

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Katedra technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Příklady používání katalogů nástrojů

Autor: **Ondřej Maršálek**
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej MARŠÁLEK**

Osobní číslo: **S13B0207P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**

Název tématu: **Příklady používání katalogů nástrojů**

Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Specifikace problému
3. Analýza katalogů pro účely příkladů
4. Tvorba příkladů
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

- **STANĚK,J., NĚMEJC,J.:Metodika zpracování a úprava diplomových prací. Plzeň:ZČU, 2005.**
- **ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. Strojírenská technologie 3. 2.vyd.Praha: Scientia,2005. ISNB 80-7183-337-1.**
- **Sova, František. Technologie obrábění a montáže. 3.vydání. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-823-4.**
- **<http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/pages/default.aspx>**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 18. října 2017

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Vyšatovi, Ph.D., za všechnen ten čas, který mi věnoval, za odborné vedení a metodickou pomoc, kterou mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Dále za poskytnuté rady, které si odnesu nejen do dalšího studia, ale i do života.

Děkuji také svým rodičům, kteří mě celé studium podporovali a věřili mi.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

| | | | |
|----------------------|---|-------------------|-------------------------|
| AUTOR | Příjmení Maršálek | Jméno Ondřej | |
| STUDIJNÍ OBOR | 2301R016 „ Strojnická technologie-technologie obrábění“ | | |
| VEDOUCÍ PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Ing. Vyšata, Ph.D. | Jméno Jiří | |
| PRACOVISŤE | ZČU - FST - KTO | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte |
| NÁZEV PRÁCE | Příklady používání katalogů nástrojů | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KTO | ROK ODEVZD. | 2018 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|
| CELKEM | 99 | TEXTOVÁ ČÁST | 65 | GRAFICKÁ ČÁST | 34 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|

| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p> | <p>Tato práce se zabývá tvorbou příkladů pro katalogy nástrojů. Příklady budou použity při výuce studentů pro pochopení principů a osvojení si práce s katalogy nástrojů od různých firem. Cílem příkladů je v katalogu najít vhodné nástroje a řezné podmínky pro výrobu konkrétních součástí.</p> |
| <p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p> | <p>Katalogy nástrojů, tvorba příkladů, řezné nástroje, břitové destičky, řezné podmínky, řezná rychlost, posuv, hloubka řezu, obrobek, materiál obrobku, materiál nástroje, technický výkres</p> |

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

| | | | |
|--------------------------|---|-----------------|-----------------------------------|
| AUTHOR | Surname Maršálek | Name Ondřej | |
| FIELD OF STUDY | Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting | | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Vyšata, Ph.D. | Name Jiří | |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KTO | | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Exercises and examples of use tool catalogues | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Machining Technology | SUBMITTED IN | 2018 |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|
| TOTALLY | 99 | TEXT PART | 65 | GRAPHICAL PART | 34 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|

| | |
|---|--|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | This thesis deals with the creation of examples for tool catalogues. The examples will be used to teach students to understand the principles and to broaden skills of working with tool catalogues of different companies. The aim of the examples is to find appropriate tools and cutting conditions in the specific catalogue for the production of specific components. |
| KEY WORDS | Tool catalogues, creation of examples, cutting tools, inserts, cutting conditions, cutting speed, feed rate, depth of cut, workpiece, workpiece material, cutting material, technical drawing |

Obsah

| | |
|---|----|
| 1 Úvod..... | 2 |
| 2 Specifikace problému..... | 3 |
| 2.1 Rámcová charakteristika vybraných katalogů..... | 4 |
| 2.1.1 Katalogy od společnosti Iscar..... | 4 |
| 2.1.2 Katalogy od společnosti Kennametal..... | 8 |
| 2.1.3 Katalog od společnosti Ingersoll Cutting Tools..... | 9 |
| 2.1.4 Katalog od společnosti Navel..... | 10 |
| 3 Tvorba příkladů..... | 12 |
| 3.1 Analýza katalogů..... | 12 |
| 3.1.1 Nástroje..... | 14 |
| 3.1.2 Materiálové sorty..... | 16 |
| 3.1.3 Určení řezných podmínek..... | 18 |
| 3.2 Příklady pro katalog „Kennametal – Soustružnické nástroje“..... | 24 |
| 3.2.1 Metodika tvorby příkladů – zapichování..... | 24 |
| 3.3 Příklady pro katalog „Kennametal – Rotační nástroje“..... | 32 |
| 3.3.1 Metodika tvorby příkladů – hluboké vrtání..... | 32 |
| 3.3.2 Metodika tvorby příkladů – drážka pro pero..... | 35 |
| 3.4 Příklady pro katalog „Iscar – Nástroje pro frézování“..... | 40 |
| 3.4.1 Metodika tvorby příkladů – T-drážka..... | 40 |
| 3.5 Příklady pro katalog „Iscar – Nástroje pro soustružení“..... | 48 |
| 3.5.1 Metodika tvorby příkladů – Soustružení..... | 48 |
| 4 Závěr..... | 63 |
| 5 Seznam použité literatury..... | 64 |
| 6 Seznam příloh..... | 65 |

1 Úvod

Strojírenství je technický obor, který již nějakou dobu umožňuje žít naší společnosti na určité úrovni. Průmysl jako jsou například automobilový, letecký, energetický by se bez této technické disciplíny neobešel. Díky této rozsáhlosti v tržním hospodářství se na trhu vyskytuje mnoho strojírenských firem. Aby mohla firma na trhu fungovat v delším časovém intervalu musí být konkurenceschopná. Kromě konkurenceschopnosti je také cílem podniku zvyšování zisku a hodnoty podniku. Zvýšení zisku lze dosáhnout mimo jiné i snížením nákladů na výrobu.

Náklady na výrobu se dají minimalizovat zvolením vhodné technologie obrábění, volbou vhodných nástrojů a řezných podmínek. Důležitou roli při volbě nástrojů a podmínek hraje efektivnost. Zvolením dražšího nástroje, který má více vyhovující řezné podmínky, mohou být výsledné celkové náklady o poznání nižší než při zvolení levnějšího nástroje u něhož nejsou řezné podmínky tak vhodné. Využitím již dříve zakoupených komponentů, jakožto například držáků soustružnických nožů, se také snižují výrobní náklady.

Držáky určené pro různé operace, jako jsou kupříkladu hrubování a dokončování se mohou lišit tvarem lůžka a typem upínání. Do držáku s určitým tvarem lůžka a typem upínání lze většinou použít jen určitý typ vyměnitelné břitové destičky. Z množiny destiček vyhovující po stránce tvaru a způsobu upnutí lze vybrat destičky podle dalších parametrů mezi které z celá jistě patří materiál destičky, materiál povlaku destičky, geometrie břitu a jiné. Všechny tyto parametry je vhodné zohledňovat při volbě destičky. Tyto parametry je vhodné zohlednit už i při výběru samotného držáku. U výběru nástrojů je dobré mít na paměti i výkon stroje. Vyhledáním a zvážení všech možností se dá určit nejefektivnější způsob výroby součásti.

Firmy vyrábějící nástroje určené k obrábění nabízejí katalogy nástrojů, ve kterých uvádějí veškeré své produkty. Katalogy slouží k rychlému vyhledání nástrojů, držáků, vyměnitelných břitových destiček, řezných podmínek a dalších informací díky nimž si může zákazník vybrat produkty nejvíce vyhovující jeho potřebám. Kvůli neustále se zdokonalujícím technologiím vydávají výrobci ročně, či v jiných časových intervalech, nové vydání katalogů se svým aktuálním sortimentem. Různá vydání katalogů stejného výrobce se liší pouze sortimentem. Katalogy různých výrobců se již od sebe liší, jak nabízenými produkty, tak hlavně principy a způsoby hledání informací, které se chtějí z katalogu získat.

Ve výuce odborných předmětů je důležité nejen získávání teoretických znalostí a zkušeností, ale i praktických dovedností. Informace, že soustruh je třískový obráběcí stroj, na němž hlavní pohyb, jenž je rotační, vykonává obrobek a vedlejší pohyby, které jsou většinou přímočaré, vykonává nástroj jsou bezpochyby důležité, ale studentovi, který soustruh nikdy neviděl příliš neřeknou. Proto je dobré, když je při výuce možnost studentům soustruh, či jiné probírané prvky výuky, ukázat. Ještě lépe je umožnit studentům si probíranou látku vlastnoručně vyzkoušet. Nejenom, že je to příjemné obohacení při výuce teorie, ale hlavně to dopomáhá studentům získat o probírané látce lepší představu a získat praktické zkušenosti. Přidáním ke smyslu sluchu a zraku ještě smysl hmatu vede u některých lidí k lepšímu zapamatování. Autoři Hanuš a Chytilová k této věci poznamenávají. „*Praktické zkušenosti ve výuce pomáhají studentům k lepší orientaci v probírané látce a také přispívají k manuální zručnosti studentů. Většina lidí si také mnohem lépe a déle pamatuje právě ty informace, které si mohli sami prakticky vyzkoušet. Proto praktické zkušenosti nikdy nemohou být plně nahrazeny obrázkovou, ani video*

dokumentací“ [1].

Analýza katalogů nástrojů pro účely příkladů a tvorba samotných příkladů se řeší v rámci této práce. Příklady budou použity při výuce studentů, kteří si vybrali studium v oboru strojírenství, pro pochopení principů a osvojení si práce s katalogy nástrojů, které slouží k vyhledávání vhodných nástrojů a správných hodnot řezných podmínek.

2 Specifikace problému

V rámci specializovaného předmětu Strojírenská technologie obrábění na Katedře technologie obrábění je ve výuce jedno z témat používání katalogů nástrojů. Studentům je pomocí vypracovaných příkladů vysvětlováno, jak z katalogů získat potřebné informace, kterými jsou například vyhledání držáku soustružnického nože či vhodné vyměnitelné břitové destičky. Posledních několik let se při výuce používá jen katalog CoroKey od společnosti Sandvik, na který je vypracováno pouze jednadvacet příkladů. Proto bylo rozhodnuto o vypracování většího počtu příkladů na katalogy od několika různých výrobců. Z důvodu, aby mohlo katalogy při řešení příkladů používat vícero studentů najednou, vybíraly se z množiny dostupných katalogů převážně katalogy, kterými katedra disponuje po více kusech, tudíž jsou mezi vybranými katalogy i katalogy staršího vydání. Protože ne každý katalog se hodí například pro zjišťování řezných podmínek, provede se v rámci této práce na každý vybraný katalog analýza, podle které se na jednotlivé katalogy vypracuje několik příkladů.

Příklady by měly simulovat a přiblížit praxi technologů ve strojírenském podniku, kteří při vykonávání své profese přicházejí s katalogy nástrojů do styku denně, kde si hledají základní informace potřebné k jejich práci. Dále by měly příklady přiblížit práci další skupiny pracovníků, jež přichází velmi často do styku s katalogy. Tou jsou dodavatelé nástrojů, jejichž primární cíl je prodat zákazníkovi svoje produkty, jimiž jsou nástroje pro obrábění. Své katalogy používají, když se snaží zákazníkovi doporučit a dalo by se i říci ho přesvědčit, že právě jejich nástroje jsou nejlepší volba pro řešení jejich speciálních, ale i běžných potřeb. Dále když pomáhají zákazníkovi stanovit nejvhodnější řezné podmínky a technologii výroby, jak pro produkty vybírané, tak pro již dříve zakoupené.

S přihlédnutím k rozsahu a účelu této práce, je třeba si uvědomit, že nelze do analýzy a následné tvorby příkladů zahrnout katalogy od všech firem zabývajících se výrobou nástrojů. Rozsah vybraných katalogů musí být tedy omezený. Při vybírání katalogů hrála roli tři kritéria uvedená v následujícím seznamu.

- aby katalogy byly k dispozici pro studenty při budoucí výuce
- aby katalogů bylo větší množství
- aby nebyly příliš zastaralé

Vzhledem k tomu, že se katalogy budou používat jen při výuce a pouze pro trénink, tak zastaralost katalogů nepředstavuje tak veliký problém, pokud se nejedná o zastaralost v řádu desítek let. Kritérium většího počtu kusů je proto, aby katalogy mohlo při výuce používat vícero studentů najednou a také kvůli tomu, že postupem času může dojít během školní praxe s katalogy ke ztrátě či zničení několika kusů katalogů. Takže kdyby určitá skupina příkladů závisela pouze na jednom či dvou katalogích, které by se časem ztratily nebo zničily, tak by pak

byla tato skupina příkladů dále nepoužitelná. Podle těchto kritérií se vybíralo z těch katalogů, které jsou na katedře k dispozici ve větším množství. Dále se ještě oslovily firmy na které má katedra kontakty. Katalogy, které byly podle všech kritérií vybrány, jsou katalogy od firem Iscar, Kennametal, Ingersoll Cutting Tools a Navel. Do všech kritérií také zapadaly i katalogy od firmy Sandvik Coromant, které ale byly ze skupiny vybraných katalogů vyřazeny, z toho důvodu, že je již v současné době několik vypracovaných příkladů na katedře k dispozici.

Aby příklady co nejlépe simulovaly práci výše zmíněných pracovníků, tak je vhodné, aby byly co nejvíce spjaté s výrobními výkresy. To z toho důvodu, že tvary součástí, tolerance ploch, materiály obrobků a jiné faktory ovlivňují volbu nástrojů a pro ně vhodných řezných podmínek. Pro tvorbu příkladů jsou tedy zapotřebí výrobní výkresy. Hlavní kritéria při výběru byla, aby tato dokumentace mohla být poskytnuta studentům při výuce a aby byla v digitální podobě. Podle těchto kritérií bylo zajištěno jisté omezené množství výkresů. Právě touto skutečností a sice, že příklady budou spjaty s výrobními výkresy, se odliší od již vypracovaných příkladů na katalog Corokey od firmy Sandvik Coromant.

Práce obsahuje přílohy, které dále obsahují samostatné výstupy. Jedna příloha s názvem Příloha A obsahuje jednotlivá zadání s výkresy a druhá příloha Příloha B výsledky.

2.1 Rámcová charakteristika vybraných katalogů

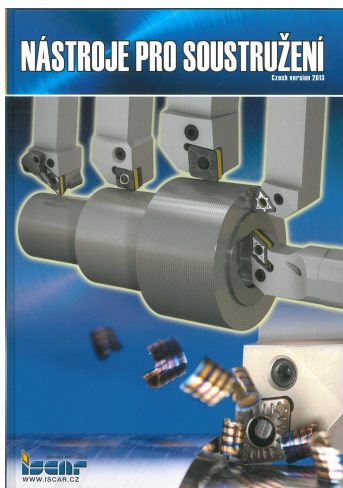
Katalogy jednotlivých firem se mohou v určitých věcech vzájemně podobat, ale v jiných se mohou značně lišit. Některé firmy mají jeden souhrnný katalog, kdežto jiné firmy zase mívají několik samostatně vázaných katalogů. Mohou mít široký záběr celého spektra nástrojů, nebo být specializované do určitého úzkého oboru. V některých katalozích bude kompletní možnost určovat řezné podmínky, kdežto v jiných může být tato možnost pouze mírně nastíněna. Různé firmy mohou mít různá značení obráběných materiálů¹ a materiálů povlaků nástrojů. Proto se provede rámcová charakteristika katalogů nástrojů, aby z ní vyplynulo pro jaký typ příkladů bude konkrétní katalog nejvhodnější.

2.1.1 Katalogy od společnosti Iscar

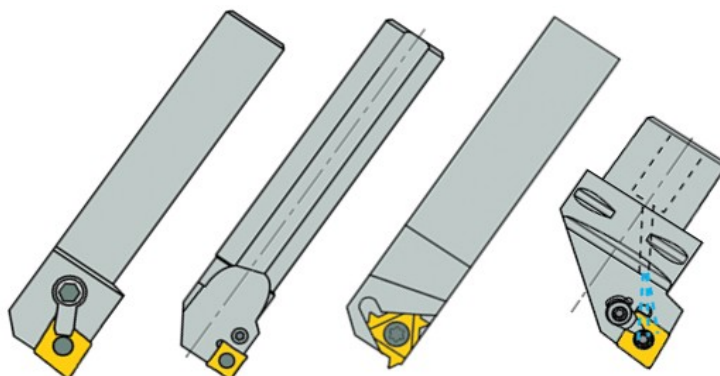
Jednou z nejvýznamnějších firem z vybrané skupiny je firma Iscar. Jedná se o izraelskou firmu, která již řadu let patří ke světové špičce v oblasti vývoje, výroby a celosvětové distribuce nástrojů pro obrábění a řezných materiálů. Od firmy Iscar je k dispozici pět samostatných katalogů, z nichž každý je zaměřený na sortiment určený pro jiné aplikace a technologie. Katalogy jsou zaměřené na nástroje pro soustružení, nástroje pro frézování, nástroje pro vrtání, celokarbidové frézy a MULTI-MASTER systémy², a upínací systémy. Jedná se o katalogy, které jsou kompletně přeložené do češtiny nebo slovenštiny s daty vydání mezi roky 2012 a 2014. I když se katalogy liší datem vydání a jazykem, jsou vzhledově a uspořádáním stejné.

1 U všech vybraných katalogů jsou obráběné materiály rozděleny podle normy ISO.

2 Jedná se o jeden katalog s názvem Celokarbidové frézy a MULTI-MASTER systém. MULTI-MASTER je skupina nástrojů, které se skládají ze stopek a vyměnitelných hlaviček s palcovým závitem určené pro různé frézovací aplikace [2].



Obr. 1 Nástroje pro soustružení – katalog společnosti Iscar [2].

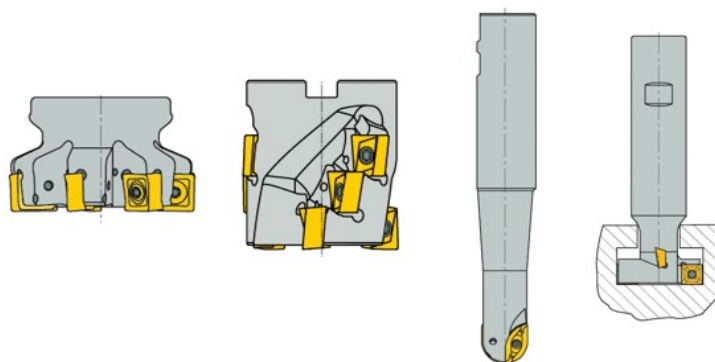


Obr. 2 Ukázka několik soustružnických nástrojů z katalogu společnosti Iscar [2].

Katalog obsahující nástroje pro soustružení, který je vyobrazený na obrázku (Obr. 1), je vhodný pro výběr vnitřních nebo vnějších nožových držáků s různými systémy upínání břitových destiček, závitovacích nástrojů a rychle vyměnitelných soustružnických držáků. Na obrázku (Obr. 2) je zobrazena ukázka nástrojů, kde zleva doprava je vnější nožový držák, vnitřní nožový držák, nožový držák pro soustružení vnějších závitů a rychle vyměnitelný držák. Dále je vhodný pro výběr vyměnitelných břitových destiček do určitých typů držáků. V katalogu lze vyhledat doporučené řezné podmínky jako je řezná rychlost, která je v katalogu uvedena v závislosti na obráběném materiálu a materiálu povlaku břitové destičky, posuv a hloubka řezu.



Obr. 3 Nástroje pro frézování – katalog společnosti Iscar [3].



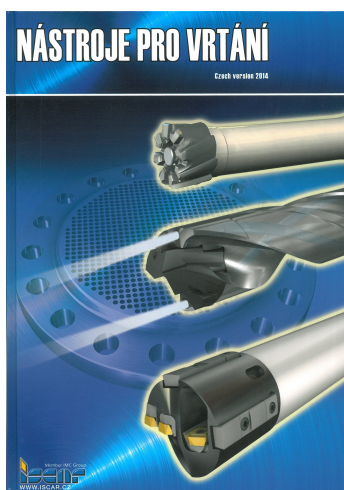
Obr. 4 Ukázka několika frézovacích nástrojů z katalogu společnosti Iscar [3].

Na obrázku (Obr. 3) je vyobrazen katalog obsahující nástroje pro frézování. V katalogu jsou obsaženy frézy stopkové, čelní, čelní válcové, tvarové, zapouštěcí, kotoučové drážkovací a závitové. Také obsahuje frézy pro obrábění hliníku, MULTI-MASTER nástroje a systémy FLEXFIT³. Ukázka několika vybraných nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami je

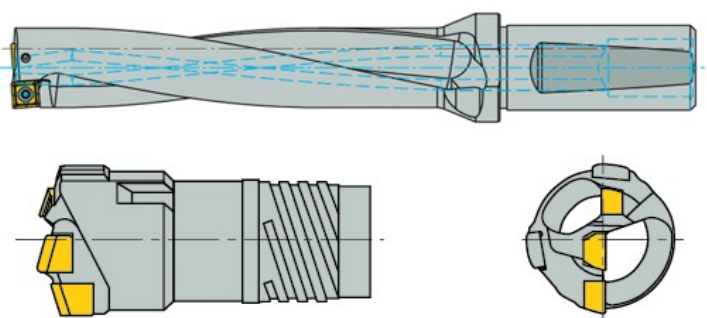
3 FLEXFIT je skupina nástrojů, které se skládají ze stopek a vyměnitelných hlaviček s metrickým závitem určené pro různé frézovací aplikace. Systém FLEXFIT rozšiřuje možnosti aplikací pro výrobu forem a zápustek, a umožňuje obrábění s velkým vyložením nástroje [2].

zobrazena na obrázku (Obr. 4), kde zleva doprava je čelní fréza nástrčná, čelní válcová fréza nástrčná, kulová stopková fréza, stopková fréza na výrobu T-drážek. K frézám s vyměnitelnými břitovými destičkami se pomocí katalogu dají vyhledat vhodné typy břitových destiček. Dále je vhodný pro určení doporučených řezných podmínek vzhledem k obráběnému materiálu a materiálu povlaku nástroje. Uvedená je také doporučená hloubka řezu.

Následující katalog obsahuje nástroje pro vrtání a je zobrazen na obrázku (Obr. 5). Katalog obsahuje vrtáky s výměnnými břitovými destičkami, vrtáky s vyměnitelnými vrtacími hlavicemi a nástroje pro hloubkové vrtání. Pro tyto nástroje jsou v katalogu uvedené vhodné vyměnitelné břitové destičky a vrtací hlavice. Dalšími obsaženými nástroji jsou monolitní karbidové vrtáky a výstružníky. V katalogu jsou také zahrnuté modulární vyvrtávací systémy ITS-BORE⁴. Ke každému nástroji jsou uvedené doporučené řezné podmínky v závislosti na průměru nástroje a obráběném materiálu. Ukázka několika nástrojů pro vrtání je zobrazena na obrázku (Obr. 6), kde nahoře je vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami a vnitřním chlazením a dole vyvrtávací hlavice pro hluboké vrtání.



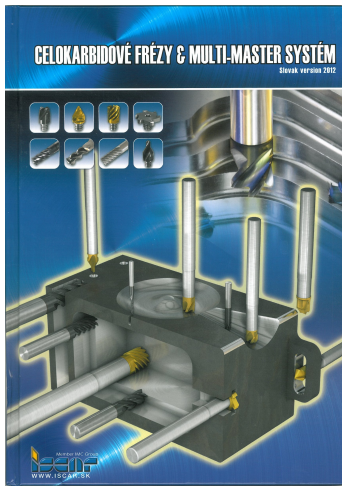
Obr. 5 Nástroje pro vrtání – katalog společnosti Iscar [4].



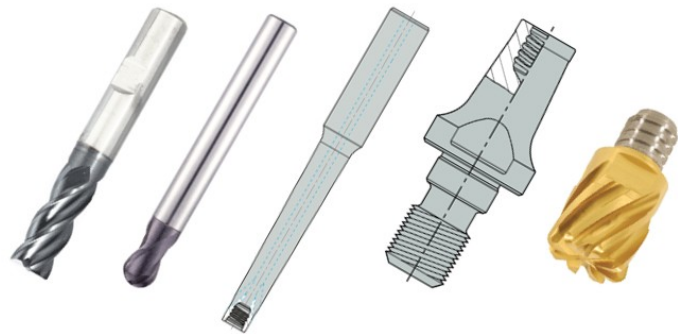
Obr. 6 Ukázka několika nástrojů pro vrtání z katalogu společnosti Iscar [4].

Jako další ze sady katalogů od společnosti Iscar je katalog obsahující celokarbidové frézy a systém MULTI-MASTER. Katalog lze vidět na obrázku (Obr. 7). Obsahuje celokarbidové čelní válcové stopkové frézy s různými úhly stoupání šroubovice, celokarbidové kulové stopkové frézy, MULTI-MASTER stopky pro frézovací hlavičky, MULTI-MASTER adaptéry a samotné vyměnitelné frézovací hlavičky. V tomto pořadí jsou zleva doprava zobrazeny na obrázku (Obr. 8). V katalogu je k frézám podle jejich typu napsaná doporučená hloubka řezu. Dále doporučené posuvy, které jsou vztahovány k průměru nástroje a řezná rychlost vztahovaná k obráběnému materiálu a materiálu povlaku nástroje. Katalog je vhodný také pro sestavování adaptérů a stopek MULTI-MASTER systému.

4 ITS-BORE je modulární nástrojový systém pro vyvrtávání, frézování, vrtání a závitování. Skládá se ze stopek a radiálně výsuvných upínacích čepů [4].

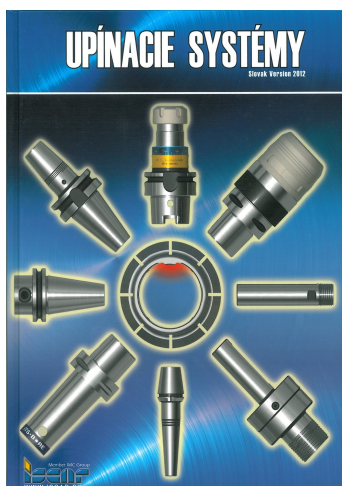


Obr. 7 Celokarbidové frézy a MULTI-MASTER systém – katalog společnosti Iscar [5].

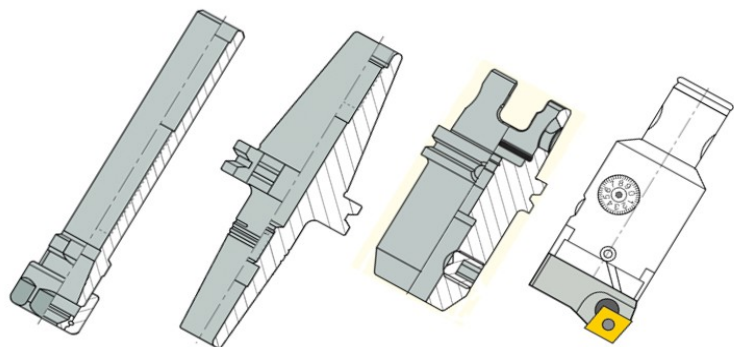


Obr. 8 Ukázka několika nástrojů pro frézování a MULTI-MASTER systému z katalogu společnosti Iscar [5].

Poslední katalog ze sady od společnosti Iscar je katalog s upínacími systémy, který je zobrazený na obrázku (Obr. 9). Obsahuje upínače pro rotační nástroje s různými druhy stopek, kterými jsou například stopky přímé, válcové a s morse kuželem, pro upínání nástrčných fréz a nástrojů se stopkami Weldon. Dále jsou obsaženy tepelné a kleštinové upínače s různými stopkami pro upínání celokarbidových nástrojů s válcovými stopkami, upínače pro obráběcí centra Mazak Integrex, upínací kleštiny a mnohé další. Katalog také zahrnuje modulární vyvrtávací systémy ITS-BORE. Kapitola se systémy ITS-BORE zahrnuje vyvrtávací hlavy, držáky vyměnitelných břitových destiček a vyměnitelné destičky, pro které jsou uvedené doporučené řezné podmínky. Na obrázku (Obr. 10) je zobrazeno několik upínacích systémů, kde zleva doprava je kleštinový upínač s přímou stopkou, tepelný upínač s kuželovou stopkou, upínač stopkových fréz pro obráběcí centra Mazak Integrex, držák řezných destiček na ITS-BORE vyvrtávací hlavě.



Obr. 9 Upínací systémy – katalog společnosti Iscar [6].



Obr. 10 Ukázka upínacích systémů z katalogu společnosti Iscar [6].

Od společnosti Iscar je tedy pět katalogů z nichž čtyři katalogy obsahují vyloženě obráběcí nástroje a pátý katalog obsahuje systémy pro upínání rotačních nástrojů. Díky širokému záběru nástrojů se bude moct z katalogů vytvořit mnoho typů příkladů, které budou zaměřené na

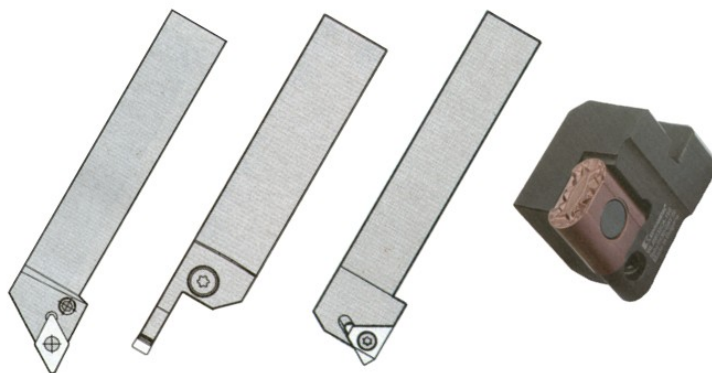
jednotlivé technologie.

2.1.2 Katalogy od společnosti Kennametal

Další velice významnou firmou je americká firma Kennametal. Jedná se o světového lídra v kovoprůmyslu. Zabývá se nástroji pro obrábění a vývojem materiálů odolných proti opotřebení. Od této firmy jsou k dispozici dva katalogy. Jde o Master katalog pro rok 2018, který je rozdělený na dva samostatné katalogy. Část první se zabývá soustružnickými nástroji, která je zobrazena na obrázku (Obr. 11). V katalogu jsou obsaženy nástroje pro soustružení, zapichování, upichování, závitování a pro specifické operace, mezi které patří obrábění železničních kol, kopírování se systémem TopNotch⁵, obrábění s břitovými destičkami Fix-Perfect⁶ a K-Lock⁷. Katalog je vhodný pro hledání břitových destiček a soustružnických držáků. Dále je vhodný pro určování řezných rychlostí, posuvů a doporučených hloubek řezů. Řezná rychlost je vztažena k obráběnému materiálu, k materiálu povlaku břitové destičky a k řezným podmínkám⁸. Na obrázku (Obr. 12), je zobrazeno několik nástrojů z katalogu, kde zleva doprava je stranový uběrací nůž, zapichovací nůž, závitový nůž a speciální nástroj pro obrábění železničních kol.



Obr. 11 Soustružnické nástroje – první část katalogu Master katalog společnosti Kennametal [7].



Obr. 12 Ukázka několika nástrojů pro soustružení z katalogu společnosti Kennametal [7].

Část druhá se zabývá rotačními nástroji. Je vyobrazena na obrázku (Obr. 13). Obsahuje nástroje pro obrábění otvorů, kterými jsou například karbidové a modulární vrtáky, dále obsahuje nástroje pro obrábění závitů a nástroje pro frézování. Mezi nástroji pro frézování jsou zahrnuty kupříkladu frézy stopkové, čelní, rohové, kopírovací a pro obrábění drážek. Pro nástroje je v katalogu uvedena doporučená řezná rychlost, která je vztažena k obráběnému materiálu a k materiálu povlaku nástroje nebo břitové destičky. K nástrojům s břitovými destičkami jsou v katalogu uvedené příslušné břitové destičky. V katalogu je také uvedena maximální hloubka řezu. Několik nástrojů z druhé části je zobrazeno na obrázku (Obr. 14). Zleva doprava je karbidový vrták, karbidový závitník, stopková fréza s břitovými destičkami a stopková karbidová

5 Systém Top Notch zajišťuje přesnou výměnu břitové destičky a vynikající upínání zaručující vynikající kvalitu povrchu a životnost nástroje [7].

6 Břitové destičky Fix-Perfect zajišťují prvotřídní přesnost výměny a odvod třísek při obrábění [7].

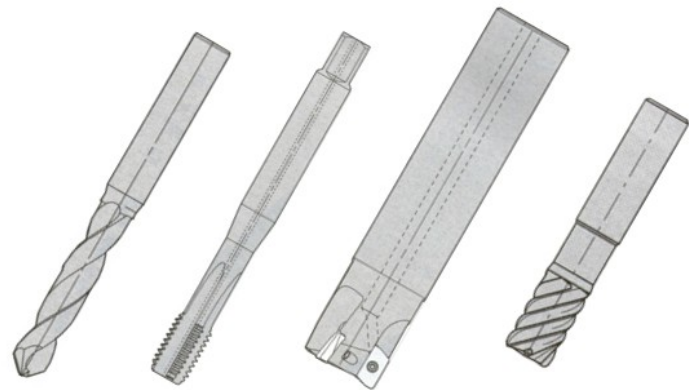
7 Břitové destičky K-Lock jsou vhodné pro hluboké zapichování a tvarové soustružení [7].

8 Kupříkladu jestli je řez při obrábění více či méně přerušovaný, jestli se s nástrojem budou obrábět odlitky, výkovky a jiné.

fréza.



Obr. 13 Rotační nástroje – druhá část katalogu Master katalog společnosti Kennametal [8].



Obr. 14 Ukázka několika rotačních nástrojů z katalogu společnosti Kennametal [8].

2.1.3 Katalog od společnosti Ingersoll Cutting Tools

Další vybranou velice významnou firmou je firma Ingersoll Cutting Tools, která je jako firma Iscar členem IMC Group. Ingersoll Cutting Tools je americká firma, která se specializuje na návrh a výrobu jak standardních, tak speciálních řezných nástrojů. Od této společnosti jsou k dispozici katalogy zabývající se nástroji pro frézování. Jedná se anglicky psanou verzi. Katalog je zobrazen obrázkem (Obr. 15). Obsahuje čelní, čelní válcové, kotoučové a kopírovací převážně



Obr. 15 New colors II – katalog společnosti Ingersoll Cutting Tools [9].



Obr. 16 Ukázka několika nástrojů z katalogu společnosti Ingersoll Cutting Tools [9].

nástrčné frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami. Katalog je vhodný pro vybírání břitových destiček a určování materiálu, který je s nimi vhodné obrábět. Dále pro zjišťování doporučených řezných rychlostí v závislosti na obráběném materiálu a pro určování doporučených posuvů. Ukázka několika vybraných nástrojů je zobrazena na obrázku (Obr. 16), kde zleva doprava je

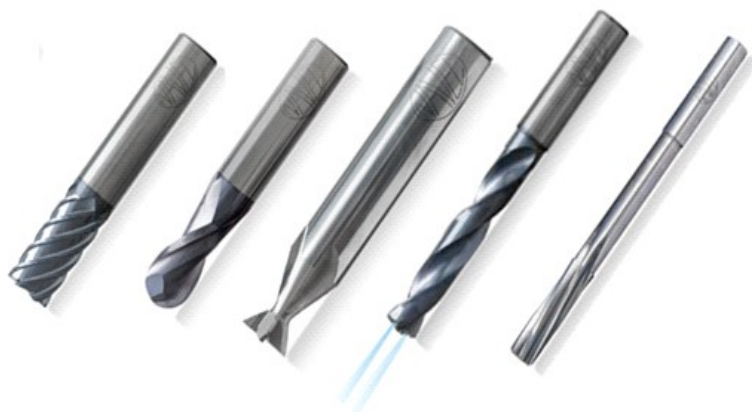
čelní fréza, kotoučová fréza, tvarová kopírovací fréza se stopkou Weldon.

2.1.4 Katalog od společnosti Navel

Jako posledním z katalogů vybraných pro tvorbu příkladů je katalog od společnosti Navel, který je vidět na obrázku (Obr. 17). Jedná se o českou společnost působící na českém a slovenském trhu. Zabývá se výrobou profesionálních nástrojů a nářadí pro soustružení, frézování, vrtání a jiných technologií. Jedná se o vydání pro rok 2017. V porovnání s ostatními katalogy je tento s nejmenším počtem stránek. Vybraný katalog je zaměřený na tvrdokovové stopkové frézy s rovným a kulovým čelem, stopkové speciální tvarové frézy, vrtáky bez vnitřního chlazení a s vnitřním chlazením a výstružníky. Ukázka několika nástrojů je zobrazena na obrázku (Obr. 18), kde zleva doprava je válcová fréza, kulová fréza, speciální tvarová fréza pro frézování rybinových drážek, vrták s vnitřním chlazením a výstružník. V katalogu lze ke každému uvedenému nástroji vyhledat jaký druh materiálu lze s nástrojem obrábět. Dále se dají podle obráběného materiálu zjistit doporučené řezné podmínky, jako je řezná rychlost, posuv a hloubka řezu.



Obr. 17 Katalog řezných nástrojů – katalog společnosti Navel [10].



Obr. 18 Ukázka několika vybraných nástrojů z katalogu společnosti Navel [10].

Shrnutí

Firmy Iscar a Kennametal mají katalogy, které obsahují široké spektrum nástrojů. Firma Iscar má i jeden katalog zabývající se pouze upínacími systémy pro rotační nástroje. Katalog od společnosti Navel je zaměřený na stopkové rotační nástroje a katalog od společnosti Ingersoll Cutting Tools obsahuje pouze nástroje pro frézování. Katalogy vybraných společností se vzájemně velice podobají. Všechny katalogy, kromě katalogu od firmy Ingersoll Cutting Tools obsahující obráběcí nástroje jsou vhodné pro kompletní určení řezných podmínek, kterými jsou řezná rychlost, posuv a hloubka řezu. V katalogu od firmy Ingersoll Cutting Tools není pro nástroje uvedena doporučená hloubka řezu. Řezná rychlost je ve všech vztažena k obráběnému materiálu a k materiálu povlaku nástroje nebo břitové destičky. Posuv je u nástrojů s břitovými destičkami vztažen k velikosti destičky a k typu utvařeče třísky, a u rotačních nástrojů

k průměru nástroje. Obráběné materiály jsou ve všech katalozích rozdělené podle normy ISO⁹. Ve všech katalozích, které obsahují nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami, jsou uvedené vhodné břitové destičky. U břitových destiček jsou uvedené materiály povlaků¹⁰, ve kterých jsou dané nástroje či destičky k dispozici. Povlaky se u různých společností liší.

Různé katalogy, které se zabývají stejnou technologií, obsahují i velké množství velice podobných nástrojů. Takže aby všechny příklady nebyly zaměřené na podobné nástroje pouze z katalogů od různých firem, byla hledána u katalogů, pokud to bylo možné, jejich jedinečnost. Jestli jednotlivý katalog obsahuje nástroje nebo technologie, které v jiných katalozích obsažené nejsou. Ovšem katalogy neobsahují tolik jedinečností, aby se z nich dalo vypracovat velké množství jedinečných příkladů. Takže určitý počet příkladů, bude obsahovat všeobecné příklady ze všeobecné praxe. S čím je nutno se smířit. Nicméně se v katalozích nalézt určitý počet jedinečností podařilo.

Z hlediska jedinečnosti je nejvýraznější jeden katalog od společnosti Iscar, který jako jediný obsahuje ve větším množství upínací systémy. Z tohoto katalogu se tudíž bude dát vypracovat několik příkladů zabývajících se tímto tématem. Další katalog od firmy Iscar, který se liší od ostatních je katalog s nástroji pro vrtání. Jako jediný se zabývá nástroji pro hlubokovrtací operace. Katalog s nástroji pro frézování od stejné společnosti neobsahuje žádné nástroje, které by neobsahoval nějaký jiný katalog, ale ze všech ostatních katalogů obsahuje nejvíce nástrojů pro frézování drážek tvaru T a nástrojů pro technologii „bočního zapouštění“ neboli plunging¹¹. Dále také obsahuje nejvíce čelních válcových fréz s vyměnitelnými břitovými destičkami. Ostatní katalogy se těmto nástrojům věnují pouze rámcově. Příklady na tento katalog budou tudíž zaměřené převážně na aplikace frézování válcem nástroje, na výrobu T-drážek a na plunging. Zbývající dva katalogy od společnosti Iscar s nástroji pro soustružení a s celokarbidovými frézami a systémem MULTI-MASTER neobsahují nástroje, které by nezahrnovaly i ostatní katalogy. Příklady na tyto dva katalogy budou pouze obecnějšího charakteru.

Katalog se soustružnickými nástroji od společnosti Kennametal jako jediný obsahuje nástroje pro operace zapichování a upichování. Z tohoto katalogu se tady primárně vytvoří příklady pro tyto dvě operace. Druhý katalog od téže firmy s rotačními nástroji vyniká nad ostatními tím, že pojímá karbidové stopkové frézy pro obrábění polymerů, dále karbidové frézy pro mikro obrábění s nejmenším průměrem nástroje 0,30 milimetrů a jako poslední karbidové vrtáky s délkou až $40 \times D$ do maximálního průměru 16 milimetrů. Díky těmto nástrojům je možné vytvořit další zajímavé a ojedinělé příklady. Poslední dva katalogy od společností Ingersoll Cutting Tools a Navel nejsou ničím jedinečné. Obsahují nejběžnější nástroje pro nejběžnější aplikace. Také z celé vybrané skupiny katalogů mají tyto dva katalogy nejmenší počet stránek, tudíž se pro ně vypracuje pouze pár obecnějších příkladů.

9 Norma ISO dělí jednotlivé materiály podle obrobitelnosti primárně do šesti skupin. Skupiny jsou standardně označené přiřazeným písmenem a barvou.

10 V katalogu od firmy Iscar je pro materiály povlaků používán výraz karbidy a v katalogu od firmy Kennametal sorty povlaků.

11 Řezné síly při této technologii působí především v axiálním směru. Díky tomu nedochází k průhybu a chvění nástroje i při delším vyložení.

3 Tvorba příkladů

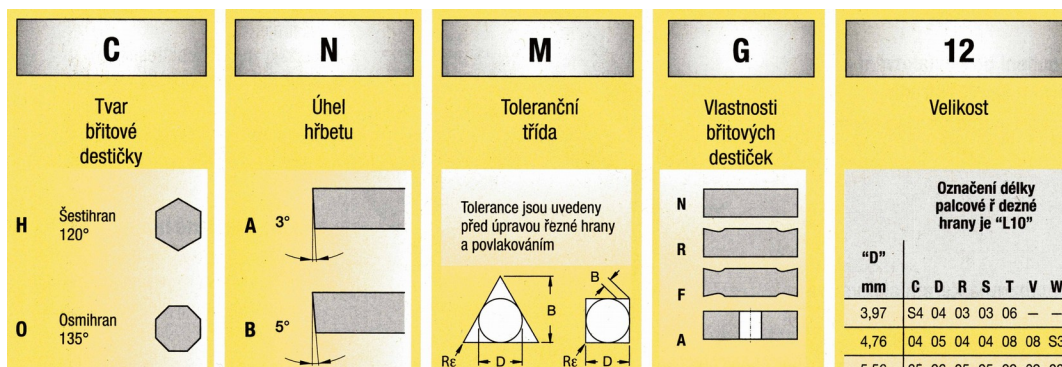
V kapitole specifikace problému byly rámcově představeny vybrané katalogy, kterých je celkem devět. Účelem specifikace problému bylo představit všechny okolnosti, které zasahují do řešení daného úkolu a ze kterých se ukázalo, pro které typy příkladů se jednotlivé katalogy nejlépe hodí. Z těchto poznatků bude další text dále vycházet a proto dál bude následovat k tomu odpovídající počet kapitol zaměřených na konkrétní tvorbu příkladů.

Pro tvorbu příkladů je žádoucí, aby nejdříve byla provedena podrobná analýza katalogů. Všechny katalogy jsou si v jistém ohledu velice podobné a to v tom smyslu, že používají obdobné systémy, kterými jsou v nich informace uspořádány. Proto se provede souhrnná analýza pro všechny katalogy dohromady. Pokud se však při tvorbě příkladu narazí na skutečnosti, které nejsou popsány v souhrnné analýze a nebo se od ní liší, tak se tyto skutečnosti budou řešit přímo v kapitole s metodikou tvorby příkladů. Lze totiž předpokládat, že takových případů bude minimum. Jediná výjimka je katalog od společnosti Iscar, který obsahuje upínací systémy. Ten se od ostatních významně odlišuje a analýza se na něj udělá samostatně. Katalogy se navzájem mohou lišit samotným uspořádáním informací. Uspořádáním informací se myslí, že některé katalogy mají informace o řezných podmínkách uvedené na začátku nebo na konci katalogu. Jiné je mají uvedené pro každý nástroj samostatně. Toto také platí například pro břitové destičky a jejich materiály povlaků. Tímto samotným systémem, jak jsou tyto informace v katalogích řazeny, se analýza nebude zabývat a pokud ano, tak jen velice rámcově.

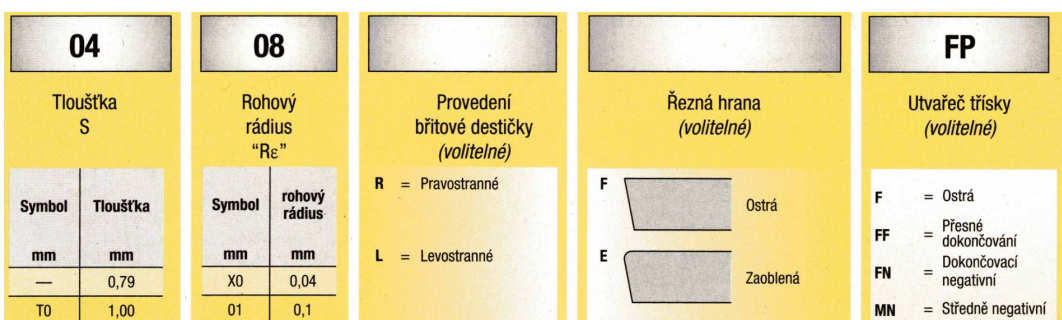
V kapitolách věnujících se tvorbě příkladu bude popisována metodika tvorby jednotlivých příkladů a popis jednotlivých kroků, které mají v podstatě simulovat rozhodování těch odborníků o kterých byla řeč v kapitole specifikace problému. Cílem je zadat příklad tak, aby studenti nemuseli pracovat s jinými materiály než s konkrétním katalogem. Tudiž je jim například potřeba říci, jaké jsou úchylnky případných tolerancí obráběného prvku či rozměru uvedeného na výkresu, pro který je příklad vypracován. Dále jaké jsou případné přídavky pro následující technologie a jiné faktory. Na studentech nechat pouze ta rozhodování, která mohou učinit s prací s katalogem.

3.1 Analýza katalogů

Všechny vybrané katalogy začínají úvodem. V těch je uveden obsah s přehledem nástrojů, které daný katalog obsahuje. Katalogy jsou uspořádány do několika hlavních kapitol, které rozdělují katalog podle nástrojů určených pro různé aplikace. Například katalogy věnované soustružení obsahují kapitoly se stranovými noži, s noži pro zapichování, upichování, pro soustružení závitů a s jinými nástroji, které odpovídají dané technologii. Dále katalogy obsahují další kapitoly s rozšiřujícími informacemi o materiálech obrobků a materiálech povlaků nástrojů. Kapitoly věnující se samotným nástrojům jsou zpravidla rozděleny do dalších podkapitol pro usnadnění vyhledávání v katalogu. V katalogích od firem Iscar a Kennametal jsou na začátcích kapitol uvedené příručky s návody jak porozumět systému značení jednotlivých nástrojů. Základní značení nástrojů je podle normy ISO. Systém ISO značení pro břitové destičky je zobrazen na obrázcích (Obr. 19), kde je první část značení a na obrázku (Obr. 20), kde je druhá část značení. Celé katalogové číslo tedy zní CNMG 120408 FP.



Obr. 19 První část ISO systému katalogového čísla z katalogu Kennametal [7].



Obr. 20 Druhá část ISO systému katalogového čísla z katalogu Kennametal [7].

Každý znak katalogového čísla představuje určitou vlastnost produktu. Ke každému znaku jsou pomocí nákrešů a tabulek uvedené informace, které uvádějí všechny možnosti určitých znaků. První znak čísla určuje tvar břitové destičky. V případě čísla na obrázku (Obr. 19) se jedná o tvar destičky s označením C, což odpovídá kosočtvercovému tvaru s úhlem špičky 80°. Dalšími základními tvary jsou kupříkladu čtverec s označením S, trojúhelník T, šestistěn H a kruhová destička s označením R. Další znak v katalogovém čísle určuje úhel hřbetu. Na obrázku se jedná o úhel hřbetu N, tedy o úhel hřbetu, který má hodnotu 0°. Dalšími označeními úhlů hřbetů jsou například A pro 3°, B pro 5°, E pro 20°. Následující, tedy třetí znak, uvádí toleranční třídu. Toleranční třída udává přesnost rozměrů břitové destičky před povlakováním. Celkem je 6 tolerančních tříd. Čtvrtý znak uvádí typ a počet utvařečů břitové destičky. Jestli je destička bez otvoru, s otvorem nebo s otvorem a kuželovým zahloubením a jestli má utvařeč na jedné straně, na obou stranách nebo jestli nemá utvařeč žádný. V případě destičky na obrázku se jedná o označení G, které přísluší destičce s otvorem a utvařečem na obou stranách. Tento znak koresponduje se znakem úhlu hřbetu¹². Další tři znaky, tedy pátý, šestý a sedmý, označují velikost řezné hrany v milimetrech, tloušťku také v milimetrech a rohový rádius respektive rádius špičky v desetinách milimetru. Poslední tři znaky jsou volitelné a to v tom smyslu, že nemusí být v katalogovém čísle destičky uvedené. Osmý znak uvádí jestli se jedná o pravostranné provedení destičky R, levostranné L, nebo neutrální N. Předposlední popisuje řeznou hranu, jestli je ostrá F, nebo zaoblená E, a další. A poslední znak specifikuje utvařeč třísky. Utvařeče jsou primárně rozdělené podle toho jestli jsou určeny pro dokončování, hrubování a jestli mají pozitivní či negativní geometrii. Na obrázku (Obr. 20) se jedná o dokončovací pozitivní utvařeč s označením FP. Označení utvařečů mají firmy své vlastní.

Systém značení ISO se používá i pro nožové držáky. V označení pro vnější nožové držáky jsou

12 Destička může mít utvařeč na obou stranách pouze tehdy, když má negativní, tedy nulový úhel hřbetu.

znaky pro systém upnutí destičky, jestli se jedná o upnutí destičky páčkou, šroubem, nebo pomocí jiného systému. Dále je v katalogovém čísle znak pro tvar destičky, který koresponduje se znakem tvaru destičky v katalogovém čísle břitové destičky. Znak pro úhel nastavení hlavního ostří destičky. Kupříkladu úhel hlavního ostří 90°, 75° a 60°. Dále znak pro úhel hřbetu destičky, který také koresponduje se znakem v katalogovém čísle břitové destičky. Následuje znak pro orientaci držáku, jestli je držák pravostranný, neutrální, nebo levostranný. Dále jsou v čísle znaky, které udávají informaci o výšce, šířce a délce držáku. Předposledním znakem v čísle je znak s názvem *velikost destičky*, který uvádí délku řezné hrany. Toto je znak, který je také shodný se znakem v katalogovém čísle destičky. Poslední znak je znak volitelný, do kterého si můžou jednotlivé firmy zvolit své doplňující informace k držákům. V katalogovém čísle pro vnitřní nožové držáky je navíc uvedený znak, který udává typ nožového držáku. Kupříkladu jestli je držák ocelový s vnitřním nebo vnějším chlazením, karbidový nebo s vyměnitelnými hlavicemi.

Ne na všechny nástroje ale lze tento systém použít. U nástrojů, pro které tento systém použít nelze, používají jednotlivé firmy své vlastní značení. Pokud se narazí na nástroje, které jsou označené jiným systémem katalogových čísel, tak bude systém objasněn v kapitole s metodikou tvoření příkladů.

3.1.1 Nástroje

Po úvodních stranách s návody jsou již uvedené nástroje, které jednotlivé kapitoly katalogů obsahují. Způsob zobrazení jednotlivých nástrojů je ve všech katalogích obdobný. Pro znázornění způsobu zobrazení byl vybrán příklad z katalogu s nástroji pro frézování od společnosti Iscar, který je zobrazený na obrázku (Obr. 21).

SUMOMILL
290 LINE
T290 ELN-05
Stopkové frézy s tangenciálními destičkami

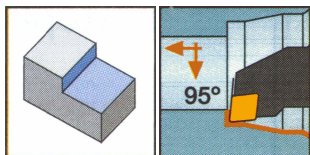
| Označení | D | Z | L | H | a _p | d | Stopka ⁽¹⁾ | Kg |
|------------------------|-------|---|-------|-------|----------------|-------|-----------------------|------|
| T290 ELN D08-01-C08-05 | 8.00 | 1 | 60.00 | 20.00 | 5.00 | 8.00 | C | 0.02 |
| T290 ELN D10-02-C10-05 | 10.00 | 2 | 80.00 | 20.00 | 5.00 | 10.00 | C | 0.04 |
| T290 ELN D12-02-C12-05 | 12.00 | 2 | 80.00 | 20.00 | 5.00 | 12.00 | C | 0.06 |

• Uživatelská příručka, viz. strany: L2-12, L15.
(1) C-válcová stopka
Destičky, viz. stran: T290 LNMT/LNHT 0502 (K37).

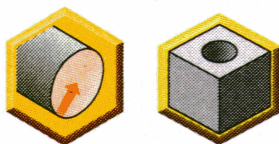
Obr. 21 Nástroj a informace k nástroji uvedené v katalogu Iscar [3].

