



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁSTROJE PRO VÝROBU ZÁVITŮ A JEJICH VYUŽITÍ

TOOLS FOR THREADING AND THEIR USE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Veselý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Václav Veselý**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Petra Sliwková, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

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

Nástroje pro výrobu závitů a jejich využití

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Studium nástrojů pro výrobu závitů v současné době, trendy.

Cíle bakalářské práce:

Úvod

Charakteristika nástrojů pro výrobu závitů

Charakteristika metod výroby závitů

Charakteristika materiálů nástrojů pro výrobu závitů

Nástroje pro výrobu závitů v sortimentu výroby producentů nástrojů

Závěr

Seznam literatury:

PÍŠKA, M. (2009): Speciální technologie obrábění. Akademické nakladatelství CERM, Brno.

Humár, A. (2008): Materiály pro řezné nástroje. MM publishing, s.r.o., Praha.


Forejt, M., Píška, M. (2006): Teorie obrábění, tváření a nástroje. Akademické nakladatelství CERM, Brno.

Kocman, K., Prokop, J. (2001): Technologie obrábění. Akademické nakladatelství CERM, Brno.

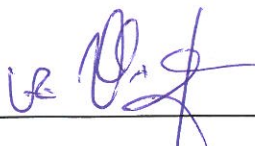
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 30. 11. 2015





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce na téma *Nástroje pro výrobu závitů a jejich použití* se zabývá problematikou nástrojů, jejich materiálu a dalšího použití ve strojírenství. V jednotlivých částech práce jsou uvedeny druhy vyráběných nástrojů pro výrobu závitů, metody výroby závitů a materiály vhodné pro výrobu závitníků. Dále je rozebrán sortiment monolitních frézovacích závitníků v nabídce jednotlivých výrobců.

Klíčová slova.

Závitník, vratidlo, závitová fréza, rychlořezná ocel, slinutá rychlořezná ocel, slinutý karbid, povlak, závit, vyměnitelná břitová destička.

ABSTRACT

The bachelor's thesis *Tools for threading and their use* deals with issues connected to tools, the materials used and their usage in the field of mechanical engineering. Individual parts of the thesis cover types of tools for threading, methods of threading and materials suitable for tap making. Further, the range of monolithic milling taps in the producers' supply is also analysed.

Key words

Threading tap, tap wrench, thread milling cutter, high speed steel, cemented high speed steel, cemented carbide, coating, screw thread, indexable cutting insert

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VESELÝ, V. *Nástroje pro výrobu závitů a jejich využití*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Nástroje pro výrobu závitů a jejich využití** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Václav Veselý

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Petře Sliwkové, Ph.D. za odbornou pomoc, vhodné rady a především ochotu při tvorbě této bakalářské práce. Dále děkuji své rodině, přátelům a známým za podporu a pomoc při studiu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 CHARAKTERISTIKA NÁSTROJŮ PRO VÝROBU ZÁVITŮ	10
1.1 Značení závitů	10
1.2 Ruční závitníky sadové, očkové	10
1.3 Strojní závitníky s rovnými, pravotočivými a levotočivými drážkami	12
1.4 Kombinovaný závitník pro výrobu otvoru, závitu i zahloubení.....	13
1.5 Soustružnické závitové nože	13
1.6 Tvářecí závitníky	14
1.7 Frézovací závitníky	15
2 CHARAKTERISTIKA METOD VÝROBY ZÁVITŮ	17
2.1 Ruční výroba závitů.....	17
2.2 Výroba závitů soustružením	18
2.3 Frézování závitů	19
2.4 Broušení závitů	22
2.5 Tváření závitů	22
2.6 Termální výroba otvorů pro tvářené závity	24
2.7 Kontrola závitů	24
3 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLŮ NA VÝROBU ZÁVITŮ	27
3.1 Rychlořezná ocel	27
3.2 Rychlořezné oceli na odlitky	27
3.3 Slinuté rychlořezné oceli	27
3.4 Slinuté karbidy nepovlakované	27
3.5 Povlakované slinuté karbidy, Povlakované rychlořezné oceli	28
4 NÁSTROJE PRO VÝROBU ZÁVITŮ V SORTIMENTU VÝROBY PRODUCENTŮ NÁSTROJŮ	29
4.1 Walter Tools	29
4.2 Hoffman Group	30
4.3 Sandwik Comand	32
4.4 Seco Tools	32
4.5 Emuge	33

ZÁVĚR	35
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	40

ÚVOD

Technologie třískového obrábění patří k nejrozšířenějšímu procesu při výrobě strojních součástí. Třískové obrábění je technologie, která odděluje třísku od materiálu vzniklé součásti. Tříska je odpad, který vzniká při řezu definovanou nebo nedefinovanou geometrií. Obrábění definovanou geometrií označujeme nástroje, které jsou definované přesnými úhly např. soustružnické nože, frézy, závitníky, vrtáky. Obrábění nedefinovanou geometrií je obrábění abrazivními zrnitými materiály, u kterých nelze určit řeznou geometrii. Nástroje nedefinované geometrie jsou používány pro broušení, leštění, lapování, honování. Dnešní obráběcí operace kladou důraz na vysokou trvanlivost nástroje, rychlou výměnu, univerzálnost a snadnou obsluhu. Nástroje pro obrábění jsou namáhané teplotně, abrazivními účinky obráběného materiálu a silovým zatížením nástroje. Materiálů vhodných pro konstrukci obráběcích nástrojů je celá řada, kde každá skupina materiálu je vhodná pro jiné operace, materiály a strategie obrábění. Dříve se pro obrábění používaly nástrojové oceli, které jsou dnes nahrazeny novými materiály, jako jsou slinuté karbidy, polykrystalický nitrid boru, cermety, keramika, diamant. V dnešní době se však setkáváme s nástroji, které jsou povlakované.

Nástroje pro výrobu závitů mají definovanou geometrii a profil v případě výroby závitů pomocí třískového obrábění. Nástroje pro výrobu závitů tvářením mají také definovaný tvar, ale při obrábění nevznikají třísky, materiál zde teče. Závity slouží k rozebíratelným nebo pohyblivým spojům, proto mají nejen ve strojírenství nezastupitelný význam. Výroba závitu zahrnuje vhodný výběr nástroje, strategii při obrábění, volbu vhodného stroje či zručného pracovníka a následnou kontrolu výrobku. Závity lze vyrábět strojně, ale i ručně. Stojní výroba se využívá ve všech druzích výroby (kusová i velkosériová). Ruční výroba se využívá např.: montážně na strojním zařízení, ve stísněném prostoru, těžko dostupných míst bez energie. Ruční výroba závitů se používá také pro obnovení stávajících závitů či jejich opravu při narušení.



Obr. 1 Strojní závitník [1].

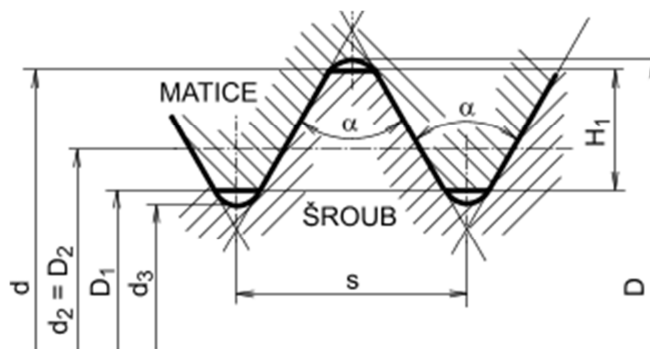
1 CHARAKTERISTIKA NÁSTROJŮ PRO VÝROBU ZÁVITŮ

„Závitník je vícebřítý nástroj pro ruční a strojní výrobu vnitřních závitů, který z pravidla rotuje a posouvá ve směru své osy. V principu jde o šroub opatřený drážkami, které vytvářejí břit nástroje. Závitníky pro ruční obrábění se většinou vyrábějí v sadě dvou až tří nástrojů. Podle upínání jsou závitníky se stopkou nebo nástrčné. Používají se i závitníky nástrčné bez úběru materiálu [2].“

1.1 Značení závitů

„Závit je prostorová plocha, která je geometricky vytvořena navinutím jednoho nebo několika tvořících profilů ve šroubovici na povrch válce nebo kužele [2].“

Norma ČSN 01 4004 předepisuje součástem na výkresech a v technických dokumentech přesné označení závitů. Základní značení závitu obsahuje písmeno dle normy profilu závitu, následuje jeho jmenovitý průměr a rozteč. Příklad značení M24x2. Norma ČSN 01 4007 stanovuje, že u základního metrického závitu s hrubou roztečí se stoupání nepředepisuje. Stoupání nepředepisujeme ani u oblého, Whitworthova i trubkového závitu. Příklad značení W3/4. Vícechodé závity mají stejně jako základní závity písmenkové označení, nadále je zapsán jmenovitý průměr, hodnota stoupání a v závorce rozteč. Příkladem značení tříchodého metrického závitu, který má stoupání 3 mm a rozteč 1 mm M50x3 (P1). Levý závit je označen písmeny LH, toto značení je zařazeno za základním označením. Příklad značení M12x1,5LH. Tolerovaný závit je označován hodnotou tolerančního pole, píše se za jmenovitou velikost závitu. Příklad značení závitu pro matici M12-6H, značení šroubu s levým závitem a stoupáním 1mm - M16x1LH- 6g [3, 4].



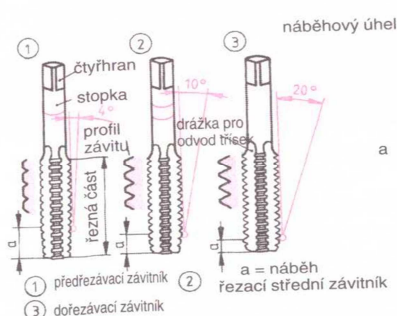
Obr. 1.1 Parametry závitu [5].

1.2 Ruční závitníky sadové, očkové

Pro ruční výrobu vnějších závitů se používají závitníky očkové. Vnitřní závity se vyrábějí sadovými závitníky [6].

