

# Porovnání výroby vnitřních závitů

Marek Ježík

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Ježík**  
Osobní číslo: **T11243**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Porovnání výroby vnitřních závitů**

Zásady pro vypracování:

- 1. Druhy závitů a jejich použití**
- 2. Metody výroby závitů**
- 3. Nástroje pro výrobu závitů**
- 4. Měření a kontrola závitů**
- 5. Provedení zkoušek řezání závitů a jejich vyhodnocení**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

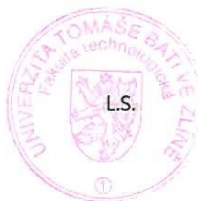
Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího bakalářské práce**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Hrdina**  
Ústav výrobního inženýrství  
Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně ..... 14.5.2014

.....  


<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním výroby vnitřních závitů, při použití tří různých druhů závitníků. Cílem této práce je seznámit čtenáře s jednotlivými druhy závitů, způsoby jejich výroby a také nástroji, kterými je možné závity vyrábět. Dále jsou popsány způsoby kontroly a měření závitů. V praktické části je uveden postup výroby vnitřních závitů, jejich kontrola kalibrem, strojní časy při řezání a porovnání jejich profilů.

Klíčová slova: Vnitřní závity, řezání závitu, kontrola závitu, porovnání výroby vnitřních závitů.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with a comparison of a production of an internal threads while using three different types of taps. The aim of this thesis is to acquaint the reader with different types of threads, ways of thread production and also with tools that do them. Furthermore there are described methods of measurement and checking of threads. In the practical part there is presented a process of internal threads production, their checking with caliber, machining times while cutting and comparison of their profiles.

Keywords: Internal threads, thread cutting, thread checking, comparison of a production of an internal threads .

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Hrdinovi, zaměstnanci Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ROZDĚLENÍ A DRUHY ZÁVITŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 ROZDĚLENÍ ZÁVITŮ .....	12
1.1.1 Podle smyslu vinutí .....	12
1.1.2 Podle počtu závitů .....	12
1.1.3 Podle tvaru profilu.....	13
1.1.4 Podle navinutí.....	13
1.2 DRUHY ZÁVITŮ .....	13
1.2.1 Metrický závit .....	13
1.2.2 Whitworthův závit.....	14
1.2.3 Trubkový závit .....	14
1.2.4 Oblý závit .....	15
1.2.5 Edisonův závit.....	15
1.2.6 Lichoběžníkový závit rovnoramenný.....	16
1.2.7 Lichoběžníkový závit nerovnoramenný .....	16
<b>2 METODY VÝROBY ZÁVITŮ</b> .....	<b>17</b>
2.1 ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ NA SOUSTRUHU .....	17
2.2 FRÉZOVÁNÍ ZÁVITŮ .....	18
2.2.1 Frézování vnitřních závitů.....	20
2.2.1.1 Pohyb podél tangenciální křivky .....	21
2.2.1.2 Radiální princip pohybu.....	22
2.2.2 Frézování vnějších závitů.....	23
2.2.2.1 Pohyb podél tangenciální křivky .....	23
2.2.2.2 Radiální pohyb .....	24
2.2.2.3 Pohyb podél tangenciální přímky .....	24
2.3 RUČNÍ A STROJNÍ ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ ZÁVITNÍKEM A ZÁVITOVÝMI ČELISTMI.....	25
2.3.1 Výroba vnitřních závitů závitníkem.....	25
2.3.2 Výroba vnějších závitů závitovými čelistmi. ....	26
2.4 BROUŠENÍ ZÁVITŮ .....	27
2.5 LAPOVÁNÍ .....	29
2.6 VÝROBA ZÁVITU TVÁŘENÍM .....	29
2.7 ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ ZÁVITŮ .....	32
<b>3 NÁSTROJE PRO VÝROBU ZÁVITŮ</b> .....	<b>34</b>
3.1 NÁSTROJE PRO SOUSTRUŽENÍ ZÁVITŮ .....	34
3.1.1 Jednoprofilové nože .....	34
3.1.2 Hřebenové nože.....	35
3.1.3 Kotoučové nože.....	35
3.2 NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ ZÁVITŮ .....	36
3.2.1 Hřebenové frézy .....	36
3.2.2 Kotoučové frézy .....	37
3.2.3 Stopkové s VBD.....	37
3.2.4 Okružovací frézy .....	38



3.3	ZÁVITNÍKY .....	39
3.4	ZÁVITOVÉ ČELISTI.....	41
3.5	ZÁVITOVÉ HLAVY .....	42
<b>4</b>	<b>MĚŘENÍ A KONTROLA ZÁVITŮ .....</b>	<b>43</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>POSTUP VÝROBY ZÁVITŮ .....</b>	<b>48</b>
5.1	PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍHO MATERIÁLU .....	48
5.1.1	Volba materiálu .....	48
5.1.2	Příprava materiálu .....	49
5.2	VYVRTÁNÍ DĚR.....	50
5.3	ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ .....	53
5.3.1	Zkušební nástroje .....	54
5.3.2	Závitořezná bezpečnostní hlava Zhb 21 .....	55
<b>6</b>	<b>VYHODNOCENÍ PROVEDENÉHO EXPERIMENTU .....</b>	<b>59</b>
6.1	KONTROLA KALIBREM.....	59
6.1.1	Kontrola profilu závitu .....	61
6.2	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	62
6.2.1	Porovnání výrobních časů .....	62
6.2.2	Porovnání cen závitníků .....	64
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>77</b>

## ÚVOD

V dnešní době jsou závity a šroubové spoje jsou neodmyslitelnou součástí strojní výroby. Jelikož šroubové spoje jsou rozebíratelné, tak je tím zajištěna snadná vyměnitelnost součástí při poškození, nebo opotřebení, či jinému důvodu výměny a pro svou snadnou montáž a demontáž je to jedna z nejpoužívanějších technologií při výrobě montovaných celků. Většina těchto prvků je normalizovaná a tím je zajištěna univerzálnost jejich použití.

Závit je tvořen různými profily, které jsou spirálovitě navinuty na válcovitý tvar tělesa a různé tvary profilů všestranné použití (šrouby pohybové, spojovací atd.).

Většina závitů se ve strojírenské výrobě vyrábí třískovým obráběním, ale dá se vyrábět také tvářením závitu, nebo elektroerozivním obráběním. Technologie výroby závitu třískovým obráběním nám nabízí velké spektrum možností výroby od ručního řezání až po strojní obrábění na konvenčních strojích, nebo na moderních CNC obráběcích centrech.

Cílem této práce je seznámení se s různými typy závitů, se zaměřením se spíše na vnitřní závity, možnostmi jejich výroby a také na nástroje, kterými je můžeme vyrobit a také jak se provádí jejich kontrola.

Dále porovnání výroby vnitřních závitů pomocí kalibru na vnitřní závity, kontroly profilů závitů mikroskopem a ekonomickým zhodnocením, vyrobenými různými typy závitníků (ruční sadové závitníky, strojní závitník s přímou drážkou a lamačem a strojní závitník ve šroubovici).

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

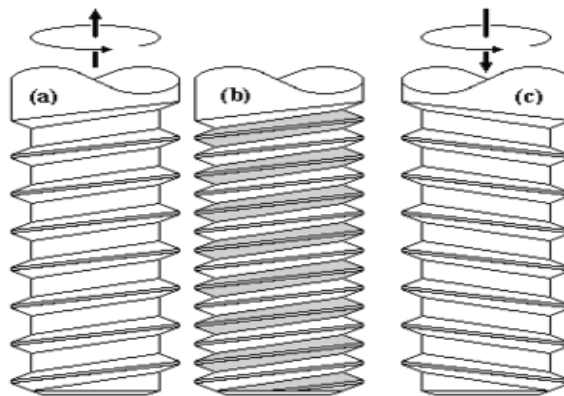
# 1 ROZDĚLENÍ A DRUHY ZÁVITŮ

Závity se dělí podle smyslu vinutí (Obr. 1), podle počtu závitů (Obr. 2), podle tvaru profilu (Obr. 3) a podle navinutí.

## 1.1 Rozdělení závitů

### 1.1.1 Podle smyslu vinutí

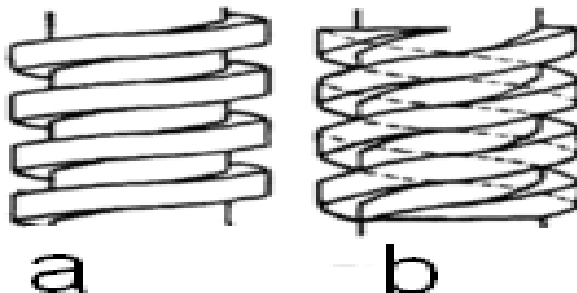
- a) Pravý (Pravotočivý)
- b) Vícechodý
- c) Levý (Levotočivý) [1]



Obr. 1. Rozdělení podle smyslu vinutí. [1]

### 1.1.2 Podle počtu závitů

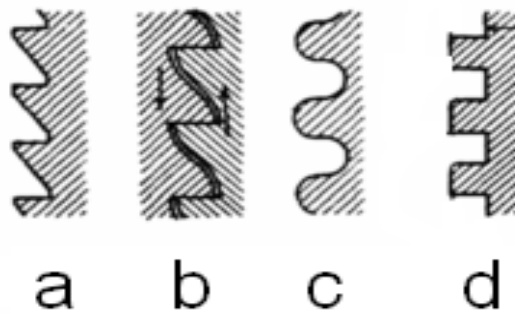
- a) Jednochodý
- b) Vícechodý[1]



Obr. 2. Rozdělení podle počtu závitů. [1]

### 1.1.3 Podle tvaru profilu

- a) Trojúhelníkové
- b) Lichoběžníkové
- c) Oblé
- d) Čtvercové[1]



Obr. 3. Rozdělení podle tvaru profilu.[1]

### 1.1.4 Podle navinutí

- a) Vnitřní (matice)
- b) Vnější (šroub)[1]

## 1.2 Druhy závitů

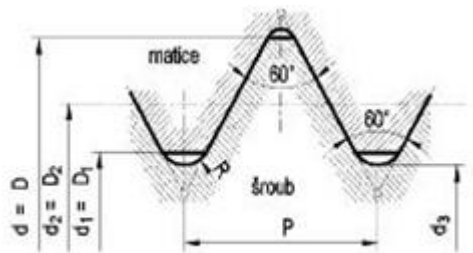
Druhy závitů se dělí podle tvaru profilu závitů.

### 1.2.1 Metrický závit

Je to nejpoužívanější závit, jeho profil je rovnostranný trojúhelník (Obr. 4). Je rozdělen na 2 druhy (Tab. 1).

Tab. 1. Rozdělení Metrického závitu. [2]

<b>S hrubou roztečí:</b> používá se nejen u běžných druhů matic a šroubů, ale i u hřídelí, klik, atd...	<b>S jemnou roztečí:</b> používá se u matic s velkým průměrem, tenkostěnných součástí, slitin lehkých kovů, když je požadována větší samosvornost spoje.
<b>Označení:</b> Md=>M10	<b>Označení:</b> Md x P =>M10x2

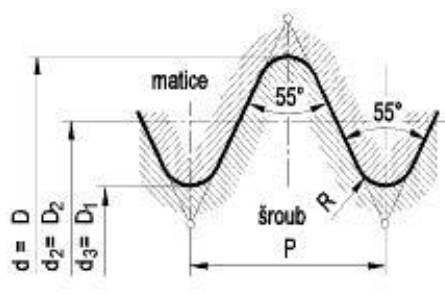


Obr. 4. Metrický závit.[2]

### 1.2.2 Whitworthův závit

Tenhle typ závitu se už nepoužívá, používá se pouze při opravách tohoto typu závitu (Obr. 5).

**Označení:** Wd(v palcích)=>W ½[2]



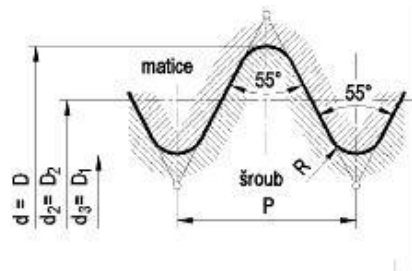
Obr. 5. Whitworthův závit.[2]

### 1.2.3 Trubkový závit

Používá se při spojování, potrubí, armatur, atd... (Obr. 6).

**Označení:** G (svělost potrubí v palcích) =>G ½ (Trubkový závit válcový)

**KG** (svělost potrubí v palcích) =>**KG** ½ (Trubkový závit kuželový)[2]

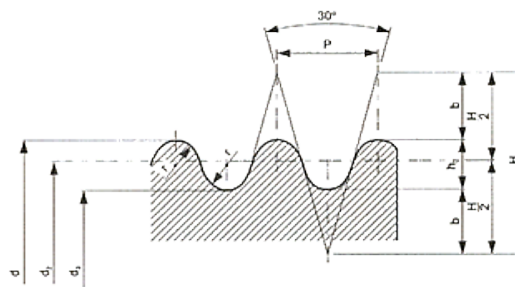


Obr. 6. Trubkový závit.[2]

### 1.2.4 Oblý závit

Používá se ke spojování šoupátek, velkých ventilů a u šroubů železničních vozů, závit litinových šroubů (Obr. 7).

Označení:  $Rd\ d\ (\text{mm}) \Rightarrow Rd\ 10$ [2]



Obr. 7. Oblý závit. [2]

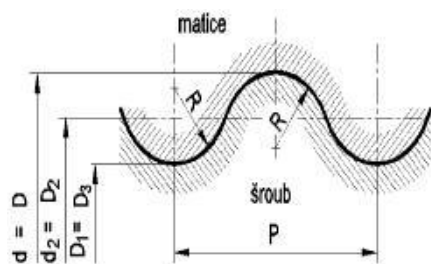
### 1.2.5 Edisonův závit

Používá se pro patice žárovek (Obr. 8).

Označení:  $E\ d\ (\text{v mm}) \Rightarrow E\ 10$  (v ručních svítilnách)

$E\ 27$  standardní velikost (žárovky)

$E\ 33$  (pouliční osvětlení)[2]



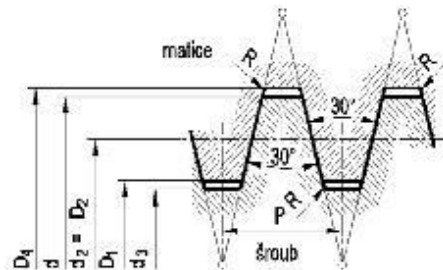
Obr. 8. Edisonův závit.[2]

### 1.2.6 Lichoběžníkový závit rovníramenný

Dělí se na dva druhy (Tab. 2), (Obr. 9)

Tab. 2. Dělení lichoběžníkového závitu rovníramenného.[2]

<p><b>Jednochodý:</b> používá se pro pohyblivé šrouby. (zkušební trhací stroje, zdvihadla, vřetenové lisy)</p> <p><b>Označení:</b> Tr d x P (v mm) =&gt;Tr 10x8</p>	<p><b>Vícechodý:</b> používá se pro pohyblivé šrouby s vyšší únosností a zvýšenou samosvorností.</p> <p><b>Označení:</b> Tr d x (stoupání)(P), (mm) =&gt;Tr 10x12(8)</p>
---	--

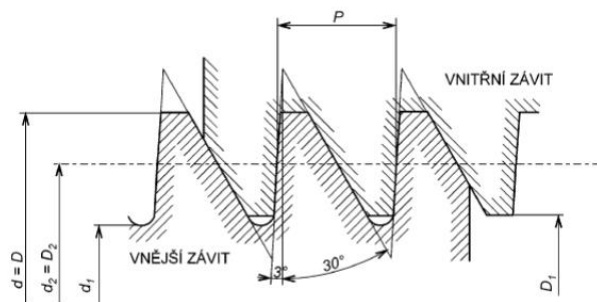


Obr. 9. Lichoběžníkový závit  
Rovníramenný. [2]

### 1.2.7 Lichoběžníkový závit nerovníramenný

Používá se pro pohybové spoje s rozdílným zatížením ve směru osy (Obr. 10).

**Označení:** Sd x P (v mm) =>S10x12[2]



Obr. 10. Lichoběžníkový  
závit nerovníramenný.[2]



## 2 METODY VÝROBY ZÁVITŮ

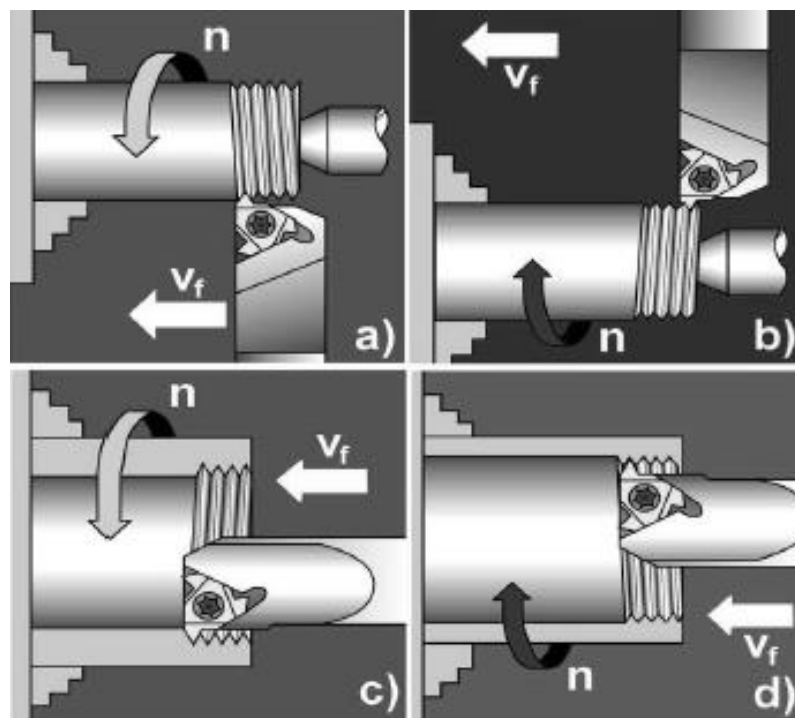
Závity, lze vytvářet třískovým obráběním (ručním, strojním), nebo tvářením.

