



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA ZÁVITŮ U SPOTŘEBNÍHO ZBOŽÍ

PRODUCTION OF THREADS FOR CONSUMER GOODS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Slováček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Dominik Slováček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2022/23

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:

Výroba závitů u spotřebního zboží

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Spotřební zboží klade na závity jiné požadavky než náročná strojírenská výroba. Řadu typických případů předkládá toto téma.

Cíle bakalářské práce:

- Normy závitů.
- Požadavky na závity u spotřebního zboží.
- Přehled oblasti využití.
- Volba konkrétního výrobku.
- Zpracování výrobního procesu.
- Zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 651. ISBN 0-19-514206-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá požadavky na přesnost a výrobou závitů. Cílem je přiblížit problematiku závitů a využití třískového i netřískového zhotovování závitů. V závěru práce je aplikována konkrétní metoda při výrobě součásti.

Klíčová slova

závity, výroba závitů, soustružení závitů, tváření závitů

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the requirements for precision and the production of threads. The aim is to introduce the issue of threads and the use of cutting and non-cutting threading. At the end of the thesis, a specific method is applied in the production of the component.

Keywords

Threads, production of threads, thread turning, thread forming

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SLOVÁČEK, Dominik. *Výroba závitů u spotřebního zboží* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/145839>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/diplomovou práci na téma Výroba závitů u spotřebního zboží vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

V Brně 26. 5. 2023

Dominik Slováček

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské/diplomové práce. Také rodině a přátelům za podporu při studiu.

OBSAH

Abstrakt	4
ABSTRACT	4
Bibliografická citace	5
Prohlášení	6
Poděkování	7
OBSAH	8
ÚVOD	9
1 geometrické rozdělení závitů	10
2 Výroba závitů	13
2.1 Přesnost závitů	13
2.1.1 Tolerance metrických závitů	14
2.1.2 Tolerance Whitworthových závitů	15
2.1.3 Kontrola a měření závitu	15
2.2 Třískové obrábění závitů	15
2.2.1 Řezání pomocí závitníků a závitových čelistí	15
2.2.2 Soustružení	16
2.2.3 Frézování	17
2.2.4 Broušení	18
2.3 Tváření závitů	19
2.4 Lisování závitů	20
3 výběr a Zpracování součásti se závitem	21
3.1 Úprava a návrh konstrukčního řešení	21
4 Návrh výroby a srovnání	22
4.1 Výběr polotovaru	22
4.2 Volba stroje a nástrojů	23
4.3 Simulace výroby	23
4.4 Výrobní časy	24
ZÁVĚR	25
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	26
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	28

ÚVOD

Závity jsou součástí života každého z nás. Každodenně využíváme různé produkty opatřené závity nebo závitovými spoji, ať je to obalový materiál nebo dopravní prostředek. Nelze opomenout závity ve strojírenství, umožňující stále přesnější a jednodušší výrobu.

Závitové spoje jsou důležitým strojním prvkem pro svoji možnost spolehlivé montáže a demontáže nebo přenos otáčivého pohybu na pohyb přímočarý.

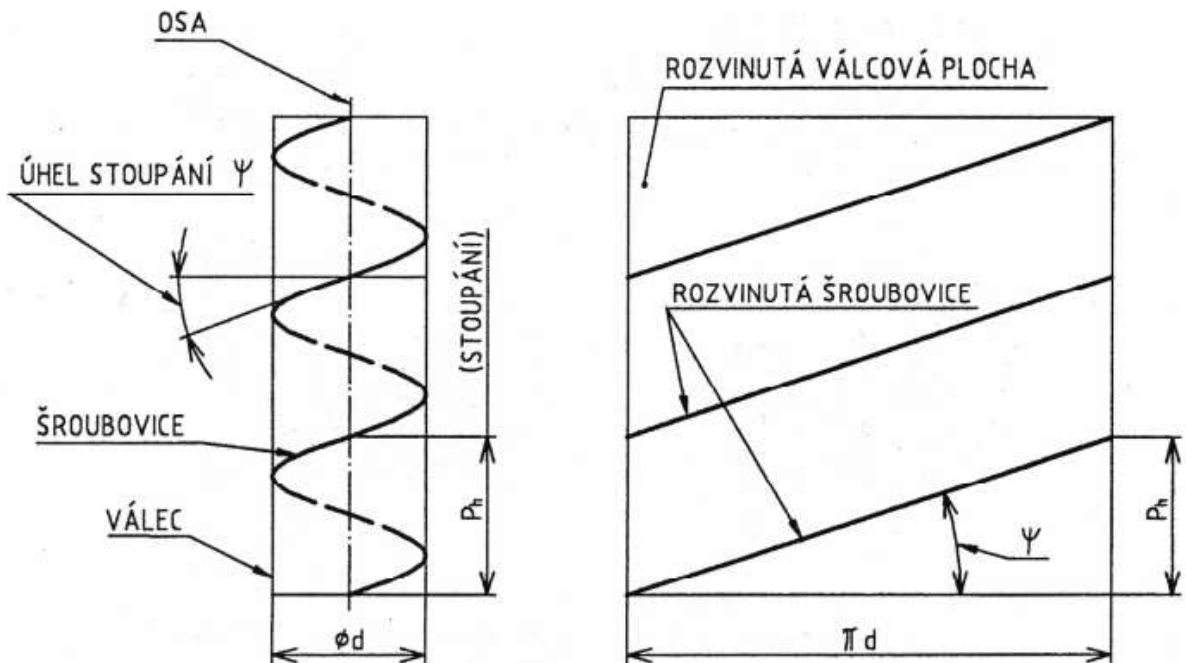
V dnešní době jsou profily závitů vyhovující, proto se klade důraz na technologii výroby a snížení výrobního času a nákladů.

Cílem práce je shrnout potřebné informace o závitech a vytvořit ucelených přehled typů profilu závitu, jejich přesnost a v neposlední řadě metody výroby a jejich shrnutí pro různé aplikace.