Ruční sadové závitníky jsou vždy v sadě po třech kusech, v některých případech bývají pouze dva. Tyto závitníky jsou vhodné, jak pro výrobu slepých závitů, tak i pro průchozí otvory. Ruční závitníky jsou vyráběny z nástrojové oceli, kde se pohybuje v malých řezných rychlostech. V případě sady se třemi závitníky je při výrobě závitu postupováno

následujícím způsobem. První sadový závitník je označen jednou ryskou na stopce. Závitník je nazýván předřezávací a upraví otvor pro řezání. Při řezání je nezbytné jeho vedení rovnoběžně s osou otvoru. Druhý závitník je značen dvěma ryskami, které signalizují jeho použití pro druhou po sobě jdoucí operaci. Závitník pokračuje v již vytvořené drážce v otvoru a dále odebírá materiál. Je nazýván řezací a ubírá nejvíce materiálu. Třetí závitník slouží jako dořezávací a kalibrovací. Závit upraví a dá mu potřebné parametry a toleranci pro následné použití. Každý z těchto závitníků má svoji geometrii a náběhový úhel. V sadě, kde se vyskytují pouze dva závitníky je sada složena z předřezávacího a dořezávacího závitníku. Závitníky jsou upínány pomocí čtyřhranu do vratidla. Každý průměr závitníku má jiný upínací čtyřhran, proto se pro upínání používají stavitelná vratidla. Závitníky lze upínat i do vratidla s pevně danými neměnnými otvory [4, 6, 7].

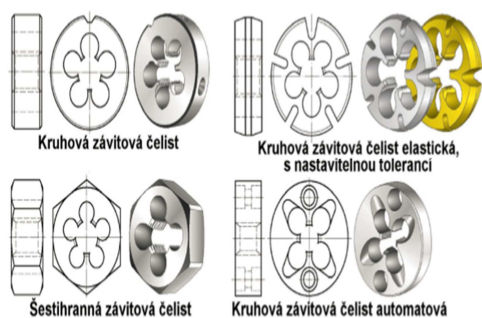


Obr. 1.2 Sadové závitníky [8].



Obr. 1.3 Vratidlo [9].

Závitová oka a závitové čelisti vytváří závit na jednu pracovní operaci. Závitník je vyroben z nástrojové oceli, kde není vysoká rychlost obrábění tudíž i velké teplotní zatížení. Závitová oka a čelisti jsou vhodná, jak pro výrobu nových závitů, tak i pro opravu stávajících. Závitová oka mají drážky, kterými je odváděna tříska a mají náběhový úhel 60°. Tato závitová oka jsou celistvá, liší se pouze konstrukcí. Závitová oka máme kruhová, šestihranná, další závitová oka jsou vyráběna jako stavitelná. Upínání závitových ok se provádí pomocí vratidla, které je vždy vhodné pro určité rozmezí ok. Vratidlo obsahuje kruhový otvor, který je po obvodu osazen šrouby, kterými se zajistí poloha závitníku. Speciální stavitelné závitníky vyžadují i speciální vratidla. Dělené závitové čelisti mají dvě prizmaticky vedené čelisti v držáku. Závitové čelisti jsou stahovány pomocí stavěcího šroubu [6, 7].



Obr. 1.4 Přehled závitových čelistí [6].

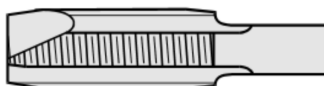


Obr. 1.5 Vratidla pevná a stavitelná [6].

1.3 Strojní závitníky s rovnými, pravotočivými a levotočivými drážkami

Trojní závitníky se vyrábějí ve variantách s rovnými drážkami, pravotočivými a levotočivými. Každá z těchto konstrukcí má jinou vhodnost použití [10].

Strojní závitníky s rovnými drážkami jsou vhodné především pro řezání závitů do slepých děr, které mají krátkou třísku. Závitníky s rovnými drážkami jsou však vhodné i pro průchozí díry, které mohou být z nejrůznějších materiálů, které mají i dlouhou třísku. Závitník má stabilní konstrukci, díky dělové drážce je zajištěn i dobrý odvod třísek z místa řezu [10].

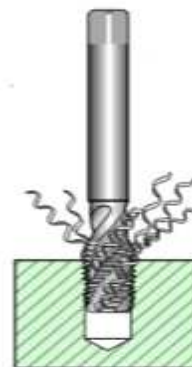


Obr. 1.6 Závitník s rovnými drážkami [10].

Strojní závitník s pravotočivými drážkami je vhodný do slepých děr s dlouhou třískou. Závitová drážka umožňuje odvod třísky z plné hloubky otvoru závitů. Třísky jsou odváděny pomocí drážek ven z otvoru, tudíž nedochází k zanášení otvoru třískami [10].

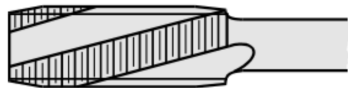


Obr. 1.7 Závitník s pravotočivými drážkami [10].

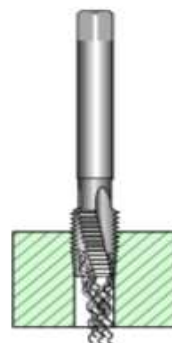


Obr. 1.8 Závitník ve slepém otvoru [10].

Strojní závitník s levotočivými drážkami je vhodný pro průchozí otvory. Závitník umožňuje dobrý odvod třísek ve směru posuvu závitníku. Tříška se tvoří na čele závitníku a po přerušení řezu se tříška ulomí a vypadne spodem otvoru. Tento závitník je především vhodný pro materiály s dlouhou třískou [10].



Obr. 1.9 Závítník s levotočivými drážkami [10].



Obr. 1.10 Závítník v průchozím otvoru [10].

1.4 Kombinovaný závítník pro výrobu otvoru, závitu i zahloubení

Kombinovaný závítník je monolitní a je vyroben z rychlořezné oceli. Jeho konstrukce umožňuje výrobu otvoru a závitu jedním nástrojem. Jeho výhoda spočívá v univerzálnosti, kde v jedné operaci zhotovíme jak otvor, tak i závit. Nástroj je však limitován tloušťkou materiálu a délkou závitu [11].



Obr. 1.11 Kombinovaný závítník [11].

1.5 Soustružnické závitové nože

Nože vhodné pro výrobu závitu soustružením jsou monolitní, které jsou z jednoho kusu. Dále jsou používány nože z konstrukční oceli, které mají pájenou břitovou destičku. Nože s vyměnitelnou břitovou destičkou mají tělo zušlechtěné konstrukční oceli. Nože této konstrukce mají mechanicky připevněnou vyměnitelnou břitovou destičku. [6]

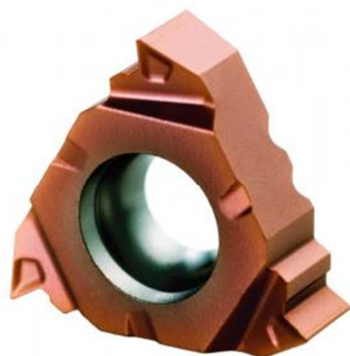
Monolitní závitové nože jsou vyrobeny z rychlořezné oceli. Tvar nože je dán tvarem závitové mezery. Nože jsou celé z rychlořezné oceli a umožňují mnohonásobné broušení. Tento nůž zhotoví závit na několik záběrů. Pro soustružení závitů lze použít i tvarové kotoučové nebo hřebínkové prizmatické nože. Tyto nože se převážně používají pro vnější výrobu závitů na soustruhu [4, 6].

Závitové nože s pájenou destičkou jsou ze slinutého karbidu. Destička je připájena na těleso nože, které je vyrobeno z konstrukční oceli. Nože jsou vhodné pro vnější, ale i vnitřní výrobu závitů. Vhodné spíše pro kusovou výrobu [6].



Obr. 1.12 Soustružnický nůž s pájenou destičkou [12].

Nože s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou v dnešní době hojně využívány k výrobě závitů na soustruhu či v CNC obráběcích centrech. Vyměnitelné destičky mají tvar závitového profilu. Jsou vyráběny ze slinutých karbidů a ve většině případů jsou povlakovány [4, 6, 8].



Obr. 1.13 Břitová destička [13].



Obr. 1.14 Držák břitové destičky [14].

1.6 Tvářecí závitníky

Tvářecí závitníky umožňují výrobu závitů bez vzniku třísek. Materiál není řezán, vlákna nejsou poškozena a celý otvor je pretvořen podle tvářecího závitníku. Tvářecí závitník se vyrábí z rychlořezných ocelí ale i slinutých karbidů, některé tyto nástroje mohou být povlakovány. Závitníky jsou vyráběny i s vnitřním chlazením. Tvářecí závitníky mají polygonový průřez válcová část má tvar šroubu, výrobci nabízejí i provedení s drážkami pro lepší přísun procesní kapaliny. Průřez nástroje je masivnější než u řezacích závitníků. Závitník má vyšší tuhost, při výrobě je stabilní a díky tomu se výrazně snižuje nebezpečí zalomení. Nástroj je univerzální do neprůchozích či průchozích otvorů, kterých prakticky zaniká nebezpečí přerézání závitů. Další jeho výhodou je obrábění širokého spektra materiálu. Znatelným ukazatelem efektivnosti je v podobě výrazného zvýšení řezné rychlosti a trvanlivosti, která se dle délky otvorů může pohybovat okolo 9 000 závitů [4, 10, 17].



Obr. 1.15 Tvářecí závitník bez drážek [15].



Obr. 1.16 Tvářecí závitník s drážkami [16].

1.7 Frézovací závitníky

Frézovací závitníky jsou odlišné oproti ostatním závitníkům. Závitová fréza má závitové zuby, které jsou za sebou uspořádány s určitou roztečí. Rozdíl oproti všem již zmíněným závitníkům je rozdílné stoupání nástroje a vyrobeného závitu. Tyto závitníky kladou vysoké nároky na CNC programovatelné frézky s kruhovou a lineární interpolací. Při frézování závitů je především hlavní výhodou univerzálního nástroje, kterým lze zhotovit závity z rozličných průměrů, tolerancí ale i smyslu stoupání. Další výhodou je patrná při výrobě závitů velkých profilů a průměrů, kde při výrobě závitníkem jsou zapotřebí velké výkony strojů, kdežto u frézovacího závitníku jsou tyto požadavky vzhledem k objemu ubíraného materiálu minimální. Frézování řeší i problém velkých, těžkých rozměrů součástí, které nelze upnout na soustruhu. Při frézování závitu je možné, frézovat až do dna. Frézované závity se snadno čistí a při poškození nástroje nevznikne problém zalomeného závitníku, závit lze po výměně nástroje dokončit vyměněným nástrojem. Frézovací závitníky jsou monolitní, monolitní zavrtávací, s vyměnitelnou břitovou destičkou nebo destičkami a zvonové [10, 17].