Na obrázku (Obr. 21) je zobrazeno uspořádání informací týkajících se jednotlivých nástrojů. U nástrojů je vždy uvedena řada do které nástroje spadají. U uvedeného příkladu se jedná o řadu SUMOMILL 290 LINE. Na obrázku je uvedena v levém horním rohu. Dále se uvádí název nástroje, který je uvedený pod řadou nástroje. Zde je to konkrétně nástroj T290 ELN-05. Pod názvem jsou u některých nástrojů uvedené upřesňující údaje, které je více specifikují. V případě na obrázku poznámky uvádějí, že se jedná o stopkovou frézu s tangenciálními destičkami. Dále

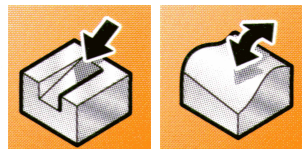
je zobrazený náčrt nástroje s kótami, jež charakterizují důležité rozměry nástroje. Jejich hodnoty jsou uvedené v hlavní tabulce, která je umístěná pod nákresem nástroje. V hlavní tabulce je katalogové číslo a dále tolik hodnot, kolik je nutno pro definování všech důležitých parametrů nástroje. V případě nástroje na obrázku (Obr. 21) to jsou parametry průměr nástroje D , počet zubů Z , celková délka nástroje L , maximální pracovní hloubka nástroje H , maximální hloubka řezu ap , průměr stopky d , druh stopky a hmotnost frézy v Kg. Pod hlavní tabulkou, která je zobrazená na obrázku (Obr. 21), jsou uvedené poznámky s upřesňujícími údaji pro daný nástroj, například na jakých stranách je uvedena uživatelská příručka s řeznými podmínkami a pasující břitové destičky se stranami, na kterých jsou uvedené. V případě nástroje na obrázku se jedná o poznámky „Uživatelská příručka, viz. strany: L2-L12, L15“ to znamená, že na těchto stranách jsou uvedené informace o řezných rychlostech, sortách povlaků a materiálech obrobků. Dále se tam uvádí, že stopka s označením C je válcová stopka a jako poslední poznámka „Destičky, viz. strany: T290 LNMT/LNHT 0502 (K37)“ to znamená, že vyhovující destičky T290 LNMT/LNHT 0502 jsou uvedené na straně 37 v kapitole s označením K, ve které jsou obsažené břitové destičky. U nástrojů jsou také uvedené informační ikony, které uvádějí pro jaký druh operací jsou nástroje vhodné. Ikony je možné vidět v pravém horním rohu na obrázku (Obr. 21). V případě nástroje na obrázku ikony říkají, že fréza je vhodná k čelně bočnímu frézování, k frézování drážek a k frézování zahloubení. Ikona s kohoutkem sděluje, že se má při frézování použít chlazení. Ukázky informačních ikon z různých katalogů jsou zobrazeny na dalších obrázcích.



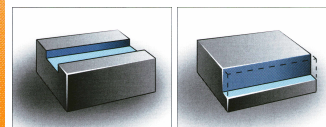
Obr. 22 Informační ikony z katalogu Iscar [3, 2].



Obr. 23 Informační ikony z katalogu Kennametal [7].



Obr. 24 Informační ikony z katalogu Ingersoll Cutting Tools [9].



Obr. 25 Informační ikony z katalogu Navel [10].

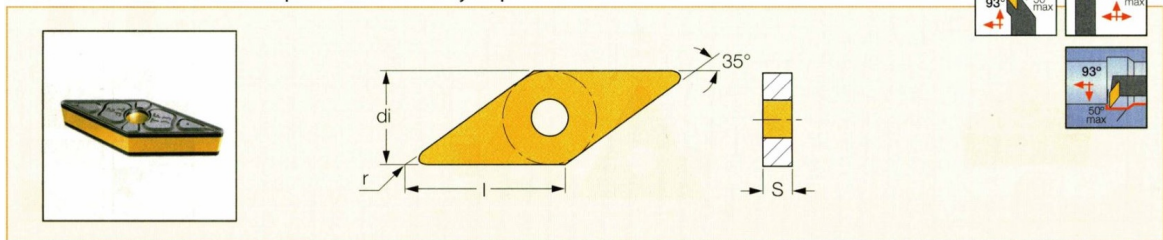
Na obrázku (Obr. 22) jsou zobrazené ikony z katalogů firmy Iscar, kde vlevo je ikona pro boční úběry a vpravo pro soustružení na vnitřním průměru. Ikony z katalogu firmy Kennametal jsou zobrazeny na obrázku (Obr. 23), kde vlevo je ikona pro soustružení čela a vpravo pro vrtání. Na obrázku (Obr. 24) jsou zobrazené ikony z katalogů firmy Ingersoll Cutting Tools, kde vlevo je ikona pro zapouštění a vpravo pro kopírování. Na posledním obrázku (Obr. 25) jsou zobrazené ikony, které jsou používány v katalogu od firmy Navel, kde vlevo je ikona pro frézování průchozích drážek a vpravo je ikona pro boční frézování.

Pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou v katalogích uvedené vhodné břitové destičky. Většinou jsou uvedené v téže kapitole do které nástroj spadá. Firma Iscar má takový systém, že nejdříve uvede všechny držáky a pak až všechny břitové destičky. Společnost Kennametal naopak nejdříve uvede jeden typ břitových destiček a k nim pak všechny použitelné držáky. Systém v katalogu od společnosti Ingersoll Cutting Tools je takový, že ke každému nástroji jsou uvedené všechny vyhovující břitové destičky. Způsob zobrazení destiček je obdobný jako u nástrojů. Ukázku zobrazení břitových destiček z katalogu Iscar lze vidět na obrázku (Obr. 26). U destiček je také uvedena řada nástrojů, název a upřesňující údaje jako u nástrojů. Dále tam je také náčrt destičky s hlavními kótami, informační ikony a poznámky s uživatelskými příručkami a v případě destiček je tam poznámka s vyhovujícími držáky.

ISOTURN

VNMG-TF

Oboustranné 35° kosočtvercové destičky pro soustružení širokého rozsahu materiálů při středních řezných podmínkách



| Označení | Rozměry | | | | Houževnatý ← → Tvrdý | | | | | | | | Doporučené podmínky obrábění | |
|----------------|---------|------|------|------|----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------------------------------|------------|
| | l | di | S | r | IC3028 | IC8250 | IC6015 | IC8150 | IC6025 | IC807 | IC907 | IC806 | ap (mm) | f (mm/ot.) |
| VNMG 160408-TF | 16.60 | 9.52 | 4.76 | 0.80 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 1.00-3.50 | 0.10-0.30 |
| VNMG 160412-TF | 16.60 | 9.52 | 4.76 | 1.20 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 1.00-4.00 | 0.12-0.38 |

• Uživatelská příručka a doporučená řezná rychlost, viz. strany: B118-123, B227-231, B246-249.

Držáky, viz. strany: C#-MVJNR/L (D10) • IM-MVJNR/L (D45) • IM-MVVNN (D45) • MVJNR/L (B25) • MVVNN (B27).

Obr. 26 Břitová destička a informace k destičce uvedené v katalogu Iscar [2].

A pozor, u destiček je navíc uvedené v jakých materiálových sortách povlaků se dané destičky nabízejí. Materiálové sorty povlaků jsou na obrázku (Obr. 26) označeny kódy IC3028, IC8250, a tak dále. Destička je v dané sortě nabízena pokud je označena černou tečkou. V katalogích od firmy Iscar jsou v hlavních tabulkách destiček uvedené i doporučené podmínky obrábění, kterými jsou hloubka řezu a_p a posuv f . V ostatních katalogích jsou doporučené hloubky řezů a doporučené hodnoty posuvů uvedené v oddělené souhrnné tabulce. V hlavní tabulce destičky či nástroje je uvedena pouze maximální hloubka řezu a_p max. Tabulkám s hloubkami řezů a s posuvy, které se používají v ostatních katalogích, se bude věnovat text níže.

3.1.2 Materiálové sorty

U sort je důležité zjistit pro obrábění kterých materiálů jsou určeny. Materiálové sorty povlaků a jejich označení má každá společnost jiné, a způsob určení jednotlivých sort pro různé obráběné materiály se u katalogů jednotlivých firem také liší. Jelikož jsou sorty povlaků velice důležité při určování řezných podmínek, tak s ohledem na již zmíněné odlišnosti u jednotlivých katalogů je zapotřebí se věnovat způsobům určení sort povlaků a z toho vyplývajících řezných podmínek zvlášť. Katalog společnosti Navel se materiálovými sortami nezabývá a tudíž o tomto katalogu nebude v této kapitole zmínka.

Ve všech katalogích od společností Iscar, Kennametal a Ingersoll Cutting Tolls jsou materiály obrobků rozdělené podle třídění ISO. Norma ISO dělí jednotlivé materiály podle obrobitelnosti do šesti základních skupin. Skupiny jsou standardně označeny přiřazeným písmenem a barvou. Názvy skupin a jejich označení lze vidět na obrázku (Obr. 27).

Písmenem P a modrou barvou jsou značeny běžné oceli, M a žlutou barvou nerezové oceli, K a červenou barvou litiny, N a zelenou barvou neželezné kovy¹³, S a oranžovou barvou žáruvzdorné¹⁴ slitiny, H a šedivou barvou jsou označeny tvrzené materiály. Tyto základní skupiny

13 Může se objevovat i pod názvem neželezné materiály.

14 Může se objevovat i pod názvem vysokoteplotní slitiny.

jsou většinou dále podrobněji rozdělovány. Například skupina K se dále rozděluje na šedou litinu, tvárnou litinu a na temperovanou litinu. Rozdělení litin lze vidět na obrázku (Obr. 28).

| | |
|---|---------------------|
| P | Oceli |
| M | Nerezové oceli |
| K | Litina |
| N | Neželezné materiály |
| S | Žáruvzdorné slitiny |
| H | Tvrzené materiály |

Obr. 27 Základní skupiny materiálů podle třídění ISO [7].

| | | |
|---|---------------------------|--------------------------|
| K | Šedá litina | Perliticko/feritická |
| | | Perliticko/martenzitická |
| | Tvárná litina (nodulární) | Feritická |
| | | Perlitická |
| | Temperovaná litina | Feritická |
| | | Perlitická |

Obr. 28 Rozdělení základní skupiny K pro litiny [7].

Kennametal

V katalogích Kennametal jsou za sebou seřazeny jednotlivé druhy sort povlaků a ke každé sortě povlaků je potom přiřazena tabulka v níž se uvádí pro obrábění jakých materiálů je daná sorta určená. Ukázka jedné sorty z tohoto katalogu je zobrazena na obrázku (Obr. 29). Tabulka s informacemi pro obrábění jakých materiálů je daná sorta určená na obrázku vpravo. V tabulce se zohledňuje tvrdost a houževnatost materiálů. V tabulkách jsou u sort také uvedené obrázky struktur povlaků a vlastnosti. Ve vlastnostech sorty je popsán jejich složení a aplikace.

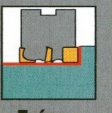






| Sorty | Povlak | Vlastnosti sorty | Odolnost proti opotřebení ← → Houževnatost | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
| | | | 05 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | | | | |
| Sorty KCU10 | | <p>Složení: Vylepšený PVD povlak na velmi pevném nelegovaném karbidovém substrátu. Nový vylepšený povlak zlepšuje pevnost řezné hrany v širokém rozsahu řezných rychlostí a posuvů.</p> <p>Aplikace: Sorta KCU10™ je vhodná pro dokončování nebo všeobecné soustružení většiny materiálů v širokém rozsahu řezných rychlostí a posuvů. Obrábění většiny ocelí, nerezových ocelí, litin a neželezných materiálů a těžce obrobitelných materiálů díky vyšší pevnosti řezné hrany a možnosti použití za vyšších řezných rychlostí a posuvů.</p> | P | | | | | | | | | | | | |
| | | | M | | | | | | | | | | | | |
| | | | K | | | | | | | | | | | | |
| | | | N | | | | | | | | | | | | |
| | | | S | | | | | | | | | | | | |
| | | | H | | | | | | | | | | | | |

Obr. 29 Příklad označení a vlastnosti sorty z katalogu Kennametal [7].

Iscar

V případě katalogů firmy Iscar jsou informace tříděny jiným způsobem. Jsou uspořádány v jedné souhrnné tabulce. Tabulka není rozdělená podle jednotlivých sort jako u katalogů Kennametal, ale podle jednotlivých materiálových skupin. Uvádí se v ní informace pro obrábění jakých materiálů jsou vhodné které sorty povlaků. Ukázka tabulky z katalogů Iscar se dá vidět na obrázku (Obr. 30). Nástroje pro jednotlivé aplikace mají přiděleny svojí tabulku. Takže svou tabulku mají kupříkladu stopkové monolitní frézy, jinou tabulku mají břitové destičky pro soustružení a tak dále. Tabulka na obrázku (Obr. 30) je pro frézy s vyměnitelnými destičkami. V tabulce lze vidět, že například sorta povlaku s označením IC28 je uvedena ve sloupečku pro nerezové oceli označeném žlutou barvou, pak ve sloupečku s žáruvzdornými slitinami označeném oranžovou barvou a dále ještě také v zeleném sloupečku pro neželezné materiály. To znamená, že sorta IC28 je vhodná pro obrábění právě těchto tří materiálových skupin. Ve sloupci pro neželezné materiály je sorta IC28 navíc označená modrou barvou, což znamená, že je u této materiálové skupiny první volbou. Tudíž je nejvhodnější pro obrábění právě této skupiny. Všechny sloupce s materiály mají jednu sortu, která je označená jako první volba. Tyto sorty jsou nejideálnější pro obrábění právě té skupiny, ve které jsou obsažené. V této tabulce se také

zohledňuje tvrdost a houževnatost materiálů. Dále v ní je možno zjistit informace o chlazení materiálů. To je uvedeno pomocí informačních ikon na kterých jsou znázorněné kohoutky s tekoucí tekutinou. Pokud je ikona přeškrtnutá, tak není doporučeno materiálovou skupinu chladit.

| Hlavní aplikace | ISO P | ISO H | ISO M | ISO S | ISO K | ISO N |
|---|---|---|---|--|---|---|
| | 1-11 Ocel | 38-41 Kalená ocel a litina | 12-14 Nerez ocel | 31-37 Vysokotep. slitiny | 15-20 Litina | 21-28 Neželezné materiály |
|  Frézy s vyměnitelnými destičkami | Tvrdší ↑ IC908 (808) IC30N IC830 (928) ↓ IC330 (328) | Tvrdší ↑ IB55 IB85 ↓ IC808 (908) | Tvrdší ↑ IC908 (808) IC30N IC4050 IC928 (830) IC28 ↓ IC330 (328) | Tvrdší ↑ IC08 IC808 (908) IC928 (830) IC328 (330) ↓ IC28 | Tvrdší ↑ IS8 IC4100 (5100) DT7150 ↓ IC810 (910) | Tvrdší ↑ ID5 ID8 IC07 IC08 ↓ IC28 |
| | Houžev.  | Houžev.  | Houžev.  | Houžev.  | Houžev.  | Houžev.  |







■ První volba

Obr. 30 Tabulka vhodnosti sort z katalogů Iscar [3].

Materiálové skupiny jsou v této tabulce proti zvyklosti zpřeházené. Obvykle jsou materiálové skupiny seřazené P, M, K, N, S, H.

Ingersoll Cutting Tools

Pro obrábění jakých materiálů jsou které sorty povlaků vhodné je v katalogu Ingersoll Cutting Tools uvedené přímo v hlavních tabulkách daných destiček. Část tabulky s destičkami pro kotoučovou frézu je zobrazená na obrázku (Obr. 31). Vlevo na obrázku jsou v řádcích uvedeny břitové destičky a vpravo jsou ve sloupcích uvedené sorty povlaků. Jestli je destička v dané sortě nabízená, tak je označena barevným terčem. Barva terče sděluje materiálovou skupinu obrobku, pro kterou je břitová destička s danou sortou určena. Terč může mít až čtyři barvy z nichž každá určuje jinou materiálovou skupinu. Materiálové skupiny jsou rozdělené podle normy ISO. Například destička s označením DPD314-101, která je na prvním řádku je se sortou povlaku IN2010 určená pro obrábění litin. Ta samá destička je se sortou IN6530 učená pro obrábění běžných ocelí, nerezových ocelí a litin.

| Designation | Insert Version | Grade | IN2010 | IN2015 | IN6530 |
|----------------|-------------------------|-------|---|---|---|
| DPD314-101 | positive geometry | |  |  |  |
| DPD314-101 - A | positive steel geometry | | |  | |
| DNE314-101 | neutral geometry | | |  |  |

Obr. 31 Vhodnosti sort z katalogu Ingersoll Cutting Tools [9].

3.1.3 Určení řezných podmínek

Řezná rychlost

Materiálová sorta povlaků je velmi důležitá při volbě řezných rychlostí především u nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami. Ve všech katalozích je určení řezných podmínek opět

víceméně podobné a tím pádem je možné to zase ukázat na jednom příkladu pro všechny katalogy dohromady. U nástrojů s VBD¹⁵ jsou řezné rychlosti uspořádané do tabulek, ve kterých se řezná rychlost hledá podle sorty povlaku destičky a materiálového čísla určité materiálové skupiny. Ukázkou tabulky s řeznými rychlostmi z katalogu Kennametal lze vidět na obrázku (Obr. 32).

■ Doporučené počáteční řezné rychlosti [m/min]

| Materiálová skupina | | K313 | KCU10 | KCU25 | KCM35B | KCP10B | KCP25B | KCK20B |
|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| P | 0-1 | - - - | 140 280 350 | 110 225 270 | 90 180 213 | 185 400 450 | 145 290 365 | 200 440 490 |
| | 2 | - - - | 140 200 300 | 110 160 260 | 90 130 155 | 185 270 350 | 145 200 305 | 200 300 380 |
| | 3 | - - - | 140 155 245 | 110 125 235 | 90 100 155 | 170 190 260 | 140 155 245 | 600 200 280 |
| | 4 | - - - | 75 110 170 | 60 90 160 | 50 70 110 | 90 145 200 | 75 110 180 | 100 160 220 |
| | 5 | - - - | 120 200 260 | 100 160 210 | 80 130 165 | 150 220 305 | 120 200 270 | 165 240 330 |
| | 6 | - - - | 110 150 230 | 85 120 185 | 70 100 145 | 120 180 275 | 110 150 230 | 130 190 300 |
| M | 1 | 60 90 120 | 140 210 280 | 90 170 245 | 75 120 135 | - - - | - - - | - - - |
| | 2 | 45 75 110 | 120 200 245 | 90 150 245 | 75 110 135 | - - - | - - - | - - - |
| | 3 | 35 65 100 | 120 180 245 | 90 140 210 | 75 90 135 | - - - | - - - | - - - |
| K | 1 | 30 75 120 | 120 180 245 | 100 145 225 | - - - | 170 245 440 | 140 200 360 | 210 305 550 |
| | 2 | 25 70 110 | 90 150 240 | 70 120 170 | - - - | 120 195 340 | 100 160 280 | 150 245 430 |
| | 3 | 20 60 90 | 60 110 150 | 50 85 120 | - - - | 120 170 270 | 100 140 220 | 150 210 335 |
| N | 1-2 | 150 370 610 | 150 550 975 | 120 440 780 | - - - | - - - | - - - | - - - |
| | 3 | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - |
| | 4 | 120 275 430 | 120 365 700 | 100 290 490 | - - - | - - - | - - - | - - - |
| | 5 | 45 90 150 | 90 170 245 | 70 135 195 | - - - | - - - | - - - | - - - |
| 6 | 40 75 150 | 120 210 305 | 100 170 245 | - - - | - - - | - - - | - - - | |
| S | 1 | 8 30 75 | 15 55 135 | 8 40 60 | 8 35 60 | - - - | - - - | - - - |
| | 2 | 8 35 75 | 15 60 135 | 8 30 75 | 8 30 60 | - - - | - - - | - - - |
| | 3 | 8 40 75 | 15 70 150 | 15 40 75 | 15 35 60 | - - - | - - - | - - - |
| | 4 | 8 45 75 | 15 70 170 | 8 50 110 | 15 45 90 | - - - | - - - | - - - |
| H | 1 | - - - | 30 45 60 | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - |
| | 2 | - - - | 15 30 45 | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - |
| | 3 | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - |

Obr. 32 Tabulka pro doporučené výchozí řezné rychlosti z katalogu Kennametal [7].

Řádky tabulky jsou rozdělené podle materiálových skupin, které jsou dále rozděleny podle materiálového čísla. Sloupce udávají materiálové sorty povlaků. Podle materiálového čísla a sorty povlaku se dá určit minimální a maximální doporučenou řeznou rychlost a také doporučenou výchozí¹⁶ řeznou rychlost, která je zvýrazněna tučným písmem. Řezné rychlosti jsou uvedené v metrech za minutu. Výchozí řezné podmínky uvádějí pouze katalogy od společnosti Kennametal. Ostatní katalogy uvádějí pouze intervaly s doporučenými minimálními a maximálními hodnotami.

Materiálová čísla určitých materiálových skupin lze též v jednotlivých katalozích zjistit. Jsou uvedena v tabulkách, které jsou převážně na koncích katalogů. Materiálová čísla různých skupin se hledají podle označení materiálu obrobku. Označení materiálů je v tabulkách podle různých

15 Výměnitelné břitové destičky.

16 V katalozích od firmy Kennametal se ve spojení s řeznou rychlostí nebo posuvem používá výraz počáteční, ale v práci se bude používat výraz výchozí, a to z toho důvodu, že se tento pojem v předmětu Strojnická technologie obrábění používá spíše než počáteční. Pojem počáteční vyvolává představu vývoje po křivce, kde na začátku nějakého procesu jsou jiné podmínky než na jeho konci. Zatímco pojmem výchozí řezné podmínky se prostě myslí skutečnost, že jsou to ty podmínky, které technolog navrhne. Praxe pak ověří jestli jsou vhodné v souvislosti s obráběným materiálem, způsobem upnutí a s dalšími možnými faktory, které do procesu mohou vstupovat. Často pak může docházet k jejich korekcím směrem nahoru nebo dolů v rámci určitého rozsahu, který zpravidla bývá v katalozích uveden.

národních norem. Například podle norem DIN¹⁷, AISI¹⁸ a BS¹⁹. Na obrázku (Obr. 33) je zobrazena část tabulky pro materiálovou skupinu běžných ocelí a na obrázku (Obr. 34) je část tabulky pro litiny. Ukázka tabulek je z katalogu Ingersoll Cutting Tools. Na obrázku (Obr. 33) je možno vidět, že v prvním sloupci je odpovídající písmeno a barva dané materiálové skupiny, ve druhém jsou uvedena materiálová čísla a dále již následují různá značení materiálů obrobků podle jednotlivých národních norem. V tabulkách se tedy hledá tak, že se ve sloupcích vyhledá příslušná národní norma podle které je na výkresu uvedený materiál obrobku. V příslušném sloupci se pak materiál vyhledá. Pro příklad materiál obrobku materiál C15, který je označen podle normy DIN. Tento materiál je možno vidět na prvním řádku v pátém sloupci v tabulce, která je na obrázku (Obr. 33). Po nalezení materiálu lze v téže řádce zjistit materiálovou skupinu obrobku, která je uvedena v prvním sloupci, a materiálové číslo obrobku, které je uvedené ve druhém sloupci. Vybraný materiál C15 tedy spadá do skupiny běžných ocelí a má materiálové číslo 1.

| Machinability-Group | Germany | | Great Britain | | France | Italy | Sweden | Japan | USA | k_{CT} | m_c | |
|---------------------|---------------------------|--------|---------------|--------|--------|-------|--------|-------|----------|----------|-------|------|
| | W.-Nr. | DIN | BS | EN | AFNOR | UNI | SS | JIS | AISI/SAE | | | |
| P | Construction Steel | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 1.0401 | C15 | 080M15 | - | CC12 | C15C16 | 1350 | - | 1015 | 1229 | 0,21 |
| | 1 | 1.0402 | C22 | 050A20 | 2C | CC20 | C20C21 | 1450 | - | 1020 | 1229 | 0,21 |
| 1/2 | 1.0501 | C35 | 060A35 | - | CC35 | C35 | 1550 | - | 1035 | 1388 | 0,22 | |

Obr. 33 Část tabulky s materiálovými čísly pro oceli z katalogu Ingersoll Cutting Tools [9].

| Machinability-Group | Germany | | Great Britain | | France | Italy | Sweden | Japan | USA | k_{CT} | m_c | |
|---------------------|----------------------------------|--------|---------------|-----------|--------|---------|--------|-------|----------|----------|-------|-----|
| | W.-Nr. | DIN | BS | EN | AFNOR | UNI | SS | JIS | AISI/SAE | | | |
| K | Grey cast iron, unalloyed | | | | | | | | | | | |
| | 15 | 0.6010 | GG10 | - | - | Ft 10 D | - | 01 10 | - | No 20 B | 1047 | 0,2 |
| | 15 | 0.6015 | GG15 | Grade 150 | - | Ft 15 D | - | 01 15 | - | No 25 B | 1047 | 0,2 |
| | 15 | 0.6020 | GG20 | Grade 220 | - | Ft 20 D | - | 01 20 | - | No 30 B | 1047 | 0,2 |

Obr. 34 Část tabulky s materiálovými čísly pro litiny z katalogu Ingersoll Cutting Tools [9].

Když už je tedy známa materiálová skupina a materiálové číslo obrobku, tak je možno se konečně vrátit zpátky do tabulky s řeznými rychlostmi, která je na obrázku (Obr. 31) na straně 16, aby se tam určila řezná rychlost pro vybranou materiálovou sortu povlaku. Konkrétně pro již zmíněný příkladový materiál C15 a například pro sortu povlaků s označením KCU10 je dána řezná rychlost intervalem hodnot od 140 do 350 metrů za minutu a doporučená výchozí řezná rychlost je 280 metrů za minutu. V praxi, kupříkladu při tvorbě programu pro NC obráběcí stroj, by se začalo tou hodnotou, která udává výchozí řeznou rychlost. Tato hodnota, která je tedy 280 metrů za minutu, by se zadala do programu k vybranému nástroji. A teprve až při odladování²⁰ programu na konkrétním stroji by se uvažovalo o tom, jestli by se od této vybrané hodnoty odchýlilo směrem nahoru nebo dolů. To je z toho důvodu, že různé stroje mají různou tuhost, různý výkon a jiné ovlivňující faktory. Odchýlení od výchozí řezné rychlosti by se snažilo být pouze v rámci intervalu doporučené řezné rychlosti, která je v tomto příkladu od 140 do 350 metrů za minutu. Někdy v praxi může ale nastat i taková situace, že nevhodnější řezné podmínky budou mimo doporučené rozsahy dané katalogem.

17 DIN – Deutsches Institut für Normung e. V. – Německá národní norma

18 AISI – American National Standards Institute – Americká národní norma

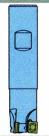





19 BS – British Standards – Britská národní norma

20 Odladování je proces kontroly programu při jeho prvním spuštění na stroji a případného odstraňování chyb nebo řešení nevhodného technologického chování.

Posuv a hloubka řezu

Naproti určování řezných rychlostí jsou hodnoty posuvů a případně hloubek řezů v jednotlivých katalogích uváděny různým způsobem. V případě katalogů společnosti Iscar jsou posuvy uvedené přímo v hlavních tabulkách břitových destiček, jak bylo možno vidět na obrázku (Obr. 26) na straně 16. U destiček pro soustružení jsou tímto způsobem uvedené posuvy na otáčku f a u destiček pro frézování posuvy na zub f_z .

V katalogu Ingersoll Cutting Tools nejsou hodnoty posuvů uvedené v hlavních tabulkách nástrojů či destiček, jako v katalogích Iscar, ale jsou v samostatné tabulce. Část tabulky se dá vidět na obrázku (Obr. 35). V tabulce se vybírá posuv podle destičky a typu frézy. Na obrázku (Obr. 35) jsou ve sloupečku vlevo uvedené všechny typy břitových destiček a v prvním řádku jsou uvedené všechny typy fréz²¹, které katalog obsahuje. Hodnoty posuvů jsou uvedené v jednotkách milimetr na zub. Poté co se v katalogu vyhledala konkrétní destička, a pokud se chtějí k dané destičce určit doporučené hodnoty posuvů, tak se musí v katalogu nalistovat tabulka s posuvy. Tabulka v katalogu zabírá sedm stran. Na těchto sedmi stranách se musí ve sloupci *Inserts*, který lze vidět na obrázku (Obr. 35) úplně vlevo, vyhledat požadovaná břitová destička. Destičky jsou seřazeny podle abecedy. Když je hledaná destička nalezena, tak se v příslušném řádku vyhledá sloupec s nástrojem, pro který se destička vybírala. V tomto sloupci je uvedený doporučený posuv, který je míněný jako posuv na zub. Kupříkladu se vybrala destička s označením DFM213R001 pro držák Shoulder-Type Face Mill. Tato destička se vyhledá v tabulce s posuvy. Část tabulky s hodnotami pro tuto destičku je zobrazená na obrázku (Obr. 35). Hodnoty posuvů pro vybranou destičku a držák jsou od 0,10 do 0,15 milimetru na zub. Hodnoty doporučených hloubek řezů nejsou nikde v katalogu uvedené.

| Inserts | End Mill | | Shoulder-Type Face Mill | Face Mills | | Side and Face Mill |
|----------------|---|---|---|--|---|---|
| | DIN-Shaft | Screw Type | | Face Mills | Finishing Cutters | |
| |  |  |  |  |  |  |
| DFM213R001 | 0,10-0,15 | 0,10-0,15 | 0,10-0,15 | | | |
| DFM213R001 - P | 0,10-0,15 | 0,10-0,15 | 0,10-0,15 | | | |
| DNE314-101 | | | | | | 0,15-0,40 |
| DNE314-101 - A | | | | | | 0,15-0,40 |

Obr. 35 Část tabulky s posuvy z katalogu Ingersoll Cutting Tools [9].

V katalogích firmy Kennametal se posuvy pro jednotlivé destičky hledají podle geometrie utvařeče třísky. Utvařeče třísek a k nim přiřazené posuvy jsou uspořádané do tabulek. Příklad tabulky je zobrazený na obrázku (Obr. 36), který je pro destičku MG-RP. V tabulkách nejsou napsaná celá katalogová čísla, ale pouze znaky pro toleranční třídu²² a typ destičky²³, které jsou před pomlčkou a znak pro utvařeč třísky²⁴, který je v čísle za pomlčkou. V tabulkách se neberou ohledy na tvary destiček a proto je tabulka zobrazená na obrázku (Obr. 36) určená pro destičky s katalogovými čísly CNMG-RP, DNMG-RP, SNMG-RP a dalšími. Ve druhém sloupci je společně s označením utvařeče uvedeno pro obrábění kterých materiálů je utvařeč určený.

21 Na obrázku (Obr. 35) nejsou zobrazené všechny nástroje, které jsou v katalogu uvedené.



22 Třetí znak v katalogovém čísle.

23 Čtvrtý znak v katalogovém čísle.

24 Poslední znak v katalogovém čísle.

Materiály jsou zde rozdělené také podle značení ISO. Pokud je utvařec určený pro obrábění dané materiálové skupiny, tak je čtvereček odpovídající skupiny zvýrazněný. V případě destičky na obrázku je geometrie určená pro obrábění nerezových ocelí. Ve sloupci vpravo v tabulce na obrázku jsou uvedené posuvy a hloubky řezů, které jsou dány intervalem od minimální do maximální hodnoty. Z tabulky na obrázku (Obr. 36) se je možno dále dozvědět, že geometrie utvařeče je určená pro operaci hrubování. Tato informace je uvedená v prvním sloupci. Dále je v tabulce obsažen náčrt a hodnota úhlu profilu destičky.

Po zvolení destičky se tedy v katalogu od firmy Kennametal vyhledá pasáž, která se věnuje výběru posuvů dle utvařeče břitové destičky. Když by se v katalogu kupříkladu vybrala destička s katalogovým číslem CNMG120408RP, tak se k ní vyhledá podle utvařeče třísky tabulka s hodnotami posuvů označená MG-RP. Pro tuto zvolenou destičku je určená tabulka, která je na obrázku (Obr. 36). V pravém sloupci na obrázku je pro zvolenou destičku uvedený doporučený posuv, který je v tomto případě 0,2 až 0,6 milimetrů na otáčku. Dále lze z obrázku zjistit, že pro tuto destičku je doporučena hloubka řezu 1,1 až 6,4 milimetrů, a že utvařec destičky je určený pro hrubování nerezových ocelí.

| Operace | Applikace břitové destičky | Geometrie břitových destiček | Profil | Velikost posuvu - mm | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|---|---|----------------------|-------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| | | | | 0,04 | 0,063 | 0,01 | 0,16 | 0,25 | 0,4 | 0,63 | 1,0 | 1,6 | 2,5 | 5,0 |
| | | | | 0,1 | 0,16 | 0,25 | 0,4 | 0,63 | 1,0 | 1,6 | 2,5 | 4,0 | 6,3 | 10,0 |
| | | | | Hloubka řezu - mm | | | | | | | | | | |
| Hrubování | MG-RP |  |  | 0,2-0,6 | | | | | | | | | | |
| | | | | 1,1-6,4 | | | | | | | | | | |

Obr. 36 Tabulka s posuvy pro destičku s MG-RP z katalogu Kennametal [7].

Těmito nebo velice obdobným způsobem jsou ve všech katalozích u nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami uvedené informace pro získání řezných rychlostí, posuvů, sort povlaků a materiálových čísel.

U monolitních nástrojů a to hlavně u fréz a vrtáků, tedy u rotačních nástrojů, se tabulky s řeznými podmínkami mírně liší. U těchto nástrojů se vybírá řezná rychlost podle průměru nástroje a materiálu obrobku. K těmto nástrojům jsou ve většině případech uvedené tabulky, ve kterých jsou obsažené veškeré informace ke stanovení kompletních řezných podmínek. Tedy řezných rychlostí a posuvů u vrtání, a u frézování k tomu ještě navíc i hloubek řezů. Tabulky s řeznými podmínkami jsou pro monolitní vrtáky a frézy ve všech katalozích obdobné. Všeobecný příklad tabulky pro vrtáky bude z katalogu Navel a pro frézy z katalogu Kennametal. Na obrázku (Obr. 37) lze tedy vidět ukázkou z tabulek²⁵ s řeznými rychlostmi a posuvy pro vrtáky z katalogu od firmy Navel. Hodnoty v tabulkách jsou pro TK²⁶ vrtáky s vnitřním chlazením. Ty se hledají podle průměru vrtáku a skupiny materiálu obrobku. Materiálové skupiny jsou v tomto katalogu rozdělené nikoliv podle materiálových čísel, ale podle pevnosti v tahu R_e nebo tvrdosti HB. Řezná rychlost v_c je uvedena intervalem a má jednotky metr za minutu. Posuv f je uveden jednou hodnotou, která má jednotky milimetr na otáčku. Takže kdyby byl pro vrtání otvoru do běžné oceli s pevností v tahu větší než 1200 megapascalů byl vybrán vrták, který je zobrazený na obrázku (Obr. 37), tak by se řezné podmínky hledaly ve druhé modré tabulce. Kupříkladu pro

25 Ve skutečnosti má každý nástroj několik tabulek rozdělených podle standardního značení ISO. U příkladu na obrázku (Obr. 37) nejsou zobrazené tabulky pro všechny materiálové skupiny, které je možné s nástrojem obrábět.

26 Tvrdokov

vrták s průměrem 10 milimetrů by byla řezná rychlost v_c 55 metrů za minutu a posuv f 0,2 milimetrů na otáčku.

→ TK VRTÁKY BEZ VNITŘNÍHO CHLAZENÍ

| D | P $R_e < 1000$ MPa | | P $R_e < 1200$ MPa | | M $R_e < 820$ MPa | | K < 180 HB | |
|----|--------------------|-------|--------------------|-------|-------------------|-------|--------------|-------|
| | v_c | f_o | v_c | f_o | v_c | f_o | v_c | f_o |
| 3 | 100-110 | 0,1 | 55 | 0,08 | 45 | 0,063 | 210 | 0,16 |
| 4 | | 0,125 | | 0,1 | | 0,08 | | 0,2 |
| 5 | | 0,125 | | 0,1 | | 0,08 | | 0,2 |
| 6 | | 0,16 | | 0,125 | | 0,1 | | 0,25 |
| 8 | | 0,2 | | 0,16 | | 0,125 | | 0,315 |
| 10 | | 0,25 | | 0,2 | | 0,16 | | 0,4 |
| 12 | | 0,25 | | 0,2 | | 0,16 | | 0,4 |
| 16 | | 0,315 | | 0,25 | | 0,2 | | 0,5 |
| 20 | 0,4 | 0,315 | 0,25 | 0,63 | | | | |

Obr. 37 Tabulka s řeznými rychlostmi a posuvy pro monolitní nástroje z katalogu Navel [10].

Příklad tabulky s řeznými podmínkami pro monolitní frézy z katalogu firmy Kennametal je možno vidět na obrázku (Obr. 38). U nástrojů pro frézování jsou navíc v tabulkách uvedené i hloubky řezů. Hloubky řezů jsou v tabulkách rozdělené podle aplikace, a to jestli jde o boční frézování nebo o frézování drážek. V pravém horním rohu na obrázku (Obr. 38) lze vidět informační ikony, které uvádějí, že vyobrazená fréza je vhodná pro boční frézování i pro frézování drážek. Podle těchto dvou aplikací jsou pak rozdělené hloubky a šířky řezů. Tyto hodnoty se vztahují k průměru nástroje. Řeznou rychlost v_c je na obrázku vidět vlevo pod zobrazením nástroje. Ta je uvedena v metrech za minutu. Vpravo od sloupečků s řeznou rychlostí v_c jsou uvedené hodnoty posuvů f_z , které mají jednotku milimetr na zub. Hodnoty posuvů jsou vztahované k průměru nástroje. Všechny tyto parametry, tím je myšleno řezná rychlost, posuv a hloubka a šířka řezu, jsou ještě vztahované k materiálové skupině obrobku. Na obrázku (Obr. 38) lze v levém sloupci vidět, že je fréza určena pro obrábění materiálové skupiny P, tedy běžných ocelí a skupiny H, která odpovídá tvrzeným materiálům. Tyto skupiny jsou následně podrobněji rozdělené podle materiálového čísla. Kupříkladu fréze na obrázku (Obr. 38) s průměrem 10 milimetrů, která byla zvolena pro frézování drážky v běžné oceli s materiálovým číslem 4, odpovídá řezná rychlost v_c v rozsahu od 140 do 160 metrů za minutu, posuv f_z 0,059 milimetrů a hloubka řezu 7,5 milimetrů.

■ F4AJ-F5AJ-F6AJ...WS-WL-WX • Extra dlouhé

| Materiálová skupina | Boční frézování (A) A drážkování (B) | | KC633M | | Posuv na zub – f_z pro boční frézování (A). Při drážkování (B) snižte posuv na zub f_z o 20%. | | | | | | | | | |
|---------------------|---|-------|----------|----------|--|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A | | B | | Řezná rychlost – v_c m/min | | Průměr D1 | | | | | | | |
| | a_p | a_e | a_p | | min | max | mm | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 25,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| P | 3 | 1 x D | 0,4 x D | 1 x D | 160 | 180 | f_z | 0,040 | 0,055 | 0,067 | 0,077 | 0,096 | 0,111 | 0,125 |
| | 4 | 1 x D | 0,4 x D | 0,75 x D | 140 | 160 | f_z | 0,036 | 0,049 | 0,059 | 0,069 | 0,084 | 0,097 | 0,107 |
| H | 1 | 1 x D | 0,4 x D | 0,75 x D | 120 | 140 | f_z | 0,036 | 0,049 | 0,059 | 0,069 | 0,084 | 0,097 | 0,107 |
| | 2 | 1 x D | 0,3 x D | 0,5 x D | 80 | 130 | f_z | 0,027 | 0,037 | 0,044 | 0,051 | 0,063 | 0,071 | 0,078 |
| | 3 | 1 x D | 0,15 x D | 0,3 x D | 70 | 100 | f_z | 0,021 | 0,029 | 0,035 | 0,041 | 0,051 | 0,059 | 0,067 |
| | 4 | 1 x D | 0,1 x D | 0,15 x D | 50 | 70 | f_z | 0,014 | 0,019 | 0,023 | 0,027 | 0,034 | 0,039 | 0,044 |

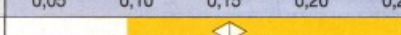
Obr. 38 Tabulka s řeznými rychlostmi, posuvy a hloubkami řezů pro monolitní nástroje z katalogu Kennametal [8].

Po vší dosavadní analýze lze obecně říci, že řezné podmínky se ve vybraných katalozích vztahují k materiálu obrobku a pak k materiálové sortě povlaku destičky nebo k průměru nástroje. To záleží na technologii pro kterou je nástroj určený. Nicméně jak bylo uvedeno výše, tak se některé katalogy od této souhrnné analýzy mohou v konkrétních jednotlivostech lišit a pokud se tyto odlišnosti budou dotýkat tvorby příkladů, tak budou uvedeny přímo v kapitole s metodikou tvorby příkladů.

3.2 Příklady pro katalog „Kennametal – Soustružnické nástroje“

Katalog se soustružnickými nástroji od společnosti Kennametal se jako jediný zabývá nástroji pro operace zapichování a upichování. Obsahuje nástroje pro zapichování na vnějším a vnitřním průměru a také nástroje pro čelní zapichování. Právě z těchto aplikací a nástrojů se primárně vytvoří několik příkladů určených pro tento katalog. V katalogu je možnost kompletního určení řezných podmínek, kterou je žádoucí v příkladu využít.

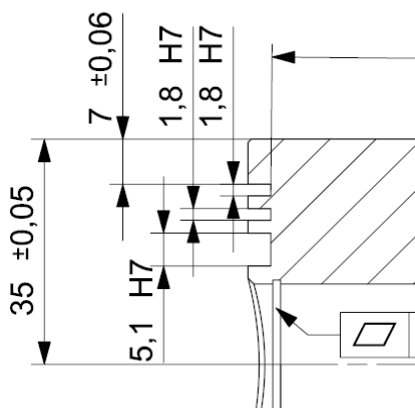
Jak již bylo zmíněno v poznámce pod čarou 16 v analýze na straně 19, tak se v katalozích od firmy Kennametal nahradí výraz počáteční za výraz výchozí. Rozsah posuvů, jenž je v poznámce pod čarou zmíněn, je možno vidět na obrázku (Obr. 39). Je znázorněn žlutým pruhem a má hodnotu 0,10 až 0,25 milimetrů na otáčku. Na obrázku vlevo je také uvedena výchozí podmínka posuvu, která má hodnotu 0,15 milimetrů na otáčku. Tato hodnota je ve žlutém pruhu označena symbolem bílého kosočtverce.

| Počáteční podmínky | Posuvy při zapichování mm/rev | | | | | | |
|--------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| mm | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| 0,15 |  | | | | | | |

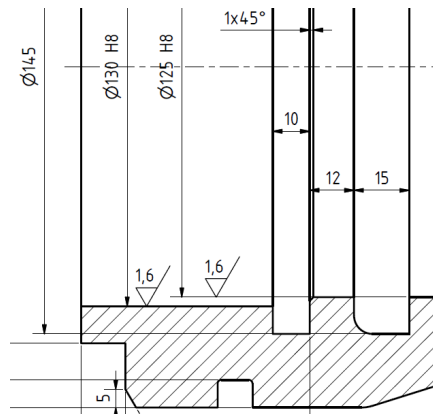
Obr. 39 Výchozí posuv a rozsah doporučených posuvů [7].

3.2.1 Metodika tvorby příkladů – zapichování

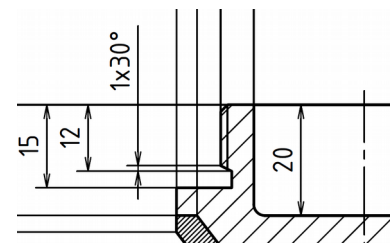
Jedinečností tohoto katalogu Kennametal je to, že jsou v něm jako v jediném nástroji pro zapichování, a proto je tento katalog velmi vhodný pro příklady na zapichování. Výkresy rotačních součástí na kterých je zápich jsou výkres Píst kompresoru s číslem KTO-KS-P1, výkres Vodící pouzdro KTO-KS-P2 a výkres Kuželka KTO-KS-P3. Výkresy jsou obsaženy v příloze A.



Obr. 40 Výřez se zápichem z výkresu Píst kompresoru KTO-KS-P1.



Obr. 41 Výřez se zápichem z výkresu Vodící pouzdro KTO-KS-P2.



Obr. 42 Výřez se zápichem z výkresu Kuželka KTO-KS-P3.

Na výkresu Píst kompresoru jsou zápichy pro pístní kroužky. Tvar zápichů lze vidět na obrázku (Obr. 40), což je výřez z výkresu. Na tomto obrázku se dá vidět rozměr zápichu, kterým je šířka 1,8 s tolerancí H7. Z výkresu je možné se o materiálu obrobku dozvědět, že se jedná o materiál 42 4315, což je slitina hliníku. Výkres Vodící pouzdro obsahuje vnitřní zápich, který je vidět na výřezu z výkresu na obrázku (Obr. 41). Šířka tohoto zápichu je 10 milimetrů. V tomto případě se jedná o materiál obrobku 17 023, což je chromová ocel. Na posledním výkresu Kuželka je zápich za závitem, který je zobrazený na výřezu z výkresu na obrázku (Obr. 42). Tam lze po odečtení rozměrů vidět šířku zápichu, která činí 3 milimetry. Na tomto posledním výkresu je materiál obrobku také ocel s vyšším obsahem chromu s označením 17 022.

Na výkresu Píst kompresoru je uvedena tolerance drážky a požadavek pro lapování boků drážky. Tyto faktory je potřeba vzít v potaz a do výběru břitové destičky se musejí zahrnout. Tolerance H7 pro rozměr zápichu má dolní úchylku nulovou a horní 0,01 milimetru, a přídavek na plochu pro lapování je pro rozměr drážky 0,01 milimetru. Tuto všechno je nutno započítat a je nutné si uvědomit, že destička musí být o něco menší než je nominální hodnota zápichu. Zápich se dá vyrobit i tak, že se obrobí na dva či několik přísuvů. Nevadí, když při dalších přísuvech nebude břitová destička zabírat celou svojí šířkou. Není ovšem dobré, aby při dvou přísuvech zabírala destička při druhém přísuvu pouze malým zlomkem své šířky, protože se tímto bude více namáhat pouze jedna strana destičky a to bude mít nepříznivý vliv na celkovou životnost destičky. Další způsob je ten, že se po prvním zapíchnutí drážka destičkou do strany rozjede. Student, který má takový příklad řešit ovšem není po třech semestrech schopen takovéto úvahy provést a proto se mu musí napovědět. V zadání bude tedy zapotřebí všechny takovéto informace napovědět a spolu s nimi i ty, které by si jinak musel vyhledat v tabulkách či jiných materiálech. U dalších dvou výkresů nejsou pro zápichy žádné takovéto požadavky uvedeny, tím pádem se budou moci zvolit břitové destičky, které budou mít shodnou šířku jako je šířka zápichu na výkresu.

| E | G | 0312 | M | 03 | U | 02 | GUP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|---|---|--|---|---------------|---|--|----|---------|----|------|-------|----|-----------|-----------|----|-----------|-----------|----|-----------|-----------|--|--|----|--|----|-------------|----|-----|----|-----|----|-----|
| Název skupiny Beyond™ Evolution™ | Typ břitové destičky G = Čtvercová R = Plný rádius | Šířka zápichu Metrické = 1/100 mm Palcové = 1/1000" | Jednotka M = Metrické I = Palcové | Velikost lůžka | Tolerance U = Přesně lisované P = Přesně broušené | Rohový rádius | Utvařeč/provedení řezné hrany GUP = Soustružnicko-zapichovací univerzální pozitivní GUN = Soustružnicko-zapichovací univerzální negativní | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>velikost lůžka</th> <th colspan="2">Šířka zápichu</th> </tr> <tr> <td></td> <th>mm</th> <th>palcové</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1B</td> <td>1,40</td> <td>0,055</td> </tr> <tr> <td>1F</td> <td>1,60-1,99</td> <td>.063-.078</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>2,00-2,99</td> <td>.079-.117</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>3,00-3,99</td> <td>.118-.156</td> </tr> </tbody> </table> | velikost lůžka | Šířka zápichu | | | mm | palcové | 1B | 1,40 | 0,055 | 1F | 1,60-1,99 | .063-.078 | 02 | 2,00-2,99 | .079-.117 | 03 | 3,00-3,99 | .118-.156 | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00</td> <td>Plný rádius</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>0,4</td> </tr> </tbody> </table> | mm | | 00 | Plný rádius | 01 | 0,1 | 02 | 0,2 | 04 | 0,4 |
| velikost lůžka | Šířka zápichu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | mm | palcové | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1B | 1,40 | 0,055 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1F | 1,60-1,99 | .063-.078 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 2,00-2,99 | .079-.117 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | 3,00-3,99 | .118-.156 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00 | Plný rádius | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Obr. 43 Systém katalogových čísel pro zapichovací břitové destičky [7].

| velikost lůžka | Šířka zápichu | |
|----------------|---------------|-----------|
| | mm | palcové |
| 1B | 1,40 | 0,055 |
| 1F | 1,60-1,99 | .063-.078 |
| 02 | 2,00-2,99 | .079-.117 |
| 03 | 3,00-3,99 | .118-.156 |
| 04 | 4,00-4,99 | .157-.196 |
| 05 | 5,00-5,99 | .197-.235 |
| 06 | 6,00-7,99 | .236-.314 |
| 08 | 8,00-8,99 | .315-.353 |
| 10 | 9,00-10,12 | .354-.398 |

Obr. 44 Tabulka velikostí lůžek [7].

V katalogu se najde kapitola věnovaná zapichování, a v ní se vyberou vhodné břitové destičky. Destičky je možné vyhledat podle systému katalogových čísel, který je zobrazený na obrázku (Obr. 43). Tento systém není dán normou ISO a tudíž se liší od toho, který je uvedený v analýze na obrázcích (Obr. 19) a (Obr. 20) v analýze na straně 13. Při hledání destiček podle katalogového čísla jsou pro začátek důležité znaky pro typ břitové destičky, šířku zápichu, velikost lůžka a rádius špičky²⁷. Z výkresů je zřejmé, že pro všechny tři zápichy je nutné zvolit čtvercový typ břitové destičky. Šířka zápichu je pro všechny také známá, ale správné označení šířky zápichu v katalogovém čísle zatím zvolit nelze, protože ta přísluší až břitové destičce, která zatím zvolená není. Velikost lůžek se již ale zvolit dá. Na obrázku (Obr. 44) je tabulka určená pro volbu lůžka. Z tabulky lze vyčíst, že pro zápich na výkresu Píst kompresoru odpovídají velikosti lůžka s označením 1B a 1F. Vyhovují z toho důvodů, že velikost lůžka 1B je pro zápichy s šířkou 1,40 milimetru a lůžka 1F je pro šířku zápichu v rozmezí od 1,60 do 1,99 milimetru.

Tímto způsobem se zvolí i lůžka pro zbylé dva zápichy. U destiček pro výkres Vodící pouzdro se jedná o velikost lůžka 10 a pro výkres Kuželka je velikost lůžka 3. Rádiusy špiček se zvolí podle kót na výkresu nebo z údajů v rohovém razítku. Pro výkres Píst kompresoru tyto hodnoty nejsou uvedeny. Pro výkresy Vodící pouzdro a Kuželka činí 0,4 mm. Podle těchto známých znaků katalogového čísla se v katalogu vyhledají všechny vyhovující břitové destičky. Vyhledat se musejí prolistováním katalogu, ale je to pouze několik listů.

V případě zápichu, který je na výkresu Píst kompresoru vyhovují destičky z řady nástrojů Beyond Evolution. Těmi jsou přesně broušená břitová destička GUP – palcová a přesně lisovaná břitová destička GUN – palcová. Ze stejné řady vyhovují i destičky, které jsou ale určené pro upichování. Ty se však z výběru destiček vyřadí, z toho důvodu, že upichovací destičky nejsou přímo určené pro zapichování. Cílem upichovací destičky je upíchnout obrobek a pokud se při tom klade důraz na kvalitu nějakého povrchu, tak povrchu upichované součásti. Ostatní povrchy jsou nepodstatné a tudíž nelze očekávat, že by byla garantovaná jejich jakost. U zápichů ale nějaké požadavky na jakost povrchu jsou, a to je důvod, proč se tyto destičky z primárního výběru vyřadí. Použily by se až tehdy, když by žádné zapichovací destičky nevyhovovaly. Z řady A4 pro výkres Píst kompresoru nevyhovují žádné destičky, protože minimální šířka destiček řady A4 je 2 milimetry.

Při hledání destiček pro výkres Vodící pouzdro se zjistí, že destičky se šířkou 10 mm mají rádius

27 V katalogu od společnosti Kennametal je používán termín rohový rádius.

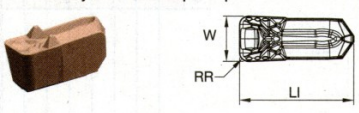
špičky pouze 1,2 mm. Na výkresu je uvedeno, že rádius zápichu má být 0,4 mm. Šla by zvolit nejbližší možná šířka destičky s rádiusem 0,4 mm, která je 9,53 mm, ale jak bylo zmíněno výše, není vhodné, aby u druhého přísuvu zabírala destička pouhým zlomkem své šířky. Navíc se v tomto případě jedná o zápich na vnitřním průměru, takže nástroj bude nějak vyložený. U tohoto zápichu bude nástroj vyložený minimálně 65²⁸ mm, jak je možno zjistit z výkresu. Nástroj bude namáhaný radiálně na vlastní osu, a jelikož má určitou omezenou tuhost, je žádoucí, aby neměl zbytečně dlouhé ostří, které by nepříznivě ovlivnilo stabilitu řezu. Zvolí se tedy nejmenší možná šířka destičky, se kterou se dá zápich vyrobit na dva²⁹ přísuvy. Aby po dvou přísuvech byl vnitřní průměr obráběné drážky zcela obrobený, musí být šířka destičky větší než polovina šířky drážky a to minimálně o rozměr rádiusu špičky. Kdyby se nepřipočetl rádius špičky a šířka destičky by odpovídala přesně polovině šířky zápichu, tak by zůstala uprostřed drážky vlivem rádiusu neobrobená část plochy ve tvaru výstupku. Tato úvaha se také bude muset studentovi napovědět do zadání.

Pro výkres Vodící pouzdro se tedy hledá destička s minimální šířkou 5,4 mm. S rádiusem špičky 0,4 mm je nejbližší možná vyšší šířka destičky 6 mm. Pro tuto šířku odpovídá velikost lůžka 6. Vyhovujícími destičkami jsou tudíž destičky přesně broušená břitová destička GUP – metrická z řady nástrojů Beyond Evolution, přesně lisovaná břitová destička GUP a přesně broušená GMP z řady nástrojů A4. Pro zápich na výkresu Kuželka vyhovují břitové destičky přesně lisovaná GUP – metrická z řady nástrojů Beyond Evolution. A dále Přesně lisovaná GUP a přesně broušená GMP z řady nástrojů A4.

Vyhovujícími destičkami pro zápich na výkresu Kuželka jsou stejné typy destiček jako u zápichu pro výkres Vodící pouzdro, pouze s tím rozdílem, že se v tomto případě vybíraly podle šířky destičky, která je 3 milimetry. Pro lepší kontrolu výsledků bude v zadání příkladů vyžádáno, aby se pro vybranou břitovou destičku napsalo celé katalogové číslo. Katalogová čísla jsou uvedena v hlavní tabulce břitové destičky. Příklad hlavní tabulky břitové destičky je zobrazen níže na obrázku (Obr. 45).

- Pozitivní utvařecí třísky pro nízké řezné síly.
- Přepracovaná geometrie pro utváření třísek při bočním soustružení.
- Vysoká produktivita při obrábění všech materiálů.
- Přesnější šířka a lepší opakovatelnost.