V praktické části je řešena úprava, volba materiálu a navržena výroba součástí spotřebního zboží. Návrh výroby vychází z běžných metod třískového obrábění závitů.

1 GEOMETRICKÉ ROZDĚLENÍ ZÁVITŮ

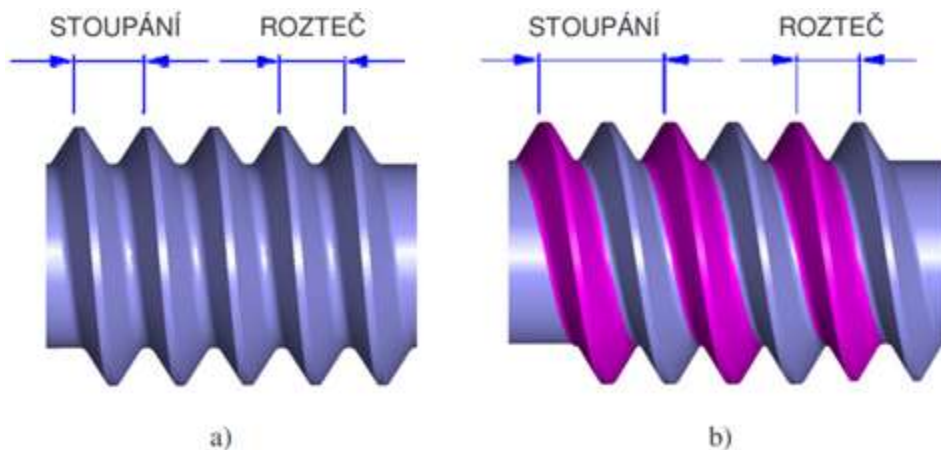
Závít je základním tvarovým prvkem šroubu a matice umožňující jejich spojení. Je geometricky určen závitovou plochou, kterou tvoří profil závitu pohybující se po šroubovici. Rozvinutím pláště nosné válcové plochy šroubovice do roviny se šroubovice změni v přímku, svírající s rovinou kolmou k ose válcové plochy úhel stoupání ψ , kdy tangenta tohoto úhlu je poměr stoupání a obvodu rozvinutého válce. [1]



Obr. 1 Vytvoření pravotočivé šroubovice [1].

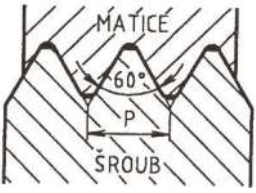
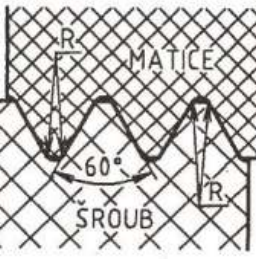
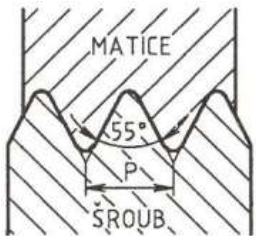
Podle smyslu otáčení tvořícího bodu rozlišujeme závity na levé a pravé, polohy profilu závitu na vnější (šrouby) a vnitřní (matice), počtu závitových ploch na jednochodé a několikachodé, tvaru základního tělesa na válcové a kuželové. [1]

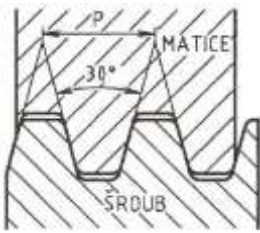
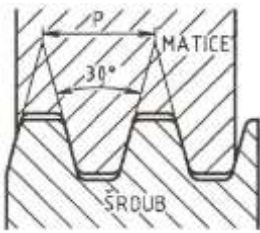
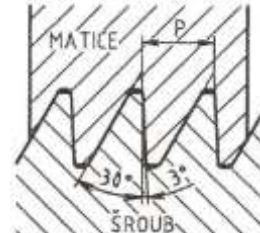
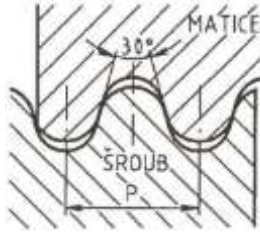
Spojovací závity jsou určené pro spojovací prvky (šrouby, matice) určené k vytváření rozebíratelných spojů různých součástí. Pohybové závity převádí rotační pohyb na posuvný a obráceně. Tyto závity mívají větší úhel stoupání a větší počet chodů. [1]



Obr. 2 Druhy závitů podle počtu chodů a) jednochodý b) dvochodý. [1]

Dalším důležitým parametrem závitu je tvar profilu šroubové plochy. Nejčastěji používaný profil u spojovacích závitů je trojúhelník a u pohybových závitů čtyřúhelník, ale lze se u specifických závitů setkat i s jinými tvary. Vybrané tvary profilů spojovacích a pohybových závitů, jejich využití a značení jsou shrnuty v následující tabulce.

Závit	Tvar profilu	Použití	Číselně se označuje rozměr	Příklad
Metrický s hrubou roztečí		Běžná spojení, šrouby, matice	Velký průměr závitu v mm	M20
Metrický s jemnou roztečí		Spojení s požadovanou větší samosvorností, závity ve slitinách lehkých kovů	Velký průměr závitu a rozteč	M20x1
Metrický pro jemnou mechaniku a optiku		V případech, že běžné metrické závity nemohou vyhovět funkcím a konstrukčním požadavkům	Velký průměr závitu a rozteč	M25x0,5
Unifikovaný palcový hrubé, jemné a zvláště jemné řady		Běžná spojení, šrouby, matice, bližší specifikace podle použité řady	Velký průměr závitu v palcích a rozteč	1/4-28 UNF
Metrický pro součásti z plastů		Pro součásti z plastů, spojovaných s plastovými a kovovými součástmi	Velký průměr závitu a rozteč	M24 M24x1
Whitworthův		Opravy starších strojů, zakázky pro anglosazské země, závit upevňovacích bezpečnostních pásů v automobilech	Velký průměr závitu v palcích	W7/16
Trubkový válcový		Spojování trubek, tvarovek a asmatů, obvykle vnitřní závit	Světlost trubky v palcích	G2
Trubkový kuželový vnější		Spojování trubek, tvarovek a armatur		R11/2

Lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý		Pohybové šrouby a matice	Velký průměr závitu a rozteč	Tr20x4
Lichoběžníkový rovnoramenný vícechodý		Pohybové šrouby a matice se zvýšenou samosvorností a vyšší únosností	Velký průměr závitu, stoupání a v závorce P s číselnou hodnotou rozteče závitu	Tr20x8 (P4)
Lichoběžníkový nerovnoramenný		Pohybové šrouby a matice s rozdílným zatížením ve směru osy	Velký průměr závitu a rozteč	S20x4
Oblý		Pohybový závit malých průměrů a závit litinových šroubů	Velký průměr závitu v mm	Rd40

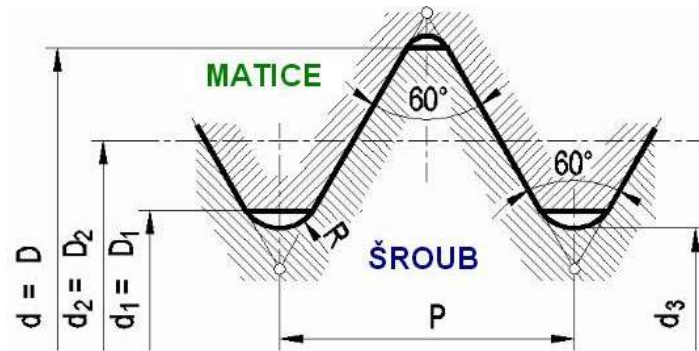
Tab. 1 Vybrané spojovací a pohybové závity pro všeobecné použití [1]

2 VÝROBA ZÁVITŮ

Výroba závitů v dnešní době není nějak zvlášť složitá. Využití CNC strojů a přesných nástrojů zkrátilo proces výroby a zvýšení přesnosti závitů. Výroba a rozměry závitů jsou normalizovány, aby vnější a vnitřní závity navzájem lícovaly, proto se pro výrobu závitů využívají a vyvíjí různé technologické postupy.

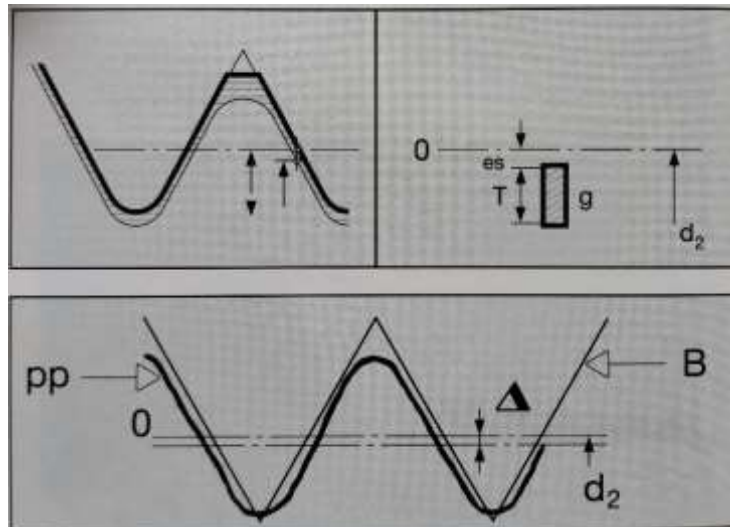
2.1 Přesnost závitů

Teoretický profil závitů je myšlený geometrický rovinný obrazec lišící se od jmenovitého profilu závitů. Jmenovitý profil vzniká zaoblením a zkosením hran teoretického profilu, který není pro vnitřní a vnější závit shodný, na rozdíl od profilu teoretického. [2]



Obr. 3 Rozdíl jmenovitého profilu matice a šroubu metrického závitů. [3]

Označení stupně přesnosti tvoří kombinace velikosti tolerančního pole (T) a jeho polohy od nulové čáry (0), tj. odchylky (es). Pro různé druhy závitů jsou doporučeny vhodné většinou normalizované tolerance. Každý závit má základní profil (B) odpovídající teoretickému tvaru závitů, ale při výrobě dochází ke vzniku úchylek (Δ), čímž vzniká skutečný profil (pp). Tyto úchylky lze vypočítat nebo zjistit v tabulkách normalizovaných tolerancí. [4]

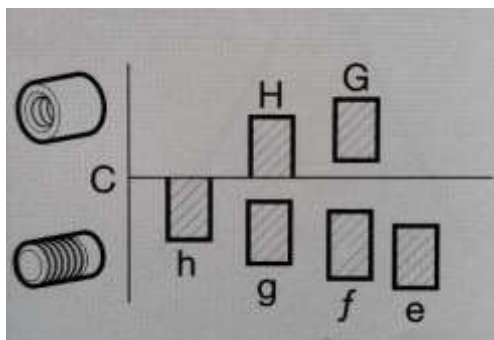


Obr. 3 Stupeň přesnosti závitů: velikost tolerančního pole a jeho poloha od nulové čáry [4]

2.1.1 Tolerance metrických závitů

Metrické závity mají základní profil trojúhelníku s vrcholovým úhlem 60° shodný pro vnější i vnitřní závit, ale jejich tolerance se liší. Vrchol tohoto závitu není ostrý, ale zaoblený z důvodu zamezení ostrých hran. Tolerance jsou stanoveny pro střední průměr závitu, od kterého se odvíjí tolerance ostatních prvků závitu nebo také délku styku mezi vnějším a vnitřním závitem. [4]