### 2.1 Řezání závitů na soustruhu

Soustružení závitů se provádí na automatických, poloautomatických, revolverových, univerzálních a speciálních soustružnických strojích.

Na soustruhu se vyrábí závity na závitnicích, závitových kalibrech a na pohybových šroubech. Obrobek se otáčí řeznou rychlostí a nástroj se posouvá o jedno stoupání závitu na otáčku. Po přejetí celé délky obrobku, se nástroj vrátí zpět na počátek a celý proces se opakuje (Obr. 11). Závit je vytvořen vícenásobným přejetím nástroje po obrobku.

Rychlost posuvu je nejdůležitějším faktorem při soustružení závitů a musí být v souladu se stoupáním závitu. Tohoto souladu lze dosáhnout vodícím šroubem, vačkou, číslicovým řízením, nebo programem u CNC strojů.[3]



Obr. 11. Soustružení závitů.

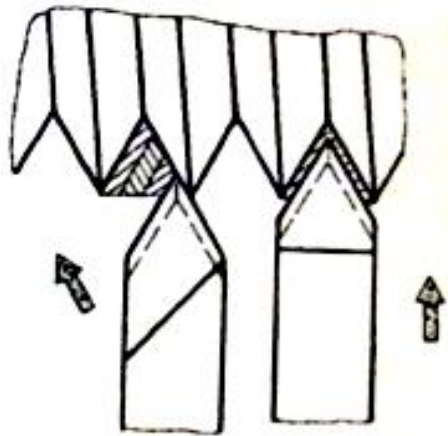
( a - vnější pravý závit, b- vnější levý závit,

c- vnitřní pravý závit, d- vnitřní levý závit)[3]

Tvar profilu závitu je závislý na geometrii špičky bříty nástroje.

Ostrý tvar profilu závitu činí špičku nástroje zranitelnou vůči silám působícím na břit.

Záběr třísky se může provádět rovnoběžně s bokem závitu (používá se pro hrubování, při záběru další třísky se nástroj přestavuje ve dvou osách, můžeme odebírat větší třísku) nebo zapichovacím způsobem (Obr. 12), (používá se pro dokončování, při záběru další třísky se nástroj přestavuje v jedné ose, můžeme odebírat menší třísku).



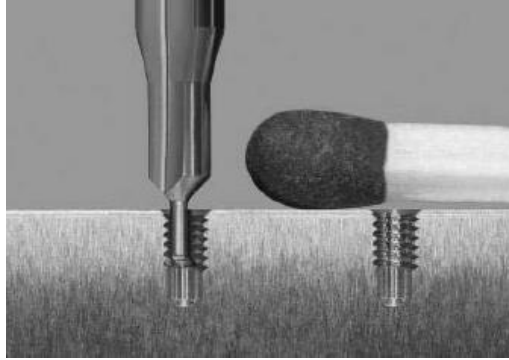
Obr. 12. Způsob záběru třísky.

## 2.2 Frézování závitů

Frézování závitů je velice produktivní metoda výroby závitů, zejména hromadné výrobě. Kvůli velikému rozšíření CNC strojů, zaváděných do velkosériové výroby je frézování závitů velice rozšířenou metodou.

Hlavní řezný pohyb zde je rotační pohyb nástroje, a vedlejší pohyb koná obrobek a to vodorovný k ose nástroje.

Většinou se frézování závitů, používá pro výrobu závitu mimo osu rotace obrobku, pro velké průměry, v neprůchozích otvorech, nebo pro výrobu malých závitů (Obr. 13)



*Obr. 13. Porovnání velikosti frézy  
a hlavičky sirky[4]*

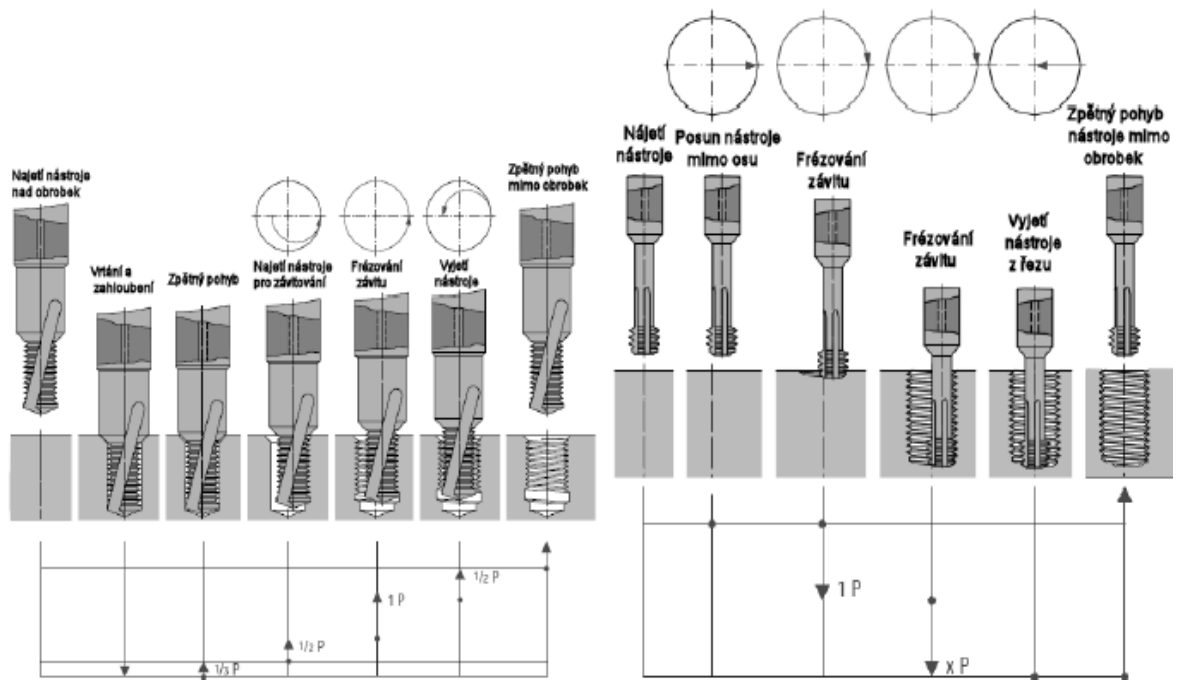
Výroba takhle malých závitů konvenčním způsobem byla téměř nevyrobitelná (hrozilo zalomení závitníku v díře).

Dříve při zadření závitníku a jeho následném zalomení, bylo velice obtížné vyjmout závitník z materiálu, aniž by se nepoškodil závit, ale u frézování závitů daný problém nenastává.

Moderní metody výroby závitů frézováním na CNC frézkách, nebo CNC obráběcích centrech, kdy jeden nástroj (Obr. 14):

- Vyvrtá díru
- Vyvrtá závit
- Zahloubí otvor díry.

Na této metodě je vidět, velická úspora nástrojů, hlavního i vedlejšího obráběcího času. Dochází také ke snížení zmetkovitosti a ke snížení výrobního procesu a zlevnění celkové ceny výrobku. Řezná rychlost  $v_c$  při frézování závitů se doporučuje stejná, jako u konvenčních, ale musí se snížit o rychlost posuvu  $v_f$ .



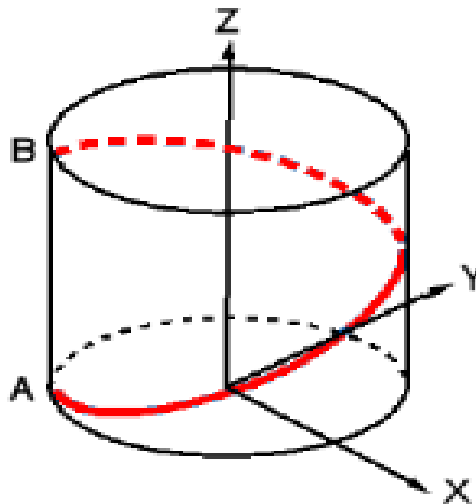
Obr. 14. Cirkulární frézování závitu do plného materiálu. [5]

Při frézování pravého závitu se vyvrtá otvor a najede se na dno díry, frézování se provádí směrem nahoru a proti směru hodinových ručiček.

Při frézování levého závitu se začíná na vrcholu díry a proti směru hodinových ručiček se pokračuje dolů.

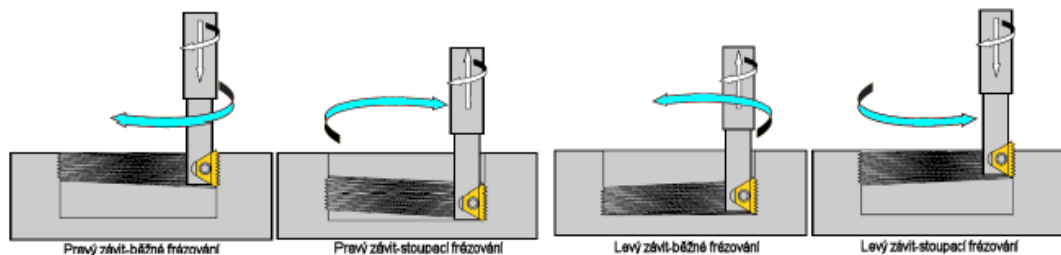
### 2.2.1 Frézování vnitřních závitů.

Při frézování vnitřních závitů nástroj koná interpolační pohyb (Obr.15). V ose X a Y koná nástroj kruhový pohyb a v ose Z lineární (Obr.16). Pokud je závit v úhlu  $90^\circ$  musí se frézou pohybovat v ose Z pouze  $\frac{1}{4}$  velikosti stoupání závitu.



Obr. 15. Interpolační pohyb. [6]

Velice důležitou problematikou, je také předvrtání díry pro závit o předepsané toleranci, který zajistí dobrý a kvalitní závit.



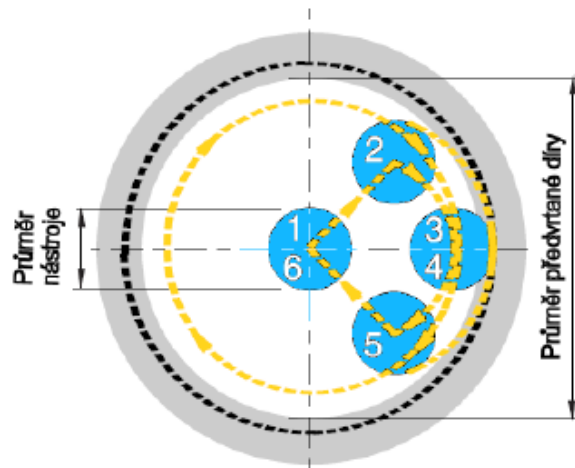
Obr. 16. Principy pohybu pro frézování vnitřního závitu. [7]

### 2.2.1.1 Pohyb podél tangenciální křivky

U této metody jsou minimální vibrace a to i u tvrdých materiálů. Řez je plynulý a je dosažena nejvyšší kvalita povrchu závitu. Nevýhoda je složitější programování, než u radiálního principu.

Principy pohybů (Obr. 17):

- (1-2) Rychloposuv
- (2-3) Vstup nástroje podél tangenciální křivky a následný pohyb v ose Z
- (3-4) Pohyb po šroubovici
- (4-5) Výstup nástroje podél tangenciální křivky
- (5-6) Rychloposuv



Obr. 17. Pohyb podél tangenciální křivky (vnitřní závit).[7]

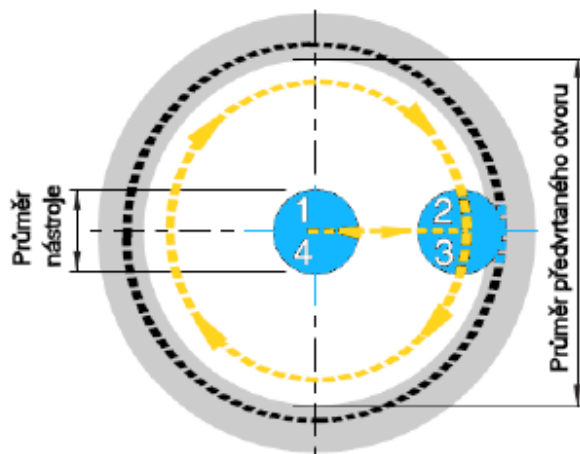
### 2.2.1.2 Radiální princip pohybu

Je to nejjednodušší princip pohybu, vhodný však pouze pro kratší závity.

U tvrdších materiálů může dojít při frézování závitu k vibracím, což negativně ovlivňuje přesnost závitu i jeho kvalitu.

Principy pohybů (Obr. 18):

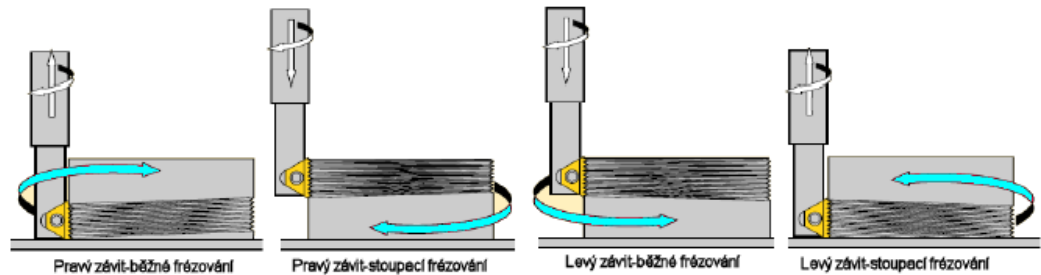
- (1-2) Radiální vstup nástroje
- (2-3) Pohyb po šroubovici
- (3-4) Radiální výstup nástroje



Obr. 18. Radiální princip pohybu.[7]

### 2.2.2 Frézování vnějších závitů.

Používá se pro sériovou a hromadnou výrobu závitů větších průměrů (Obr. 19)

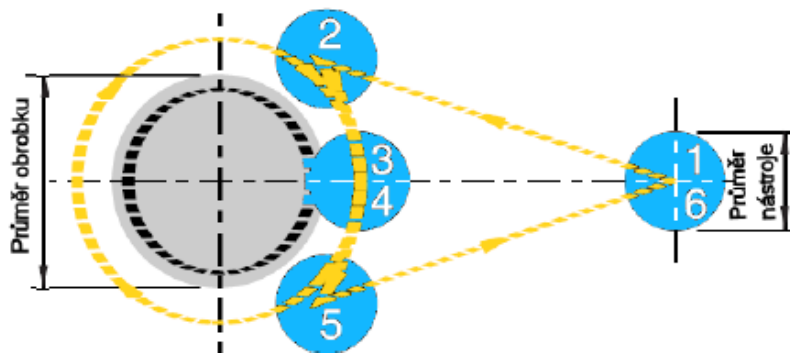


Obr. 19. Principy pohybu pro frézování vnějšího závitu.[7]

#### 2.2.2.1 Pohyb podél tangenciální křivky

Tato metoda je podobná jako u frézování vnitřních závitů. Má stejné výhody i podobný princip pohybu (Obr. 20).

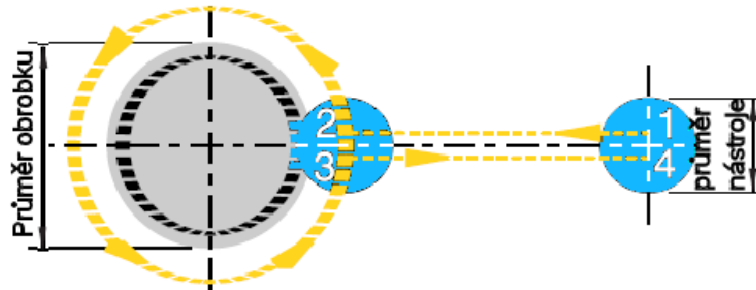
- (1-2) Rychloposuv
- (2-3) Vstup nástroje podél tangenciální křivky a následný pohyb v ose Z
- (3-4) Pohyb po šroubovici
- (4-5) Výstup nástroje podél tangenciální křivky
- (5-6) Rychloposuv



Obr. 20. Pohyb podél tangenciální křivky  
(vnější závit).[7]

### 2.2.2.2 Radiální pohyb

Principem se nijak neliší od frézování vnitřních závitů, také výhody jsou stejné (Obr. 21).



