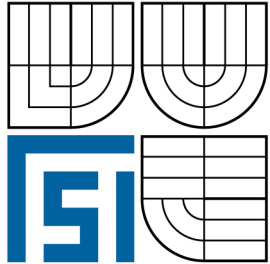


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**VÝROBA ZÁVITOVÝCH DĚR V PODÉLNÝCH
TENKOSTĚNNÝCH PROFILECH (TŘÍSKOVÉ
OBRÁBĚNÍ VERSUS TVÁŘENÍ NA PRINCIPU
TŘECÍHO TEPLA)**

MACHINING THREADING HOLES WITH CUTTING OPERATION AND SHAPING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

NADĚŽDA POLÁČKOVÁ

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Poláčková Naděžda

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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 závitových děr v podélných tenkostěnných profilech (třískové obrábění versus tvářeni na principu třecího tepla).

v anglickém jazyce:

Machining threading holes with cutting operation and shaping.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování teoretické technologické a konstrukční části k zadaným způsobům výroby děr. Technologický návrh pro konkrétní výrobu nejpoužívanější řady závitových děr. Celkové vyhodnocení s doporučením metody včetně nástrojů.

Cíle bakalářské práce:

Vyhodnocení obou zadaných metod a doporučení optimální varianty pro konkrétní typické situace ve firmách i s uvedením náhradního řešení.

Seznam odborné literatury:


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



Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 20.11.2008 17:33

L.S.


doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru Strojírenská technologie předkládá návrh technologie výroby závitových děr v podélných tenkostěnných profilech. Jsou posuzovány dvě technologie pro výrobu vnitřních závitů v profilech, a to třískové obrábění versus tváření na principu třecího tepla.

Klíčová slova

Výroba závitů, třískové obrábění, termální tváření

ABSTRACT

Project made within the scope of bachelor study in branch Manufacturing technology. It presents suggestion of the technology of the production of threading holes in thin-walled profiles. They are considered two technologies for the machining of threading holes in profiles, respectively a cutting operation versus shaping on the base of a friction heat.

Key words

Machining threading holes, cutting operations, thermal shaping

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

POLÁČKOVÁ, Naděžda. *Výroba závitových děr v podélných tenkostěnných profilech (třískové obrábění versus tváření na principu třecího tepla)*. [s.l.], 2009. 31s, 4 přílohy. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Výroba závitových děr v podélných tenkostěnných profilech (třískové obrábění versus tváření na principu třecího tepla) vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce, a na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

Datum 26. 5. 2009

.....
Naděžda Poláčková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Titulní list	1
Zadání	2
Abstrakt	4
Prohlášení	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	8
1 TECHNOLOGIE VÝROBY ZÁVITŮ.....	9
1.1 Obrábění	9
1.1.1 Řezání závitů.....	9
1.1.2 Soustružení závitů	11
1.1.3 Frézování závitů	13
1.1.4 Broušení závitů.....	15
1.2 Tváření	16
1.2.1 Válcování závitů plochými čelistmi	16
1.2.2 Válcování závitů pomocí kotoučových čelistí.....	16
1.2.3 Tváření pomocí tvářecích závitníků	18
1.3 Termální tváření závitů	19
1.4 Další možnosti zhotovení závitů v tenkostěnných profilech	20
2 MOŽNOSTI POUŽITÍ	21
2.1 Soustružení závitů radiálním nožem.....	21
2.2 Frézování závitů vrtacími závitoreznými frézami	22
2.3 Termální tváření	24
3 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	26
Závěr	28
Seznam použité literatury	29
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	30
Seznam příloh	31

ÚVOD

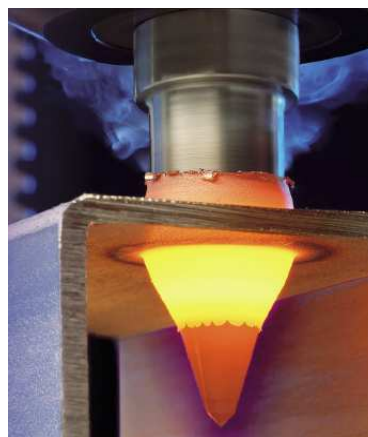
Závit a závitové spojení představuje jeden z velmi významných konstrukčně–technologických prvků strojírenských součástí. Ve výrobcích jsou závity používány jako důležité spojovací a pohybové elementy. Jelikož při montáži plní velmi významnou funkci, je potřeba při jejich výrobě dodržovat úzké tolerance s ohledem na rozměr, tvar a polohu závitového profilu, což klade vysoké nároky na jejich výrobu.

Závit je vlastně technický prvek, jehož tvar je určen závitovou plochou. Ta vznikne navinutím profilu na válec podél šroubovice. Závit může být pravý (ten je obvyklejší) nebo levý. Dále pak podle umístění může být vnitřní nebo vnější. Dalším možným rozdělením je jednoduchý nebo vícechodý.

Nejrozšířenější závit je metrický, Whitworthův, dále pak např. trubkový. Ze závitů šroubů pohybových se používá závit obdélníkový, lichoběžníkový rovnoramenný, lichoběžníkový nerovnoramenný. Ze závitů pro speciální účely je normalizován závit Edisonův, závit pro pojistky a v optice okulárový závit.

Závity se řezou pomocí závitníků, závitových čelistí a závitových hlav ručně nebo strojně, vyrábějí se soustružením a frézováním, přesné závity se dokončují broušením a lapováním. U tvárných materiálů se zhotovují tvářením.

Ve své práci porovnávám dva způsoby výroby závitů v tenkostěnných profilech. Prvním způsobem je výroba závitů obráběním, dalším možným způsobem je beztržisková metoda, kterou je termální tváření závitů.



Obr. 1 Metody výroby závitů (5)

1 TECHNOLOGIE VÝROBY ZÁVITŮ

1.1 Obrábění

Pro výrobu závitů obráběním se používají tyto technologie (1):

- řezání závitů,
- soustružení závitů,
- frézování závitů,
- broušení závitů.

1.1.1 Řezání závitů (1)

Nástrojem pro výrobu závitů je závitník. Je to mnohabřitý nástroj, který má základní tvar šroubu, v němž jsou vyříznuty drážky pro odvod třísek. Drážky ale zmenšují pevnost závitníku, a z toho důvodu se vyrábějí také závitníky s jednou drážkou, která může být průchozí po celé délce závitníku nebo kratší pouze na jeho řezné části. Tyto závitníky snesou větší namáhání na krut a jsou vhodné pro řezání závitů do materiálu o vyšší pevnosti. Sklon neprůběžné drážky umožňuje odvádění třísek před závitník, což je zvláště vhodné pro řezání v průchozích otvorech.

Pro strojní řezání se používá obvykle jeden závitník s kratším řezným kuželem. Drážky, které jsou v závitnících, jsou rovné nebo ve šroubovici. Šroubovitě drážky lépe odvádějí třísky (viz obr. 1.1 a dále příloha 1)



Obr. 1.1 Strojní krátký závitník (10)
a) s přímou drážkou a lamačem, b) se šroubovitou drážkou 15°

Do velikosti závitu M60 jsou používány závitníky se stopkou, která může být krátká nebo dlouhá, dále potom také průchozí nebo zesílená. Drážka krátká snáší větší namáhání na krut. Drážka zesílená se používá pro závity do M10.

