHR/L-24: PENTACUT holders for 5 edged inserts, used for grooving, parting and recessing.





Right-hand shown



| Designation | h | h1 | b | W min | W max | f | l1 | l2 | h4 | R/L | Tmax-r |
|--------------|------|------|------|-------|-------|------|--------|------|-----|-----|--------|
| PCHL 10-24 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 0.50 | 3.20 | 8.5 | 120.00 | 19.5 | 6.0 | L | 6.50 |
| PCHR 10-24 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 0.50 | 3.20 | 8.5 | 120.00 | 19.5 | 6.0 | R | 6.50 |
| PCHL 12-24 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 0.50 | 3.20 | 10.5 | 120.00 | 19.5 | 4.0 | L | 6.50 |
| PCHR 12-24 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 0.50 | 3.20 | 10.5 | 120.00 | 19.5 | 4.0 | R | 6.50 |
| PCHL 16-24 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 0.50 | 3.20 | 14.5 | 120.00 | 19.5 | - | L | 6.50 |
| PCHR 16-24 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 0.50 | 3.20 | 14.5 | 120.00 | 19.5 | - | R | 6.50 |
| PCHL 20-24 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 0.50 | 3.20 | 18.5 | 120.00 | 19.5 | - | L | 6.50 |
| PCHR 20-24 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 0.50 | 3.20 | 18.5 | 120.00 | 19.5 | - | R | 6.50 |
| PCHL 25-24 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 0.50 | 3.20 | 23.5 | 135.00 | 19.5 | - | L | 6.50 |
| PCHR 25-24 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 0.50 | 3.20 | 23.5 | 135.00 | 19.5 | - | R | 6.50 |
| PCHL 25-24-8 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 6.25 | 8.40 | 22.5 | 135.00 | 19.5 | - | L | 6.50 |
| PCHR 25-24-8 | 25.0 | 25.0 | 25.0 | 6.25 | 8.40 | 22.5 | 135.00 | 19.5 | - | R | 6.50 |

Příloha 6

Systém značení nožů – vnější soustružení⁶

| SYSTÉM ZNAČENÍ NOŽŮ ISO - VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SYSTÉM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VONKAJŠIE SÚSTRUŽENIE | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|---|---|---------|---|---|---|---|----------------------------|------------------------|
| 1 | 2 | | 3 | | | | | | | 4 | |
| Způsob upínání Spôsob upínania | Tvar destičky Tvar doštičky | | Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia | | | | | | | Úhel hřbetu Uhol chrčta | |
| C | | S | | C | 80° | A | B | C | D | D | |
| D | | T | | D | 55° | E | F | G | H | J | N |
| P | | R | | K | 55° | K | L | M | N | P | C |
| M | | W | | V | 35° | L | M | N | P | T | P |
| S | | L | | X | Speciál | Q | R | S | S | T | $\alpha_n=0^\circ$ |
| X | | | | | | U | V | W | X | Y | $\alpha_n=7^\circ$ |
| G | | | | | | Z | | | | | $\alpha_n=11^\circ$ |
| | | | | | | | | | | | 5 |
| | | | | | | | | | | | Směr řezu Smer rezu |
| | | | | | | | | | | | R |
| | | | | | | | | | | | L |
| | | | | | | | | | | | N |

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

| 6 | | | | | | 7 | | 8 | | 9 | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|--|----|--------------------------------|----|---------------------------------------|----|--------|-------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Výška držáku [mm] Výška držáka [mm] | | | | | | Šířka držáku [mm] Šířka držáka [mm] | | Celková délka Celková dĺžka | | Velikost destičky Veľkosť doštičky | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | I ₁ [mm] | | d [mm] | | | | | | | | | | | |
| 08 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 08 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | D | 60 | S | C | D | V | K | W | T | R | | |
| 32 | 38 | 40 | 45 | 50 | 60 | 08 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | E | 70 | | | | | | | | | 06 | |
| | | | | | | | | | | | | F | 80 | 09 | 09 | 11 | 16 | 19 | 06 | 16 | | | 08 |
| | | | | | | | | | | | | H | 100 | | | | | | | | | | 11 |
| | | | | | | | | | | | | J | 110 | | | | | | | | | | 11 |
| | | | | | | | | | | | | K | 125 | 09 | 09 | 11 | 16 | 19 | 06 | 16 | | | 08 |
| | | | | | | | | | | | | L | 140 | | | | | | | | | | 10 |
| | | | | | | | | | | | | M | 150 | | | | | | | | | | 12 |
| | | | | | | | | | | | | N | 160 | 12,00 | | | | | | | | | 12 |
| | | | | | | | | | | | | P | 170 | 12,70 | 12 | 12 | 15 | | | 08 | 22 | | 12 |
| | | | | | | | | | | | | Q | 180 | 15,875 | 15 | 16 | | | | | | 27 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | R | 200 | 16,00 | | | | | | | | | 15 |
| | | | | | | | | | | | | S | 250 | | | | | | | | | | 16 |
| | | | | | | | | | | | | T | 300 | 19,05 | 19 | 19 | | | | | | | 19 |
| | | | | | | | | | | | | U | 350 | 20,00 | | | | | | | | | 20 |
| | | | | | | | | | | | | V | 400 | 25,00 | | | | | | | | | 25 |
| | | | | | | | | | | | | W | 450 | | | | | | | | | | 25 |
| | | | | | | | | | | | | X | Spec. | 25,40 | 25 | 25 | | | | | | | 25 |
| | | | | | | | | | | | | Y | 500 | 38,10 | 38 | | | | | | | | 25 |