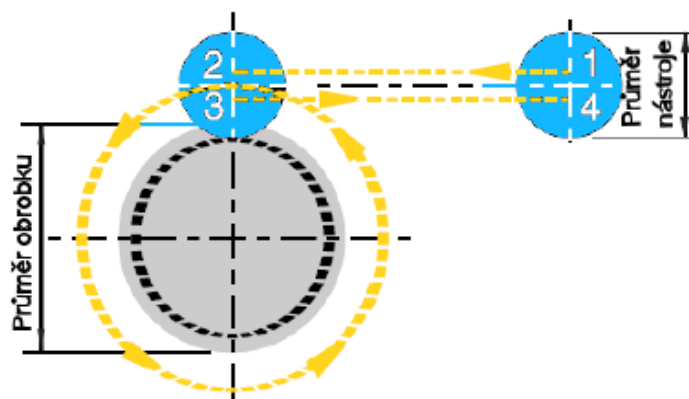
Obr. 21. Radiální princip pohybu (vnější závit).[7]

### 2.2.2.3 Pohyb podél tangenciální přímky

Metoda je velice jednoduchá a proto má řadu výhod. (frézování velkých průměrů závitů, jednoduše programovatelný pohyb nástroje, ...). Lze ji však aplikovat pouze pro vnější závit.

Princip pohybů (Obr. 22):

- (1-2) Radiální vstup z plynulého posuvu v ose Z
- (2-3) Pohyb po šroubovici
- (3-4) Radiální výstup



Obr. 22. Pohyb podél tangenciální přímky. [7]



## 2.3 Ruční a strojní řezání závitů závitníkem a závitovými čelistmi

Ve strojírenství převažuje výroba závitů klasickým způsobem, pomocí závitníků a závitových čelistí, které ubírají třísku a tím tvoří požadovaný rozměr a profil závitu.

Tuhle metodu používáme spíše pro kusovou výrobu.[8]

### 2.3.1 Výroba vnitřních závitů závitníkem

U ručního řezání, se u vnitřních závitů používají závitníky (sadové, maticové), které upneme do ručního vratidla (Obr. 23) a jím otáčíme jednu otáčku ve směru řezání závitu a  $\frac{1}{4}$  otáčky zpět, aby se odlomila vytvořená tříska a neotupila nám ostří závitníku.

Během ručního řezání, musíme také pravidelně mazat závitník, nebo díru, abychom předešli zadření závitníku. K mazání se používá obyčejný olej, nebo mazací pasty.[8]



Obr. 23. Vratidlo

Strojní řezání závitů strojním závitníkem se provádí na vrtačkách. Při řezání závitu na vrtačce, se upne strojní závitník do momentové závitové hlavy, která je vybavena reverzním systémem, a ten nám přepíná směr otáček nástroje.

Závitová hlava se do vrtačky upíná pomocí morse kužele (Obr. 24), nebo se montuje na vřeteno vrtačky. Strojní závitník se upíná do kleštín v závitové hlavě a dotažením převlečné matice se zajistí. Po nastavení vhodného momentu můžeme začít s vytvářením závitu.[8], [9]



Obr. 24. Závitová hlava a morse kužel.

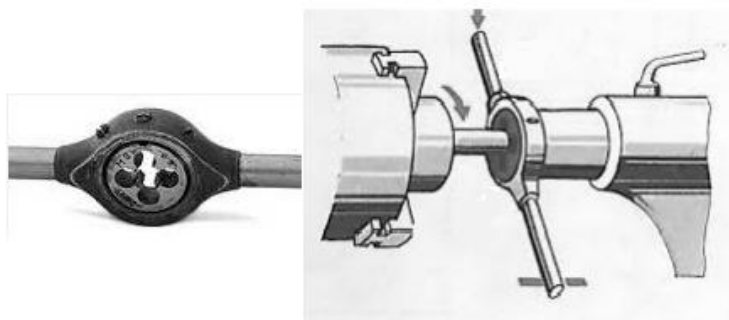
### 2.3.2 Výroba vnějších závitů závitovými čelistmi.

Pro řezání vnějších závitů se používají závitové čelisti (očka), které upneme do vratidla (Obr. 25).

Nejprve jsou šroub a očko namazány, jinak by mohlo dojít k trhání závitu. Dále je očko nasazeno na dřík a s mírným tlakem se začne očkem otáčet (pro pravý závit ve směru hodinových ručiček, pro levý proti směru hodinových ručiček), opět otáčíme očkem jednu otáčku ve směru řezání závitu a  $\frac{1}{4}$  otáčky zpět pro odvod třísek a poté pokračujeme v řezu.

U této metody je nevýhoda, že pro každý průměr a stoupání závitu, musíme mít jinou závitovou čelist.

Lze také použít strojní závitová očka, která se umístí na soustruh (Obr 25).

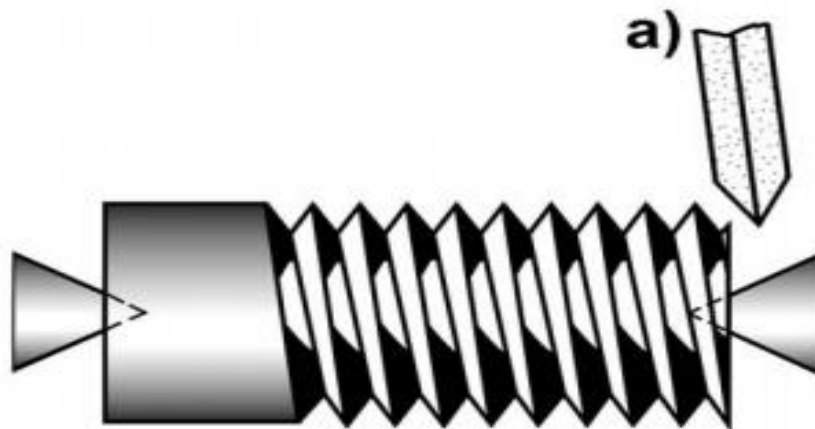


Obr. 25. Závitová čelist ve vratidle  
a strojní závitové očko  
upnuté na soustruhu.

## 2.4 Broušení závitů

Broušení se aplikuje na vnější závity přesných šroubů, kde je vyžadována větší přesnost, lepší drsnost, profil a stoupání závitu.

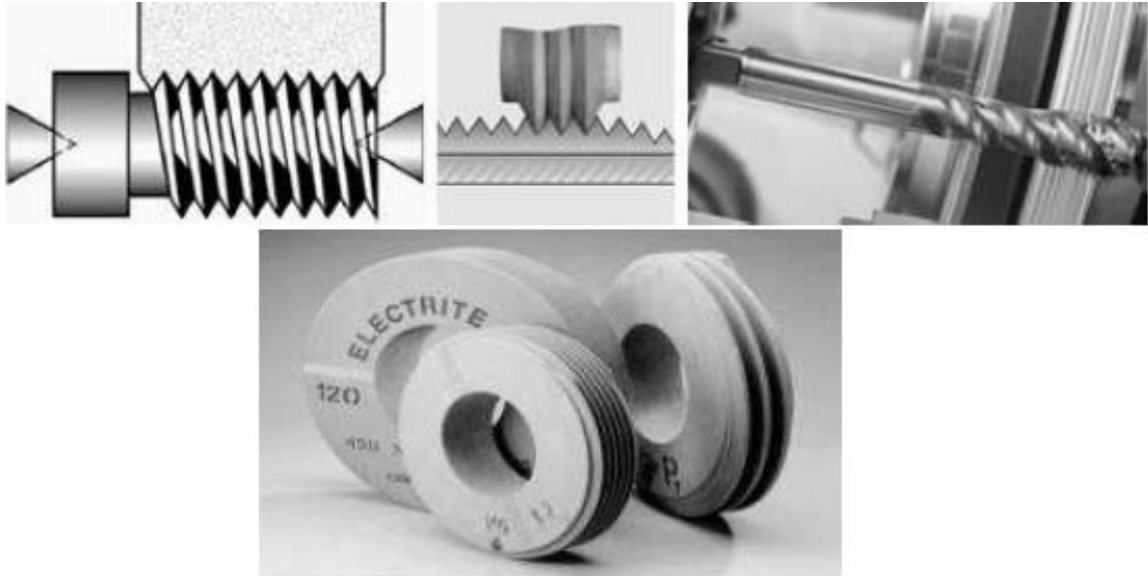
Nejčastěji se k broušení závitů používají speciální brusky s pomocí jednofilového kotouče (Obr. 26), který je vykloněn o úhel stoupání závitu, nastaven na plnou hloubku profilu závitu a otáčí se řeznou rychlostí. Obrobek se přitom otáčí a posouvá o délku stoupání závitu na jednu otáčku obrobku.[3]



Obr. 26. Broušení závitů jednofilovým kotoučem.[3]

Hřebenový kotouč, je po obvodě opatřen několika negativními profily závitu. Je nastaven rovnoběžně s osou obrobku a otáčí se řeznou rychlostí (Obr. 27). Obrobek se otáčí a posouvá v axiálním směru o jednu rozteč závitu na otáčku.

Hřebenový kotouč dosahuje větší produktivity, než jednofilový kotouč.



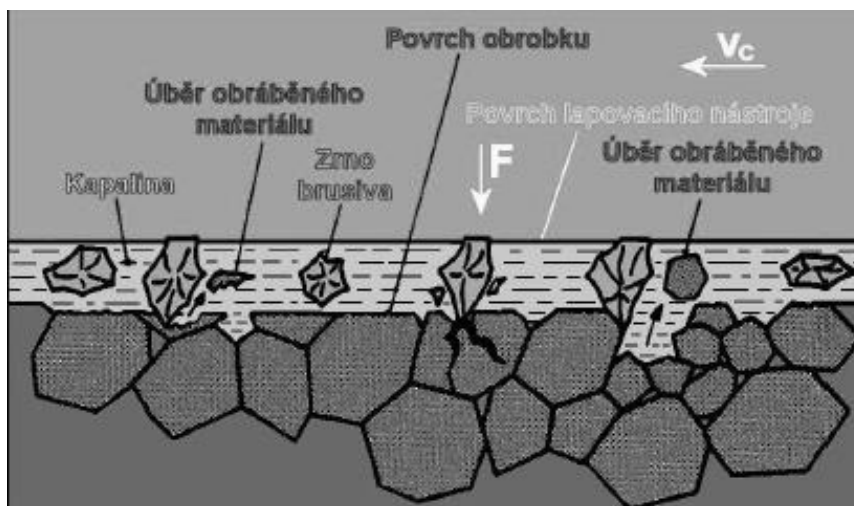
Obr. 27. Broušení závitů hřebenovým kotoučem,  
hřebenové kotouče.[3], [13]

Pro broušení vnitřních závitů je nutno použít kotouče malých průměrů. Lze však brousit pouze závit do průměru 25mm. Nastavení kotouče pro broušení vnitřních závitů je obtížnější.

Nejpřesnější závit se brousí jednodílným kotoučem. Broušení hřebenovým kotoučem se zapichovacím způsobem se používá pro jemné závit do délky 20cm. Ostatní vnitřní závit jsou broušeny podélným způsobem.[3]

## 2.5 Lapování

Lapování se používá v případech, kdy je vyžadována největší přesnost a nejmenší drsnost povrchu (Obr. 28). Lapují se důležitá závitová spojení. Lapováním lze dokončovat jak tvrdé, tak i měkké materiály. Lapuje se pomocí lapovacích past, ručně (v kusové výrobě), nebo strojně (v sériové výrobě).[14]

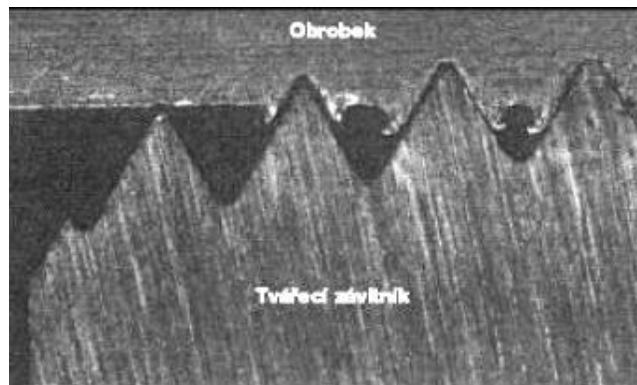


Obr. 28. Schéma Lapování. [14]

## 2.6 Výroba závitu tvářením

V dnešní době nových technologií se začíná v některých provozech přecházet na beztržiskovou výrobu závitů. Tato technologie má řadu výhod.

Technologie tváření závitu patří do skupiny tváření plastickou deformací materiálu. Závity jsou tvořeny bez oddělování třísek (Ob. 29). To je výhoda všude v místech, kde jsou špatné podmínky pro odvod třísek, nebo když se jedná o neprůchozí díru. Nehrozí nám ani ucpání nástroje třískami, jeho následné zadrhnutí, jeho poškození a poškození závitu. Pro obrábění se tím zvyšuje spolehlivost.



Obr. 29. Tváření závitu.[12]

Profil materiálu se tvoří tak, že spirálová část závitového profilu zubu je vlačována do předem vytvořeného otvoru vrtáním, nebo termálním tvářením. Požadovaný profil závitu se vytvoří plastickou deformací materiálu, kdy po překonání elastické deformace začíná materiál v místě kontaktu zatékat mezi jednotlivé zuby ve směru k malému závitu.

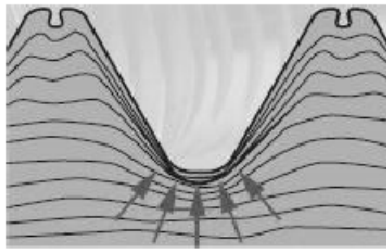
Tímto zajistíme hladký profil závitu, který má nižší drsnost povrchu, než u závitu tvořeného třískovým obráběním. Pro závit je typický znak drážky ve špičce malého průměru (neúplně utvářený). Tato vada nemá vliv na pevnost závitu.

Nevýhodou u závitu, který byl vytvořen metodami třískového obrábění spočívá v tom, že dochází k porušení vláken v materiálu. Tím je tento závit limitován v části dovoleného namáhání, může docházet k podřezání závitníku, který způsobuje poškození vrcholových úhlů závitu. Takhle porušený závit ve výsledku ukazuje menší přenos zatížení a menší nosnou část závitu.

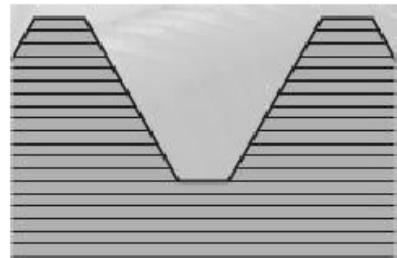
U tvářeného závitu nedochází k porušení vláken, naopak jsou vlákna v oblasti závitu stlačena plastickou deformací (Obr. 30, 31). Materiál teče po hraně zubu závitníku a tím nevzniká odchylka ve vrcholovém úhlu, jako u třískového obrábění závitu. Tvářené závity mají vlivem stlačených vláken zpevněný kořen velkého průměru závitu, a jsou odolnější vůči vibracím a dynamickému zatížení.

Výhodou použití tvářecích závitníků je nezanášení díry třískami, použití v neprůchozích dírách, velká pevnost povrchu závitu, lepší jakost, velká bezpečnost vůči prasknutí závitníku (závitník není oslaben drážkami), vysoká produktivita řezného procesu, nemusí se nastřovat nástroj, vyšší trvanlivost nástroje (až 10 krát větší, než u nástroje pro třískové obrábění).

Podmínkou použití této technologie je dobrá tvárnost materiálu (mosaz, hliník, měď, atd.) a tažnost nad 10%, což splňují skoro všechny oceli do 500 MPa. Někdy lze tvářet i oceli s mezí pevnosti až 900 MPa, tuto hranici použití lze získat pouze dlouhodobou praktickou zkouškou. Není vhodné tuto metodu používat pro křehké ocele, litiny a martenzitické ocele s vysokou pevností.[10], [11], [12]

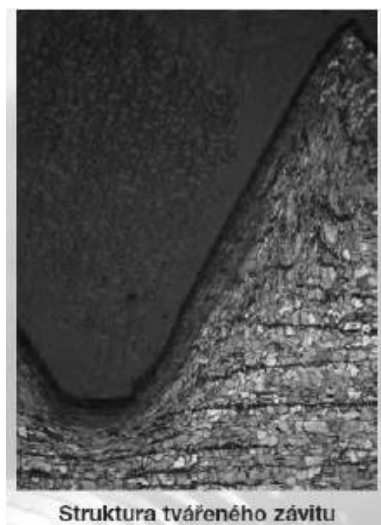


Průběh vláken tvářeného závitu, zpevnění v oblasti kořene

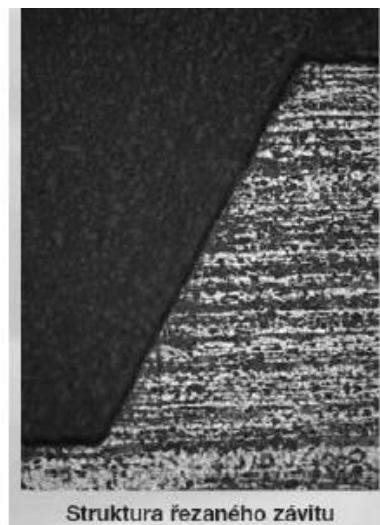


Průběh vláken u řezaného závitu

*Obr. 30. Schematický rozdíl mezi řezaným a tvářeným závitem. [12]*



Struktura tvářeného závitu



Struktura řezaného závitu

*Obr. 31. Rozdíl mezi tvářeným a řezaným závitem.[12]*

## 2.7 Elektroerozivní obrábění závitů

Tato metoda je využívána při obrábění velmi tvrdých materiálů, kde by výroba závitů pomocí běžných technologií byla nevhodná. Metoda je vysoce nákladná z hlediska pořízení strojního vybavení, samotná výroba je také časově náročná, proto se pro výrobu závitů používá spíše výjimečně. Je možno vyrábět vnější i vnitřní závity. Jako nástroj se používají grafitové, nebo měděné elektrody (Obr. 32).