Při strojním řezání jsou závitníky upínány do kleštin do závitových hlav. Závitová hlava se upíná do vrtačky, a to pomocí Morse kužele nebo se namontuje na vřeteno vrtačky. Závitové hlavy zamezují poškození závitníku a umožňují okamžitou změnu směru otáčení závitníku po vyřezání závitu předepsané délky.

Hlavní části závitníků:

- řezná část,
- vodící část,
- dokončovací část,
- stopka.

Stopka bývá zpravidla opatřena čtyřhrannem nebo má jinak upravenou upínací nebo unášecí část. Mezi drážkami jsou zuby, které tvoří ozubené hřebeny. Jádro je plná část ve středu závitníku, která je průměrově omezená dnem drážek. Podle úhlu skonu drážek se řídí směr odvádění třísek ke stopce nebo od stopky.

Při volbě vhodného závitníku je důležitá velikost, tvar a úprava činných částí závitníku. Tyto parametry musí odpovídat vlastnostem obráběného materiálu.

Závitníky se vyrábějí z nástrojové a rychlořezné oceli. Kinematika závitníků spočívá zpravidla v otáčení kolem jejich osy, ve směru této osy se posouvají k obrobku, a postupným odebráním třísek vznikne v předvrtaných válcových otvorech závit předepsaného profilu a rozměru.

1.1.2 Soustružení závitů (2)

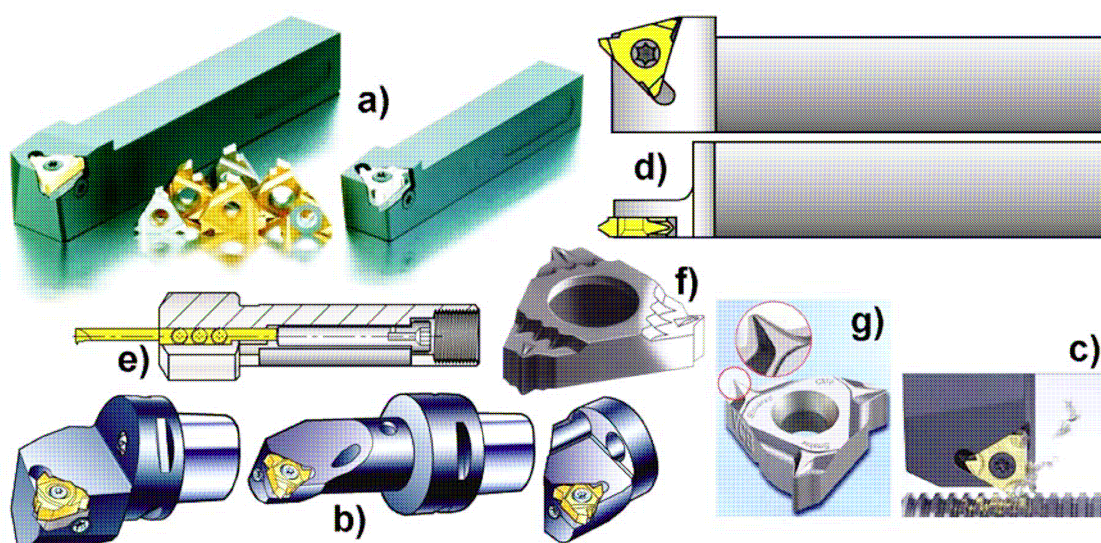
Pro obrábění závitů soustružením se používá soustružnický nůž s jedním profilem nebo se soustruží s nožem hřebínkovým radiálním či v současné době nejvíce rozšířenými noži s břitovými destičkami (obr. 1.2).

Princip soustružení závitu jednoprofilovým nožem je založen na posuvu v závislosti na otáčkách obrobku. Špička břitu nástroje řeže do obrobku šroubovou drážku, která tvoří závit šroubu se stoupáním.

Při posuvném pohybu je břit veden podél osy obrobku, poté vyjede ze záběru, je vrácen do výchozí polohy a následuje další záběr v drážce, který tvoří předobrobený závitový profil.

Rychlost posuvu je hlavní veličinou, která musí být v souladu se stoupáním závitu. Tohoto lze dosáhnout různými prostředky, jako jsou: vodící šroub, vačka, číslicové řízení nebo podprogram u CNC strojů.

Závity se soustruží na univerzálních, revolverových, poloautomatických a různých speciálních soustruzích. Posuv nástroje na otáčku je roven stoupání soustružnického závitu.



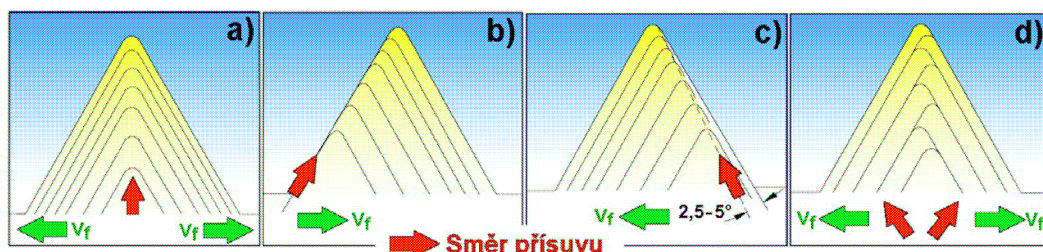
Obr. 1.2 Nástroje pro soustružení závitů (3)

a) radiální nože pro vnější závity, b) hlavice pro vnější závity, c) radiální nůž pro vnější závity, d) radiální nůž pro vnější závity, e) radiální nůž pro vnitřní závity malých průměrů, f) závitová destička s utvařečem, g) závitová destička s utvařečem

Pro soustružení vnějších závitů se používají speciální závitové nože, jejichž profil je odvozen od profilu daného závitu. Starší typy nožů jsou celistvé (vyrobené obvykle z rychlořezné oceli, případně z konstrukční oceli, s připájenou VBD ze slinutého karbidu) a mohou být jednoprofilové (radiální nebo kotoučové) nebo hřebínkové (prizmatické nebo kotoučové).

Jednoprofilovým nožem se závit řeže postupně na několik záběrů, u hřebínkových nožů jsou první profily zkoseny, takže umožňují vyřezat závit na jeden záběr.

Rozlišujeme čtyři druhy přísuvu, kterými je možné vytvářet profil závitů, (obr. 1.3).



Obr. 1.3 Způsoby postupného soustružení závitů (3)

a) radiální přísuv, b) boční přísuv, c) boční přísuv s odklonem, d) střídavý přísuv

Při postupném řezání se nejčastěji využívá radiální přísuv (obr. 1.3a), který je kolmý na osu rotace obrobku. Zde dochází k rovnoměrnému úběru obráběného materiálu na obou bocích profilu závitů. Tento způsob je vhodný pro výrobu závitů se stoupáním menším než 1,5 mm. Výhodou tohoto způsobu obrábění je příznivá tvorba třísky, rovnoměrné opotřebení břitu nástroje, k nevýhodám patří náchylnost ke vzniku kmitání u závitů s větším stoupáním. Používá se zejména pro obrábění materiálů, které tvoří krátkou třísku a pro materiály se sklonem ke zpevňování za studena, např. oceli s nízkým obsahem uhlíku a korozivzdorné oceli.