● první volba
○ alternativní volba



| Katalogové číslo | velikost lůžka | W | W tol ± | RR | LI | KCU10 | KCU25 | KCP10B | KCP25B | KCK20B | KCM35B | K313 |
|------------------|----------------|-------|---------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|
| EG06311FP05GUP | 1F | 1,600 | 0,025 | 0,20 | 9,00 | ● | ● | - | - | - | - | ● |
| EG094102P05GUP | 2 | 2,388 | 0,025 | 0,20 | 8,88 | ● | ● | - | - | - | - | ● |

Obr. 45 Uspořádání informací a hlavní tabulka břitových destiček [7].

Pro úplnost se musí poznamenat, že je v katalogu uvedena ještě řada nástrojů TopNotch, která ale nelze použít ani pro jeden ze zápichů z vybraných výkresů. Nevyhovují primárně z toho důvodu, že tyto destičky jsou určeny pro mělké zapichování a není možné se s nimi dostat do

28 Zápich je sice hluboko 62 mm, ale musí se počítat s nějakou rezervou.

29 Zápich se dá vyrobit i na vícero přísuvů, ale pro omezení výsledků se v příkladu zadá, že se má vybrat destička se kterou lze zápich zhotovit na dva přísuvy.

požadovaných hloubek drážek, kterými jsou u výkresu Píst kompresoru 3,5 mm, Vodící pouzdro 7,5 mm a Kuželka minimálně³⁰ 1,23 mm.

Dále se pro vybrané destičky vyhledají hodnoty posuvů a určí se vhodnosti geometrií břitů. V katalogu je tudíž potřeba nalistovat tabulku pro určování posuvů při zapichování. Všechny řady nástrojů mají svoji tabulku s hodnotami posuvů. Ukázka tabulky pro řadu Beyond Evolution se dá vidět na obrázku (Obr. 46). Tabulka je upravená a obsahuje pouze velikosti lůžek potřebné pro tento příklad. Originální tabulka obsahuje také velikosti lůžek 2, 3, 5, 8 a 10.

● první volba
○ alternativní volba

| Utvařec třísky | Popis | Geometrie břitových destiček | velikost lůžka | Rohový rádius mm | Počáteční podmínky mm | Posuvy při zapichování mm/rev | | | | | | | | |
|-------------------|---|------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | | | | | | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | | |
| -GUP | Pozitivní geometrie čela pro nízké řezné síly. | | 1F | 0,2 | 0,06 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 0,4 | 0,12 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | 4 | 0,8 | 0,15 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 0,4 | 0,16 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 0,8 | 0,18 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 1,2 | 0,20 | ▶ | | | | | | | | |
| -GUN | Stabilní řezná hrana s negativní geometrií pro agresivnější aplikace. | | 1F | 0,2 | 0,06 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 0,4 | 0,12 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | 4 | 0,8 | 0,15 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 0,4 | 0,16 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 0,8 | 0,18 | ▶ | | | | | | | | |
| | | | | 1,2 | 0,20 | ▶ | | | | | | | | |

Obr. 46 Upravená tabulka s posuvy při zapichování [7].

V prvním sloupci tabulky jsou obsaženy utvařeče třísek u kterých je uvedeno, pro jaké obráběné materiály je utvařec třísky s určitou geometrií vhodný. V této tabulce označují vhodnosti použití utvařeče třísky symboly první a alternativní volby. Jestli je daná materiálová skupina označena symbolem první volby, tak ji jisté, že je utvařec přímo určený pro obrábění této skupiny. Symbol alternativní volby označuje, že utvařec třísky není přímo určený pro obrábění této materiálové skupiny, ale lze jej pro obrábění použít. Pokud materiálová skupina není označena ani jedním ze symbolů, není pro obrábění vhodná vůbec. Posuvy jsou v tabulce uvedené pomocí pruhů, které udávají intervaly hodnot posuvů od minimálního do maximálního. V tabulce je také sloupeček, který udává hodnotu doporučených výchozích podmínek. Ty jsou uvedené v milimetrech za otáčku. Posuvy se v tabulce hledají podle utvařeče třísky a velikosti lůžka, která je následně ještě rozdělena podle rádiusu špičky. Je tedy nutné znát geometrii utvařeče, velikost lůžka a rádius špičky břitové destičky. Pomocí tabulky na obrázku (Obr. 45) se tedy určí, zda jsou utvařeče vybraných destiček vhodné pro obrábění materiálů obrobků zadaných na výkresech. Kromě utvařeče GUN, který má negativní geometrii břitu, jsou všechny ostatní utvařeče vybraných destiček určené pro obrábění příslušných materiálů obrobků. Utvařec třísky GUN má jedna z vybraných destiček pro zápich na výkresu Píst kompresoru, na kterém je materiál obrobku hliníková slitina. Na obrázku (Obr. 45) je možno vidět, že utvařec GUN není pro obrábění hliníku označený první ani alternativní volbou a tudíž je pro obrábění tohoto materiálu nevhodný. Břitová destička s utvařecem GUN se tedy z vyhovujících destiček vyřadí.

Hliník a další materiály s podobnými vlastnostmi, zpravidla to bývají houževnatější materiály, potřebují pozitivní geometrii břitu. Hliník konkrétně má ještě vysokou přilnavost, neboli adhezi, která způsobuje, že obráběný materiál má sklon ulpívat na povrchu břitů nástrojů. Toto přispívá k tvorbě nárůstku, který ve většině případech má na břit negativní účinky. Dále se hliník na povrchu břitu trhá a maže a to nepříznivě účinkuje na výslednou kvalitu obrobeného povrchu.

30 Hodnota 1,23 mm je vztažena k vnitřnímu průměru závitu. Zápich za závitem se dělá vždy o něco hlubší než je vnitřní průměr závitu.

Pro omezení těchto skutečností se pro obrábění hliníku volí právě pozitivní geometrie břitu, která pomáhá snížit tyto nepříznivé faktory. Další činitelé, které mohou snížit tyto nepříznivé účinky, jsou například malý rádius zaoblení řezné hrany, vysoká řezná rychlost a správná volba řezné kapaliny, která musí mít jak chladicí, tak i mazací vlastnosti.

Aby hodnota výsledného posuvu byla jen jedna a nebyl to interval hodnot od minimálního do maximálního posuvu, tak se u jednotlivých destiček zvolí výchozí podmínky pro posuvy. Do poznámek v zadání bude uvedeno, aby byl zvolen doporučený výchozí posuv. Vyhovující destička zvolená pro výkres Píst kompresoru má velikost lůžka 1F a rohový rádius 0,2 milimetru, tudíž výchozí posuv pro tuto destičku je 0,06 milimetru za otáčku. Stejným způsobem se podle velikosti lůžek a rohových rádiusů zvolí výchozí posuvy pro všechny ostatní vybrané destičky. U dalších destiček se hledalo v tabulkách s posuvy, které přísluší daným řadám nástrojů vybraných destiček. U destiček pro zápich na výkresu Vodicí pouzdro se hledaly posuvy pro velikost lůžka 6 s rádiusem špičky 0,4 mm. Výchozí posuv pro tento zápich je u destičky z řady Beyond Evolution 0,16 mm/ot a u destiček z řady A4 také 0,16 mm/ot. Tyto hodnoty platí jak u destičky s utvařečem GUP, tak u destičky s utvařečem GMP. Destičky pro zápich na výkresu Kuželka mají všechny pro lůžko 3 a rádius špičky 0,4 mm hodnotu posuvu 0,11 mm/ot.

Pro určení řezných rychlostí je zapotřebí u příslušných řad destiček najít tabulku s doporučenými výchozími řeznými rychlostmi. Na obrázku (Obr. 47) je zobrazen výřez z tabulky s řeznými rychlostmi, který je pouze pro materiálovou skupinu N. V analýze na obrázku (Obr. 32) na straně 19 je zobrazena kompletní tabulka s řeznými rychlostmi, která je uvedena pro zapichovací a upichovací destičky z řady nástrojů Beyond Evolution.

| Materiálová skupina | | K313 | | | KCU10 | | | KCU25 | | | KCM35B | | | KCP10B | | | KCP2 | | |
|---------------------|-----|------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|--------|---|---|--------|---|---|------|---|--|
| N | 1-2 | 150 | 370 | 610 | 150 | 550 | 975 | 120 | 440 | 780 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 4 | 120 | 275 | 430 | 120 | 365 | 700 | 100 | 290 | 490 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 5 | 45 | 90 | 150 | 90 | 170 | 245 | 70 | 135 | 195 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | 6 | 40 | 75 | 150 | 120 | 210 | 305 | 100 | 170 | 245 | - | - | - | - | - | - | - | - | |

Obr. 47 Výřez z tabulky s řeznými rychlostmi pro materiálovou skupinu N [7].

Aby mohly být zvoleny příslušné řezné rychlosti je potřeba znát materiálovou skupinu obrobku, její materiálové číslo a sortu povlaku břitové destičky. Pro materiál obrobku je nutné určit do jaké materiálové skupiny spadá a jaké má materiálové číslo. Jelikož jsou na výkresech materiály označeny převážně normou ČSN, není student schopen zjistit, pokud označení materiálů nezná, do jakých materiálových skupin spadají. V katalogu je ale možnost pro různé materiály obrobků materiálovou skupinu a číslo vyhledat a to v tabulce s informacemi o materiálech obrobků. Ukázka tabulky je zobrazena v analýze na obrázku (Obr. 33) na straně 20. V tabulkách ale nelze hledat materiály podle normy ČSN. Materiály je tudíž nejdříve potřeba převést například do normy DIN či jiné a až následně v tabulce vyhledat. Do zadání je tedy zapotřebí uvést poznámku s označením materiálu podle jiné národní normy. Kupříkladu podle normy DIN. V tabulkách ovšem nejsou vedené všechny materiály. Například materiál 42 4315 z výkresu Píst kompresoru není v tabulkách obsažen, takže ani po převedení do jiné normy není možné pro tento materiál v katalogu materiálovou skupinu a materiálové číslo vyhledat. Do zadání pro výkres Píst kompresoru je tedy nutné uvést poznámku, že materiál obrobku 42 4315 je slitina hliníku, která má podle katalogu materiálové číslo 2³¹. Student si bude muset sám uvědomit, že tento materiál

31 Že materiálu 42 4315 odpovídá v katalogu materiálové číslo 2 bylo zjištěno pomocí jiných katalogů a příruček.

spadá do skupiny N pro neželezné materiály. Materiály 17 023 z výkresu Vodící pouzdro a materiál 17 022 z výkresu Kuželka je možné po převedení do jiné národní normy v tabulkách vyhledat. Jiné označení materiálu 17 023 je X30Cr13 podle normy DIN a spadá do materiálové skupiny P a má materiálové číslo 6 a jiné označení materiálu 17 022 je X20Cr13 podle normy DIN a spadá do materiálové skupiny P a má materiálové číslo 5. Pro zvolení řezné rychlosti je nicméně také nutné znát materiálovou sortu povlaku destičky. Ta se zjistí v hlavní tabulce příslušné destičky. Příklad tabulky je zobrazen výše na obrázku (Obr. 45).

Jak se zjistí v jakých sortách povlaků je destička nabízená a pro obrábění jakých materiálových skupin je sorta povlaku vhodná je popsáno v analýze na straně 16. Pro obrábění jakých materiálových skupin jsou sorty určené lze v katalozích od firmy Kennametal zjistit ještě jedním způsobem. Seznam sort povlaků v hlavní tabulce destičky, který je zobrazený na obrázku (Obr. 45), je protažený do tabulky s materiálovými skupinami. V této tabulce jsou pomocí symbolů první a alternativní volby určené vhodnosti sort. Je to stejný princip jako v tabulce pro určování posuvů, která je na obrázku (Obr. 46). V případě přesně broušené destičky GUP palcové, která byla vybrána pro zápich na výkresu Píst kompresoru a jež je zobrazena na obrázku (Obr. 45), jsou vyhovujícími sortami povlaku sorty KCU10 a K313. Ty vyhovují z toho důvodu, že je v nich destička nabízená, a že jsou určené pro obrábění materiálu obrobku zadaného na výkresu, což je slitina hliníku. Stejným způsobem se zvolí sorty povlaků u i ostatních vybraných břitových destiček, které přísluší jednotlivým výkresům. Pro všechny destičky, jež byly vybrány pro výkresy Vodící pouzdro a Kuželka, vyhovují sorty KCU10 a KCU25.

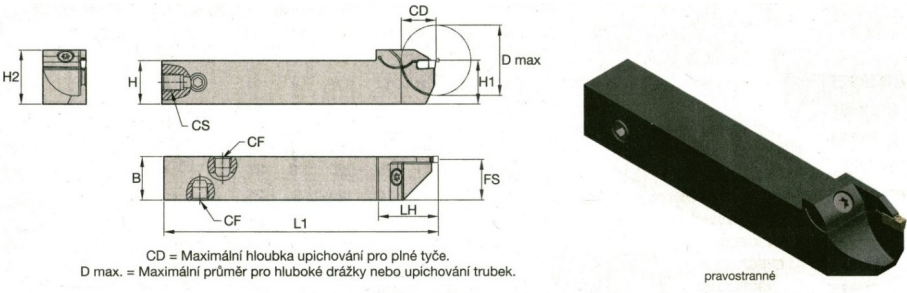
Nyní jsou již známy všechny informace potřebné k určení řezných rychlostí. Zpátky v tabulce pro řezné rychlosti (Obr. 32) se podle materiálových čísel příslušné materiálové skupiny a vybraných sort povlaků zvolí výchozí doporučené řezné rychlosti. Způsob zvolení výchozí řezné rychlosti je uvedený v analýze na straně 20. U destičky, která byla vybrána pro drážku na výkresu Píst kompresoru je výchozí řezná rychlost pro materiálovou skupinu N2 a sortu KCU10 je 550 m/min a pro sortu K313 je 370 m/min. Z toho důvodu, aby byl omezen počet správných výsledků, se do všech třech zadání uvede poznámka, že pokud u destičky vyjde více vyhovujících sort povlaků, zvolí se ta sorta, které odpovídá vyšší výchozí řezná rychlost. Porovnáním výsledků dvou zvolených sort je zřejmé, že ta s vyšší řeznou rychlostí je sorta KCU10, která má doporučenou výchozí řeznou rychlost 550 m/min. Tímto způsobem se určí řezná rychlost i u ostatních destiček. U destiček vybraných pro výkres Vodící pouzdro je vyšší výchozí řezná rychlost uvedena u sorty KCU10 a její hodnota je 150 m/min. Pro výkres Kuželka je u destiček z obou řad vyšší výchozí řezná rychlost u sorty KCU10 a u obou řad je její hodnota 20 m/min. V tomto okamžiku jsou již známé břitové destičky, jejich katalogová čísla, materiálové sorty povlaků a výchozí řezné rychlosti a posuvy. Výsledné hodnoty jakožto správné výsledky jsou uvedené v příloze B s výsledky.

Pro vybrané břitové destičky je zapotřebí zvolit příslušné držáky. Muselo se zvážit, jestli u příkladů nechat studenta vybrat i držáky pro příslušné břitové destičky, nebo držák do zadání přímo napsat, a to například kvůli omezení počtu vyhovujících břitových destiček. Když bude u příkladu rozhodnuto, že se v zadání uvede i požadavek na určení držáku, tak je nutné nějakým způsobem držák omezit a to tím způsobem, aby to vedlo pokud možno na jeden správný výsledek a nebo na co nejmenší počet správných výsledků. To omezení se dá provést dodatečnými poznámkami v zadání příkladu. Pro všechny tři příklady na vybrané výkresy vyhovuje pouze malý počet vhodných destiček, takže se u těchto příkladů nemusí výběr destiček omezovat držákem. V zadání tedy bude požadavek, aby se k vybrané destičce zvolil i vyhovující

držák.

Pro zhotovení drážky na výkresu Píst kompresoru je možné zvolit jak držák pro zapichování, tak i pro upichování. Jelikož se ale jedná o zapichování, zvolí se předněji držák k tomu určený. Po vyhledání držáku se zjistí, že držák pro zapichování nevyhovuje z hlediska velikosti lůžka, které má minimální velikost 2. Pro vybranou břitovou destičku je potřeba držák s velikostí lůžka 1F. Po stránce velikosti lůžka vyhovují držáky pro upichování. Zvolí se tedy držák určený pro upichování. Po prolistování katalogu se zjistí, že vyhovují zesílené integrální přímé držáky s horní upínkou – metrické a zesílené integrální přímé držáky s čelním upínáním – metrické. Oba držáky jsou nabízeny v levostranném a pravostranném provedení. Jak bylo napsáno výše, v zadání se držák omezí tak, aby vyšel pokud možno pouze jeden vyhovující držák.

Držáky je možno omezit například tím, že se do poznámek v zadání uvede, aby student zvolil držák s největší tuhostí. To povede na volbu držáku s největšími rozměry upínací části³². Rozměry upínacích částí jsou uvedené v hlavních tabulkách držáků. Příklad ukázky z hlavních tabulek držáků je na obrázku (Obr. 48). Na obrázku je pouze výřez z hlavní tabulky pro zesílené integrální přímé držáky s čelním upínáním – metrické, ve které jsou zobrazeny pouze držáky s velikostí lůžka 1F.



CD = Maximální hloubka upichování pro plné tyče.
D max. = Maximální průměr pro hluboké drážky nebo upichování trubek.

■ Zesílené integrální přímé s čelním upínáním • Metrické

| Katalogové číslo | velikost lůžka | CD | D max | H1 | H | B | H2 | L1 | FS | LH | CF | CS | šroub upínky Torx | Torx |
|---------------------|----------------|----|-------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-------------------|------|
| pravostranné | | | | | | | | | | | | | | |
| EVSCFR1212K1F13 | 1F | 13 | 26 | 12 | 12 | 12 | 16 | 125 | 11 | 24 | — | — | 191.916 | T15 |
| EVSCFR1616K1F16 | 1F | 16 | 32 | 16 | 16 | 16 | 21 | 125 | 15 | 27 | — | — | MS1160 | T20 |
| EVSCFR2020K1F16 | 1F | 16 | 32 | 20 | 20 | 20 | 25 | 125 | 19 | 27 | — | — | MS1160 | T20 |

Obr. 48 Výřez z hlavní tabulky pro držáky s názvem Zesílené integrální přímé s čelním upínáním – Metrické [7].

Zesílený integrální přímý držák s horní upínkou – metrický se pro lůžko 1F nabízí s největší upínací částí 12 × 12 mm a zesílený integrální přímý držák s čelním upínáním – metrický s 20 × 20 mm. Držák s nejvyšší tuhostí, který má velikost lůžka 1F, je tedy ten s rozměry upínací části 20 × 20 mm. Tímto omezením se výběr držáků zredukoval pouze na dva správné výsledky. Na dva z toho důvodu, že je držák nabízen v levostranném a pravostranném provedení. Takže pokud se do zadání uvede poznámka, že se má z dostupných držáků zvolit pravostranný držák s nejvyšší tuhostí, tak se dosáhne pouze jednoho správného výsledku a tím je pravostranný zesílený integrální přímý metrický držák s horní upínkou s velikostí upínací části 20 × 20 mm. Tento držák je zobrazen na obrázku (Obr. 48) na třetím řádku tabulky.

U příkladu pro výkres Vodící pouzdro vyhovují destičky ze dvou různých řad nástrojů, a tudíž je nutno vybrat držák z obou řad. Obě řady nabízejí držáky pro obrábění zápichů na vnitřním

³² V katalogu od firmy Kennametal se pro upínací části nožového držáku používá termín stopka, i když se jedná o upínací část čtvercového průřezu. Termín stopka se obvykle používá u upínacích částí rotačních nástrojů.

průměru. Držáky je zapotřebí vybrat podle velikosti lůžka destičky, která je v tomto případě 6. Zjistí se, že vyhovuje pouze držák s názvem Ocelové vyvrtávací tyče – Metrické z řady A4. Držák z řady Beyond Evolution je nabízen pouze do velikosti lůžka 4. Pro tento držák by bylo možno zvolit destičku s velikostí lůžka 4, ale s touto destičkou by drážku na výkresu nešlo vyrobit na dva přísuvy, jak bylo zadáno v textu výše. Protože je zadáno, že se má zvolit kompletní nástroj, což je destička a držák, tak se destička z řady Beyond Evolution z výběru vyřadí, protože pro ni žádný držák nevyhovuje. Jako vyhovující držák se tedy zvolí ocelová vyvrtávací tyč – metrická s velikostí lůžka 6 pro břitové destičky z řady nástrojů A4. Jelikož je ocelová vyvrtávací tyč metrická nabízená ve variantě levostranné a pravostranné, tak se do zadání uvede, aby se zvolila varianta levostranná.

Vyhovující destičky pro výkres Kuželka jsou také ze dvou různých řad nástrojů a musejí se pro ně zvolit držáky z řad do kterých spadají. V obou řadách se hledají držáky s velikostí lůžka 3. Pokud se i v tomto případě pro držáky použije omezení jako v příkladu pro výkres Píst kompresoru, tak to povede k tomu, že se výběr pro destičky z obou řad omezí na jeden zapichovací držák. Vyhovujícím držákem pro řadu nástrojů Beyond Evolution je pravostranný integrální přímý držák metrický s velikostí lůžka 3 a rozměry upínací části 25×25 mm a pro řadu A4 je vyhovujícím držákem pravostranný integrální přímý držák metrický s velikostí lůžka 3 a rozměry upínací části 25×25 mm. Ke zvoleným držákům se napíše jejich katalogová čísla, která jsou uvedena ve druhém sloupci hlavní tabulky příslušných držáků.

Jelikož se jedná o úplně první metodiku řešení příkladů, tak se v ní rozebírají některé záležitosti podrobněji. Jde hlavně o problematiku hledání materiálových čísel v katalogu a o volbu držáků nástrojů. U dalších příkladů se již tato problematika nebude znova detailně řešit.

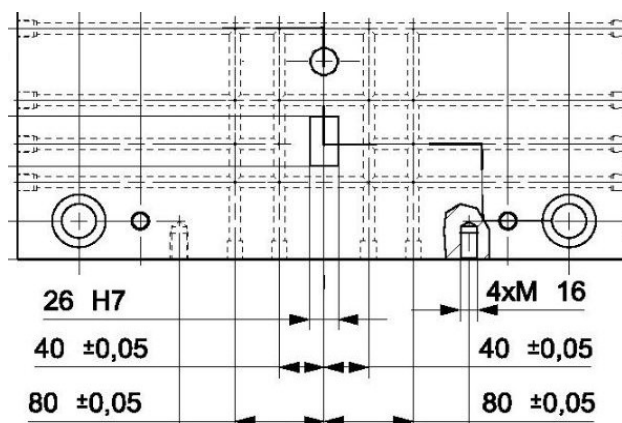
3.3 Příklady pro katalog „Kennametal – Rotační nástroje“

Jedinečností tohoto katalogu jsou karbidové stopkové frézy pro obrábění polymerů, dále karbidové frézy pro mikro-obrábění s nejmenším průměrem nástroje 0,30 milimetrů a jako poslední karbidové vrtáky s délkou až $40 \times D$ do maximálního průměru 15 mm. Pro stopkové frézy na obrábění polymerů a pro frézy na mikro-obrábění bohužel nejsou k dispozici žádné výkresy. Na vrtáky s délkou, která je mnohonásobně delší než je průměr vrtáku je pouze jenom jeden výkres. Na tuto jedinečnost je tudíž vhodné jeden příklad vytvořit. Dále je možno na tento katalog vypracovat příklady, které budou zaměřené na obecnější nástroje. V katalogu je možnost určení kompletních řezných podmínek.

3.3.1 Metodika tvorby příkladů – hluboké vrtání

Jediná ojedinělost katalogu pro kterou je k dispozici alespoň jeden výkres je vrtání děr, které mají délku mnohonásobně větší než je průměr. K dispozici je pouze jeden výkres a tím je výkres s názvem Deska tvárníku s číslem KTO-PR-P1. Výkres je obsažený v příloze A. Díry pro které se bude volit nástroj jsou zobrazené a obrázku (Obr. 49), jenž je výřez z výkresu Deska tvárníku. Na tomto obrázku se jedná o podélné díry, které jsou přes celou šířku obrobku a o příčné díry, jež jsou vzdálené 40 a 80 milimetrů od osy symetrie, která se nachází ve středu obrázku. Podélných děr je dohromady sedm a příčných děr čtyři. Průměr a hloubka děr nejsou na obrázku (Obr. 49) uvedené, tyto rozměry jsou zakreslené na výkresu v jiných pohledech. Průměr děr je

10 milimetrů. Podélné díry jsou průchozí a jejich hloubka tedy závisí na šířce obrobku. Ta je 550 milimetrů s tolerancí $\pm 0,03$ mm. Hloubku příčných děr určuje vzdálenost čtvrté podélné díry od spodní stěny obrobku. To je dáno tím, že příčné díry jsou do této podélné díry napojeny. Zmíněná podélná díra je zobrazená na obrázku (Obr. 49) nahoře. Vzdálenost osy čtvrté podélné díry od přední stěny obrobku je 210 milimetrů s tolerancí $\pm 0,02$ milimetru. Zadaný materiál obrobku je 15 230.7, což je nízkolegovaná konstrukční ocel. Na výkresu nejsou žádné jiné požadavky na rozměrovou toleranci a jakost povrchů, či poznámky nad rohovým razítkem, které by zasahovali do výběru nástroje.



Obr. 49 Výřez děr z výkresu Deska tvárniku KTO-KR-P1.

V katalogu se vyhledá kapitola, která obsahuje vrtáky pro hluboké otvory. Při výběru vrtáku jsou důležité tři parametry a těmi jsou průměry děr, délky děr a materiál obrobku. Všechny tyto parametry jsou zadané na výkresu. Jelikož u průměru děr, která je u všech 10 mm, není uvedena žádná rozměrová tolerance a na jakost povrchu stěn se nekladou vysoké požadavky, tak lze pro jejich obrobení použít vrták se jmenovitým průměrem díry. Je tedy potřeba vrták s průměrem 10 mm. Maximální délka pracovní části vrtáku musí být delší než hloubka díry a to minimálně o špičku vrtáku, která je přibližně jedna čtvrtina průměru vrtáku. U podélných děr tedy musí být délka pracovní části vrtáku $552,53 \text{ mm}^{33}$ a u příčných děr minimálně $212,52 \text{ mm}^{34}$. Materiál obrobku je nízkolegovaná ocel, která spadá do materiálové skupiny pro běžné oceli, tudíž se musí zvolit vrták, který je určený pro obrábění materiálové skupiny s označením P.

Ve vyhledané kapitole v katalogu jsou vrtáky rozdělené podle toho, kolikrát je pracovní část vrtáku delší než jeho průměr. Tedy například vrtáky $12 \times D$, $15 \times D$ až do maximální hodnoty $40 \times D$. Vzhledem k tomu, že minimální délka vrtáku pro příčné díry je $552,53 \text{ mm}$ a průměr 10 mm, tak vrták musí mít poměr pracovní délky a průměru minimálně $55,253 \times D$. Ale jak bylo zmíněno výše, tak jsou v katalogu obsaženy vrtáky pouze do poměru $40 \times D$. Vyrobit díry by se dalo i tak, že by se vrtalo z obou stran, tudíž by pracovní část vrtáku musela být minimálně o něco delší než polovina šířky obrobku, a to z toho důvodu, aby se díry na sebe uprostřed napojily. Polovina šířky součásti je 275 mm a tudíž by poměr délky vrtáku musel být minimálně $27,75 \times D^{35}$. Tento poměr již do rozsahu nabízených poměrů v katalogu spadá. Jelikož v poměru $27,75 \times D$ nejsou vrtáky nabízeny, tak je potřeba zvolit nejbližší vyšší poměr, který je $30 \times D$. Zvolením tohoto nástroje se dosáhne přesahu středu součásti o 25 mm. Tímto přesahem vzniká

33 Šířka součásti 550 mm plus horní tolerance šířky součásti 0,05 mm plus čtvrtina průměru nástroje 2,5 mm.

34 Výpočet stanovení minimální délky je obdobný jako u podélných děr.

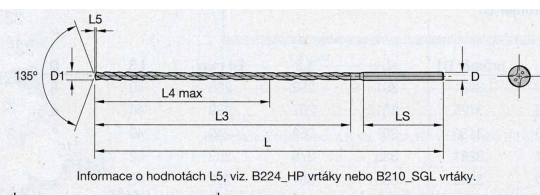
35 Polovina šířky součásti 275 mm plus polovina horní tolerance šířky součásti 0,025 mm plus čtvrtina průměru nástroje 2,5 mm.

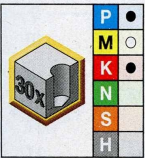

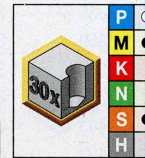
možnost případného několikanásobného přeastření vrtáku. Způsob výroby děr vrtáním z obou stran ale pravděpodobně povede k tomu, že se díry o nějakou hodnotu vyosí³⁶. V tomto případě je nutno zvážit, jestli se při vyosení děr nenaruší jejich funkce. Standardně by se v praxi postupovalo tak, že by technolog tuto skutečnost nyní konzultoval s konstruktérem. Zde si je zapotřebí poradit bez této možnosti, ale protože je známo, že se jedná o chladicí kanálky, jejichž jediná funkce je vést chladicí kapalinu, tak při mírném vyosení děr se jejich funkce zachová. To co bylo právě teď provedeno, byl zásah do koncepce výrobku na základě posouzení technologičnosti konstrukce. Zabýváním se technologičností konstrukce mělo velmi praktický důvod, jelikož se díky tomu dal zvolit nástroj. Má to ale i své teoretické opodstatnění. V metodice projektování výrobních procesů, kterou sepsal kolektiv autorů³⁷, je popsán teoretický význam technologičnosti konstrukce takto. „Konstrukce musí dovolit co nejvyšší využití zařízení, musí umožnit výrobu při minimální pracnosti a při minimálních výrobních nákladech při všech stupních výroby“ [11]. Lze tedy zvolit tento způsob zhotovení děr, kdy se bude vrtat z obou stran součásti.

Pro příčné díry je třeba vyhledat vrtáky s minimálním poměrem pracovní délky a průměru $21,252 \times D$. Nejblíže vyšší poměr je $25 \times D$. Jelikož je za úkol vyrobit všechny díry, a z charakteru obrobku se dá usoudit, že se jedná o kusovou výrobu³⁸, tak je z ekonomického hlediska výhodné pořídit pouze jeden nástroj, a to nástroj pro výrobu podélných děr, protože s tímto nástrojem zle zhotovit i příčné díry. Rozdíl nástrojů je pouze v délce a ta není tak výrazná, aby pořízení vrtáku $25 \times D$ poskytlo nějakou výraznou technologickou výhodu.

Výřez z hlavní tabulky vrtáků z poměrové skupiny $30 \times D$ je zobrazený na obrázku (Obr. 50). Tabulka dále pokračuje pro mnoho dalších průměrů do maximálního průměru 15 mm. V této skupině je obsažen vrták o průměru 10 mm pouze jeden. Je možné jej vidět na druhé řádce tabulky na obrázku.

B274Z_HPG/HPS/SGL • 30 x D



| | | | průměr D1 | | | | | | |
|---|---|---|-----------|-------|-----|-----|--------|----|----|
| | | | mm | palce | L | L3 | L4 max | LS | D |
|  |  |  | | | | | | | |
| B274Z09525HPG | B274Z09525HPS * | B274Z09525SGL | 9,525 | .3750 | 369 | 313 | 292 | 44 | 10 |
| B274Z10000HPG | B274Z10000HPS | B274Z10000SGL | 10,000 | .3937 | 369 | 322 | 300 | 44 | 10 |
| B274Z10200HPG | B274Z10200HPS | — | 10,200 | .4016 | 403 | 339 | 316 | 46 | 11 |

Informace o hodnotách L5, viz. B224_HP vrtáky nebo B210_SGL vrtáky.

Obr. 50 Výřez z hlavní tabulky pro vrták B273Z – $30 \times D$ [8].

Nástroj je již zvolen a lze pro něj určit řezné podmínky. Avšak pro určení řezné rychlosti a posuvu je nejdříve nutné znát vhodnou materiálovou sortu vybraného nástroje. Na obrázku (Obr. 50) se dá vidět, že se zvolený vrták s průměrem 10 mm nabízí ve třech sortách povlaků. Sorty jsou uvedené vlevo v prvních třech sloupcích tabulky, které lze vidět na obrázku (Obr. 50). Sortami povlaků pro tento typ nástroje jsou sorty s označením KCPK20, KN25 a KCMS20. Z obrázku je možné zjistit, že pouze sorta KCPK20, která je nejvíce vlevo, je označena první volbou pro obrábění materiálové skupiny P. Sorta KCMS20 má u materiálové skupiny P pouze

36 Osy obou děr se v místě napojení nepotkají ve stejném bodě.

37 Prof. Ing. Miroslav Vigner, Doc. Ing. Antonín Zelenka, CSC., Doc. Ing. Mirko Král, CSc.

38 Jedná se o vstřikovací formu.

symbol alternativní volby a sorta KN25 je určená pouze pro obrábění skupiny neželezných materiálů. Všechny sorty ve kterých se vrtáky nabízejí mají svoji vlastní tabulku s řeznými podmínkami. Zvolí se tedy sorta KCPK20. Tyto tabulky jsou obsažené na konci kapitoly s vrtáky pro hluboké otvory. Nalistuje se tedy tabulka odpovídající vybrané sortě povlaků KCPK20. Tabulka s řeznými podmínkami pro vybranou sortu povlaků je zobrazená na obrázku (Obr. 51). Na tomto obrázku je výřez z tabulky, který je pouze po materiálové číslo P4 a průměr nástroje 10 mm. Tabulka by dále pokračovala až do materiálového čísla P6. Dále pak materiálovou skupinou M a K. Průměry pokračují po dvou milimetrech až do maximálního průměru 16 mm.

■ Vrtáky pro hluboké otvory • Rada B27_HPG • Sorta KCPK20™ • Vnitřní chlazení •
Průměry 3–16 mm • Metrické

| Materiálová skupina | Řezná rychlost – vc | | | Metrické | | | | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----|------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Rozsah – m/min | | | Doporučený posuv (f) podle průměru | | | | | | |
| | min | Počáteční hodnota | max | | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | |
| P | 0 | 100 | 100 | 125 | mm/ot | 0,13–0,15 | 0,14–0,16 | 0,15–0,21 | 0,19–0,26 | 0,21–0,31 |
| | 1 | 90 | 100 | 110 | mm/ot | 0,15–0,18 | 0,16–0,19 | 0,18–0,25 | 0,22–0,30 | 0,25–0,37 |
| | 2 | 90 | 100 | 110 | mm/ot | 0,15–0,18 | 0,16–0,19 | 0,18–0,25 | 0,22–0,30 | 0,25–0,37 |
| | 3 | 80 | 95 | 110 | mm/ot | 0,15–0,18 | 0,16–0,19 | 0,18–0,25 | 0,22–0,30 | 0,25–0,37 |
| | 4 | 80 | 90 | 110 | mm/ot | 0,15–0,18 | 0,16–0,19 | 0,18–0,25 | 0,22–0,30 | 0,25–0,37 |

Obr. 51 Výřez z tabulky s řeznými podmínkami pro sortu povlaku KCPK20 [8].

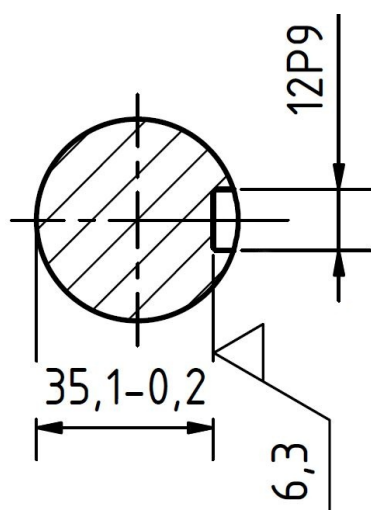
Pro vyhledání řezné rychlosti a posuvu je nutné znát materiálovou skupinu a číslo obráběného materiálu. Materiál obrobku je nízkolegovaná ocel s označením 15 230.7. Tento materiál není ani pod jinou normou značení materiálu v tabulkách s materiálovými čísly uvedený. Ukázku z tabulek s materiálovými čísly bylo možno vidět v analýze na obrázku (Obr. 33) na straně 20. Pro uvedený materiál tedy student není schopen materiálové číslo v katalogu vyhledat. V zadání proto bude uvedena poznámka, že se jedná o nízkolegovanou ocel s materiálovým číslem 3. Nyní jsou již známy všechny informace potřebné k určení řezných podmínek. Lze se tedy vrátit zpátky do tabulky na obrázku (Obr. 51), aby se v ní mohly vyhledat řezné podmínky. Ty se vyhledají podle materiálového čísla P4 a průměru nástroje 10 mm. K těmto parametrům je uvedena doporučená řezná rychlost v_c v rozsahu od 80 do 110 metrů za minutu a doporučená výchozí hodnota řezné rychlosti je 95 metrů za minutu. Materiálovému číslu P3 a průměru nástroje 10 mm odpovídá doporučený posuv f rozsahu hodnot od 0,25 do 0,37 milimetrů na otáčku.

Jako poslední se u vybraného vrtáku s průměrem 10 mm uvede celé katalogové číslo. Musí se dát pozor, aby bylo zvoleno katalogové číslo ze sloupce, který náleží vybrané sortě povlaků. Tedy ze sloupce pro sortu KCPK20, který je na obrázku (Obr. 50) zobrazený úplně vlevo. Celé katalogové číslo zní B274Z10000HPG. Všechny správné výsledné hodnoty budou obsažené v příloze B s výsledky.

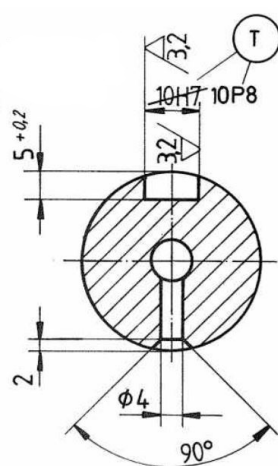
3.3.2 Metodika tvorby příkladů – drážka pro pero

Kromě příkladů využívajících jedinečné charakteristiky katalogu Kennametal, lze tento katalog využít i pro příklady poněkud obecnějšího charakteru. Jedno z vhodných témat pro tento katalog je frézování drážek pro pero. Proto byly ze skupiny výkresů vybrány ty, které tento prvek obsahují. Výkresy na kterých je drážka pro pero jsou výkres Pastorek KTO-KR-P2,

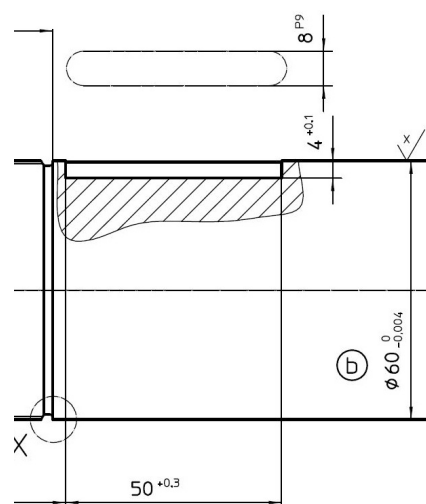
Hřídel KTO-KR-P3 a Vřeteno KTO-KR-P04-IS-P123A. Výkresy jsou obsaženy v příloze A. Na výkresu Pastorek je drážka pro pero 12P9. Tuto drážku lze vidět na obrázku (Obr. 52), což je výřez z výkresu. Na tomto obrázku jsou zobrazené rozměry drážky, kterými jsou šířka drážky 12 mm s tolerancí P9 a hloubka drážky 35,1 mm s tolerancí $-0,2$ mm. Hloubka drážky je zakótovaná tak, že se měří vzdálenost dna drážky od protější strany průměru. Délka drážky 12P9 je 50 mm s tolerancí $+0,3$ mm. V rohovém razítku výkresu je uvedeno, že se jedná o materiál obrobku 14 220, což je nízkolegovaná ušlechtilá ocel. Výkres Hřídel obsahuje drážku pro pero 10P8. Je zobrazena na obrázku (Obr. 54). Jedná se o výřez drážky z výkresu, na kterém je vidět šířka drážky, která je 10 mm s tolerancí P8, a hloubka drážky 5 mm s tolerancí $+0,2$ mm. Délka drážky není na výřezu vidět. Ta je 132 mm s tolerancí $-0,2$ mm. Z výkresu se o materiálu obrobku dá dozvědět, že se jedná o materiál 11 600, což je nelegovaná konstrukční ocel.



Obr. 52 Výřez s drážkou pro pero z výkresu Pastorek KTO-KR-P2.



Obr. 54 Výřez s drážkou pro pero z výkresu Hřídel KTO-KR-P3.



Obr. 53 Výřez s drážkou pro pero z výkresu Vřeteno KTO-KR-P4-IS-P123A.

Na posledním vybraném výkresu Vřeteno je drážka pro pero 8P9. Tato drážka je zobrazená na výřezu z výkresu, který je na obrázku (Obr. 53). Na tomto obrázku je možno vidět šířku drážky, jež je 8 mm s tolerancí P9, hloubku drážky, která je 4 mm s kladnou tolerancí 0,1 mm a také délku drážky, která je 50 mm s kladnou tolerancí 0,3 mm. Materiál obrobku na výkresu Vřeteno je materiál 15 230.7. Jedná se o nízkolegovanou konstrukční ocel.

O strategii zanoření nástroje do drážek se lze dočíst na internetových stránkách firmy Sandvik Coromant. „Při přípravě na frézování dlouhé a úzké drážky do plného materiálu, je vedle vrtání nejběžnější metodou pro otevření dutiny lineární postupné zahlubování³⁹. Pro mělké drážky může být alternativou také zavrtávací frézování. Pro frézování širších drážek a dutin se využívá také postupné zahlubování po šroubovici“ [12]. V katalogu firmy Kennametal ovšem nejsou u jednotlivých nástrojů, až na jednu výjimku, uvedeny hodnoty úhlů pro zanořování a ani žádné jiné informace k tomuto způsobu obrábění uzavřených drážek. Používání této technologie tedy buď vyžaduje nějaké dodatečné informace, nebo vlastní bohatou zkušenost a je tudíž nevhodné pro studenty druhých ročníků volit v tomto katalogu tuto technologii na výrobu drážek pro pero. To je důvod proč je zapotřebí vybrat technologii zavrtávání. Musí se tedy zvolit frézy, se kterými je možno zavrtávat v ose Z. To znamená, že frézy musejí mít alespoň jeden břit přes střed a to

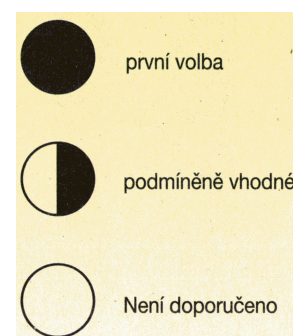
39 Někdy se tato metoda označuje jako rampování. Kupříkladu v katalogu firmy Kennametal se píše frézování po rampě.

mají pouze některé monolitní stopkové frézy.

V katalogu jsou obsažené dvě kapitoly, které zahrnují monolitní stopkové frézy. První nese název *Výsoce výkonné karbidové frézy* a druhá *Univerzální karbidové stopkové frézy*. V těchto kapitolách se vyhledají frézy, se kterými lze zavrtávat v ose Z. Na začátku obou kapitol je tabulka, ve které jsou uvedena doporučení fréz podle počtu zubů. Výřez z jedné tabulky je zobrazený na obrázku (Obr. 55). Na tomto obrázku je možné v levém sloupci vidět stopkové frézy s různými počty zubů. Další sloupce uvádějí aplikace použití frézy. Pomocí symbolů vhodnosti je v tabulce uvedeno, jestli je stopková fréza s určitým počtem zubů pro danou aplikaci vhodná. Význam symbolů je zobrazen na obrázku (Obr. 56). Černý terč znamená, že je fréza s daným počtem zubů pro operaci přímo určená, půlený terč, že je fréza podmíněně vhodná a bílý terč určuje, že fréza s určitým počtem zubů pro danou aplikaci není doporučena. Na obrázku (Obr. 55) ve sloupci pro zavrtávání lze vidět, že pro tuto aplikaci jsou přímo určené jednozubé a dvouzubé stopkové frézy. Z tohoto důvodu se pro obrobení zvolených drážek pro pero vyberou primárně frézy s těmito počty zubů.

| Z = počet břitů | | Dokončovací | Hrubování | Drážkování | Zavrtávání | Tvarové frézování |
|---------------------------|--|-------------|-----------|------------|------------|-------------------|
| Stopková fréza Z = 1 | | | | | | |
| Stopková fréza Z = 2 | | | | | | |
| Stopková fréza Z = 3 | | | | | | |
| Stopková fréza Z = 4/5 | | | | | | |

Obr. 55 Výřez z tabulky s doporučeními pro stopkové frézy [8].



Obr. 56 Význam symbolů [8].

Pro volbu průměru je potřeba zohlednit jednu skutečnost, jež se týká možného vychýlení frézy a která má vliv na kvalitu obrobení drážky. Na internetové stránce firmy Sandvik Coromant se dá k této strategii dočíst toto. „Vzhledem ke směru řezných sil a tendenci nástroje k průhybu, nemá drážka frézovaná pouze v jednom kroku dokonale pravouhlý tvar rohů. Nejvyšší přesnosti a produktivity lze dosáhnout, pokud je operace prováděna stopkovou frézou o menším průměru, než je šířka drážky a je rozdělena do dvou fází:

1. Frézování drážky pro pero – hrubování drážky v plném materiálu.




2. Frézování obvodem – dokončování obvodu drážky s využitím nesousledného frézování pro dosažení přesných pravouhlých rohů“ [12].

Je vhodné tedy zvolit takový průměr frézy, který po hrubování v plném materiálu ponechá pro strany drážky přídavek. Do poznámek v zadáních se uvede, aby se pro drážky zvolily takové frézy, které po vyhrubování nechají přídavek na plochu stěny jeden milimetr. Tento přídavek se bude vztahovat ke jmenovitému rozměru šířky drážky. V katalogu se tedy vyhledají jednobřité a dvoubřité stopkové frézy, které mají o dva milimetry menší průměr, než jsou šířky vybraných drážek na výkresech. Takže pro drážku 12P9 je zapotřebí hledat stopkovou frézou s průměrem

10 mm, pro drážku 10P8 frézu s průměrem 8 mm a pro drážku 8P9 frézu s průměrem 6 mm.

V první kapitole s vysoce výkonnými karbidovými frézami lze vhodné frézy vyhledat v tabulce, která je nazvána průvodce výběrem nástroje. Tato tabulka je obsažená na začátku kapitoly. Je zobrazená na obrázku (Obr. 57). Jedná se o zkrácenou tabulku, ve které jsou pouze hodnoty potřebné pro tuto metodiku. V řádcích tabulky jsou všechny nabízené frézy a ve sloupcích jsou k nim uvedené specifikující hodnoty a parametry. Těmi jsou kupříkladu průměr nástroje D1, délka řezné části a počet břitů Z. Dále je k nástrojům uvedeno, pro obrábění jakých materiálů obrobků jsou určené, na jakých stranách v katalogu jsou nástroje uvedené, kde v katalogu jsou obsažené řezné podmínky. Pro usnadnění výběru nástrojů je tedy vhodné tento průvodce výběrem nástroje použít.

V průvodci se vyhledávají takové frézy, které odpovídají známým kritériím. Těmi jsou průměry nástroje D1, které jsou u hledaných fréz 10 mm, 8 mm a 6 mm, délka řezné části nástroje, která u všech hledaných průměrů fréz může být už i $1 \times D1$, a to z toho důvodu, že ani v jenom případě není hloubka drážky větší než průměr zvolené frézy. Dále podle počtu zubů Z, jenž je jeden nebo dva. Pak ještě musí být fréza určená pro obrábění materiálové skupiny P, a jako poslední, jestli se jedná o zavrtávací provedení.

| beyond | Průměr D1 (mm) | Délka řezné části | Počet břitů Z |  |  |  | Stopka | Zavrtávací provedení | P | M | K | N | C | S | H | Strana(y) o produktu | Řezné podmínky strana(y) |
|----------------|----------------|-------------------|---|--|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|--------------------------|
| Dokončovací HP | 1,8–19,7 | 1 x D1 |  | |  | |  |  | ● | ● | ● | | | | ○ | P186 | P188 |
| Dokončovací HP | 2,8–19,7 | 1–1,3 x D1 |  | |  | |  |  | ● | ● | ● | | | | ○ | P187 | P189 |

Obr. 57 Výřez z tabulky průvodce výběrem nástroje [8].

Podle těchto parametrů vyhovuje v této kapitole pouze jeden nástroj a to ten nástroj, který je v tabulce na obrázku (Obr. 57) na prvním řádku. Na obrázku je vpravo v předposledním sloupci uvedena strana, na které se v katalogu produkt nachází. Po nalistování tohoto nástroje je možné zjistit, že není nabízen s průměry, které byly určeny pro obrobení drážek na vybraných výkresech. Tedy, že není nabízen s průměry 10 mm, 8 mm a 6 mm. Tyto nástroje se nabízejí s nejbližšími průměry 9,7 mm, 7,75 mm a 5,75 mm. S těmito nástroji by také bylo možno drážky pro pero vyrobit, ale kvůli tomu, že v poznámkách v zadáních bude uvedený požadavek pro zvolení takových průměrů fréz, které ponechají po vyhrubování přídavek na stěnu 1 mm, tak se frézy s těmito průměry z možných správných výsledků vyřadí. Z této kapitoly s vysoce výkonnými karbidovými frézami tedy nevyhovuje žádný nástroj.

V druhé kapitole s univerzálními karbidovými stopkovými frézami, jsou nástroje rozdělené do podkapitol podle počtu zubů a to od dvou, tří čtyř zubů. Vyhledá se tedy podkapitola s 2-břitými stopkovými frézami. V této podkapitole se dále vyhledají frézy s průměry 10 mm, 8 mm a 6 mm. Vyhovujícími frézami jsou frézy s označeními 2CH DK-DL, 2CH DD a 2CH MR-ML-MX. Jedná se o stejné frézy, které se liší pouze délkou řezné části. Frézy 2CH DK-DL jsou označeny jako krátké až standardní. Délka fréz 2CH DD je popsána jako standardní a frézy 2CH MR-ML-MX jsou označeny jako standardní, dlouhé a extra dlouhé. Vyložení nástroje má vliv na přesnost a kvalitu obrobené plochy. Ve článku *Vliv vyložení nástroje na řezné síly a jakost obrobeného povrchu při frézování austenitické oceli* od skupiny autorů⁴⁰ se o této problematice píše toto. „Výrobci a dodavatelé nástrojů svorně doporučují používat vždy co nejmenší možné vyložení nástroje. Při takových podmínkách poté zaručují největší trvanlivost

40 Fulemová, Jaroslava, Ing., Janda, Zdeněk, Ing., Řehoř, Jan, Ing., Ph. D.

nástroje a nejlepší možné dosažené kvalitativní parametry obrobeneho povrchu“ [13]. Z tohoto důvodu se do zadání příkladů uvede požadavek, aby student zvolil nástroj s co nejmenším vyložením. Zvolí se tedy nástroje s označením 2CH DK-DL, a to proto, že mají délku označenou jako krátká a standardní. Výřez z hlavní tabulky nástroje je zobrazený na obrázku (Obr. 58). Krátké variantě odpovídá označení DK a standardní DL. Kvůli požadavku na co nejmenší vyložení nástroje se u nástrojů zvolí krátká varianta DK.

■ 2CH..DK-DL • 2-břité • Metrické

| KC633M | KC633M | D1 | D | délka řezné části Ap1 max | celková délka L | BCH |
|---------------|--------|------|----|------------------------------|--------------------|------|
| 2CH0600DK007A | — | 6,0 | 6 | 7,00 | 54 | 0,10 |
| 2CH0600DL010A | — | 6,0 | 6 | 10,00 | 57 | 0,10 |
| 2CH0800DK009A | — | 8,0 | 8 | 9,00 | 58 | 0,20 |
| 2CH0800DL016A | — | 8,0 | 8 | 16,00 | 63 | 0,20 |
| 2CH1000DK011A | — | 10,0 | 10 | 11,00 | 66 | 0,20 |
| 2CH1000DL019A | — | 10,0 | 10 | 19,00 | 72 | 0,20 |

Obr. 58 Výřez z hlavní tabulky univerzální karbidové frézy 2CH DK-DL [8].

Nástroje jsou dále nabízené ve dvou možnostech stopky a to ve válcové a válcové Wheldon. Frézy se stopkami válcové Wheldon jsou nabízeny až od průměru 12 mm, a jelikož je největší průměr hledané frézy 10 mm, tak se zvolí frézy s válcovou stopkou. Pro vybrané nástroje se vyhledají jejich celá katalogová čísla. Ty jsou uvedené v levé sloupci hlavní tabulky nástroje, která je zobrazená na obrázku (Obr. 58).

Protože jsou již nástroje vybrané, tak je k nim možné vyhledat doporučené řezné podmínky. Na konci podkapitoly s 2-břítými nástroji je obsažená tabulka s řeznými podmínkami pro frézy 2CH DK-DL. Výřez z tabulky je zobrazený na obrázku (Obr. 59). Pro zvolení řezných podmínek je zapotřebí znát materiálovou skupinu a materiálové číslo obrobku. Materiál obrobku na výkresu Pastorek je uhlíková ocel 14 220. K tomuto materiálu se dá po převedení na jinou národní normu v katalogu vyhledat materiálové číslo. Do zadání příkladu se uvede, že označení materiálu podle normy DIN je 16MnCr5. Podle tohoto označení se v katalogu vyhledá, že materiál spadá do skupiny P pro ocele, a že má materiálové číslo 3. Jak a kde je možné materiálové číslo vyhledat je uvedeno v analýze na straně 19. U výkresů Vřeten je také možné po převedení do jiné normy materiál 11 600 v katalogu vyhledat. Jiné označení podle DIN je St 60-2 a materiálové číslo je P3. Materiál na výkresu Hřidel nelze ani po převedení do jiné normy v katalogu vyhledat. Do zadání se k tomuto příkladu uvede poznámka, že se jedná o nízkolegovanou konstrukční ocel, které má materiálové číslo 3.