Nástroje jsou vyráběny pro konkrétní profil závitu, například pro závit M20 musí být vyrobena elektroda, která má malý průměr závitu o (0,2-0,3 mm) větší, než velký průměr závitu M20. Stoupání závitu u elektrody je stejné jako u závitu. Pro vnitřní závit musí mít elektroda velký průměr závitu o (0,2-0,3 mm) menší, než malý průměr závitu M20 a stejné stoupání.

Podstata výroby spočívá v tom, že elektroda vniká do materiálu s předvrtaným otvorem po šroubovici (pravá, levá) a tím je zhotoven závit (Obr. 33).

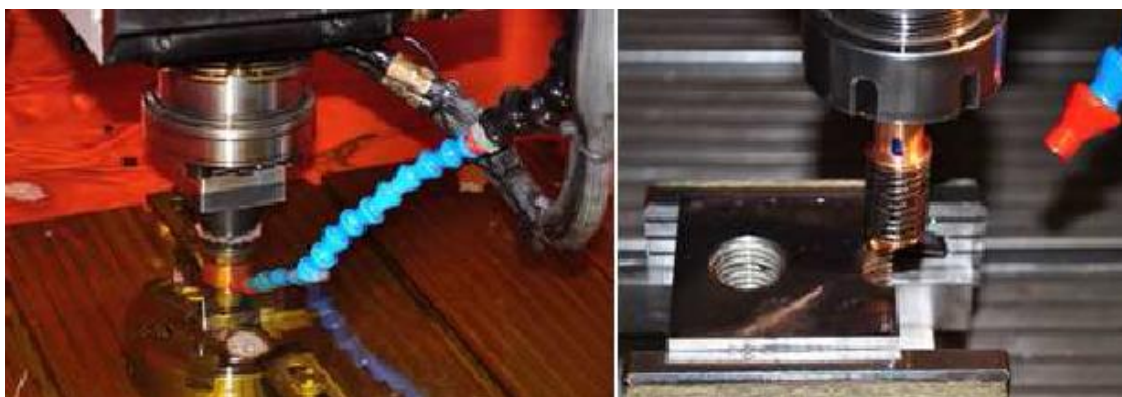
Další možnost je, že elektroda je vsunuta do otvoru v materiálu celou délkou a závit je zhotoven pulzním kmitáním elektrody (otiskování elektrody do materiálu), (Obr. 33).

Při této výrobě vznikají vysoké teploty, proto je celý pracovní prostor zaplaven kapalinou. [14]



Obr. 32. Elektrody pro vnitřní a vnější závit.





*Obr. 33. Pracovní prostor stroje.*

### 3 NÁSTROJE PRO VÝROBU ZÁVITŮ

#### 3.1 Nástroje pro soustružení závitů

Pro soustružení závitů se používají soustružnické nože a ty mohou být

- Jednoprofilové
- Hřebenové
- Kotoučové

Všechny druhy nožů se mohou vyrábět jako vnější i vnitřní. Vnitřní nože mají obvykle kruhový průřez tělesa nože.

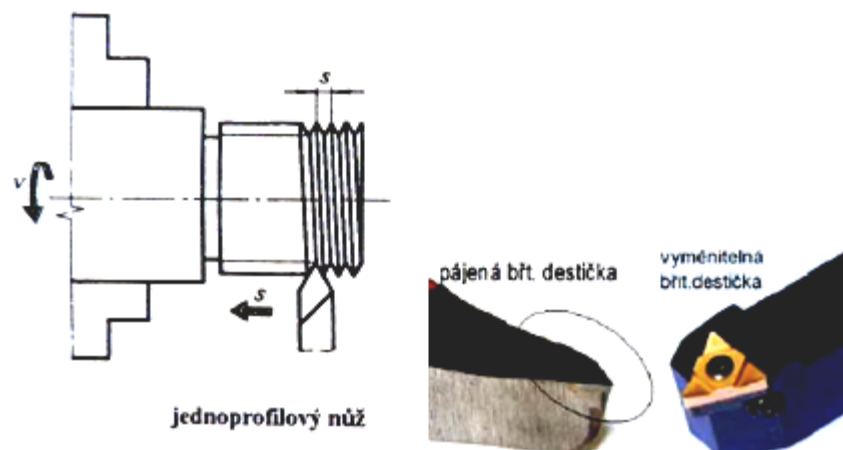
##### 3.1.1 Jednoprofilové nože

Jsou to tvarové nože nabroušené do tvaru profilu závitů.

Nože jednoprofilové mohou být provedeny jako celistvé z RO, nebo z „držáku“, do kterého je upevněna řezná destička (pájením, nebo mechanicky), (Obr. 34).

Závit se vyrábí na několik záběrů.

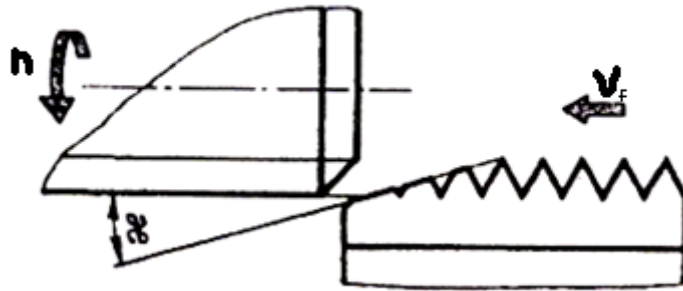
Umožňují řezání závitů v určitém rozsahu (s ohledem na zaoblení paty závitů).



Obr. 34. Jednoprofilový nůž.[15]

### 3.1.2 Hřebenové nože

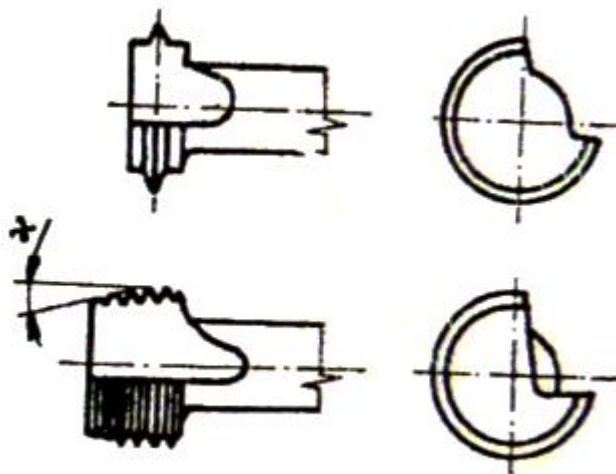
Náběhová část je zbrošena pod úhlem  $\chi$  a hrubuje závit, nezkosená část dokončuje a kalibruje závit (Obr 35). Závit se zhotoví rychleji, protože zabírá více břitů najednou. Tyto nástroje můžeme použít na závity stejného stoupání.



Obr. 35. Hřebenový nůž.

### 3.1.3 Kotoučové nože

Vyrábějí se jako jednoprofilové nebo hřebenové (Obr. 36). Snesou větší počet ostření, brousí se pouze na čele. Osa kotoučového nože se nastavuje nad osu obrobku, stejně jako u jiných tvarových nožů.



Obr. 36. Kotoučové nože.

## 3.2 Nástroje pro frézování závitů

Nástroje pro frézování jsou válcové (hřebenové), kotoučové, stopkové s VBD a okružovací.

### 3.2.1 Hřebenové frézy

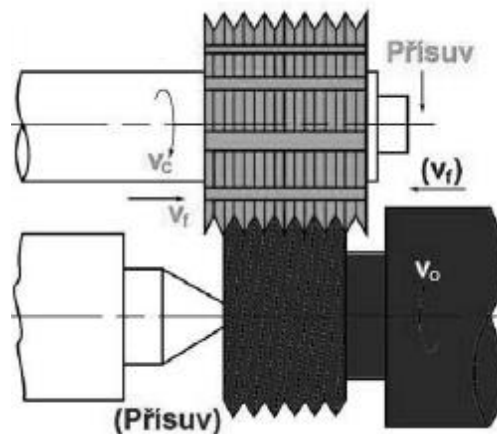
Používají se pro krátké závity. Fréza nemá stoupání, ale pouze radiální zápichy (Obr. 37). Závit vznikne tak, že se fréza, nebo obrobek posune na jednu otáčku obrobku o stoupání závitů.

Válcová plocha má profil závitů, ten je přerušen šroubovitými nebo přímými drážkami, celková délka frézy musí být asi o 2 stoupání delší než délka závitů.

Závit je tedy vyfrézován na 1 a 1/4 otáčku obrobku.

Podle způsobu upnutí se dělí:

- Stopkové (monolitní z nepovlakovaných, povlakovaných SK)
- Nástrčné (obvykle z RO).



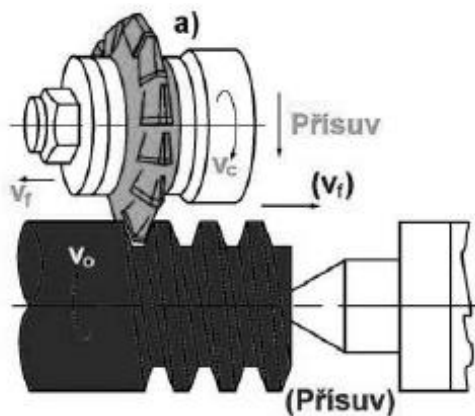
Obr. 37. Frézování závitů  
hřebenovou frézou. [3]

### 3.2.2 Kotoučové frézy

Používají se hlavně u lichoběžníkových závitů.

Fréza svým tvarem odpovídá závitové mezeře, je skloněna pod úhlem stoupání šroubovice, což má za následek deformaci profilu závitu (Obr. 38). Kotoučové frézy se obvykle vyrábějí z rychlořezných ocelí.

Používají se pouze pro hrubování.



Obr. 38. Frézování závitu  
kotoučovou frézou.[3]

### 3.2.3 Stopkové s VBD

Jsou to frézy s výměnnými břitovými destičkami. Vyrábí se jako hřebenové, nebo jedno-profilové (Obr. 39).

Používají se pro frézování dlouhých vnějších i vnitřních závitů, jsou velice produktivní a umožňují frézování levých i pravých závitů.

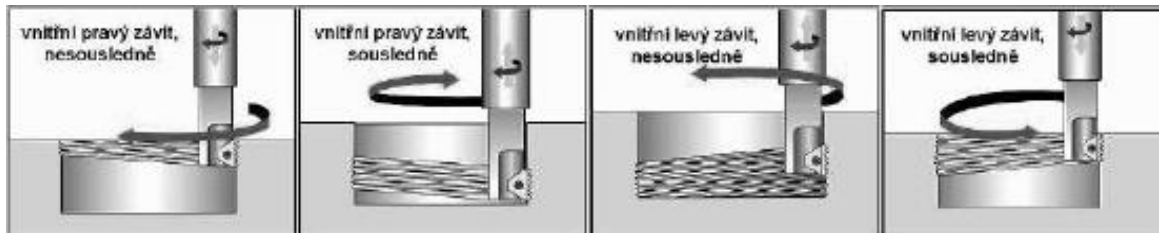
U vnitřních závitů musí být průměr frézy menší o 2/3 průměru řezaného závitu.



Obr. 39. Hřebenové a jednoprofilové  
stopkové frézy s VBD. [3]

Při obrábění koná fréza rotační pohyb kolem vlastní osy a současně kolem osy obráběného závitu. Posouvá se o jedno stoupání závitu na jednu otáčku obrobku (Obr. 40).

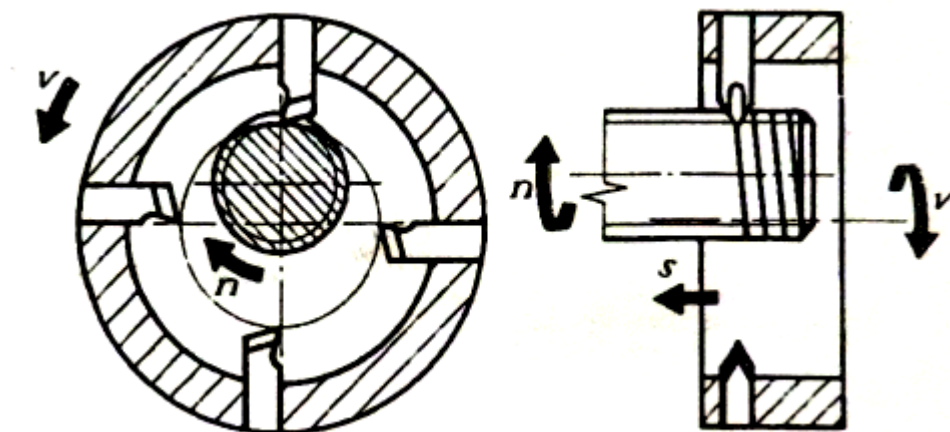
Výhodou těchto nástrojů je, že s jednou VBD je možno vyrábět závity v určitém rozsahu délek a průměrů. Omezení je pouze ve stoupání závitu a možnosti použití interpolačního pohybu na CNC obráběcím stroji.



Obr. 40. Výroba závitu pomocí frézy s VBD. [3]

### 3.2.4 Okružovací frézy

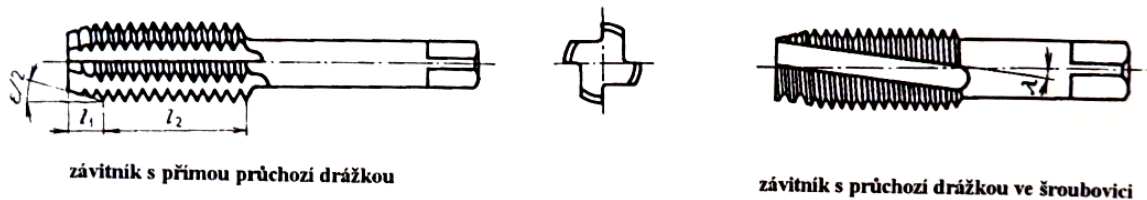
Používají se pro okružní frézování, je to nejproduktivnější metoda pro výrobu dlouhých závitů s velkým stoupáním. Frézovací hlava má 1 až 4 nože, které mají profil závitu, Nástroje jsou většinou ze SK, řezná rychlost je 100 až 300 m/min. Hlavní řezný pohyb je rotační a koná jej okružovací hlava, která je nasunuta na obrobek, která se zároveň posouvá o jedno stoupání závitu na jednu otáčku, obrobek se zvolna otáčí posuvovou rychlostí (Obr. 41).



Obr. 41. Výroba závitu okružovací frézou.

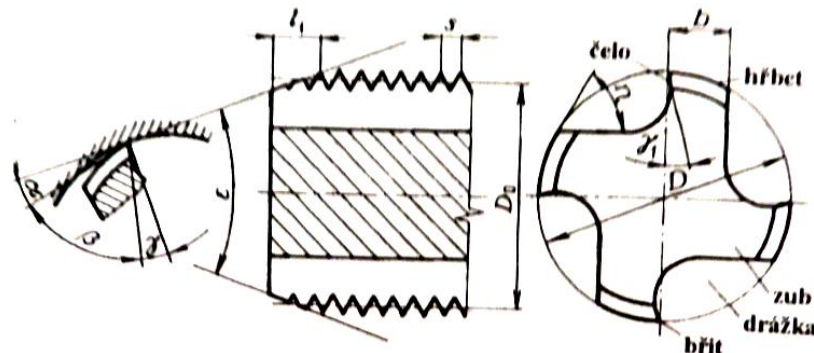
### 3.3 Závítníky

Používají se pro výrobu vnitřních závitů. Jsou to mnohobřité nástroje, které mají základní tvar šroubu, na němž jsou vyfrézovány drážky pro odvod třísek. Drážky mohou být přímé, nebo ve šroubovici (Obr. 42).



Obr. 42. Závítník s přímou drážkou a s drážkou ve šroubovici.