Příloha 7

Systém značení – upichování, zapichování⁶

SYSTÉM ZNAČENÍ - UPICHOVÁNÍ, ZAPICHOVÁNÍ - VNĚJŠÍ NOŽE
SYSTÉM ZNAČENIA - UPICHOVANIE, ZAPICHOVANIE - VONKAJŠIE NOŽE

| | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| G | F | I | L | 25 | 25 | M | 03 | R | 030 | 017 |



| <p>1</p> <p>Způsob upínání Spôsob upínania</p> <p>G</p> | <p>2</p> <p>Úhel nastavení Uhol nastavenia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>G = 0°</td> <td>K = 75°</td> </tr> <tr> <td>R = 15°</td> <td>F = 90°</td> </tr> <tr> <td>T = 30°</td> <td>B = 105°</td> </tr> <tr> <td>S = 45°</td> <td>E = 120°</td> </tr> <tr> <td>W = 60°</td> <td>D = 135°</td> </tr> </tbody> </table> | α | | G = 0° | K = 75° | R = 15° | F = 90° | T = 30° | B = 105° | S = 45° | E = 120° | W = 60° | D = 135° | <p>3</p> <p>Max. hloubka zapichování (soustružení) Max. hĺbka zapichovania (sústruženia)</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>G = 2,0 × a</td> <td>N = 5,5 × a</td> </tr> <tr> <td>H = 2,5 × a</td> <td>O = 6,0 × a</td> </tr> <tr> <td>I = 3,0 × a</td> <td>P = 6,5 × a</td> </tr> <tr> <td>J = 3,5 × a</td> <td>Q = 7,0 × a</td> </tr> <tr> <td>K = 4,0 × a</td> <td>R = 7,5 × a</td> </tr> <tr> <td>L = 4,5 × a</td> <td>S = 8,0 × a</td> </tr> <tr> <td>M = 5,0 × a</td> <td>T = 8,5 × a</td> </tr> </tbody> </table> | G = 2,0 × a | N = 5,5 × a | H = 2,5 × a | O = 6,0 × a | I = 3,0 × a | P = 6,5 × a | J = 3,5 × a | Q = 7,0 × a | K = 4,0 × a | R = 7,5 × a | L = 4,5 × a | S = 8,0 × a | M = 5,0 × a | T = 8,5 × a | <p>4</p> <p>Verze (pravý / levý) Verzia (pravý, ľavý)</p> |
|--|--|--|------------|--------|--|------------|------------|------------|----------|--|------------|------------|------------|---|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| α | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G = 0° | K = 75° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R = 15° | F = 90° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T = 30° | B = 105° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S = 45° | E = 120° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| W = 60° | D = 135° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G = 2,0 × a | N = 5,5 × a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H = 2,5 × a | O = 6,0 × a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I = 3,0 × a | P = 6,5 × a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J = 3,5 × a | Q = 7,0 × a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K = 4,0 × a | R = 7,5 × a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L = 4,5 × a | S = 8,0 × a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M = 5,0 × a | T = 8,5 × a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>5</p> <p>Výška držáku [mm] Výška držiaka [mm]</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>12 = 12 mm</td> </tr> <tr> <td>16 = 16 mm</td> </tr> <tr> <td>20 = 20 mm</td> </tr> <tr> <td>atd.</td> </tr> </tbody> </table> | 12 = 12 mm | 16 = 16 mm | 20 = 20 mm | atd. | <p>6</p> <p>Šířka držáku [mm] Šírka držiaka [mm]</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>12 = 12 mm</td> </tr> <tr> <td>16 = 16 mm</td> </tr> <tr> <td>20 = 20 mm</td> </tr> <tr> <td>atd.</td> </tr> </tbody> </table> | 12 = 12 mm | 16 = 16 mm | 20 = 20 mm | atd. | <p>7</p> <p>Délka Dĺžka</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>H = 100 mm</td> </tr> <tr> <td>K = 125 mm</td> </tr> <tr> <td>M = 150 mm</td> </tr> <tr> <td>P = 170 mm</td> </tr> <tr> <td>R = 200 mm</td> </tr> </tbody> </table> | H = 100 mm | K = 125 mm | M = 150 mm | P = 170 mm | R = 200 mm | <p>8</p> <p>Šířka destičky Šírka doštičky</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>a [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>02</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>05</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>06</td> <td>6,0</td> </tr> </tbody> </table> | | a [mm] | 02 | 2,0 | 03 | 3,0 | 04 | 4,0 | 05 | 5,0 | 06 | 6,0 | |
| 12 = 12 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 = 16 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 = 20 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| atd. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 = 12 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 = 16 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 = 20 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| atd. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H = 100 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K = 125 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M = 150 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P = 170 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R = 200 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | a [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 2,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | 3,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | 5,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | 6,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>9</p> <p>Směr zakřivení planžety Smer zakrivenia planžety</p> <p>Doplňující informace pro axiální obrábění.</p> | <p>10</p> <p>Maximální průměr Maximálny priemer</p> <p>Doplňující informace pro axiální obrábění.</p> | <p>11</p> <p>Minimální průměr Minimálny priemer</p> <p>Doplňující informace pro axiální obrábění.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Příloha 8 – 1/2

