

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Technologie a materiály pro opravy závitů

bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

Autor práce: Milan Ernest

PRAHA 2011

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta: Technická

Katedra: jakosti a spolehlivosti strojů

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Milan Ernest**

Studijní obor: Zemědělská technika

Název práce: Technologie a materiály pro opravy závitů

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Cílem je soustředit a zpracovat informace o technologiích, materiálech, přípravných a aplikacích závitových vložek do kovu, dřeva a plastů.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Současný stav - uplatnění závitových spojení u výrobků a konstrukcí
3. Možnosti a způsoby výroby a oprav vnitřních závitů
4. Přehled technologií pro aplikaci závitových vložek
5. Porovnání a zhodnocení jednotlivých technologií
6. Závěry
7. Literatura

Metodika práce:

Bude vypracován přehled pramenů a provedena podrobná literární rešerše k zadanému tématu. Na základě studia vybraných pramenů bude vypracován přehled závitových vložek a jejich provedení, nástrojů a postupů pro jejich použití. Formou katalogu vypracovat přehled technických parametrů závitových vložek, technologií jejich aplikace a jejich výrobců a dodavatelů.

Rozsah práce: 30 - 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

POŠTA, J.: Provozní schopnost strojů. [Učební texty]. ČZU, TF, Praha, 2002, ISBN 80-213-0966-0

Pošta, J.: Přehled a parametry závitových vložek. In: Sborník 5. mezinárodní konference "Údržba 2008", ČSPÚ, Praha, 2008, str. 174, ISBN 978-80-254-2500-8

Blaue Seiten digital, <http://www.boellhoff.de>

<http://www.timesert.com/>

<http://online-schraubenhandel.de>

<http://katalog.wuerth.cz/>

ČSN EN ISO 6410-2 (01 3213) Technické výkresy - Závity a závitové části - Část 2: Závitové vložky ČSN vydána v českém (slovenském) jazyce

<http://jurca.tf.czu.cz/diplprace.htm>

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

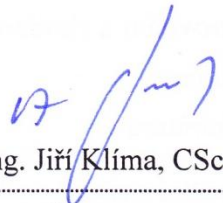
Datum zadání bakalářské práce: 30. 11. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2010




prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

vedoucí katedry


prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 9.12.2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Josefa Pošty, CSc. a uvedl v ní všechny použité literární a jiné odborné zdroje v souladu s platnými právními předpisy.

V Praze dne 1.04.2011

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval prof. Ing. Josefu Poštovi, CSc. za odborné vedení a Ing. Jiřímu Mladému za cenné rady a připomínky, které mi pomohly při vypracování této práce. Poděkování patří také mé rodině za trpělivost.

Abstrakt

Tato práce pojednává o technologiích výroby vnitřních závitů, o jejich opotřebení a o způsobech renovace poškozených vnitřních závitů. Cílem této práce je soustředit a zpracovat informace o technologiích, materiálech, přípravcích a aplikacích závitových vložek do kovu, dřeva a plastů.

Klíčová slova: renovace, závitová vložka, poškození

Technology and materials for repairing threads

Summary:

This work discusses the technology of production of internal threads, their wear and the ways restoration of damaged internal threads. The aim of this work is to gather and process information about the technologies, materials, products and applications thread inserts for metal, wood and plastics.

Keywords: renovation, threaded insert, damage

Obsah

Úvod.....	8
1. Současný stav - uplatnění závitových spojení u výrobků a konstrukcí.....	9
1.1 Spojovací a upevňovací šrouby.....	10
1.2 Pohybové šrouby.....	11
2. Možnosti a způsoby výroby a oprav vnitřních závitů.....	13
2.1. Způsoby výroby vnitřních závitů.....	13
2.1.1. Způsoby výroby třískovým obráběním.....	13
2.1.2. Způsoby výroby tvářením.....	16
2.2. Opotřebením závitů.....	18
2.3. Principy renovace vnitřních závitů.....	18
2.3.1. Obnovení geometrického tvaru závitu.....	19
2.3.2. Změna konstrukce spoje.....	19
2.3.3. Zhotovení závitu většího průměru.....	19
2.3.4. Zhotovení závitu původních rozměrů.....	20
3. Přehled technologií pro aplikaci závitových vložek.....	23
4. Porovnání a zhodnocení jednotlivých technologií.....	29
5. Závěry.....	30
6. Literatura.....	31
Seznam zkratk.....	32
Seznam obrázků.....	32
Seznam tabulek.....	32

Úvod

Pro označení obnovy strojní součásti se běžně užívá pojem renovace. Od opravy stroje či strojní skupiny se renovace významně liší tím, že v technologickém postupu neobsahuje demontážní, montážní a seřizovací operace. Renovaci lze tedy definovat takto: renovací se strojní součásti se rozumí souhrn činností, prováděných s cílem obnovení bezvadného nebo provozuschopného stavu součásti a prodloužení jejího technického života. Za samozřejmé se považuje, že kvalita renovované součásti odpovídá kvalitě součásti nové. Ve skutečnosti však může být nižší i vyšší. Do renovace se obvykle zahrnují i takové postupy, jejichž cílem je zlepšit některé vlastnosti (např. zvýšení odolnosti součásti v daných podmínkách). Tato opatření prodlouží technický život takto upravených součástí, i když by tato úprava nebyla nezbytná z hlediska jejich funkce.[1]

Názory na renovaci strojních součástí se velmi liší, od jasně pozitivních až po zcela negativní. Mezi hlavními argumenty pro renovaci je zpravidla uváděna nižší cena renovované součásti než cena součásti originální, nově vyrobené a úspora materiálu a energie na renovaci oproti výrobě nové součásti. Jako argument proti renovaci je zpravidla uváděno, že renovované součásti jsou jen jakousi náhražkou, že kvalita renovovaných dílů musí být horší než dílů nově vyrobených a proto se levnější renovovaný díl nakonec ukáže jako příliš drahý.[5]

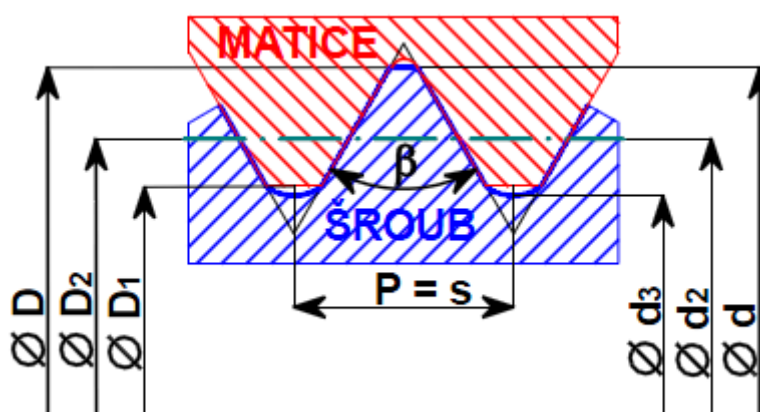
V této práci bych Vás chtěl seznámit s technologickými postupy při renovaci poškozených vnitřních závitů, speciálně pak aplikací závitových vložek.