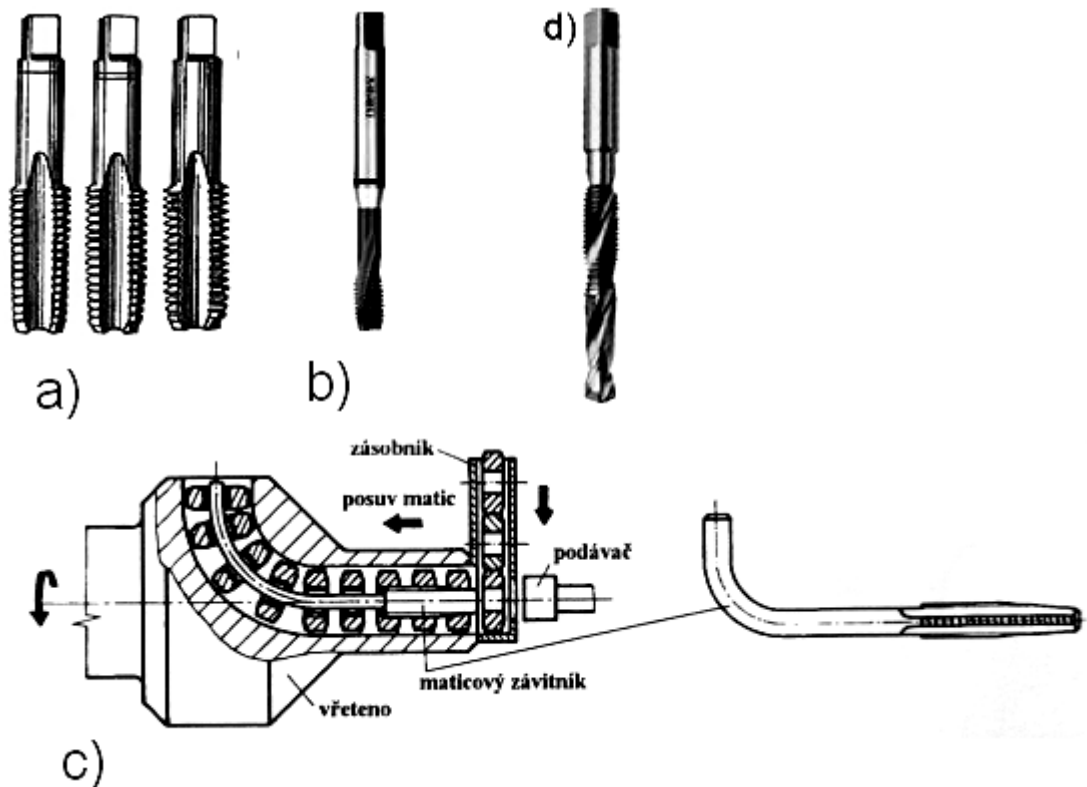
Řezná část je tvořena řezným kuželem s úhlem  $\chi = \varepsilon/2$  a délkou  $l_1$ . Na řezném kuželu vznikne podbroušením úhel hřbetu  $\alpha$ . Na vodící (kalibrovací) části  $l_2$  je úhel  $\alpha = 0$  (tato část neodebírá třísku, pouze kalibruje závit a vede nástroj), (Obr. 43). Úhel čela vznikne výrobou řezných drážek, které jsou 3 až 4, někdy i více podle průměru závitů. Drážky mohou být přímé nebo ve šroubovici, průchozí nebo neprůchozí. Závítníky jsou ukončeny stopkou se čtyřhranem.



Obr. 43. Závítník.

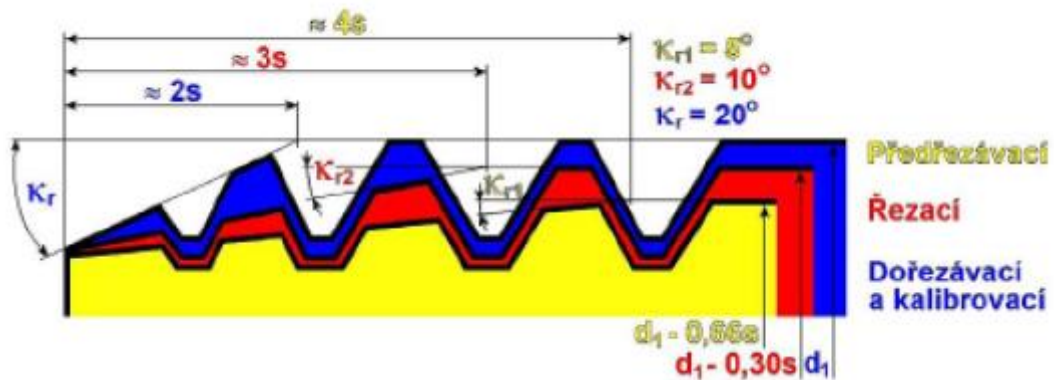
Nejpoužívanější druhy závitníků (Obr. 44):

- **Sadové** – Vyrábí se v sadách po 2 až 4 kusech, používají se pro ruční řezání závitů. Největší množství třísek (asi 60%) se odebere prvním závitníkem v sadě.
- **Strojní** – Jeden kuse stačí k vyřezání plného průřezu závitů, používají se na krátké závity.
- **Maticové** – Používají se pro řezání závitů do matic na speciálních automatech, mají ohnutou stopku
- **Čelistníky** – Slouží k řezání závitů do závitových čelistí.
- **Kalibrovací** – Používají se pro dokončování a kalibrování závitů.
- **Speciální** – Používají se například pro lichoběžníkové závity nebo sdružené nástroje.



Obr. 44. Druhy závitníků (a) sadové, b) strojní,  
c) maticový, d) speciální)





Obr. 45. Schéma odebraného materiálu jednotlivými sadovými závitníky

Závitníky jsou vyrobeny z oceli HSS, HSSE, HSSE PM, s použitím povlaků, které zvyšují životnost nástroje.

### 3.4 Závitové čelisti

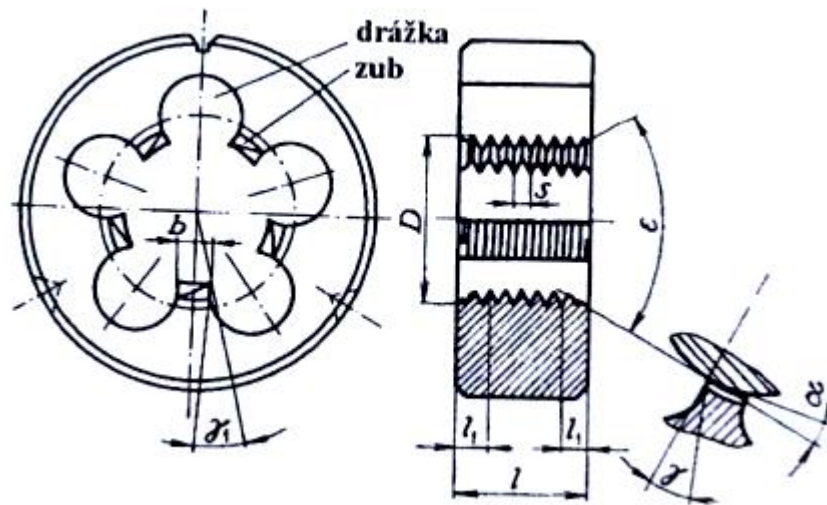
Pro řezání vnějších závitů jsou nejpoužívanější závitové čelisti. Mají základní tvar matice, do které jsou vyvrtány otvory, které vytvářejí drážky pro odvod třísek.

Z obou stran je vybroušen řezný kužel, s úhlem  $\chi = \varepsilon/2$  a s délkou  $l_1 = (1,5 \text{ až } 2) \cdot s$ .

Na řezném kuželu vznikne podbroušením úhel hřbetu  $\alpha$ . Střední část je vodící

$l_2 = (4 \text{ až } 6) \cdot s$  a slouží ke kalibrování závitu a k vedení nástroje (Obr. 45).

Tvrdość řezné části dosahuje 680 až 828 HV. Tímto způsobem lze vyrábět jakékoliv dostupné profily pravé i levé.

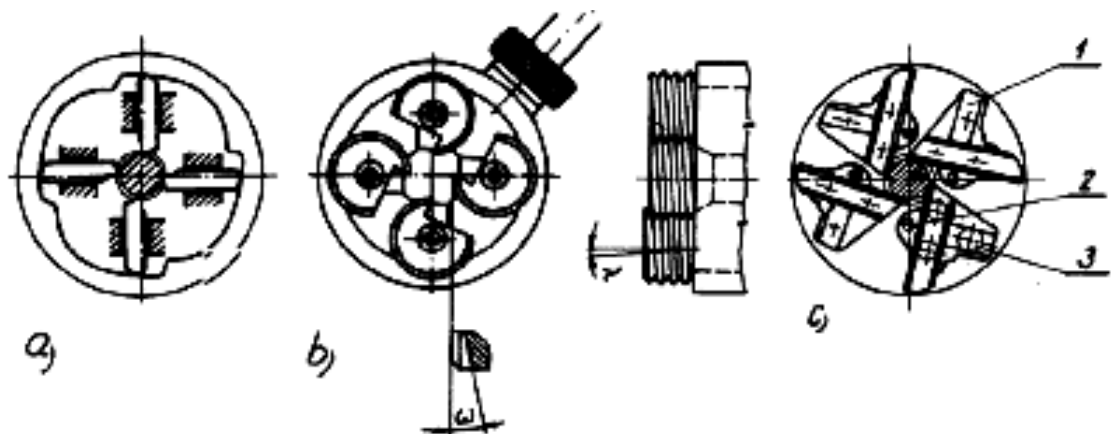


Obr. 46. Závitové čelisti.

### 3.5 Závitové hlavy

Používají se k řezání vnějších závitů a mají stavitelné čelisti, které je možné po vyřezání závitu otevřít a hlavu sejmout ze závitu, aniž bychom se vraceli po vyřezaném závitu.

Jejich čelisti bývají ploché, kotoučové nebo tangenciální (Obr. 46). Pro řezání závitu slouží obvykle 4 nože, rovnoměrně rozložené po obvodu a jejich závity jsou přesazeny o hodnotu  $s/z$ , kde  $z$  je počet čelistí.



Obr. 47. Závitové hlavy (a) s plochými noži,  
 b) s kotoučovými noži, c) s tangenciálními noži  
 (1- držák nožů, 2- otočný čep, 3- otočný čep držáku)).

## 4 MĚŘENÍ A KONTROLA ZÁVITŮ

Kontrolní metody dělíme na 2 základní skupiny.

- Komplexní kontrola (pomocí závitových kalibrů)
- Parametrická kontrola

Dále kontrolu dělíme na vnější a vnitřní.

Kontrola stoupání závitu a profilu závitu se provádí pomocí závitových měrek (šablon), (Obr. 47).



Obr. 48. Závitové měrky.

V sériové a hromadné výrobě se provádí kontrola pomocí mezních závitových kalibrů, tahle metoda se používá i v kusové výrobě (Obr. 48).

U kontroly vnějšího závitu jsou dva kalibrační kroužky, přičemž jeden má přesné rozměry, a musí jít na závit našroubovat, druhý zmetkový se musí zaseknout.

Pro vnitřní závity se používají válečkové kalibry, princip kontroly je stejný jako u vnitřních kalibrů.



Obr. 49. Závitové kalibry (a) válečkové kalibry, b) třmenový kalibr, c) kalibrační kroužky.)

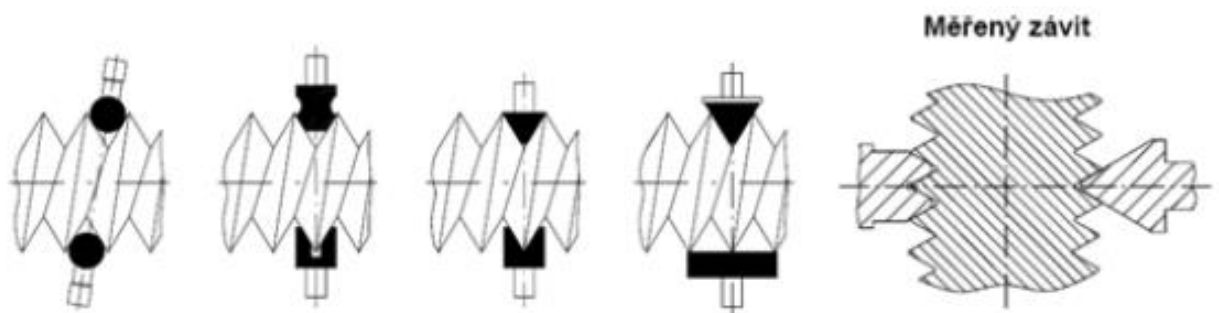
Výhodnější metoda kontroly, než je použití kalibračních kroužků je použití třmenového kalibru.

Při kontrole se dotýká závitu pouze ve dvou místech, pro kontrolu válcovitosti se provádí kontrola na několika místech. Válečky zmetkové strany mají zkrácený profil.

Kontrola těmito kalibry je velice rychlá a za pomoci výstředníkových čepů je možné nastavit požadovaný průměr.

Kontrola středního průměru  $d_2$  mikrometrem s vyměnitelnými profilovými doteky

(Obr. 49).



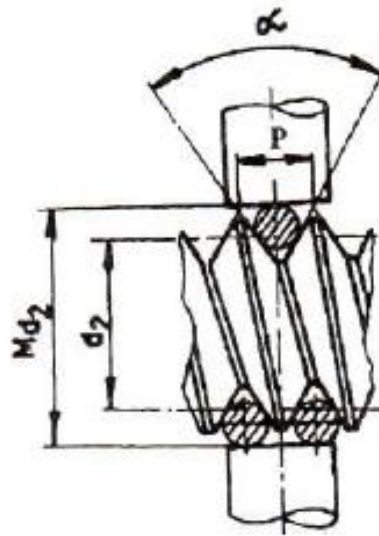
Obr. 50. Kontrola vyměnitelnými doteky. [16]

Kontrola středního průměru  $d_2$  třídrátkovou metodou (Obr. 50). Pro danou rozteč  $P$  se vyberou drátky odpovídajícího průměru  $d_{Da}$  třmenovým mikrometrem se změří rozměr přes drátky  $M_{d2}$ .

Střední průměr závitu se spočítá:

$$d_2 = M_{d2} - 2x$$

$2x$  - hodnota z geometrických vztahů (udána v tabulkách).



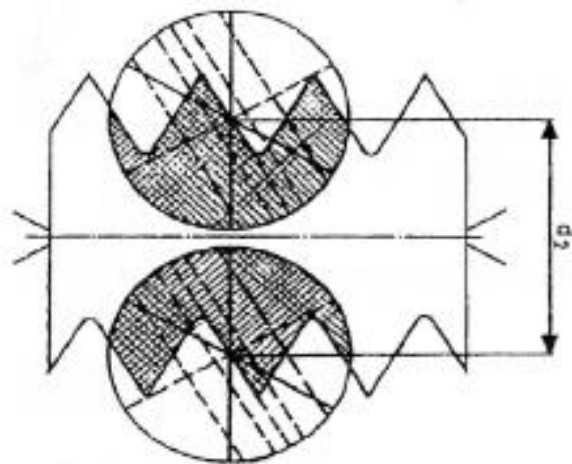
*Obr. 51. Kontrola středního průměru  $d_2$  přes drátky.[17]*

Kontrola pomocí mikroskopů a profiloprojektorů (pro malé průměry).

Vnější závit se promítne pomocí stínové metody, zvětší se 10 až 50 krát a je tak dostatečně zřetelně vyobrazen ve formě osového řezu. Pomocí nitkového kříže můžeme potom měřit všechny definované parametry ( $d$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $\alpha$ ,  $P$ ).

Pomocí vyměnitelné revolverové hlavy je možná kontrola pomocí přesných tvarů profilu a rozteče.

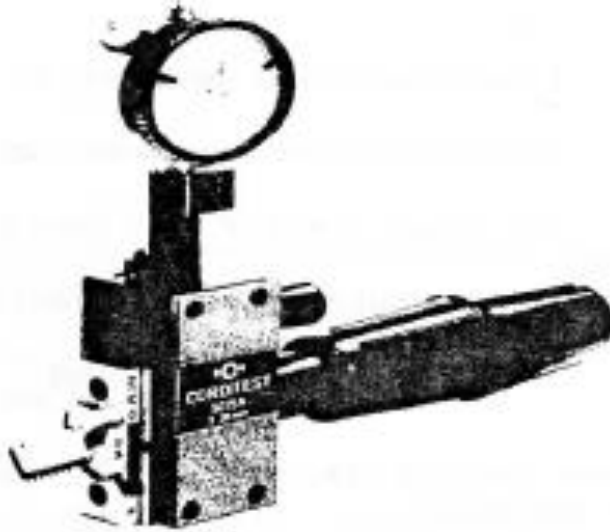
Měření středního průměru  $d_2$  pomocí komparátorů (Obr. 51).



*Obr. 52. Kontrola středního průměru  $d_2$ .*

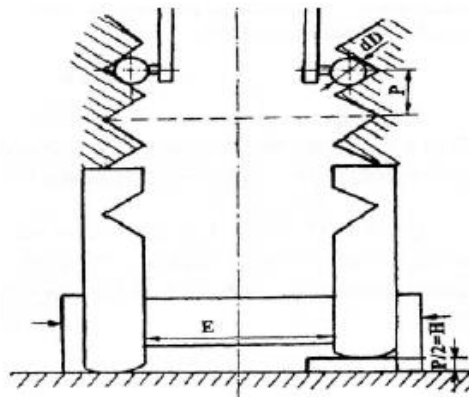
Měření vnitřních závitů oproti vnějším má omezené možnosti. Velmi často je jediná možnost použití kalibrů.