Vnitřní závity jsou tolerovány ve dvou tolerančních polích (H, G), kdežto vnější závity ve čtyřech (h, g, f, e). Jiná toleranční pole jsou nežádoucí z hlediska funkčnosti. Například u závitu $M30 \times 1,5-6H$ je použita tolerance 6H. U tohoto závitu v kombinaci s tolerancí H/h nevzniká žádná vůle, oproti ostatním kombinacím. [4]



Obr. 4 Toleranční pole vnitřního a vnějšího metrického závitu [4]

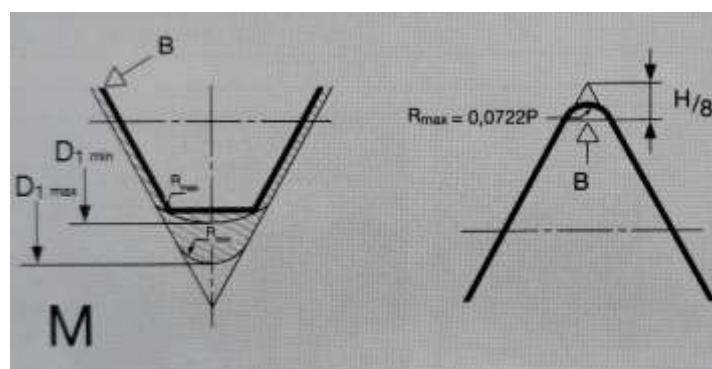
Pro různé průměry závitu je k dispozici celá řada stupňů přesnosti [4]:

- malý průměr závitu $D_1 - 4, 5, 6, 7, 8$
- střední průměr závitu $D_2 - 4, 5, 6, 7, 8$
- velký průměr závitu $d - 4, 6, 8$
- střední průměr závitu $d_2 - 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$

Tyto stupně přesnosti se dělí do 3 skupin v závislosti na požadavcích [4]:

- přesná: 3–5
- střední: 6
- hrubá: 7–9

Tolerují se i velikosti zaoblení dna závitu především u pevnostních šroubů. U šroubů pevnostní třídy 8.8 a vyšší by nemělo být zaoblení dna menší než $0,125 \times p$, u nižších pevnostních tříd může být zaoblení menší. Maximální zaoblení dna $0,144 \times p$. U vnitřních závitů se velikost zaoblení pohybuje v rozmezí $0-0,072 \times p$. [4]



Obr. 5 Zaoblení dna závitu [4]

2.1.2 Tolerance Whitworthových závitů

Whitworthovy závitů se od ostatních závitů liší 55° úhlem profilu a zaoblenými vrcholy. Stoupání se udává v počtu chodů závitů na palec. Vnější závitů mají dva stupně přesnosti, které se dělí na skupina A (přesná) a skupina B (hrubá) mající toleranční pole dvakrát větší, než je tomu u skupiny A. Vnitřní závit se vyrábí pouze v jedné skupině přesnosti, a to skupině přesné. [4]

Nejběžnější z Whitworthových závitů je závit trubkový, využívání k výrobě trubek a trubkových spojení. Rozlišují se závitů pro spoje těsnící (ISO 7/1) a netěsnící na závitech (ISO 228/1). [4]

2.1.3 Kontrola a měření závitů

V určitých případech je nutná kontrola vyrobeného závitů v předepsaných tolerancích, aby lícovál s protikusem. K tomuto účelu se využívají různé metody měření za využití měřících pomůcek nebo zařízení. K těmto metodám patří např. závitové kalibry, třmenové kalibry, závitové trny nebo kalibrové závitové kroužky, pomocí kterých dokážeme zjistit případnou výrobní odchylku závitů. [4]

Dalšími metodami jsou např. optické měřící přístroje, které měří úhel profilu závitů a stoupání s větší přesností, než kalibry. [4]

Známostou metodou měření závitů je třídrátková metoda dle normy ČSN 254108.

2.2 Třískové obrábění závitů

Při třískovém obrábění dochází k oddělování materiálu. K běžným metodám třískového obrábění patří řezání pomocí závitníků a závitových čelistí, soustružení, frézování a broušení. Každá metoda má svou oblast využití, např. v přesnosti tolerančního stupně IT nebo na umístění vyráběného závitů v součásti.

2.2.1 Řezání pomocí závitníků a závitových čelistí

Nejuniverzálnější metoda výroby závitů je právě řezání. Pro ruční výrobu závitů se využívají sadové ruční závitníky složené ze dvou nebo tří kusů a kruhové závitové čelisti pomocí vratidel. Automatové závitové čelisti a strojní závitníky se využívají pro výrobu závitů na soustruzích. Řezání vnitřních závitů se provádí závitníky.[5]



Obr. 6 Sada ručních závitníků a kruhová závitová čelist [6]

2.2.2 Soustružení

Jde o nejběžnější a často nejproduktivnější metodu výroby závitů. Tuto metodu lze využít u většiny profilů vnitřních i vnějších závitů. Tato metoda je vhodná pro všechny soustruhy od univerzálních po CNC automatické stroje.[7]



Obr. 7 Soustružení závitů [7]

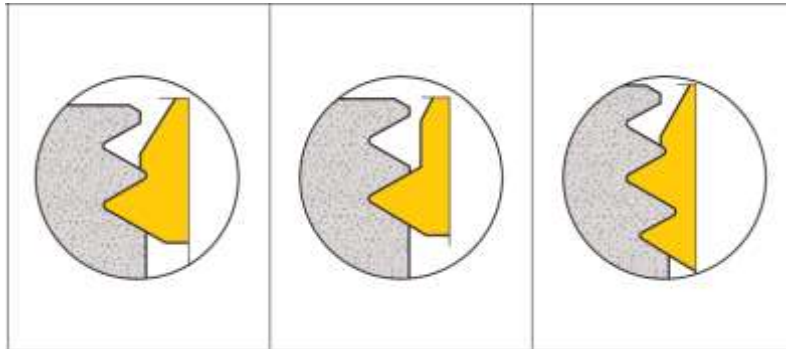
Při řezání závitu se v závislosti na utváření třísky, kvalitě závitu, opotřebení břitové destičky a životnosti nástroje vybírá ze tří metod přísuvu do záběru. Nejčastěji používanou metodou a často také jedinou možnou je radiální posuv do záběru. Tato metoda je vhodná pro závity s jemným stoupáním, jelikož vzniká tuhá tříška ve tvaru V, která se obtížně utváří a dělí. Další metodou je modifikovaný přísuv do záběru. Tato metoda je doporučována díky jednodušší tvorbě třísky, menšímu přenosu tepla do břitové destičky, což prodlužuje životnost nástroje. Poslední metodou je přírůstkový (radiálně boční) posuv do záběru vhodný pro stoupání závitů větší než 5 mm. Způsobuje rovnoměrné opotřebení nástroje, ale vyžaduje speciální programování CNC strojů. [5; 7]