1. Současný stav – uplatnění závitových spojení u výrobků a konstrukcí

Šrouby se používají buď k rozebíratelnému spojení strojních součástí (šrouby spojovací a upevňovací) nebo k přeměně rotačního pohybu na posuvný (šrouby pohybové). Strojní součásti je možné také spojit pomocí závitových spojů, kdy je závit vytvořen přímo na spojovaných součástech.

Profil závitu:

obr 1. Základní profil závitu



$\varnothing D$ - velký průměr vnitřního závitu matice [mm]

$\varnothing D_1$ - malý průměr závitu matice [mm]

$\varnothing D_2$ - střední průměr závitu matice [mm]

$\varnothing d$ - velký průměr vnějšího závitu šroubu [mm]

$\varnothing d_2$ - střední průměr závitu šroubu [mm]

$\varnothing d_3$ - malý průměr závitu šroubu [mm]

P - rozteč závitu [mm] (vzdálenost mezi sousedními závity)

s - stoupání závitu [mm] (vzdálenost mezi závitem na jedno otočení)

α - úhel stoupání závitu [°]

φ^* - třecí úhel v závitech [°]

$$\varphi^* = \arctg \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} \cdot f \right]$$

f - součinitel smykového tření (0,11 – 0,17)

β - vrcholový úhel závitu

1.1 Spojovací a upevňovací šrouby

Šroubová spojení jsou nepohyblivá rozebíratelná nebo nerozebíratelná spojení, která jsou při montáži uvedena do předepjatého stavu.

Závitový spoj se skládá ze závitů vnitřního (matice, závit v průchozí nebo slepé díře součásti) a vnějšího (šroub, závit na hřídeli).

Podle [3] se závity spojovací rozdělují na:

Metrické závity ISO - $\beta=60^\circ$

označení metrického závitu $d=20\text{mm}$, s hrubou roztečí $P=2,5\text{mm}$ a s tolerančním polem 6g velkého průměru d

M20 - 6g

označení metrického závitu $d=20\text{mm}$, s jemnou roztečí $P=1,5\text{mm}$ a s tolerančním polem 7H velkého průměru d

M20x1,5 - 7H

Palcové závity ISO - $\beta=60^\circ$

označení pravého vnějšího palcového závitu se jmenovitým rozměrem $1/4''$, stoupáním 28 závitů na palec, třídy přesnosti 3 a normální délkou zašroubování

1/4-28 UNF-3B nebo **.250-28 UNF-3A**

označení levého vnitřního palcového závitu se jmenovitým rozměrem $1/4''$, stoupáním 28 závitů na palec, třídy přesnosti 3 a normální délkou zašroubování

1/4-28 UNF-3B-LH nebo **.250-28 UNF-3B-LH**

Whitworthovy závity - $\beta=55^\circ$

označení Whitworthova závitu se jmenovitým rozměrem $1\ 1/2''$

W 1 1/2

Trubkové závity - $\beta=55^\circ$

označení vnějšího kuželového závitu podle ČSN ISO 7 na trubce s jmenovitou světlostí DN 1 1/2 pro spoje těsnící v závitech

Trubkový závit ISO 7-R 1 1/2

označení vnitřního válcového závitu podle ČSN ISO 7 pro spoje těsnící v závitech

Trubkový závit ISO 7-Rp 1 1/2

označení vnitřního kuželového závitu podle ČSN ISO 7 pro spoje těsnící v závitech

Trubkový závit ISO 7-Rc 1 1/2

označení vnějšího závitu podle ČSN ISO 228 na trubce s jmenovitou světlostí

DN 1 1/2 pro spoje netěsnící v závitech

Trubkový závit ISO 228-G 1 1/2A nebo G 1 1/2B

označení vnitřního závitu podle ČSN ISO 228 pro spoje netěsnící v závitech

Trubkový závit ISO 228-G 1 1/2

Další druhy závitů:

Pancéřový – pro pancéřové trubky a spojky

Edisonův – žárovky, pojistky

Pro izolátory

Pro ochranné kryty svítidel

Pro vruty

Příklady použití spojovacích a upevňovacích šroubů:

spojení hlavy válce a bloku motoru

šroubované příhradové nosníky

přírubová spojení

předepnutí pružiny obtoku turbodmychadla

vymezení polohy strojních součástí

1.2 Pohybové šrouby

Pohybové šrouby slouží k přeměně otáčivého pohybu na posuvný a k přeměně kroutícího momentu v osovou sílu. Pro osové zatížení v obou směrech (suport soustruhu, lineární pohon) se používá rovnoramenný závit a pro zatížení jen v jednom směru (šroubový zvedák) se používá závit nerovnoramenný, ten má ve směru zatížení vysokou pevnost.

Pro provoz pohybových šroubů s třecím stykem je nutné zajistit dostatečné množství maziva, aby nedocházelo k nadměrnému opotřebení boku závitu. Je nutné toto opotřebení sledovat a při určitém stupni opotřebení tyto součásti zrenovovat.