Monolitní stopkové závitové frézy jsou vhodné především pro frézování krátkých mělkých závitů, které začínají na průměru 3 mm. U větších průměrů závitů se však snižuje jejich efektivita a spíše je vhodné použití závitové frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami. Výrobní možnosti monolitní frézy jsou primárně omezeny hloubkou vyráběného závitu. Výrobci tyto frézy nabízejí i jako kombinované zahlubovací nástroje, které umožňují závitování a na závěr operace i sražené hrany otvoru. Tato kombinace šetří výrobní čas otvoru, ale i náklady na další nástroje [10, 19].



Obr. 1.17. Monolitní závitová fréza [18].

Vrtací závitová monolitní fréza. Tato fréza umožňuje výrobu závitů do plného materiálu. Nástroj je univerzální, do materiálu vytvoří otvor, ve kterém následně zhotoví závit. Závitová fréza umožňuje v poslední operaci odhrotit otvor [6, 10].

Fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami je vhodná pro frézování velkých průměrů závitů. Frézy jsou vyráběny od průměru 14 mm. Tyto frézy nejsou však vhodné pro výrobu hlubokých závitů. Frézy jsou konstrukčně řešeny buď s jedním, nebo s více vyměnitelnými břitovými destičkami. S jednou vyměnitelnou destičkou hřebenovou lze vyrábět pouze jedno stoupání závitů, zato s nižším rezným odporem. Nástroje s větším počtem vyměnitelných břitových destiček mohou mít destičky ve tvaru spirály [19, 20].



Obr. 1.18 Fréza s jednou vyměnitelnou destičkou [21].



Obr. 1.19 Fréza s třemi vyměnitelnými destičkami ve šroubovici [22].

Zvonkové závitové frézy jsou speciálními frézami určených pouze pro výrobu vnějších závitů. Fréza používá standardní břitové destičky, které jsou speciálně vyrobeny pro daný rozměr. Tato fréza díky vysokým pořizovacím nákladům slouží pro sériovou výrobu, kde se ztatečně promítne návratnost této investice [10, 19].



Obr. 1.20 Zvonková závitová fréza [19].

2 CHARAKTERISTIKA METOD VÝROBY ZÁVITŮ

Výrobu závitů lze zařadit do speciálních metod obrábění. Závity jsou konstrukčně technologické prvky součástí. Závity jsou nejen pro rozebíratelné spoje ale i pro pohyblivé mechanismy. Závity se používají nejen ve strojírenských výrobcích, ale používají se např. ve stavebním průmyslu. Metody výroby závitů lze rozdělit na ruční a strojní výrobu. Výrobní parametry závitů se udávají v pohybu nástroje na otáčku odpovídající velikosti jeho stoupání [6].

2.1 Ruční výroba závitů

Ruční výroba závitů je charakterizována tak, že dělník daným nástrojem vytvoří závit buď na válcové ploše, nebo v otvoru. Tato technologie je spíše pouze pro kusovou, montážní nebo opravnou výrobu. Ruční výroba je spíše charakterizována malými reznými rychlostmi a silami, které jsou závislé na dělníkově fyzické zdatnosti [7, 25].



Obr. 2.1 Sada závitníků [23].

Závity vyráběné na válcové ploše se vyrábějí především pomocí závitových čelistí. Závitové čelisti jsou vyráběny s různým tvarem a funkcí. Závitová kruhová čelist se upíná do vratidla, které má pro upevnění kruhový otvor osazený zajišťujícími šrouby po obvodu. Šestihranná závitová čelist ve tvaru pravidelného šestiúhelníku má výhodu, díky které není třeba speciálního vratidla. Šestihrannou čelistí lze přenášet pohyb nástřným klíčem či jiným tomu určeným nářadím. Kruhová závitová čelist s elastickou, s nastavitelnou tolerancí je vhodným nástrojem pro výrobu závitů se snadnou změnou výrobní tolerance. Pro výrobu se používá vratidlo s pružnou vložkou, která stanovuje toleranci závitníků [6, 7, 25].

Do výroby vnějších závitů lze zahrnout i ruční závitorezné hlavy. Tyto hlavy patří do radiálních závitových čelistí. Závitové čelisti jsou upevněny do závitorezné hlavy radiálně k obráběné ploše. Závitorezná hlava má stejnou osu jako osa obrobku a při jejím

otáčení vzniká závit. Tato výroba je velmi rozšířena především k výrobě při montáži. Metodou se především vyrábějí trubkové závity při instalatérských pracích [6].

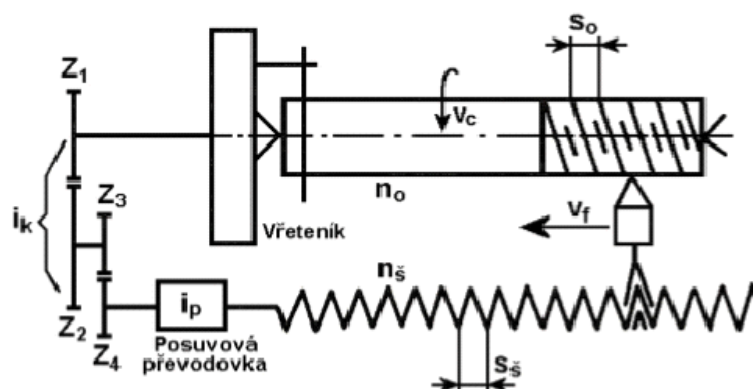
Pro výrobu vnitřních závitů jsou sadové závitníky. Závitová sada je složena ze tří závitníků. Sada je složenina z důvodu snížení řezných sil a zvýšení přesnosti vedeného závitu otvorem. První závitník slouží k předřezání závitu, druhý je řezací a třetí je kalibrovací. Sada závitníků pro řezání jemných stoupání může obsahovat závitníky pouze dva. Sadové závitníky jsou značeny jedním, dvěma a žádným proužkem, který určuje jejich pořadí použití. Závitníky mají čtvercové zakončení, které se vkládá do vratidla [4, 6, 7, 25].



Obr. 2.2 Výroba vnitřního závitu sadovým závitníkem.

2.2 Výroba závitů soustružením

Výroba závitů soustružením umožňuje vyrábět jak závity vnější, tak i závity vnitřní. Závit je možno obrábět několika způsoby. Strojní výroba umožňuje vyrábět závity velkých profilů, libovolných stoupání ale i velikostí. Každý parametr je však závislý na konkrétní technologii [6, 26, 27].

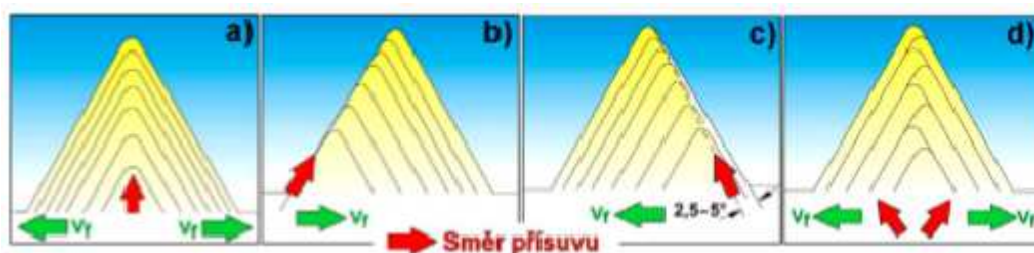


Obr. 2.3 Kinematika soustružení závitu na univerzálním hrotovém soustruhu [6].

Základním způsobem je možnost použití závitníků a závitových ok, které se používají pro ruční obrábění. Díky speciálním přípravkům je můžeme použít i pro výrobu na soustruhu [6, 26, 27].

Mezi další způsoby výroby závitů může zařadit výrobu pomocí tvarových soustružnických nožů. Základním tvarovým nožem jsou nože z rychlořezné oceli, které jsou celistvé, a tvar odpovídá profilu závitů [6, 26, 27].

Pro dnešní náročnější výrobu jsou však používány radiální závitové soustružnické nože s vyměnitelnými břitovými destičkami. Destička je upnuta mechanicky do tělesa nože. Tělo nože je vyrobeno z konstrukční oceli pro upnutí na stroji. Destička má univerzální použití jak pro pravý, tak i levý závit. Destička je vyrobena ze slinutého karbidu, který je povlakovaný. Díky rozšíření výroby pomocí CNC strojů můžeme závit vyrobít způsoby, jako jsou boční přířuv a bočním přířuvem s odklonem. Bočním přířuvem lze snížit tepelné zatížení nástroje, tím zvyšuje i jeho životnost. Při obrábění tříska dobře odchází z místa řezu, proto se používá u závitů větších stoupání. Boční přířuv s odklonem 3° až 5° je výhodný z důvodu snížení tření na boku břitu, který není v záběru. Střídavý přířuv je vhodný zejména pro velké stoupání. Hodí se také pro materiály s dlouhou třískou. Díky střídavému přířuvu je rovnoměrné opotřebení jak pravé, tak i levé strany břitu. Tento přířuv není vhodný aplikovat na stojích ovládaných ručně, je vhodný spíše pro CNC řízené stroje. Radiální přířuv využívá symetricky ostří břitu, při kterém dochází k stejnoměrnému opotřebení [6, 26, 27].



Obr. 2.4 Způsob postupného soustružení závitů [6]: a) radiální přířuv, b) boční přířuv, c) boční přířuv s odklonem, d) střídavý přířuv.

Automatové závitové čelisti slouží pro vytvoření závitů najednou. Tyto čelisti v sobě mají umístěny buď kotoučové, radiální ale i tangenciální nože. Tyto čelisti pro práci nepotřebují žádný radiální přířuv, a pokud jsou vyráběny z rychlořezné oceli, poskytují i velký počet ostření. Tyto hlavy mají stavitelné čelisti, proto umožňují výrobu až do velikosti závitů M60 [6].

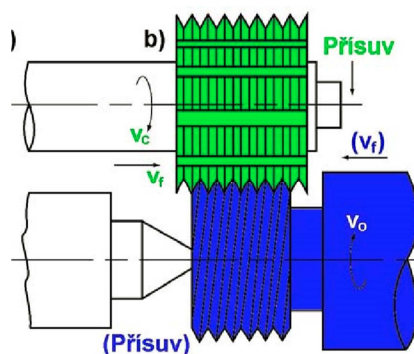
2.3 Frézování závitů

Každá metoda frézování závitů má svoje specifické použití. Výroba závitů frézováním umožňuje výrobu velmi velkých stoupání a průměrů závitů, tak umožňuje i výrobu malých závitů. Každý proces musí souhlasit s použitým nástrojem a kinematikou obráběcího procesu. Závitové frézy jsou kotoučové, hřebenové, stopkové a monolitní [6, 10, 27].