Boční přísuv (obr. 1.3b) snižuje tepelné zatížení špičky nástroje, a tím i opotřebení. Vytvářená tříska je dobře tvarována a odváděna z místa řezu. Používá se pro řezání závitů se stoupáním větším než 1,5 mm a pro trapézové závitů. Nevýhodou je tření pravého břitu nástroje o pravý bok obráběného profilu a následné nepravidelné opotřebení břitu nástroje, a dále pak také zhoršení jakosti povrchu na pravém boku vytvářeného závitového profilu.

Boční přísuv s odklonem 3° až 5°, který je znázorněn na (obr. 1.3c), eliminuje tření na boku profilu, které vzniká při soustružení závitů s bočním přísuvem.

Střídavý přísuv (obr. 1.3d) je doporučován pro soustružení závitů s velkým stoupáním v materiálech, které tvoří dlouhou, špatně utvářenou třísku. Výhodou je rovnoměrné rozdělení úběru materiálu na pravý a levý břit nástroje, čili rovnoměrnější opotřebení, nevýhodou jsou vyšší nároky na programování obráběcího stroje.

U všech jmenovaných způsobů soustružení závitů se doporučuje provést poslední, dokončovací záběr radiálním přísuvem, a to zejména z důvodu snížení hodnoty R_a vyřezaného závitů.

1.1.3 Frézování závitů (6), (3)

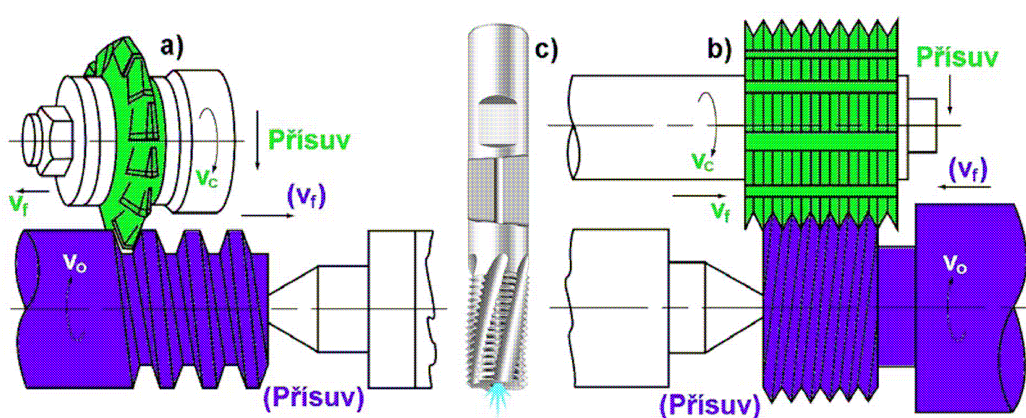
Frézy jsou mnohábřité nástroje, kde hlavní pohyb koná nástroj. Pro výrobu závitů se používají tyto frézy:

- kotoučová fréza,
- hřebenová válcová fréza,
- frézy s VBD.

Závitové kotoučové frézy, které jsou obvykle vyrobeny z rychlořezných ocelí (obr. 1.4a), jsou jednoprofilové nástroje, které se používají pro frézování dlouhých vnějších závitů, jako např. u pohybových šroubů s lichoběžníkovým závitem. Fréza má profil závitové mezery a je vykloněna pod úhlem stoupání závitu. Za jednu otáčku obrobku se fréza nebo obrobek posune o délku stoupání závitu.

Hřebenové válcové závitové frézy jsou vyráběny jako nástrčné, obvykle z rychlořezných ocelí (obr. 1.4b) nebo stopkové, monolitní, z nepovlakovaných nebo povlakovaných slinutých karbidů (obr. 1.4c). Jejich válcová plocha je tvořena závitovým profilem, přerušeným přímými nebo šroubovitými drážkami. Vyfrézování celého závitu se provede na 1,25 až 1,5 otáčky obrobku, malopřůměrové nástroje lze použít i na výrobu vnitřních závitů.

Fréza i obrobek konají rotační pohyb kolem své osy a současně se musí posouvat relativně proti sobě ve směru osy o jedno stoupání frézovaného závitu na jednu otáčku obrobku.



Obr. 1.4 Metody frézování závitů (3)

a) kotoučová fréza, b) hřebenová válcová nástrčná fréza, c) hřebenová válcová stopková fréza s vnitřním přívodem řezné kapaliny

Stopkové závitové frézy s VBD (obr. 1.5) umožňují velmi produktivním způsobem frézovat dlouhé vnější i vnitřní pravé nebo levé závity. U vnitřního závitu musí být průměr frézy menší než $\frac{2}{3}$ průměru řezaného závitu. VBD má hřebenovitý tvar s profilem odpovídajícího závitu.

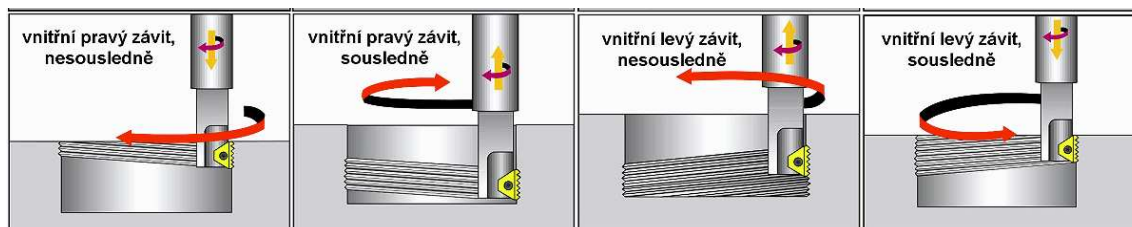


Obr. 1.5 Stopkové závitové frézy s VBD (3)

Fréza s mechanicky upnutou VBD z nepovlakovaného nebo povlakovaného slinutého karbidu provádí planetový rotační pohyb, tzn. že rotuje kolem své vlastní osy a současně kolem osy obráběného závitu (obr. 1.6), a zároveň se relativně posouvá vzhledem k ose obrobku o jedno stoupání závitu na jednu otáčku obrobku. V případě řezání delšího závitu se uvedená operace několikrát opakuje, s osovým posunutím o odpovídající délku závitu (závisí na délce VBD).

Při aplikacích na CNC frézkách s možností programování kruhové interpolace je závit vyroben planetovým pohybem nástroje při jeho současném osovém posuvu.

Nástrojem s jedinou VBD lze tedy vyrábět závity v určitém rozsahu průměrů a délek. Omezujícími faktory jsou pouze stoupání závitu dané destičky a nutnost použití CNC obráběcího stroje, jehož číslkové řízení umožňuje provádět kruhovou interpolaci.