Podle [3] se pohybové závity rozdělují na:

Lichoběžníkové rovnoramenné - $\beta=30^\circ$

označení pravého jednochodého lichoběžníkového závitu vřetene s jmenovitým průměrem $d=20\text{mm}$, s roztečí $P=4$ a s tolerančním polem 7e středního průměru d_2

Tr 20x4 - 7e

označení levého jednochodého lichoběžníkového závitu matice s jmenovitým průměrem $d=20\text{mm}$, s roztečí $P=4$ a s tolerančním polem 7H středního průměru D_2

Tr 20x4LH - 7H

označení pravého trojchodého lichoběžníkového závitu vřetene s jmenovitým průměrem $d=20\text{mm}$, stoupáním $P_h=12\text{mm}$ (tj. s roztečí $P=4$) a s tolerančním polem 7e středního průměru d_2

Tr 20x4LH - 7e

Lichoběžníkové nerovnoramenné $\beta=33^\circ$,

označení pravého jednochodého lichoběžníkového závitu vřetene s jmenovitým průměrem $d=20\text{mm}$, s roztečí $P=4$ a s tolerančním polem 7e středního průměru d_2

S 20x4 - 7e

označení levého jednochodého lichoběžníkového závitu matice s jmenovitým průměrem $d=20\text{mm}$, s roztečí $P=4$ a s tolerančním polem 7H středního průměru D_2

S 20x4LH - 7H

Čtvercové (nenormalizovaný)

Příklady použití pohybových šroubů

suport soustruhu

lineární pohon

šroubový zvedák

přípravek na vytahování vložek válců

stahovák ložisek

2. Možnosti a způsoby výroby a oprav vnitřních závitů

2.1. Způsoby výroby vnitřních závitů

Vnitřní závit se vyrábějí buď třískovým obráběním (soustružení, frézování, broušení, řezání pomocí závitníků) nebo pomocí tváření (tvářecí závitníky).[10]

2.1.1. Způsoby výroby třískovým obráběním

Při třískovém obrábění dochází k oddělování povrchových částic materiálu břitem nástroje a tím k tvorbě profilu závitu. Tento oddělený materiál je nutné odvést, aby nedošlo k poškození obrobeného povrchu nebo nástroje. U závitníků a závitových fréz je toho dosaženo drážkami, u závitových fréz pomáhá navíc proud řezné kapaliny.

2.1.1.1. Soustružení vnitřních závitů

Závity se zhotovují na revolverových, poloautomatických, automatických nebo speciálních soustruzích.

Princip výroby vnitřních závitů soustružením spočívá v závislosti otáček obrobku a posuvu soustružnického nože, kde posuv nože na otáčku je roven stoupání závitu. Toho lze dosáhnout několika možnostmi, podle typu soustruhu, který máme k dispozici. U starších typů soustruhů je podélný posuv zajištěn vodícím šroubem, u nových, NC nebo CNC, soustruhů se využívá číslicového řízení nebo podprogramu.

Pro výrobu se používají soustružnické nože jednodílné, hřebínkové, nebo nože s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 2.). U nožů s jedním profilem se závit řeže postupně na několik záběrů. Na konci závitu se vyjede ze záběru, nůž je vrácen na výchozí pozici a poté se zhotoví další záběr. Nože hřebínkové mají první profil zkosený, takže umožňuje vyříznout celý závit na jeden záběr.[10]

obr. 2. Soustružnický nůž s VBD



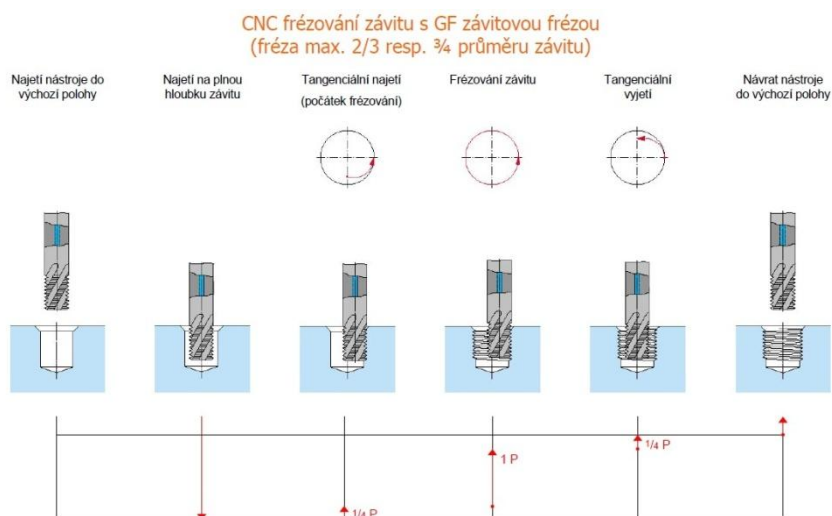
2.1.1.2. Frézování vnitřních závitů

Při frézování vnitřních závitů hlavní pohyb koná nástroj a závity se mohou frézovat do vyvrtané díry pomocí závitové frézy (obr. 3., obr. 4.), nebo do plného materiálu pomocí vrtací závitové frézy (obr. 5., obr. 6.).

obr. 3. Monolitní závitová fréza



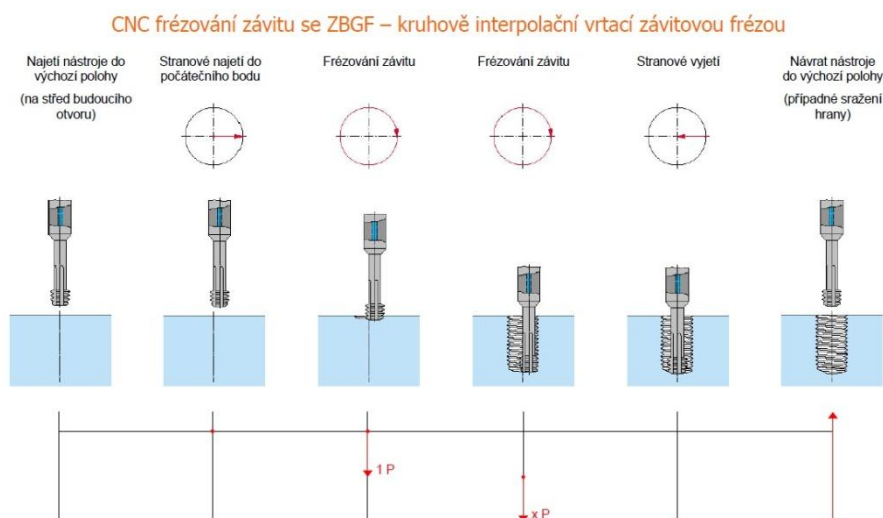
obr. 4. Frézování do předvrtané díry[12]



obr. 5. Vrtací závitová fréza



obr. 6. Frézování do plného materiálu[12]



Fréza při výrobě závitu koná planetový rotační pohyb, to znamená, že rotuje kolem své osy a zároveň kolem osy vyráběného závitu. Současně se tímto pohybem posouvá v ose závitu o jedno stoupání závitu na jednu otáčku vůči obrobku. Při použití CNC frézky se využívá kruhové interpolace.