Závitové kotoučové frézy jsou jednodřívové nástroje. Tyto frézy jsou většinou monolitní a jsou vyrobeny z rychlořezné oceli. Frézování těmito frézami umožňuje výrobu vnějších

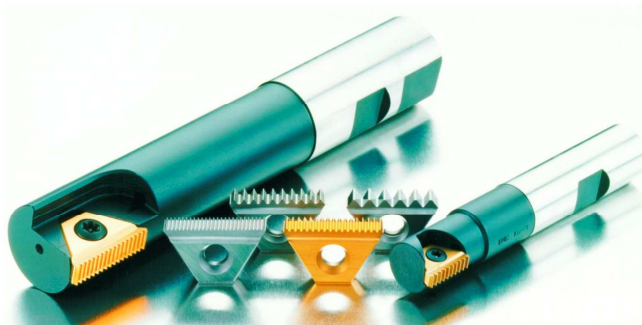
závitů. Tyto kotoučové frézy umožňují výrobu např. pohybových dlouhých lichoběžníkových závitů. Fréza je sloněna vůči ose obrobku, úhel stoupání závitu a fréza má profil závitové mezery. Když se obrobek posune o jednu otáčku, fréza a posuv obrobku se posune o délku stoupání závitu. Pro frézování krátkých závitů lze použít univerzální konzolovou frézku s dělicím zařízením, pro dlouhé pohybové závitů se používají speciální frézovací stroje [6].

Hřebenové válcové závitové frézy jsou většinou nástrčné. Frézy jsou vyráběné z rychlořezných ocelí ale také ze slinutých karbidů, které bývají i povlakovány. Válcová plocha hřebenové frézy je tvořena závitovým profilem, který je přerušen přímými nebo šroubovitými drážkami. Závit vyrobený frézováním je zhotoven 1,25 - 1,5 otáčky obrobku, nebo vřetene stroje. Závitová fréza se otáčí a posouvá, ale zároveň se otáčí i obrobek. Otáčky nástroje, rychlost posuvu a otáčky obrobku se musí pohybovat relativně vůči sobě. Maloprůměrové nástroje lze použít i na frézování vnitřních závitů. Na CNC frézkách lze naprogramovat kruhovou interpolaci a závit je možné pak vytvořit planetovým pohybem nástroje [6, 10].



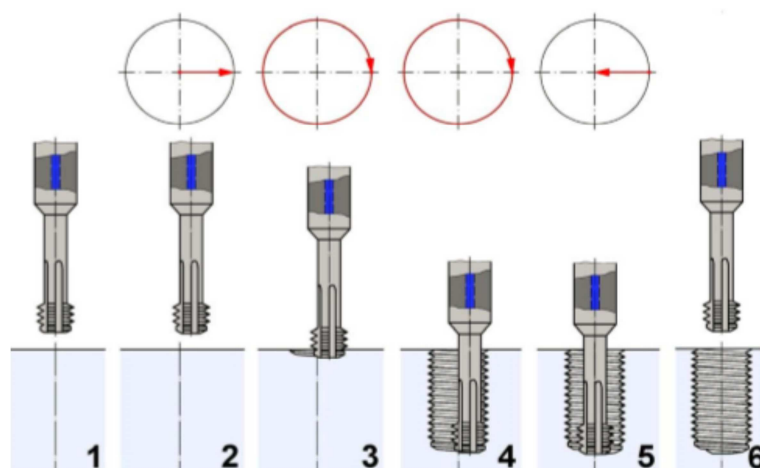
Obr. 2.5 Hřebenová válcová nástrčná fréza [6].

Stopková závitová fréza s vyměnitelnou břitovou destičkou umožňuje výrobu frézování, jak vnitřních, tak vnějších závitů bez ohledu na smysl stoupání šroubovice. Vnitřní průměr frézy je omezen velikostí otvoru, kde fréza musí mít maximálně 2/3 průměru obráběného otvoru. Stopková fréza má upnutou břitovou destičku pomocí šroubku. Břitová destička je ze slinutého karbidu, který může být povlakován, tvar této břitové destičky odpovídá profilu závitu. Závit je vyráběn pomocí kruhové interpolace, kde nástroj rotuje kolem své osy a rotuje i kolem osy obráběného otvoru a současně se pohybuje posuvovou rychlostí. Délka závitu odpovídá délce břitové destičky, pokud délka závitu nevyhovuje a je požadován delší závit operace, tak se několikrát opakuje. Hloubka obráběného otvoru je omezena délkou frézy. Tento způsob je vhodný pouze pro stroje, které umožňují kruhovou interpolaci, tudíž jsou číslicově řízeny [6, 10].



Obr. 2.5 Stopkové závitové frézy firmy Widia s vyměnitelnými břitovými destičkami [6].

Monolitní vrtací závitové frézy jsou vyráběny ze slinutých karbidů, které jsou i povlakované. Tyto závitové vrtací frézy umožňují výrobu závitů do plného materiálu. Výrobce Emuge-Fanken rozdělil dvě výroby závitů pomocí vrtacích závitových fréz ZBF a ZBFG. První metoda BGF, která umožňuje výrobu závitů v jednom cyklu. Metoda zahrnuje vyvrtání otvoru, vyřezání závitů a sražení hrany. Technologie BGF nejprve vyvrtá otvor, srazí hranu a následně vyfrézuje závit. Metoda ZBFG pracuje na podobném strategii jako metoda BGF, ale při tomto způsobu se fréza zavrtává a reže závit zároveň s vyvrtávaným otvorem, kterému nakonec srazí i hranu. Výhoda spočívá v univerzálnosti nástroje, který zastoupí vrtání, frézování závitů a sražení hrany šetrí tak časové náklady na ostatní operace, ale i náklady na obráběcí nástroje. Metoda je náročná na pohyby stroje a proto vyžaduje CNC stroje, podporující kruhovou interpolaci [6, 10].



- 1- Najetí nástroje do výchozí polohy (střed díry)
- 2- Stranové najetí do počátečního bodu
- 3- Frézování závitů
- 4- Frézování závitů do dna
- 5- Stranové vyjetí
- 6- Návrat nástroje do výchozí polohy (případné sražení hrany)

Obr. 2.5 Cyklus frézování závitů závitovou frézou [6].

2.4 Broušení závitů

Broušení závitů je používáno pro výrobu přesných závitů, u kterých požadujeme vysoké nároky na stoupání, profil a jakost povrchu. Tato výroba závitů se používá pro přesné šrouby např. pro měřidla. Přístroje pro výrobu závitů jsou speciální závitové brusky, které používají jednoprofilový nebo hřebenový kotouč. Tvar z brusného kotouče se získá pomocí diamantového orovnávače. Na hřebenových kotoučích je požadovaného tvaru profilu a stoupání dosahováno tvarovými kladkami. Pro broušení závitů se používají jednoprofilové brousící kotouče, hřebenové brousící kotouče, bezhroté broušení závitů a broušení vnitřních závitů [6].

Jednoprofilový brousící kotouč je nakloněn na úhel stoupání závitu. Závit je vyroben na jeden brousící záběr, protože při nastavení stroje je nastaven do plné hloubky. Brusný kotouč se roztočí na požadované otáčky dle průměru kotouče. Obrobek je posouván podél své osy. Rychlost posuvu je dána stoupáním, kde se sleduje jedna otáčka obrobku. Tato metoda slouží k výrobě závitů nejvyšší přesnosti. Tato metoda je málo produktivní [6].

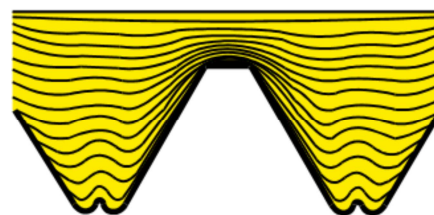
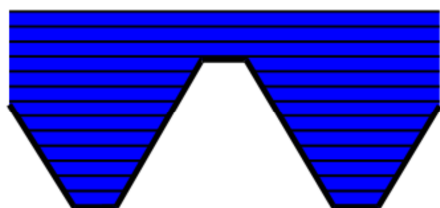
Hřebenový brousící kotouč má na obvodu několik tvarů budoucí šroubové mezery. Kotouč rotuje rovnoběžně s osou obrobku. Kotouč je při zapichování širší o 2-3 rozteče než šířka vyráběného závitu. Kotouč se postupně přisouvá k výrobku na maximální hloubku profilu závitu. Obrobek se otáčí a posouvá a otáčí jednu otáčku na velikost stoupání. Výrobek se pohybuje vzhledem ke kotouči axiálně. Závity s větším stoupáním jak 1 mm je nejprve třeba vyhrubovat. S nižším stoupáním lze závity brousit přímo do polotovaru. Vyšší produktivity lze dosáhnout pomocí kotouče, který je na obvodu zkosen, tak že 4. - 5. profil odpovídá plnému profilu závitu [6].

Závity lze brousit také na bezhrotých bruskách. Jedná se o závity pro šrouby bez hlavy a svorníky. Brousící kotouč má tvar budoucí závitové mezery, podávací kotouč je hladký [6].

Technologie broušení závitů také umožňuje výrobu vnitřních závitů. Tato výroba požaduje malé brusné kotouče. Pro vyrobené předřezané závity je obtížné nastavit brusný kotouč oproti závitům vnějším. Jednoprofilový kotouč slouží pro výrobu nejpresnějších závitů na měřidla s minimální velikostí průměru 25 mm [6].

2.5 Tváření závitů

Tváření závitů patří do bezodpadového obrábění. Díky této vlastnosti nevzniká množství třísek, které jsou obecně při obrábění problém. Tváření závitů se tak řadí k jejich produktivní výrobě. Vzhledem k tomu, že materiál není porušován řezem, ale tzv. teče, nejsou vlákna v materiálu porušena. Takto vzniklý závit má až o 20 % vyšší statickou únosnost, ale má i dvojnásobnou pevnost při dynamickém zatížení, a to díky zhutnění materiálu ve směru vláken. Tvářený závit neprodukuje žádné třísky, proto je možné vytvářet závit až do hloubky 4x delší než je průměr otvoru. Tvar profilu závitu je zhoršen ve vrcholcích a prohlubních z důvodu nedokonalého zatékání. Tvářecí závitníky mají vyšší tuhost díky plnému obsahu jádra. Tvářecí závitník má mnohem delší životnost než klasické závitníky. Závity nelze tvářet v tvrdých materiálech. Tváření vyžaduje cca o 30 % vyšší krouticí moment oproti běžnému řezání. Nástroje pro tváření vnějších závitů jsou ploché čelisti, kotoučové čelisti a tvářecí závitníky pro otvory [4, 6].