Obr. 8 Metody posuvu do záběru [7]

Pro výrobu závitu lze použít tři hlavní typy destiček v závislosti na technických a ekonomických parametrech. První z nich je břitová destička s plným profilem pro výslednou vysokou kvalitu profilu závitu. Tyto destičky zajišťují dosažení správné hloubky a tvaru dna i vrcholu závitu. Je to vysoce produktivní typ břitové destičky, avšak tyto destičky nejsou univerzální a pro každý profil a stoupání je potřeba použít jinou. Vlivem obrábění vrcholu závitu je zapotřebí zvláštní přídavek na obrobení. Dalším typem jsou destičky s V-profilem. Jejich výhodou je flexibilita v průměru a stoupání závitu se stejným profilem. Hřebíkové

břitové destičky jsou podobné destičkám s plným profilem, avšak mají více než jeden hrot, což způsobuje zvýšení produktivity násobně s počtem hrotů, ale vlivem větší kontaktní délky se zvyšuje řezná síla a je nutno zajistit stabilnější podmínky. [7]



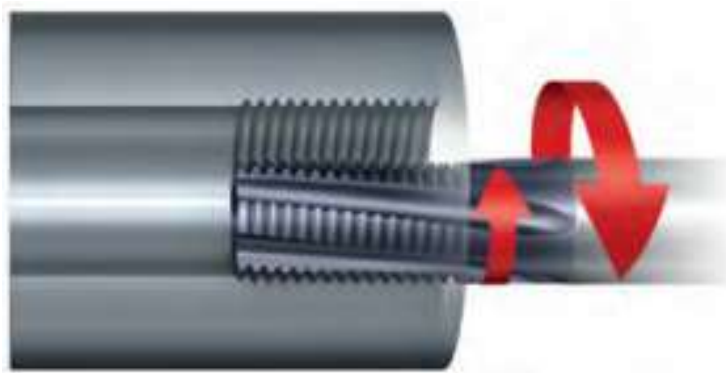
Obr. 9 Profily břitových destiček (zleva plný profil, V-profil, hřebíková VBD) [7]

2.2.3 Frézování

Metoda frézování se provádí pomocí rotačního nástroje pohybujícího se po kruhové sestupné dráze. Na rozdíl od rozšířenější metody soustružení lze v některých případech dosáhnout vyšší produktivity a někdy je výhodnější alternativou k řezání závitů pomocí závitníků. [7]

Frézování je vhodné využít při výrobě závitů u nerotačních součástí, u houževnatých materiálů nebo materiálů s nevhodně tvořící třískou. Touto metodou se velmi dobře vyrábí závit v blízkosti dna díry, a proto není potřeba hlubších děr z důvodu výběhu závitníků. V neposlední řadě se v případě lomu závitorezné frézy lépe nástroj odstraňuje, než je to v případech se závitníky. [7]

K výrobě závitů touto metodou se využívají jednoprofilové závitové kotoučové frézy vykloněné pod úhlem stoupání závitu a hřebenové frézy vhodné k výrobě krátkých závitů. Pro výrobu vnitřních závitů je vhodnější hřebenová fréza, která nepřesahuje dvě třetiny vnitřního průměru závitu. [5; 7]



Obr. 10 Frézování závitu hřebenovou frézou [7]

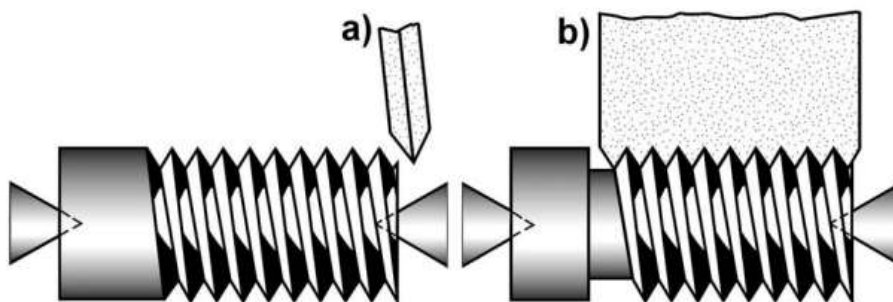
Speciální metodou je okružovací frézování závitů. Rozdíl oproti klasickému frézování spočívá v tom, že břitové destičky jsou uchyceny uvnitř závitorezného prstence. Prstenec se otáčí kolem válcové součásti a závit je vyřezán na jeden průchod nástroje. Tato metoda je využívána pro výrobu dlouhých závitů a speciálních profilů závitů s vysokou rychlostí a přesností. Mezi typické takto obráběné součásti patří kostní šrouby a implantáty, pohybové šrouby nebo šnekové převody. [8]



Obr. 11 Okružovací fréza [8]