System značení vyměnitelných břitových destiček⁶

| ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMNENITELNÝCH REZNÝCH DOŠTIČEK | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|----------|--------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|----------|
| 1 Tvar destičky / Tvar doštičky | | | | 2 Úhel hřbetu / Uhol chrpta | | 4 Provedení / Prevedenie | | |
| | | | | | | | | |
| H | O | P | R | A | B | N | R | |
| | | | | | | | | |
| S | T | C | D | C | D | F | A | |
| | | | | | | | | |
| E | M | V | W | E | F | M | G | |
| | | | | | | | | |
| L | A | B | K | G | N | W | T | |
| | | | | | Speciální Špeciálny | | Speciální Špeciálne | |
| | | | | P | O | 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 | N | |
| | | | | 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 | | |
| | | | | | | | | |

Príloha 8 – 2/2

ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BRITOVÝCH DESTIČEK ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMNENITELNÝCH REZNÝCH DOŠTIČEK

| d=l.C. | | Délka řezné hrany / Dĺžka reznej hrany | | | | | | |
|--------|--------|--|----|----|----|----|----|----|
| mm | Palce | R | S | T | C | D | V | W |
| 3,97 | 5/32" | | | 06 | | | | |
| 5,00 | | 05 | | | | | | |
| 5,56 | 7/32" | | | 09 | | | | 03 |
| 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 | | | | | | |
| 38,1 | 1 1/2" | | 38 | | | | | |

| Tloušťka / Hrubka | | |
|-------------------|------|-------|
| | | |
| | | |
| 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" |

| Rádus špičky / Rádus špičky | | |
|-----------------------------|-----|-------|
| Označ. | mm | Palce |
| 00 | 0 | 0" |
| 02 | 0,2 | |
| 04 | 0,4 | 1/64" |
| 08 | 08 | 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=l.C. | Označ. | |
| Palce | 00 | |
| mm | M0 | |

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

| ANSI kód | | | |
|--------------------------------------|----------|--------------------|------------------------------|
| Vepsaná kružnice Vpísaná kružnica | | Tloušťka Hrubka | Rádus špičky Rádus špičky |
| | | | |
| Označ. | d = l.C. | Označ. | Označ. |
| | mm | mm | mm |
| | Palce | Palce | Palce |
| 1 | 3,175 | 1 | 0 |
| (1,2) | 3,969 | (1,2) | (0,2) |
| (1,5) | 4,763 | (1,5) | (0,5) |
| (1,8) | 5,556 | 2 | 1 |
| 2 | 6,350 | (2,5) | 2 |
| (2,5) | 7,938 | 3 | 3 |
| 3 | 9,525 | (3,5) | 4 |
| 4 | 12,700 | 4 | 5 |
| 5 | 15,875 | 5 | 6 |
| 6 | 19,050 | 6 | 7 |
| 7 | 22,225 | 7 | 8 |
| 8 | 25,400 | 8 | 10 |
| 10 | 31,750 | 9 | 12 |
| | | 10 | 14 |
| | | | 16 |
| | | | x |

| 8 | |
|---|---|
| Provedení řezné hrany / Prevedenie reznej hrany | |
| F Ostré hrany Ostré hrany | E Zaoblené hrany Zaoblené hrany |
| T Hrany s fazetkou Hrany s fazetkou | S Zaoblené hrany s fazetkou Zaoblené hrany s fazetkou |
| K Hrany s dvojitou fazetkou Hrany s dvojitou fazetkou | P Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou |
| 9 | |
| Směr posuvu / Smer posuvu | |
| R | N |
| L | |
| 10 | |
| Utvářec / Utvárač | |