Ted' už jsou známé všechny informace potřebné ke zvolení řezných podmínek, tak se lze vrátit do tabulky s řeznými podmínkami, které je zobrazená na obrázku (Obr. 59). Způsob hledání řezných podmínek pro frézovací nástroje je uvedený v analýze na straně 23. Jelikož mají všechny obrobky na vybraných výkresech materiálové číslo P3, tak u všech zvolených nástrojů je řezná rychlost v intervalu od 120 do 160 metrů za minutu. Posuvy na zub f_z jsou vztažené k průměru nástroje, takže posuv se u vybraných nástrojů liší. Pro frézu s průměrem 10 mm, která

se zvolila pro drážku 12P9, je posuv f_z je 0,061 milimetrů na zub. Ovšem pozor, na prvním řádku v tabulce na obrázku (Obr. 59) vpravo, je uvedena poznámka, že se při drážkování má snížit posuv f_z o 20%. Tudíž je pro výsledný správný posuv hodnotu uvedenou v tabulce dále upravit. Pro frézu s průměrem 10 mm tedy není posuv f_z 0,061 mm/zub, ale 0,049⁴¹ mm/zub. Pro frézu s průměrem 8 mm má posuv f_z před úpravou hodnotu 0,050 mm/zub a po úpravě 0,040 mm/zub. U posledního průměru frézy 6 mm je uvedený posuv f_z 0,036 mm/zub, který má po snížení o 20% hodnotu 0,029 mm/zub. Jako poslední se pro nástroje určí doporučené hloubky řezů a_p . Ty jsou uvedené v tabulce na obrázku (Obr. 59). V tabulce jsou uvedené dvojice hloubky řezů a_p a to podle aplikace boční frézování a drážkování. Zvolí se tedy hloubka řezu a_p pro drážkování. Ta je v tabulce uvedena vzorečkem, který uvádí, že doporučená hloubka řezu a_p je polovina průměru frézy. Takže pro frézu s průměrem 10 mm je hloubka řezu a_p 5 mm, pro frézu s průměrem 8 mm je a_p 4 mm a pro frézu s průměrem 6 mm je a_p 3 mm.

| Materiálová skupina | Boční frézování (A) A drážkování (B) | | | KC633M | | Doporučený posuv na zub ($f_z = \text{mm/zub}$) při bočním frézování (A). Při drážkování (B) snižte posuv na zub f_z o 20%. | | | | | | | | | |
|---------------------|---|---------------|----------------|------------------------------------|-----|--|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A | | B | Řezná rychlost – v_c m/min | | Průměr D1 | | | | | | | | | |
| | a_p | a_e | a_p | min | max | mm | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | | |
| P | 0 | $A_{p1} \max$ | $0,1 \times D$ | $0,5 \times D$ | 150 | – | 200 | f_z | 0,014 | 0,021 | 0,028 | 0,036 | 0,044 | 0,060 | 0,072 |
| | 1 | $A_{p1} \max$ | $0,1 \times D$ | $0,5 \times D$ | 150 | – | 200 | f_z | 0,014 | 0,021 | 0,028 | 0,036 | 0,044 | 0,060 | 0,072 |
| | 2 | $A_{p1} \max$ | $0,1 \times D$ | $0,5 \times D$ | 140 | – | 190 | f_z | 0,014 | 0,021 | 0,028 | 0,036 | 0,044 | 0,060 | 0,072 |
| | 3 | $A_{p1} \max$ | $0,1 \times D$ | $0,5 \times D$ | 120 | – | 160 | f_z | 0,011 | 0,017 | 0,023 | 0,030 | 0,036 | 0,050 | 0,061 |
| | 4 | $A_{p1} \max$ | $0,1 \times D$ | $0,5 \times D$ | 90 | – | 150 | f_z | 0,010 | 0,016 | 0,021 | 0,027 | 0,033 | 0,045 | 0,054 |

Obr. 59 Výřez z hlavní tabulky univerzální karbidové frézy 2CH DK-DL [8].

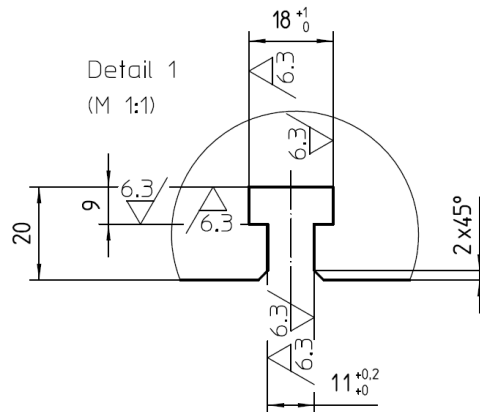
3.4 Příklady pro katalog „Iscar – Nástroje pro frézování“

V kapitole, ve které se řešily jedinečnosti bylo uvedeno, že tento katalog obsahuje nejvíce nástrojů pro frézování T-drážek, nástroje pro plunging a také nejvíce čelních válcových fréz. Z dostupných výkresů se tedy vybere co největší množství těch, které půjdou co nejlépe využít pro tyto tři typy nástrojů. Katalog nabízí možnost pro učení kompletních řezných podmínek.

3.4.1 Metodika tvorby příkladů – T-drážka

Jedním z vybraných okruhů pro tento katalog je frézování drážek tvaru T, a proto se vyhledaly výkresy, které tento prvek obsahují. Výkres, který obsahuje tuto drážku je pouze jeden a tím je výkres Deska motoru s číslem KTO-IF-P123A. Je obsažen v příloze A. Tvar drážky je zobrazený na obrázku (Obr. 60), což je detail uvedený na výkresu. Na obrázku se dají vidět rozměry drážky, kterými jsou celková hloubka drážky 20 mm, hloubka horizontální drážky 9 mm, šířka vertikální drážky 11 mm s horní tolerancí 0,2 milimetru, šířka horizontální drážky 18 mm s milimetrovou horní tolerancí, a sražení hran $2 \times 45^\circ$. Jediný rozměr, který nelze na obrázku vidět je délka drážky, jež je 21 mm. Z rohového razítka výkresu je možné se dozvědět, že materiál obrobku je 42 2425, což je litina s lupínkovým grafitem.

41 20% z hodnoty 0,061 je po zaokrouhlení na tisíce 0,012. Hodnota 0,061 mínus hodnota 0,012 se rovná hodnotě 0,049.



Obr. 60 Detail drážky z výkresu Deska motoru
KTO-IF-P123A.

Ohledně technologického postupu pro výrobu T-drážky se zmiňuje autor Josef Svrčina v práci *Frézování pravouhlých drážek*, ve které uvádí, že nejdříve se obrobí vertikální drážka kotoučovou nebo méně často čelní válcovou frézou a poté horizontální drážka s pomocí frézy na obrábění T-drážek [14]. Po zhotovení T-drážky je ještě zapotřebí vyrobít sražení hran na vertikální drážce. Na internetové stránce firmy Sandvik Coromant jsou uvedené způsoby obrobení sražení hran. To lze vyrobít buď čelní frézou při pootočeném vřetenu nebo stole o 45°, nebo pomocí frézy, která má úhel ostří 45° [15].

V katalogu je možné nalézt nástroje pro všechny tyto operace. Volba nástrojů není příliš náročná a tudíž lze po studentovi požadovat, aby v jednom příkladu zvolil nástroje pro všechny tři vyjmenované operační úseky. Bude se jednat o komplexní příklad, ve kterém se budou volit nástroje pro kompletní výrobu T-drážky, která je zobrazená na obrázku (Obr. 60). Tento příklad bude také rozdělen na tři samostatné příklady ve kterých se budou volit rezné podmínky a nástroje pro jednotlivé operace zvlášť. Metodika tvorby příkladů bude psána pro komplexní příklad. V rámci komplexního příkladu se mohou jednotlivé části zadání vzájemně propojovat a na sebe se odkazovat. Pro tvorbu zadání samostatných elementárních příkladů zde není nutné psát metodiku, ale při tvorbě zadání je potřeba vzít v úvahu skutečnost, že není možné se odkazovat na prvky z příbuzné části jiného nástroje, na které bylo možno se odkazovat u komplexního příkladu a tudíž bude nutné pomocí poznámek tyto skutečnosti podrobněji specifikovat.

Jak bylo napsáno výše v technologickém postupu, tak je zapotřebí jako první vyrobít vertikální drážku, a proto se nejdříve zvolí nástroje pro obrobení právě tohoto prvku. Při volbě typu nástroje pro vertikální drážku hraje roli její délka. Pokud není drážka příliš dlouhá, tak je výhodné ji vyrobít pomocí stopkové frézy [12], při větších rozměrech délky drážky je produktivnější ji zhotovit kotoučovou frézou a v případě, že se jedná o velmi dlouhou drážku je nejproduktivnější použít technologii hoblování [14]. Jelikož je drážka na výkresu Deska motoru dlouhá pouze 21 mm, tak je vhodné ji vyrobít pomocí stopkových fréz.

Z toho důvodu, že pro obrobení vertikální drážky je v katalogu obsaženo značné množství nástrojů, tak se výběr omezí pouze na monolitní vyměnitelné karbidové frézovací hlavice⁴² MULTI-MASTER. Do výběru nástrojů zasahují tři parametry, které jsou uvedené na výkresu,

42 Ukázka vyměnitelné karbidové frézovací hlavice MULTI-MASTER je zobrazena na obrázku (Obr. 61).

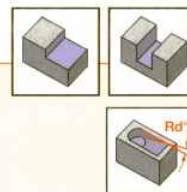
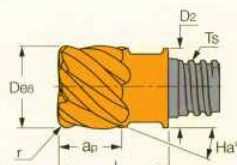
a těmi jsou šířka drážky, hloubka drážky a materiál obrobku. Jelikož na šířku drážky a drsnost jejích stran nejsou kladeny příliš vysoké požadavky, je možné pro obrobení zvolit průměr frézy, která je shodná se šířkou drážky. V knize *Strojírenská technologie 3* od J. Řasy a V. Gabriela je uvedeno, že drsnosti povrchu drážky Ra 6,3 s čelními válcovými frézami dosáhnout lze ([16] s. 83). Hledají se tedy frézovací hlavice s průměrem 11 milimetrů. Protože má drážka nějakou předepsanou hloubku, musí se zvolit takový nástroj, aby se s ním dalo dostat až na dno drážky. Poněvadž se výběr fréz omezil na monolitní frézovací hlavice, délka nástroje bude řešena až při výběru stopky pro frézovací hlavice. Materiál obrobku hraje roli při volbě materiálové sorty povlaku frézovací hlavice. V případě vertikální drážky není u nástroje výkresem ovlivněn rádius špičky, protože rádius vzniklý po obrobení na dně vertikální drážky se obrobí při výrobě horizontální drážky. Je možno tedy zvolit nástroje s libovolným ráduisem špičky. Pokud je ovšem rádius špičky příliš malý, tak je tato oblast vystavena velké zátěži ze strany řezných sil a tepelného namáhání a to vede k jejímu nadměrnému namáhání a ke zvýšené možnosti opotřebení. Naproti tomu příliš velký rádius špičky má nepříznivý vliv na výslednou jakost obrobeného povrchu, dále na řezné síly a na stabilitu řezu. Vhodný rádius špičky pro průměr frézy 10 mm je okolo 0,5 milimetru. Do zadání se tedy uvede poznámka, že se má zvolit frézovací hlavice s ráduisem špičky 0,5 milimetru.

V katalogu se vyhledá kapitola, která obsahuje monolitní frézovací vyměnitelné hlavice MULTI-MASTER. V kapitole ani jinde v katalogu není uveden žádný systém katalogových čísel, hlavice je tudíž nutné vyhledat listováním v kapitole. Frézovací hlavice s průměrem 11 mm nejsou v katalogu nabízeny. Vyhledají se tedy nástroje s nejvyšším menším průměrem, který je 10 mm. Jelikož je průměr frézy menší než šířka drážky, tak se bude muset drážka dále rozšířit dodatečným obrobením. Vyhovujícími hlavicemi s průměrem 10 mm a ráduisem špičky 0,5 milimetru jsou MM EC-4, MM EC-6 a MM EC-CF. Po stránce průměru a ráduisu špičky ještě vyhovuje hlavice MM EA, u té je ale výslovně napsáno, že je určena pro obrábění hliníku, tudíž jí do vyhovujících hlavic zařadit nelze, protože materiál obrobku je litina. Pro vybrané hlavice se vyhledají katalogová čísla. Ty jsou uvedené vlevo v prvním sloupečku hlavní tabulky nástroje, která je pro ukázkou zobrazená na obrázku (Obr. 61). Jedná se o výřez z hlavní tabulky pro frézovací hlavici MM EC-D.

MULTI-MASTER INDEXABLE SOLID CARBIDE LINE

MM EC-6

6 břitů monolitní karbidové výměnné frézovací hlavice
s různými ráduisy na rohu a úhly šroubovice 30° a 45°



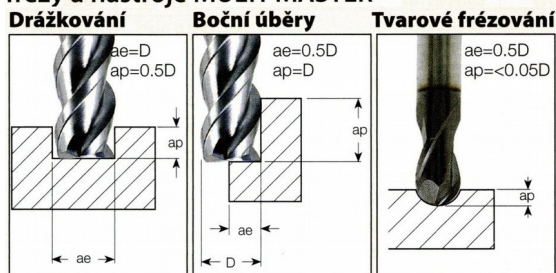
| Označení | Rozměry | | | | | | | | | IC908 | Doporuč. podm. obrábění fz (mm/zub) |
|----------------------|---------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-----|-------|-------------------------------------|
| | D | Břítů | ap | r | Ts | D2 | l | Ha° | Rd° | | |
| MM EC100A07R0.5-6T06 | 10.00 | 6 | 7.00 | 0.50 | T06 | 9.60 | 13.00 | 30.0 | 6.0 | ● | 0.03-0.10 |
| MM EC100A07R1.0-6T06 | 10.00 | 6 | 7.00 | 1.00 | T06 | 9.60 | 13.00 | 30.0 | 6.0 | ● | 0.03-0.10 |
| MM EC100A07R1.5-6T06 | 10.00 | 6 | 7.00 | 1.50 | T06 | 9.60 | 13.00 | 30.0 | 6.0 | ● | 0.03-0.10 |
| MM EC100B07R0.5-6T06 | 10.00 | 6 | 7.00 | 0.50 | T06 | 9.60 | 13.00 | 45.0 | 3.0 | ● | 0.04-0.10 |

Obr. 61 Výřez z hlavní tabulky s monolitní karbidovou výměnnou frézovací hlavicí MM EC-D [3].

Ke zvoleným nástrojům se dále určí řezné podmínky. Doporučené posuvy, jenž jsou uvedené přímo v hlavní tabulce, jsou pouze obecné. Ukázka části hlavní tabulky s doporučenými posuvy je zobrazená na obrázku (Obr. 61). U těchto posuvů se nerozlišuje, zdali se s frézou budou frézovat drážky, či bude-li použita na boční úběry. Takto jsou posuvy rozdělené až v tabulce, kterou obsahuje uživatelská příručka na konci kapitoly. Výřez z tabulky lze vidět na obrázku (Obr. 62). V poznámkách v zadání bude uvedeno, že se mají zvolit posuvy podle použité aplikace, a tudíž nebudou vyhovovat ty, které jsou uvedené v hlavní tabulce frézovací hlavičky. Tabulka na obrázku (Obr. 62) je určená pro posuvy monolitních fréz a nástrojů MULTI-MASTER. Hodnoty posuvů jsou rozdělené podle tří aplikací. Těmi jsou drážkování, boční úběry a tvarové frézování. V případě tohoto příkladu se jednoznačně jedná o aplikaci drážkování. Posuvy jsou v tabulce uvedené pomocí intervalu od minimální do maximální hodnoty. Jelikož se v tabulce nezahrnuje materiál povlaků nástrojů a posuvy se vybírají pouze podle aplikace a průměru nástroje, tak všechny vybrané frézovací hlavičky s průměrem 10 mm mají interval posuvu od 0,035 do 0,090 milimetru na zub.

V tabulce jsou uvedené i vzorečky pro doporučenou hloubku a_p a šířku řezu a_e . Jako jeden z úkolů bude i to, aby student napsal doporučenou hloubku řezu a_p podle zvolené aplikace. Ta se tudíž bude muset vypočítat ze vzorečků z tabulky, která je na obrázku (Obr. 62). Vzoreček uvádí, že doporučená hloubka řezu a_p je polovina průměru, takže pro vybrané nástroje s průměrem 10 mm je doporučená hloubka řezu a_p 5 mm. Hlavní tabulka nástroje, která je na obrázku (Obr. 61), také obsahuje hloubku řezu a_p . Ta je zobrazená na obrázku vpravo dole. Tato hloubka řezu a_p ale však uvádí maximální možnou hloubku řezu daného nástroje

Doporučené posuvy pro monolitní karbidové frézy a nástroje MULTI-MASTER



| Drážkování | | Boční úběry/Tvar. frézování | | |
|-----------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| D _{mm} | F _z (min) | F _z (max) | F _z (min) | F _z (max) |
| 1 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 0.007 |
| 10 | 0.035 | 0.090 | 0.030 | 0.098 |
| 20 | 0.050 | 0.15 | 0.05 | 0.170 |
| 25 | 0.060 | 0.15 | 0.06 | 0.180 |

Obr. 62 Výřez z tabulky s doporučenými posuvy pro monolitní karbidové frézy a nástroje MULTI-MASTER [3].

Monolitní karbidové stopkové frézy

| Mat. č. | IC900 | IC903 |
|---------|-----------|-----------|
| 15 | 80 - 260 | 80 - 250 |
| 16 | 130 - 240 | 130 - 240 |
| 17 | 150 - 280 | 150 - 270 |
| 18 | 90 - 280 | 90 - 270 |
| 19 | 150 - 280 | 150 - 270 |
| 20 | 140 - 240 | 140 - 240 |

Obr. 64 Výřez mat. skupiny K z tabulky s řeznými rychlostmi pro frézovací hlavičky MULTI-MASTER [3].

Volba typu karbidu pro stopkové frézy MULTI-MASTER

| | |
|---------------------|-------------|
| Materiálová skupina | ISO K |
| | 15-20 |
| Tvrdší | Litina |
| | IC903 |
| Houževnatější | IC900/IC908 |

■ První volba

Obr. 63 Výřez z tabulky s vhodnostmi sort pro litiny u nástrojů MULTI-MASTER [3].

Jako poslední je pro nástroje zapotřebí zvolit řezné rychlosti. Ty jsou uvedené v tabulce na konci kapitoly. Výřez z tabulky je zobrazený na obrázku (Obr. 64). Při volbě řezné rychlosti je nutné znát materiálovou sortu povlaku nástroje a materiálové číslo zadaného materiálu na výkresu. Sorta povlaku je uvedená přímo v hlavní tabulce nástroje, kterou je možné vidět na obrázku (Obr. 61). Všechny vybrané hlavičky jsou nabízeny pouze v jedné sortě povlaků a tou je sorta s označením IC908. V tabulce s řeznými rychlostmi jsou ale uvedené řezné rychlosti pouze pro sorty povlaků IC900, IC903, IC300 a IC08. Pro sortu IC908 tudíž není řezná rychlost v tabulce uvedena. Ve vlastnostech sort povlaků se lze dozvědět, že je sorta IC908 určená pro obrábění

zcela stejných materiálů jako sorta IC900. Rozdíl je pouze v tom, že u sorty IC908 je navíc uvedeno, že snáší přerušovaný řez, nepříznivé podmínky a má velkou odolnost proti vrubovému opotřebení a tvorbě nárůstku [3]. Z tohoto důvodu se pro sortu IC908 budou hledat řezné rychlosti ve sloupečku, který odpovídá sortě IC900. Tato informace, že jsou sorty IC908 a IC900 obdobné, bude uvedena v poznámkách u zadání příkladu, aby studenta při řešení příkladu nezdržovala.

Nicméně je u sorty IC908 ještě důležité určit, zdali je vhodná pro obrábění materiálu obrobku. Materiál obrobku je materiál 42 2425, což je litina s lupínkovým grafitem. To, že se jedná o litinu s lupínkovým grafitem ale nebude mít student v zadání napsané. U tohoto materiálu se dá po převedení do jiné normy značení v tabulkách s materiálovými skupinami zjistit o jaký materiál se jedná. V poznámkách zadání se uvede, že jiné značení materiálu 42 2425 je GG25 podle normy DIN. Podle tohoto označení je možné zjistit, že se jedná o litinu. Sorty povlaků tedy musí být určené pro obrábění litiny. To se zjistí v tabulce s vhodnostmi sort, která je pro ukázkou zobrazená na obrázku (Obr. 63). Jedná se o výřez z tabulky, ve kterém jsou uvedené vlastnosti pouze pro litiny. V této tabulce se dá vidět, že obě sorty jsou určené pro obrábění litin. Lze také vidět, že sorty IC908 a IC900 jsou uvedené společně na jednom řádku a navíc jsou ještě obě označené modrým pruhem, který značí výběr první volby⁴³. To posiluje argument, který byl napsán výše, že se pro sortu IC908 budou hledat řezné rychlosti ve sloupci, který odpovídá sortě IC900.

Již se zjistil materiál obrobku a sorty s jejich vlastnostmi, tak už zbývá jen zjistit materiálové číslo materiálu obrobku. Číslo je uvedené v tabulkách s materiálovými skupinami, kde se vyhledá podle označení GG25 normy DIN. Materiálu obrobku na výkresu odpovídá číslo 16. Jak se vyhledá materiálové číslo materiálu obrobku je uvedené v analýze na straně 19. Nyní jsou již známy všechny informace potřebné pro určení řezných rychlostí. V tabulce s řeznými rychlostmi, která je na obrázku (Obr. 64), se zjistí, že pro sortu IC900 je uvedena řezná rychlost v rozsahu od 130 do 240 metrů za minutu. Na obrázku (Obr. 64) je výřez z tabulky, na kterém jsou řezné rychlosti pouze pro litiny a sorty IC900 a IC903. Jako poslední je potřeba pro frézovací hlavice zvolit stopka. Postup výběru stopky bude popsán pro nástroje na výrobu horizontální a vertikální drážky dohromady, který bude uveden na konci volby nástroje pro vertikální drážku.

Jako další je třeba zvolit nástroj pro výrobu horizontální drážky. Na to je zapotřebí zvolit nástroj na výrobu T-drážek. V katalogu se tedy vyhledá kapitola, která tyto nástroje obsahuje. U těchto nástrojů zasahuje do výběru několik parametrů, které jsou uvedené na výkresu. Těmi jsou šířka a výška horizontální drážky, vzdálenost dna drážky od povrchu součásti, šířka vertikální drážky, rohový rádius a materiál obrobku. Šířka, výška a rohový rádius omezují nástroj tím, že průměr nástroje musí být maximálně 19⁴⁴ milimetrů, šířka břitu maximálně 9 milimetrů a rádius špičky musí být 0,5 milimetru. Parametry vzdálenosti dna drážky od povrchu součásti a šířka vertikální drážky ovlivňují výběr stopky nástroje. Stopka musí být dostatečně dlouhá a musí být užší než šířka vertikální drážky. Materiál obrobku hraje roli při volbě materiálové sorty povlaku frézovací hlavice.

Nástroje se shodnými rozměry jako má drážka nejsou v katalogu k dispozici. T-drážku je možno vyrobit i tak, že se vyrobí na vícero přísuvů a to jak šířka, tak i výška drážky. Při zvolení nástroje

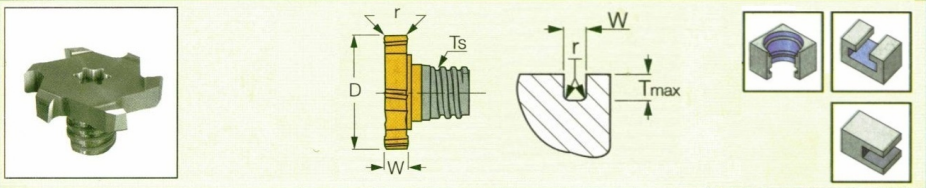
43 Značení první volby je vysvětleno v analýze na straně 17.

44 K nominální hodnotě šířky drážky, která je 18 mm, byla připočtena hodnota horní tolerance, která je 1 mm.

s menšími rozměry než má drážka zasahuje do výběru další důležitého parametru. Tím je hloubka jednotlivých bočních drážek. Jelikož se jedná o symetrický prvek, tak je hloubka bočních drážek stejná. Tento rozměr není na výkresu uvedený, ale lze jej z kót na výkresu dopočítat, a to tak, že se od šířky horizontální drážky odečte šířka vertikální drážky a výsledná hodnota se následně vydělí dvěma. Jedná se tedy o rozdíl poloviny šířky vertikální drážky a poloviny šířky horizontální drážky. V případě T-drážky na vybraném výkresu vyjde, že největší hloubka jednotlivé boční drážky je 4 milimetry⁴⁵. Je tedy nutné zvolit takový nástroj pro výrobu T-drážek, který má rozdíl poloviny průměru stopky a poloviny průměru obráběcí části větší než 4 milimetry, a to z toho důvodu, aby při obrábění nedošlo ke styku stopky nástroje se stěnou vertikální drážky. Tento rozdíl je v katalogu označený jako T_{max} . Nástroj tedy musí mít tento rozměr T_{max} větší než 4 mm. Hodnotu T_{max} lze vidět u obrázku nástroje, který je v hlavní tabulce frézy na obrázku (Obr. 65). Obrázek (Obr. 65) je výřez z tabulky nástroje pro vyměnitelnou frézovací hlavici MM TS-H.

Vyhledávají se tedy nástroje s rozměry menšími než jsou rozměry drážky, a hlavně nástroje které mají rozměr T_{max} větší než 4 mm. Těmto kritériím odpovídá pouze jeden nástroj, kterým je vyměnitelná frézovací hlavice MM TS-H z řady nástrojů MULTI-MASTER. Průměr nástroje je 16,50 mm, který má šířku břitu 4 mm a rozměr T_{max} 4,25 mm. Tabulku nástroje lze vidět na obrázku (Obr. 65). Zvolený nástroj je na třetí řádce v tabulce.

MULTI-MASTER
INDEXABLE SOLID CARBIDE LINE
MM TS-H
Vyměnitelné frézovací hlavice pro výrobu T- drážek (s různým rádiusem na rohu břitu)



| Mat. číslo | MM-TS | | |
|------------|------------------|-------------------------|------|
| | Rychlost V m/min | Posuv Fz (min) Fz (max) | |
| 15 | 160-220 | 0.10 | 0.20 |
| 16 | 120-200 | 0.10 | 0.15 |
| 17 | 100-140 | 0.10 | 0.20 |
| 18 | 80-100 | 0.10 | 0.15 |
| 19 | 180-250 | 0.10 | 0.20 |
| 20 | 160-220 | 0.10 | 0.15 |

| Označení | Rozměry | | | | | | IC328 | Klíč |
|---------------------|---------|-------|--------|------------------|------|-----|-------|---------|
| | D-0.05 | Břítů | W±0.02 | T _{max} | r | Ts | | |
| MM TS135-H30D-06T05 | 13.50 | 6 | 3.00 | 2.65 | 0.40 | T05 | ● | T-20/3* |
| MM TS135-H40D-06T05 | 13.50 | 6 | 4.00 | 2.65 | 0.40 | T05 | ● | T-20/3* |
| MM TS165-H40A-06T05 | 16.50 | 6 | 4.00 | 4.25 | 0.20 | T05 | ● | T-20/3* |
| MM TS165-H30D-06T06 | 16.50 | 6 | 3.00 | 3.25 | 0.40 | T06 | ● | T-25/3* |
| MM TS165-H40D-06T06 | 16.50 | 6 | 4.00 | 3.25 | 0.40 | T06 | ● | T-25/3* |
| MM TS195-H60A-06T06 | 19.50 | 6 | 6.00 | 4.45 | 0.20 | T06 | ● | T-25/3* |
| MM TS225-H60A-06T06 | 22.50 | 6 | 6.00 | 5.95 | 0.20 | T06 | ● | T-25/3* |

Obr. 65 Výřez z hlavní tabulky vyměnitelné frézovací hlavice pro výrobu T-drážek MM TS-H [3].

Obr. 66 Výřez mat. skupiny K z tabulky s řeznými rychlostmi pro hlavici na výrobu T-drážek [3].

Tento nástroj ale neodpovídá kritériu rádiusu špičky, který má být 0,5 milimetru, jak je uvedeno na výkresu. Zvolený nástroj má rádius špičky 0,2 milimetru. Jelikož by kvůli této podmínce žádný nástroj nevyhovoval, tak bude v zadání příkladu uvedna poznámka, že se rádiusy uvnitř drážky nebudou nevažovat.

V případě MULTI-MASTER drážkovacích fréz jsou uvedené řezné rychlosti v_c a posuvy f_z v jedné tabulce. Výřez z tabulky lze vidět na obrázku (Obr. 66). Pro frézovací hlavici MM TS-H

45 U nominálních šířek drážek se musejí započítat i příslušné tolerance. Při výpočtu maximální hloubky drážky se k nominální hodnotě horizontální drážky přičte horní tolerance 1 mm a k vertikální drážce se přičte dolní tolerance, která je 0 mm. Výpočet zní tedy takto. Šířka horizontální drážky 19 mm mínus šířka vertikální drážky 11 mm je 8 mm. Polovina z této hodnoty je 4 mm.

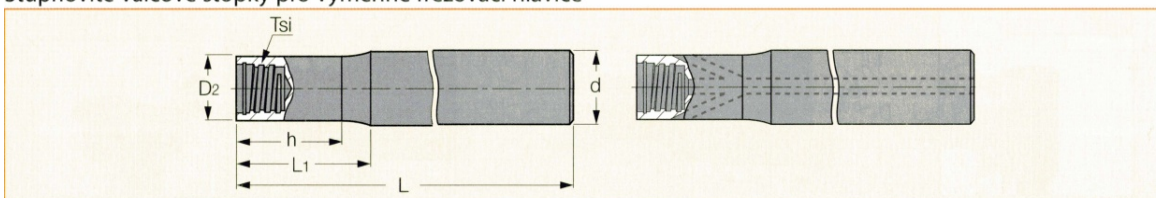
a číslo materiálu 16⁴⁶ je řezná rychlost 120 až 200 metrů za otáčku a posuv 0,1 až 0,15 milimetrů na zub.

Pro nástroje, které byly vybrány pro obrobení vertikální a horizontální drážky se nyní vyberou vhodné stopky. Výběr stopek je omezený řadou nástrojů MULTI-MASTER, dále závity vybraných hlavic a šířkou vertikální drážky. Jelikož se u obou nástrojů jedná o frézovací hlavice z řady nástrojů MULTI-MASTER, tak se z této řady musejí vybrat i stopky. Různé průměry frézovacích hlavic mají různé závity, kterým odpovídají různé rozměry stopek. Rozměr závitu u vybraných nástrojů pro vertikální drážku je označený jako T06 a rozměr závitu nástroje pro vertikální drážku je T05. Velikosti závitů je možné zjistit v hlavních tabulkách nástrojů ve sloupci s označením Ts. Stopky musejí mít menší průměr než je šířka vertikální drážky, tedy menší než 11 mm. Podle těchto kritérií vyhovují u obou typů nástrojů stopky MM S-A (stupňovité stopky), MM TS-A, MM S-B (85° kuželové stopka) a MM S-D (89° kuželové stopky). Jelikož se u kuželových stopek musí podle goniometrických funkcí ověřit jestli mají v délce 20 mm od frézovací hlavice průměr menší než je šířka vertikální drážky, tak se z výběru stopek vyřadí. U válcové stopky MM TS-A je výběr příliš jednoznačný a jednoduchý a tudíž se tato stopka z výběru také vyřadí. Volba stopky byla tedy omezena pouze na stopky MM S-A (stupňovité stopky).

MULTI-MASTER INDEXABLE SOLID CARBIDE LINE

MM S-A (stupňovité stopky)

Stupňovité válcové stopky pro výměnné frézovací hlavice



| Označení | Ts | d | D ₂ | Stopka ⁽¹⁾ | h | L ₁ | L | Mat. stopky | Chlaz. | Kg |
|-----------------------|-----|-------|----------------|-----------------------|-------|----------------|-------|-------------|--------|------|
| MM S-A-L070-C08-T05-W | T05 | 8.00 | 7.60 | C | 18.90 | 20.0 | 70.00 | W | Ne | 0.07 |
| MM S-A-L090-C08-T05-C | T05 | 8.00 | 7.60 | C | 38.00 | 40.0 | 90.00 | C | Ne | 0.06 |
| MM S-A-L075-C10-T06-H | T06 | 10.00 | 9.55 | C | 18.80 | 20.0 | 75.00 | S | Ano | 0.04 |
| MM S-A-L090-C10-T06-C | T06 | 10.00 | 9.60 | C | 38.00 | 40.0 | 90.00 | C | Ne | 0.01 |
| MM S-A-L090-C10-T06-W | T06 | 10.00 | 9.55 | C | 17.20 | 20.0 | 90.00 | W | Ne | 0.12 |

Obr. 67 Výřez z hlavní tabulky stupňovité stopky MM S-A [3].

Výřez z hlavní tabulky pro stupňovité stopky MM S-A je zobrazený na obrázku (Obr. 67). Tyto stopky jsou s potřebnými závity T05 a T06 nabízeny v několika délkách. Jak bylo napsáno výše v metodice tvorby příkladů pro frézování drážek pro pero, tak vyložení nástroje má vliv na jeho opotřebení a na kvalitu obrobeného povrchu. O této problematice se lze dočíst ve článku *Vliv vyložení nástroje na řezné síly a jakost obrobeného povrchu při frézování austenitické oceli* od skupiny autorů⁴⁷. Autoři v ní zmiňují skutečnost, že čím menší je vyložení nástroje, tím vyšší je trvanlivost nástroje a lepší kvalita obrobeného povrchu [13]. V případě součásti na výkresu Deska motoru se sice nejedná o frézování austenitických ocelí, nýbrž o frézování litin, ale fakt, že vyložení nástroje ovlivňuje přesnost a jakost povrchu při obrábění platí všeobecně u všech materiálů. Je tedy žádoucí zvolit stopku s co nejmenším vyložení. Mezi kuželovým přechodem na stopce a povrchem součásti je ale zapotřebí, aby byla nějaká rezerva, a to proto, aby nedošlo

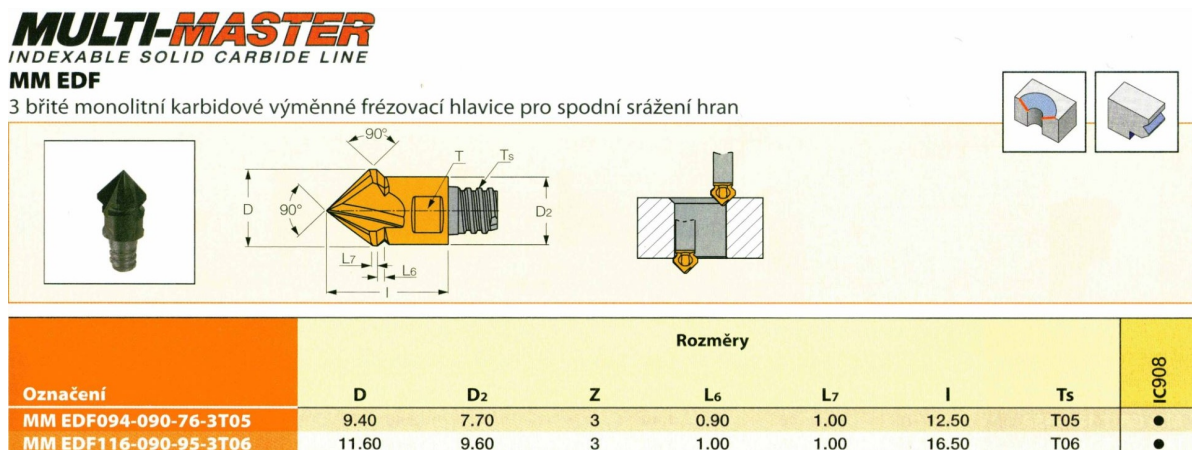
46 Jedná se pořád o stejný materiál jako při frézování vertikální drážky.

47 Fulemová, Jaroslava, Ing.; Janda, Zdeněk, Ing.; Řehoř, Jan, Ing., Ph. D.

ke styku stopky s povrchem součásti. Do poznámek v zadání se uvede požadavek, aby byly vybrány stopky s nejmenším možným vyložení, které ale mají mezi kuželovým přechodem a povrchem součásti rezervu alespoň 3 milimetry.

U stupňovité stopky je potřeba dát pozor na délku prvního pracovního stupně, která je na obrázku (Obr. 67) označená písmenem h. Tato hodnota společně s výškou frézovací hlavičky musí být větší než je hloubka vertikální drážky, což je 20 mm. U nástroje zvoleného pro obrobení vertikální drážky musí mít stopka délku prvního minimálně 10 mm⁴⁸ a u nástroje zvoleného pro horizontální drážku minimálně 19 mm⁴⁹. Pro nástroje z první operace vyhovuje stupňovitá stopka MM S-A se závitem T06, která má délku prvního stupně h 17,2 mm a celkovou délkou L 90 mm. Pro drážkovací frézovací hlavičku vyhovuje stupňovitá stopka MM S-A se závitem T05, která má délku prvního stupně h 38 mm a celkovou délkou L 90 mm. U vybraných stopek se vyhledají katalogová čísla, která jsou uvedena v levém sloupci hlavní tabulky stupňovité stopky MM S-A, která je zobrazená na obrázku (Obr. 67).

Jako poslední je zapotřebí zvolit nástroj pro obrobení sražení na vertikální drážce. Pro tuto operaci se zvolí nástroj s úhlem hlavního ostří 45°. Pro ukázkou nástroje s úhlem hlavního ostří 45° byla zvolena frézovací hlavička MM EDF, která je zobrazena na obrázku (Obr. 68).



Obr. 68 Ukázkou z nástrojů s úhlem hlavního ostří 45° [3].

Jelikož se v tomto komplexním příkladu jedná už o třetí volbu nástroje, tak se do zadání uvede, aby se pro tento nástroj zvolila stejná stopka jako pro vybranou drážkovací frézu pro výrobu horizontální drážky. Tímto se hledání omezí na frézovací hlavičky MULTI-MASTER s velikostí závitu T05. V kapitole s nástroji MULTI-MASTER se tedy vyhledají nástroje s úhlem hlavního ostří 45°, které mají závit s označením T05. Podle těchto parametrů vyhovují hlavičky MM HCD, MM HDF a MM EDF. U těchto nástrojů se zjišťují hodnoty řezných podmínek a posuvů zcela stejně jako u nástrojů pro obrobení vertikální drážky. Pouze při určování posuvů se hledají hodnoty ve sloupci, který je určený pro boční úběry. Tabulka s posuvy je zobrazená na obrázku (Obr. 62) a tabulka s řeznými posuvy je zobrazená na obrázku (Obr. 64). Některé frézovací hlavičky pro srážení hran mají průměry, které nejsou v tabulce pro posuvy obsaženy. Pro tyto hlavičky se v tabulce zvolí posuvy, které jsou uvedeny u nejbližšího menšího průměru. Tato

48 Součet výšky frézovací hlavičky a délky prvního stupně se musí rovnat součtu hloubky drážky a stanovené rezervy. Jelikož je výška u všech frézovacích hlaviček 13 mm, hloubka drážky 20 mm a rezerva byla stanovena na 3 mm, tak délka prvního stupně stopky musí být minimálně 10 mm.

49 Jako u předchozí poznámky pod čarou 48, ale v tomto případě má frézovací hlavička výšku 4 mm.

informace se uvede do poznámek v zadání. Pro všechny vybrané hlavice s úhlem ostří 45° je řezná rychlost v_c 120 až 200 metrů za minutu. Posuv f_z je u frézovacích hlavic MM HCD, MM HDF a MM EDF od 0,030 do 0,088 mm/zub. U vybraných hlavic se vyhledají katalogová čísla. Výsledné hodnoty všech vybraných nástrojů jakožto správné výsledky jsou uvedené v příloze B s výsledky.

V zadání pro samostatný příklad pro nástroj na sražení hran bude v poznámkách uvedeno, aby se zvolila frézovací hlavice pro MULTI-MASTER válcovou stupňovitou stopku MM S-A se závitem T05, délkou prvního pracovního stupně h 38 mm a celkovou délkou L 90 mm. Díky tomuto omezení vyjdou stejné frézovací hlavice s úhlem hlavního ostří 45° se stejnými řeznými podmínkami jako u zadání komplexního příkladu.

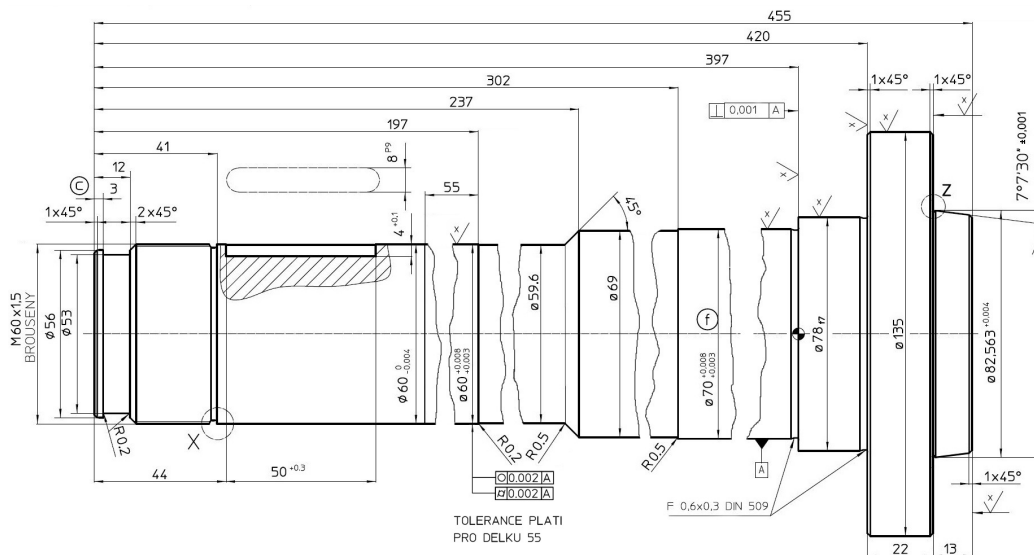
3.5 Příklady pro katalog „Iscar – Nástroje pro soustružení“

Katalog od společnosti Iscar s nástroji pro soustružení neobsahuje žádné jedinečnosti, kterými by se lišil od vybraných katalogů ostatních firem. Pro tento příklad se tedy vytvoří příklady, které budou na nástroje pro obecnější soustružení. V katalogu je možnost kompletního určení řezných podmínek, které je vhodné v tvorbě příkladů využít.

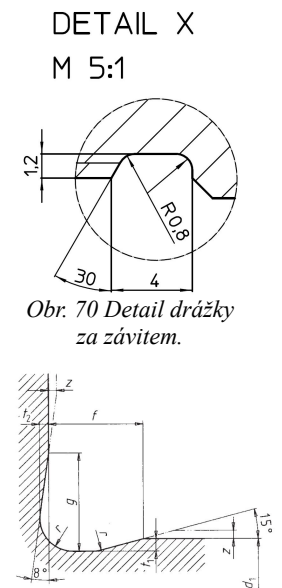
3.5.1 Metodika tvorby příkladů – Soustružení

Protože tento katalog není ničím jedinečný a obsahuje obecné soustružnické nástroje, tak se ukázal jako vhodný pro tvorbu komplexního příkladu, u kterého bude zapotřebí zvolit minimálně tři nástroje. Bylo tedy potřeba najít výkres součásti, pro jejíž výrobu je zapotřebí minimálně třech soustružnických nástrojů. Z dostupných výkresů by vybrán výkres Vřeteno s číslem KTO-KR-P4-IS-P123A, na kterém jsou vnější a vnitřní rotační plochy. V tomto příkladu bude za úkol zvolit nástroje pro obrobení všech vnějších rotačních ploch a prvků, které jsou vlevo od příruby včetně levého čela a válcové plochy příruby s průměrem 135 mm. Je vhodné počítat s přeběhem nástroje o několik milimetrů za šířku příruby 22 mm, tak aby se dalo z druhé strany na tvar dobře navázat. Příruba je vidět na výřezu z výkresu zobrazeného na obrázku (Obr. 69).

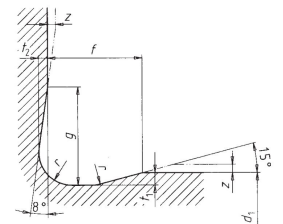
Vlevo od příruby jsou válcové plochy s průměry 56 mm, 53 mm, 60 mm s dolní tolerancí $-0,004$ mm a nulovou horní tolerancí, 60 mm s dolní tolerancí $+0,003$ mm a horní tolerancí $+0,008$ mm, 59,6 mm, 69 mm, 70 mm s dolní tolerancí $+0,003$ mm a horní tolerancí $+0,008$ mm, 78 mm s tolerancí $f7$ a 135 mm. Dále závit $M60 \times 1,5$, pravoúhlý zápich se šířkou 9 mm, zápich za závitem, který je vidět na detailu X zobrazeném na obrázku (Obr. 70) a dvou normalizovaných zápichů typu F. Tvar zápichu F je zobrazený na obrázku (Obr. 71), což je obrázek převzatý z německé normy pro zápichy DIN 509, na kterém je většina kót pouze obecných. Důležité úhly, kterými jsou úhel na straně přilehlého čela a úhel na straně válcové části jsou na něm ale uvedené. Také se ještě jedná o kuželový přechod o úhlu 45° , sražení na čele součásti, přírubě a před závitem, které jsou všechny 45° a jako poslední o levé čelo obrobku a čelo osazení a příruby. Výkres Vřeteno je obsažený v příloze A. V rohovém razítku je uvedené, že materiál obrobku je nízkolegovaná ocel s označením 15 230.7.



Obr. 69 Výřez součásti z výkresu Vřeteno KTO-KR-P4-IS-P123A.



Obr. 70 Detail drážky za závitem.



Obr. 71 Normalizovaný zápich typu F [17].

Na výkresu jsou vlevo od příruby ještě kromě tolerancí rozměrových i tolerance geometrické. Tolerance kolmosti s hodnotou 0,001 mm, která je na čele osazení s průměrem 78 mm a tolerancí f7. Kolmost se vztahuje k základně A, kterou je válcová plocha o průměru 70 mm s dolní tolerancí +0,003 mm a horní +0,008 mm. Tato válcová plocha, která je základnou A, má předepsanou toleranci kruhovitosti a válcovitosti s hodnotou 0,002 mm. Toleranci kruhovitosti a válcovitosti 0,002 mm má i válcová plocha s průměrem 60 mm s dolní tolerancí +0,003 mm a horní +0,008 mm.

Rozměrové a geometrické tolerance na těchto průměrech, kromě průměru 78f7, jsou v setinách milimetrů a soustružením jich nelze dosáhnout. Jak uvádějí autoři Jaroslav Rása a Vladimír Gabriel v knize *Strojírenská technologie 3*, tak jemným soustružením s nástrojem ze slinutého karbidu je možné dosáhnout nejvyšší přesnosti IT7 ([6] s. 53). Tato přesnost je u průměrů od 50 mm do 80 mm tři setiny milimetru, tudíž přesnosti v tisícinách soustružením dosáhnout nelze. Aby se u tolerovaných ploch dosáhlo požadovaných tolerancí, tak je nutno tyto plochy brousit. Pro broušení je potřeba ponechat přídavek. U této součásti je přídavek pro broušení ovlivněn tepelným zpracováním součásti a sice nitridováním. Vlivem tepelného zpracování dojde u součásti ke změně rozměrů, ty jsou ale u nitridování velmi nepatrné a tudíž se ponechá pro plochy přídavek 0,1 až 0,2 milimetru.

Tolerance f7 u průměru 78 mm má toleranční rozsah tři setiny milimetru, a tudíž by se průměr 78 mm s touto tolerancí dal teoreticky vyrobit soustružením. Jestli je u tohoto průměru vhodnější zvolit soustružení nebo broušení závisí na velikosti dávky. Během obrábění břitová destička mění rozměry a ztrácí svoji přesnost, takže u počtu několika desítek obrobků by musela být destička často měněna nebo by musela být obsluhou stroje neustále korigována pomocí rozměrových korekcí, takže u větší velikosti dávky je z tohoto důvodu vhodnější průměr 78f7 brousit. U tohoto příkladu bude uvažována středně až velkosériová výroba, takže i u průměru 78 mm s tolerancí f7 bude zvolena technologie broušení. Pro tuto plochu se nechá přídavek 0,1 až 0,2 mm. Tomu že je zapotřebí broušení nasvědčují i tvarové zápichy F a odlehčení u průměru

59,6 mm. Ty jsou na součásti pravděpodobně kvůli snadnějšímu broušení funkčních ploch. Aby bylo možno s brusným kotoučem brousit funkční plochy v celé délce. Dále tomu nasvědčuje i uvedená drsnost tolerovaných ploch Rz 6,3⁵⁰. Drsnost Rz 6,3 odpovídá střední aritmetické drsnosti povrchu Ra 0,8 a ta je broušením běžně dosažitelná. Jelikož je na výkresu u závitů M60 × 1,5 uvedený požadavek pro broušení, tak je nutné pro závit ponechat přídavek, který bude mít velikost 0,1 mm. Určení přídavků pro obrábění je pro výrobu součásti velmi důležité, nicméně jejich určení nebude úkolem tohoto příkladu.

Pro výrobu ploch vlevo od příruby je zapotřebí vyhrubovat základní tvar, dokončit základní tvar, dále vyrobít zápichy a závit. V současné době je sice možno na některých NC soustruzích vybavených zařízení pro pohánění nástrojů v revolverové hlavě drážku pro pero vyrobít, ale tento katalog s nástroji pro soustružení nástroje pro výrobu drážek pro pero neobsahuje. Tento katalog bohužel z neznámých důvodů nenabízí nástroje pro zapichování, i když zapichování patří do technologie soustružení. Je možné, že firma Iscar má pro zapichovací nástroje speciální samostatný katalog. Protože jsou ale úlohy vždy tvořené pro jeden katalog a pro nástroje, které jsou v něm obsažené, tak se v tomto příkladu nástroje pro pravoúhlý zápich a drážku pro pero volit nebudou. V místě zápichu bude ponechán průměr 56 mm.

Při volbě nástrojů omezuje jejich výběr tvar součástí. Je třeba zvolit takové nástroje, se kterými je možné tvar součásti vyrobít. Veliký vliv na výběr nástroje má přítomnost přilehlých čel na součásti. Součást na obrázku (Obr. 69), pro kterou je za úkol zvolit nástroje, má několik těchto přilehlých čel. Ta jsou u osazení, u příruby a v zápichu za závit⁵¹, který je na obrázku (Obr. 70). Tato místa ovlivňují u nástrojů úhel nastavení hlavního ostří κ_r . Toto se nemusí u volby nástroje pro výrobu závitů řešit, protože závitový nůž nedojíždí k čelu.

Pro hrubování je potřeba, aby byl zvolen takový nůž, který má úhel hlavního ostří κ_r 90° nebo více. U nástroje pro dokončování je třeba zvolit takový nástroj, který má úhel hlavního ostří κ_r větší než 90°. To z toho důvodu, že se s tímto nástrojem bude soustružit kontura, při jejímž obrábění není vektor posuvové rychlosti pouze v axiálním směru, jak tomu je při hrubování, ale také ve směru radiálním a sice ve směru od osy k většímu průměru. Takže kdyby byl při axiálním posuvovém vektoru úhel hlavního ostří κ_r 90°, tak ve chvíli, kdy se tento vektor změní na radiální ve směru od osy obrobku, tak by byl úhel nastavení hlavního ostří nulový, což je při obrábění nepřijatelné. Úhel nastavení vedlejšího ostří κ_r' u těchto dvou nástrojů musí být vždy kladný a to z toho důvodu, že vedlejší ostří musí být odlehčené. Student si tedy musí uvědomit, že je zapotřebí zvolit rohové soustružnické nože.

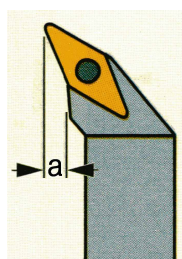
Volbu nástrojů pro výrobu tvarových zápichů neovlivňuje pouze úhel nastavení hlavního ostří κ_r , ale i úhel nastavení vedlejšího ostří κ_r' . To z toho důvodu, že je nutné se s nástrojem vnořit do dna zápichu pod příslušným úhlem. Úhel nastavení vedlejšího ostří κ_r' určuje úhel pod kterým sjíždí nástroj do zápichu a ten musí být s úhlem κ_r' minimálně shodný, je ale žádoucí, aby byl úhel κ_r' o něco větší kvůli odlehčení břitu. Nástroj pro výrobu zápichu za závit⁵², který je na obrázku (Obr. 70), musí mít úhel nastavení vedlejšího ostří κ_r' minimálně 60° a protože je v zápichu přilehlé čelo, tak úhel hlavního ostří κ_r musí být větší než 90°. Pro zápich typu F, který je na obrázku (Obr. 71), je potřeba, aby byl zvolen nástroj s úhlem κ_r' minimálně 15°. Jelikož

50 Rz – výška nerovnosti povrchu určená z 10 bodů

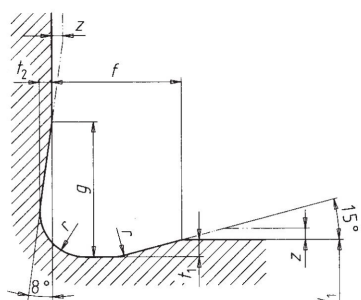
51 Vlevo od příruby má přilehlá čela ještě pravoúhlý zápich, ale pro ten se z výše uvedených důvodů nástroj volit nebude.

52 Úhel 30°, který je vidět na obrázku (Obr. 70) je kótovaný od normály. Po odečtení pravého úhlu 90°, vyjde úhel 60°.

zápich F zasahuje i do přilehlého čela, tak je třeba, aby měl nástroj úhel κ_r minimálně 98° . To proto, aby se dal s nástrojem vyrobít do čela zápich, který má úhel pod kterým sjíždí nástroj do zápichu 8° . U tohoto nástroje ovlivňuje výběr ještě jeden faktor a tím je hloubka zápichu na přilehlém čele. Tato hloubka určuje, jaká musí být u nástroje vzdálenost mezi tělesem držáku a špičkou destičky. Pro ukázkou je vzdálenost mezi tělesem držáku a špičkou destičky zobrazena na obrázku (Obr. 72) kótou, která je označena písmenem a. Tato vzdálenost musí být větší než hloubka zápichu na přilehlém čele, protože kdyby tato vzdálenost byla stejná, tak by docházelo k tření tělesa držáku o obrobený povrch. Hloubku zápichu na čele označuje kóta t_2 , kterou je možné vidět v levém horním rohu na obrázku (Obr. 73), což je detail tvarového zápichu F. Hodnotu této kóty je možné nalézt v tabulce s hodnotami pro zápichy tvaru F, která je uvedena v normě DIN 908. Výřez z tabulky s hodnotami z normy DIN 509 je zobrazen na obrázku (Obr. 74).



Obr. 72
Vzdálenost mezi tělesem držáku a špičkou destičky [2].



Obr. 73 Normalizovaný zápich typu F [17].

| Type | $r^{(1)}$ $\pm 0,1$ | | t_1 $+0,1$ 0 | f $+0,2$ 0 | g | t_2 $+0,05$ 0 | Corresponding workpiece subjected to a normal stress concentration |
|---------|------------------------|----------|----------------------|--------------------|-------|-----------------------|---|
| | Series 1 | Series 2 | | | | | |
| E and F | — | 0,2 | 0,1 | 1 | (0,9) | 0,1 | Over 1,6 up to 3 |
| | 0,4 | — | | | 0,2 | | |
| E and F | | | — | 0,6 | | 2,5 | 1 |
| | 0,3 | — | | | 0,3 | | 2 |
| — | | | — | — | | — | (2,1) |
| | — | — | | | — | | — |

Obr. 74 Tabulka s hodnotami pro normalizované zápichy typu F [17].