2.2.4 Broušení

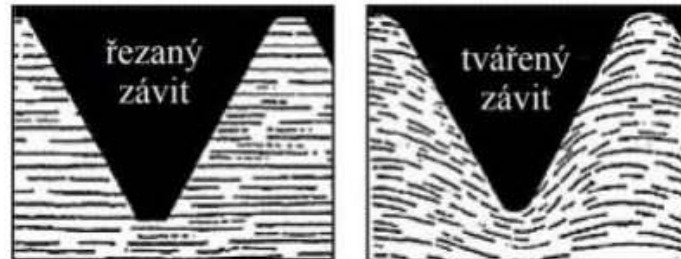
Broušení závitů se využívá při výrobě přesných šroubů, kde se klade vyšší důraz na parametry drsnosti profilu, profil a stoupání profilu. Profily brusných kotoučů jsou podobné jako u frézování, a to jednodílný a hřebenový brusný kotouč. Broušení se nejčastěji provádí na speciálních závitových bruskách. Jednodílný brusný kotouč je při broušení vykloněn o úhel stoupání závitu a nastaven na plnou hloubku závitu. Tato metoda je vhodná pro závity nejvyšší přesnosti používané např. u závitových nástrojů nebo měřidel. Hřebenové kotouče mají po obvodu negativní profil závitu a otáčí se rovnoběžně s osou závitu. Broušení vnitřních závitů se provádí podobně jako u vnějších závitů. Tyto nepřesnější závity jsou určeny do měřidel a dají se vyrábět od průměru 25 mm. [5]



Obr. 12 Broušení vnějších závitů [12]
a) jednodílný kotouč, b) hřebenový kotouč

2.3 Tváření závitů

Tváření závitů je beztržková metoda výroby závitu. Hlavní výhodou tvářeného závitu je jeho lepší jakost a vyšší pevnost. Vlivem tváření dochází k deformačnímu zpevnění a nejsou přerušována vlákna materiálu v profilu závitu. [10]



Obr. 13 Průběh vláken v závitu [9]

Technologie tváření závitů není vhodná pro všechny materiály. Hlavním požadavkem je dobrá tvárnost a tažnost za studena nejméně 10 %. Tyto vlastnosti má více než polovina průmyslově využívaných materiálů jako např. slitiny hliníku, měkké mosazi a oceli s mezí pevnosti do 500 MPa. Proto nejsou vhodné pro tváření vysokopevnostních ocelí a litin. [10]

Tváření vnitřních závitů vzniká pomocí tvářecích závitníků. Při náběhu tvářecího závitníku vzniká třením teplo, materiál měkne a zatéká mezi zoubky profilu tvářecího závitníku. Při tomto procesu vznikají charakteristické neúplně utvářené vrcholy závitu nemající vliv na funkčnost a pevnost závitu, ale za to nižší drsnost povrchu než u řezaných závitů. Nevznikající třísky jsou výhodou u dřev se špatným odvodem třísky nebo u materiálů s nevhodnou tvorbou třísky. [10]



Obr. 14 Tvářecí závitník [11]

Pro výrobu vnějších tvářených závitů je válcování. Válcování plochými čelistmi je vhodné zejména pro výrobu běžných spojovacích šroubů v důsledku poměrně vysoké rozměrové odchylky. [12]

Válcování pomocí kotoučových čelistí se používá běžněji. Radiálním způsobem vznikají závity mezi čelistmi s negativním profilem vyráběného závitu. Takto se vyrábějí krátké závity. Pokud je potřeba vyrábět dlouhé závity, využívá se axiální způsob. Tady je závit tvářen mezi třemi volně otočnými kotouči s osou mimoběžnou, skloněnou o úhel stoupání nebo rovnoběžnou k ose polotovaru. [12]



Obr. 15 Axiální způsob válcování závitu

a) hlava s kotoučovými čelistmi, b) sestava stroj - nástroj – součást [12]

Jednu ze speciální metodu tváření vyvinula společnost Emuge–Franken. Jedná se o technologii **Emuge Punch Tap** složenou ze tří procesů. Při prvním procesu dochází ke vstupu nástroje a výrobě drážky. Po té dochází k otočení nástroje o 180° a vytváření závitů a následně výstupu nástroje už vytvořenou drážkou. Vstup a výstup nástroje je prováděn buď spirálovitým pohybem nebo axiálním. Tato metoda zkracuje dobu výroby závitů až o 75 %. [13]



Obr. 16 Nástroj Punch Tap a trasa pohybu nástroje [13; 14]

2.4 Lisování závitů

Normované a obecně šroubové závitů byly navrženy pro kovové součásti. Pro využití závitů u např. u polymerů využití těchto závitů nevhodné z důvodu nízké pevnosti materiálů a tím dochází k častému poškozování závitů, muselo dojít k určitým modifikacím. Je doporučeno používat co nejhrubší stoupání bez ohledu na velikost. Jelikož třískové obrábění je u polymerů často náročné, jako nejlepší volbou se jeví lisování závitů. Tato metoda je poměrně nákladná z důvodu výroby lisovacích forem, avšak v hromadné výrobě se uplatňuje jako nejvíce vhodná. [15]



Obr. 17 Závit plastové lahve [16]

3 VÝBĚR A ZPRACOVÁNÍ SOUČÁSTI SE ZÁVITEM

Tyčové bójky se používají při sportovním rybolovu za účelem označení lovného místa. Skládá se ze závaží a několika plovoucích tyčí šroubovatelných do sebe pro možnost volby délky v závislosti na hloubce vody. Spojení je zajištěno závity M14 základní řady. Každá tyč má z obou stran vyřezán závit a v jedné ze stran je napevno zašroubovaný šroub sloužící ke spojení s další tyčí.



Obr. 18 Tyčová bójka a samotný šroub

3.1 Úprava a návrh konstrukčního řešení

Šroub je jednoduchého tvaru s běžným náběhem, což způsobuje při ztížených manipulačních podmínkách náročné šroubování. Proto bylo navrženo vytvoření vodící plochy sloužící k jednoduššímu navedení šroubu do závitu druhé tyče.