Kontrola středního průměru  $D_2$  komparačním měřidlem stavitelným podle etanolu (Obr. 52). Princip měření je stejný jako u vnějších závitů.



Obr. 53. Komparační měřidlo,  
pro měření vnitřních závitů. [17]

Kontrola středního průměru  $D_2$  pomocí horizontálního délkoměru (Obr. 53). Používají se speciální čelisti s kulovými doteky, pro nastavení středního průměru  $D_2$  slouží šablony s tvarem profilu. Podle tabulek se nastaví vzdálenost  $E$  pomocí koncových měrek. Na tuto nastavenou vzdálenost se seřídí dotyky, které odpovídají průměru  $D_2$



Obr. 54. Kontrola středního průměru  $D_2$   
horizontálním délkoměrem. [17]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 POSTUP VÝROBY ZÁVITŮ

Pro výrobu závitu, je nutné si nejprve připravit materiál, vyvrtat odpovídající otvory pro daný závit, následně se můžou vyřezat závity.

### 5.1 Příprava zkušebního materiálu

#### 5.1.1 Volba materiálu

Pro tento experiment byl použit zkušební materiál dle normy ČSN 14 220 (ISO 683/11-70, EN 10084-94), (Mangan chromová ocel k cementování), (Obr. 55).

Jejíž vlastnosti jsou:

- $R_m = \text{min. } 785 \text{ [MPa]}$
- $R_{e \text{ min}} = 590 \text{ [MPa]}$
- tvrdost HB = min. 239
- Třída odpadu (021).

Tato ocel je dobře tvárná za tepla a po žíhání i za studena, je dobře obrobitelná, svařitelná, používá se na strojní součásti s velmi tvrdou cementovanou vrstvou a velkou pevností v jádře po kalení (ozubená kola, šneky, vačkové hřídele, vřetena obráběcích strojů apod.)

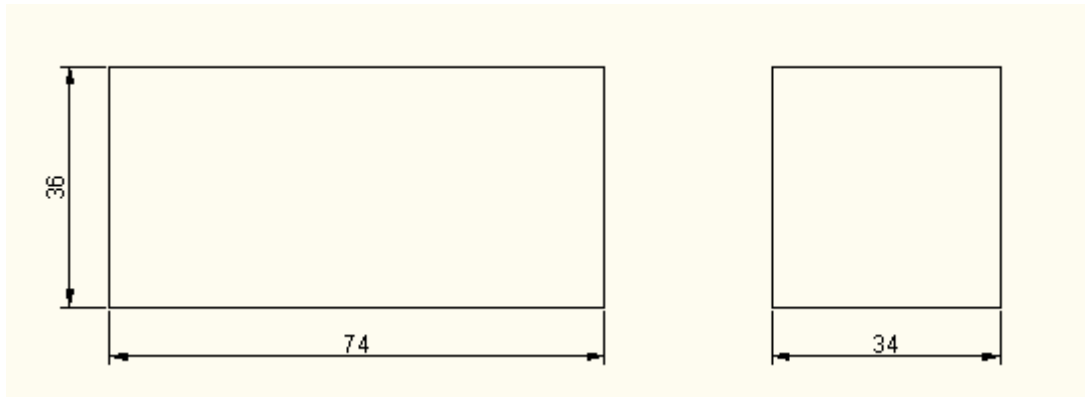


*Obr. 55. Použitý materiál.*



### 5.1.2 Příprava materiálu

Materiál byl rozřezán na pásové pile na požadované rozměry (délka 74 mm, šířka 36mm, výška 34mm), (Obr. 56), následně se narýsovaly a důlčičkem se naznačily přesné naváděcí body pro vrták, které jsou od sebe vzdáleny 1,5 mm (Obr. 57).



*Obr. 56 Výkres s rozměry polotovaru*



*Obr. 57. Polotovar pro zkoušky.*

## 5.2 Vyvrtnání děr

Pro vrtnání děr na závity byla použita Sloupová vrtačka Optimum B 40 GSM (Profesionální sloupová vrtačka s převodovým soukolím, elektromagnetickým spínáním strojního posuvu vřetene, závitovým cyklem a chlazením.), (Obr. 58).



Obr. 58. Sloupová vrtačka Optimum B 40 GSM

Díra pro závit M10 je podle tabulek Ø8,5mm (Obr. 59 b).

Otáčky pro vrtání byly podle tabulek (Obr. 59 a).

$$\frac{1010+890}{2} = 950 /min \tag{1}$$

**ŘEZNÉ PODMÍNKY PRO VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ A VYSTRUŽOVÁNÍ** Výběr z normativů

Vrtání nepředvrtaných děr průchozích a do dna

Nástroj: šroubovítý vrták z RO s válcovou nebo kuželovou stopkou Řezná kapalina: oceli – 5 % emulze, litiny – bez kapaliny		Obrobitelnost: 14b Materiál obrobku: ocel					
Průměr vrtáku D (mm)	Posuv f (mm/ot)	Otáčky n (min <sup>-1</sup> )	Řezná rychlost v (m/min)	Maximální délka L (mm)	Trvanlivost T (min)	Osová síla F <sub>o</sub> (N)	Potřebný výkon P (kW)
5	0,07	1 670	26,2	50	12	68	0,40
6	0,08	1 370	25,9	50	14	87	0,50
7	0,10	1 170	25,7	60	16	105	0,60
8	0,11	1 010	25,4	60	18	130	0,75
9	0,12	890	25,2	70	21	155	0,90
10	0,13	800	25,0	70	23	185	1,10
12	0,15	650	24,5	75	28	230	1,30
14	0,17	550	24,1	80	34	285	1,50
16	0,18	460	23,2	90	42	320	1,60
18	0,20	400	22,6	100	47	385	1,80
20	0,22	350	22,0	100	54	480	2,20
22	0,23	315	21,7	110	62	510	2,50
24	0,24	280	21,1	120	70	600	2,80
26	0,26	250	20,4	120	77	650	2,80
28	0,27	225	19,8	130	85	700	3,00
30	0,28	200	19,0	135	96	780	3,50
35	0,30	170	18,6	150	115	990	4,0
40	0,32	145	18,2	170	135	1 140	4,50
45	0,34	125	17,7	175	150	1 320	5,0
50	0,36	110	17,3	180	180	1 610	6,50
55	0,38	98	16,5	185	200	1 770	7,0
60	0,40	85	16,0	190	230	2 100	7,5
70	0,45	70	15,5	190	260	2 560	8,5

a)

**DOPORUČENÉ PRŮMĚRY VRTÁKŮ PRO ZÁVITY MATIC** Výběr z ČSN 01 4090  
Účinnost od 1. 3. 1983

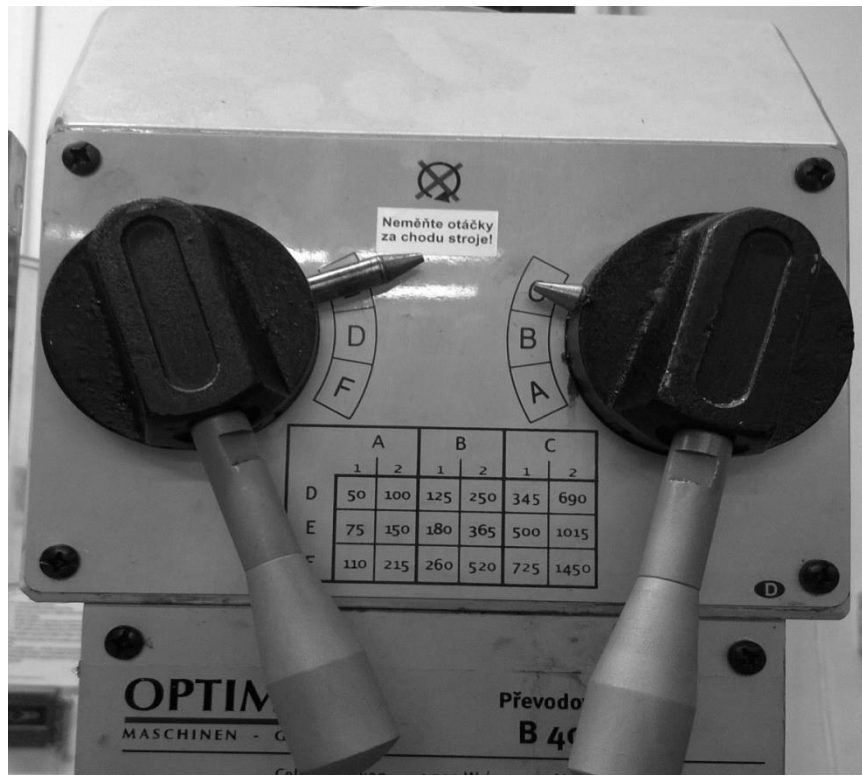
Rozměry v mm

Závit	Malý průměr závitu matice tolerance					Průměr vrtáku	
	jmenovitý průměr	stoupání	5H max.	6H max.	7H max.		5H, 6H, 7H min.
7	1,0	0,75	6,107	6,153	6,217	5,197	6,00
			6,338	6,378	6,424	6,188	6,20
8	1,25	0,75	6,859	6,912	6,982	6,647	6,80
			7,107	7,153	7,217	6,917	7,00
9	1,25	0,75	7,859	7,912	7,982	7,647	7,80
			8,107	8,153	8,217	7,917	8,00
10	1,25	0,75	8,338	8,378	8,424	8,188	8,20
	1,5	0,75	8,612	8,676	8,751	8,376	8,50
11	1,25	0,75	8,859	8,912	8,982	8,647	8,80
			9,107	9,153	9,217	8,917	9,00
12	1,25	0,75	9,338	9,378	9,424	9,188	9,20
	1,5	0,75	9,612	9,676	9,751	9,376	9,50
13	1,0	0,75	10,107	10,153	10,217	9,917	10,00
			10,338	10,378	10,424	10,188	10,20
14	1,75	1,0	10,371	10,441	10,531	10,106	10,20
			10,612	10,676	10,751	10,376	10,50
15	1,25	1,0	10,859	10,912	10,982	10,647	10,80
			11,107	11,153	11,217	10,917	11,00
16	2,0	1,0	12,135	12,210	12,310	11,835	12,00
			12,612	12,676	12,751	12,376	12,50
17	1,25	1,0	12,859	12,912	12,982	12,647	12,80
			13,107	13,153	13,217	12,917	13,00
18	1,0	1,0	14,107	14,153	14,217	13,917	14,00
	2,0	1,0	14,135	14,210	14,310	13,835	14,00
19	1,5	1,0	14,612	14,676	14,751	14,376	14,50
			15,107	15,153	15,217	14,917	15,00

b)

Obr. 59. Tabulky pro vrtání: a) řezné podmínky, b) průměry děr pro závity.[19]

Vzhledem k tomu, že dané otáčky nebyly možné nastavit na vrtačce, použili se nejbližší otáčky, které se daly nastavit 1015/min (Obr. 60).



Obr. 60. Zvolené otáčky pro vrtání.

Na vrtání byly použity vrtáky s válcovou stopkou - Ø8,5mm ČSN 221121 (DIN 338 RN),(Obr. 61). Z rychlořezné oceli (HSS)



Obr. 61. Vrták Ø8,5mm ČSN 221121.



Vrtání otvorů Ø8,5mm během experimentu (Obr. 62).



Obr. 62. Vrtání otvorů Ø8,5mm.

### 5.3 Řezání závitů

Pro řezání závitu byla použita stejná vrtačka jako pro vrtání děr.

Závitníky je třeba během řezání závitu mazat mazivem dle druhu zpracovaného materiálu, aby se závitník nezasekl, nebo aby se netrhal závit. Spektrum vhodných maziv je široké, od mýdlové směsi po řezání do hliníku a duralu po řepkový olej pro řezání do ocelí. Při řezání závitů v litině se používá stlačený vzduch. V tomto experimentu byl použit **Olej SW MULTI 68 MOL** (Vícefunkční olej určený hlavně pro horizontální a vertikální kluzná vedení přesných obráběcích strojů (vrtačky, frézky, brusky apod.). Zabraňuje trhavému pohybu (stick-slip) v kluzných vedeních a přispívají k úspoře spotřeby oleje. MOL Multi SW 68 je také vhodný jako hydraulické nebo mazací medium pro jiné části (ložiska, pohony) cirkulačních systémů obráběcích strojů.)

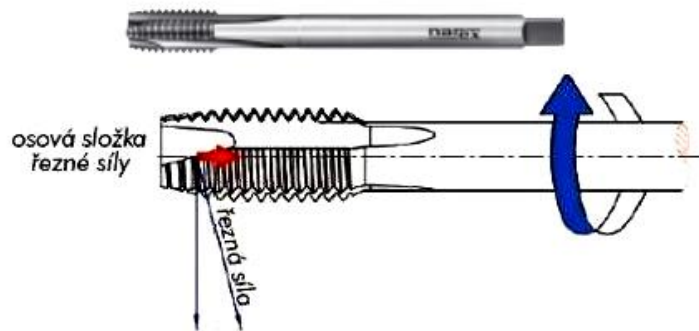
### 5.3.1 Zkušební nástroje

Byly použity tyto tři typy závitníků:

- a) Strojní závitník M10x1,5 – DIN 376 (katalogové číslo: 3500), (Obr. 63).

**Strojní závitník s přímou drážkou a lamačem**- tento závitník je vyroben z vysoce výkonné rychlořezné oceli (**HSSE**) – tento druh oceli má vyšší obsah kobaltu a vanadu ve srovnání s HSS ocel. HSSE závitníky mají větší odolnost oproti opotřebení a delší životnost než HSS oceli. Někdy se označuje také jako prémiová rychlořezná ocel. Používají se na nástroje pro obrobení nerezových ocelí a jiných těžce obrobitelných materiálů.

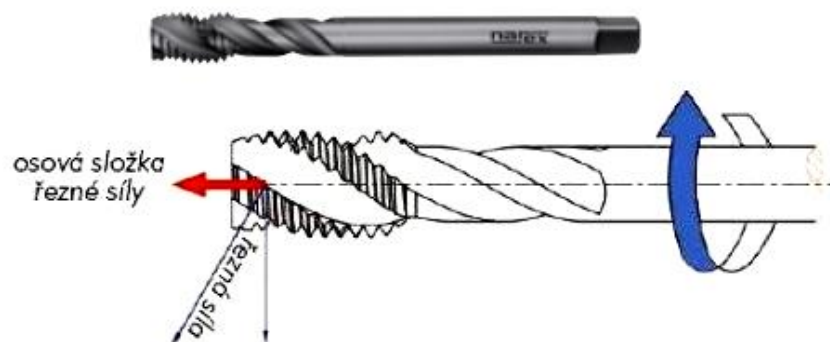
(Dále jen jako závitník A) [18]



Obr. 63. Strojní závitník M10x1,5 – DIN 376[18]

- b) Strojní závitník M10x1,5 – DIN 376 (katalogové číslo: 4090), (Obr. 64)

**Strojní závitník ve šroubovici** – Tento závitník je vyroben z vysoce výkonné rychlořezné oceli (**HSSE**) s **OX** povlakem – který se nanáší při chemicko-tepelném procesu ve speciálním zařízení, kdy je na povrchu zahřátých nástrojů, působením suché páry a tlaku vytvářena vrstva oxidu železa. Tato vrstva oxidu zvyšuje otěruvzdornost ostří, zvyšuje odolnost proti korozi, zlepšuje mazání nástroje. (Dále jen jako závitník B) [18]



Obr. 64. Strojní závitník M10x1,5 – DIN 376[18]

c) Ruční sadové závitníky M10 – DIN 352(Obr. 65)

**Ruční sadové závitníky** – tyto závitníky jsou vyrobeny z rychlořezné oceli (**HSS**) – to je druh oceli určený na rychlé obrábění a pro výrobu vysoce namáhaných řezných nástrojů určených pro obrábění kovových součástek v tepelně nezpevněném stavu. Mezi její významné vlastnosti patří vysoká tvrdost a žárupevnost (zůstává tvrdá i po zahřátí). Používá se k výrobě nástrojů. Ocel HSS vydrží v místě řezu až 600 °C. Pro výrobu se používá ocel třídy 19 která se dále kalí a popouští. Nevýhodou HSS je nízká životnost, rychlé opotřebení a v neposlední řadě i fakt, že při velkém zahřátí v místě řezu se změní struktura kovu, ocel se začne drodit a je dále nepoužitelná. (Dále jen jako závitník C) [18]



*Obr. 65. Ruční sadové závitníky*

*M10 – DIN 352.[18]*

### 5.3.2 Závitořezná bezpečnostní hlava Zhb 21

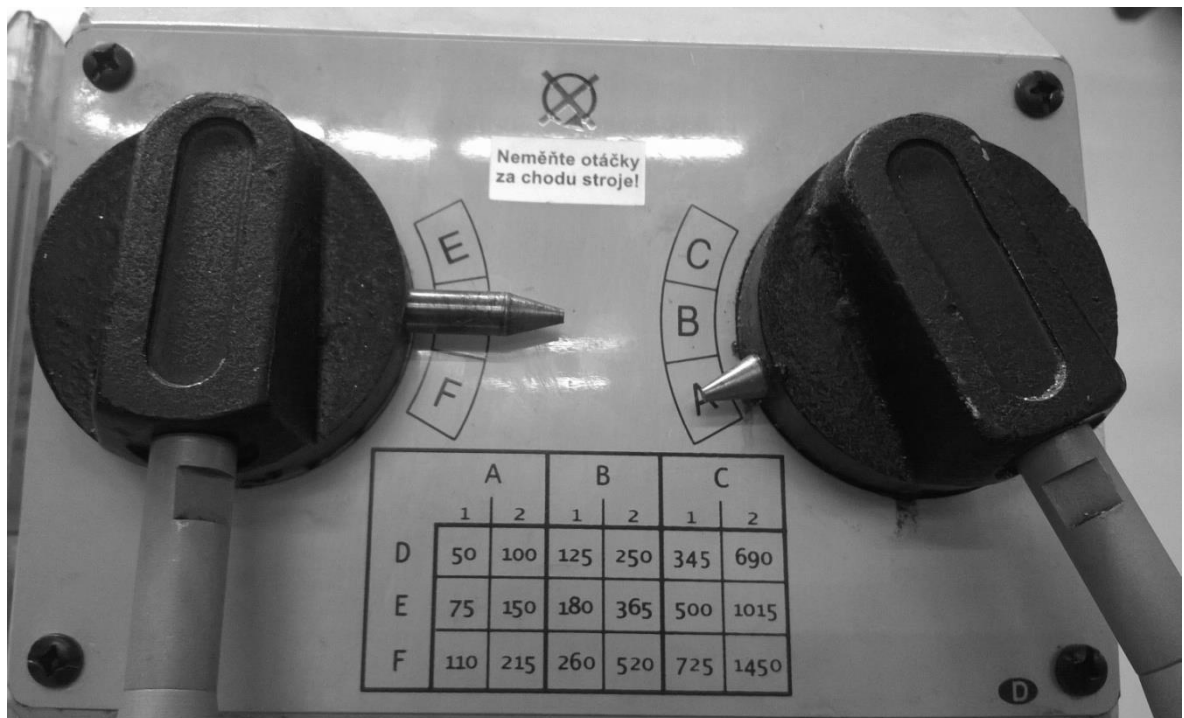
Závitníky byly upnuty v Závitořezné bezpečnostní hlavě Zhb 21 (Obr. 66).