Frézy jsou mnohabřité nástroje, pro výrobu vnitřních závitů se používají monolitní závitové frézy, nebo frézy s VBD. Stopkové závitové frézy s VBD mají hřebínkový tvar a profil řezaného závitu (obr. 7.) a dají se jimi vyrábět dlouhé levé i pravé vnitřní závity. Průměr frézy musí být maximálně $\frac{2}{3}$ průměru řezaného závitu.[9]

obr. 7. Závitová fréza s VBD



2.1.1.3. Řezání závitu pomocí závitníku

Řezání závitu závitníkem je nejrozšířenější metoda výroby vnitřních závitů. Používají se závitníky z rychlořezné oceli nebo ze slinutých karbidů. Závity se dají vyrábět ručně pomocí sadových závitníků (obr. 8.), nebo strojně pomocí strojních závitníků (obr. 9.). Rozdíl mezi nimi je že strojní závitník má kratší řeznou část. Na strojní výrobu matic se používají maticové závitníky (obr. 10.).[10]

obr. 8. Sadové závitníky



obr. 9. Strojní závitníky



obr. 10. Maticový závitník

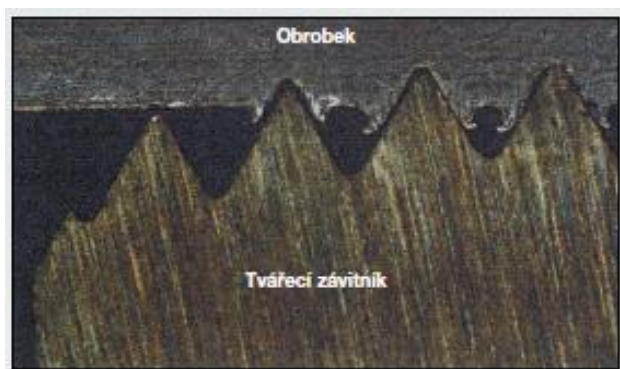


Závitník je mnohabřitý nástroj, který má základní tvar šroubu a je vybaven rovnými drážkami nebo drážkami do šroubovice na odvod třísek. Podle sklonu drážek je tříska odváděna před závitník (pro průchozí díry) nebo ke stopce (pro slepé díry).

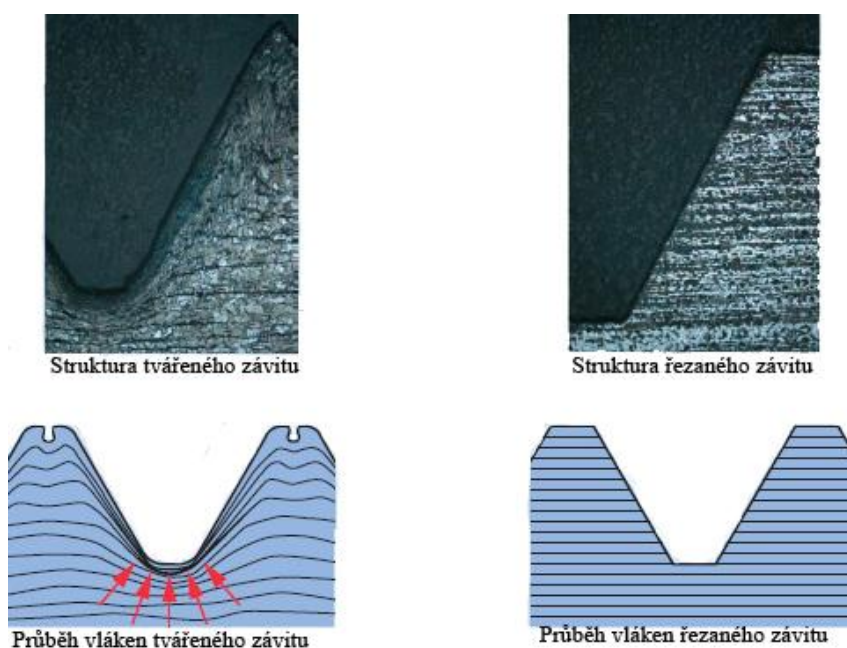
2.1.2. Způsoby výroby tvářením

Při výrobě vnitřního závitu tvářením je vtláčována spirálová část závitového profilu zubu v oblasti náběhu tvářecího závitníku do předem připraveného otvoru. Požadovaný profil závitu vzniká plastickou deformací tvářeného materiálu. Po překročení meze kluzu začíná materiál v kontaktní náběhové zóně „téct“ směrem k malému průměru závitu (obr. 11.). Tím vzniká velmi hladký povrch tvářeného závitu a typická drážka na vrcholu závitu. Tvářením závitů má výhodu proti třískovému obrábění v podobě výborné kvality povrchu závitů a zvýšení jejich statické i dynamické pevnosti, neboť nedochází k přerušení vláken materiálu, ale jsou zhuštěna v oblasti kořene závitu (obr. 12.).[11]