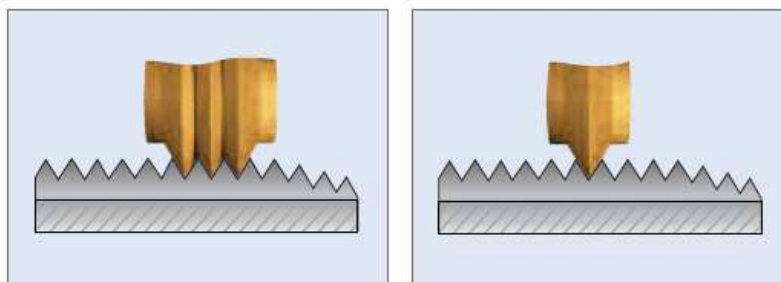
Obr. 1.6 Technologie výroby závitů pomocí frézy s VBD (3)

1.1.4 Broušení závitů (3)

Broušení vnějších závitů se používá pro přesné šrouby, u kterých jsou kladeny vysoké požadavky na průměrnou aritmetickou úchylku profilu, dále na profil závitů a stoupání závitů. Vnější závit se nejčastěji brousí na speciálních závitových bruskách jednodílným nebo hřebenovým kotoučem. Před vlastním broušením jsou kotouče tvarovány a ořovnány, jednodílnové kotouče pomocí diamantových ořovnávačů, hřebenové kotouče pomocí tvarovacích kladek.

Vnitřní závit se brousí obdobně jako závit vnější, musí se ale použít kotouče malých průměrů. Nastavení kotouče do předřezaného závitů je ve srovnání s vnějším broušením obtížné.

Jednodílnými kotouči se brousí jen nejpřesnější závitů na měřidlech od průměru 25 mm. Zapichovacího způsobu broušení hřebenovým kotoučem se používá na jemné závitů délky do 20 mm. Ostatní vnitřní závitů jsou broušeny podélným způsobem.



Obr. 1.7 Broušení závitů (9)

1.2 Tváření (3)

Je to vysoce produktivní beztřískový tvářecí postup, který spočívá ve vytlačování závitu na svorníku pomocí plochých nebo kotoučových čelistí, které mají tvar profilu vyráběného závitu. Při vnikání válcovacího nástroje do materiálu dochází ke zvětšování výchozího průměru polotovaru. Při této technologii výroby závitů nedochází k úběru obráběného materiálu ve formě třísky, ale k jeho plastické deformaci.

Výhody: podstatně menší základní strojové časy oproti třískovému obrábění, úspora cenné suroviny a vyloučení odstraňování třísek, lisováním vyleštěná plocha profilu s těmi nejlepšími kluznými vlastnostmi a odolností proti opotřebení.

Pro výrobu závitů tvářením se používají tyto technologie:

- válcování závitů plochými čelistmi,
- válcování závitů pomocí kotoučových čelistí,
- tváření pomocí tvářecích závitníků.

1.2.1 Válcování závitů plochými čelistmi (3)

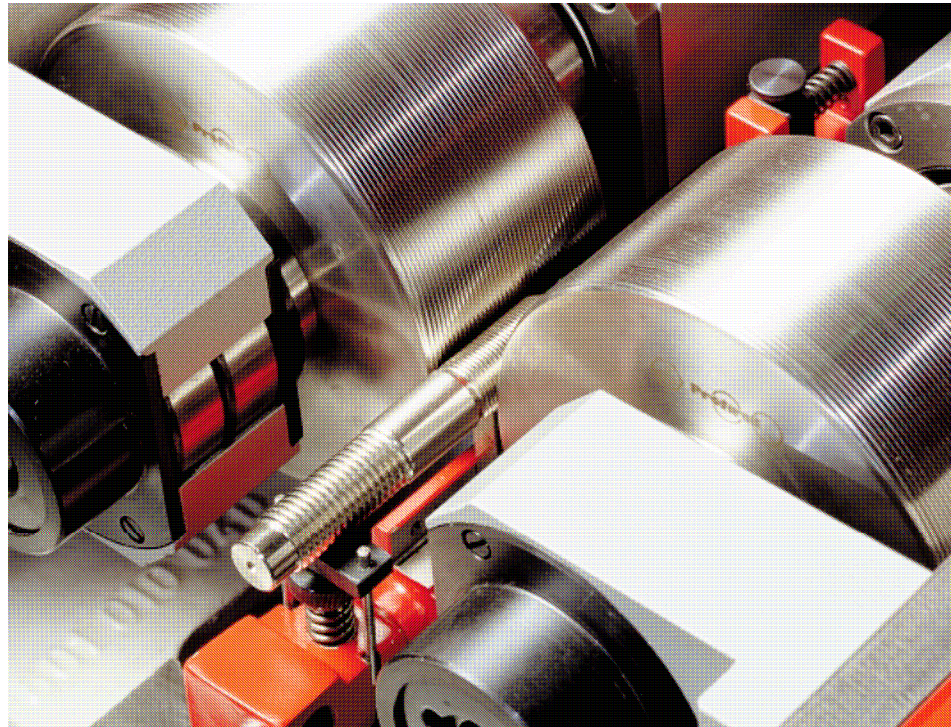
Při válcování závitu plochými čelistmi je polotovar podáván mezi dvě kalené čelisti (pro každé stoupání se používá jiná dvojice), z nichž horní je pohyblivá. Závit je vyválcován při jednom zdvihu horní čelisti, součást při tom vykoná přibližně 2 otáčky. Rozměrové odchylky jsou při tomto způsobu válcování poměrně vysoké, metoda je vhodná zejména pro výrobu běžných spojovacích šroubů.

1.2.2 Válcování závitů pomocí kotoučových čelistí (3)

Válcování závitu pomocí kotoučových čelistí se používá častěji a může být realizováno radiálním nebo axiálním způsobem.

Při radiálním způsobu se používají dva kotouče, na kterých je vytvořen negativ profilu válcovaného závitu. Oba kotouče jsou poháněny, otáčejí se ve stejném smyslu a přibližují k polotovaru, závit je vytvořen během několika jeho otáček. Délka vyráběného závitu je omezena jejich šířkou.

Pro tento způsob výroby závitů jsou používány speciální stroje (obr. 1.8, technické parametry jsou uvedeny v příloze 2), které umožňují válcovat šrouby s normálním a plochým závitem případně i jiné profily. Pokud je třeba válcovat delší závity, využívá se axiální pohybu obrobku.



Obr. 1.8 Válcovací stroj na závity PR 31,5.1 (11)

Při axiálním způsobu je závit tvářen pomocí tří volně otočných kotoučů, které jsou vzájemně přesazeny o $1/3$ stoupání závitu, a jejichž osy jsou mimoběžné, skloněné k ose polotovaru o úhel stoupání závitu, nebo jsou s ní rovnoběžné.