Hlavy se používají na soustruzích, vrtačkách, vyvrtávačkách, frézkách apod. - stroj musí využívat zpětné otáčky vřetena pro vytáčení závitníků z otvoru. Hlavy jsou určeny pro upínání závitníků při řezání vnitřních pravochoďých i levochoďých závitů v průchozích i slepých otvorech. Nastavitelná bezpečnostní spojka chrání závitník před ulomením při náhlém nárůstu krouticího momentu. Osové vyrovnávání kompenzuje rozdíl mezi stoupáním závitů a posuvem vřetena stroje. [18]



Obr. 66. Závitořezná bezpečnostní hlava Zhb 21.[18]

Pro řezání závitů byly vybrány nejmenší možné otáčky stroje a tj. 50 / min (Obr. 67)



Obr. 67. Zvolené otáčky pro řezání závitů.

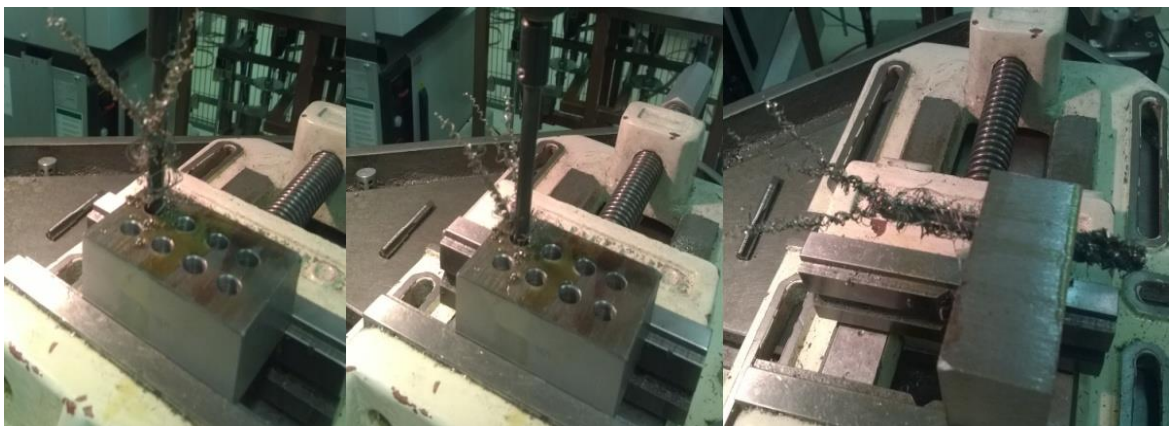


Řezání závitů závitníkem A během experimentu (Obr. 68).



*Obr. 68. Řezání závitů závitníkem A.*

Řezání závitů závitníkem B během experimentu (Obr. 69).



*Obr. 69. Řezání závitů závitníkem B.*

Řezání závitů závitníkem C během experimentu (Obr. 70).



*Obr. 70. Řezání závitů závitníkem C.*

## 6 VYHODNOCENÍ PROVEDENÉHO EXPERIMENTU

Vyřezané závity byly zkontrolovány závitovým kalibrem, byl zkontrolován profil závitu a bylo provedeno ekonomické vyhodnocení.

### 6.1 Kontrola kalibrem

Jednotlivé druhy závitů byly porovnány závitovým kalibrem oboustranným M10 –

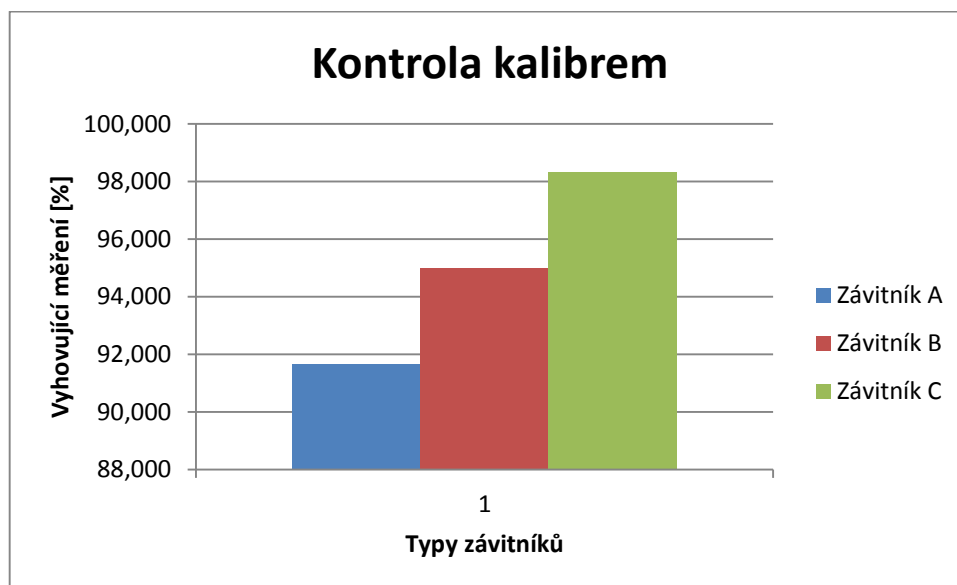
ČSN 25 4020 (Obr. 71). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3) a vyhodnoceny v grafu (Obr. 72)



Obr. 71. Kontrola kalibrem.

Tab. 3. Kontrola kalibrem.

Kontrola Kalibrem						
Výsledky měření	Závitník A		Závitník B		Závitník C	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
Vyhovuje	55	91,667	57	95	59	98,333
Nevyhovuje	5	8,333	3	5	1	1,667
Celkem	60	100	60	100	60	100



Obr. 72. Graf s naměřenými hodnotami pomocí kalibru.

Podle naměřených hodnot jsou nejkvalitnější závity vytvořeny závitníkem C (vyhovuje 98,333 % závitů), následně závitníkem B (vyhovuje 95 % závitů) a nejhůře dopadl závitník A (vyhovuje 91,667 % závitů).

### 6.1.1 Kontrola profilu závitu

Pro ověření vyřezaného profilu závitu, zda při řezání závitu nebyl nějak poškozen, nebo potrhán, jsme provedli namátkovou kontrolu pomocí dílenského mikroskopu. Závity se rozfrézovaly na univerzální frézce PROMA FHV-50PD s digitálním odměřováním na polovinu průměru děr (Obr. 73) a mikroskopem s desetinásobným optickým přiblížením se zkoumaly jednotlivé profily závitů (Obr. 74).



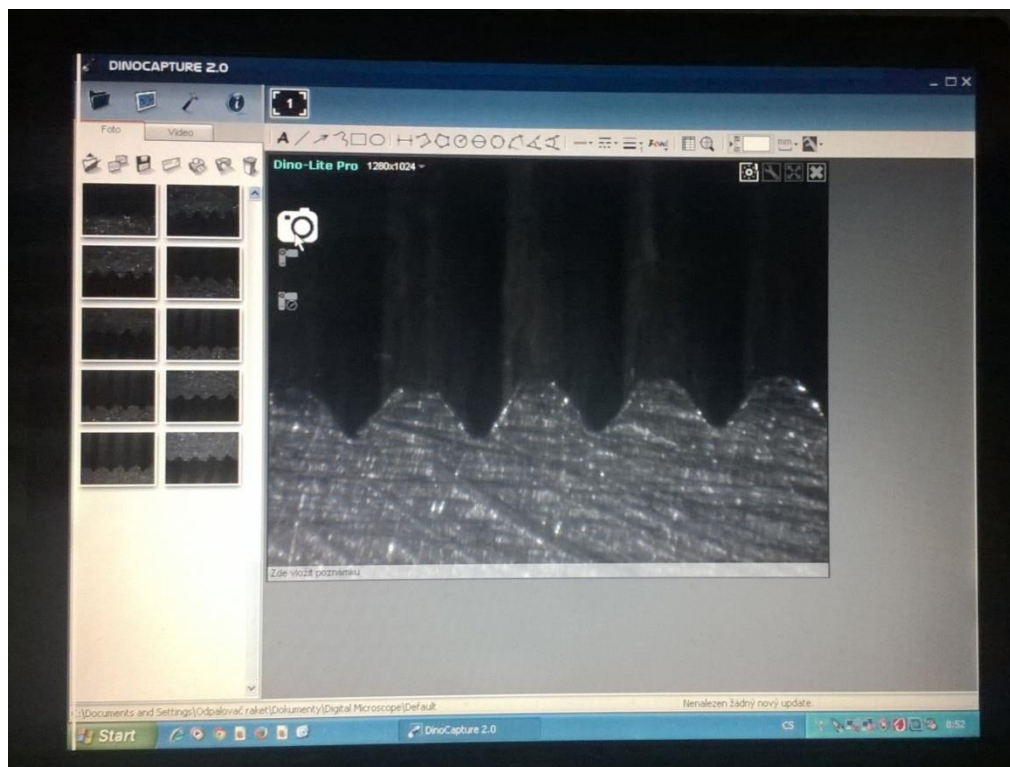
*Obr. 73. Rozfrézovaný dílec.*



*Obr. 74. Zkoumání profilu závitů pomocí mikroskopu.*



Pomocí programu DINO\_CAPTURE 2.0 se pořídily snímky jednotlivých profilů, které se mezi sebou porovnály (Obr. 75).



Obr. 75. Focení snímků v programu DINO\_CAPTURE 2.0.

Ze zobrazených profilů bylo zjištěno, že profily závitů u všech typů závitníků odpovídají negativům profilů závitníků.

## 6.2 Ekonomické zhodnocení

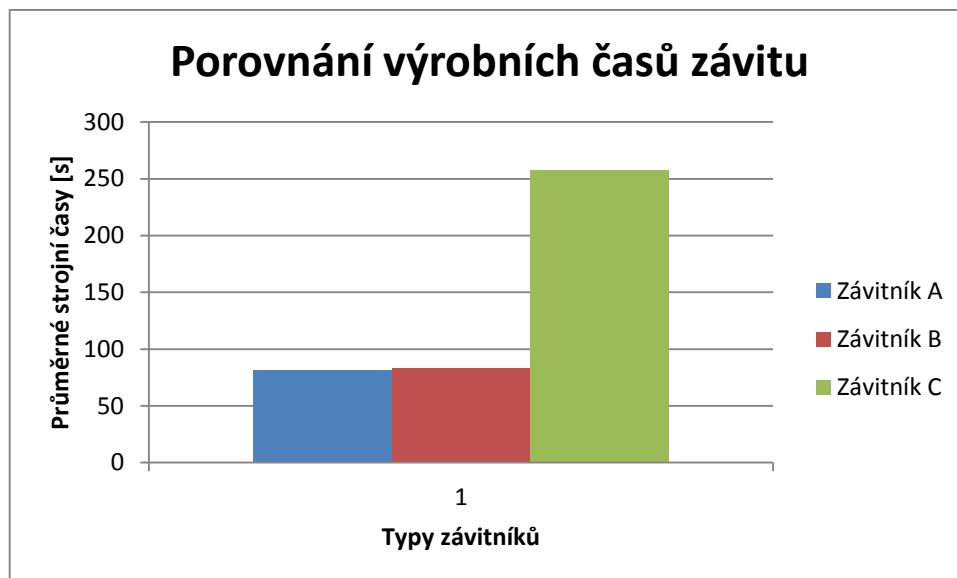
U ekonomického zhodnocení se porovnávaly výrobní časy pro zhotovení závitu a porovnání cen jednotlivých závitníků.

### 6.2.1 Porovnání výrobních časů

Výrobní časy jednotlivých závitníků v sekundách jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4) a vyhodnoceny v grafu (Obr. 76)

Tab. 4. Porovnání výrobních časů.

	přehled výrobních časů [s]					
	závitník a	závitník b	závitník c			Celkem
			předřezávací	řezací	dokončovací a kalibrovací	
č.m	přehled výrobních časů [s]					
1	81	83	99	79	85	263
2	82	84	95	78	85	258
3	80	85	94	78	86	258
4	83	83	92	76	84	252
5	81	83	98	77	83	258
6	81	82	96	79	83	258
7	82	84	94	78	85	257
8	80	82	95	75	86	256
9	80	80	92	74	84	250
10	83	84	94	76	82	252
11	80	86	99	79	83	261
12	85	85	99	80	83	262
13	81	85	98	81	86	265
14	82	81	98	80	85	263
15	83	82	96	79	84	259
16	84	86	97	76	84	257
17	80	84	95	77	82	254
18	79	84	94	76	82	252
19	78	83	99	79	84	262
20	82	83	99	78	83	260
21	81	83	98	76	83	257
22	81	84	99	79	82	260
23	81	82	96	79	84	259
24	82	86	94	78	86	258
25	82	84	95	77	82	254
26	83	82	94	77	82	253
27	80	83	99	78	84	261
28	80	84	96	79	86	261
29	82	83	98	79	82	259
30	79	83	99	78	83	260
průměr	81	83	96	78	84	258
smodch	1,53	1,41	2,23	1,57	1,38	3,69
Max	85	86	99	81	86	265
Min	78	80	92	74	82	250



Obr. 76. Graf s porovnáním výrobních časů.

Z porovnání výrobních časů řezání závitů je nejvýhodnější závitník A (průměrný čas 81s), druhý neoptimálnější byl závitník B (průměrný čas 83s), a nejdéle trvalo řezání závitů pomocí závitníků C (průměrný čas 258s), který se skládá ze 3 časů a musí se k němu ještě přičíst čas na výměnu jednotlivých závitníků, takže se celkový čas ještě zvýší o hodnoty výměny nástrojů, které byly 79s a 84s.

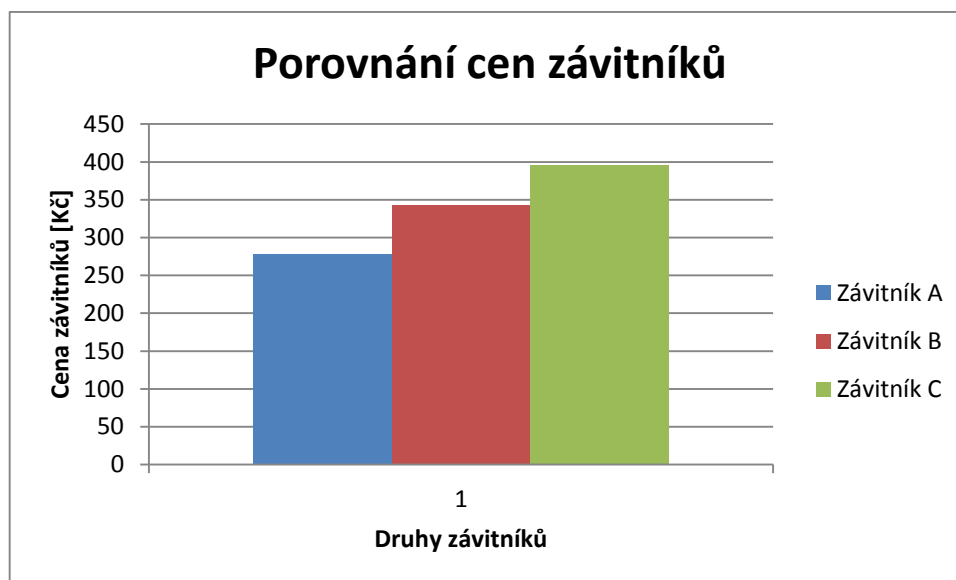
### 6.2.2 Porovnání cen závitníků

Porovnání cen závitníků je uvedeno v tabulce (Tab. 5) a vyhodnoceno grafem (Obr. 77)

Tab. 5 Porovnání cen závitníků.