obr. 11. Vnikání tvářecího závitníku do materiálu



obr. 12. Porovnání tvářeného a řzaného závitu

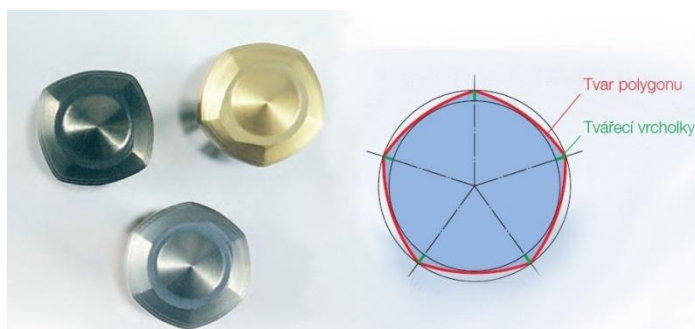


Tváření vnitřních závitů probíhá pomocí tvářecích závitníků. Ten je tvarem hodně podobný strojnímu závitníku (obr. 13.). Průřez pracovní části má tvar polygonu, kde za tvar závitu odpovídají tvářecí vrcholky (obr. 14.). Mají hlavní vliv na tvářecí proces, ovlivňují rychlost a průběh „tečení“ tvářeného materiálu a také mají největší vliv na třecí charakteristiky nástroje. Počet tvářecích vrcholek je optimalizovaný pro tvářený materiál.[12]

obr. 13. Tvářecí závitníky



obr.14. Tvářecí vrcholky



2.2. Opotřebení závitů

Šroubové nebo závitové spoje jsou během montáže, demontáže a při svém provozu vystaveny přenášeným silám. V různých provozních podmínkách jsou závity vystaveny různě intenzivnímu namáhání a v důsledku toho dochází k poškození funkční části profilu.

Poškození závitů může být:

- adhezivní opotřebení,
- otlačení,
- deformace,

Adhezivní opotřebení vzniká při smýkání dvou tuhých těles, přitlačovaných k sobě normálovou silou. Následkem toho dochází k jejich vzájemnému tření a vzniku mikrosvarů. Ty se vlivem vzájemného pohybu vnitřního a vnějšího závitu opět rozrušují a tím dochází k přenosu materiálu mezi povrchy. V pokročilém stádiu opotřebení vzrůstá odpor proti pohybu a následně dochází k úplnému zadření.

Na vznik adhezivního opotřebení má vliv velikost zatížení a rychlost relativního pohybu, velikost mikronerovností a schopnost materiálu vytvářet adhezní spoje. Proti vzniku mikrospojů působí hlavně mazivo, použité mezi troucími se povrchy.

Otláčení je trvalá nežádoucí změna povrchu, způsobená vnějšími silami. K otláčení dojde, je-li skutečný kontaktní tlak větší než mez kluzu povrchové vrstvy. Protože technické kovy lze považovat za nestlačitelné, dochází v místě otláčení ke tvorbě valů. To má za následek změnu vůlí, čímž může dojít k zadření a poškození závitů.

Deformace je trvalá změna geometrického tvaru součásti způsobená vnějšími nebo vnitřními silami, přesahujícími mez kluzu materiálu. Deformací je např. natažení šroubu vlivem nedodržení předepsaného utahovacího momentu. [2]

2.3. Principy renovace vnitřních závitů

Při volbě nejvhodnějšího způsobu renovace je nutno brát v úvahu zejména technologické a ekonomické možnosti uvažovaného způsobu, výsledné vlastnosti renovované součásti a provozní podmínky součásti.

Pro renovaci poškozených vnitřních závitů máme tyto možnosti:

- Obnovení geometrického tvaru závitu.
- Změna konstrukce spoje.
- Zhotovení závitu většího průměru.

- Zhotovení závitu původních rozměrů:
- Zavaření díry a výroba nového závitu.
- Renovace pomocí tmelů.
- Renovace pomocí pouzdra se závitem.
- Renovace pomocí pružné závitové vložky.

2.3.1. Obnovení geometrického tvaru závitu

Pokud je poškozený závit v celé délce závitu, ale poškození není tak velké, je možné tento závit opravit použitím závitníku nebo speciálních přípravků na opravy závitů (obr.15.).

obr.15. Nastavitelný nástroj na opravu vnitřních závitů ReThred



Tento způsob renovace přichází v úvahu pouze tehdy, je-li závit poškozen jen minimálně, např., je-li špatnou montáží poškozen pouze první závit, máme možnost ho odstranit. To je možné jen tehdy, pokud zbylý závit je dostatečně dlouhý, aby vydržel přenášené osově síly.

Tento způsob renovace je rychlý a je často využíván v dílenské praxi.

2.3.2. Změna konstrukce spoje

Odvrtáme poškozený závit a použijeme delší šroub s podložkou a maticí.

Tento způsob renovace přichází v úvahu, pokud je poškozena průchozí díra a pokud to dovolí tvar a konstrukce součástí. [2]

2.3.3. Zhotovení závitu většího průměru

Poškozený závit odvrtáme na průměr potřebný pro výrobu většího závitu a vyřízneme závit větší.

Tento způsob renovace součásti lze použít tehdy, je-li v okolí poškozeného závitu dostatek materiálu pro zhotovení závitu většího průměru a lze-li druhou ze spojovaných součástí upravit pro použití závitu většího průměru.

Hlavní nevýhodou tohoto způsobu renovace je špatná zaměnitelnost spojovaných strojních součástí.[2]

2.3.4. Zhotovení závitu původních rozměrů

Renovací závitů na původní rozměry je zajištěna zaměnitelnost strojních součástí.

Máme tyto možnosti:

- Zavařením díry a výroba nového závitu.
- Renovace pomocí tmelů.
- Renovace pomocí pouzdra se závitem.
- Renovace pomocí pružné závitové vložky.

2.3.4.1. Zavaření díry a výroba nového závitu

Tento postup spočívá v zavaření díry s poškozeným závitem. Následně se vyvrtá díra potřebná a pro výrobu původního závitu a vyřízneme závit původní.

Tento postup lze použít v případě, pokud to umožní materiál a konstrukce součásti.[2]

2.3.4.2. Renovace pomocí tmelů

Opravovaný závit odmastíme, na šroub nanese separátor a poté na čistém povrchu namícháme dvousložkovou směs. Správný poměr složek tmelu je zajištěn dávkovačem. Ihned nanese na opravovaný závit a zašroubujeme šroub. Po 10-ti minutách šroub vyšroubujeme a necháme dvě hodiny zatvrdnout.