Obr. 2.6 Vlákna porušená řezáním [10]. Obr. 2.7 Tvářená vlákna závitu [10].

Ploché čelisti vytváří závit tak, že se mezi dvě kalené čelisti vloží polotovár. Každé stoupání závitu má svoji dvojici čelistí. Horní čelist je pohyblivá a spodní je pevná. Závit je zhotoven na jeden zdvih čelistí, při čemž polotovar vykoná okolo dvou otáček. Metoda vhodná pro výrobu běžných šroubových spojů, kde jsou vyšší rozměrové odchylky v toleranci [6].

Kotoučové čelisti dle konstrukce vytvářejí závit, jak v radiálním, tak i v axiálním směru. Radiální výroba spočívá v přísunu čelistí k obrobku, na kterém se vytvoří závit. Tvářecí kotouče jsou poháněny a oba dva se otáčejí ve stejném smyslu. Závit se vytvoří na několik otočení. Vyrobitelná délka závitu je závislá na šířce těchto čelistí. Pro delší závity se využívá axiálního způsobu. Podstata je hlava se třemi kotoučovými čelistmi, kde každá čelist je posunuta o 1/3 stoupání závitu. Kotouče mají osu s výrobkem mimoběžnou nebo sklopenou o úhel stoupání závitu. Tyto kotouče jsou volně uloženy a mají náběhové plochy, které jsou kuželovitě srazeny, stejné sražení má i polotovar. Při tváření závitů je hlava axiálně přitlačena k polotovaru. Tyto čelisti vtahují polotovar samovolně [6].

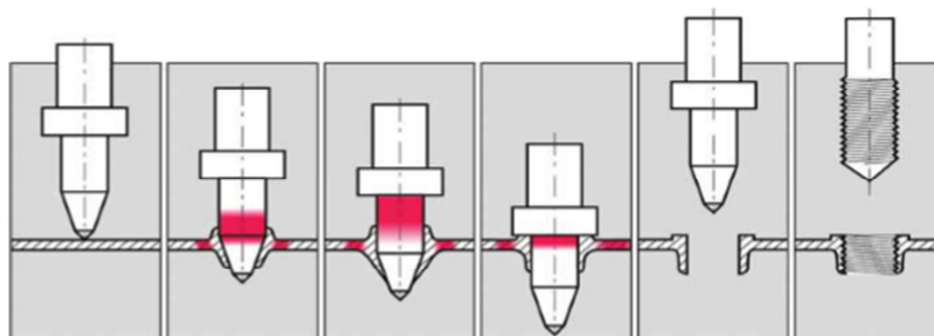
Pro výrobu vnitřních závitů je potřeba nejprve zhotovit otvor, do kterého se následně tvářecím závitníkem vytvoří závit. Tvářecí závitník je vyráběn jako monolitní nebo i vyměnitelný s nástrčnou hlavicí. Předností tvářecích závitníků je i vytváření závitu ve slepých dířkách, kde nevznikají třísky [6, 25].



Obr. 2.8 Tváření závitu [6].

2.6 Termální výroba otvorů pro tvářené závity

Výroba závitů do tenkostěnných profilů a tenkostěnných plechů není možná běžnými obráběcími způsoby. Při běžném obrábění závitů je vždy zhotoven otvor do materiálu, kde je tloušťka materiálu větší než vyráběný průměr. V těchto případech použijeme běžně dostupné technologie, kterými závit vyrobíme. U závitů velkého poměru mezi tloušťkou materiálu a obráběným průměrem musíme zvolit výrobu otvoru pomocí termálního tvářecího vrtání. Pro tváření otvorů se používá vrták s názvem Flowdrill, který je polygonový kuželový nástroj. Materiál je lokálně ohříván a tvářen. Vrták se roztočí na vysoké otáčky a za působení axiální síly na obrobek se třením vytvoří teplo. Dojde k hladkému vytvoření otvoru. Tento otvor má slabou stěnu, proto se závit vytváří tvářením. Termální vrtání je velmi levné a produktivní. Životnost vrtáku je až 10 000 otvorů při dodržení mazání speciální pastou. Sada je složena z kleštiny pro upínání nástroje, chladicí turbíny, tvářecího závitníku a procesních tvářecích kapalin. Nástroj je možné upnout pomocí morse kužele, díky kterému je prakticky univerzální použitím na zařízeních, které mají dostatečný výkon, otáčky vřetene, tuhost a požadující rozměry [24].



Obr. 2.9 Princip termálního vrtání a tváření závitu [25].

2.7 Kontrola závitů

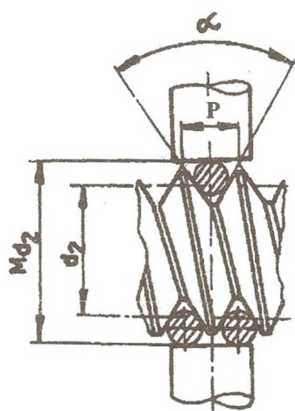
Kontrolu závitů lze rozdělit na dvě skupiny (komplexní a parametrickou). Závity můžeme kontrolovat komplexně, kde provedeme souhrnnou kontrolu vyrobeného závitu. Parametrická kontrola je pouze v jednom místě doteku. Závity kontrolujeme vnitřní a vnější [28].

Informativním měřidlem pro měření jsou závitové hřebenové šablony a ocelová měřítka. Tyto měřidla jsou univerzální, jak pro vnější, tak i pro vnitřní závit. Měřidlo obsahuje sadu plíšku, které mají profil daného závitu a stoupání. Plíšky se přikládají na závit a následně vyhodnocují, které stoupání vyhovuje dle plíšku závitu [28].

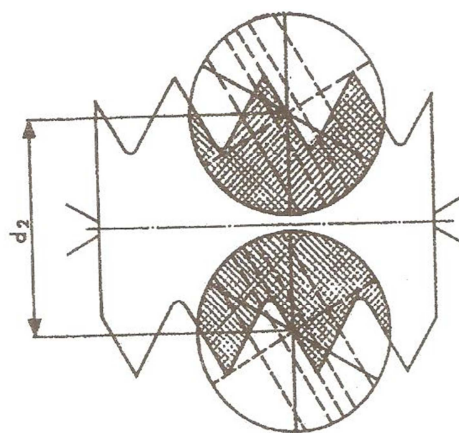


Obr. 2.10 Závitové měrky [29].

Přesné metody pro kontrolu vnějších závitů jsou pomocí třmenových mikrometrů a mikroskopu. Měření mikrometrem se provádí s vyměnitelnými doteky, které jsou pro daný průměr a stoupání jsou odlišné. Třídrátkovou metodou pomocí třmenového mikrometru změříme hodnotu tzv. přes drátky, která je následně přepočítaná a porovnána s tabulkovou hodnotou. Tyto metody slouží k měření středního průměru závitů. Komplexní kontrola se provádí mikroskopy a profilprojektory, které jsou především pro malé průměry. Závit se promítne a je zvětšen, jeho kontrolu provádíme pomocí nitkového kříže, díky kterému se kontrolují téměř všechny parametry závitů. Pro měření vnějších závitů jsou používány závitové kroužky a mezní závitové třmenové kalibry [4, 28, 30].

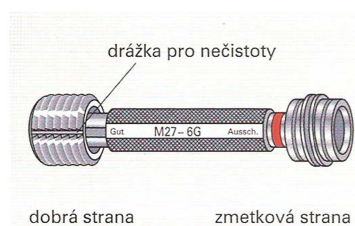


Obr. 2.11 Schéma třídrátkové metody [28].

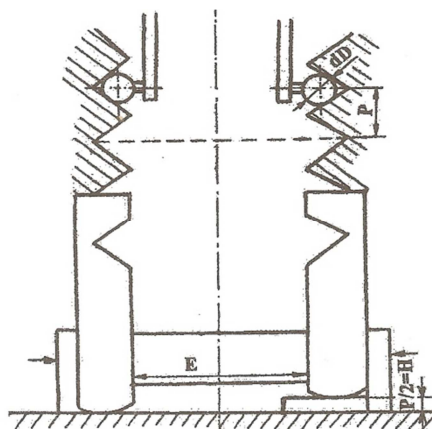


Obr. 1.12 Schéma měření nitkovým křížem [28].

Měření vnitřních závitů je omezeno jejich rozměrem. Závitů měříme komparátory, které nastavíme podle etalonu. Operace při měření jsou obdobné jako pro vnější závit. Speciálním měřením pro vnitřní závit jsou čelisti s výměnnými kulovými doteky. Pro tuto kontrolu potřebujeme kalibrované šablony kontrolovaného průřezu. Při měření vzniká chyba díky naklonění šroubovice, chyba je však zanedbatelná. Mezní závitové kalibry pro otvory jsou válečkové, oboustranné a jednostranné (s dobrou a zmetkovou stranou) [28, 30].



Obr. 1.24 Závitový kalibr [4].

Obr. 1.25 Seřízení doteků a měření úchylek středního průměru D_2 na délkoměru [28].

3 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLŮ NA VÝROBU ZÁVITŮ

Volba řezného materiálu závisí na produktivitě obrábění. Výrobci nabízejí široký sortiment řezných materiálů vhodných k obrábění. Vhodnost každého materiálu je individuální nebo pro určitou skupinu obráběných materiálů. Materiály musí splňovat často protichůdné nároky. Nástrojové materiály se mohou také rozdělit podle druhu jejich výroby. Díky vývoji nových materiálů se výrobní časy stejných součástí za použití nových materiálů výrazně zkrátily [26].

3.1 Rychlořezná ocel

Rychlořezná ocel (HSS) je vhodná pro všeobecné použití. Rychlořezná ocel má význam mezi materiály pro výrobu závitů. Postupy a rozšíření vědního oboru umožnily zvýšený rozsah použití jednotlivých vlastností. Dalším podpurným faktorem pro zvýšení využitelných vlastností materiálů přispěla jejich nová technologie pro výrobu, která umožnila větší čistotu a homogenitu materiálu. Výkonnost nástrojů také zvýšily tepelné a povrchové úpravy, které přispěly k větší výkonnosti a životnosti nástrojů [31, 32, 33].

3.2 Rychlořezné oceli na odlitky

Rychlořezná ocel na odlitky je tavena a odlévána klasickými metalurgickými metodami. Výrobky se odlévají metodou přesného lití, která umožňuje výrobu velmi komplikovaných tvarů, které by se zhotovovaly třískovým obráběním velmi obtížně. Technologie umožňuje zpracování i ocelí, které mají vysoký obsah vanadu. Metoda nepožaduje výrobu polotovarů a neklade veliké požadavky na třískové obrábění. Díky kterému je tato výroba velmi hospodárná [34].