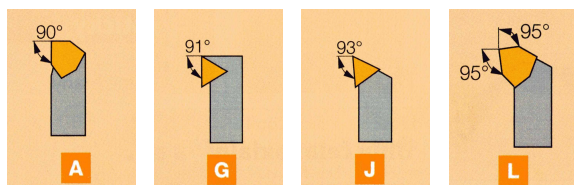
V této tabulce se podle označení zápichů F na výkresu určí hodnota t_2 . Na výkresu je uvedeno, že se jedná o zápichy s označením F $0,6 \times 0,3$ DIN 509. První znak v označení F uvádí typ zápichu, který je v tabulce v prvním sloupci. Druhý znak 0,6 uvádí rádius zápichu. Rádiusy jsou v tabulce ve druhém sloupci. Třetí znak 0,3 v označení uvádí hloubku zápichu t_1 . Hodnoty t_1 jsou v tabulce ve třetím sloupci. Při určování hodnoty t_2 hraje roli i průměr, na kterém se zápich F nachází. Na obrázku (Obr. 74) jsou v pravém sloupci uvedené rozsahy průměrů. Jelikož jsou zápichy na průměru 70 mm a 78 mm, tak se oba nacházejí v rozsahu od 18 do 80 milimetrů. Pro typ F, rádius r 0,6 mm, hloubku zápichu t_1 0,3 mm a pro průměry 70 mm a 78 mm je hodnota t_2 0,2 mm. Nástroj pro výrobu zápichů F tedy musí mít vzdálenost mezi tělesem držáku a špičkou destičky větší než 0,2 mm. Dalším důležitým závěrem je skutečnost, že u nástroje pro zápichy F je potřeba rádiusu špičky menšího než 0,6 mm.

Při tvorbě metodiky tohoto příkladu je zapotřebí postupovat jinak než jak tomu bylo u výše uvedeného příkladu jiné soustružnické operace a sice zapichování. Tam byla nejdříve zvolena břitová destička podle velikosti zápichu a poté byl pro ní vybrán příslušný držák. V tomto případě se nejdříve zvolí držák, který je vhodný pro obrobení požadovaných ploch a až poté se pro vybraný držák zvolí vhodná břitová destička. Je to nutné z toho důvodu, že je zapotřebí zvolit držák, který odpovídá výše uvedeným omezením ohledně úhlů κ_r a κ_r' . Vzhledem ke skutečnosti, že volba u všech nástrojů je omezená nastavením úhlů κ_r a κ_r' bude metodika pro všechny nástroje obdobná. Na tyto nástroje je proto možno udělat metodiku dohromady. Pro nástroj na výrobu závitu bude vytvořena metodika samostatně.

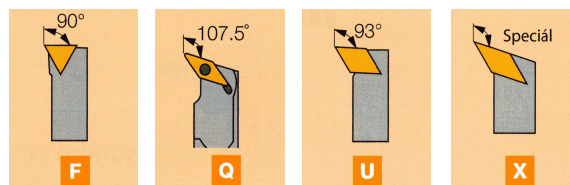
Pro volbu držáku pro hrubování, dokončování a pro výrobu zápichů se v katalogu vyhledá kapitola se soustružnickými nástroji. Hned na jejím začátku je uvedený systém označování

nožových držáků. Pomocí známých informací lze v systému omezit výběr ze všech v katalogu obsažených držáků, a proto je vhodné jej použít. Podrobný popis systému označování je popsán v analýze na straně 13. Jediné známé informace jsou úhly nastavení hlavních a vedlejších ostří. Úhlem nastavení ostří odpovídá třetí znak katalogového čísla držáku. V tabulce, ve které jsou uvedené všechny možnosti nastavení úhlů v katalogu, je potřeba vyhledat ty možnosti, jež odpovídají kritériu nastavení úhlu hlavního a vedlejšího ostří.

V systému označování nožových držáků jsou zakótované pouze úhly nastavení hlavního ostří κ_r . U většiny držáků je úhel hlavního ostří κ_r vztažený k vektoru posuvové rychlosti v axiálním směru. Ukázka několika těchto držáků je na obrázku (Obr. 75). V katalogu jsou ale i držáky, které mají úhel hlavního ostří κ_r zakótovaný pro vektor posuvové rychlosti v radiálním směru od většího průměru směrem k ose. Ukázka několika takto zakótovaných držáků je na obrázku (Obr. 76). Nástroje s těmito označeními nastavení úhlu hlavního ostří jsou primárně určené pro soustružení čel a pro vnitřní soustružení. Tyto držáky by se zvolily až tehdy pokud by žádné držáky pro vektor posuvové rychlosti v axiálním směru, tedy držáky A, G, J a další, nevyhovovaly. Výjimkou je držák se speciálním nastavením úhlu κ_r s označením X, který je zobrazený na obrázku (Obr. 76) vpravo. Ten je sice zakótovaný pro směr vektoru posuvu v radiálním směru, ale jelikož jde o speciální držák, tak záleží na výrobcí jak speciální držák koncipuje. Některé držáky s označením X mohou být určeny pro vektor posuvové rychlosti v axiálním směru. Což lze dokumentovat nožem SVXCR/L, který bude dále ještě zmíněn.

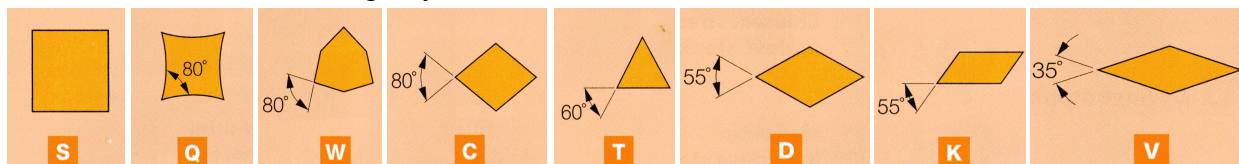


Obr. 75 Ukázka několika držáků, které mají úhel hlavního ostří vztažený k vektoru posuvové rychlosti v axiálním směru [2].



Obr. 76 Ukázka několika držáků, které mají úhel hlavního ostří vztažený k vektoru posuvové rychlosti v axiálním směru od většího průměru směrem k ose nebo pro soustružení vnitřních průměrů [2].

Pro určení nastavení vedlejšího ostří κ_r' je zapotřebí znát úhel špičky břitové destičky ϵ_r a to z toho důvodu, že součet úhlu hlavního ostří κ_r , úhlu vedlejšího ostří κ_r' a úhlu špičky břitové destičky ϵ_r musí být dohromady 180° . Úhly špiček jsou uvedené v systému katalogových čísel v tabulce s informacemi o tvarech destiček. Tvar destičky uvádí druhý znak v katalogovém čísle. Základními úhly špiček břitových destiček v tomto katalogu jsou úhly 90° , 80° , 60° , 55° a 35° . Destičky s těmito úhly jsou zobrazené na obrázku (Obr. 77), kde zleva doprava je čtvercová destička S, která má úhel špičky 90° , čtvercová destička Q s 80° , trigonometrická W s 80° , kosočtvercová C s 80° , trojúhelníková T s 60° , kosočtvercová D s 55° , rovnoběžníková K s 55° , a kosočtvercová V s úhlem špičky 35° .



Obr. 77 Ukázka několika tvarů destiček se základními úhly špiček [2].

V systému je potřeba pro jednotlivé nástroje vyhledat všechny držáky, které odpovídají výše uvedeným parametrům pro úhly nastavení hlavního a vedlejšího ostří. Pro nástroj pro hrubování

bylo určeno, že je nutnost zvolit držák s úhlem nastavení hlavního ostří κ_r 90° a více a s kladným úhlem nastavení vedlejšího ostří κ_r' . Těmto kritériím vyhovují držáky s označeními, jenž jsou zobrazené na obrázku (Obr. 75). Zleva doprava se jedná držáky s úhlem κ_r 90° s označením A, 91° s označením G, 93° s označením J a 95° s označením L. Aby u těchto držáků byl zachován požadavek na kladný úhel vedlejšího ostří, tak je zapotřebí pro držák s označením A zvolit destičky s úhlem špičky menším než 90° , pro G s úhlem menším než 89° , pro J s menším než 87° a pro držák s označením L s úhlem špičky menším než 85° . Pro tyto držáky tedy není možné zvolit čtvercové destičky, a tedy destičky s označením S a Q. Destičky s tvarem Q mají sice úhly špiček 80° , ale pořád se jedná o čtvercové destičky, u kterých by nebylo možné zajistit, aby se špičky sousedních břitů nedotýkaly v době práce aktivního břitu. Destičky s úhly špiček 80° a menšími již pro tyto držáky zvolit lze. Pro nástroj na dokončování je možné zvolit, kromě držáku s označením A, stejné držáky se stejnými destičkami jako u nástroje pro hrubování.

U nástroje pro výrobu zápichu za závitem je nutné, aby držák odpovídal úhlu hlavního ostří κ_r většího než 90° a úhlu vedlejšího ostří κ_r' většího než 60° . Těchto velikostí úhlů lze dosáhnout pouze s držákem J a X. Pro tyto dva držáky je potřeba zvolit destičky s úhly špičky menšími než 30° . Destičky s nejmenším úhlem špičky jsou destičky s tvarem V, které mají úhel špičky 35° . Jelikož pro tento držák není v katalogu nabízená žádná destička, tak nástroj pro výrobu zápichu za závitem není možné zvolit. Zápich by bylo možno vyrobít zapichovacím nožem, ale jak bylo napsáno výše, tak tento katalog nástroje pro zapichování nenabízí. Při výrobě se nechá v místě zápichu průměr 60 mm.

U výběru nástroje pro výrobu zápichu typu F je podmínka, že musí být zvolen nástroj s minimálním úhlem κ_r 98° , s minimálním úhlem κ_r' 15° , a se vzdáleností špičky destičky od držáku větší než $0,2 \text{ mm}$ ⁵³. Podle této podmínky vyhovují držáky se znakem úhlu nastavení Q a X, a to pouze s destičkami, které mají úhel špičky maximálně 67° . Tyto držáky lze použít pouze s destičkami s úhly špiček 60° , 55° a 35° . Nalezeným nožem by teoreticky bylo možno provádět i dokončování, ale z technologického hlediska by bylo vhodnější zvolit pro výrobu zápichů F jiný nástroj než pro dokončování. Nůž pro dokončování nemůže mít velkou hloubku řezu a_p a pokud by se obráběla kontura rovnou se zápichy, tak by se v oblasti zápichů zvýšila hloubka řezu o holoubku zápichu. Tímto by se nástroj příliš zatížil. Je vhodné tedy postupovat tak, že se nejdříve obrobí kontura bez zápichů a až poté by se s nástrojem vyrobily zápichy. I u jednoho nástroje by se tedy obrábělo přinejmenším nadvakrát. Při kusové výrobě by bylo vhodnější použít jeden nástroj, ale při sériové výrobě, která bude v tomto případě uvažována, je ale vhodnější použít na zápichy speciální nástroj a to z důvodu zvýšení trvanlivosti břitů nástrojů pro souvislosti s velikostí dávky. Velikost dávky sice nebude konkrétně určena, ale zle předpokládat že u středně až velkosériové výroby bude představovat několik desítek kusů a to již v zadání příkladu bude zmíněno.

Nyní jsou již známi všechny skutečnosti, které ovlivňují výběr nástrojů pro hrubování, dokončování a výrobu zápichu. Těmito skutečnostmi jsou myšlené úhly nastavení držáku a úhly špiček břitových destiček. Stanovením těchto skutečností byl v katalogovém čísle určen druhý a třetí znak. Podle těchto znaků je možné v katalogu vyhledat vyhovující držáky. Držáky je nutno v katalogu vyhledat listováním. Po vyhledání všech vyhovujících držáků se ukázalo, že nástroji

53 V praxi by bylo možné nůž se vzdáleností držáku od špičky destičky přesně $0,2 \text{ mm}$ v nožovém držáku o nějaký úhel vychýlit a tím by se zamezilo tření mezi držákem a plochou obrobku. V tomto příkladu se ale jednak z důvodu omezení počtu správných výsledků, tak z toho důvodu, že student tyto zkušenosti z praxe nemá, zvolí nůž se vzdáleností špičky od držáku větší než $0,2 \text{ mm}$.

pro výrobu tvarového zápichu F odpovídá podle definovaných znaků v katalogovém čísle pouze jeden možný držák, ale nástrojům pro hrubování a dokončování v katalogu odpovídá s těmito označeními značné množství držáků. Toto množství vyhovujících držáků povede na četný počet možných správných výsledků. Z tohoto důvodu je žádoucí výběr držáků nějak dále omezit a to v poznámkách v zadání. Množství držáků je možno omezit pomocí požadavku pro břitové destičky. Například pokud se zadá tvar a úhel hřbetu destičky, poněvadž některé znaky v katalogovém čísle držáku a destičky vzájemně korespondují.

Výběr držáku pro hrubování je možné omezit tím, že se do poznámek v zadání uvede požadavek, aby byla zvolena destička s co největším počtem řezných hran. Tímto požadavkem se omezí tvar a úhel hřbetu destičky. Tvar destičky se z použitelných destiček W, T, C, K, D a V omezí pouze na destičky trigonometrické W a trojúhelníkové T, protože mají na jedné straně tři řezné hrany. Ostatní destičky mají na jedné straně pouze dvě řezné hrany. Destičky W a T mohou mít celkem šest řezných hran a to tehdy, pokud úhel hřbetu těchto destiček bude nulový. Nulový úhel hřbetu je v katalogu označený N. Tímto požadavkem byl tedy omezen výběr na destičky s tvarem W a T, které mají úhel hřbetu s označením N.

Do poznámek u držáku pro dokončování se napíše požadavek, že se mají zvolit držáky pro destičky s úhlem špičky 55° , které mají čtyři řezné hrany. Poznámka o úhlu špičky destičky 55° omezí tvar destičky na kosočtvercový s označením D a rovnoběžníkový s označením K. Aby měly destičky s těmito dvěma tvary čtyři řezné hrany, tak je potřeba, aby měly nulový úhel hřbetu N. Pomocí tohoto omezení bylo dosaženo toho, že znak udávající tvar destičky se omezil na tvar D a K a znak pro úhel hřbetu pouze na destičku s nulovým úhlem hřbetu N. Jelikož nástroji pro výrobu tvarových zápichů F odpovídá pouze jeden jediný držák, tak se výběr nemusí nijak omezovat.

Uvedením požadavků pro zvolení určitého tvaru a úhlu hřbetu destičky byl výběr vyhovujících držáků značně omezen. Podle výše určených znaků v katalogovém čísle vyhovují nástroji pro hrubování držáky DTG NR/L, PTG NR/L a MTJ NR/L-W, jenž jsou pro trojúhelníkové destičky T a které jsou bez vnitřního chlazení. Pro trigonometrické destičky W jsou to držáky PWN LR/L, DWN LR/L, PWN LR/L-X, MWN LR/L-W, MWN LR/L-13W a univerzální držák MUL NR/L-12MW, do kterého lze upnout i destičky tvaru C a S. Tyto držáky jsou bez vnitřního chlazení. Pro destičky trigonometrického tvaru vyhovují ještě dva držáky s kanálky pro vnitřní vysokotlaké chlazení a těmi jsou držáky PWN LR/L-08-JHP a PWN LR/L-08X-JHP. Vyhovujícími držáky pro dokončování s kosočtvercovým tvarem destičky D jsou to držáky bez vnitřního chlazení PDJ NR/L a DDJ NR/L, a držák PDJ NR/L-15-JHP, který je s vnitřním chlazením. Pro držáky s rovnoběžníkovým tvarem destičky K jsou to držáky CKJ NR/L a SKJ NR/L, které jsou bez vnitřního chlazení. Držáky s vnitřním chlazením pro destičky W a D umožňují přívod chladící kapaliny do místa řezu z horní a spodní strany. Nástroji pro vyrobení zápichů F vyhovuje držák bez vnitřního chlazení s označením SVXCR/L.

Použití chladící kapaliny při obrábění má vliv na životnost nástroje a kvalitu obráběné plochy. O této problematice je možno se dočíst na internetových stránkách firmy Sandvik Coromant. *„Správné použití řezné kapaliny zlepšuje výkonnost nástroje a kvalitu obráběné součásti. Pro aplikace při středním až hrubovacím obrábění je doporučeno použít vždy, když je to možné, přívod řezné kapaliny ze spodní strany. Přívod řezné kapaliny ze spodní strany reguluje množství tepla v místě řezu, což přináší zvýšení životnosti nástroje a předvídatelnost obráběcího procesu. Pro dokončovací aplikace je důrazně doporučeno použití nástrojů s vysoce přesným přívodem*

řezné kapaliny“ [18]. Jelikož je materiál obrobku nízkolegovaná ocel, tak lze předpokládat, že vznik tepla by byl menší a bylo by možno vystačit s vnějším chlazením, ale z toho důvodu, aby se omezil počet vhodných držáků se do poznámek v zadání uvede požadavek, aby byl pro nástroj pro hrubování a dokončování zvolen držák s vnitřním chlazením.

Držáky pro všechny hledané nástroje jsou nabízené v levostranné a pravostranné variantě. Výběr varianty je vhodný zadat do zadání tak, aby si student musel sám uvědomit, jakou z nich zvolit. Do poznámek v zadání se uvede informace, že vřetenem se sklíčováním je při pohledu na výkres vpravo od součásti a revolverová hlava je za součástí. Úkolem studenta bude zvolit takovou variantu nástroje, se kterou půjde obrábět, když bude vřetenem rotovat proti směru hodinových ručiček. Směr rotace vřetenem se určuje z pohledu od vřetenem⁵⁴ v kladném směru osy Z a jelikož je revolverová hlava s nástrojem za obrobkem, tak je zapotřebí zvolit držák levostranný. Tato informace bude zadána v poznámkách zadání.

Vyhovujícími držáky pro hrubování jsou tedy držáky PWLNL-08-JHP a PWLNL-08X-JHP, a pro dokončování je vyhovujícím držákem PDJNL-15-JHP, které jsou všechny s kanálky pro vysokotlaké chlazení. Na držák pro výrobu zápichů F se požadavek na volbu držáků s vnitřním chlazením vztahovat nebude, takže vyhovuje držák bez vnitřního chlazení s označením SVXCL. Na obrázku (Obr. 78) je pro ukázkou zobrazený držák s kanálky pro vysokotlaké chlazení PWLNR/L-08-JHP, který je pro trigonometrické destičky. Držáky jsou obvykle nabízené v několika variantách velikostí upínací části. Do poznámek zadání se uvede požadavek, aby se zvolil držák s co nejvyšší tuhostí. To povede na výběr držáků s největšími rozměry upínací části. Držák PWLNL-08-JHP je nabízen s největší upínací částí 32 × 32 mm. Držáky PWLNL-08X-JHP, PDJNL-15-JHP a SVXCL jsou nabízené s největší upínací částí 25 × 25 mm. Pro vybrané držáky se uvedou jejich celá katalogová čísla. Ty jsou uvedené v prvním sloupci hlavní tabulky příslušného držáku.

ISOTURN • JET HPLINE
PWLNR/L-08-JHP
Vnější nožové držáky pro trigon destičky s kanálky pro vysokotlaké chlazení

| Označení | h | b | l ₁ | l ₂ | f | G _a ⁽¹⁾ | G _r [°] | Destičky |
|----------------------|------|------|----------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------------------|-------------|
| PWLNR/L 2525M-08-JHP | 25.0 | 25.0 | 150.00 | 33.0 | 32.0 | -6 | -6 | WNMG 0804.. |
| PWLNL 3232P-08-JHP | 32.0 | 32.0 | 170.00 | 33.0 | 40.0 | -6 | 0 | WNMG 0804.. |

• Uživatelská příručka, viz. strany: B66-71.
(¹) G_a - axiální sklon

Destičky, viz. strany: WNGA-keramika (B201) • WNGA-M3 (CBN) (B212) • WNGA-MC/M6 (CBN) (B212) • WNMA/WNMA-WG (B133) • WNMG-GN (B131) • WNMG-M3M (B129) • WNMG-NF (B127) • WNMG-NR (B132) • WNMG-PP (B130) • WNMG-TF (B130) • WNMG-TM (B132) • WNMG-VL (B128) • WNMG-WF (B129) • WNMG-WG (B128) • WNMN-NM (B131) • WNMZ-RF/LF (B126).

Obr. 78 Výřez z hlavní tabulky držáku s kanálky pro vysokotlaké chlazení PWLNR/L-08-JHP [2].

Nyní jsou již držáky vybrané a je možné pro ně zvolit vhodné břitové destičky. Vhodné břitové destičky jsou uvedené přímo pod hlavními tabulkami držáků. Ukázka hlavní tabulky nástroje PWLNR/L-08-JHP je zobrazená na obrázku (Obr. 78). U destiček jsou napsané strany, na kterých jsou v katalogu uvedeny. Na obrázku (Obr. 78) pod hlavní tabulkou jsou kupříkladu

54 Vřetenem je myšleno vřetenem stroje a ne obrobek na výkresu Vřetenem.

uvedené destičky WNGA-keramika, WNMG-TF a další. Jelikož jsou vhodné destičky u vyhovujících držáků přímo uvedené, tak není nutno je hledat pomocí známých znaků v katalogovém čísle. Stačí nalistovat stranu, která je u destičky pod hlavní tabulkou uvedena.

Při výběru destiček je u tohoto příkladu potřeba postupovat také jinak, než jak tomu bylo u výše uvedeného příkladu pro zapichování. Tam byla nejdříve zvolena destička podle tvaru zápichu, pro kterou se pak určily vyhovující sorty povlaků. Z těch se následně vybrala ta sorta u níž byla uvedena vyšší řezná rychlost. V tomto případě je zapotřebí zvolit destičku podle vybraného držáku, která je určená pro daný druh obrábění. Je to proto, že destičky s hledaným tvarem jsou nabízené s různými utvařeči třisek, z nichž je každý vhodnější pro jiný druh obrábění. Pro daný druh obrábění je ale vždy jeden utvařeč, který je pro daný druh obrábění nejvhodnější. Ten je označený jako první volba. Primárně se tedy zvolí ty destičky, které mají utvařeč pro daný druh obrábění označený jako první volba. V tomto případě se jedná o druh obrábění hrubování a dokončování. U nástroje pro tvorbu zápichů se bude uvažovat, že se jedná o dokončování. Tato informace bude uvedena v poznámkách v zadání. Pro destičky se pak zvolí sorta povlaku, která je pro hrubování a dokončování učená jako nejvhodnější. V tomto katalogu jsou totiž sorty povlaků rozdělené nejenom podle druhu obráběného materiálu, ale také podle druhu obrábění. Tím je myšleno to, že kupříkladu pro hrubování materiálové skupiny P je doporučena jiná sorta povlaku než pro dokončování stejné materiálové skupiny.

Během výběru destičky pro držák mohou nastat tyto situace. Destička s utvařečem první volby nebude nabízená v sortě povlaků, která je pro druh obrábění přímo určená. V tomto případě se pro destičku zvolí jedna ze sort, které jsou pro daný druh obrábění pouze doporučené. Dále se může stát, že pro držák nebudou nabízené žádné destičky s utvařečem první volby pro požadovaný druh obrábění. Pokud tato situace nastane, tak se pro držák zvolí destička s utvařečem, který je pro daný druh obrábění pouze doporučený. Pro doporučený utvařeč se následně pokud možno zvolí sorta povlaků označená jako první volba pro daný druh obrábění.

Nejdříve se tedy vyhledají destičky s utvařečem první volby pro hrubování a dokončování. Informace o doporučeném typu utvařeče jsou uvedené v tabulkách na začátku kapitoly s břitovými destičkami. Tabulky jsou rozdělené podle ISO materiálových skupin, které jsou dále rozdělené podle druhu obrábění na dokončování, střední obrábění a hrubování. Pro určení utvařeče je zapotřebí znát materiálovou skupinu obrobku. Materiál obrobku je materiál s označením 15 230.7. Po převedení tohoto materiálu do jiné normy značení je možné v katalogu dohledat do jaké materiálové skupiny materiál obrobku patří. Do poznámek v zadání se tedy uvede, že jiné označení materiálu obrobku je 32CrMo12. Toto označení je podle normy DIN. Podle označení DIN se v katalogu zjistí, že materiál obrobku spadá do skupiny P pro běžné oceli. Nalezení materiálové skupiny obrobku je popsáno v analýze na straně 19. Utvařeč první volby se tedy hledá v tabulce pro materiálovou skupinu P ve sloupci pro hrubování a dokončování. Výřez z této tabulky je zobrazený na obrázku (Obr. 79). Jedná se o tabulku upravenou z důvodu úspory místa. Jsou v ní uvedené utvařeče a sorty povlaků označené jako první volba a několik dalších doporučených utvařečů a sort.

Sloupec odpovídající dokončování je v tabulce na obrázku (Obr. 79) zobrazený vlevo a sloupec pro hrubování je uvedený v tabulce vpravo. Utvařeč první volby pro hrubování nebo dokončování je v tabulce napsaný červenou barvou. Ostatní, pouze doporučené utvařeče, jsou v tabulce napsané černě. Pro hrubování ocelí je doporučený utvařeč s označením HTW o pro dokončování utvařeč NF a SM.

| ISO P - ocel Dokončování | | ISO P - ocel Střední obrábění | | ISO P - ocel Hrubování | |
|-------------------------------|--|----------------------------------|--------------|-------------------------------|----------------------|
| ↑ Uzavřenější utvařec ↓ | NF/SM IC530N | ↑ Uzavřenější utvařec ↓ | TF IC8150 | ↑ Uzavřenější utvařec ↓ | HT/ WG IC8150 |
| | RF/LF IC8150 | | IC8250 | | HTW IC8350 |
| | WF/WG - Wiper Hladící geom. IC8250 | | GN | | NM/ TNM IC3028 |
| ■ První volba | | | | | |

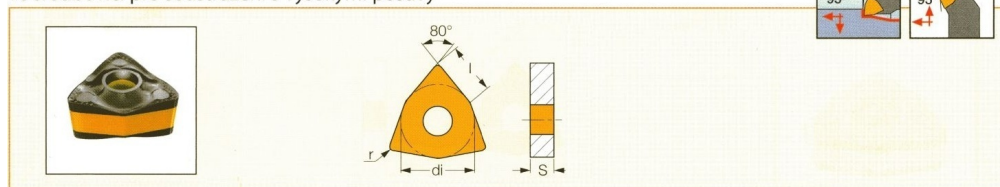
Obr. 79 Upravená tabulka s vhodnostmi pro utvařeče a sorty povlaků [2].

Jelikož již byly určeny utvařeče první volby, tak je možné podle nich vyhledat nejvhodnější destičky pro vybrané držáky. Pod hlavními tabulkami nožových držáků, kde jsou vypsány všechny vhodné destičky pro daný držák, se vyhledají destičky s určenými utvařeči. Utvařec je v názvu destičky uvedený za pomlčkou. Kupříkladu destička WNMG-NF má utvařec třísky s označením NF. U držáků pro hrubování se hledá destička s utvařecem HTW a u držáku pro dokončování a pro výrobu tvarového zápichu F destička s utvařeči NF a SM.

Destička s utvařecem třísky pro hrubování HTW je uvedena pouze u držáku PWLNL-08X-JHP. Jedná se o destičku WNMX-HTW. U druhého držáku pro hrubování PWLNL-08-JHP je tedy zapotřebí zvolit destičku s utvařecem, který je pouze doporučený. Doporučené utvařeče pro hrubování materiálové skupiny P jsou uvedeny ve stejné tabulce jako utvařec první volby, která je zobrazená na obrázku (Obr. 79). Doporučenými utvařeči pro hrubování běžných ocelí jsou utvařeče GN, NR, HT, WG, NM a TNM. Pro držák PWLNL-08-JHP je již s těmito utvařeči několik destiček uvedeno. Jedná se o destičky WNMG-GN, WNMG-NR, WNMA-WG, WNMG-WG, WNMN-NM a WNMG-TNM. U držáku PDJNL-15-JHP, který byl vybrán pro dokončování, je uvedena jedna destička s utvařecem první volby a tou je destička DNMG-NF. Pro nástroj pro výrobu zápichů F je nabízená jedna destička s utvařecem první volby. Jedná se o destičku s označením VCMT-SM.

HELITURN LD WNMX-HTW

Oboustranné trigon destičky s řeznou hranou
ve šroubovici pro soustružení s vysokými posuvy



| Označení | Rozměry | | | | Houževnatý ↔ Tvrdý | | | Doporučené podmínky obrábění | |
|-----------------|---------|------|------|------|--------------------|--------|-------|------------------------------|------------|
| | di | r | S | l | IC8250 | IC8150 | IC807 | ap (mm) | f (mm/ot.) |
| WNMX 060608-HTW | 9.52 | 0.80 | 4.41 | 6.50 | ● | ● | ● | 1.50-4.00 | 0.25-0.40 |
| WNMX 080708-HTW | 12.70 | 0.80 | 6.78 | 8.70 | ● | ● | ● | 1.50-5.00 | 0.25-0.64 |
| WNMX 080712-HTW | 12.70 | 1.20 | 6.78 | 8.70 | ● | ● | | 2.00-5.00 | 0.30-0.80 |
| WNMX 080716-HTW | 12.70 | 1.60 | 6.78 | 8.70 | ● | ● | | 2.00-5.00 | 0.30-1.00 |

Obr. 80 Výřez z hlavní tabulky oboustranné trigonometrické hrubovací destičky WNMX-HTW [2].

Na obrázku (Obr. 80) je pro ukázkou zobrazena destička WNMX-HTW, která byla vybrána pro držák PWLNL-08X-JHP. Destičky jsou obvykle nabízené v několika velikostech. Do určitých velikostí držáků se dají upnout pouze určité velikosti destiček, proto je potřeba u vybraných držáků zjistit, které velikosti destiček pro ně lze použít. Velikosti destiček pro určité velikosti držáků jsou uvedené v hlavních tabulkách držáků. Ukázka jedné hlavní tabulky držáku je zobrazená na (Obr. 78). Velikosti destiček je možné vidět v hlavní tabulce držáku na obrázku (Obr. 78) v pravém dolním rohu. První dvojčíslí destičky uvádí délku řezné hrany a druhé dvojčíslí tloušťku destičky.

Držáku pro hrubování PWLNL-08-JHP s velikostí stopky 32×32 mm odpovídají destičky s velikostí 0804 a držáku PWLNL-08X-JHP s velikostí stopky 25×25 mm odpovídají destičky s velikostí 0807. Držáku pro dokončování PDJNL-15-JHP se stopkou 25×25 mm odpovídají destičky s velikostí 1506 a držáku pro výrobu zápichů F SVXCL odpovídají destičky s velikostí 1604.

Destičky s různými velikostmi jsou dále ještě nabízeny s různými rádiusy. Hrubovací destička WNMX-HTW je nabízena se třemi různými rádiusy špičky. S velikostmi rádiusu špičky 0,8 mm, 1,2 mm a 1,6 mm. Destička pro dokončování DNMG-NF je nabízena pouze s rádiusem špičky 0,4 mm. Destička pro zápichy F je nabízena s rádiusy 0,2 mm, 0,4 mm, 0,8 mm a 1,2 mm. Kvůli omezení počtu správných výsledků bude a poznámkách v zadání uvedeno omezení, aby student zvolil pro hrubování destičku s rádiusem špičky 0,8 mm. U nástroje pro výrobu zápichů F ovlivňuje rádius špičky ϵ_r rádius zápichu r , jenž je 0,6 mm. Destička tedy musí mít rádius špičky menší než 0,6 mm. Tomuto kritériu u destičky VCMT-SM odpovídají rádiusy 0,2 mm a 0,4 mm. Nyní jsou už destičky kompletně vybrané, tak se pro ně napíše celá jejich katalogová čísla, která jsou uvedena v hlavních tabulkách vybraných destiček.

Jelikož jsou již břitové destičky vybrané, tak se pro ně můžou zvolit řezné podmínky. Řezné rychlosti pro všechny destičky jsou uvedené souhrnně v tabulce s řeznými rychlostmi, která je uvedena na konci kapitoly s břitovými destičkami. Obdobná tabulka je zobrazená na obrázku (Obr. 32) v analýze na straně 19. Pro určení řezných rychlostí v tabulce je zapotřebí znát materiálové číslo obrobku a materiálové sorty povlaků destiček. Materiál obrobku je materiál s označením 32CrMo12 podle normy DIN a jeho materiálové číslo je 8. Popis hledání materiálového čísla je uvedený v analýze na straně 19. Pro určení řezných rychlostí zbývá zvolit materiálové sorty povlaků. Jak bylo popsáno výše, tak se primárně zvolí ty sorty povlaků, které jsou přímo určené pro hrubování nebo dokončování. Sorty první volby pro hrubování a dokončování jsou uvedené ve stejné tabulce, ve které jsou uvedené utvařeče první volby. Výřez z této tabulky je zobrazený na obrázku (Obr. 79). Pro hrubování je sorta první volby sorta IC3850 a pro dokončování sorta IC8150.

Vybraná destička WNMX-HTW pro držák PWLNL-08X-JHP je nabízená pouze v sortách povlaků IC8250, IC8150 a IC807. Destička WNMX-HTW není nabízená v sortě povlaků první volby. Pro tuto destičku je tedy zapotřebí vybrat sorty, které jsou pro hrubování pouze doporučené. Doporučené sorty povlaků se dají zjistit v té samé tabulce, ve které se určila sorta první volby. V tabulce bylo zjištěno, že mezi doporučenými sortami jsou uvedené sorty povlaků, ve kterých je destička WNMX-HTW nabízena. Těmi jsou sorty jsou IC8250 a IC8150. Pro destičku WNMX-HTW je tedy možné zvolit obě sorty. Z vyhovujících destiček pro držák pro hrubování PWLNL-08-JHP je nabízena v sortě první volby IC8350 pouze jedna jediná destička a tou je destička WNMG-GN. Ze všech vyhovujících destiček pro tento držák se tedy zvolí

pouze destička WNMG-GN. Ostatní destičky pro pro držák PWLNR/L-08-JHP se vyřadí.

Břítová destička DNMG-NF s utvařečem první volby vybraná pro dokončování je nabízená v sortách povlaků IC8250, IC530N, IC807 a IC907. Tato destička se není nabízena v sortě povlaku IC8150, která je sortou první volby pro dokončování. Ze sort, ve kterých je destička nabízena, jsou doporučenými sortami pro dokončování sorty IC8250 a IC530N. Destička VCMT-SM, která byla vybrána pro držák pro výrobu zápichů F, je nabízena v sortě první volby pro dokončování IC8150 pouze pro destičku s rádiusem 0,4 mm. Destička VCMT-SM s rádiusem špičky 0,2 mm se tedy z vyhovujících destiček vyřadí.

| Materiál číslo | Cermet + PVD | Karbid + CVD | |
|-------------------|--------------|--------------|---------|
| | IC530N | IC8250 | IC8150 |
| 6 | 160-320 | 170-300 | 200-340 |
| 7 | 150-300 | 160-280 | 200-320 |
| 8 | 140-250 | 140-250 | 190-300 |

Obr. 81 Výřez z tabulky s řeznými rychlostmi [2].

Když jsou již pro vybrané destičky určeny sorty povlaků, tak je možné z tabulky s řeznými rychlostmi určit doporučené řezné rychlosti. Výřez z tabulky je zobrazený na obrázku (Obr. 81). Tento výřez je pouze pro sorty IC530N, IC8250 a IC81050 a pro materiálová čísla 6, 7 a 8. Řezné rychlosti pro všechny zvolené destičky se hledají v řádku s materiálovým číslem 8. Z tabulky je možné vyčíst, že řezná rychlost pro destičku WNMX-HTW se sortou povlaků IC8250 je 140 až 250 metrů za minutu a se sortou povlaků IC8150 je 190 až 300 metrů za minutu.

Sorta povlaků IC3850, která byla vybrána pro destičku WNMG-GN, není v tabulce s řeznými rychlostmi obsažená, a to i přesto, že je uvedena jako první volba pro obrábění materiálové skupiny P. Řezné rychlosti pro tuto sortu nejsou v katalogu nikde uvedené. Není ani nikde uvedená informace, která by sdělovala, že se pro tuto sortu má zvolit řezná rychlost, která je určená pro jinou obdobnou sortu povlaku. V katalogu v tabulce, ve které jsou blíže specifikované sorty povlaků, je možné se dočíst, že sorta s nejbližšími vlastnostmi sortě první volby IC8350 je sorta IC8250. U sorty IC8350 je navíc napsáno, že lépe snáší přerušované řezy a nestabilní řezné podmínky [2]. Pro sortu IC8350 se tedy zvolí řezné rychlosti, které jsou uvedené pro sortu IC8250. Aby student tyto podobnosti u sort nemusel v katalogu hledat, tak se tyto informace uvedou do poznámek v zadání. Řezná rychlost pro destičku WNMG-GN se sortou povlaků IC8350, která se tedy určí ze sloupečku náležící sortě IC8250, je 140 až 250 metrů za minutu. Pro destičku na dokončování DNMG-NF se sortou povlaků IC530N je řezná rychlost 140 až 250 metrů za minutu a se sortou povlaků IC8250 je řezná rychlost 140 až 250 metrů za minutu. Řezaná rychlost pro destičku VCMT-SM pro výrobu zápichů F se sortou povlaků IC8150 je 190 až 300 metrů za minutu.

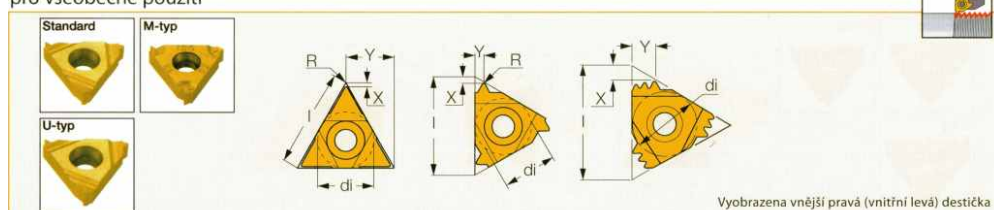
Nyní už jen zbývá určit doporučené posuvy f a hloubky řezů a_p . Ty jsou uvedené přímo v hlavních tabulkách břítových destiček. Ukázka hlavní tabulky pro břítovou destičku WNMX-HTW je zobrazena na obrázku (Obr. 80). Doporučený posuv f pro destičku WNMX-HTW s velikostí 0807 a rádiusem špičky 0,8 mm je v intervalu hodnot od 0,25 do 0,64 milimetrů na otáčku. Doporučená hloubka řezu a_p této destičky je od 1,5 do 5 mm. Pro destičku WNMG-GN s velikostí 0804 a rádiusem špičky 0,8 mm je doporučený posuv f od 0,16 do 0,45 mm/ot a doporučená hloubka řezu a_p je od 1 do 4,5 mm. Doporučený posuv f pro destičku

DNMG-NF s velikostí 1506 a rádiusem špičky 0,4 mm je v intervalu hodnot od 0,07 do 0,25 mm a doporučená hloubka řezu od 0,8 do 3,50 mm, a pro destičku VCMT-SM s velikostí 1604 a rádiusem čpičky 0,4 mm pro nástroj na výrobu zápchů F je posuv f od 0,05 do 0,25 mm/ot a hloubka řezu a_p od 0,5 do 2,5 mm.

Poslední nástroj který je zapotřebí zvolit je nástroj pro vyrobení závitu $M60 \times 1,5$. V případě tohoto nástroje je třeba postupovat tak, že se nejdříve zvolí vyměnitelná břitová destička a pro ní následně vhodný držák. To proto, že u závitu ovlivňuje jeho tvar břitová destička a ne držák nástroje, jako tomu bylo u nástrojů pro hrubování, dokončování a výrobu tvarových závitů.

ER/L-ISO

Vnější závitovací destičky - metrický ISO profil (DIN13 12-1986 třída: 6G)
pro všeobecné použití



| Označení | Rozměry | | | | | | | Houževnatý → Tvrdý | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|---------------|-------|---|------|-----|-----|--------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| | di | Stou- pání | l | Z | R | X | Y | IC22B | IC50M | IC250 | IC950 | IC08 | IC508 | IC808 | IC908 | IC1007 |
| 11ER/L 1.50 ISO | 6.35 | 1.50 | 11.00 | 1 | 0.18 | 0.8 | 1.0 | • | • | • | | • | • | • | • | • |
| 16ER/L 1.50 ISO | 9.53 | 1.50 | 16.00 | 1 | 0.18 | 0.8 | 1.0 | • | • | • | | • | • | • | • | • |
| 16ER 1.50 ISO 2M ⁽²⁾ | 9.53 | 1.50 | 16.00 | 2 | 0.18 | 1.5 | 2.3 | | | | | | | | • | • |
| 16ERM 1.50 ISO ⁽¹⁾ | 9.53 | 1.50 | 16.00 | 1 | 0.19 | 0.8 | 1.0 | | • | • | | • | • | • | • | • |
| 22ER 1.50 ISO 3M ⁽²⁾ | 12.70 | 1.50 | 22.00 | 3 | 0.18 | 2.3 | 3.7 | | | • | | | | | • | • |

Obr. 82 Výřez z hlavní tabulky [2].

V katalogu se vyhledá kapitola s nástroji pro řezání závitů. Tato kapitola je rozčleněná na podkapitoly podle typů závitů. Jelikož je u závitu na výkresu napsané M, tak se jedná o metrický závit. Vyhledá se proto podkapitola, která se věnuje metrickým závitům. V té se dále vyhledají destičky pro řezání vnějších závitů. Vyhovují dvoje destičky a těmi jsou destičky ER/L-ISO a TIP-P-ISO. Destičky TIP-P-ISO jsou ale destičky určené pro zapichovací držáky, které je zapotřebí zvolit v katalogu „Nástroje pro zapichování“. Protože pro tyto destičky není v katalogu možné zvolit vhodný držák, tak se z vhodných destiček vyřadí. Zvolí se tedy pouze destičky s označením ER/L-ISO.

Závitovací destičky ER/L-ISO jsou uvedené v jedné souhrnné tabulce. Výřez z této tabulky zobrazený na obrázku (Obr. 82). V tabulce je obsaženo několik typů závitovacích destiček. Jedná se o typy destiček B/M-typ, U-typ, Regular nebo také Standard typ a vícebřité destičky. Pro ukázkou jsou v tomto pořadí zobrazené na obrázku (Obr. 83). Destičky typu B a M jsou destičky s utvařečem, které se od sebe liší tím, že destičky typu B jsou obvodově broušené. Destičky všech typů jsou v souhrnné tabulce rozdělené podle velikosti a podle toho pro jaké jsou stoupání. Destičky jsou nabízené ve velikostech 11, 16, 22 a 27, a ve stoupáních od 0,35 do 8. Stoupání u závitu $M60 \times 1,5$ je 1,5 mm.



Obr. 83 Ukázka základních typů závitovacích destiček [2].



Obr. 84 Metoda soustružení pravého závitu [2].

Některé destičky v tabulce jsou nabízeny v pravé nebo v levé variantě. Jsou to především destičky typu standard. Jestli je třeba zvolit pravou nebo levou destičku udává poloha a smysl rotace vřetena a poloha nože vůči obrobku. Tyto kritéria se ponechají z metodiky pro výběr nožů pro hrubování, dokončování a výrobu zápichů. To je tedy, že vřeteno se sklíčidlem je při pohledu na výkres vpravo od součásti, smysl rotace vřetena je proti směru hodinových ručiček a revolverová hlava je za součástí. Kvůli těmto kritériím je potřeba zvolit levostranný držák a tím pádem i levou závitovací destičku. Aby bylo možno při smyslu rotace vřetena proti směru hodinových ručiček vyrobít pravý závit, tak musí být posuv nástroje ve směru kladné osy Z, tedy od vřetena ke koníku, jako je tomu na obrázku (Obr. 84).

V tabulce pro destičky ER/L-ISO je zapotřebí vyhledat levé destičky, které jsou určené pro závity se stoupáním 1,5 mm. Těmito dvěma kritériím odpovídají destičky typu standard 11EL 1.50 ISO a 16EL 1.50 ISO. K destičkám se napíše katalogová čísla, která jsou vedena v prvním sloupci hlavní tabulky závitovacích destiček ER/L-ISO. Jelikož již byly destičky vybrány, tak je pro ně možné zvolit řezné podmínky. Tabulka s řeznými rychlostmi je obsažena na konci kapitoly se závitovacími nástroji. Řezné rychlosti se v tabulce hledají podle materiálového čísla a podle sorty povlaků. Obdobná tabulka je zobrazená na obrázku (Obr. 32) v analýze na straně 19. Materiálové číslo obrobku bylo určeno již výše v metodice tohoto příkladu a je jím číslo 8. Zbývá pouze určit sorty povlaků vybraných destiček. V jakých sortách povlaků jsou destičky nabízeny je uvedeno v hlavní tabulce destiček, jejíž výřez je na obrázku (Obr. 82). Destička je v dané sortě povlaků nabízena, pokud má ve sloupci, který sortě přísluší, černou tečku. Destička 11EL 1.50 ISO je nabízená v sortách IC50M, IC250, IC08 a IC908, a destička 16EL 1.50 ISO v sortách IC228, IC50M, IC250, IC08, IC508, IC908 a IC1007.

Z těchto sort je potřeba zvolit tu, která je nejvhodnější pro obrábění materiálu obrobku. Tedy nejvhodnější sortu pro obrábění materiálové skupiny P. Informace o vhodnostech sort jsou uvedené v tabulce s doporučeními sort pro různé materiálové skupiny. Výřez z této tabulky pouze pro materiálovou skupinu P je zobrazený na obrázku (Obr. 85). V tabulce je možné se dozvědět, že sorty označené jako první volba pro obrábění materiálové skupiny ocelí jsou sorty IC808 a IC908. U vybraných destiček se tedy zvolí právě tyto dvě sorty.

| | |
|---|---|
| Materiálová skupina | ISO P |
| | 1 - 11 |
|  | Ocel |
| | Tvrdší ↑ IC1007 IC808/908 ↓ IC228 Houževnatější |

Obr. 85 Výřez z tabulky s vhodnostmi sort povlaků [2].

| Materiál číslo⁽¹⁾ | IC908 |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| | Řezná rychlost (m/min) |
| 6 | 100-180 |
| 7 | 75-140 |
| 8 | 70-135 |

Obr. 86 Výřez z tabulky s řeznými rychlostmi [2].

| | | | |
|----------------|-----|-----|------|
| Stoupání mm | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| Závity/Palec | 48 | 24 | 16 |
| Počet průchodů | 4-6 | 5-9 | 5-12 |

Obr. 87 Výřez z tabulky s počty průchodů pro destičky Standard [2].

Obě vybrané destičky jsou nabízené pouze v jedné sortě první volby a tou je sorta IC908. Pro určení řezných rychlostí jsou již známé všechny potřebné informace. Výřez z tabulky s řeznými rychlostmi pro materiálové číslo 6, 7 a 8 a pro sortu povlaků IC908 je zobrazený na obrázku (Obr. 86). Jelikož je u obou destiček materiálové číslo a sorta povlaku stejná, tak je doporučena řezná rychlost od 70 do 135 metrů za minutu. Posuv f odpovídá stoupání závitu, takže posuv je u destiček 1,5 milimetrů na otáčku.

Pro závitovací destičky jsou v katalogu uvedené informace o počtu průchodů. Je proto možné po studentovi požadovat, aby pro vybranou destičku počet průchodů určil. Hodnoty průchodů jsou uvedené v tabulkách na konci kapitoly se závitovacími nástroji. Různé typy destiček mají svoje vlastní tabulky s počty průchodů. Výřez z tabulky pro destičky typu standard je zobrazený na obrázku (Obr. 87). Počet průchodů se v tabulce určí podle stoupání destičky. Pro obě vybrané destičky je počet průchodů od 5 do 12, jak je možné vidět v pravém sloupci v tabulce, která je zobrazená na obrázku (Obr. 87).

K vybraným destičkám je ještě pro kompletní zvolení nástroje zapotřebí zvolit vhodné držáky. Vhodné držáky jsou uvedené pod hlavní tabulkou destiček. Ukázka hlavní tabulky je zobrazená na obrázku (Obr. 82). Pod hlavní tabulkou destiček je uvedeno, že destičky lze upnout do držáků s označeními C#-SER/L, HSK A63WH-SE-KX, HSK A63WH-SEL, SER-D a SER/L. Po nalistování těchto držáků se ukázalo, že první tři vyjmenované držáky jsou rychle výměnné držáky s kuželovými upínacími stopkami a držáky SER-D a SER/L jsou klasické nožové držáky se čtvercovými upínacími částmi. Do poznámek v zadání se uvede požadavek, že se pro vybrané závitovací destičky mají zvolit držáky se čtvercovým průřezem upínací části. Vyhovujícími držáky co se týče čtvercového průřezu upínací části jsou držáky SER-D a SER/L. Ovšem v levostranné variantě jsou nabízeny pouze držáky SER/L. Držáky jsou jako destičky rozdělené podle velikostí. Destičku s určitou velikostí je možné upnout pouze do držáku, který je pro tuto velikost destičky určený. Držáky pro určité velikosti destiček jsou nabízené v několika velikostech upínací části. Do poznámek se uvede, aby student zvolil držák s co největší tuhostí. To povede na výběr držáků s největšími rozměry upínací části. Vyhovujícím držákem pro destičku 11EL 1.50 ISO je držák SEL 1010 H11, který má upínací část 11×11 mm a pro destičku 16EL 1.50 ISO držák SEL 3232 P16 s velikostí upínací části 32×32 mm. K vybraným držákům se napíše jejich katalogová čísla. Ty jsou uvedené v hlavní tabulce držáků SER/L v levém sloupci.

4 Závěr

Jak bylo zmíněno v úvodu, tak ve výuce odborných předmětů je důležité nejen získávání znalostí a zkušeností teoretických, ale i praktických dovedností. Možnost si určitou věc vlastnoručně vyzkoušet vede k lepšímu pochopení a zapamatování. Proto bylo navrženo, že se vypracují příklady na katalogy nástrojů od několika různých firem, které budou sloužit k získávání praktických zkušeností při hodinách specializovaného předmětu Strojírenská technologie obrábění.

Pro tvorbu příkladů bylo vybráno celkem devět katalogů od čtyř různých firem. Před samotnou tvorbou příkladů bylo u katalogů určeno pro jaký typy příkladů se hodí a provedena analýza, ve které byly vysvětleny principy hledání nástrojů a řezných podmínek. Při bližší analýze katalogů bylo zjištěno, že katalogy různých firem se liší v detailech, ale celková koncepce si je často podobná, takže proto byla provedena souhrnná analýza na katalogy dohromady.

Z důvodu rozsáhlosti práce ale nebyly nakonec pro tvorbu příkladů použity všechny katalogy. Vlivem snahy udělat metodiky pro tvorbu příkladů značně pečlivě se jednotlivé metodiky rozrostly na nemalý počet stran a to vedlo na značný rozsah práce. Celkově bylo vypracováno pět metodik na čtyři katalogy od dvou různých firem. Čtyři metodiky byly vypracovány pro několik příkladů dohromady, což vedlo na tvorbu zadání sedmi samostatných příkladů a dvou komplexních příkladů, z nichž se jeden skládá ze tří a druhý ze čtyř elementárních příkladů. Dohromady tudíž vzniklo šestnáct zadání příkladů. Byly vytvořeny tři příklady na zapichování pro katalog se soustružnickými nástroji od společnosti Kennametal, tři příklady na frézování drážek pro pero a jeden na hluboké vrtání pro katalog s rotačními nástroji od společnosti Kennametal. Jeden komplexní příklad na výrobu T-drážky pro katalog s nástroji pro frézování od společnosti Iscar. Ten se skládá z volby nástroje pro výrobu vertikální drážky, horizontální drážky a z volby nástroje pro výrobu sražení. Jako poslední je komplexní příklad na soustružení, který obsahuje volbu nástroje pro hrubování a dokončování základního tvaru a dále pro výrobu tvarových zápchů a závitu.

Ověřen v praxi byl zatím pouze jeden příklad, takže je potřeba dále prověřit v praxi i ostatní. Při ověřování příkladu bylo zjištěno, že by bylo příhodné mít k zadáním příkladů vypracované i metodické postupy, které by sloužily studentům jako návody, jak příklady s pomocí příslušných katalogů řešit. Bylo by tedy vhodné doporučit, aby pro tyto příklady byly vypracované metodické postupy řešení kupříkladu v nějaké jiné práci. Do té doby je pouze na vyučujícím, aby studentům pomohl a vysvětlil práci s katalogy při řešení příkladů. Metodiky v této práci by mohly sloužit jako návody pro správné vypracování příkladů, ty ale jsou ve formě technických zpráv nikoliv jako výstupy ve formě metodického návodu. Bylo by tudíž eventuálně možno podle této práce vytvořit metodiky řešení.

Přínosem této práce je to, že pomocí vypracovaných příkladů si mohou studenti vyzkoušet práci technologů ve strojírenském podniku, jejichž prací je mimo jiné, volba nástrojů a vhodných řezných podmínek pro vyrobení konkrétních součástí. Aby byly u příkladů zvoleny správné výsledky, tedy vhodné nástroje a řezné podmínky, tak je zapotřebí blízká práce s výrobními výkresy. Studenti se tudíž naučí jak s výrobními výkresy pracovat a jak v nich vyhledat potřebné informace k vyřešení daných příkladů. Dalším přínosem je, že se studenti seznámí s katalogy od různých firem a s nástroji, které jsou v nich obsažené.