Jelikož je tato oprava zajištěna dvousložkovým tmelem, je použití omezeno provozní teplotou závitu. U většiny je tato teplota 150°C. Užívá se na méně důležité spoje, pro vysokotlaké a tepelně namáhané spoje výrobce doporučuje jiný způsob opravy součásti.[2]

2.3.4.3. Renovace pomocí tenkostěnného pouzdra se závitem

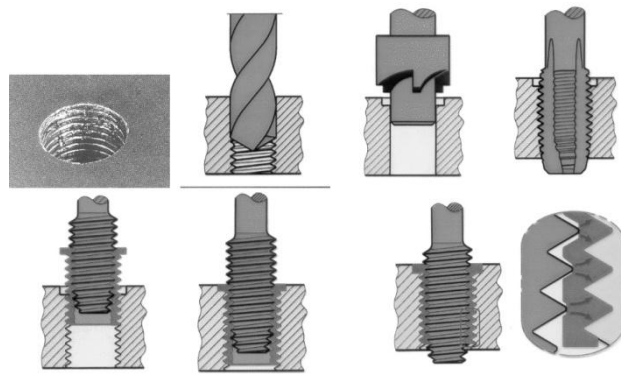
Pevná tenkostěnná závitová vložka je vyrobena jako tenkostěnné pouzdro a je opatřena osazením. Vnitřní závit pouzdra nemá plný profil po celé délce závitu a po zašroubování vložky do lůžkového závitu se vnitřní profil pomoví tvářecího závitníku dokončí. Tím je vložka zalisována do lůžkového závitu a vnitřním profilem odpovídá závitu původní velikosti.[2]

Technologický postup (obr.16.):

- 1) Vyvrtání díry pro lůžkový závit - poškozený závit se odvrtá na průměr předepsaný pro závitovou vložku. Tím se odstraní zbytky poškozeného závitu, nebo zbytků šroubu. Podmínkou je zachování osy vývrtu s osou původního závitu.
- 2) Zhotovení osazení pro sedlo závitové vložky - provádí se ruční stopkovou trubkovou frézou do hloubky, aby byla závitová vložka zapuštěna do roviny dosedací plochy.
- 3) Zhotovení lůžkového závitu - provádí se speciálním závitníkem, který je standardně dodáván v sadě se závitovou vložkou.
- 4) Montáž závitové vložky - pomocí tvářecího závitníku se zašroubuje do lůžkového závitu, až její sedlo dosedne do osazení.
- 5) Tváření vnitřního závitu vložky - vnitřní závit se dotvoří tvářecím závitníkem a tím se vložka zakotví v lůžkovém závitu.

obr.16. Technologický postup

Technologický postup – pevné vložky



Výhody

- Takto opravený závit má větší únosnost, zatížení se přenáší na závit většího průměru.
- Životnost závitu se prodlouží.
- Snižuje se opotřebení při časté montáži a demontáži.
- Odolnost proti chemickým vlivům je velmi dobrá díky materiálu vložky.
- Vložky odolávají teplotám až 450°C.

Nevýhody

- Pro každý průměr a stoupání je nutná jiná vložka vyrobená s těmito parametry.
- Pro každý průměr, stoupání a profil závitu je nutný jiný závitník nebo sada závitníků.
- Pro každý průměr závitu je nutný jiný vrták a tvářecí závitník
- Vložku po dotvoření profilu již nelze demontovat.

2.3.4.4 Renovace pomocí pružné závitové vložky

Pružná závitová vložka je vyrobena z taženého nebo válcovaného drátu kosočtvercového průřezu šroubovitě stočeného do tvaru válcové pružiny tak, že tvoří vnější a vnitřní souosé závity. První závit je opatřen vrubem, který umožní odlomení bez deformace zbylé vložky.[2]

Materiály pružných závitových vložek viz. tab. 1.

tab.1. Materiály pružných závitových vložek

Materiál	odolnost	minimální pevnost v tahu při 20°C
	vůči teplotě	
X5 CrNi 18 10	425°C krátkodobě	1400 N/mm ²
	315°C dlouhodobě	
X6 CrNiMoTi 17 12 2	425°C krátkodobě	1400 N/mm ²
	315°C dlouhodobě	
CuSN 6	300°C krátkodobě	1000 N/mm ²
	250°C dlouhodobě	
NiCr 15 Fe 7 TiAl	750°C krátkodobě	1150 N/mm ²
	550°C dlouhodobě	
NiCr 20 Co 18 Ti	900°C krátkodobě	1150 N/mm ²
	600°C dlouhodobě	
AlZnMgCu 1,5	170°C krátkodobě	500 N/mm ²
	150°C dlouhodobě	

Zdroj: Katalog závitových vložek Helicoil dostupný z <http://www.helicoil.cz/>

Technologický postup:

- 6) Vyvrtání díry pro lůžkový závit - zásady jsou stejné jako u tenkostěnné vložky. Jen se neprovádí zahloubení ani sražení díry, znesnadňuje montáž závitové vložky.
- 7) Zhotovení lůžkového závitu - zásady jsou stejné jako u tenkostěnné vložky.
- 8) Montáž závitové vložky - pomocí speciálního přípravku se závit zašroubuje do lůžkového závitu a o čtvrtinu oráčky se zapustí do díry. Přípravek se různí podle použitého typu vložky.
- 9) Odlomení pomocného montážního závitu vložky - ten se odlomí pomocí klepnutím kládíkem na speciální přípravek nebo průbojník. O průchozí díry se může z druhé strany odlomit kleštěmi. Po odlomení tento závit z průchozí díry vypadne a ve slepé díře zůstane. S tím je nutné počítat a případně vyvrtat díru delší, aby odlomený závit nebránil správné délce zašroubování.