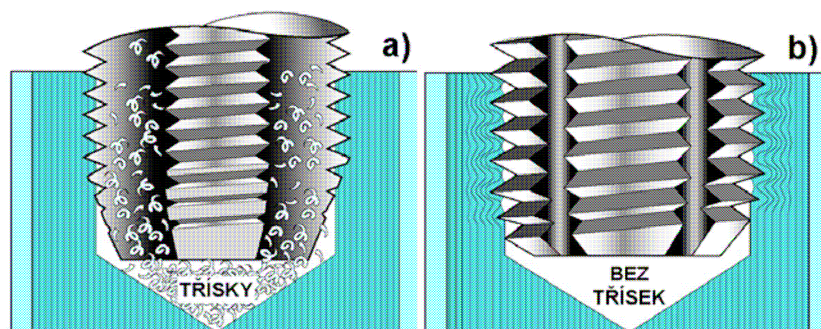
Všechny tři kotouče mají na svém obvodu vytvořen negativ profilu závitu v uzavřených okruzích, náběhové plochy jsou kuželovitě sražené. Stejně sražení má i polotovar. Při válcování se vzájemná poloha kotoučů nemění, polotovar se otáčí a je vtahován mezi válcovací kotouče. K válcování závitů axiálním způsobem lze využít revolverové a automatické soustruhy.

1.2.3 Tváření pomocí tvářecích závitníků (3)

Vnitřní závity jsou vyráběny pomocí tvářecích závitníků, které pracují na principu plastické deformace předvrtané díry. Deformovaný materiál se zpevňuje a není narušena jeho vnitřní struktura, což podstatně zvyšuje pevnost, spolehlivost a životnost závitu (obr. 1.9).

Tvářecí závitníky jsou často vyráběny jako monolitní nástroje (obr. 1.10), z nepovlakovaných nebo povlakovaných slinutých karbidů, nebo mají konstrukci s vyměnitelnou hlavici.

Stabilní a přesné spojení tělesa a hlavice je zajištěno prostřednictvím unášeče základního tělesa (čtyřhranné výstupky, které zapadají do odpovídajících drážek hlavice) a centrální kuželové díry hlavice, oba díly (těleso a hlavice) jsou spojeny šroubem. Ocelová stopka je v důsledku své vyšší torzní tuhosti schopna přenést velké kroucí momenty (technické parametry jsou uvedeny v příloze 3).



Obr. 1.9 Rozdíly při výrobě vnitřního závitu: (3)

a) řezací závitník, b) tvářecí závitník

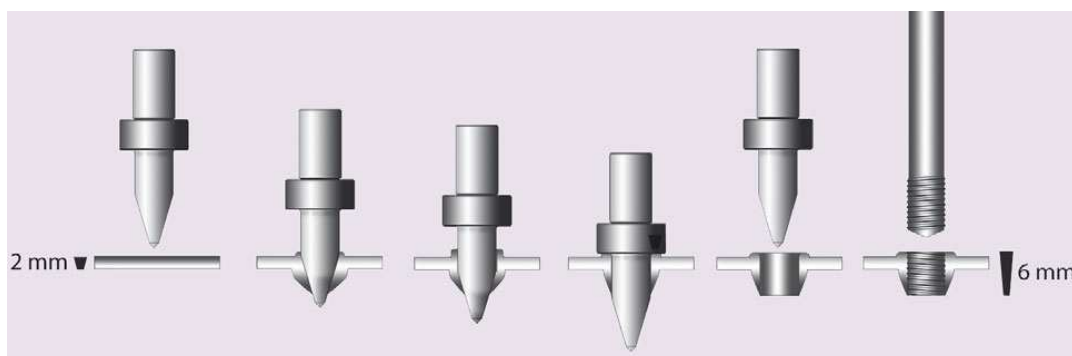


Obr. 1.10 Tvářecí závitník (10)

1.3 Termální tváření závitů (5)

Tepelné tváření otvorů se podobá běžnému vrtání. Tato technologie spočívá v kombinaci „propichování“ materiálu za působení rotace, tlaku a speciální geometrie karbidového nástroje, ve tvaru hrotu, za vysokých otáček a současném vzniku dostatečného tepla k tomu, aby materiál okolo vrtáku změknl a stal se tvárným. Takto se vytvoří přesná díra bez vrtání a bez vzniku odpadu, jelikož přebytečný materiál je vytlačen na druhou stranu, kde vytvoří lem otvoru a to bez přidání dalších materiálů, což se dříve řešilo použitím nýtovací, navařované nebo rozklepávací matice. Následuje použití speciálního tvářecího závitníku.

V místě takto vzniklého lemu lze pak vyřezat až třikrát více závitů, než v původním materiálu. Získáme tak velmi stabilní šroubový spoj vyhovující vysokým požadavkům na kvalitu a pevnost.



Obr. 1.11 Postup výroby závitů termálním tvářením (5)

Tepelné tváření otvorů je metoda použitelná pro velký rozsah průměrů a tlouštěk stěn. Přednost této technologie se projeví zejména při práci s uzavřenými dutými profily (trubkami, jekly apod.).

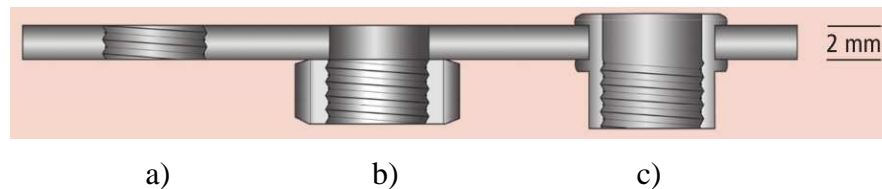
Technologie tepelného tváření otvorů je vhodná pro kovové materiály, jako jsou konstrukční i ušlechtilé oceli, mosaz, hliník, měď i speciální slitiny.



Obr. 1.12 Geometrie otvorů (5)

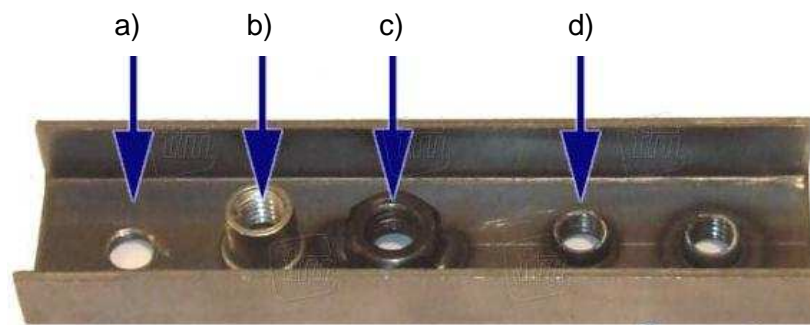
1.4 Další možnosti výroby závitů v tenkostěnných profilech

Jako další možnosti výroby závitů v tenkostěnných profilech mohou být navaření matice nebo závitování pomocí roznýtované matice, která se do předvrtaného otvoru zalisuje pomocí lisu.