3.3 Slinuté rychlořezné oceli

Slinuté rychlořezné oceli mají výhodu při zvýšeném obsahu uhlíku a vanadu. Díky těmto dvěma prvkům se výrazně zhoršuje tvářitelnost a obrobitelnost. Materiál tvoří tzv. karbidickou řádkovitost. Při obsahu nad 4 % vanadu je potřeba využít metody odlévané nebo práškové metalurgie. Mezi výhody patří rychlé tuhnutí atomizovaného prášku používaného pro výrobu rychlořezných ocelí omezujících segregaci, vytvoří velmi jemnou homogenní strukturu a rozložení karbidů i nekovových vměstků. U těchto materiálů se zlepšuje houževnatost, rozměrová stálost během tepelného zpracování i řezné vlastnosti. Tato metoda umožňuje výrobu ocelí s vyšším obsahem legur, než je možné při klasickém způsobu tavením. Velmi rozšířeným způsobem výroby rychlořezných ocelí je technologie ASP (Anti-Segregation-Process). Při slinování vznikají mezi částicemi malé póry, díky nim není materiál homogenní a působí jako vrubový účinek snižující houževnatost. Potřebnou homogenizaci získáme následným tvářením slinutého karbidu za tepla. Tepelné zpracování je stejné jako u běžných tvářených a obráběných rychlořezných ocelí [27, 34].

3.4 Slinuté karbidy nepovlakované

Slinuté karbidy mají tvrdou, zároveň houževnatou matici. Slinutý karbid má velkou odolnost vůči řezným pochodům. Běžná metalurgie neumožňuje výrobu takto

homogenních a obtížně tavitelných kovů. Z důvodu nemožnosti vyrábět materiály pomocí běžné metalurgie musela vzniknout nová technologie, kterou nazýváme prášková metalurgie [26, 33, 35].

V celé škále vyráběných slinutých karbidů, ať povlakovaných či nepovlakovaných, můžeme zařadit jako jejich hlavní prvek pro výrobu karbidů- wolfram, které pojí kobalt. Dílčími vhodnými přídavnými materiály jsou tantal, niob, chrom, vanad. Tyto prvky se přidávají s přihlédnutím na obráběný materiál, řezné podmínky a technické možnosti stroje [26, 33, 35].

3.5 Povlakované slinuté karbidy, Povlakované rychlořezné oceli

Mezi největší pokroky ve vývoji slinutých karbidů lze zahrnout výrobu výměnných břitových destiček s povlakem TiC (1969). Metoda těžkotavitelných karbidů je vylučována z plynné fáze, která měla za úkol (1890) zvýšit svítivost zářivek a ochránit žhavicí vlákno. Prvním významným výzkumem povlakování bylo vytvoření oteruvzdorného povlaku na ocel. Prvním povlakovaným slinutým karbidem byl z TiC (1959). Z dnešního pohledu se se stalo povlakování nepostradatelnou technologií při výrobě víceméně veškerých obráběcích nástrojů [33].

Základní materiál v podobě např. slinutého karbidu nebo rychlořezné oceli, na který se nanáší vrstva povlaku. Povlak ve slabé vrstvě má výrazněji lepší vlastnosti než základní materiál, na který je povlak nanášen. Povlak má oproti základnímu materiálu výhodu ve formě jemnější struktury a neobsahuje pojivo [33].

Technologie povlakování používá dvě technologie nanášení. První metodou je fyzikální napařování, metodu nazýváme PVD (Physical Vapour Deposition). Metoda spočívá v napařování nebo naprašování povlaku při teplotách do 500°C. PVD metoda byla vyvinuta pro nástrojové oceli, protože při použití vyšších teplot by nástrojová ocel byla popuštěna, a tím by přišla o svoje mechanické vlastnosti po předchozím tepelném zpracování. Metoda PVD je možné použít i pro slinuté karbidy. Pomocí PVD se povlak nanáší napařováním, naprašováním a iontovou implantací. Druhá metoda nanášení povlaku je chemické napařování, metodu nazýváme CVD (Chemical Vapour Deposition). Touto metodou se povlakuji slinuté karbidy z důvodu vysoké teploty procesu (1000 - 1200°C). Povlakování metodou CVD má mnoho modifikací, které jsou např. laserem indukovaný, žhavicím vláknem, nízkotlaká, s lavinovým plazmatickým výbojem [33].

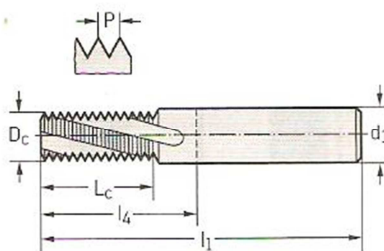
4 NÁSTROJE PRO VÝROBU ZÁVITŮ V SORTIMENTU VÝROBY PRODUCENTŮ NÁSTROJŮ

Práce Nástroje pro výrobu závitů je směřována na produkci frézovacích monolitních závitníků. Sortiment fréz je pouze výběrem z katalogů a je zaměřen pouze pro výrobu závitů M12 a porovnání řezných parametrů na nelegovaných ocelích s obsahem uhlíku 0,25 %. Vrtací závitové frézy se nepoužívají pro obrábění uhlíkových ocelí, jejich využití je pro neželezné kovy a litiny. Výroba závitů frézováním je různá, proto jsou zde zobrazeny frézy monolitní frézovací a vrtací frézy.

4.1 Walter Tools

Firma Walter je firma se sídlem v Německu. Působí na celosvětové úrovni, kde má 33 poboček v různých zemích světa. Výrobní sortiment firmy zahrnuje širokou škálu nástrojů pro obrábění. Firma Walter nabízí tyto frézovací závitníky v níže uvedeném výběru [36].

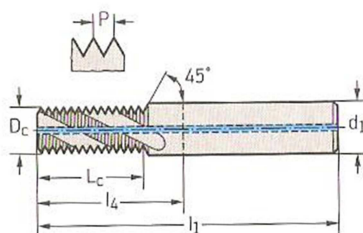
Monolitní stopková fréza firmy Walter pro otvor M12 viz obr 4.1. Fréza je povlakovaná povlakem TAX. Je vhodná 1,5x hloubky obráběného otvoru. U frézy M12 představuje maximální hloubku otvoru 18 mm. Je vhodná pro materiály od 48 HRC do 63 HRC, proto se hodí pro tvrdé materiály. Jejím hlavním použitím je obrábění zušlechtěných a kalených ocelí. Další materiály, které můžeme obrábět, jsou plasty a slitiny wolframu, titanu a molybdenu. Výrobce pro obrábění nelegované oceli s obsahem uhlíku do 0,25 % doporučuje řeznou rychlost 140 m/min a posuv na zub 0,2 mm. Závitová fréza vytváří závit do předem předvrtaného otvoru [36].



	P [mm]	Dc[mm]	Lc[mm]	l1[mm]	l4[mm]	d1h6 [mm]	Z
M12	1,75	9	19,25	72	32	10	5

Obr. 4.1 Monolitní stopková závitová fréza 10 [36].

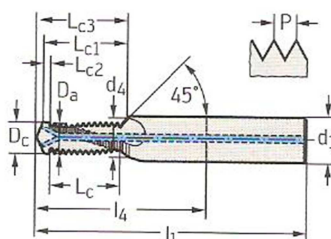
Monolitní stopková fréza umožňuje nejen obrobení závitů, ale i sražení hrany otvoru vzniklého závitováním. Vyrábí se pro závit M12 viz obr. 4.2. Je k dispozici bez povlaku nebo s povlakem TiCN. Vyráběný závit může být 2x hlubší než velikost otvoru. U frézy M12 je tato hloubka 24 mm. Je vhodná pro materiály do tvrdosti 48 HRC. Jejím hlavním použitím je obrábění celé škály materiálu, kromě kalených ocelí a litin. Pro obrábění ocelí s obsahem uhlíku do 0,25 % je řezná rychlost 140 m/min a posuv na zub 0,2 mm. Závitová fréza vytváří závit do předem předvrtaného otvoru [36].



	P [mm]	D _c [mm]	L _c [mm]	l ₁ [mm]	l ₄ [mm]	d ₁ h6 [mm]	Z
M12	1,75	9,9	24,5	83	38	14	4

Obr. 4.2 Monolitní stopková závitová fréza TMC [36].

Monolitní vrtací závitová fréza nepotřebuje pro výrobu závitů předvyrobený otvor. Obrobí otvor, obrobí závit. Je vyráběna pro závit M12 viz obr. 4.3. Fréza je povlakovaná povlakem z NHC nebo TAX. Vyráběný závit může být 2x hlubší než velikost otvoru. U frézy M12 je tato hloubka 24 mm. Hlavním použitím povlakované frézy NHC je obrábění neželezných kovů. Povlak TAX je vhodný pro obrábění litin. Pro obrábění frézou s povlakem NHC jsou řezné podmínky 40 m/min a posuv na otáčku 0,275 mm. Pro obrábění frézou s povlakem TAX se pohybují řezné rychlosti okolo 30 m/min a posuv na otáčku 0,225 mm [36].



	P [mm]	D _c [mm]	D _a [mm]	L _c [mm]	L _{c3} [mm]	d ₄ [mm]	L _{c1} [mm]	L _{c2} [mm]	l ₁ [mm]	l ₄ [mm]	d ₁ h6 [mm]	z
M12	1,75	10,25	9,74	21,00	27,10	12,3	25,23	1,5	90	45	14	3

Obr. 4.3 Monolitní vrtací závitová fréza TMD [36].








Firma Walter nabízí i orbitální frézovací závitníky.

4.2 Hoffman Group

Hoffman Group je firma založena v roce 1919 v Německu. Má své pobočky více jak v 50 zemích světa. Spolupracuje v Německu s partnerskými firmami Gödde, Perschmann Braunschweig a Oltroge. Má sortiment monoobrábění, modulárního obrábění, upínací a měřicí techniky, brusné a dělicí techniky, ruční dílenské a ochranné pomůcky. Nabízí níže uvedené frézovací závitníky [37].

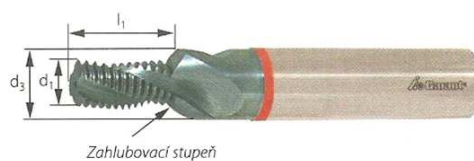
Závitová stopková monolitní fréza je vhodná pro výrobu závitů do předem obrobeného otvoru. Závitová fréza se vyrábí pro otvor M12 viz obr. 4.4. Fréza je povlakována povlakem TiAlN. Fréza umožňuje frézovat 2x větší hloubku než je průměr. Maximální hloubka obráběného závitu je 24 mm. Fréza je především vhodná pro uhlíkové oceli, nerezové oceli, litinu, neželezné kovy ale i pro super slitiny. Řezná rychlost pro obrábění nízkouhlíkové nelegované oceli je 80 m/min a posuv na zub 0,055 mm [37].