Porovnání cen závitníků			
	Závitník A	Závitník B	Závitník C
cena	279	343	396





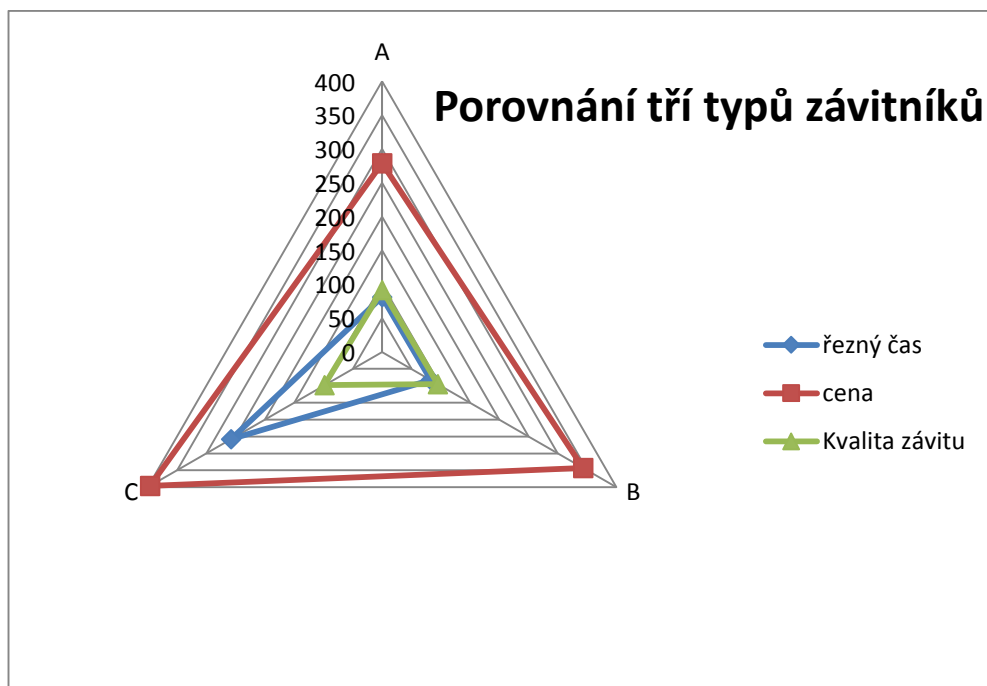
Obr. 77. Graf s porovnáním cen závitníků.

Cenově vyšel nejlépe závitník A, protože je z oceli HSSE a je bez povlaku. Druhý nejlevnější byl závitník B, který je vyrobený z HSS má OX povlak, a nejdražší je závitník C, které jsou v sadě po 3 kusech a jsou vyrobeny z HSS oceli.

## ZÁVĚR

Závity se staly nezbytnou součástí moderního světa díky svému praktickému využití při spojování a při přenášení pohybu. Při spojování můžeme využít i jiné technologie jako lepení, pájení, svařování atd. Výhodou spojení závitem je, že závit je rozebíratelný spoj, jenž je charakterizovaný tím, že se spojované součásti dají uvolnit a poté znovu spojit aniž by došlo k porušení původních vlastností.

Výhodnější je strojní řezání závitů, kdy při řezání závitů na soustruhu, frézce, vrtačce získáme závity, jejichž osy leží přesně na ose vyvrtané díry, oproti ručnímu řezání, kde se musí dávat pozor, aby byl závitník veden na díru kolmo, aby se osa vyrobeného závitu nevychylovala od osy díry. Následně vzhledem k poměrně vysokým řezným rychlostem se dosahuje podstatně kratších výrobních časů, než při ručním řezání závitů, a nemusí se odlamovat třísky opakovaným otáčením zpět přibližně o čtvrt otáčky, aby se závitník nezadřel a následně neulomil.



Obr. 78. Porovnání všech 3 typů závitníků v paprskovém grafu

U porovnání jednotlivých typů závitníků (Obr. 78) vychází cenově i výrobními časy nejlépe závitník A, který má ovšem nejhorší kvalitu závitů, a vlivem velikých řezných sil, které na závitník působí, bude mít také nejmenší životnost.

Závitník B je druhý nejlevnější, a má také druhý nejvýhodnější výrobní čas, a jako druhý skončil také ve kvalitě závitů a vzhledem k OX povlaku a k tomu, že na něj budou působit stejné řezné síly jako na závitník A bude mít také delší životnost než závitník A. Závitník C má nejlepší kvalitu, ale nejhorší cenu a také nejdelší výrobní čas, protože je to sada 3 závitníků. Na závitník C nepůsobí tak veliké řezné síly, protože se skládá ze 3 závitníků, které odebírají hloubku závitu postupně, než závitníky A i B, které odebírají celou hloubku naráz a proto bude mít nejdelší životnost.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Závít. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1vít>
- [2] SVOBODA, Pavel, František PROKEŠ a Jan BRANDEJS. *Základy konstruování*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 203 s. ISBN 9788072045358.
- [3] HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 2. část*. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 95 s. [cit. 2010-3-20]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
- [4] WISERNER, Manfred. *Vrtací závitořezné frézy zkracují výrobní časy. MM - Průmyslové spektrum*. 3/2009, č. 3, s. 46. ISSN 1212-257.
- [5] EMUGE - FRANKEN s.r.o. *Emuge - technika frézování závitů*. [online]. 1. 2. 2001 [cit. 28. března 2010]. Dostupné z: <http://www.emugefranken.cz/soubory/134cz.pdf>
- [6] SCIENTIFIC CUTTING TOOLS. Simi Halley, California, USA. *ThreadMill Help: Understanding Thread Mills* [online]. [cit. 27. ledna 2010]. Dostupné z: <http://www.sct-usa.com/millhelp.asp>
- [7] KENNAMETAL Inc. Latrobe, Pennsylvania, USA. *Thread Mills*. [online]. [cit. 28. března 2010]. Dostupné z: [http://www.kennametal.com/images/repositories/PDFs/009\\_Thread\\_Mills.pdf](http://www.kennametal.com/images/repositories/PDFs/009_Thread_Mills.pdf)
- [8] SCHULZ, E., et al. *Inženýrská příručka pro stavbu strojů II*. Kolektiv překladatelů. 1. Auflage. Berlín: Springer-Verlag, 1956. 948 s.
- [9] KOČMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Druhé vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., prosinec 2005. 271 s. ISBN 8021430680.

- [10] HOFFMANN GROUP. Munich, Germany. *Garant příručka obrábění*. [online]. [cit. 17. února 2010]. Dostupné z:  
<http://www.hoffmannmbh.de/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf>
- [11] Výroba vnitřních závitů tvářením. *Průmyslové spektrum* [online]. 2001 [cit. 2009-03-22]. Dostupné z:  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-vnitrnich-zavitu-tvarenim>.
- [12] *EMUGE - Technologie závitování* [online]. [2003] [cit. 2009-04-25]. Dostupné z: <http://www.emuge.de>
- [13] *CarborundumElectrite*[online]. 10. listopadu 2003 [cit. 2010-05-19]. Brusné nástroje. Dostupné z:  
<http://www.probrus.com/brusivo/carbo/nabidka.htm>.
- [14] HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 3. část*. [online]. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s. [cit. 2010-3-20]. Dostupné z:  
[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf)
- [15] DLOUHÝ, M. *Technologie obrábění vnějších závitů: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 32 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Prokop, CSc.
- [16] PERNÍKÁŘ, J., JAROŠOVÁ, J., KRUŽÍK, M. *Metrologie-Návody do laboratorních cvičení*. BRNO: VUT v BRNĚ, UST, studijní opory, 2003. S.45.
- [17] ČECH, J., PERNÍKÁŘ, J., PODANY, K. *Strojní metrologie*. BRNO: Akademicko nakladatelství CERM, s.r.o. 2005. 176 s.

- [18] M&V. *Katalog závitorezných nástrojů* [online]. ulice 4. května 288, 755 01 VSETÍN, 2000 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: [http://www.mav.cz/data/katalog/k\\_zavit.pdf](http://www.mav.cz/data/katalog/k_zavit.pdf)
- [19] VÁVRA, J. – LEINVEBER, J. *Strojírenské tabulky*, ALBRA 2006, ISBN 80-7361-033-7

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

M	Metrický závit
d	Průměr
P	Rozteč
G	Trubkový závit válcový
KG	Trubkový závit kuželový
Rd	Oblý závit
E	Edisonův závit
Tr	Lichoběžníkový závit rovnoramenný
S	Lichoběžníkový závit nerovnoramenný
n	Otáčky
$v_f$	Rychlost posuvu
$v_c$	Řezná rychlost
CNC	Computer numerice kontrol
mm	Milimetr
cm	Centimetr
MPa	Megapascal
%	Procento
RO	Rychlořezná ocel
$\chi$	Úhel nastavení hlavního ostří
VBD	Vyměnitelné břitové destičky
SK	Slinuté karbidy
$\alpha$	Úhel hřbetu nástroje
$\beta$	Úhel břitu nástroje
$\gamma$	Úhel čela nástroje
$\varepsilon$	Úhel špičky nástroje

---

HSS	Rychlořezná ocel
HSSE	Vysoce výkonná rychlořezná ocel
HSSE PM	Vysoce výkonná rychlořezná ocel vyrobená pomocí práškové metalurgie
HV	Tvrdost podle Vickerse
s	Sekunda
z	Počet zubů
d <sub>2</sub>	Střední průměr
Md <sub>2</sub>	Průměr přes drátky
ČSN	Česká státní norma
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
EN	Evropská norma
DIN	Deutsche Industrie-Norm
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti v tahu
R <sub>e min</sub>	Minimální mez pevnosti ve smyku
HB	Tvrdost podle Brinella
Ø	Průměr
min.	Minuta
OX	Oxidační povlak
°C	Stupeň celsia



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Rozdělení podle smyslu vinutí. [1]</i> .....	12
<i>Obr. 2. Rozdělení podle počtu závitů. [1]</i> .....	12
<i>Obr. 3. Rozdělení podle tvaru profilu.[1]</i> .....	13
<i>Obr. 4. Metrický závit.[2]</i> .....	14
<i>Obr. 5. Whitworthův závit.[2]</i> .....	14
<i>Obr. 6. Trubkový závit.[2]</i> .....	15
<i>Obr. 7. Oblý závit. [2]</i> .....	15
<i>Obr. 8. Edisonův závit.[2]</i> .....	15
<i>Obr. 9. Lichoběžníkový závit</i> .....	16
<i>Obr. 10. Lichoběžníkový</i> .....	16
<i>Obr. 11. Soustružení závitů.</i> .....	17
<i>Obr. 12. Způsob záběru třísky.</i> .....	18
<i>Obr. 13. Porovnání velikosti frézy</i> .....	19
<i>Obr. 14. Cirkulární frézování závitu do plného materiálu. [5]</i> .....	20
<i>Obr. 15. Interpolační pohyb. [6]</i> .....	21
<i>Obr. 16. Principy pohybu pro frézování vnitřního závitu. [7]</i> .....	21
<i>Obr. 17. Pohyb podél tangenciální</i> .....	22
<i>Obr. 18. Radiální princip pohybu.[7]</i> .....	22
<i>Obr. 19. Principy pohybu pro frézování vnějšího závitu.[7]</i> .....	23
<i>Obr. 20. Pohyb podél tangenciální křivky</i> .....	23
<i>Obr. 21. Radiální princip pohybu (vnější závit).[7]</i> .....	24
<i>Obr. 22. Pohyb podél tangenciální přímky. [7]</i> .....	24
<i>Obr. 23. Vratidlo</i> .....	25
<i>Obr. 24. Závitová hlava a morse kužel.</i> .....	26
<i>Obr. 25. Závitová čelist ve vratidle</i> .....	26
<i>Obr. 26. Broušení závitů jednodílným kotoučem.[3]</i> .....	27
<i>Obr. 27. Broušení závitů hřebenovým kotoučem,</i> .....	28
<i>Obr. 28. Schéma Lapování. [14]</i> .....	29
<i>Obr. 29. Tváření závitu.[12]</i> .....	30
<i>Obr. 30. Schematický rozdíl mezi řezaným a tvářeným závitem. [12]</i> .....	31
<i>Obr. 31. Rozdíl mezi tvářeným a řezaným závitem.[12]</i> .....	31
<i>Obr. 32. Elektrody pro vnitřní a vnější závit.</i> .....	32

<i>Obr. 33. Pracovní prostor stroje.</i> .....	33
<i>Obr. 34. Jednoprofilový nůž.[15]</i> .....	34
<i>Obr. 35. Hřebenový nůž.</i> .....	35
<i>Obr. 36. Kotoučové nože.</i> .....	35
<i>Obr. 37. Frézování závitu</i> .....	36
<i>Obr. 38. Frézování závitu</i> .....	37
<i>Obr. 39. Hřebenové a jednoprofilové</i> .....	37
<i>Obr. 40. Výroba závitu pomocí frézy s VBD. [3]</i> .....	38
<i>Obr. 41. Výroba závitu</i> .....	38
<i>Obr. 42. Závitník s přímou drážkou a s drážkou ve šroubovici.</i> .....	39
<i>Obr. 43. Závitník.</i> .....	39
<i>Obr. 44. Druhy závitníků (a) sadové, b) strojní,</i> .....	40
<i>Obr. 45. Schéma odebraného materiálu jednotlivými sadovými závitníky</i> .....	41
<i>Obr. 46. Závitové čelisti.</i> .....	42
<i>Obr. 47. Závitové hlavy (a) s plochými noži,</i> .....	42
<i>Obr. 48. Závitové měrky.</i> .....	43
<i>Obr. 49. Závitové kalibry (a) válečkové kalibry, b) třmenový kalibr,</i> .....	43
<i>Obr. 50. Kontrola vyměnitelnými doteky. [16]</i> .....	44
<i>Obr. 51. Kontrola středního</i> .....	45
<i>Obr. 52. Kontrola středního průměru <math>d_2</math>.</i> .....	45
<i>Obr. 53. Komparační měřidlo,</i> .....	46
<i>Obr. 54. Kontrola středního průměru <math>D_2</math></i> .....	46
<i>Obr. 55. Použitý materiál.</i> .....	48
<i>Obr. 56. Výkres s rozměry polotovaru</i> .....	49
<i>Obr. 57. Polotovar pro zkoušky.</i> .....	49
<i>Obr. 58. Sloupová vrtačka Optimum B 40 GSM</i> .....	50
<i>Obr. 59. Tabulky pro vrtání: a) řezné podmínky, b) průměry děr pro závity.[19]</i> .....	51
<i>Obr. 60. Zvolené otáčky pro vrtání.</i> .....	52
<i>Obr. 61. Vrták <math>\varnothing 8,5\text{mm}</math> ČSN 221121.</i> .....	52
<i>Obr. 62. Vrtání otvorů <math>\varnothing 8,5\text{mm}</math>.</i> .....	53
<i>Obr. 63. Strojní závitník M10x1,5 – DIN 376[18]</i> .....	54
<i>Obr. 64. Strojní závitník M10x1,5 – DIN 376[18]</i> .....	54
<i>Obr. 65. Ruční sadové závitníky</i> .....	55

---

<i>Obr. 66. Závitořezná bezpečnostní hlava Zhb 21.[18]</i> .....	56
<i>Obr. 67. Zvolené otáčky pro řezání závitů.</i> .....	56
<i>Obr. 68. Řezání závitů závitníkem A.</i> .....	57
<i>Obr. 69. Řezání závitů závitníkem B.</i> .....	57
<i>Obr. 70. Řezání závitů závitníkem C.</i> .....	58
<i>Obr. 71. Kontrola kalibrem.</i> .....	59
<i>Obr. 72. Graf s naměřenými hodnotami pomocí kalibru.</i> .....	60
<i>Obr. 73. Rozfrézovaný dílec.</i> .....	61
<i>Obr. 74. Zkoumání profilu závitů.</i> .....	61
<i>Obr. 75. Focení snímků v programu DINO-CAPTURE 2.0.</i> .....	62
<i>Obr. 76. Graf s porovnáním výrobních časů.</i> .....	64
<i>Obr. 77. Graf s porovnáním cen závitníků.</i> .....	65
<i>Obr. 78. Porovnání všech 3 typů závitníků v paprskovém grafu</i> .....	66

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Rozdělení Metrického závitu. [2]</i> .....	14
<i>Tab. 2. Dělení lichoběžníkového závitu rovnoramenného.[2]</i> .....	16
<i>Tab. 3. Kontrola kalibrem</i> .....	60
<i>Tab. 4. Porovnání výrobních časů.</i> .....	63
<i>Tab. 5 Porovnání cen závitníků.</i> .....	64

## SEZNAM PŘÍLOH