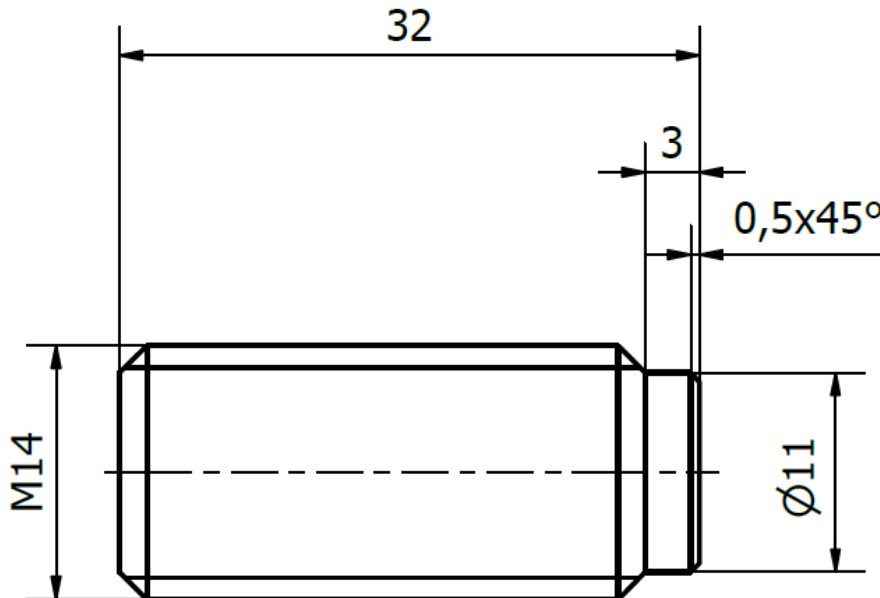


Obr. 19 Úprava šroubu

Jelikož je nutné, aby tyče plavaly, bylo potřeba zvolit vhodný materiál. Polymery jsou jednou z možností, ale musí se zde brát v úvahu možnost mechanického poškození vlivem transportu nebo manipulace. Proto jako materiál byla zvolena slitina hliníku. Z hlediska obrobitelnosti by bylo vhodné použít např. slitinu AlCuMgPb (EN AW 2007), ale tato slitina hliníku má malou odolnost vůči korozi, tudíž muselo být přistoupeno ke kompromisu mezi obrobitelností a korozivzdorností, proto byla vybrána slitina AlMgSi0,5 (EN AW 6060).

4 NÁVRH VÝROBY A SROVNÁNÍ

Při návrhu technologie výroby součásti se klade důraz na nákladovost. Ta závisí na mnoha parametrech. Mezi nejdůležitější parametry patří počet kusů, jestli se jedná o kusovou, sériovou nebo hromadnou výrobu, kvalitu zpracovaného povrchu a také samotné konstrukční provedení.



Obr. 21 Rozměry obrobku

Parametry výrobku, počet kusů, polotovaru:

- Délka 32 mm
- Závit M14
- Materiál EN AW 6060
- Série cca 300 ks

Ze zadaných parametrů se jeví jako nejlepší metodou výroby třískové obrábění. Řezání závitu pomocí závitových čelistí je vhodnou metodou, ale ne tak produktivní. Součást je rotačního tvaru, tudíž je vhodná pro obrábění soustružením nejlépe na CNC stroji k minimalizaci prostojů, což vede ke snížení nákladů.

4.1 Výběr polotovaru

Vzhledem k rozměru a funkčnosti nejsou kladeny na závit nějaké zvláštní požadavky, proto při výběru polotovaru bylo uvažováno i nad zvolením vhodného průměru tyče, ze které se bude zhotovovat. Aby se zkrátil strojní čas a zároveň ušetřilo množství odpadního materiálu, byl zvolen polotovar z kruhové tyče o průměru 14 mm a délce 750 mm.

4.2 Volba stroje a nástrojů

Pro výrobu takto nenáročných součástí není zapotřebí vysoce výkonných soustruhů nebo víceúčelových strojů. Proto bylo navrženo využití CNC soustruhu SE 520 Numeric s revolverovou hlavou a možností využití procesní kapaliny od firmy Trens s využitím řídicího systému Heidenhain.



Obr. 22 CNC soustruh Trens SE 520 Numeric [17]

Základní parametry soustruhu:

- Výkon: 11 kW
- Maximální otáčky: 2600 min⁻¹

Stroj je díky svým kompaktním rozměrům vhodný ke kusové i sériové výrobě. Najde své uplatnění nejen v menších firmách či dílnách. Kromě automatického řídicího systému jej lze využít jako univerzální soustruh v manuálním režimu.

Výroba dané součásti bude vyžadovat různé operace a nástroje dělených do tří kategorií:

- **Soustružení čela**, vodící plochy a sražení hrany
- **Soustružení závitu** se provede na 6 průchodů
- **Upichování** a srážení hrany v místě úpichu

Volba konkrétních nástrojů je provedena dle dispozic kovoobráběcí firmy nebo v případě nákupu nových nástrojů dle doporučení dodavatele.

4.3 Simulace výroby

Systém Heidenhain umožňuje intuitivní vytváření programů přímo na stroji. Stanovením rezných podmínek a vytvoření programu lze jednoduše zjistit dobu strojního času.

Řezné podmínky:

- Soustružení vnějších ploch: $v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, $f = 0,1 \text{ mm}$
- Zapichování: $v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, $f = 0,07 \text{ mm}$
- Soustružení závitu: $\text{nap} = 6$, $n = 800 \text{ min}^{-1}$

Program pro výrobu součásti v řídicím systému Heidenhein:

- N1 TO polotovar tyc/trubka
- N2 T202 Polohovani rychloposuvem
- N3 M funkce M8
- N4 T202 Pric. lin. obrys. obrab.
- N5 T202 Dokoncovaci podelny rez E
- N6 T202 Polohovani rychloposuvem
- N7 T7303 upich
- N8 T7303 Polohovani rychloposuvem
- N9 T6101 Zavitovy cyklus
- N10 M funkce M9
- N11 T6101 Polohovani rychloposuvem
- N12 T7303 upich
- N13 M funkce M9
- N14 T7303 Polohovani rychloposuvem
- N15 Vreteno-stop M19

4.4 Výrobní časy

Obrobení ploch a sražení hrany, částečné upíchnutí se sražením hrany, soustružením závitu a následné dokončení upichování stroj spočítal 46,2 sekund obráběcího času a 15,2 sekund přesunem rychloposuvy. Po sečtení je celkový výrobní čas 61,4 sekund.