Obr. 1.13 Jiné možnosti výroby závitů (5)

a) běžný závit v tenkostěnném profilu, b) závitování pomocí navařené matice, c) závitování pomocí nýtované matice



Obr. 1.14 Porovnání zmiňovaných metod (5)

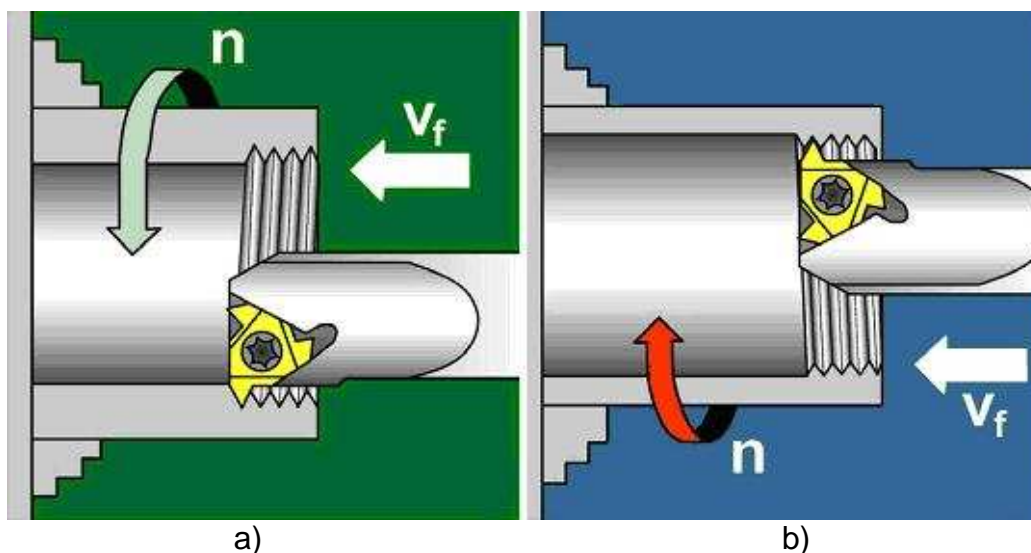
a) běžný závit v tenkostěnném profilu, b) závitování pomocí nýtované matice, c) závitování pomocí navařené matice, d) termální tváření

2 MOŽNOSTI POUŽITÍ

2.1 Soustružení závitů radiálním nožem (3)

V současné době používané radiální závitové soustružnické nože mají těleso z konstrukční oceli a mechanicky upínaný nůž ze slinutého karbidu (pro soustružení vnitřních závitů malého průměru), nebo častěji VBD ze slinutého karbidu. Jsou určeny pro řezání vnějších i vnitřních pravých nebo levých závitů (obr. 2.1).

Stanovení počtu přísuvů musí být vyvážené, aby záběr břitu do obrobku byl dostatečný, ale ne nadměrný. Příliš velká hloubka řezu vyvolá velké řezné síly, malá hloubka řezu má za následek předčasné opotřebení břitu nástroje.



Obr. 2.1 Soustružení závitů radiálním nožem s VBD:
a) vnitřní pravý závit, b) vnitřní levý závit (3)

Speciální tvar a geometrie břitových destiček, spolu s číslicovým řízením obráběcího stroje, umožňují všechny způsoby výroby závitů. Metoda soustružení závitů radiálním nožem s VBD se příliš pro tenkostěnné materiály nehodí, jelikož se zde potýkáme s problémem, že zde je možnost zhotovit pouze jeden až dva závity, což není dostatečné pro přenos požadovaného zatížení.

2.2 Frézování závitů vrtacími závitořeznými frézami (6)

Pozornost výrobců nástrojů je zde věnována využití jiného kinematického schématu obrábění, než se používá u řezání nebo tváření závitů závitníkem. Na trhu jsou vrtací závitořezné frézy (obr. 2.2), které umožňují vyrobit závit najednou, včetně vyvrtání a zahloubení díry.



Obr. 2.2 Vrtací závitořezné frézy (6)

Existují dva způsoby výroby závitů:

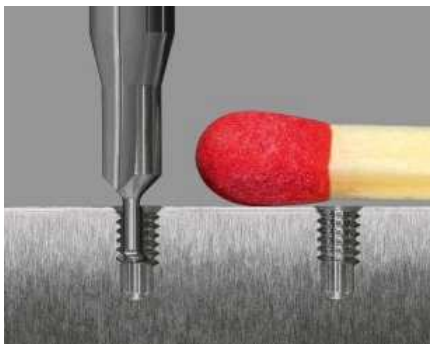
- 1) Postup práce prvního způsobu (obr. 2.3):
 - vyvrtání a zahloubení díry,
 - vyjetí v díře nahoru o hodnotu stoupání,
 - radiální nastavení frézy na jmenovitý průměr závitu,
 - posuv frézy dolů o stoupání závitu při současně rotaci frézy kolem své osy a kolem osy díry,
 - radiální odjetí frézy do osy díry,
 - vyjetí nástroje z díry.
 -



Obr. 2.3 Výroba vnitřních závitů do ocelí s vysokou pevností (60 HRC) (6)

2) Princip druhého způsobu (obr. 2.4):

- zahloubení,
- vrtání díry se současným řezáním závitu (fréza se otáčí a posouvá kolem své osy a současně koná rotační pohyb kolem osy vrtané díry),
- odjetí do osy díry,
- vyjetí z díry,
- podle potřeby odstranění otřepů z čela díry.



Obr. 2.4 Řezání závitů M1 až M2,5 vrtací závitoreznou frézou (6)

Vrtací závitorezné frézy se vyrábějí jako monolitní ze slinutých karbidů opatřené povlakem, v rozsahu průměrů 2 až 20 mm, délka řezné části pro M2–M12 je 1,2 je 2x velikost průměru, pro větší rozměr také 2,5x velikost průměru. Pro díry hluboké 3x velikost průměru je určena speciální fréza v rozsahu M6–M12.

Procesní kapalina je do místa obrábění vedena tělesem, což zaručuje dodání kapaliny tam, kde je to skutečně potřebné. Nástroje průměrů větších než 20 mm mají ještě v bocích díry pro výstup kapaliny, což zajišťuje zejména u hlubokých děr dostatečné mazání po celé délce záběru nástroje. Fréza má 2, 3 nebo 4 drážky ve šroubovici. Tím je dán klidný chod nástroje při práci a krátký čas obrábění.

Mezi nevýhody patří v první řadě požadavek na obráběcí stroj (CNC stroj), aby měl možnost konat potřebné pohyby a tyto podle potřeby vzájemně svázat. Jde o vázané pohyby posuv ve směru osy nástroje, rotace kolem osy nástroje a rotace nástroje kolem osy díry. Dalším omezením je požadavek na přesné nastavení nástroje vzhledem k obrobku, aby korigovaný tvar boků závitu frézy vyrobil přesně požadovaný závit co do rozměrů i tvaru. Současná obráběcí centra oba tyto požadavky splňují.

2.3 Termální tváření (5), (6)

Pracovní část nástroje (obr. 2.5) pro termální vrtání otvorů se skládá ze:

- speciálního držáku kleštiny,
- kleštiny,
- speciálního hrotu.