								Počet zubů Z
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
M12	2xD	1,75	9,9	25,3	40	80	10	4

Obr. 4.4 Závitová stopková fréza 13 9650 [37].

Závitová monolitní fréza je určena ke srážení hran obrobku. Je vhodná k výrobě předem připravených otvorů, ve kterých obrobí závit a zároveň srazí i hranu otvoru. Závitová fréza se vyrábí pro otvor M12 viz obr. 4.5. Fréza umožňuje frézovat otvor hluboký 1,5 x větší než je průměr otvoru. Maximální hloubka obráběného otvoru je 18 mm. Fréza je vhodná pro uhlíkovou ocel, nerezovou ocel, neželezné kovy, litiny a pro super titanové slitiny. Řezná rychlost pro obrábění nízkouhlíkové oceli je 80 m/min a posuv na zub 0,055 mm [37].



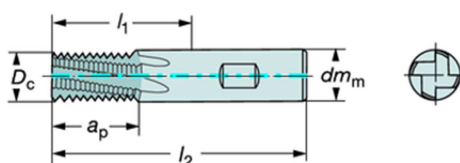
						Max zahloubení	Programovatelná hodnota zahloubení	Směr bříty	Počet zubů Z
		d ₁ [mm]	[mm]	[mm]	[mm]	d ₃ [mm]	l ₁ [mm]		
M12	1,75	9,37	45	82	14	13,5	19,7	pravá	5

Obr. 4.5 Závitová stopková fréza se zahlubovacím stupněm 13 9655 [37].

4.3 Sandwik Comand

Sandwik Comand patří mezi přední světové výrobce obráběcích nástrojů v oblasti obrábění. Firma Sandwik byla založena ve Švédsku. Působí ve více jak 130 zemích světa [38].

Monolitní závitová fréza je vhodná pro obrábění vnitřního otvoru. Je vyráběná pro otvor M12 viz obr. 4.6. Má délku 2x průměru obráběného otvoru, může obrábět otvor dlouhý 24 mm. Je univerzální pro veškeré materiály s tvrdostí do 48 HRC. Při obrábění uhlíkové oceli je dána řezná rychlost 132 m/min a posuv na zub 0,03mm [38].



	Stoupání P [mm]	D _c [mm]	dm _m [mm]	l ₁ [mm]	l ₂ [mm]	Max. a _p [mm]
M12	1,75	9,5	10	40	80	26,25

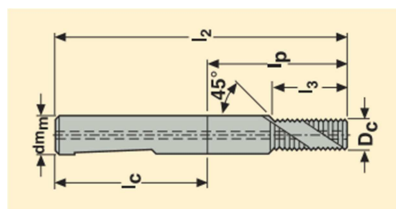
Obr. 4.6. Závitorezná fréza CoroMill Plura [38].

Firma Sandwik nabízí pouze závitoreznou monolitní frézu, jiné nástroje v oblasti frézování závitu nenabízí [38].

4.4 Seco Tools

Seco Tools je firma světového měřítka, která přispívá vývojem nástrojů a materiálu k inovacím v obrábění. Byla založena v roce 1929 a má dlouho historii s výrobou a vývojem řezných nástrojů a materiálů. Nabízí celou řadu řešení problému v obrábění [39].

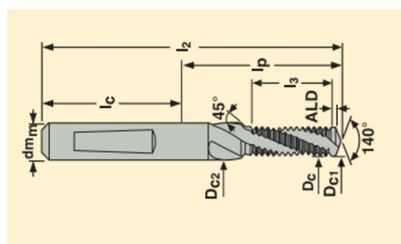
Monolitní závitová fréza je vhodná pro výrobu závitu v otvoru frézováním. Otvor musí být před frézováním obrobený. Fréza se vyrábí pro rozměr závitu M12 viz obr. 4.7. Je nepovlakovaná a vhodná pro obrábění oceli a nerezové oceli. Pro frézování uhlíkové oceli je řezná rychlost 100 m/min a posuv na břit 0,01 mm [39].



	P [mm]	D _c [mm]	dm _m [mm]	l _c [mm]	l _p [mm]	l ₂ [mm]	l ₃ [mm]	Počet břitů
M12	1,75	9,4	12	45	34	79	25,4	3

Obr. 4.7 Monolitní závitová fréza TM-M12X1.75ISO-12R5 [39].

Vrtací fréza Treadmaster je určena k výrobě závitu do plného materiálu. Fréza nejprve zhotoví otvor pro závit, který následně obrobí a srazí u otvoru hranu. Vyrábí se v provedení pro závit M12 viz obr 4.8. Je nepovlakovaná. Pro obrábění nepovlakovanou frézou při obrábění neželezných kovů je řezná rychlost 220 m/min a posuv na zub 0,021 mm. Při obrábění litiny je řezná rychlost 100 m/min a posuv na zub 0,19 mm [39].



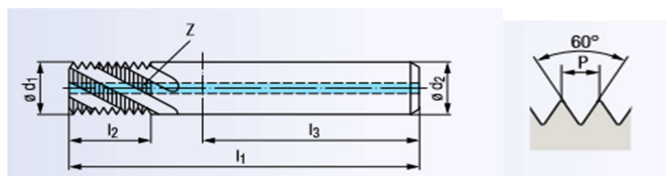
	P [mm]	ALD [mm]	D _c [mm]	D _{c1} [mm]	D _{c2} [mm]	dm _m [mm]	l _c [mm]	l _p [mm]	l ₂ [mm]	l ₃ [mm]	Počet břitů
M12	1,75	1,5	9,74	10,25	12,3	14	45	44	87	27,06	2

Obr. 4.8 Vrtací frézy Treadmaster DTM-M12X1.75ISO-14R5 [39].

4.5 Emuge

Emuge je německá společnost s rozmanitým výrobním programem. Patří do sítě německých firem Emuge-Werk Richard Glimpel a Franken. Tyto společnosti patří mezi špičkové producenty v oblasti výroby nástrojů pro výrobu závitu. Společnost Emuge se také zaměřuje na upínání nástrojů. Působí celosvětově a kromě katalogových nástrojů vyvíjí i na přání zákazníka speciální nástroje [40].

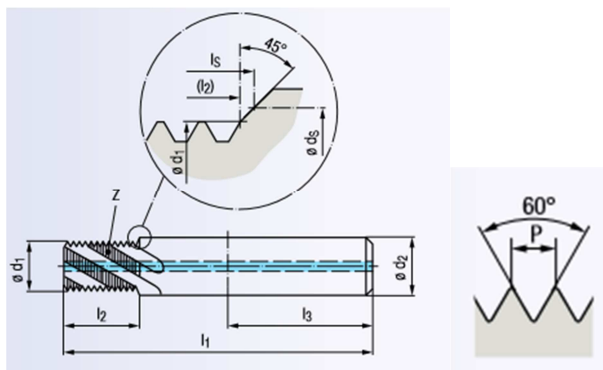
Monolitní závitová fréza je vhodná pro obrábění závitu frézováním. Fréza je určena pro předem připravené otvory. Vyráběná pro otvor M12 viz obr. 4.9. Fréza obrábí až do hloubky 2x průměr závitu, to je 24 mm. Je povlakována povlakem TiCN. Vhodná pro ocel, nerezové oceli, litiny, neželezné materiály, super slitiny a titanové slitiny. Řezná rychlost pro obrábění oceli s nízkým obsahem uhlíku je 80 - 250 m/min a posuv na zub je 0,05 - 0,015 mm [40].



	P [mm]	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	l ₁ [mm]	l ₂ [mm]	l ₃ [mm]	Z
M12	1,75	9,9	10	74	25,3	40	5

Obr. 4.9 Monolitní závitová fréza GF-VZ-VHM R15-IKZ-HB [40]

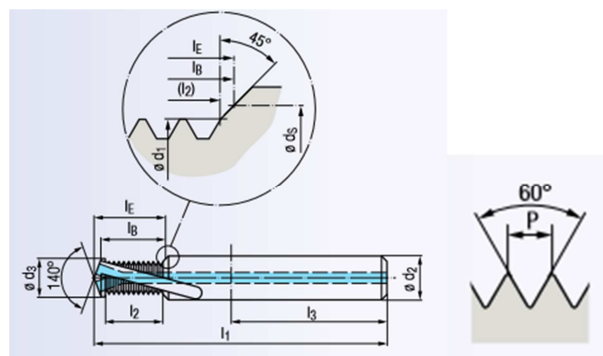
Monolitní stopková fréza je vhodná pro obrábění závitu v předem připraveném otvoru, umožňuje i při frézování sražení hrany otvoru. Je vyráběna pro rozměr závitu M12 viz obr. 4.10. Fréza je povlakována povlakem TiCN. Vhodná pro celou škálu obráběných materiálů kromě kalených ocelí a litin. Řezná rychlost pro obrábění oceli s nízkým obsahem uhlíku je 80 - 250 m/min a posuv na zub je 0,05 - 0,015 mm [40].



	P [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	l_3 [mm]	d_1 [mm]	d_2 [mm]	d_S [mm]	l_S [mm]	Z
M12	1,75	90	18,4	45	9,9	14	12,3	19,5	3

Obr. 4.10 Monolitní závitová fréza GF322106 [40].

Monolitní stopková vrtací fréza je vhodná pro výrobu závitu do plného materiálu. Závitová fréza nejprve obrobí otvor, poté obrobí závit a srazí hranu otvoru. Je vyráběna pro rozměr závitu M12 viz obr. 4.11. Fréza je povlakována povlakem TiCN. Vhodná pro obrábění litin a neželezných kovů. Řezná rychlost pro obrábění neželezných materiálů je 150-400 m/min posuv na zub je 0,7-0,15 mm. Řezná rychlost pro obrábění litin je 80-160 m/min posuv na zub je 0,05-0,012mm [40]-



	P [mm]	L_1 [mm]	L_2 [mm]	L_3 [mm]	d_1 [mm]	d_2 [mm]	d_3 [mm]	d_S [mm]	l_B [mm]	l_E [mm]
M12	1,75	89	17,61	45	9,9	14	10,25	12,3	20,4	22,3

Obr. 4.11. Vrtací monolitní závitová fréza GF429246 [40].