Výhody a nevýhody

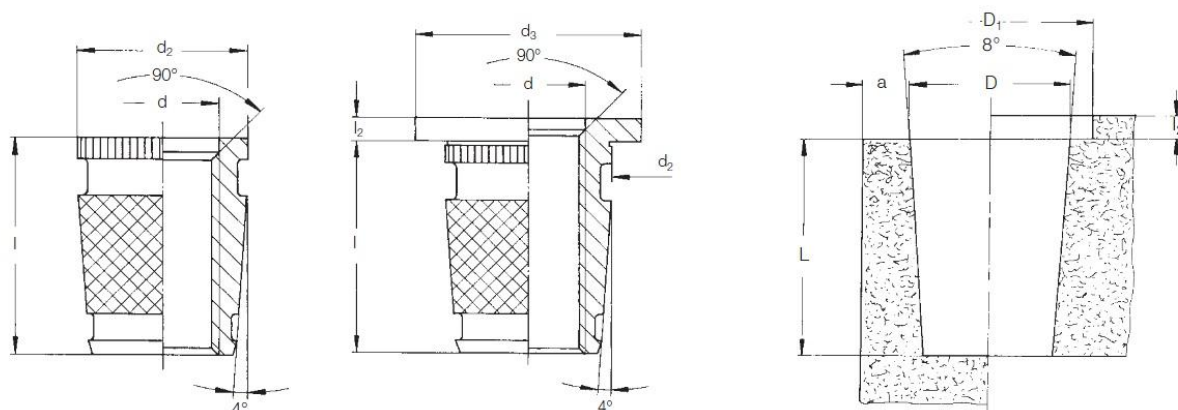
- Výhody a nevýhody jsou obdobné jako u použití tenkostěnných pouzder.

3. Přehled technologií pro aplikaci závitových vložek

Technologie vložek do plastu a dřeva

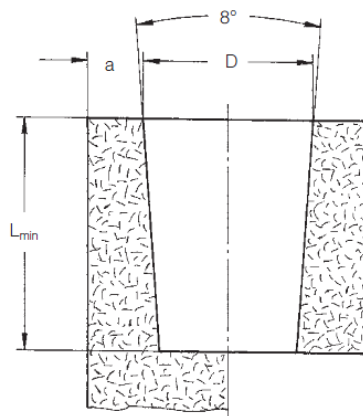
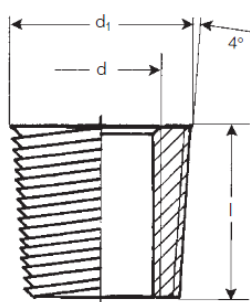
Závitové vložky firmy Böllhoff - výhradní dovozce pro ČR - ARSY line s.r.o.

Typ 0932 a 0931 - do tvrdých plastů[7]



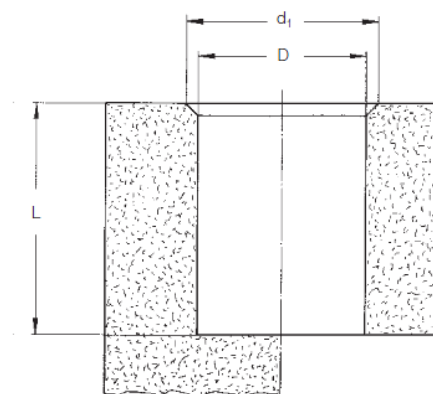
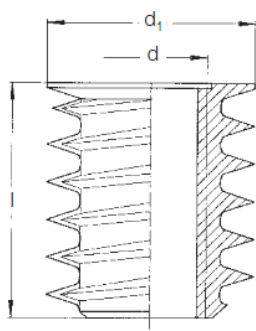
d	l [mm]	l ₂ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	D+0.1 [mm]	D ₁ [mm]	L _{min.} [mm]	a _{min.} [mm]
M 2	5.0	0.6	4.1	5.0	3.8	5.2	6.0	1.5
M 2,5	5.0	0.6	4.1	6.0	3.8	6.2	6.0	1.5
M 3	5.0	–	4.7	–	4.4	6.2	6.0	1.8
M 3	5.5	0.6	4.7	6.0	4.4	6.2	6.5	1.8
M 3,5	6.0	0.8	5.5	7.0	5.2	7.2	7.0	1.8
M 4	6.0	–	5.9	–	5.8	8.2	7.0	2.0
M 4	7.5	0.8	5.9	8.0	5.8	8.2	8.5	2.0
M 5	7.0	–	7.0	–	6.9	8.7	8.0	2.0
M 5	9.0	1.0	7.0	8.5	6.9	8.7	10.0	2.5
M 6	9.0	–	8.6	–	8.5	10.2	10.0	2.5
M 6	10.0	1.0	8.6	10.0	8.5	10.2	11.0	2.5
M 8	12.0	1.0	11.1	12.0	10.9	12.2	13.0	3.0

Typ 0935 - do tvrdých plastů[7]



d	d ₁	l [mm]	D+0.1 [mm]	L _{min} [mm]	a _{min} [mm]
M 3	4.7	5	4.4	6.0	1.8
M 4	6.1	7.5	5.8	8.5	2.0
M 5	7.3	9	6.9	10.0	2.0
M 6	8.9	10	8.5	11.0	2.5

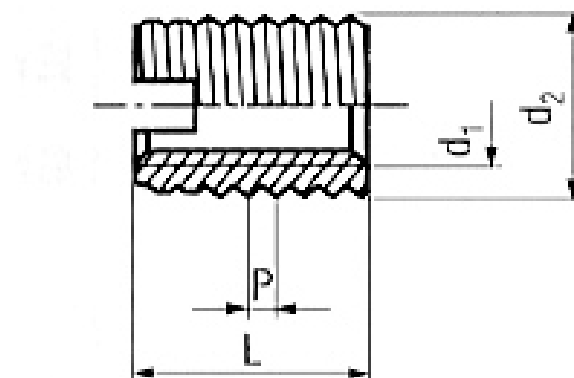
Typ 173 - do dřeva a měkkých plastů[7]



d	d ₁	L [mm]	D+0.1 [mm]
M 3	6,8	6	4.7
M 4	7,8	8	5.6
M 5	9,4	10	6.8
M 6	11,2	14	7,6/8.5
M8	13,2	15	10,3/10,5
M 10	15,2	18	11,8/12,5

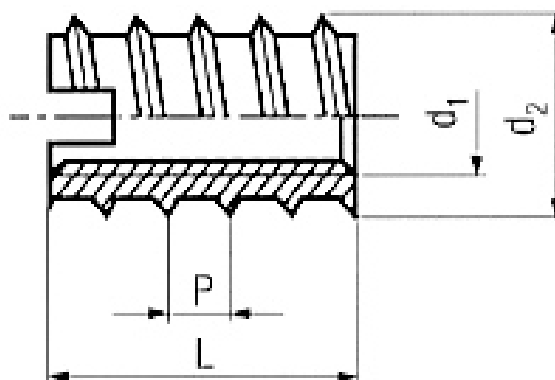
Závitové vložky firmy Schraubenhandel - dovozce pro ČR - IMP Kontakt s.r.o.