Obr. 2.5 Hrot pro vytvoření otvoru a límce (5)

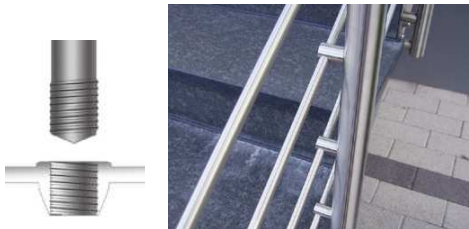
Kužel i bodový konec mají polygonový tvar. Nástroj při tváření otvorů generuje třecí teplo, které vzniká prostřednictvím jeho vysokých otáček a axiální síly působící na obrobek. Generované teplo lokálně ohřívá materiál, což nástroji umožňuje plynulý průchod obrobkem a formování pouzdra z přemísťovaného materiálu. Tato pouzdra mají délku do až 4-násobku původní tloušťky materiálu a rozsah průměrů 1,8–32 mm. Dále následuje tváření závitu pomocí tvářecího závitníku (obr. 2.6).



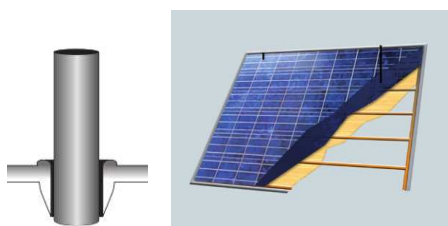
Obr. 2.6 Výroba závitů pomocí hrotu a tvářecího závitníku (5)

Vliv na kvalitu otvoru má především: výkon stroje, počet otáček, axiální síla, vhodný nástroj, použití mazací pasty, atd.

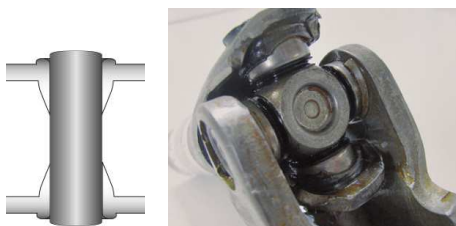
Nejčastěji je možno se s touto metodou setkat v automobilovém, topenářském a nábytkářském průmyslu, při výrobě kovového nábytku, osvětlovací techniky a domácího vybavení (obr. 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, příloha 4).



Obr. 2.8 Šroubové spoje (5)



Obr. 2.9 Pájené a svařované spoje (5)



Obr. 2.10 Ložiska a fitinky (5)



Obr. 2.11 Rozšíření trubek (5)

3 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Metoda soustružení závitů radiálním nožem s VBD je vhodná pro jakékoliv soustružení materiálu mimo tenkostěnné materiály jako jsou profily, plechy atd. Zde se potýkáme především s problémem možnosti zhotovit pouze jen jeden až dva závity v materiálu, což není dostatečné pro přenos požadovaného zatížení.

Vrtací závitorezné frézy umožňují vyrobít závit kompletně v jedné operaci, tj. vyvrtat a zahloubit díru a vyřezat závit. Tím dochází k časové úspoře, především na vedlejších časech daných zejména vynecháním výměny nástrojů. Stejně tak se zkrátí vlastní výrobní časy a sníží se zmetkovitost. Při klasické výrobě závitů závitníkem je pro každou operaci nutné použít jiný nástroj – vrták, záhlubník a závitník. Časové úspory se projeví zejména při obrábění součástí z neželezných kovů, kde vzhledem k používaným vysokým řezným rychlostem jsou hlavní časy obrábění velmi krátké.

Další výhodou je snadné vyjmutí případně zlomeného nebo poškozeného nástroje z díry. Nemalou předností je také možnost vyřezat závit téměř do dna neprůchozí díry, neboť fréza nemá řezný kužel, který je nutný u závitníků.

Tato metoda je pro tenkostěnné profily rovněž nevhodná, jelikož zde nastává stejný problém jako u soustružení, a to, že zde je možnost zhotovit jen jeden až dva závity, čímž je velmi omezena únosnost závitu.

Metoda tepelného tváření otvorů za působení frikčního tepla je metoda použitelná pro velký rozsah průměrů a tloušťek stěn. Přednost této technologie se projeví zejména při práci s uzavřenými dutými profily, kde je obtížné navařit nebo přinýtovat matice.

Protože jde o proces bez vrtání materiálu, do otvoru se nemohou dostat třísky, a není tedy potřeba časově náročné čištění. Při tváření také dojde k vysokému zhutnění materiálu, což zajistí vysokou únosnost závitu.

Tváření profilů za pomoci frikčního tepla je technologie výhodná především pro tváření profilů a tenkých plechů. Je výhodná především pro velkosériovou výrobu. Mezi hlavní výhody patří, že nezeslabuje stěnu závitu, jako tomu je u závitu vytvářeného řezáním. Tvářený závit má vyšší únosnost než závit obráběný. Je zde menší sklon ke zlomení nástroje, čili vysoká životnost závitníku a vyšší produktivita.

Mezi další přednosti této metody patří fakt, že nevznikají třísky, takže odpadá nebezpečí jejich vzpříčení v závitovém otvoru. Vzniká tak čistý závit, který nemá žádné stopy na povrchu závitu.

Avšak i tato metoda má svá úskalí. Není možné jí použít tam, kde lem bude vyčnívat ven a to především z bezpečnostních důvodů, jelikož tento lem je velmi ostrý. A záleží zde především na konstruktérovi a technologovi, aby zvážili všechny aspekty a rozhodli jaká metoda je pro zadanou součást nevhodnější.

Tab.3.1 Přehled výhod a nevýhod jednotlivých způsobů výroby závitů

Zhodnocení jednotlivých způsobů výroby závitů	
Soustružení závitů radiálním nožem s VBD	
Výhody	- umožňuje téměř všechny způsoby výroby závitů
Nevýhody	- nelze využít pro tenkostěnné materiály - porušení vláken materiálu - malá únosnost závitu
Frézování závitoreznými frézami	
Výhody	- umožňuje vyrobit závit v jedné operaci - klidný chod nástroje - krátké strojní časy - možnost vyřezat závit téměř do dna neprůchozí díry
Nevýhody	- je nutné použít CNC stroj - porušení vláken materiálu - nelze využít pro tenkostěnné materiály
Termální tváření závitů	
Výhody	- metoda použitelná pro velký rozsah průměrů a tloušťek stěn - pro závitování uzavřených dutých profilů - nezeslabuje stěnu závitu, jako tomu je u závitu vytvářeného řezáním - závit má vyšší únosnost - vysoká životnost závitníku - nevznikají třísky - vzniká čistý závit, který nemá žádné stopy na povrchu - nejsou porušena vlákna materiálu
Nevýhody	- hodí se nejvíce pro uzavřené profily a profily, kde závit zůstane schován uvnitř výrobku - použití speciálních nástrojů

ZÁVĚR

Vypracovaný projekt je zaměřen na výrobu závitů v tenkostěnných profilech. Úkolem tématického celku bylo popsat jednotlivé metody výroby závitů, jejich srovnání a využití v praxi, navrzení a popsání nejvhodnější z nich.