ZÁVĚR

Sortiment výrobců závitů frézování monolitními závitníky je velice rozmanitý. Každý výrobce nabízí svoje řešení. Výrobci nabízejí stopkové frézy, stopkové frézy geometrii pro sražení hrany, vrtací závitové frézy, orbitální závitové frézy a jednozubé stopkové frézy.

Firma Walter Tools nabízí široký sortiment frézovacích závitníků stopkové frézy, stopkové fréza pro sražení hrany otvoru, vrtací frézy a orbitální frézy. Frézy jsou vyráběny ze slinutého karbidu, který může být dle požadavků zákazníka povlakován. Každá fréza má svoje určení pro obráběný materiál. Frézy jsou v sortimentu vybraných druhů závitů. Pro monolitní stopkovou frézu firmy Walter k obrábění nelegované oceli s obsahem uhlíku do 0,25 % je doporučená řezná rychlost 140 m/min a posuv na zub 0,2 mm. Monolitní stopková fréza s možností sražení hrany s obsahem uhlíku do 0,25 % je řezná rychlost 140 m/min a posuv na zub 0,2 mm. Pro monolitní vrtací závitovou frézu jsou řezné podmínky.

Pro obrábění frézou s povlakem NHC jsou řezné podmínky 40 m/min a posuv na otáčku 0,275 mm. Pro obrábění frézou s povlakem TAX se pohybují řezné rychlosti okolo 30 m/min a posuv na otáčku 0,225 mm.

Firma Hoffman Group nabízí stopkové závitové frézy, závitové frézy se zahlubovacím stupněm a závitové jednozubé frézy. Frézy jsou vyráběny ze slinutého karbidu, který je povlakovaný TiAlN. Jsou vyráběny v sortimentu pouze jako metrické a trubkové závitové. Pro závitovou stopkovou monolitní frézu je řezná rychlost pro obrábění nízkouhlíkové nelegované oceli 80 m/min a posuv na zub 0,055 mm. Závitová monolitní fréza ke sražení hran otvoru pro obrábění nízkouhlíkové oceli je doporučená řezná rychlost 80 m/min a posuv na zub 0,055 mm.

Firma Sandwik Comand nabízí pouze závitové stopkové frézy. Fréza je univerzální pro výrobu závitů do veškerých materiálů, kromě kalených ocelí a litin. Pro monolitní závitovou frézu pro obrábění uhlíkové oceli je daná řezná rychlost 132 m/min a posuv na zub 0,03mm.

Firma Seco Tools nabízí monolitní závitové frézy umožňující při obrábění sražení hrany, vrtací závitovou frézu a závitovou frézu mini pro velmi malé otvory. Firma nabízí frézy ze slinutého karbidu. Každá fréza je určena k určitému obráběnému materiálu. Frézy jsou vyráběné pouze v sortimentu pro metrické a Withwortovy závitové. Monolitní závitová fréza má pro frézování uhlíkové oceli řeznou rychlost 100 m/min a posuv na břit je 0,01 mm. Vrtací fréza Treadmaster pro obrábění neželezných kovů má řeznou rychlost 220 m/min a posuv na zub 0,021 mm. Při obrábění litiny je řezná rychlost 100 m/min a posuv na zub 0,19 mm.

Firma Emuge se zabývá především výrobou monolitních závitových fréz, proto patří mezi špičku v této oblasti. Nabízí vrtací závitové frézy, monolitní závitové frézy, monolitní závitové frézy pro sražení hrany otvoru, orbitální závitové frézy a jednozubé frézy. Závitové frézy se vyrábí ze slinutého karbidu, které jsou podle obráběného materiálu rozdílné. V sortimentu nabízí široký výběr závitů a vyrábí frézy i pro výrobu kuželových závitů. Monolitní závitová fréza má pro obrábění oceli s nízkým obsahem uhlíku řeznou

rychlost 80 - 250 m/min a posuv na zub je 0,05 - 0,015 mm. Monolitní stopková fréza se zahlubováním otvoru má pro obrábění oceli s nízkým obsahem uhlíku řeznou rychlost 80 - 250 m/min a posuv na zub je 0,05 - 0,015 mm. Monolitní stopková vrtací fréza má tyto řezné parametry: Řezná rychlost pro obrábění neželezných materiálů je 150 - 400 m/min posuv na zub je 0,7 - 0,15 mm. Řezná rychlost pro obrábění litin je 80 - 160 m/min posuv na zub je 0,05 - 0,012 mm.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Kovonástroje [online]. 2016 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: http://www.kovonastroje.cz/out/pictures/z2/var_spiral_narex_1660_02_z2.jpg
- [2] SLÁMA, Miroslav. *Terminologie obrábění a montáže*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: UJEP, ÚTRV, 2004. ISBN 80-7044-616-1.
- [3] ČSN 01 4004 *Základní pravidla zaměnitelnosti. Závity. Označování*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1988. Schváleno, platnost 1989.
- [4] DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [5] Javvi [online]. 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: http://www.javvi.webzdarma.cz/web%20TK/podpora-%20Sroubove%20spoje/podpora-%20Sroubove%20spoje_soubory/image001.gif
- [6] HUMÁR, Anton. *Technologie obrábění – část 2*. Brno: FSI, 2004. [online]. 2016 [cit. 2016-02-6]. Dostupné: ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
- [7] FRISCHHERZ, Adolf a Paul SKOP. *Technologie zpracování kovů 1: Základní poznatky*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1999. ISBN 80-902110-7-0.
- [8] FRISCHHERZ, Adolf a Herbert PIEGLER. *Technologie zpracování kovů 2: Odborné znalosti*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1999. ISBN 80-902110-8-9.
- [9] MT nástroje [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/13-1-Vratidla-a-nastavce/63-2-Vratidla-na-zavitniky/5/2530-Vratidlo-stavitelne-M9-M27-5-6-16-0mm>
- [10] Walter. *Podklady k bakalářské práci* [dokument word]. Schváleno 3. května 2016 [cit. 2016-05-8].
- [11] MT nástroje [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/26-1-Kombinovane-nastroje/61-2-Kombinovane-strojni-zavitniky/5/3323-Kombinovany-strojni-zavitnik-HSSE-M-4>
- [12] MT nástroje [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.mt-nastroje.cz/fotky3985/fotos/gen320/gen_vyr_97353773m.jpg
- [13] MM spektrum [online]. 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/85/8504.jpg>
- [14] MT nástroje [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.i-zavitniky.cz/fotky3985/fotos/_vyr_20052SEL.jpg

- [15] Narex Ždánice [online]. 2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <https://www.narexzd.cz/tvareci-zavitniky/2910/>
- [16] Briol nástroje [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.briol-nastroje.cz/zavitnik-tvareci-m16-6h-din-376-povlak-tin>
- [17] Efektivní výroba precizních závitů. In: *MM průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM průmyslové spektrum, 2012 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/efektivni-vyroba-preciznich-zavitu.html>
- [18] Hoffmann group [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: https://www.hoffmann-group.com/medias/sys_master/root/hda/ha2/8871396638750/b139720.jpg
- [19] Frézování závitů v přehledu. In: *MM průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM průmyslové spektrum, 2012 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/frezovani-zavitu-v-prehledu.html>
- [20] Revoluce ve výrobě závitů In: *MM průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM průmyslové spektrum, 2008 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/revoluce-ve-vyrobe-zavitu.html>
- [21] Hoffmann group [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: https://www.hoffmann-group.com/medias/sys_master/root/had/had/8872496103454/b218000-20-43.jpg
- [22] MM spektrum [online]. 2016 [cit. 2016-04-6]. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/2012-09_13_1346085136/mimatic_obr_02.jpg
- [23] Kovo-stroje [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.kovo-stroje.cz/sub/kovo-stroje.sk/shop/product/sada-naradia-na-rezanie-zavitov-hss-44ks-v-drevo-928.jpg>
- [24] Termální vrtání - progresivní metoda tváření otvorů. In: *MM průmyslové spektrum* [online]. 2002 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/termalni-vrtani-progresivni-metoda-tvareni-otvoru.html>
- [25] Euro - met [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.euro-met.com.pl/Foto/flowdrill2.JPG>
- [26] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- [27] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.

- [28] ČECH, Jaroslav, Jiří PERNIKÁŘ a Kamil PODANÝ. *Strojírenská metrologie I*. Vyd. 5., V Akademickém nakl. CERM vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-4010-4.
- [29] MT – Nástroje [online]. 2016[cit. 2016-05-2]. Dostupné z: <http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/12-1-Kalibry-a-merky/168-2-Zavitove-merky>
- [30] SEIDLER, Alois. *Příručka náradí ČSN: lisování závitů a mezní závitové kalibry*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1959.
- [31] BRHLÍK, D. *Evropské normy pro značení ocelí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2009. 26 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Novotná Ph.D.
- [32] FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Nástrojové oceli*. Brno: Dům techniky, 1994.
- [33] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [34] PISKA, Miroslav a Petra SLIWKOVA. Surface Parameters, Tribological Tests and Cutting Performance of Coated HSS Taps. *Procedia Engineering* [online]. Elsevier Ltd, 2015, **100**, 125-134 [cit. 2016-03-14]. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.350. ISSN 1877-7058.
- [35] CRHAN, L. *Slinuté karbidy a jejich efektivní využití*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 42 s., 2 příloh. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.
- [36] Walter. *Souhrnný katalog 2012*. Kuřim: Walter, 2012.
- [37] Hoffman Group. *Hlavní katalog 2013-2014*. Ejpovice, 2013.
- [38] Sandvik. *Katalog Sandvik* [online]. 2016[cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/downloads>
- [39] Seco Tools. *Katalog Seco* [online]. 2016[cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/en/Global/Services--Support/Machining-Navigator/>
- [40] Emuge. *Katalog Emuge* [online]. 2016[cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.emugefranken.cz/3-katalogy.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ASP – Anti segregation process – potlačení procesu segregace

CNC – Computer Numerical Control – Číslicové řízení pomocí počítače

ČSN – Česká technická norma

CVD – Chemical Vapour Deposition – nanášení povlaku chemickým způsobem

HRC – Zkouška tvrdosti podle Rockwella prováděná indentorem ve tvaru kužele

HSS – High Speed Steel - Rychlořezná ocel (RO)

NHC – New hard carbon – uhlíková vrstva

PVD – Physical Vapour Deposition – nanášení povlaku fyzikálním způsobem

TAX – Aluminium titan nitrid

TiAlN – Karbonitrid titanu

TiC – Karbid titan

TiCN – Titan karbonitrid