5 Seznam použité literatury

- [1] HANUŠ, Radek a Lenka CHYTILOVÁ. *Zážitkově pedagogické učení*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978 80 247 2816 2
- [2] ISCAR. *Nástroje pro soustružení*. [firemní katalog]. 2014
- [3] ISCAR. *Nástroje pro frézování*. [firemní katalog]. 2013
- [4] ISCAR. *Nástroje pro vrtání*. [firemní katalog]. 2014
- [5] ISCAR. *Celokarbidové frézy & MULTI-MASTER systém*. [firemní katalog]. 2012
- [6] ISCAR. *Upínací systémy*. [firemní katalog]. 2012
- [7] KENNAMETAL. *Master katalog. Část první / soustružnické nástroje*. [firemní katalog]. 2018
- [8] KENNAMETAL. *Master katalog. Část druhá / rotační nástroje*. [firemní katalog]. 2018
- [9] INGERSOLL CUTTING TOOLS. *New colors II*. [firemní katalog]
- [10] NAVEL. *Katalog řezných nástrojů*. [firemní katalog]. 2017
- [11] VIGNER, Miroslav, ZELENKA, Antonín a KRÁL, Mirko. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: SNLT - Nakladatelství technické literatury, 1984.
- [12] SANDVIK COROMANT. *Frézování drážek stopkovými frézami*. [online]. [cit. 28.3.2018]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/milling/application_overview/slot_milling/end_milling_of_slots
- [13] FULEMOVÁ, Jaroslava, JANDA, Zdeněk a ŘEHOŘ, Jan. *Vliv vyložení nástroje na řezné síly a jakost obrobeného povrchu při frézování austenitické oceli*. [online]. [cit. 29.2.2018]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/16364/1/Fulemova.pdf>
- [14] SVRČINA, Josef. *Frézování pravoúhlých drážek*. [online]. [cit. 4.3.2018]. Dostupné z: http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablony/Praxe_II_a_III/VY_52_INOVACE_H-02-28.pdf
- [15] SANDVIK COROMANT. *Srážení hran*. [online]. [cit. 4.3.2018]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/milling/application_overview/chamfering/pages/default.aspx#3
- [16] ŘASA, Jaroslav, GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3. Metody, stroje a nástroje pro obrábění*, 1. díl. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1
- [17] DIN 509. *Forms and dimensions of undercuts*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e. V., 1998.
- [18] SANDVIK COROMANT. *Řezná kapalina a chlazení*. [online]. [cit. 10.4.2018]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/general_turning/how-to-achieve-good-component-quality/cutting-fluid-and-coolant/pages/default.aspx

6 Seznam příloh

Příloha A – Zadání příkladů a výkresy

Příloha B – Výsledky příkladů

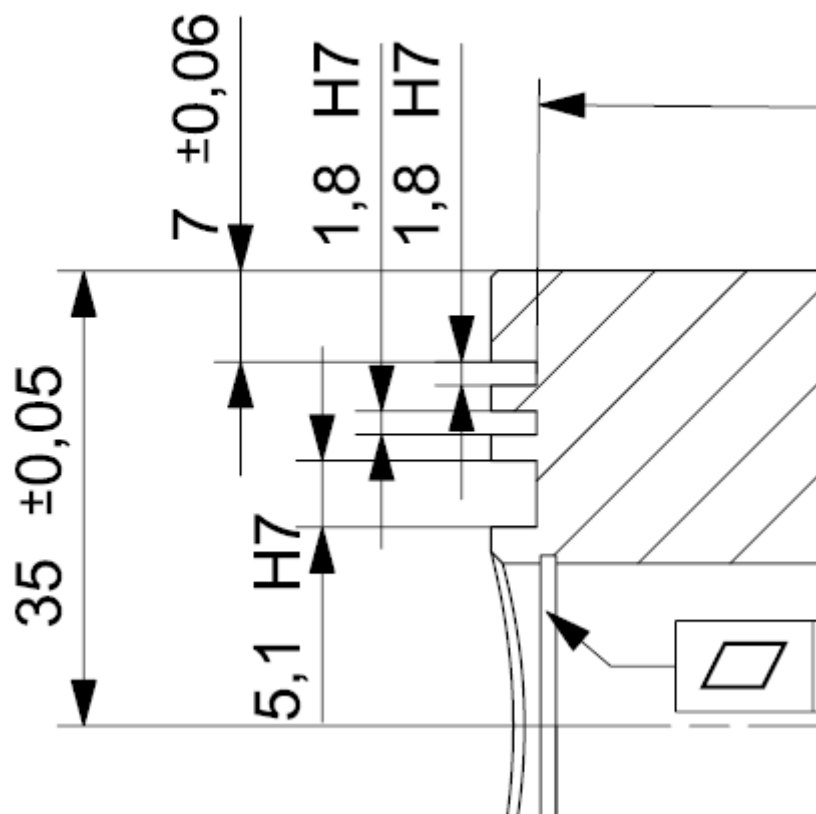
Příloha A

Zadání příkladů a výkresy

Kennametal – Soustružnické nástroje

Příklad 1

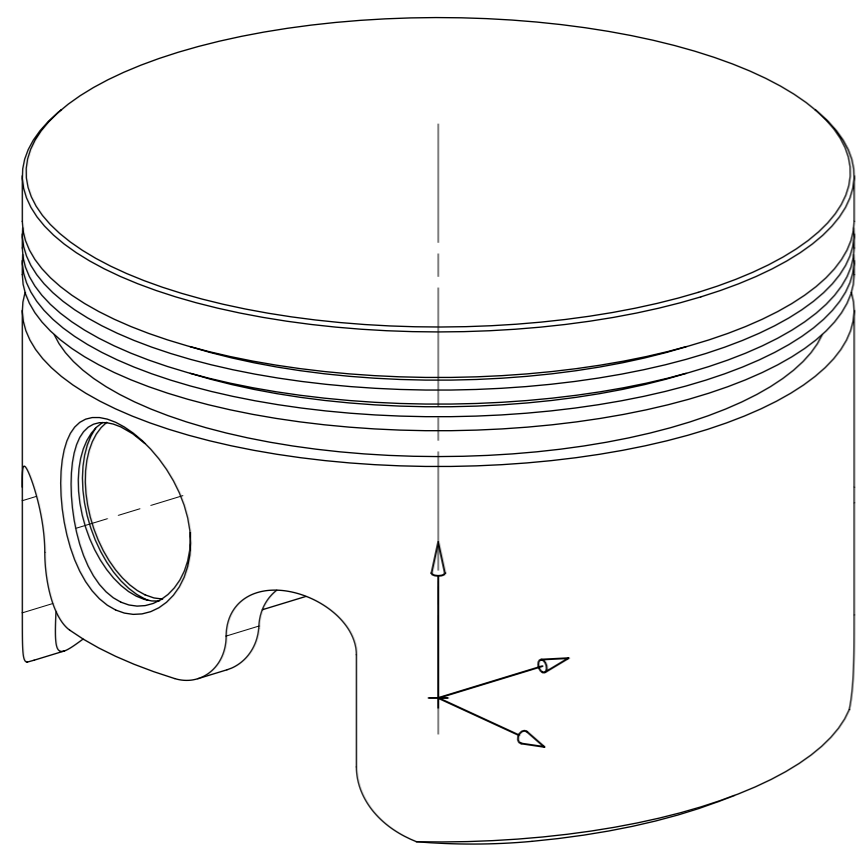
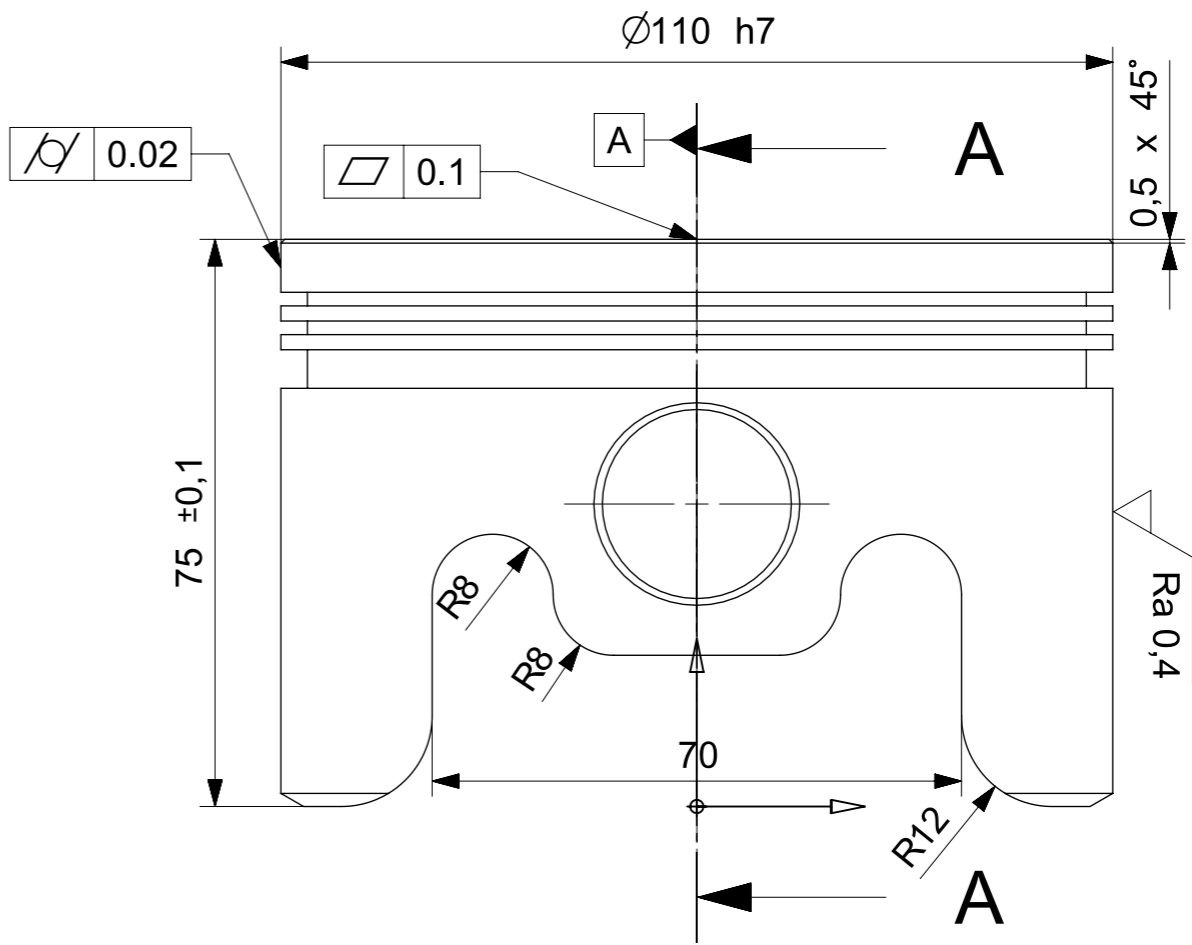
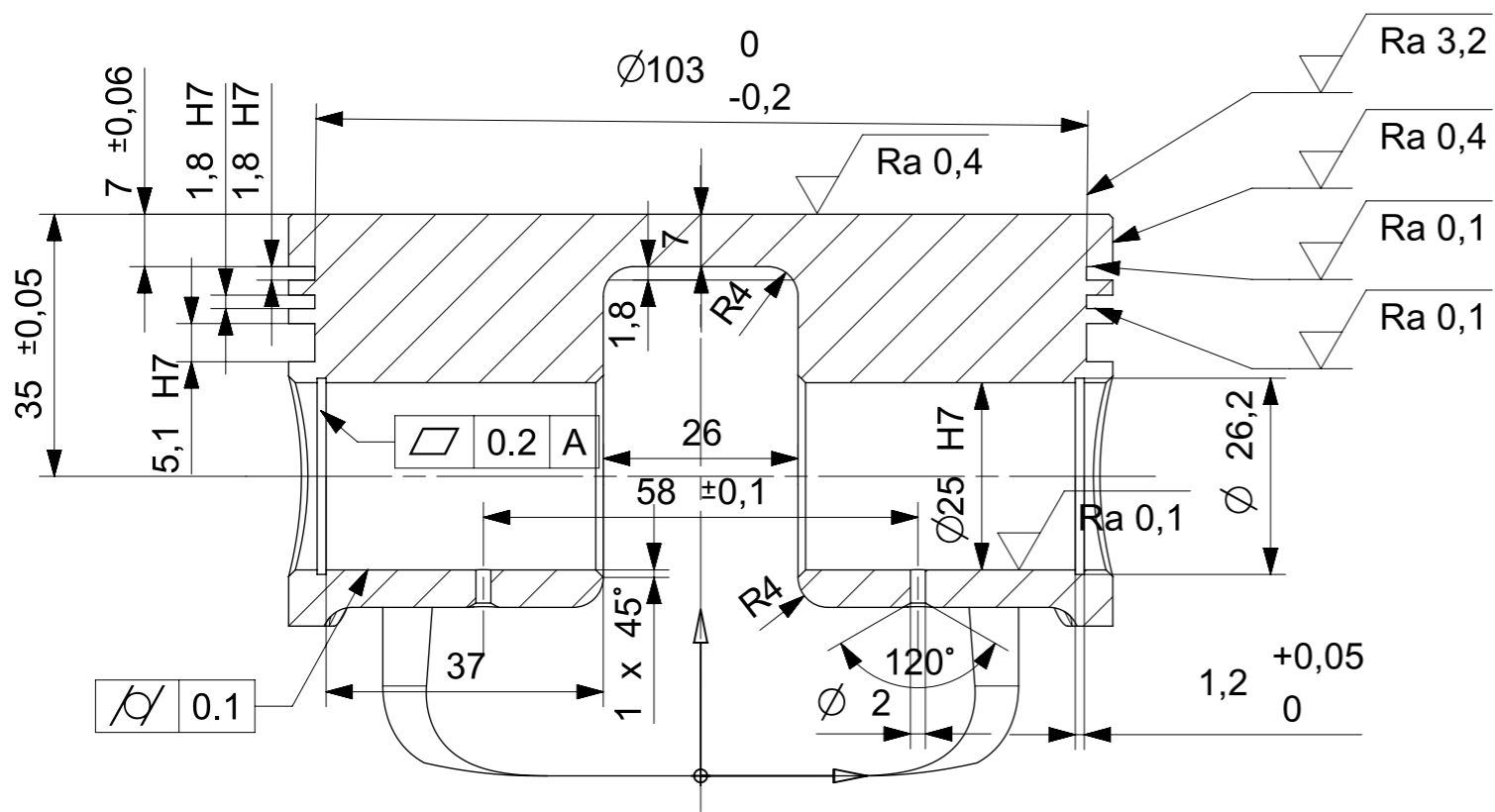
Navrhněte nástroj pro obrobění zápichů pro pístní kroužky 1,8H7, které jsou na výkresu Píst kompresoru s číslem KTO-KS-P1. Výřez se zápichem z výkresu je na obrázku. Určete vyhovující břitovou destičku a k ní vyhovující držák. Ke zvolené břitové destičce napište celé katalogové číslo, určete doporučenou řeznou rychlost a doporučený výchozí posuv. Dále u destičky navrhněte materiálovou sortu povlaku. U zvoleného držáku napište celé katalogové číslo.



Výřez se zápichem z výkresu Píst kompresoru KTO-KS-P1

Poznámky:

- Za držák zvolte pravostranný přímý držák s nejvyšší tuhostí.
- Pokud vyjde více vyhovujících sort zvolte tu s vyšší řeznou rychlostí.
- U materiálu obrobku 42 4315, který je slitinou hliníku, zvolte materiálové číslo 2.
- Tolerance H7 je $1,8^{+0,01}_0$ mm.
- Přídavek pro lapování je 0,01 mm.
- U zvolené řezné rychlosti a posuvu napište jako správný výsledek výchozí doporučenou hodnotu.



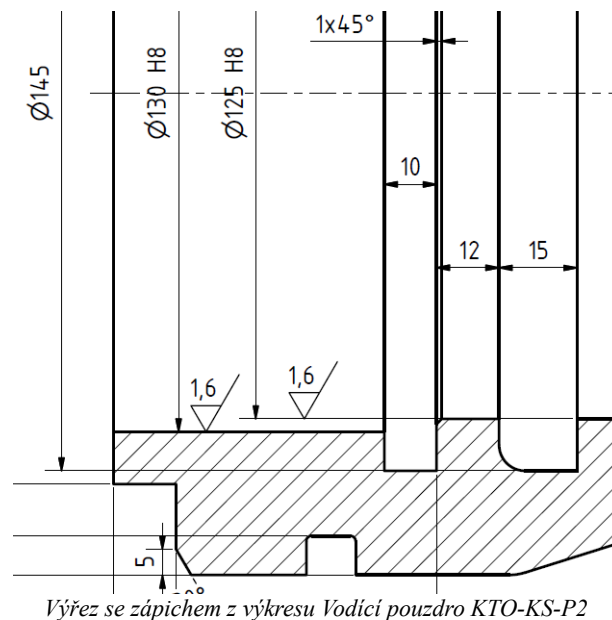
3. ODLITEK KONTROLOVAT AKUSTICKY
2. STĚNY PÍSTU BROUSIT A LEŠTIT
1. BOKY DRÁŽEK PRO PÍSTNÍ KROUŽKY A OTVORY PRO PÍSTNÍ ČEP LAPOVAT

| | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko | Přesnost |
| | | 1:1 | ISO 2768- |
| | | Hmotnost (kg) | Tolerování |
| | | | ISO 8015 |
| | | | Promítání |
| | | | |
| Materiál - Polotovár | | | Formát |
| 42 4315 Odlitek Ø110 x 75 | | | A4 |
| | Kreslil | Název | |
| | Datum | Píst kompresoru | |
| | Schválil | Číslo dokumentu | |
| | Datum | KTO-KS-P1 | |
| | Druh dokumentu | List | |
| | VÝROBNÍ VÝKRES | Listů | |

Kennametal – Soustružnické nástroje

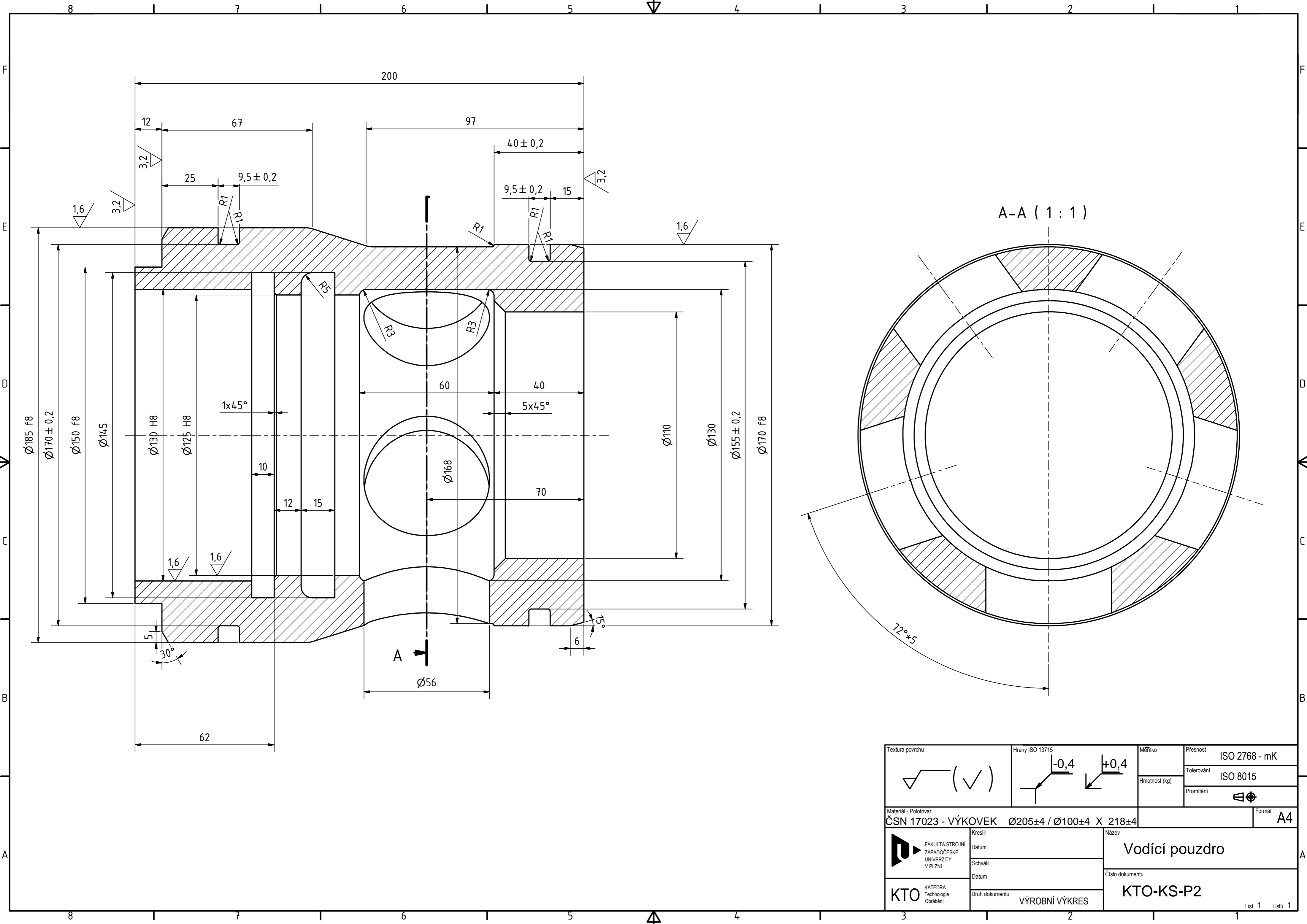
Příklad 2

Navrhněte nástroj pro obrobení vnitřního zápichu, která má šířku 10 mm. Drážka je na výkresu Vodící pouzdro s číslem KTO-KS-P2. Výřez se zápichem z výkresu je na obrázku. Určete vyhovující břitovou destičku a k ní vyhovující držák. Ke zvolené břitové destičce napište celé katalogové číslo, určete doporučenou řeznou rychlost a doporučený posuv. Dále u destičky navrhněte materiálovou sortu povlaku. U zvoleného držáku napište celé katalogové číslo.



Poznámky:

- Zvolte takovou šířku břitové destičky, se kterou bude zápich obroben na co nejméně přísuvů. Zápich lze vyrobit i tak, že se obrobí na dva či několik přísuvů. Nevadí, když při dalších přísuvech nebude břitová destička zabírat celou svojí šířkou. Není ovšem dobré, aby při dvou přísuvech zabírala destička při druhém přísuvu pouze malým zlomkem své šířky, protože se tímto bude více namáhat pouze jedna strana destičky a to bude mít nepříznivý vliv na celkovou životnost destičky.
- Při větším vyložení nástroje ovlivňuje šířka břitu stabilitu řezu. Se zvyšující se šířkou břitu se snižuje stabilita řezu. Zvolte destičku s co nejmenší šířkou břitu.
- Pokud vyjde více použitelných sort, zvolte tu s vyšší řeznou rychlostí.
- Zvolte levostranný držák.
- Jiné označení materiálu obrobku 17 023 je X30Cr13, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti a posuvu napište jako správný výsledek výchozí doporučenou hodnotu.

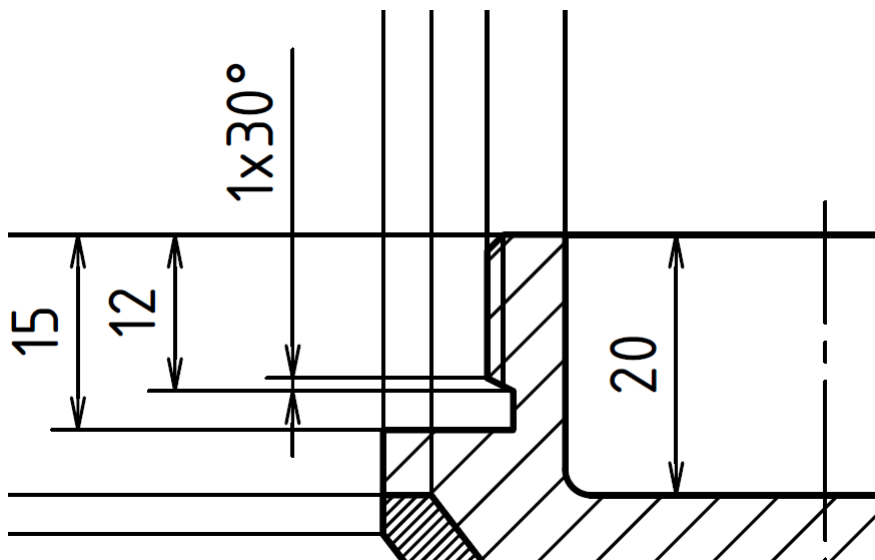


| | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu $\sqrt{\text{ }} (\checkmark)$ | Hrany ISO 13715 -0,4 / +0,4 | Měřítko | Přesnost ISO 2768 - mK |
| Materiál - Polotovár ČSN 17023 - VÝKOVEK $\varnothing 205 \pm 4 / \varnothing 100 \pm 4 \times 218 \pm 4$ | | Hmotnost (kg) | Tolerování ISO 8015 |
| | | Promítání $\square \oplus$ | Formát A4 |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil | Název Vodící pouzdro | |
| | Datum | Číslo dokumentu KTO-KS-P2 | |
| KTO KATEDRA Technologie Obrábění | Schválil | | |
| | Datum | | |
| | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | List 1 Listů 1 | |

Kennametal – Soustružnické nástroje

Příklad 3

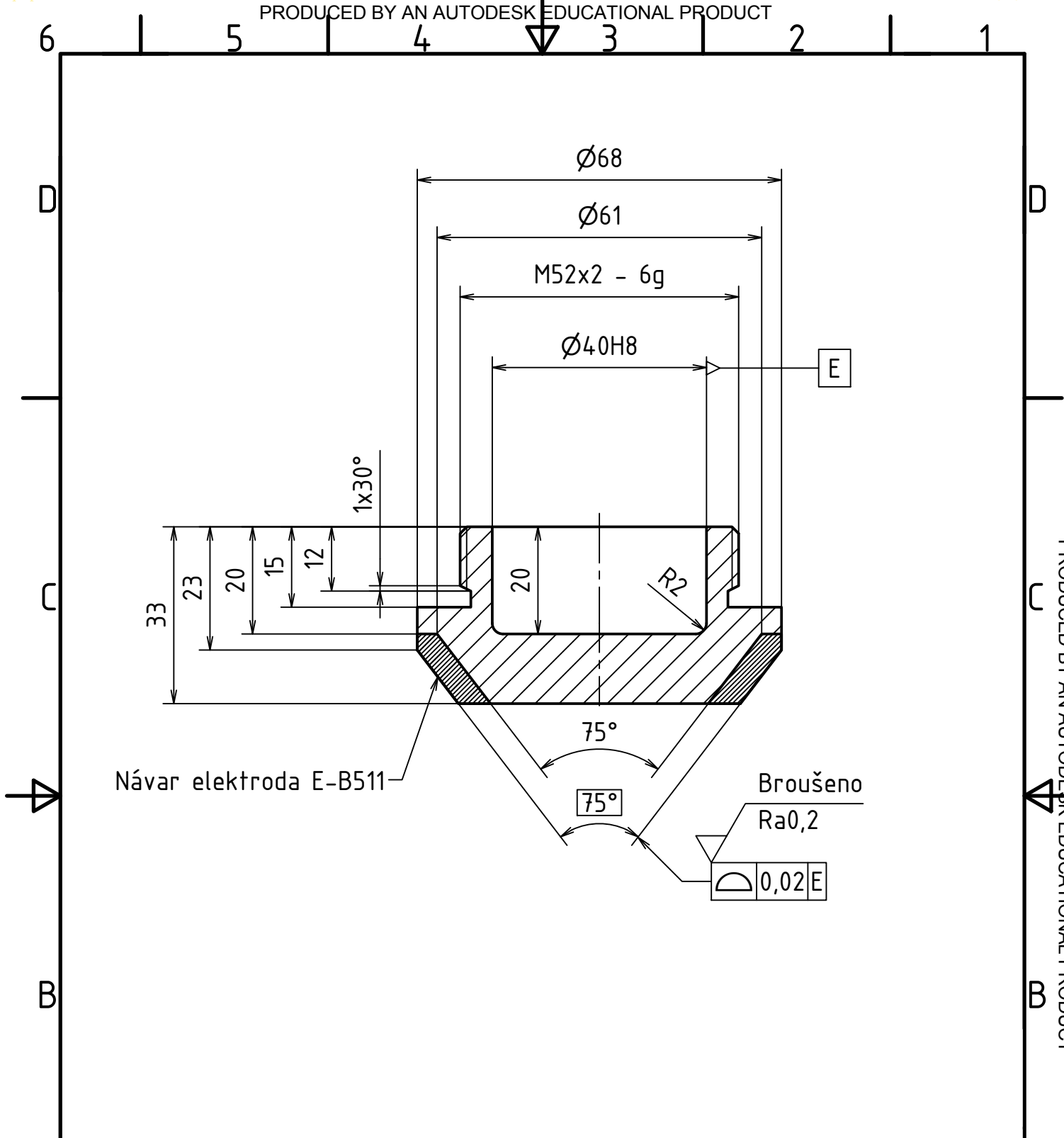
Navrhněte břitovou destičku pro obrobení zápichu za závitem. Zápich je na výkresu Kuželka s číslem KTO-KS-P3. Výřez se zápichem z výkresu je zobrazený na obrázku. Určete vyhovující břitovou destičku a k ní vyhovující držák. Ke zvolené břitové destičce napište celé katalogové číslo, určete doporučenou řeznou rychlost a doporučený výchozí posuv. Dále u destičky navrhněte materiálovou sortu povlaku. U zvoleného držáku napište celé katalogové číslo.



Výřez se zápichem z výkresu Kuželka KTO-KS-P3

Poznámky:

- Za držák zvolte pravostranný přímý upichovací držák s nejvyšší tuhostí.
- Pokud vyjde více použitelných sort, zvolte tu s vyšší řeznou rychlostí.
- Jiné označení materiálu obrobku 17 022 je X20Cr13, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti a posuvu napište jako správný výsledek výchozí doporučenou hodnotu.



| | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítka Hmotnost (kg) | Přesnost ISO 2768 - mK |
| | | | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání |

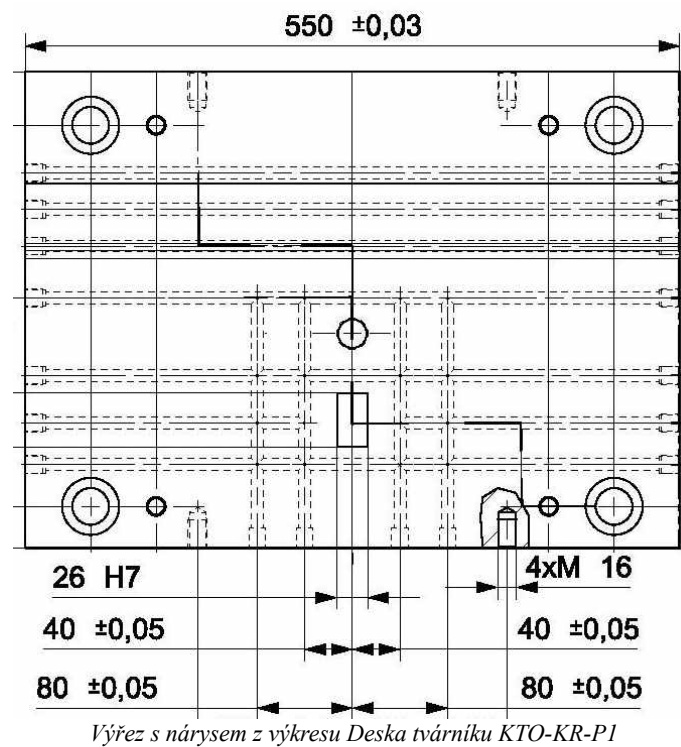
| | |
|--|--------------|
| Materiál - Polotovár 17 022 KR 70 x 35 ČSN 42 5510.10 | Formát A4 |
|--|--------------|

| | | | |
|--|---|----------------------------------|----------------|
| A FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil Datum | Název Kuželka | A |
| | Schválil Datum | | |
| | KTO KATEDRA Technologie Obrábění | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | List 1 Listů 1 |
| | | | |

Kennametal – Rotační nástroje

Příklad 1

Navrhněte nástroj pro výrobu jedenácti děr s průměry 10 mm. Jedná se o sedm podélných děr a o čtyři příčné díry. Díry jsou na výkresu Deska tvárníku s číslem KTO-KR-P1. Výřez s nárysem s dírami z výkresu je zobrazený na obrázku. K vybranému nástroji určete doporučenou řeznou rychlost a doporučený posuv. Dále napište celé katalogové číslo a navrhněte materiálovou sortu povlaku nástroje.



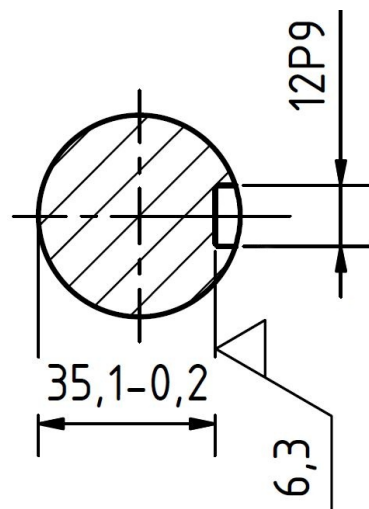
Poznámky:

- Jelikož se jedná o desku tvárníku a zadané díry jsou chladicími kanálky, jejichž jediná funkce je vést chladicí kapalinu, tak lze zvolit způsob zhotovení děr takový, že se bude vrtat z obou stran součásti. Protože když se při vrtání díry navzájem mírně vyosí, tak nedojde ke ztrátě funkce kanálku.
- Zvolte nástroj s co nejmenším vyložení.
- Pro zhotovení podélných a příčných děr zvolte jeden nástroj.
- Pokud vyjde více použitelných sort, zvolte tu s vyšší řeznou rychlostí.
- U materiálu obrobku 15 230.7, který je nízkolegovaná ocel, zvolte materiálové číslo 3.
- U zvolené řezné rychlosti napište jako správný výsledek doporučenou výchozí hodnotu a u posuvu doporučený rozsah hodnot.

Kennametal – Rotační nástroje

Příklad 2

Navrhněte nástroj pro výrobu drážky pro pero 12P9, která je na výkresu Pastorek s číslem KTO-KR-P02. Výřez s drážkou 12P9 je zobrazený na obrázku. K vybranému nástroji napište celé katalogové číslo, doporučenou řeznou rychlost, doporučený posuv a doporučenou hloubku řezu. Dále napište materiálovou sortu povlaku nástroje.



Výřez s drážkou pro pero z výkresu
Pastorek KTO-KR-P02

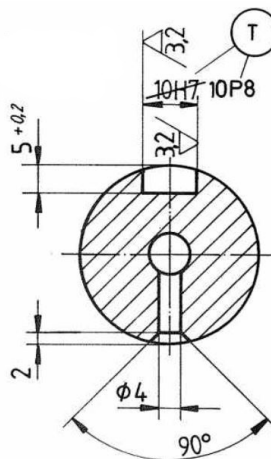
Poznámky:

- Pro výrobu drážky zvolte způsob zavrtávání.
- Zvolte nástroj, který je pro zavrtávání nejvhodnější.
- Zvolte nástroj s takovým průměrem, který po prvním vyhrubování ponechá přídavek na plochu 1 mm. Tento přídavek vztahujte ke jmenovitému rozměru šířky drážky.
- Zvolte nástroj s co největší tuhostí.
- Jiné označení materiálu obrobku 14 220 je 16MnCr5, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti napište jako správný výsledek rozsah hodnot.

Kennametal – Rotační nástroje

Příklad 3

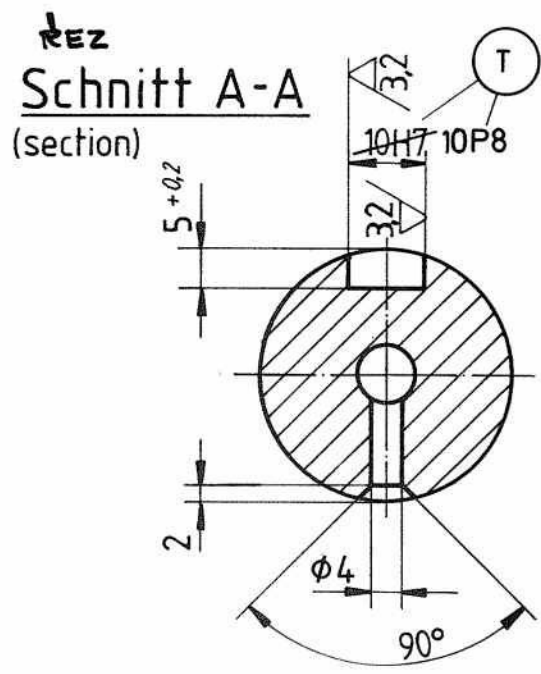
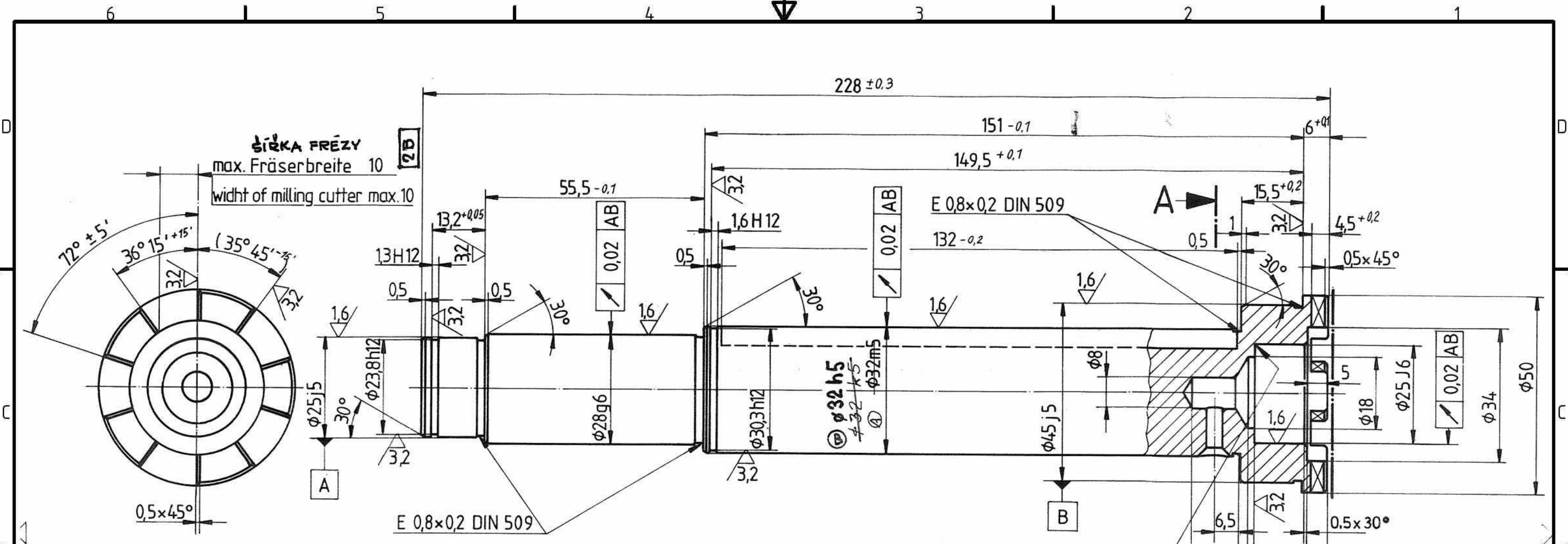
Navrhněte nástroj pro výrobu drážky pro pero 10P8, která je na výkresu Hřídel s číslem KTO-KR-P03. Výřez s drážkou 10P8 je zobrazený na obrázku. K vybranému nástroji napište celé katalogové číslo, doporučenou řeznou rychlost, doporučený posuv a doporučenou hloubku řezu. Dále napište materiálovou sortu povlaku nástroje.



Výřez s drážkou pro pero
z výkresu Hřídel KTO-KR-P03

Poznámky:

- Pro výrobu drážky zvolte způsob zavrtávání.
- Zvolte nástroj, který je pro zavrtávání nejvhodnější.
- Zvolte nástroj s takovým průměrem, který po prvním vyhrubování ponechá přídavek na plochu 1 mm. Tento přídavek vztahujte ke jmenovitému rozměru šířky drážky.
- Zvolte nástroj s co největší tuhostí.
- Jiné označení materiálu obrobku 11 600 je St 60-2, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti napište jako správný výsledek rozsah hodnot.



INDUKČ. KALENO
Induktionshärten
HRc 56 ± 2 0,8 mm. tief

| | | |
|---------|------|------|
| 10P8 | -15 | -37 |
| 1,6H12 | +100 | 0 |
| 1,3H12 | +100 | 0 |
| 45j5 | +6 | -5 |
| 32 5 | +20 | +9 |
| 30,3h12 | 0 | -250 |
| 28g6 | -7 | -20 |
| 25J6 | +8 | -5 |
| 25j5 | +5 | -4 |
| 23,8h12 | 0 | -210 |
| 10H7 | +15 | 0 |

② Z.č. 22612 (1x) 13.1.12 *Alph*
Přezkoumal a schválil: Václav Bernáček
Datum: 15. 12. 1997
Podpis: *[Signature]*

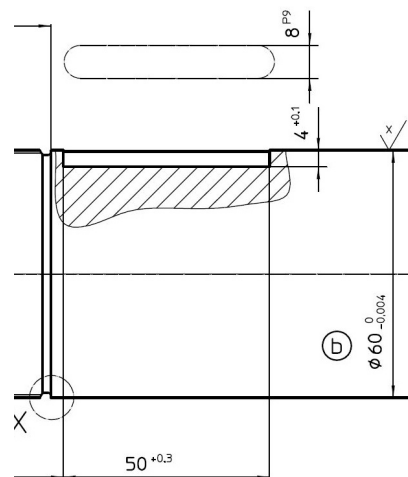
① Z.č. 19304 - 27.10.98 *[Signature]*

| | | | |
|---|---|------------------------------|-------------------------|
| Textura povrchu $\sqrt{6,3}$ (✓) | Hrany ISO 13715 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768-mK |
| Materiál - Polotovár 11 600 ČSN 42 5510.11 | Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni | Hmotnost (kg) | Tolerování ISO 8015 |
| Kreslil Datum | Schválil Datum | Promítání | |
| KTO KATEDRA TECHNOLIE OBRÁBĚNÍ | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | Formát A4 | |
| Název Hřídel | | Číslo dokumentu KTO-KR-P3 | |
| List | | Listů | |

Kennametal – Rotační nástroje

Příklad 4

Navrhněte nástroj pro výrobu drážky pro pero 8P9, která je na výkresu Vřeteno s číslem KTO-KR-P04-IS-P123A. Výřez s drážkou 8P9 je zobrazený na obrázku. K vybranému nástroji napište celé katalogové číslo, doporučenou řeznou rychlost, doporučený posuv a doporučenou hloubku řezu. Dále napište materiálovou sortu povlaku nástroje.



Výřez s drážkou z výkresu Vřeteno
KTO-KR-P04-IS-P123A

Poznámky:

- Pro výrobu drážky zvolte způsob zavrtávání.
- Zvolte nástroj, který je pro zavrtávání nejvhodnější.
- Zvolte nástroj s takovým průměrem, který po prvním vyhrubování ponechá přídavek na plochu 1 mm. Tento přídavek vztahujte ke jmenovitému rozměru šířky drážky.
- Zvolte nástroj s co největší tuhostí.
- U materiálu obrobku 15 230.7, který je nízkolegovanou ocelí, zvolte materiálové číslo 3.
- U zvolené řezné rychlosti napište jako správný výsledek rozsah hodnot.

Iscar – Nástroje pro frézování

Příklad A

Navrhněte nástroje pro kompletní obrobení T-drážky. T-drážka je na výkresu Deska motoru s číslem KTO-IF-P123A. Výřez detail s T-drážkou z výkresu je zobrazený na obrázku. Ke zvoleným nástrojům určete doporučené rezné rychlosti a doporučené posuvy. U nástroje pro vertikální drážku napište doporučenou hloubku řezu. Ke všem komponentům nástrojů napište celá katalogová čísla. Dále navrhněte materiálovou sortu povlaků jednotlivých nástrojů.

Poznámky k vertikální drážce:

- Jelikož se jedná o krátkou drážku, tak jí lze obrobít stopkovou frézou. Nástroj vybírejte z řady MULTI-MASTER.
- Zvolte nástroj, který ponechá při prvním hrubování co nejmenší přídavek na stěnu drážky.
- Vyberte nástroj s rádiusem špičky 0,5 mm.
- Doporučený posuv a hloubku řezu zvolte podle způsobu obrábění.

Poznámky k horizontální drážce:

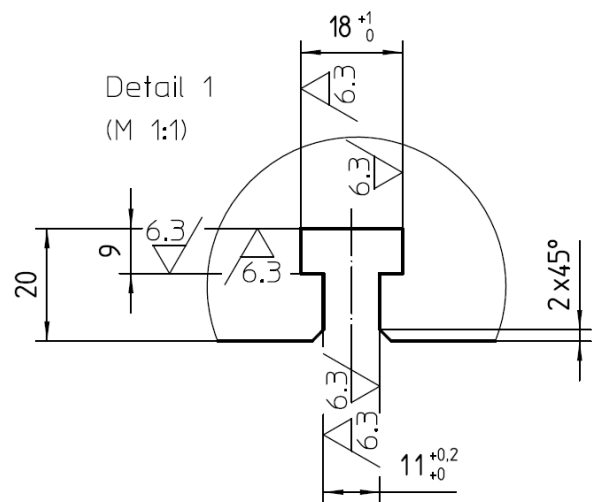
- T-drážku lze obrobít i tak, že se obrobí na vícero přísuvů a to jak šířka, tak i výška drážky.
- Neuvažujte rádiusy v rozích T-drážky.

Poznámky ke sražení:

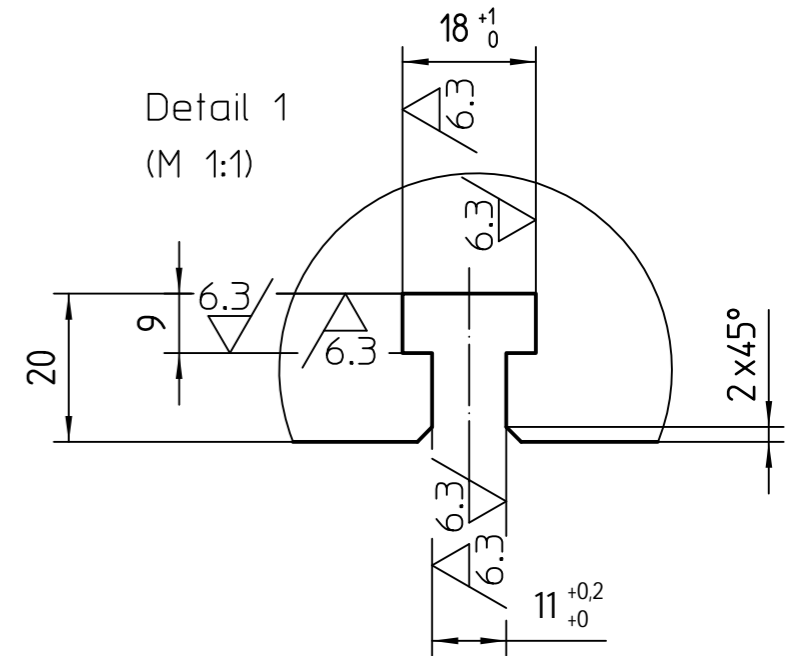
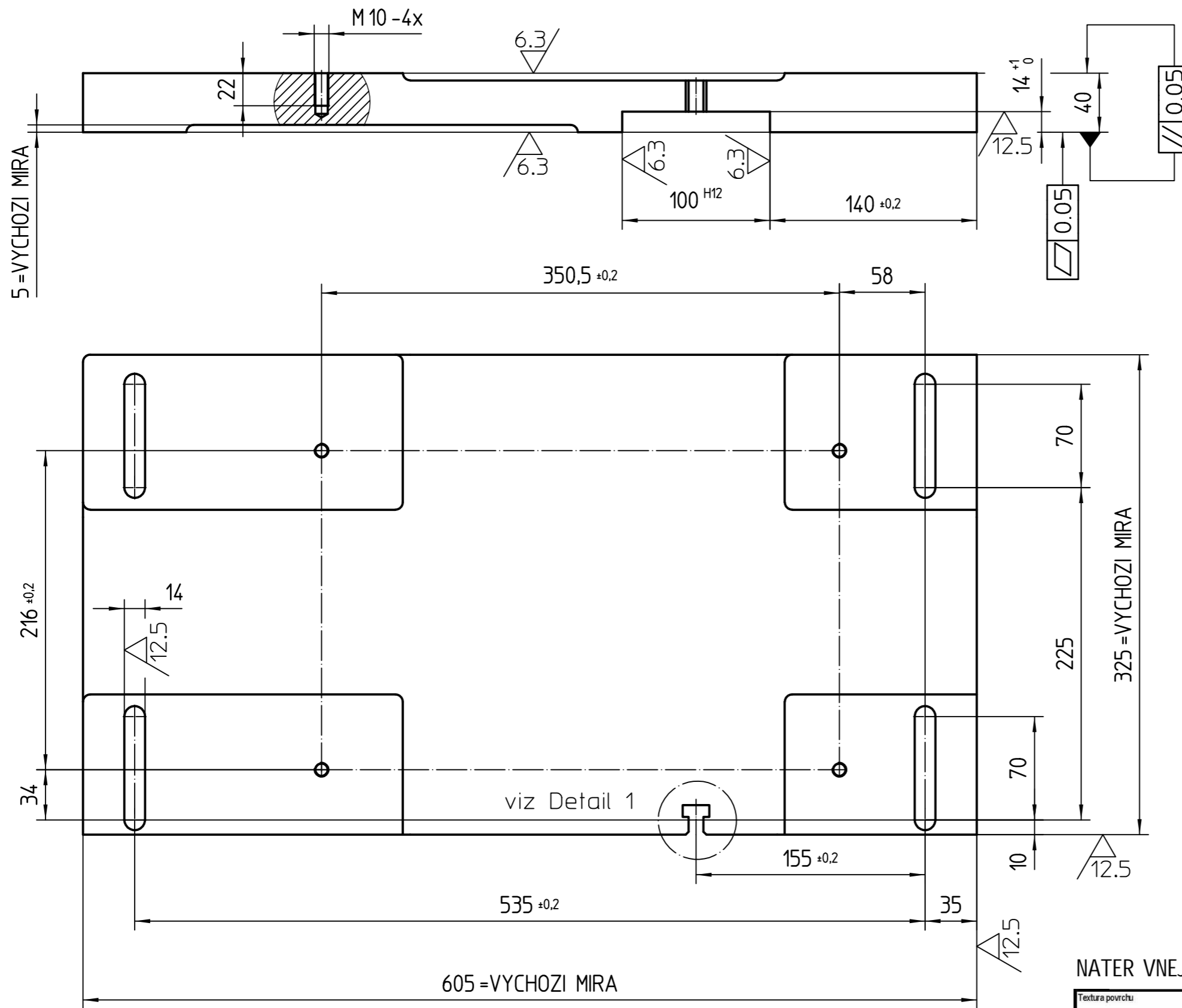
- Nástroj k výrobě sražení zvolte pro stopku, kterou jste zvolili pro nástroj pro obrobení vertikální drážky.
- Posuv určete k největšímu průměru nástroje. Pokud nebude v tabulce s posuvy průměr nástroje obsažený, tak zvolte posuv pro nejbližší nižší průměr. Posuv zvolte pro aplikaci bočních úběrů.

Poznámky obecně:

- Pro nástroje vyberte válcovou stupňovitou stopku MM S-A s co nejmenším vyložením, která má mezi kuželovým přechodem a povrchem součásti vzdálenost alespoň 3 milimetry.
- Sorta IC908 je obdobná sortě IC900.
- Jiné označení materiálu obrobku 42 2425 je GG25, které je podle normy DIN.
- U rezných rychlostí a posuvů napište jako správný výsledek rozsah hodnot.