Obr. 23 Časy obrábění

Strojní čas potřebný pro výrobu původní součásti lze zjistit jednoduchou úpravou programu. V tomto případě vychází obráběcí čas 43,4 sekund a 15,3 sekund přesunem rychloposuvy, celkový čas je tedy 58,7 sekund.

Porovnáním obou časů zjistíme, že navrhnoutou úpravou dojde k nárůstu strojního času o 2,7 sekund, což přináší přibližně o 4,6 % vyšší náklady.

ZÁVĚR

Úvod práce je zaměřen na přiblížení problematiky závitů. Je zde shrnut princip vzniku závitů, jejich geometrické rozdělení, značení a obecné využití.

V další kapitole se pojednává o výrobě závitů. Tolerance závitů jsou pro jednotlivé případy rozdílné, což určuje využití rozdílných metod výroby.

Cílem praktické části práce bylo navrhnout výrobního postupu součásti se závitem. Pro tento účel byla navržena úprava tvaru a materiálu šroubu M14 tyčové bójky a následné navržení výrobního postupu. Uživatelsky přívětivější bylo vytvoření vodící plochy. Následně byl zvolen vhodný materiál.

Vzhledem k zadaným parametrům, tvaru součásti a velikosti série bylo zvoleno třískové obrábění na CNC stroji s následným návrhem výrobního programu a porovnání strojních časů. Výrobní čas upravené součásti o 2,7 sekund, což představuje přibližně 4,6% nárůst ceny, avšak vzhledem k nákladům na materiál a nákladům obsluhy stroje je tento nárůst zanedbatelný.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. JUŘÍČEK, Ludvík a Radoslav JEŽ. *Základy strojnictví a části strojů I.* (2. část). Brno: Univerzita obrany, 2010. ISBN 978-80-7231-715-8.
2. POSPÍŠIL, František. *Závity, šrouby, matice a příslušenství.* Praha: SNTL, 1975, 574 s.
3. KUDELA, Miroslav. SANDVIK COROMANT (FIRMA). *Příručka obrábění: kniha pro praxi.* Praha: Scientia, 1997, 1 sv. (různé stránkování) : il. ISBN 91-972299-4-6.
4. Schéma metrického závitu. In: *Elektronická učebnice* [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1432>
5. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění.* Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 270 s. : il., tabulky, grafy, schémata. ISBN 80-214-3068-0.
6. *Národní NÁKOL s.r.o.: Závitořezné nástroje - závitořezy* [online]. 2023 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.nakol.cz/zavitorezne-nastroje---zavitorezy>
7. SANDVIK COROMANT AB. *Výroba závitů: Soustružení a frézování závitů* [online]. [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://coromantstrgprod.blob.core.windows.net/publications/388dc132-aa6a-43e9-8b54-07ce9f1b885e.pdf?sv=2021-08-06&st=2023-05-22T08%3A06%3A43Z&se=2023-05-22T11%3A11%3A43Z&sr=b&sp=r&rscd=inline%3B+filename%3DC-2920-031.pdf&rsct=application%2Fpdf&sig=TCh4aIK%2BoiJRZh25hHbXFuMtuOn1YAzSpxcVDhLXwss%3D>
8. Okružovací frézování závitů. *Sandvik Coromant – výroba nástrojů a nabídka řešení pro obrábění* [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/threading/thread-whirling>
9. *Přednáška - Pohybové a spojovací šrouby* [online]. Ústav konstruování [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://moodle-archiv-2019-2020.ro.vutbr.cz/pluginfile.php/249311/mod_resource/content/3/5KS_Prednaska5_nahled.pdf
10. Výroba vnitřních závitů tvářením. *MM Průmyslové spektrum* [online]. MM publishing, 2001, **2001**(4) [cit. 2023-05-26]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-vnitrnich-zavitu-tvarenim>
11. Závitník strojní. In: *Vtool.cz* [online]. Vtools, 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://vtools.cz/zavitniky-tvareci/24101-tvareci-zavitnik-hsse-d371c-tin-m5-format-4317784201544.html?gclid=CjwKCAjwscGjBhAXEiwAswQqNExvQVUQnMF5KNcIbM7r4fTN1TqXGPtuqDaZsIOJiHSxQPOwvIMr1hoCm3EQAvD_BwE
12. HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část* [online]. Brno, 2004, 95 s. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-2cast.pdf. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně.
13. EMUGE Punch Tap - Technology. In: *EMUGE-FRANKEN* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://www.emuge-franken-group.com/de/en/technology/a/punch_tap_technologie
14. EMUGE Punch Tap. In: *EMUGE-FRANKEN* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://www.emuge-franken-group.com/de/en/emuge-punchtap/a/punch_tap_default
15. Molded Threads and How to Design Them. *Protolabs* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.protolabs.com/resources/design-tips/molded-threads-and-how-to-design-them/>

16. Plastová lahvička 10 ml čirá. *Briskvd* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.briskvd.cz/cz/produkty/plasty/lahvicky-pet/lahvicky-pet-se-zavitem-g-18x3/vyroba-plastova-lahvicka-10ml-cira-zavit-g18x3>
17. *CNC soustruh Trens SE 520 numeric* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://dvt-spb.ru/products/trens-se-520-numeric>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
f	posuv na otáčku	[mm]
n	otáčky	[min ⁻¹]
nap	počet průchodů	[-]
p	rozteč	[mm]
v _c	řezná rychlost	[m/min]

Zkratky

Označení	Legenda
CNC	Computer Numerical Control (číslicové řízení pomocí počítače)
ISO	International Organization for Standardization