Řezání závitů je většinou poslední nebo jedna z posledních operací, které se na výrobku provádějí. Znamená to, že do obrobení výrobku byly již investovány značné náklady. Špatně vyřezaný závit nebo zlomený závitník představují vícenásobné náklady, nebo dokonce neshodný výrobek. Markantní je to zejména u výrobků z těžkoobrobitelných materiálů, proto je nutné zvolit nejvhodnější metodu a zvážit její výhody a nevýhody jak technické tak ekonomické.

Zde záleží na konkrétním výrobku, jak úzce musí být dodržena přesnost a tolerance a o tom rozhoduje konstruktér a technolog. Ti musí být schopni vybrat technologii výroby, která bude nejvýhodnější z hlediska technologičnosti, ekonomičnosti a neméně důležitá je také bezpečnost zadané součásti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOČMAN, Karel, PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
2. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. Z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
3. HUMÁR , Anton. *Technologie I : Technologie obrábění - 2.část*. Vysoké učení technické v Brně . 1. vyd. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 2003. 138 s. Dostupný z WWW: <<http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/ust/TI TO-2.část.pdf>>.
4. *Kavon cz* [online]. 2005 , 26. září 2005 [cit. 09-04-16]. Flowdrill. Dostupný z WWW: <<http://www.kavon.cz/tvareni.htm>>.
5. *Flowdrill* [online]. 2007 , 20. července 2007 [cit. 09-04-16]. Flowdrill. Dostupný z WWW: <<http://www.flowdrill.nl/>>.
6. WISERNER, Janfréd. Vrtací závitorezné frézy. *Inovace.cz* [online]. 2009, sv. 2009, č. 47 [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.inovace.cz/>>. ISSN 1802-6206.
7. Landsman: Náradí a nástroje [online]. 1 2009 , 14.04.2009 [cit. 16-04-16]. Nástroje. Dostupný z WWW: <<http://www.landsmann.cz>>.
8. *JCZ tools s. r. o.: Nástroje pro třískové obrábění kovů* [online]. C2006 [cit. 09-06-20]. Dostupný z WWW: <http://www.jcz.cz/?map=zavitovani>>.
9. *JUNKER* [online]. [2006], 2009 [cit. 2009-06-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.junker.de/csy/download.aspx?documentID=2217>>.
10. *NAREX Ždánice* [online]. c2006 [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW: <http://www.narexzd.cz/kat/selected_cn.php?IDL=0&KC=0550&SKUPI NA=10&VYR=&SL=1>.
11. *Profiroll Technologies : Bad Düben* [online]. 2003 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: http://www.profiroll.de/cz/vlcovn_profil_a_zvit/stroje/osv283d269en/pr_31_5/>.
12. *Tm top-maschinen.de* [online]. c2009 [cit. 2009-05-20]. Příklad použití metody Flowdrill. Dostupný z WWW: <G:\BP moje\ddodat do bakalářky\fliesmann\index.htm>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Popis
CNC	Computer numeric control – počítačem řízený stroj
VBD	Vyměnitelná břitová destička
HRC	Tvrдость podle Rockwella
TiN	Povlak nitridu titanu o tloušťce 2 - 4 μ m, zvyšuje odolnost nástroje proti abrazivnímu a adhezivnímu opotřebení
TiCN	Povlak karbonitridu titanu o tloušťce 2 - 4 μ m, je vysoce odolný proti opotřebení. Chrání nástroj před vznikem studených svárů
Hodnota Ra	Průměrná aritmetická úchylka profilu

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1** Strojní závitníky
- Příloha 2** Válcovací stroj závitů
- Příloha 3** Tvářecí závitníky
- Příloha 4** Příklady použití metody termálního tváření

Příloha 1 Strojní závitníky (10)

STROJNÍ ZÁVITNÍKY Machine taps / Maschinengewindebohrer

narex
zdánice



Skupina obráběného materiálu
Material group / Werkstoffgruppe

3.1; 3.2; 3.3; 8.1; 6.2



3580

3.2; 8.2



3590

3.2; 8.2; 3.1; 3.3; 6.2



4680

3.2



4690

Katalogové číslo / Cat. No. / Kat. Nr.									3580	3590	4680	4690
<p>$z = \text{počet drážek} / z = \text{number of flutes} / z = \text{Nutenzahl}$</p>									TiCN	OX	TiCN	OX
d_1	P	l_1	l_2	l_{1swr}	d_2	a	z / z _{swr}	\varnothing mm				
M 3	0,5	56	9	5	2,2	-	3/3	2,5	■	■	■	■
M 3,5	0,6	56	11	6	2,5	2,1	3/3	2,9				
M 4	0,7	63	12	7	2,8	2,1	3/3	3,3	■	■	■	■
M 4,5	0,75	70	13	8	3,5	2,7	3/3	3,7				
M 5	0,8	70	13	8	3,5	2,7	3/3	4,2	■	■	■	■
M 6	1	80	15	10	4,5	3,4	3/3	5	■	■	■	■
M 7	1	80	15	10	5,5	4,3	3/3	6	■	■	■	■
M 8	1,25	90	18	13	6	4,9	3/3	6,8	■	■	■	■
M 9	1,25	90	18	13	7	5,5	3/3	7,8	■	■	■	■
M 10	1,5	100	20	15	7	5,5	3/3	8,5	■	■	■	■

Příloha 2 Válcovací stroj závitů (11)

Válcovací stroj závitů / profilů PR 31,5.1

Technické údaje

Válcovací síla (kN)	315
Průměr obrobku (mm)	10 -100
Upínací délka nástroje (mm)	200
Průměr válcovacího vřetena (mm)	80
Průměr nástroje max. (mm)	235
Otáčky (1/min)	16 - 315
Úhel naklápění vřeten (stupně)	+/-10
Hodnota připojení (kW/A)	17/50
Hloubka (mm)	1680
Šířka (mm)	1980
Výška (mm)	1450
Váha (kg)	3500
Vyobrazení s automatickým podáváním a odváděním	



Příloha 3 Tvářecí závitníky (10)

TVĚŘECÍ ZÁVITNÍKY Forming taps / Formgewindebohrer

narex[®]
Zdánice



Skupina obráběného materiálu
Material group / Werkstoffgruppe

1.11; 1.1; 2.1; 2.2; 7.1; 8.1



2910

1.1; 2.2; 7.1; 8.1; 9.1; 1.2; 2.1



2960

Katalogové číslo / Cat. No. / Kat. Nr.							2910	2910	2960	2960
							TiN	TiN	TiN	TiN
d_1	P	l_1	l_2	d_2	a	Ø mm				
M 3	0,5	56	11	3,5	2,7	Viz str. 99 See page No. 99 Siehe Seite Nr. 99	■	■	■	■
M 3,5	0,6	56	12	4	3		■	■	■	■
M 4	0,7	63	13	4,5	3,4		■	■	■	■
M 5	0,8	70	16	6	4,9		■	■	■	■
M 6	1	80	19	6	4,9		■	■	■	■
M 8	1,25	90	22	8	6,2		■	■	■	■
M 10	1,5	100	24	10	8		■	■	■	■
M 12	1,75	110	28	9	7		■	■	■	■

Příloha 4 Příklady použití metody termálního tváření (12)