Výřez detailu s drážkou z výkresu Deska motoru KTO-IF-P123A



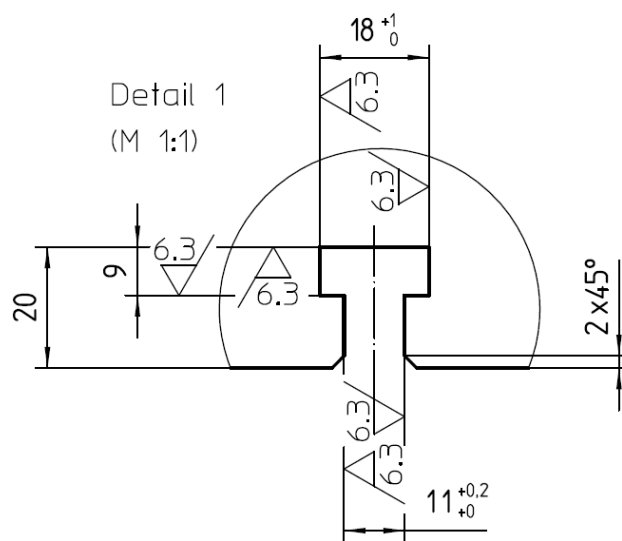
NATER VNEJSI - POUZE NEOBROBENE PLOCHY

| | | | |
|---|----------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Textura povrchu √ (√) | Hrany ISO 13715 L | Měřtko | Přesnost ISO 2768- mK |
| | | Hmotnost (kg) | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání ⊕ |
| Materiál - Polotovár 42 2425 | | Formát A4 | |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | | Kreslil Datum Schválil Datum | |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | |
| | | Název Deska motoru | |
| | | Číslo dokumentu KTO-IF-P123A | |
| | | List Listů | |

Iscar – Nástroje pro frézování

Příklad 1

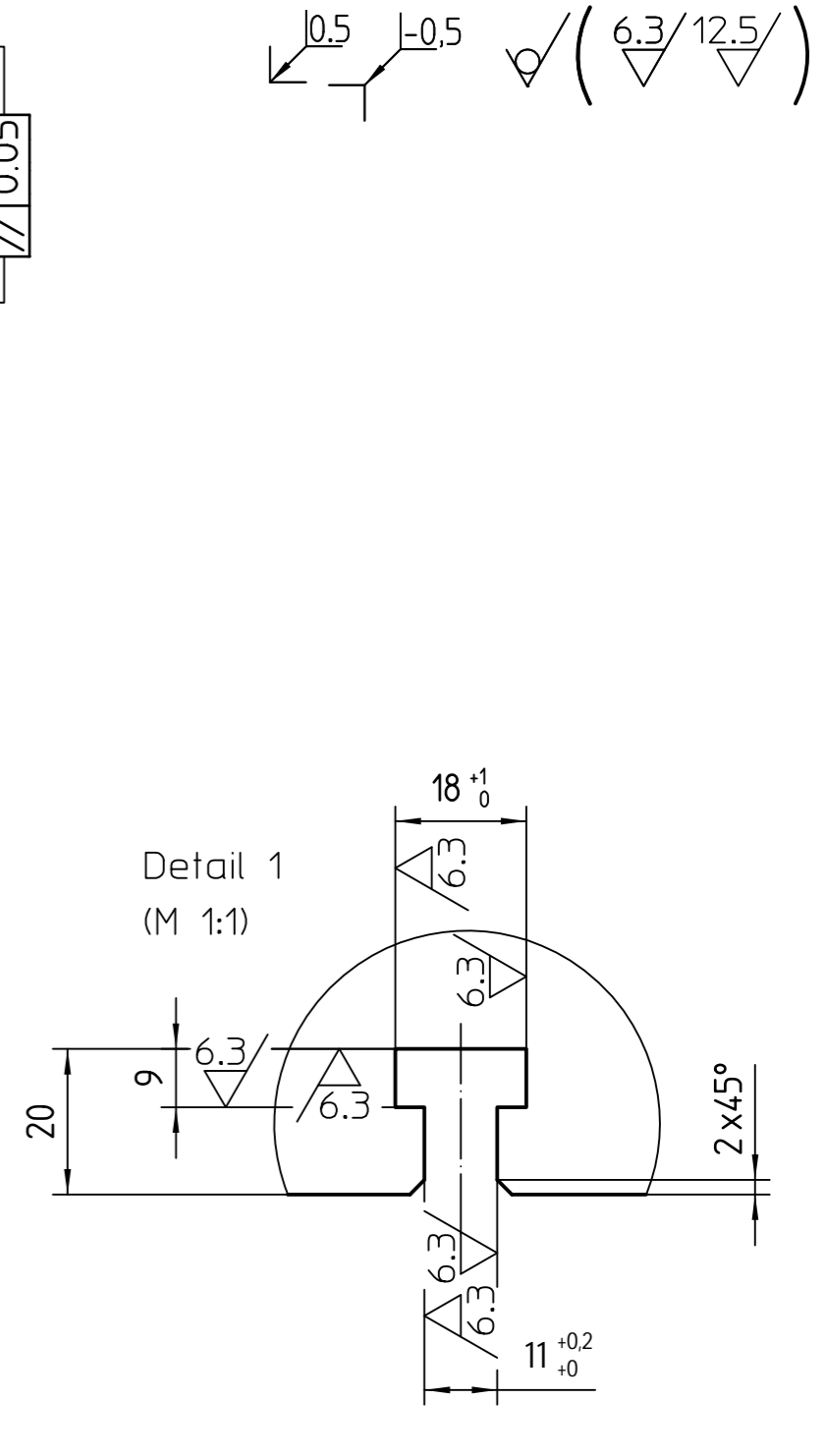
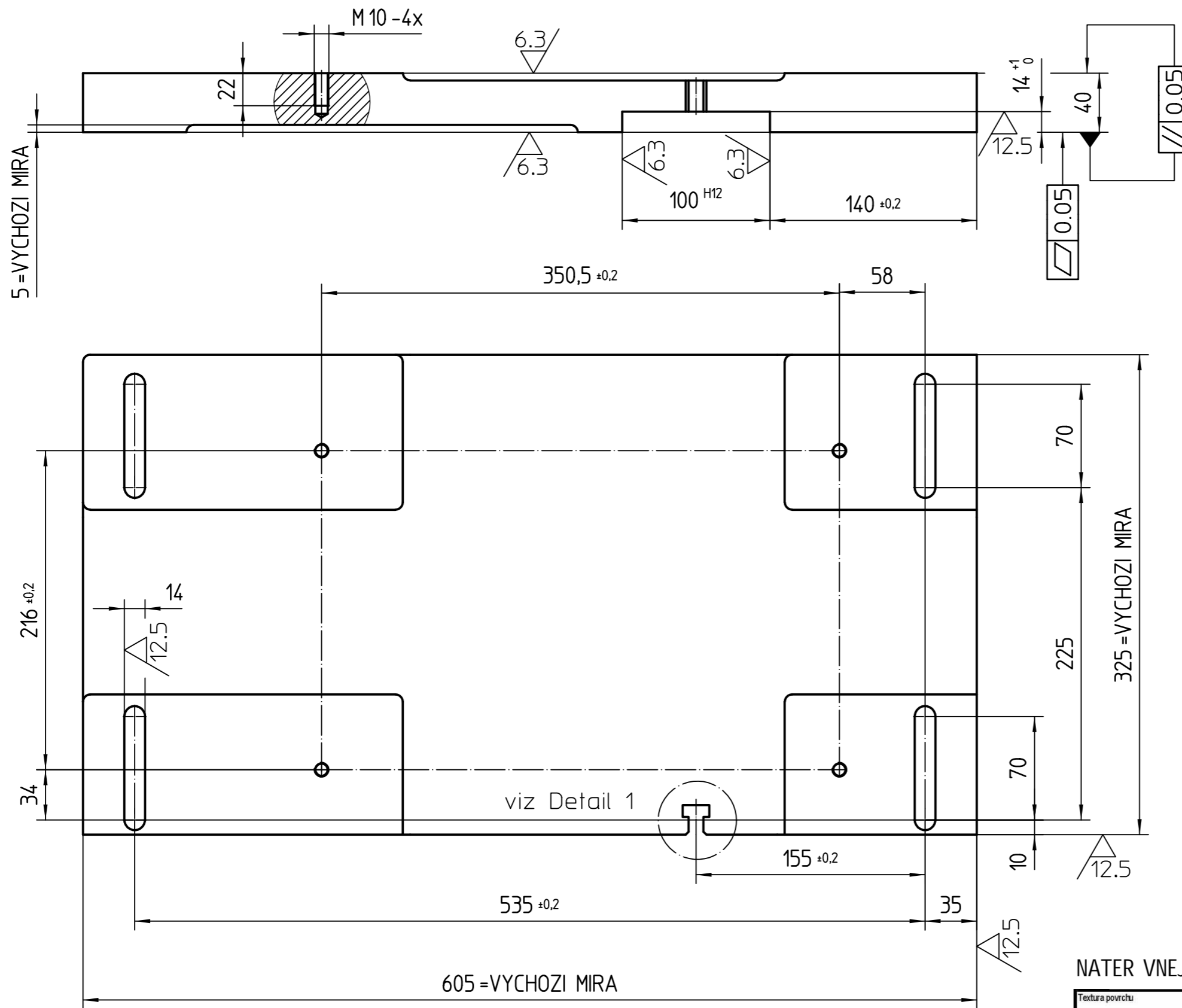
Navrhněte nástroj pro obrobení vertikální drážky, která má šířku 11 mm. Drážka je na výkresu Deska motoru s číslem KTO-IF-P123A. Výřez s detailem drážky z výkresu je zobrazený na obrázku. K vybranému nástroji určete doporučenou řeznou rychlost a doporučený posuv. Ke všem komponentům nástroje napište celé katalogové číslo. Dále navrhněte materiálovou sortu povlaku nástroje.



Výřez s detailem drážky z výkresu Deska motoru KTO-IF-P123A

Poznámky:

- Jelikož se jedná o krátkou drážku, tak jí lze obrobit stopkovou frézou. Nástroj vybírejte z řady MULTI-MASTER.
- Zvolte nástroj, který ponechá při prvním hrubování co nejmenší přídavek na stěnu drážky.
- Vyberte nástroj s rádiusem špičky 0,5 mm.
- Doporučený posuv a hloubku řezu zvolte podle způsobu obrábění.
- Pro nástroj vyberte válcovou stupňovitou stopku MM S-A s co nejmenším vyložením, která má mezi kuželovým přechodem a povrchem součásti vzdálenost alespoň 3 milimetry.
- Sorta IC908 je obdobná sortě IC900.
- Jiné označení materiálu obrobku 42 2425 je GG25, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti a posuvu napište jako správný výsledek rozsah hodnot.



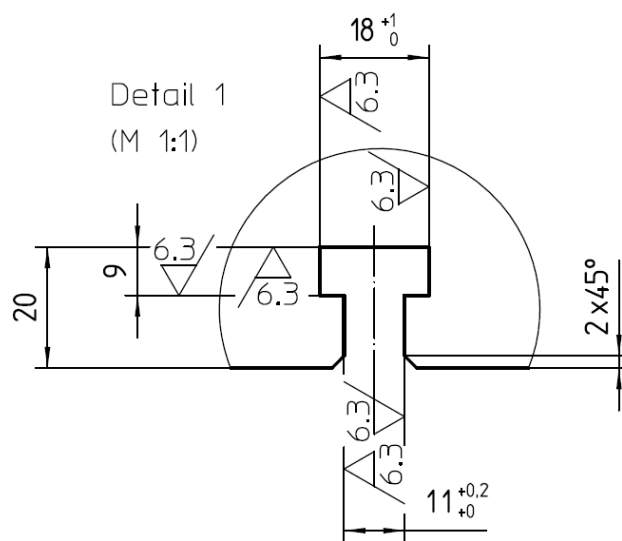
NATER VNEJSI - POUZE NEOBROBENE PLOCHY

| | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Textura povrchu √ (√) | Hrany ISO 13715 L | Měřtko | Přesnost ISO 2768- mK |
| | | Hmotnost (kg) | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Primitání ⊕ |
| Materiál - Polotovár 42 2425 | | Formát A4 | |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil Datum | Název Deska motoru | |
| | Schválil Datum | | Číslo dokumentu |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | KTO-IF-P123A List Listů | |

Iscar – Nástroje pro frézování

Příklad 2

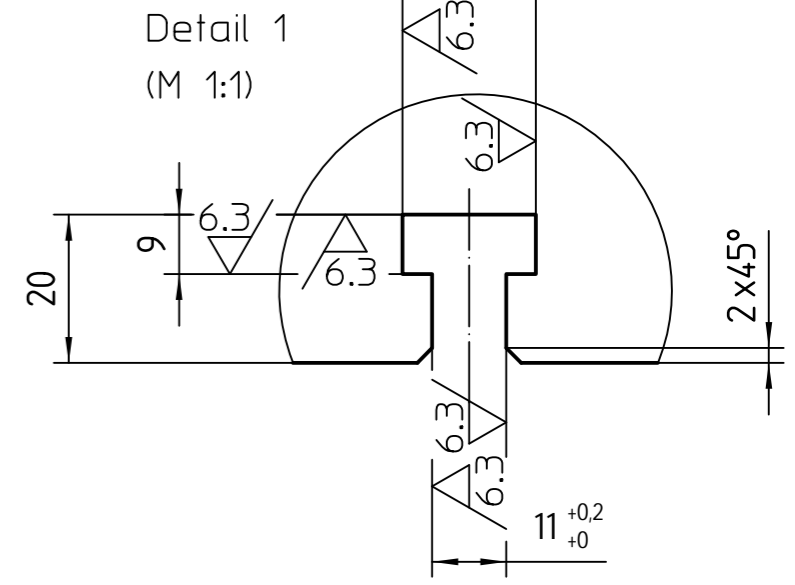
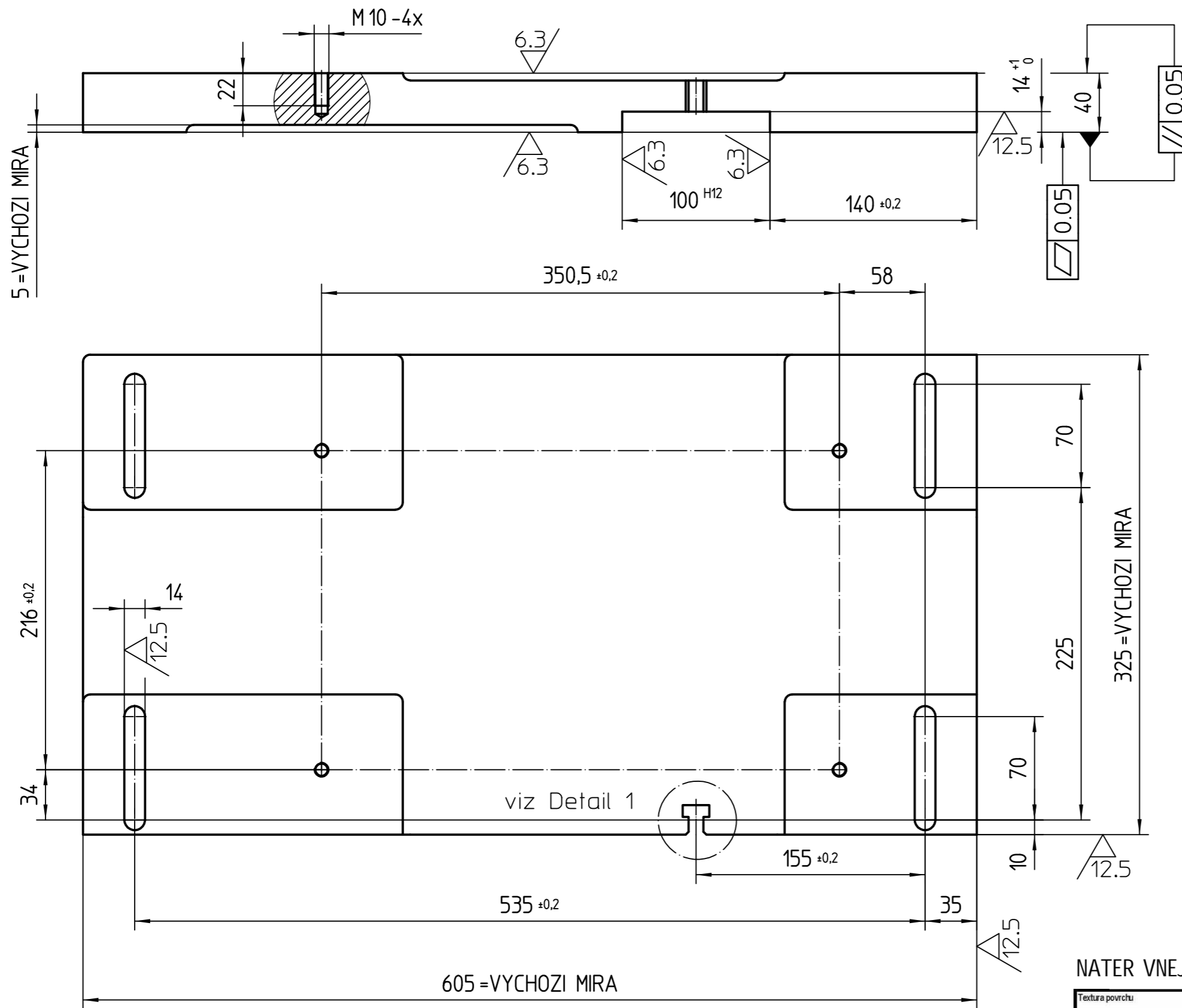
Navrhněte nástroj pro obrobení horizontální drážky, která má šířku 18 mm a výšku 9 mm. Drážka je na výkresu Deska motoru s číslem KTO-IF-P123A. Výřez s detailem drážky z výkresu je zobrazený na obrázku. K vybranému nástroji určete doporučenou řeznou rychlost a doporučený posuv. Ke všem komponentům nástroje napište celé katalogové číslo. Dále navrhněte materiálovou sortu povlaku nástroje.



Výřez s detailem drážky z výkresu Deska motoru KTO-IF-P123A

Poznámky:

- Předpokládejte, že vertikální drážka je již obrobená.
- T-drážku lze obrobít i tak, že se obrobí na vícero přísuvů a to jak šířka, tak i výška drážky.
- Pro nástroj vyberte válcovou stupňovitou stopku MM S-A s co nejmenším vyložením, která má mezi kuželovým přechodem a povrchem součásti vzdálenost alespoň 3 milimetry.
- Pokud vyjde více použitelných sort, zvolte tu s vyšší řeznou rychlostí.
- Neuvažujte rádiusy v rozích T-drážky.
- Jiné označení materiálu obrobku 42 2425 je GG25, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti a posuvu napište jako správný výsledek rozsah hodnot.



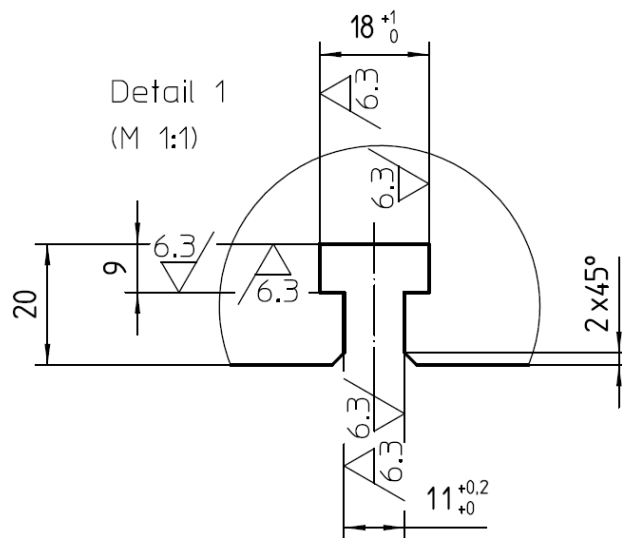
NATER VNEJSI - POUZE NEOBROBENE PLOCHY

| | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|---|
| Textura povrchu √ (√) | Hrany ISO 13715 L L L | Měřtko | Přesnost ISO 2768- mK |
| | | Hmotnost (kg) | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání ⊕ |
| Materiál - Polotovár 42 2425 | | Formát A4 | |
| <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p> | Kreslil Datum | <p>Název Deska motoru</p> | |
| | Schválil Datum | | <p>Číslo dokumentu KTO-IF-P123A</p> |
| <p>KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ</p> | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | <p>List Listů</p> | |

Iscar – Nástroje pro frézování

Příklad 3

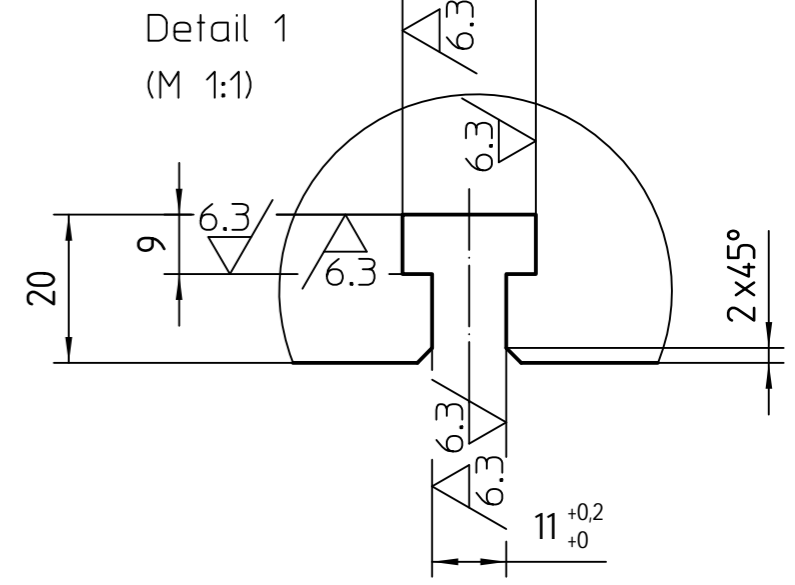
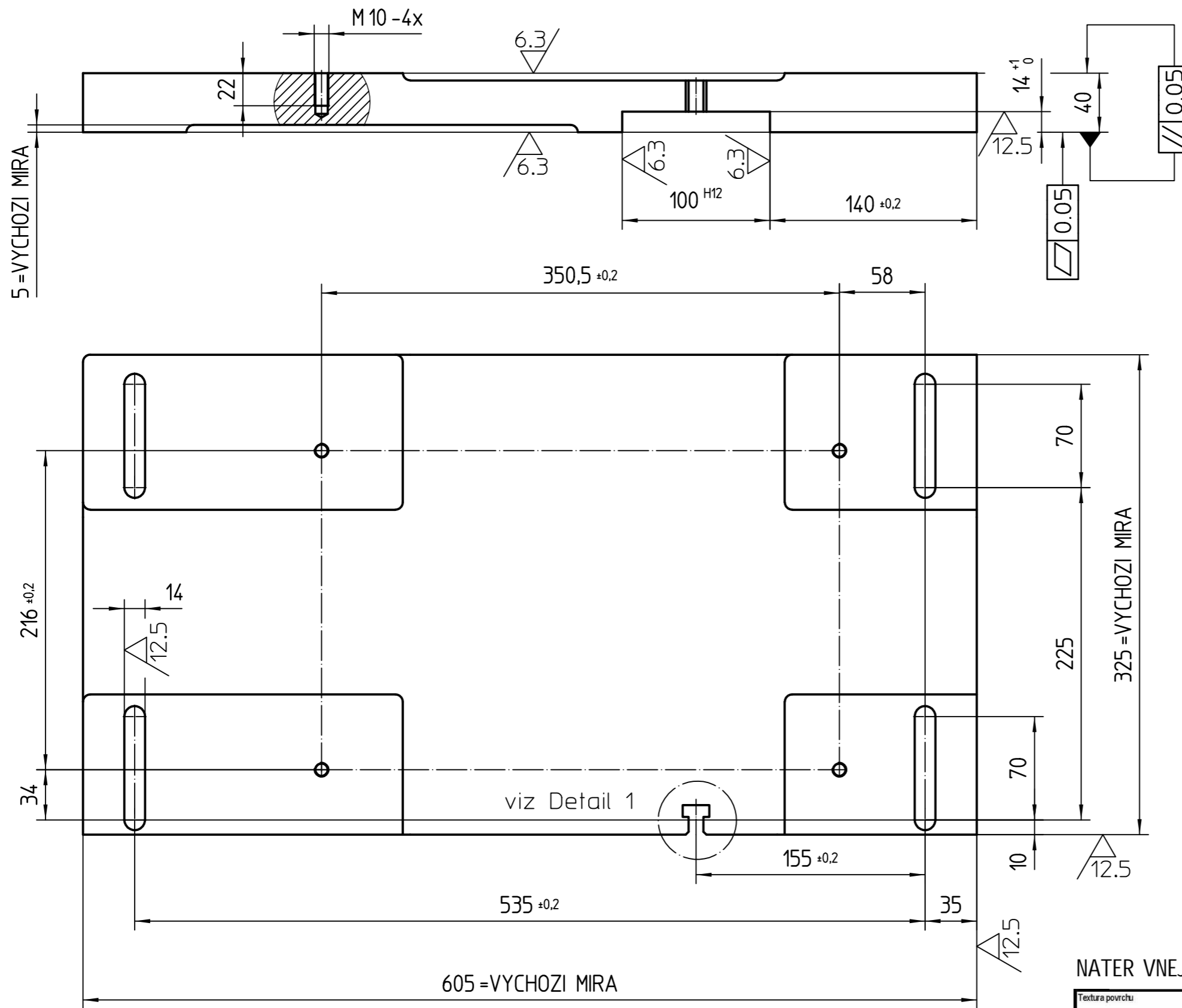
Navrhněte nástroj pro obrobení zkosení $2 \times 45^\circ$, které je na drážce tvaru T. T-drážka je na výkresu Deska motoru s číslem KTO-IF-P123A. Výřez s detailem T-drážky z výkresu je zobrazený na obrázku. K vybranému nástroji určete doporučenou řeznou rychlost a doporučený posuv. Ke všem komponentům nástroje napište celé katalogové číslo. Dále navrhněte materiálovou sortu povlaku nástroje.



Výřez detailu s drážkou z výkresu Deska motoru KTO-IF-P123A

Poznámky:

- Předpokládejte, že vertikální drážka je již obrobena.
- Nástroj vybírejte pro MULTI-MASTER válcovou stupňovitou stopku MM S-A se závitem T05, délkou pracovního stupně h 38 mm a celkovou délkou L 90 mm.
- Pokud vyjde více použitelných sort, zvolte tu s vyšší řeznou rychlostí.
- Posuv určete k největšímu průměru nástroje. Pokud nebude v tabulce s posuvy průměr nástroje obsažený, tak zvolte posuv pro nejbližší nižší průměr. Posuv zvolte pro aplikaci bočních úběrů.
- Sorta IC908 je obdobná sortě IC900.
- Jiné označení materiálu obrobku 42 2425 je GG25, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti a posuvu napište jako správný výsledek rozsah hodnot.



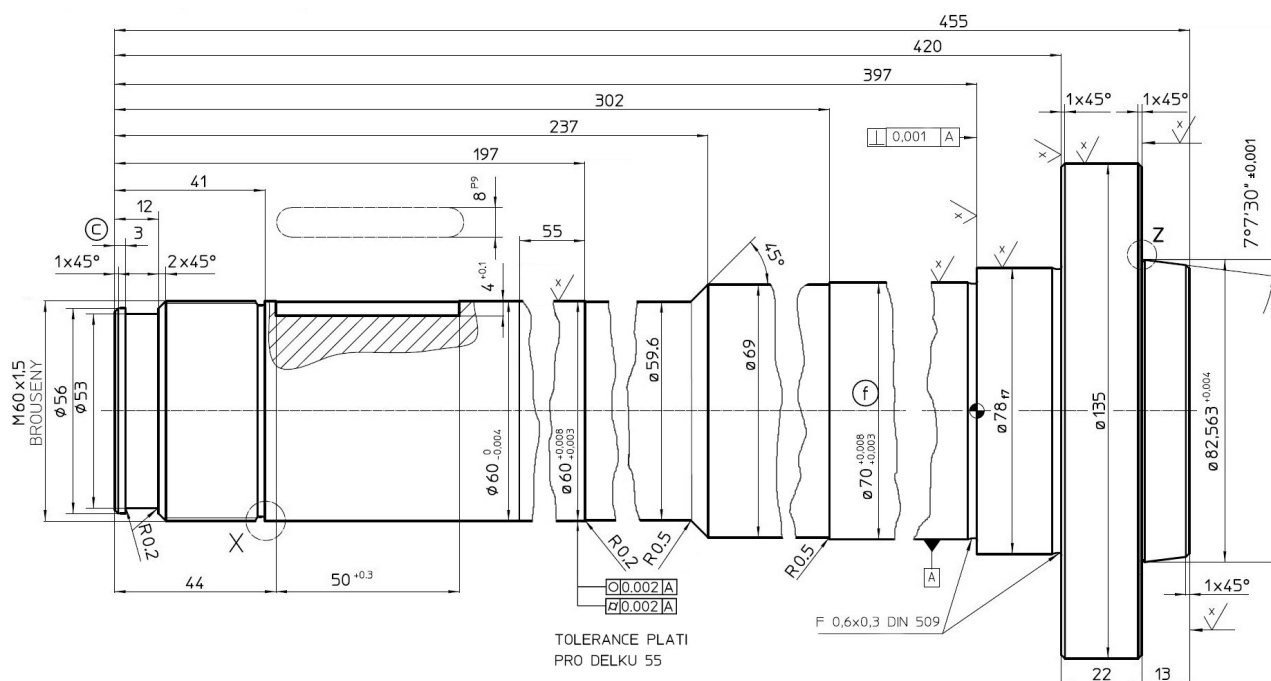
NATER VNEJSI - POUZE NEOBROBENE PLOCHY

| | | | |
|---|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Textura povrchu √ (√) | Hrany ISO 13715 L | Měřtko | Přesnost ISO 2768- mK |
| | | Hmotnost (kg) | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání ⊕ |
| Materiál - Polotovár 42 2425 | | Formát A4 | |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil Datum | Název Deska motoru | |
| | Schválil Datum | | Číslo dokumentu KTO-IF-P123A |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | List Listů | |

Iscar – Nástroje pro soustružení

Příklad A

Navrhněte nástroje pro obrobení všech vnějších rotačních ploch a prvků, které jsou na součásti vlevo od příruby včetně levého čela a válcové plochy příruby s průměrem 135 mm. Tedy nástroje pro vyhrubování základního tvaru, dokončení základního tvaru, výrobu zápchů a závitu. Součást je na výkresu Vřeteno s číslem KTO-KR-P4-IS-P123A. Výřez se součástí z výkresu je zobrazený na obrázku (Obr. A). Určete držáky a k nim vyhovující břitové destičky. K držákům napište celá katalogová čísla. Ke zvoleným břitovým destičkám napište celá katalogová čísla, určete doporučené řezné rychlosti, doporučené posuvy a doporučené hloubky řezů. Dále u destiček navrhnete materiálové sorty povlaků.



Obr. A Výřez se součástí z výkresu Vřeteno KTO-KR-P4-IS-P123A

Poznámky k nástroji pro hrubování:

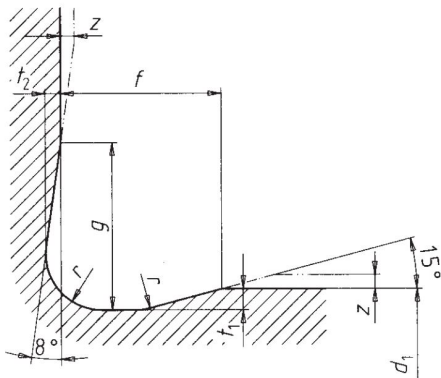
- Zvolte držák s vnitřním chlazením pro destičku s co nejvyšším počtem řezných hran.
- Zvolte destičku s rádiusem špičky 0,8 mm

Poznámky k nástroji pro dokončování:

- Zvolte držák s vnitřním chlazením pro destičku s úhlem špičky ϵ_r 55°, která má 4 řezné hrany.

Poznámky k nástroji pro tvarový zápch typu F:

- Tvar zápchu s obecnými kótami je zobrazený na obrázku (Obr. B). Pro určení rozměrů zápchů použijte tabulku na obrázku (Obr. C). V označení zápchů určuje F typ zápchu, hodnota 0,6 rádius zápchu a hodnota 0,3 hloubku zápchu na válcové ploše.
- Jako druh obrábění uvažujte dokončování.



Obr. B Normalizovaný zápich typu F převzatý z normy DIN 509

| Type | $r^{(1)}$ $\pm 0,1$ | | t_1 $+0,1$ 0 | f $+0,2$ 0 | g | t_2 $+0,05$ 0 | Corresponding workpiece subjected to a normal stress concentration |
|---------|------------------------|----------|----------------------|--------------------|-------|-----------------------|---|
| | Series 1 | Series 2 | | | | | |
| E and F | — | 0,2 | 0,1 | 1 | (0,9) | 0,1 | Over 1,6 up to 3 |
| | 0,4 | — | | | 2 | | |
| G | — | — | 0,2 | 1 | (1,2) | 0,2 | over 3 up to 18 |
| E and F | — | 0,6 | | | 2 | | |
| | — | — | 0,3 | 2,5 | (2,1) | 0,2 | over 10 up to 18 |
| — | — | (2,4) | | | | | |
| — | — | — | — | — | — | — | over 18 up to 80 |

Obr. C Tabulka s hodnotami pro normalizované zápichy typu F převzatá z normy DIN 509

Poznámky k nástroji pro výrobu závitu:

- Zvolte držák se čtvercovým průřezem upínací části s nejvyšší tuhostí.

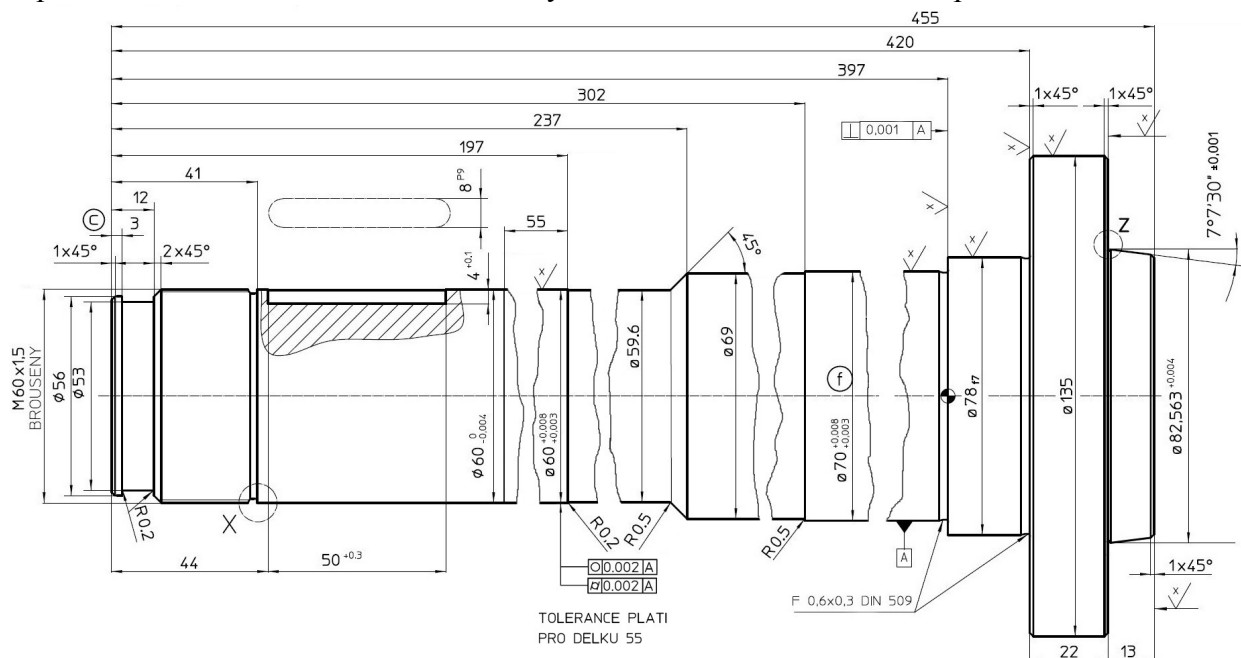
Poznámky obecně:

- Vřeteno se sklíčidlem je při pohledu na výkres vpravo od součásti, smysl rotace vřetena je proti směru hodinových ručiček a revolverová hlava je za součástí.
- Pro určitý vybraný držák předně zvolte destičku s utvařečem třísky a sortou povlaku, které jsou přímo určené pro daný druh obrábění. Pokud nebude taková destička nabízena, tak zvolte destičku s utvařečem přímo určeným pro daný druh obrábění se sortou povlaků pouze doporučenou a pokud nebude nabízena ani tato destička, tak zvolte tu, která má utvařeč pouze doporučený a sortu povlaku přímo určenou pro daný druh obrábění.
- Jiné označení materiálu obrobku je 32CrMo12, které je podle normy DIN.
- Jedná se o středně až velkosériovou výrobu.
- Sorta IC8350 je obdobná sortě IC8250.
- U zvolených řezných rychlostí, posuvů, hloubek řezů a počtu průchodů napište jako správné výsledky rozsahy hodnot.

Iscar – Nástroje pro soustružení

Příklad 1

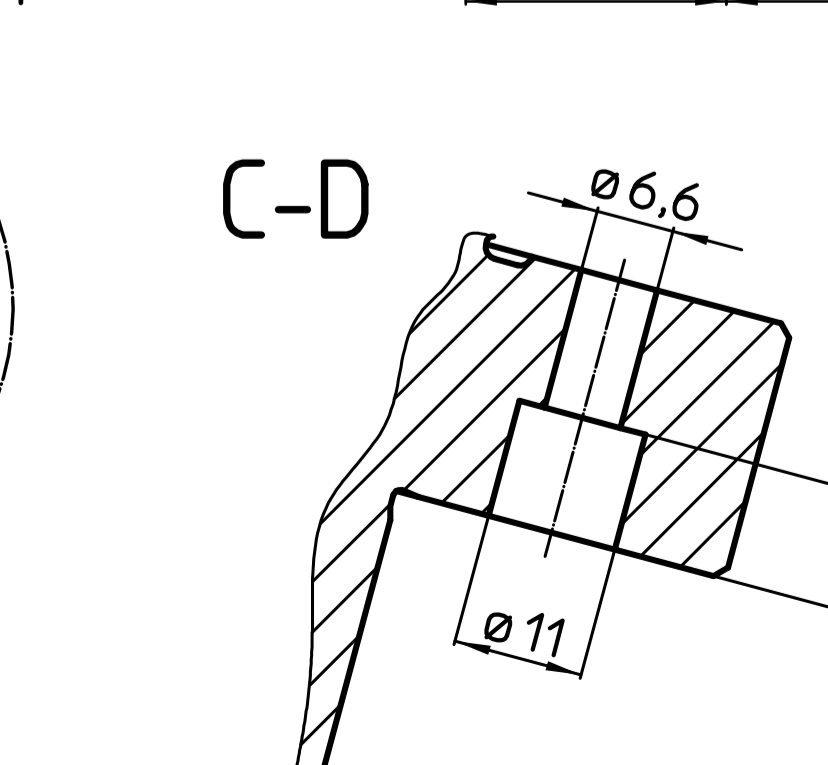
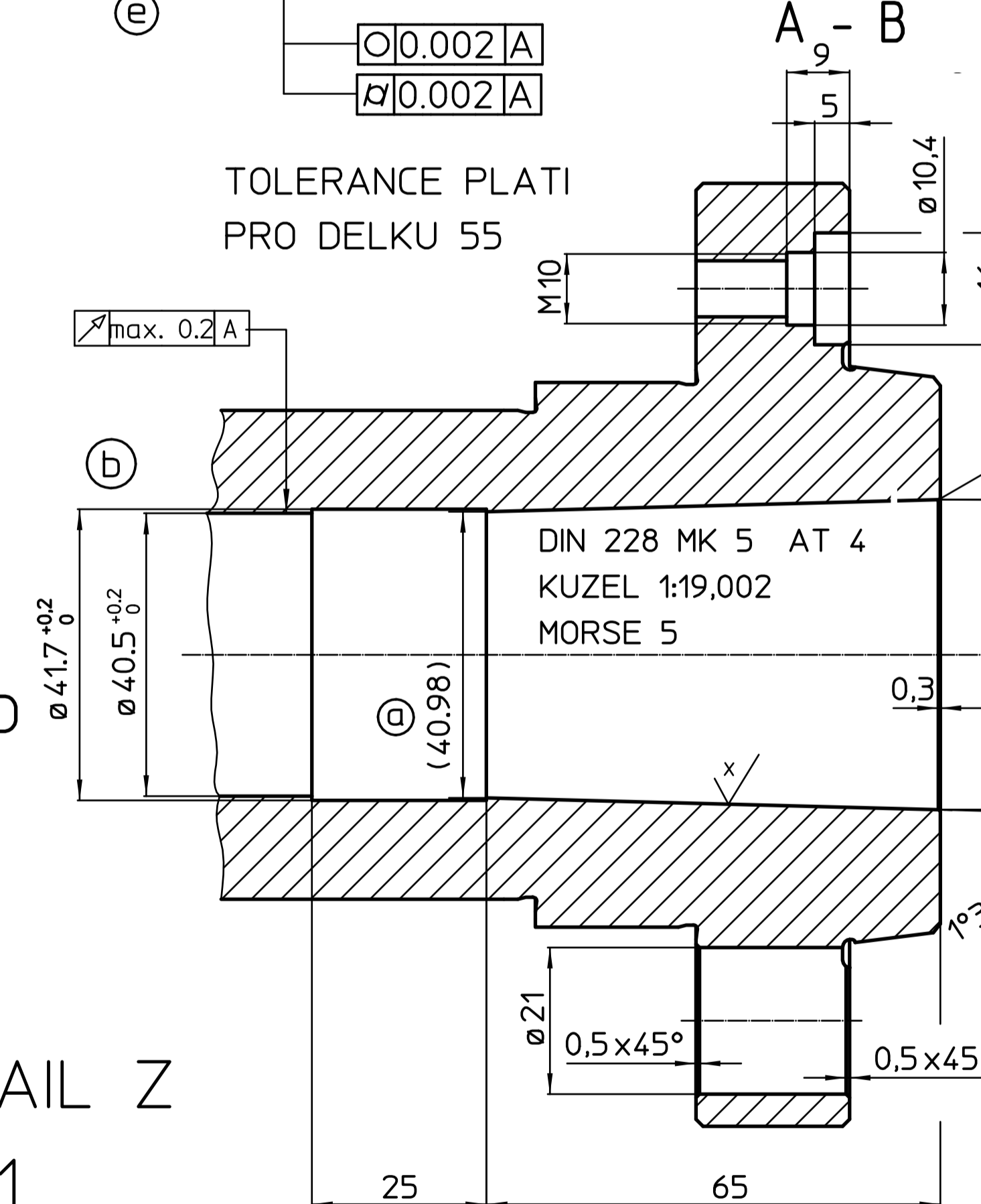
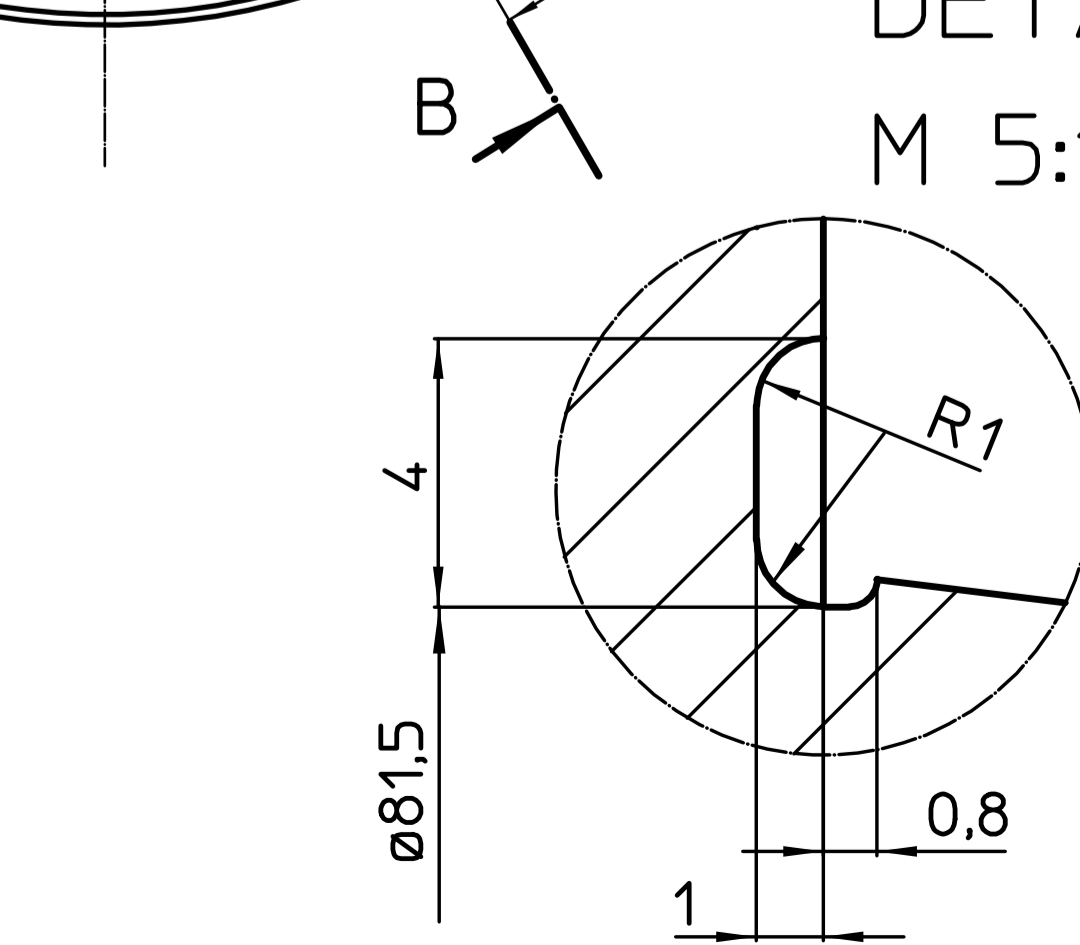
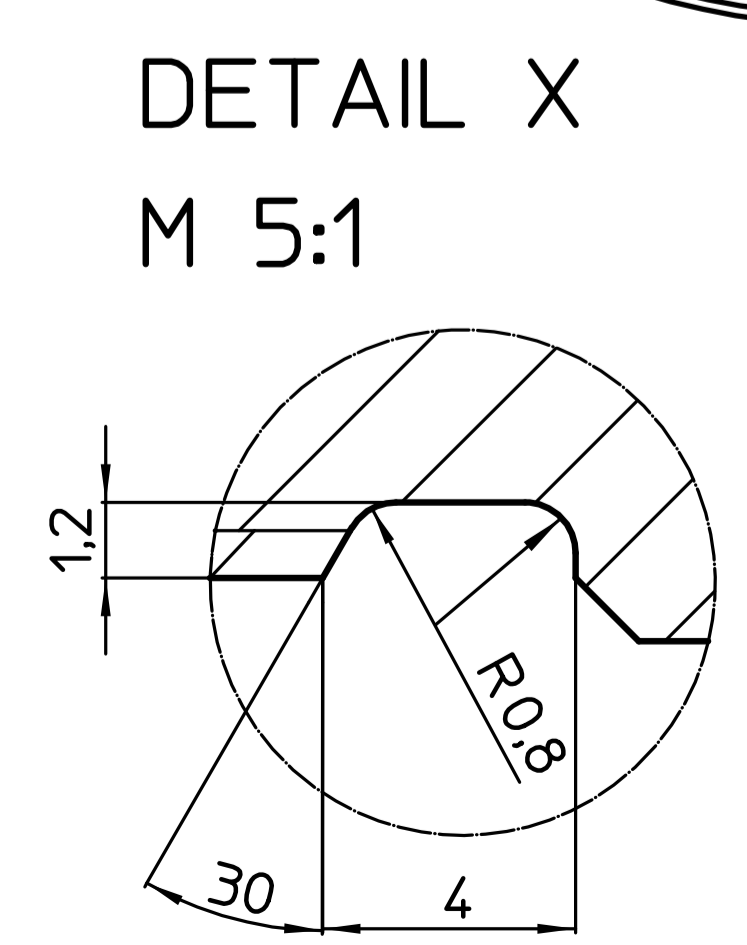
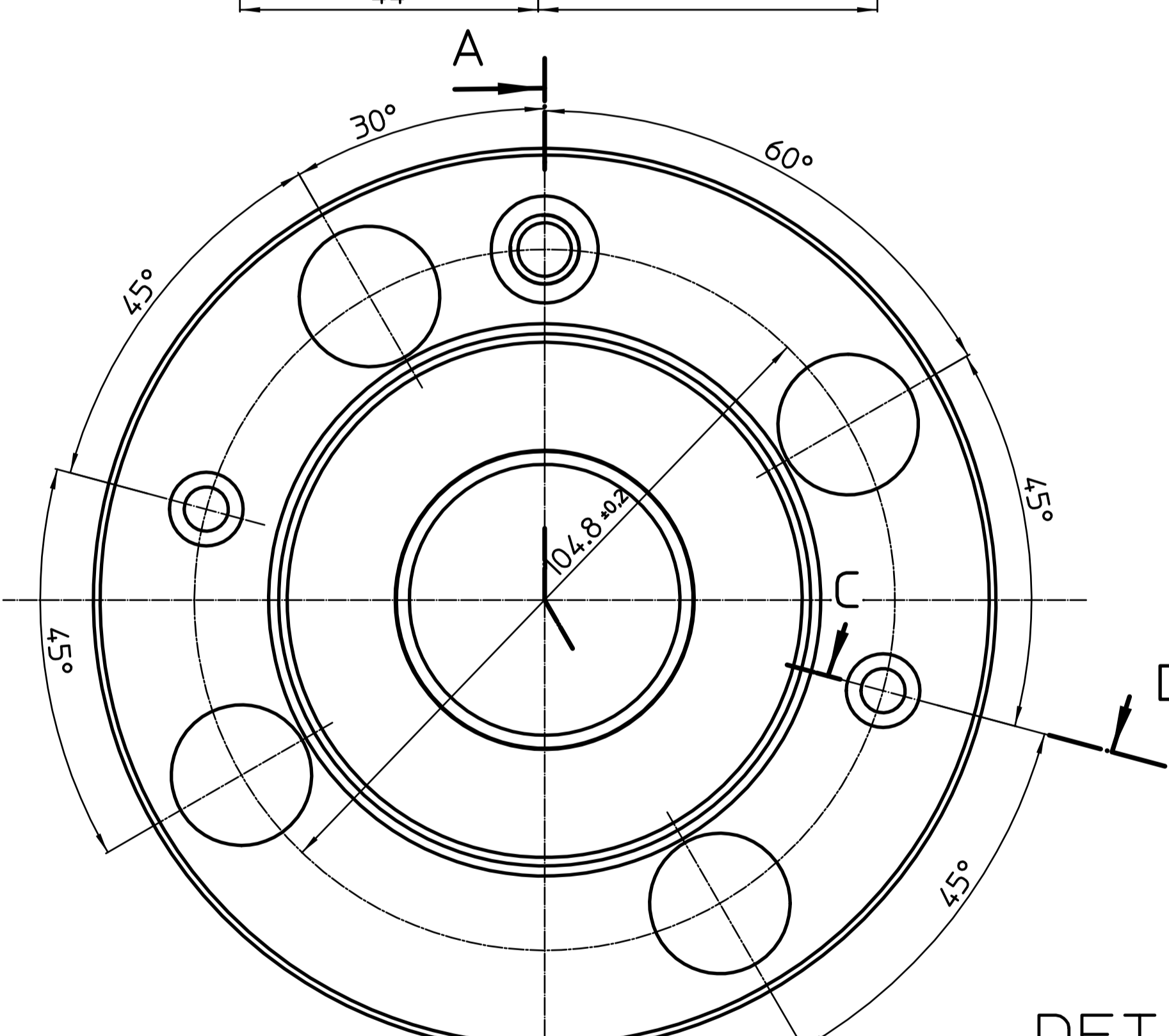
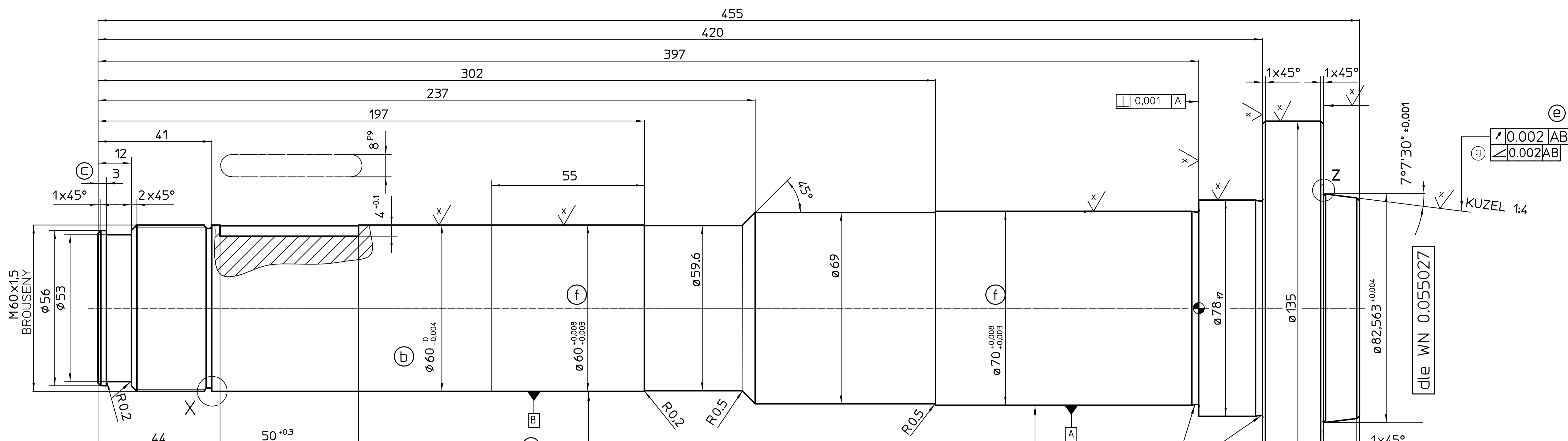
Navrhněte nástroj pro vyhrubování základního tvaru, který je na součásti vlevo od příruby včetně levého čela a válcové plochy příruby s průměrem 135 mm. Součást je na výkresu Vřeteno s číslem KTO-KR-P4-IS-P123A. Výřez se součástí z výkresu je zobrazený na obrázku. Určete držák a k ní vyhovující břitovou destičku. K držáku napište celé katalogové číslo. Ke zvolené břitové destičce napište celé katalogové číslo, určete doporučenou řeznou rychlost, doporučený posuv a doporučenou hloubku řezu. Dále u destičky navrhněte materiálovou sortu povlaku.



Výřez se součástí z výkresu Vřeteno KTO-KR-P4-IS-P123A

Poznámky:

- Vřeteno se sklícidlem je při pohledu na výkres vpravo od součásti, smysl rotace vřetena je proti směru hodinových ručiček a revolverová hlava je za součástí.
- Zvolte držák s vnitřním chlazením pro destičku s co nejvyšším počtem řezných hran.
- Předně zvolte destičku s utvařečem třísky a sortou povlaku, které jsou přímo určené pro daný druh obrábění. Pokud nebude taková destička nabízena, tak zvolte destičku s utvařečem přímo určeným pro daný druh obrábění se sortou povlaků pouze doporučenou a pokud nebude nabízena ani tato destička, tak zvolte tu, která má utvařeč pouze doporučený a sortu povlaku přímo určenou pro daný druh obrábění.
- Zvolte destičku s rádiusem špičky 0,8 mm.
- Sorta IC8350 je obdobná sortě IC8250.
- Jiné označení materiálu obrobku je 32CrMo12, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti, posuvu a hloubky řezu napište jako správný výsledek rozsah hodnot.



ODJEHLENO
 NITRIDOVANO HL. 0.5mm - MIN. 700HV5 $\sqrt{Rz\ 25}$ ($\sqrt{x} = \sqrt{Rz\ 6,3}$)

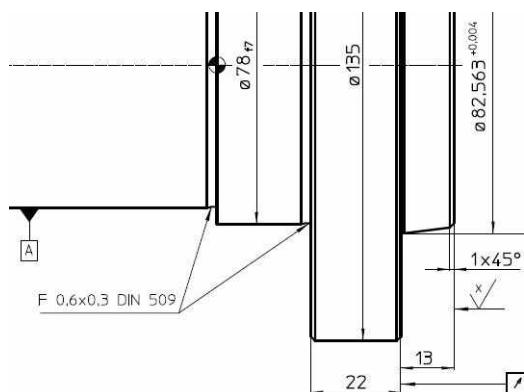
| | | | |
|---|---------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768- mH |
| Materiál - Polotovár 15 230.7 výkovek | | Hmotnost (kg) | Tolerování ISO 8015 |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | | Promítání | |
| Kreslil Datum | | Formát A4 | |
| Schválil Datum | | Název Vřeteno | |
| Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | Číslo dokumentu KTO-KR-P4-IS-P123A | |
| KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | | List Listů | |

Vykres podléhá ochranné
 duševního vlastnictví dle ISO 18018
 Tento výkres je veškerou práva CAD,
 Ruční složení papíru, tisk, a p l a n e

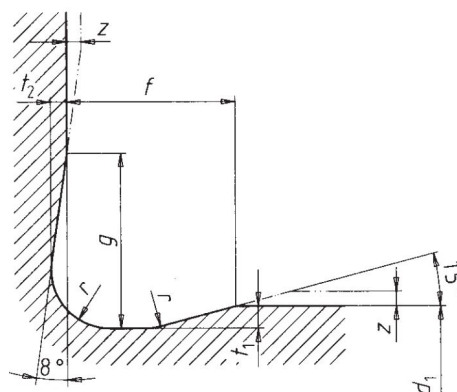
Iscar – Nástroje pro soustružení

Příklad 3

Navrhněte nástroj pro výrobu zápichů F 0,6 × 0,3 DIN 509, které jsou na součásti na výkresu Vřeteno s číslem KTO-KR-P4-IS-P123A. Výřez z výkresu, na kterém jsou zobrazena umístění zápichů, je na levém horním obrázku. Obecný tvar zápichu F lze vidět na pravém horním obrázku. Určete držák a k němu vyhovující břitovou destičku. K držáku napište celé katalogové číslo. Ke zvolené břitové destičce napište celé katalogové číslo, určete doporučenou řeznou rychlost, doporučený posuv a hloubku řezu. Dále u destičky navrhněte materiálovou sortu povlaků.



Výřez tvarových zápichů typu F z výkresu Vřeteno KTO-KR-P4-IS-P123A



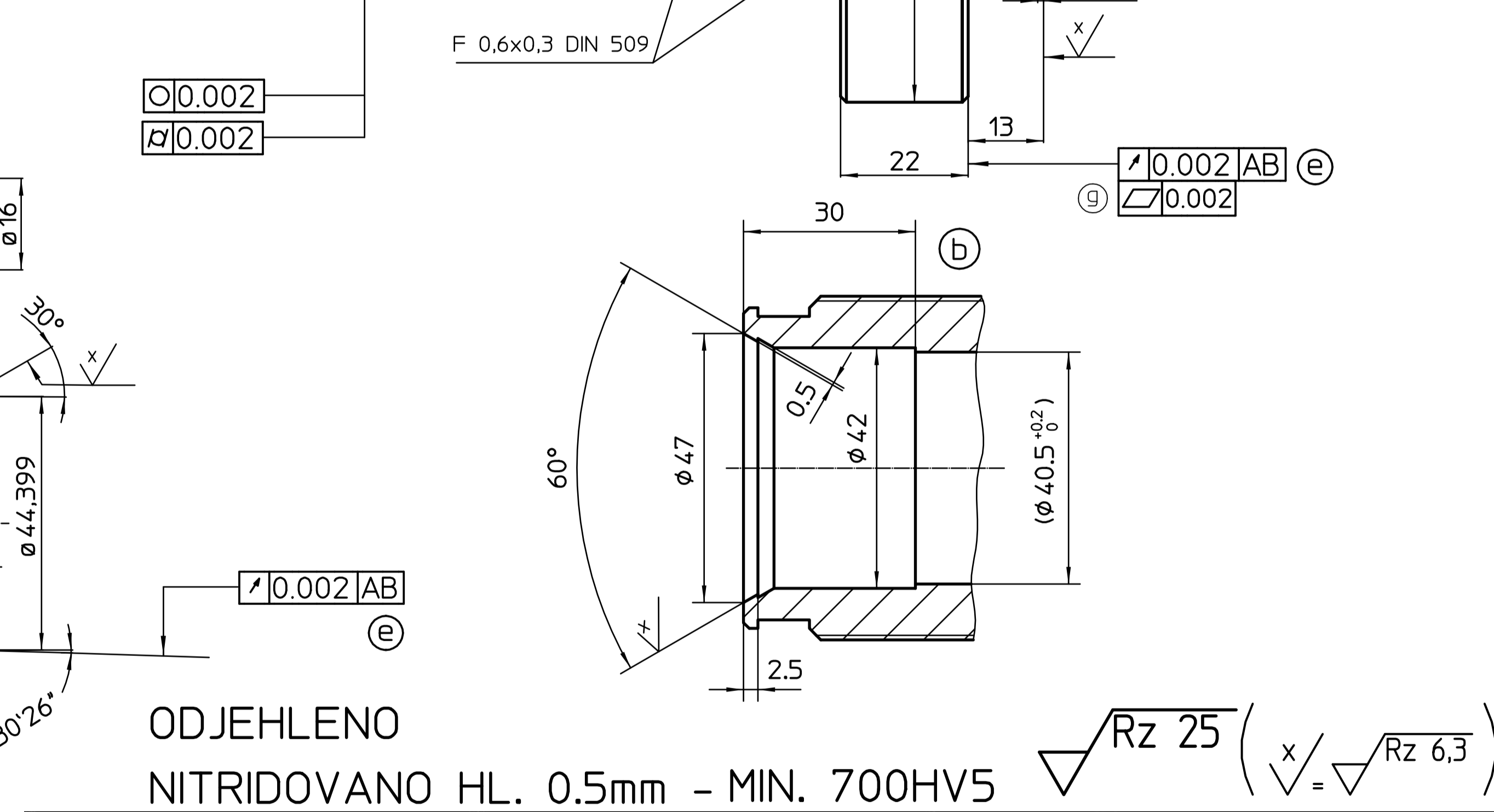
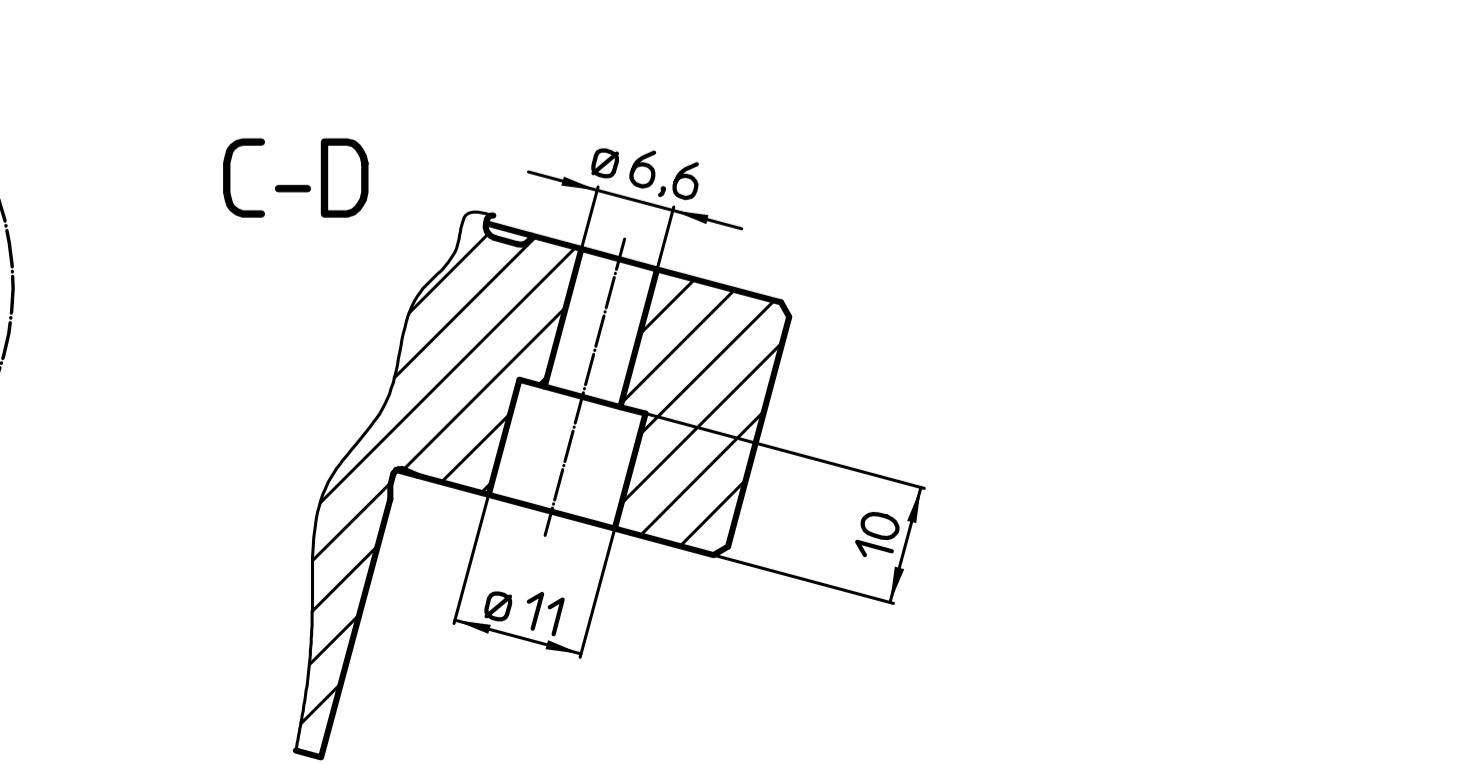
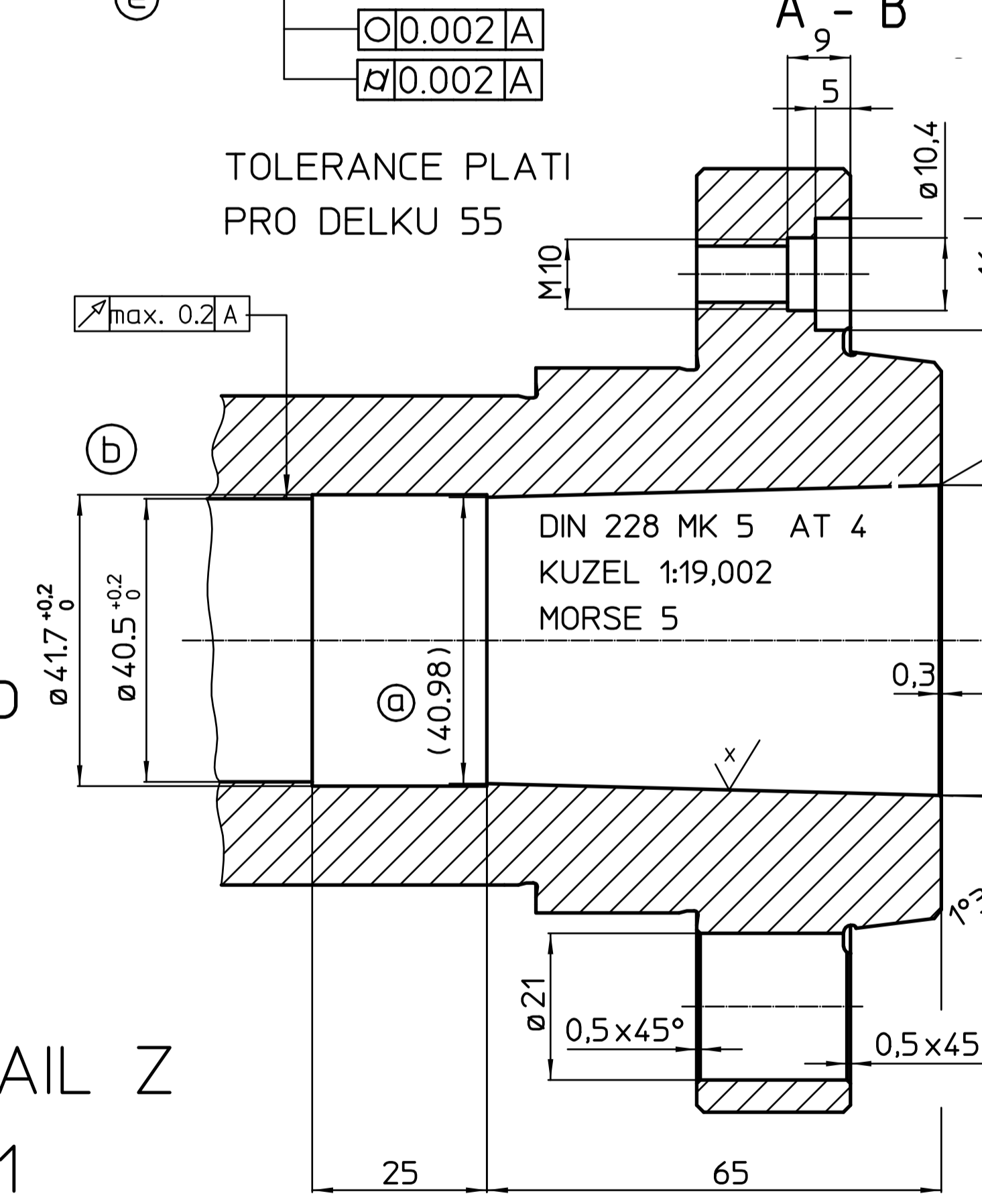
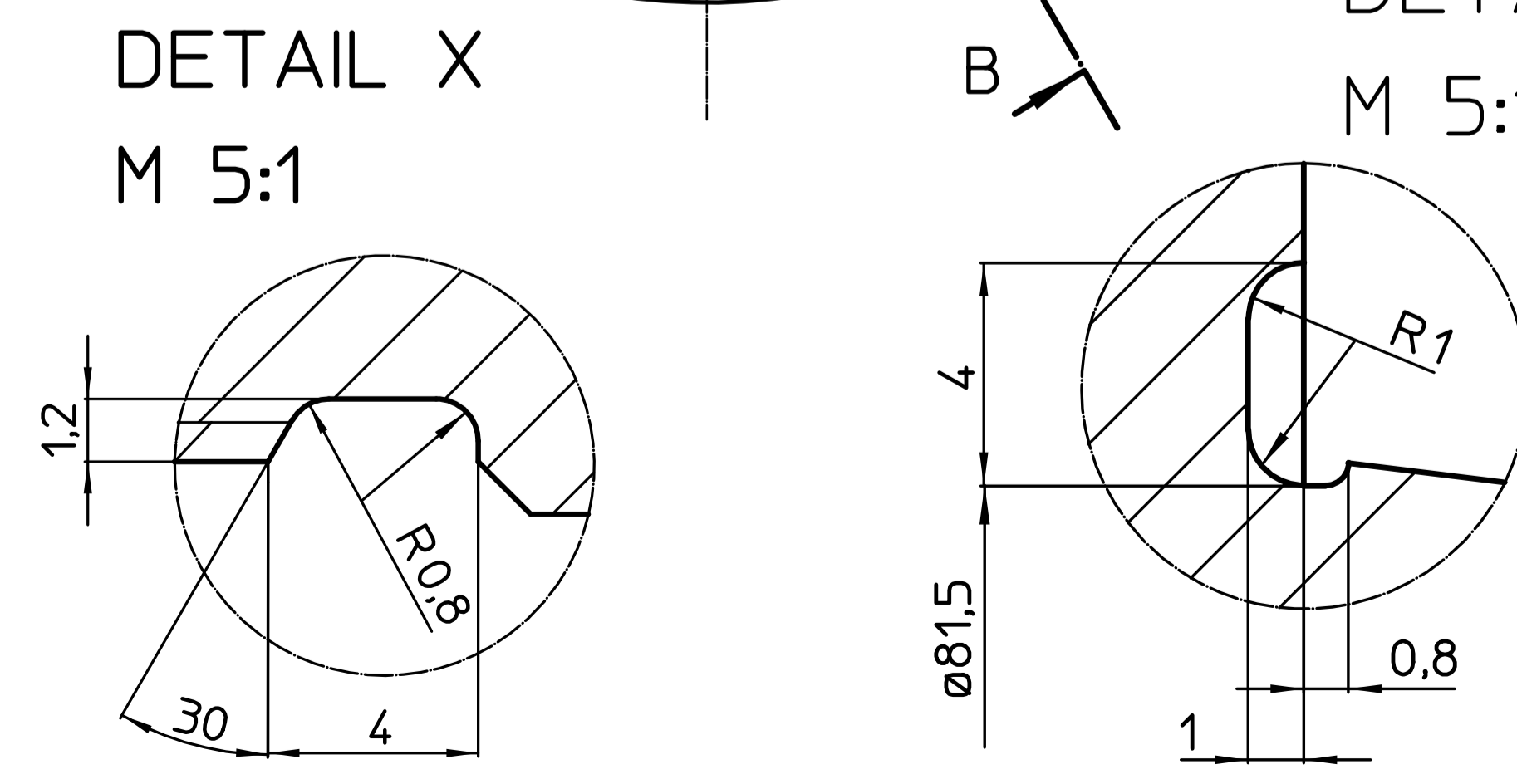
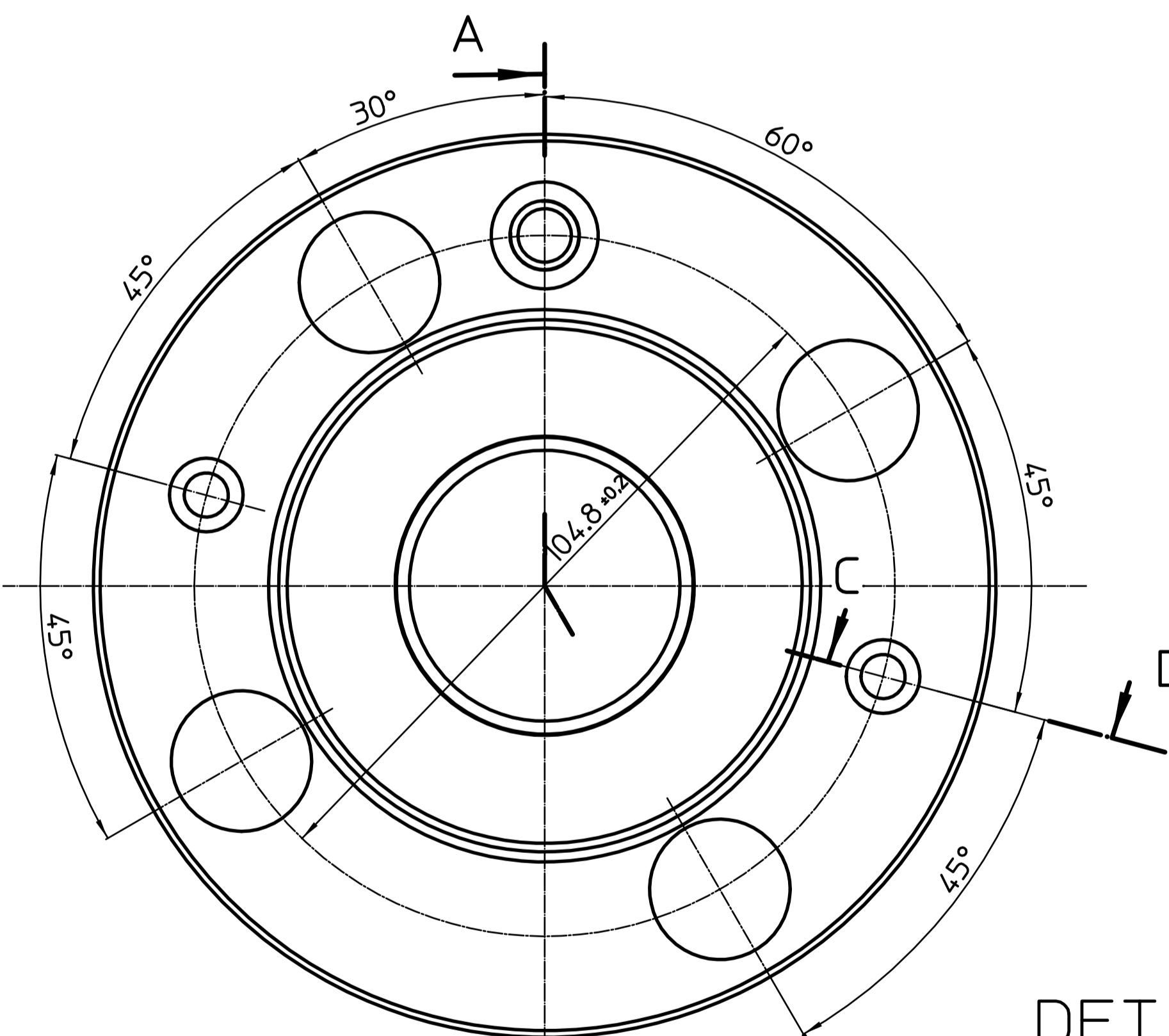
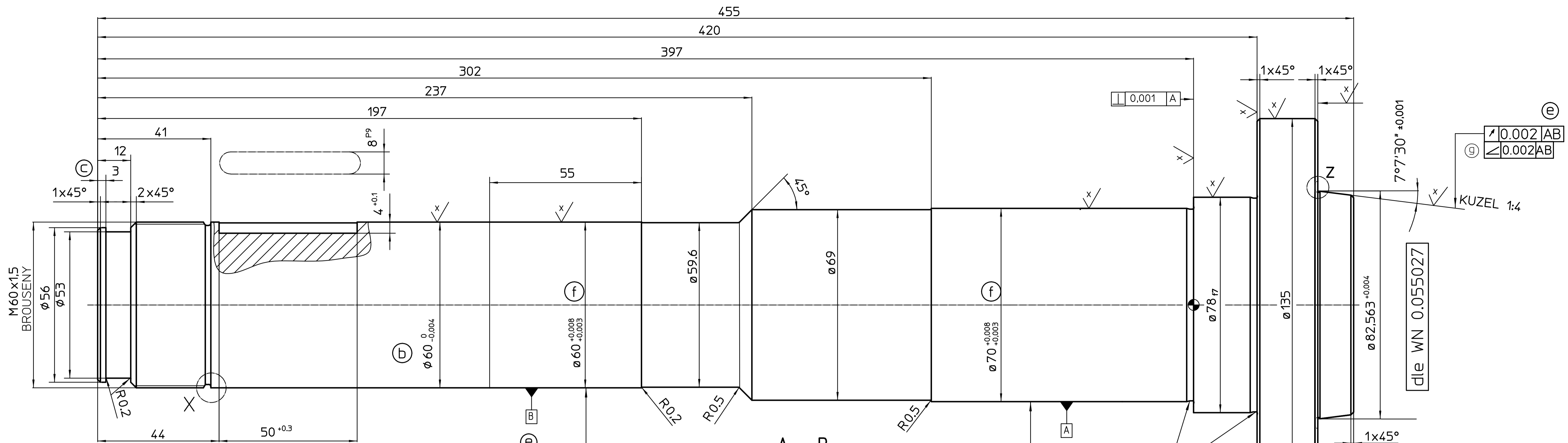
Normalizovaný zápich typu F převzatý z normy DIN 509

Poznámky:

- Vřeteno se sklíčidlem je při pohledu na výkres vpravo od součásti, smysl rotace vřetena je proti směru hodinových ručiček a revolverová hlava je za součástí.
- Pro určení rozměrů zápichů použijte tabulku na dolním obrázku. V označení zápichů určuje F typ zápichu, hodnota 0,6 rádius zápichu a hodnota 0,3 hloubku zápichu na válcové ploše.
- Předně zvolte destičku s utvařečem třísky a sortou povlaků, které jsou přímo určené pro daný druh obrábění. Pokud nebude takováto destička nabízena, tak zvolte destičku s utvařečem přímo určeným pro daný druh obrábění se sortou povlaků pouze doporučenou a pokud nebude nabízena ani tato destička, tak zvolte tu, která má utvařeč pouze doporučený a sortu povlaku přímo určenou pro daný druh obrábění. Jako druh obrábění uvažujte dokončování.
- Jiné označení materiálu obrobku je 32CrMo12, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti, posuvu a hloubky řezu napište jako správný výsledek rozsah hodnot.

| Type | $r^{(1)}$ $\pm 0,1$ | | t_1 | f | g | t_2 | Corresponding workpiece subjected to a normal stress concentration |
|---------|------------------------|----------|---------------|---------------|-------|----------------|---|
| | Series 1 | Series 2 | $+0,1$ 0 | $+0,2$ 0 | | $+0,05$ 0 | |
| E and F | — | 0,2 | 0,1 | 1 | (0,9) | 0,1 | Over 1,6 up to 3 |
| | G | 0,4 | | | — | 2 | |
| E and F | | | — | 0,6 | | | 2 |
| | — | 0,6 | | | — | 2,5 | |
| — | | | — | 0,3 | | | 2,5 |
| | — | — | | | — | — | |

Tabulka s hodnotami pro normalizované zápichy typu F převzatá z normy DIN 509



| | | | |
|----------------------|------------------|---------------|--------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko | Přesnost |
| (√) | (√) | 1:1 | ISO 2768- mH |
| Materiál - Polotovár | 15 230.7 výkovek | Hmotnost (kg) | Tolerování |
| | | | ISO 8015 |
| | | | Promitání |
| | | | Formát |
| | | | A4 |

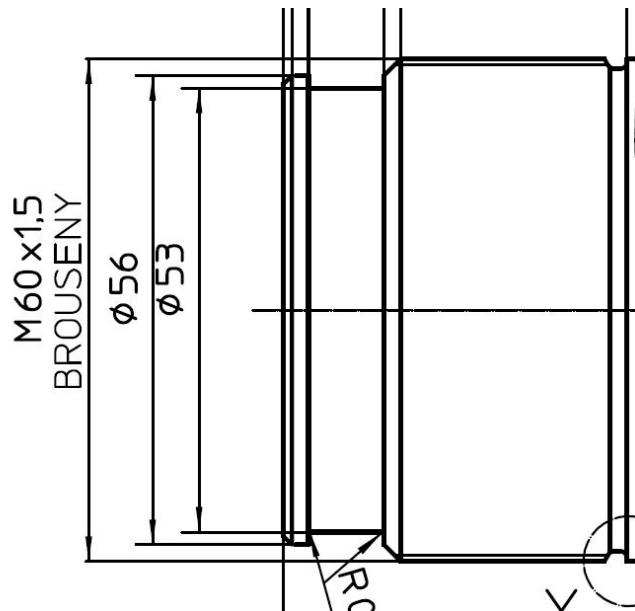
| | | |
|--|----------------|--|
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | Kreslil | Název Vřeteno |
| | Datum | |
| | Schválil | Číslo dokumentu KTO-KR-P4-IS-P123A |
| | Datum | |
| | Druh dokumentu | List Listů VÝROBNÍ VÝKRES |

Vykres podléha ochrane
 © duševního vlastnictví dle ISO 18018
 Tento výkres byl vytvořen pomocí CAD.
 Ručně upravované prvky jsou napsány v ruce.

Iscar – Nástroje pro soustružení

Příklad 4

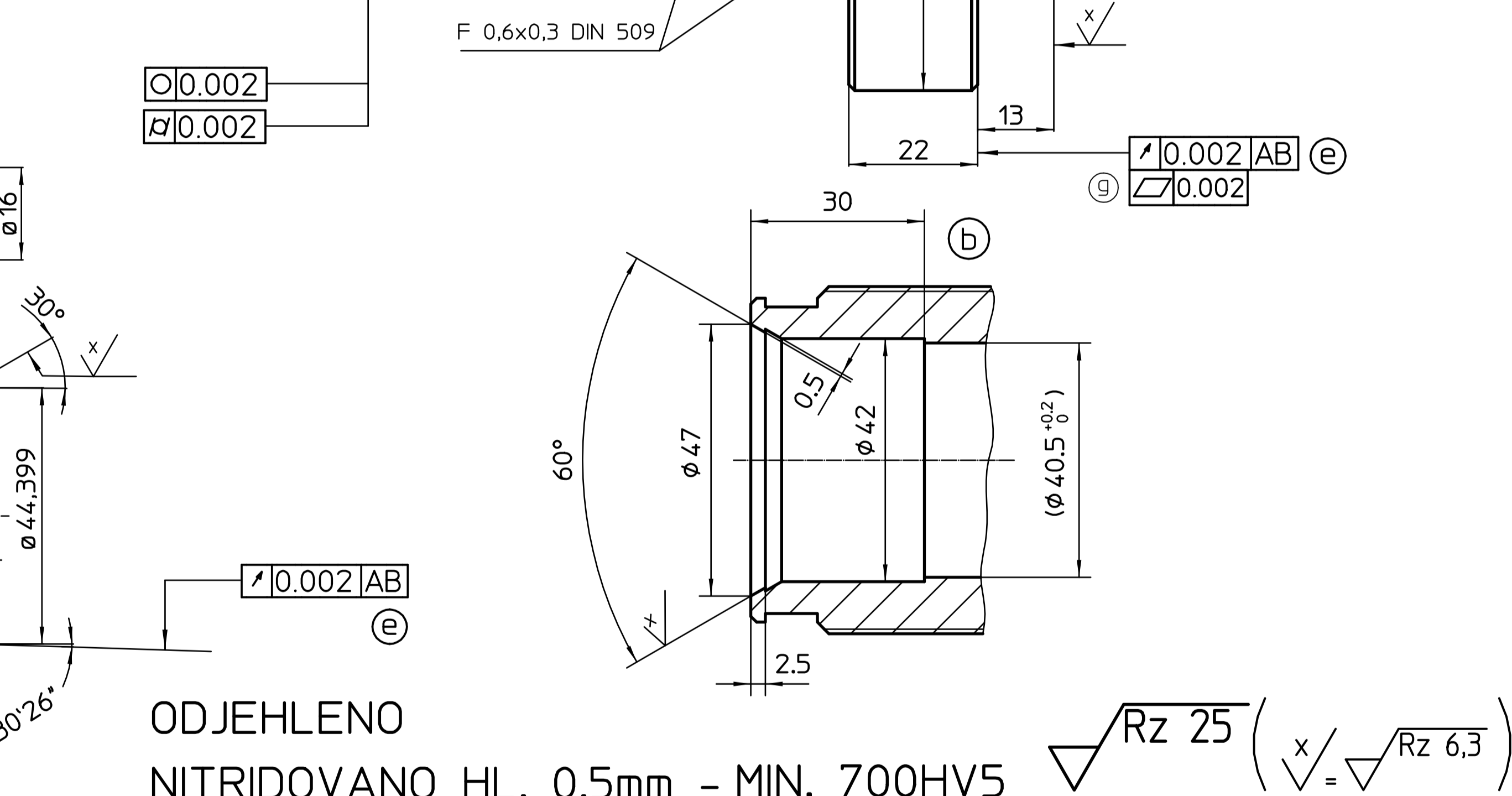
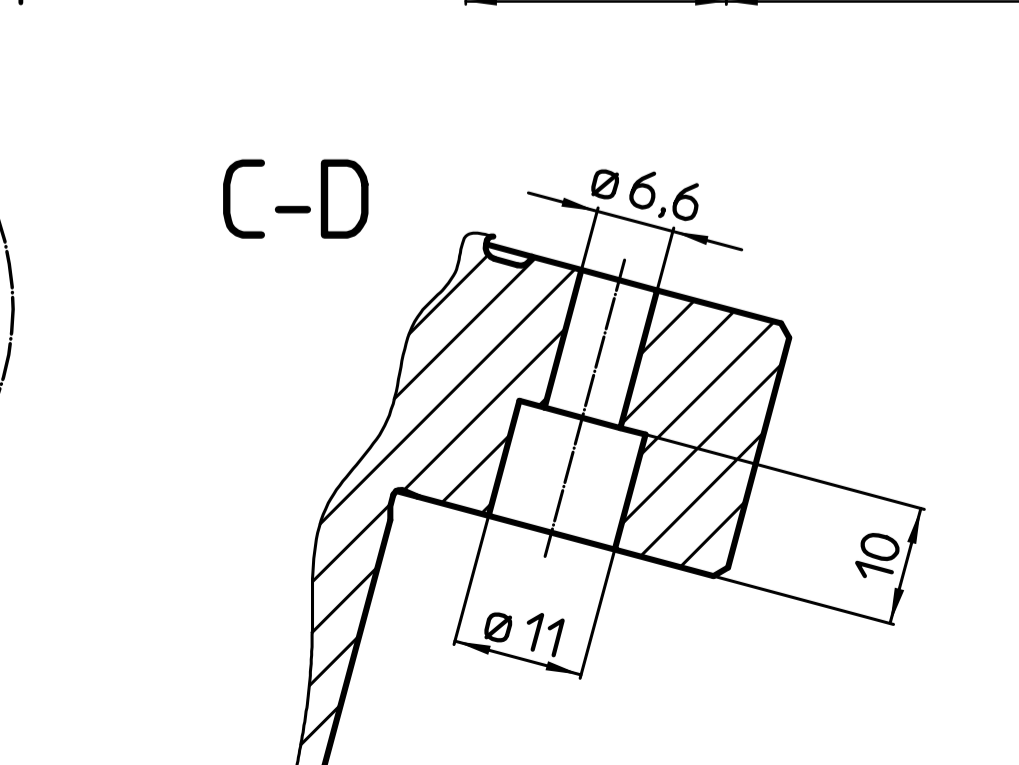
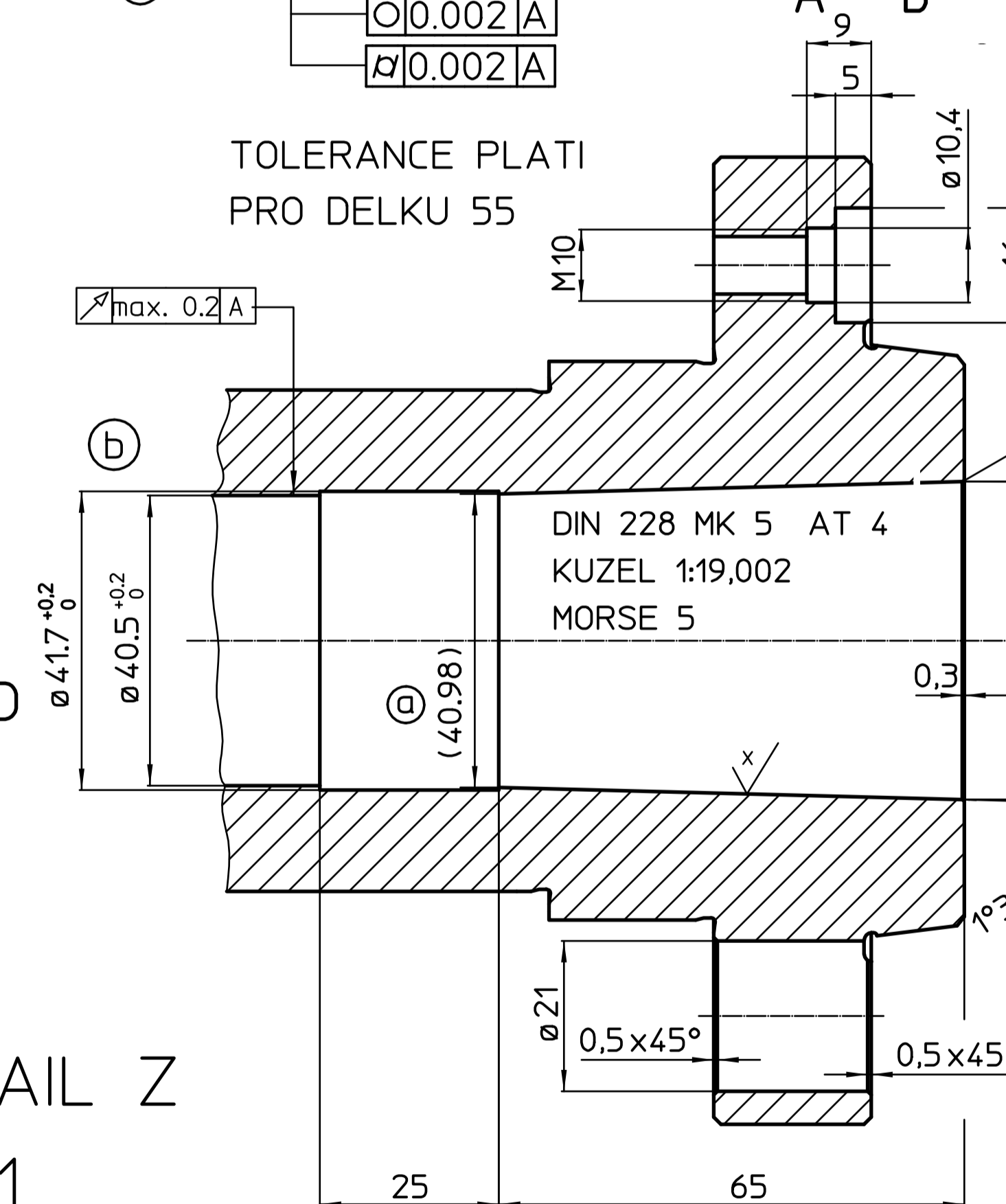
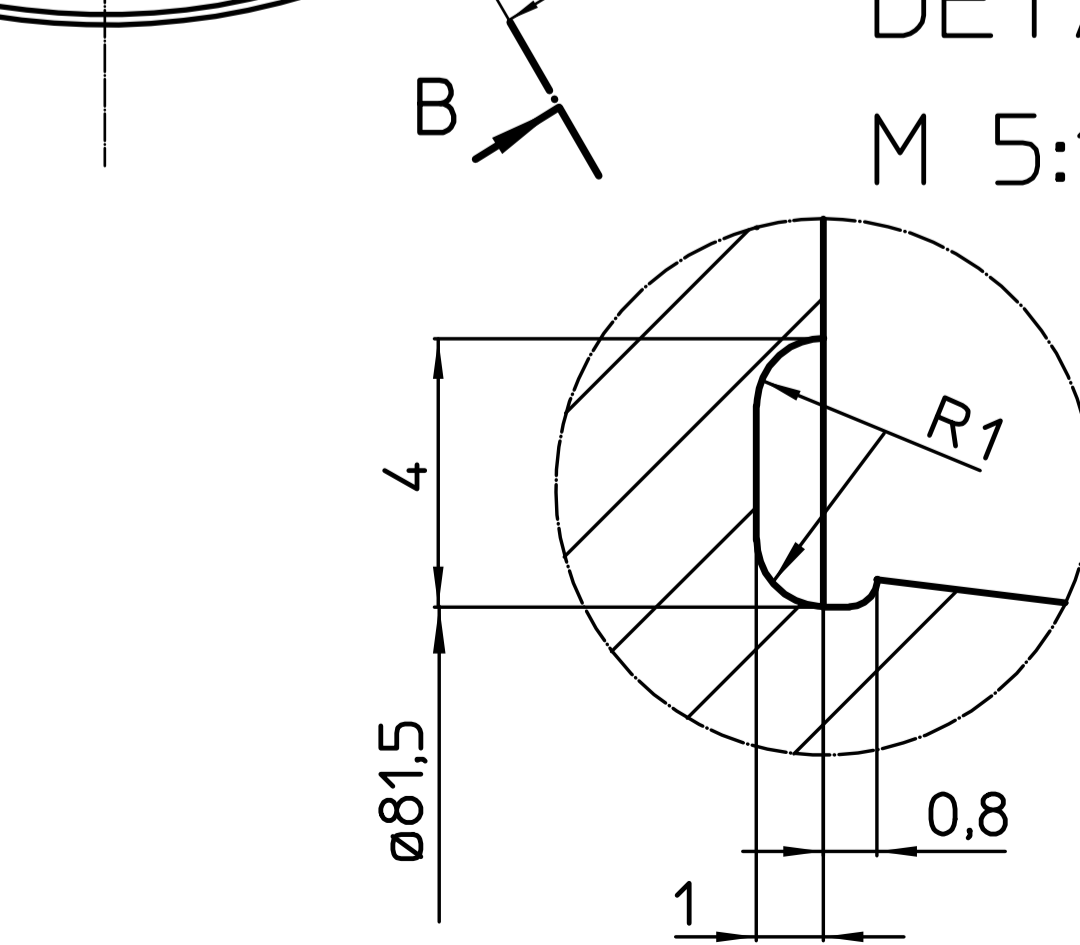
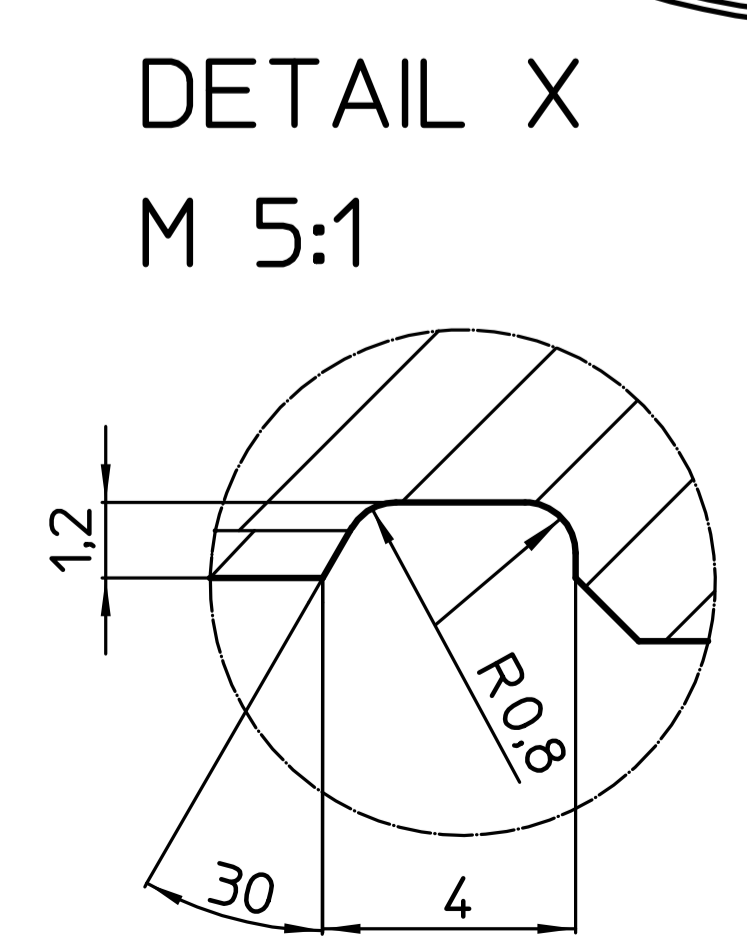
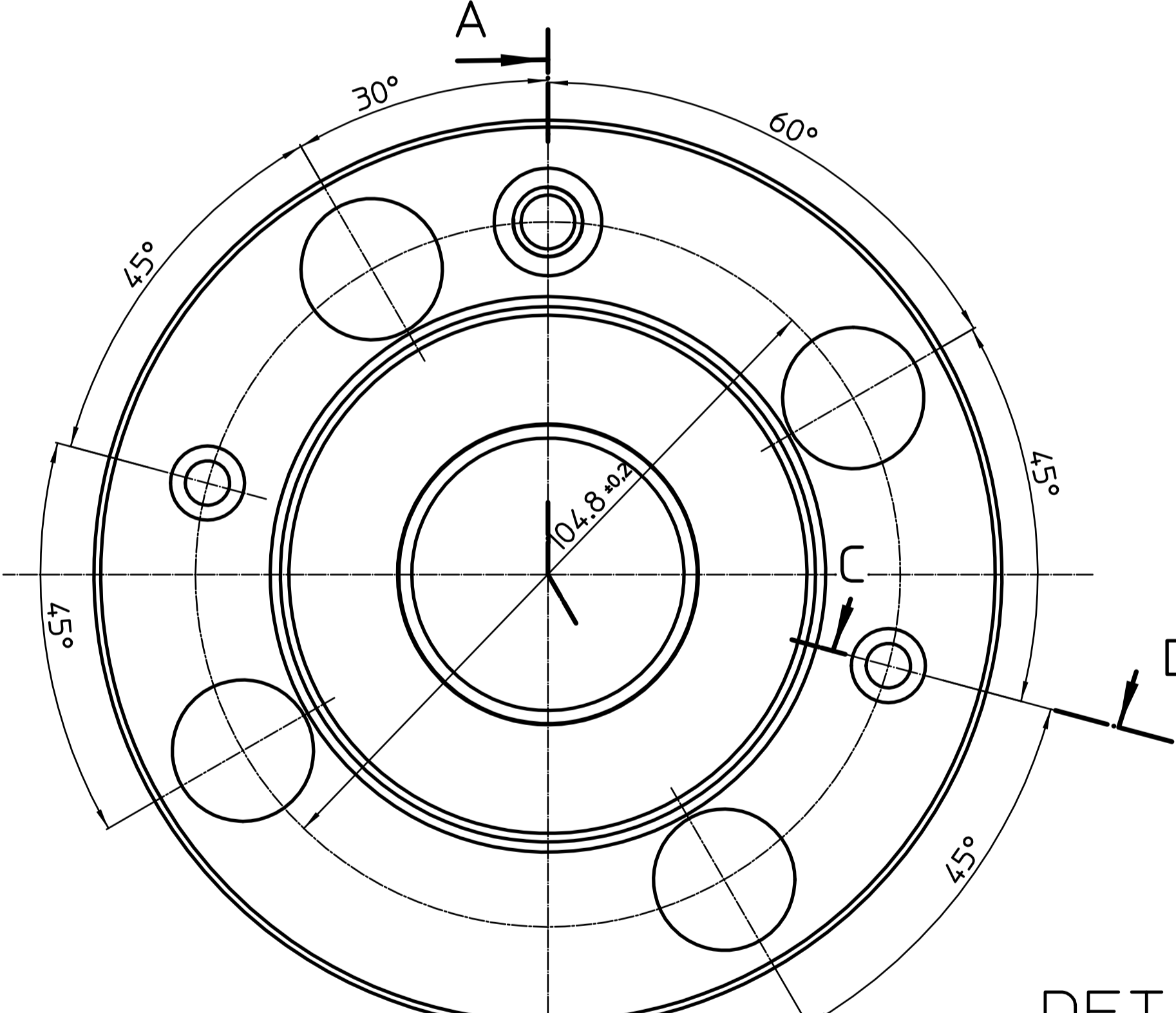
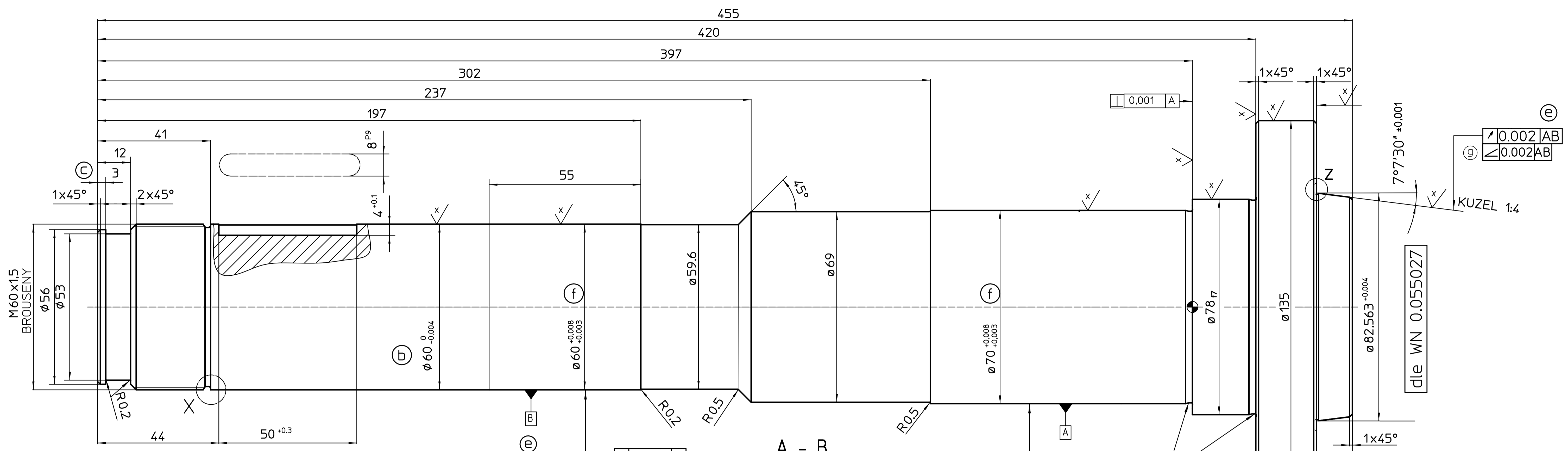
Navrhněte nástroj pro výrobu závitu $M60 \times 1,5$, který je na součásti na výkresu Vřeteno s číslem KTO-KR-P4-IS-P123A. Výřez se závitem z výkresu je na obrázku. Určete břitovou destičku a pro ni vyhovující držák. Ke zvolené břitové destičce napište celé katalogové číslo, určete doporučenou řeznou rychlost, posuv a počet průchodů při řezání závitu. Dále u destičky navrhněte materiálovou sortu povlaku. K držáku napište celé katalogové číslo.



Výřez se závitem z výkresu Vřeteno s číslem KTO-KR-P4-IS-P123A

Poznámky:

- Vřeteno se sklíčidlem je při pohledu na výkres vpravo od součásti, smysl rotace vřetena je proti směru hodinových ručiček a revolverová hlava je za součástí.
- Zvolte držák se čtvercovým průřezem upínací části s nejvyšší tuhostí.
- Jiné označení materiálu obrobku je 32CrMo12, které je podle normy DIN.
- U zvolené řezné rychlosti, posuvu a počtu průchodů napište jako správný výsledek rozsah hodnot.



| | | | |
|-----------------|-----------------|---------------|--------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko | Přesnost |
| | | 1:1 | ISO 2768- mH |
| | | Hmotnost (kg) | Tolerování |
| | | | ISO 8015 |
| | | | Promitání |
| | | | |

| | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|--------|----|
| Materiál - Polotovár | 15 230.7 | výkovek | Formát | A4 |
| Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni | Kreslil Datum | Název Vřeteno | | |
| KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | Schválil Datum | Číslo dokumentu KTO-KR-P4-IS-P123A | | |
| | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | List Listů | | |

Vykres podléha ochrane
 © duševního vlastnictví dle ISO 18018
 Tento výkres je veškerou práva CAD,
 Ručně složené popisy písmen a
 symbolů.

Příloha B

Výsledky příkladů

Kennametal – Soustružnické nástroje

Výsledky 1

| Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Držák |
|----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-----------------|
| EG063I1FP05GUP | KCU10 | 550 | 0,06 | EVSCFR2020K1F16 |

Kennametal – Soustružnické nástroje**Výsledky 2**

| Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Držák |
|------------------|---------------|------------------------------|-------------------|----------------|
| A4G0600M06P04GUP | KCU10 | 150 | 0,16 | A40TA4EML0616M |
| A4G0600M06P04GMP | KCU10 | 150 | 0,16 | A40TA4EML0616M |

Kennametal – Soustružnické nástroje**Výsledky 3**

| Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Držák |
|------------------|---------------|------------------------------|-------------------|-----------------|
| EG0300M03P04GUP | KCU10 | 200 | 0,11 | EVSMR2525M0326C |
| A4G0300M03P04GUP | KCU10 | 200 | 0,11 | A4SMR2525M0317 |
| A4G0300M03P04GMP | KCU10 | 200 | 0,11 | A4SMR2525M0317 |

Kennametal – Rotační nástroje

Výsledky 1

| Nástroj | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] |
|---------------|---------------|------------------------------|-------------------|
| B274Z10000HPG | KCPK20 | 95 | 0,25 – 0,37 |

Kennametal – Rotační nástroje

Výsledky 2

| Nástroj | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|---------------|---------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 2CH1000DK011A | KC633M | 120 – 160 | 0,049 | 5 |

Kennametal – Rotační nástroje

Výsledky 3

| Nástroj | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|---------------|---------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 2CH0800DK009A | KC633M | 120 – 160 | 0,040 | 4 |

Kennametal – Rotační nástroje

Výsledky 4

| Nástroj | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|---------------|---------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 2CH0600DK007A | KC633M | 120 – 160 | 0,029 | 3 |

Iscar – Nástroje pro frézování

Výsledky A

| Nástroj: vertikální drážka | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Hloubka řezu a_p [mm] | Stopka |
|----------------------------|---------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
| MM EC100A07R0.5-4T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100B07R0.5-4T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100A07R0.5-6T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100B07R0.5-6T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100E07R05CF-4T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |

| Nástroj: horizontální drážka | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Stopka |
|------------------------------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| MM TS165-H40A-06T05 | IC328 | 120 – 200 | 0,1 – 0,15 | MM S-A-L090-C08-T05-C |

| Nástroj: sražení | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Stopka |
|-----------------------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| MM HCD080-090-2T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |
| MM HCD083-090-2T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |
| MM HDF100-090-2T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |
| MM EDF094-090-76-3T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |

Iscar – Nástroje pro frézování

Výsledky 1

| Nástroj | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Hloubka řezu a_p [mm] | Stopka |
|-----------------------|---------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
| MM EC100A07R0.5-4T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100B07R0.5-4T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100A07R0.5-6T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100B07R0.5-6T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |
| MM EC100E07R05CF-4T06 | IC908 | 130 – 240 | 0,035 – 0,09 | 5 | MM S-A-L090-C10-T06-W |

Iscar – Nástroje pro frézování

Výsledky 2

| Nástroj | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Stopka |
|---------------------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| MM TS165-H40A-06T05 | IC328 | 120 – 200 | 0,1 – 0,15 | MM S-A-L090-C08-T05-C |

Iscar – Nástroje pro frézování

Výsledky 3

| Nástroj | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f_z [mm/zub] | Stopka |
|-----------------------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| MM HCD080-090-2T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |
| MM HCD083-090-2T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |
| MM HDF100-090-2T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |
| MM EDF094-090-76-3T05 | IC908 | 130 – 240 | 0,030 – 0,088 | MM S-A-L090-C08-T05-C |

Iscar – Nástroje pro soustružení

Výsledky A

| Držák: hrubování | Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|---------------------|-----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| PWLNL 3232P-08-JHP | WNMG 080408-GN | IC8350 | 140 – 250 | 0,16 – 0,45 | 1,00 – 4,50 |
| PWLNL 2525M-08X-JHP | WNMX 080708-HTW | IC8250 | 140 – 250 | 0,25 – 0,64 | 1,50 – 5,00 |
| | | IC8150 | 190 – 300 | | |

| Držák: dokončování | Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|--------------------|----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| PDJNL 2525M-15-JHP | DNMG 150604-NF | IC8250 | 140 – 250 | 0,07 – 0,25 | 0,80 – 3,50 |
| | | IC530N | 140 – 250 | | |

| Držák: tvarové zápichy | Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|------------------------|----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| SVXCL 2525M-16 | VCMT 160404-SM | IC8150 | 190 – 300 | 0,05 – 0,25 | 0,50 – 2,50 |

| Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Počet průchodů | Držák |
|---------------|---------------|------------------------------|-------------------|----------------|--------------|
| 11EL 1.50 ISO | IC908 | 70 – 135 | 1,5 | 5 – 12 | SEL 1010 H11 |
| 16EL 1.50 ISO | IC908 | 70 – 135 | 1,5 | 5 – 12 | SEL 3232 P16 |

Iscar – Nástroje pro soustružení

Výsledky 1

| Držák | Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|---------------------|-----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| PWLNL 3232P-08-JHP | WNMG 080408-GN | IC8350 | 140 – 250 | 0,16 – 0,45 | 1,00 – 4,50 |
| PWLNL 2525M-08X-JHP | WNMX 080708-HTW | IC8250 | 140 – 250 | 0,25 – 0,64 | 1,50 – 5,00 |
| | | IC8150 | 190 – 300 | | |

Iscar – Nástroje pro soustružení

Výsledky 2

| Držák | Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|--------------------|----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| PDJNL 2525M-15-JHP | DNMG 150604-NF | IC8250 | 140 – 250 | 0,07 – 0,25 | 0,80 – 3,50 |
| | | IC530N | 140 – 250 | | |

Iscar – Nástroje pro soustružení

Výsledky 3

| Držák | Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Hloubka řezu a_p [mm] |
|----------------|----------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| SVXCL 2525M-16 | VCMT 160404-SM | IC8150 | 190 – 300 | 0,05 – 0,25 | 0,50 – 2,50 |

Iscar – Nástroje pro soustružení

Výsledky 4

| Destička | Sorta povlaku | Řezná rychlost v_c [m/min] | Posuv f [mm/ot] | Počet průchodů | Držák |
|---------------|---------------|------------------------------|-------------------|----------------|--------------|
| 11EL 1.50 ISO | IC908 | 70 – 135 | 1,5 | 5 – 12 | SEL 1010 H11 |
| 16EL 1.50 ISO | IC908 | 70 – 135 | 1,5 | 5 – 12 | SEL 3232 P16 |