Typ Ensats 302 - do tvrdých plastů[6]



d_1	P [mm]	d_2 [mm]	L [mm]	d_1	P [mm]	d_2 [mm]	L [mm]
M 2,5	0,5	4,5	6	M 8	1,5	12	15
M 3	0,5	5	6	M 10	1,5	14	18
M 3,5	0,75	6	8	M 12	1,5	16	22
M 4	0,75	6,5	8	M 14	1,5	18	24
M 5	1	8	10	M 16	1,5	20	22
M 6	1,5	10	14	M 20	1,5	26	27

Typ Ensats 309 - do dřeva a měkkých plastů[6]

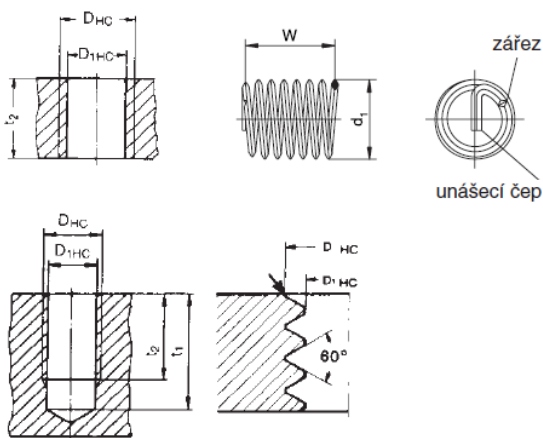


d_1	P [mm]	d_2 [mm]	L [mm]	d_1	P [mm]	d_2 [mm]	L [mm]
M 3	1,6	5,5	6	M 8	4	13	20
M 4	2,5	7	10	M 10	5	16	23
M 5	3	9	12	M 12	5	19	26
M 6	4	10	14				

Technologie pružných závitových vložek do kovových materiálů

Závitové vložky firmy Böllhoff - výhradní dovozce pro ČR - ARSY line s.r.o.

Helicoil Plus - free running

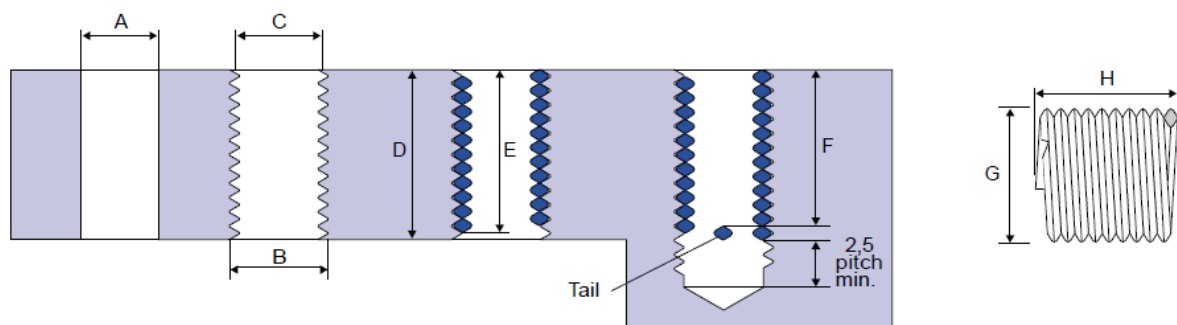


d	P [mm]	l min		W [1]	d ₁ min. [mm] max. [mm]	D _{1HC} min. [mm] max. [mm]	l ₃ max. [mm]	D _{HC} min. [mm]
		x d	[mm]					
M 2	0,4	1 x d	2	2,9	2,6	2,09	1,8	2,52
		2 x d	4	6,9	2,8	2,18	3,8	
M 3	0,5	1 x d	3	3,9	3,8	3,11	2,7	3,65
		2 x d	6	8,7	4	3,22	5,7	
M 4	0,7	1 x d	4	3,7	5,05	0,15	3,6	4,91
		2 x d	8	8,4	5,25	4,29	7,6	
M 5	0,8	1 x d	5	4,3	6,35	5,17	4,6	6,04
		2 x d	10	9,7	6,6	5,33	9,6	
M 6	1	1 x d	6	4,2	7,6	6,22	5,5	7,3
		2 x d	12	9,6	7,85	6,41	11,5	
M 8	1,25	1 x d	8	4,7	9,85	8,27	7,4	9,62
		2 x d	16	10,6	10,1	8,48	15,4	
M 10	1,5	1 x d	10	5	12,1	10,32	9,2	11,95
		2 x d	20	11,2	12,5	10,56	19,2	
M 12	1,75	1 x d	12	5,2	14,4	12,38	11,1	14,27
		2 x d	24	11,7	14,8	12,64	23,1	
M 14	2	1 x d	14	5,6	16,8	14,43	13	16,6
		2 x d	28	12	17,2	14,73	27	
M 14x1	1	1 x d	14	11,2	16,8	14,22	13,5	15,3
		2 x d	28	23,2	17,2	14,41	27,5	
M 16	2	1 x d	16	6,5	19	16,43	15	18,6
		2 x d	32	13,8	19,4	16,73	31	
M 16x1,5	1,5	1 x d	16	8,7	19	16,32	15,2	17,95
		2 x d	32	18,1	19,4	16,56	31,2	
M 18	2,5	1 x d	18	5,6	21,5	18,54	16,7	21,25
		2 x d	36	12,3	22	18,9	34,7	

d	P [mm]	l min		W [1]	d ₁ min. [mm] max. [mm]	D _{1HC} min. [mm] max. [mm]	l ₃ max. [mm]	D _{HC} min. [mm]
		xd	[mm]					
M 18x1,5	1,5	1 x d	18	5	21,5	18,54	17,2	19,95
		2 x d	36	9,5	21,5	18,32	35,2	
M 20	2,5	1 x d	20	20,2	22	18,56	35,2	23,25
		2 x d	40	13,7	24,2	20,9	38,7	
M 20x1,5	1,5	1 x d	20	10,7	23,7	20,32	19,2	21,95
		2 x d	40	22,4	24,2	20,56	39,2	
M 22	2,5	1 x d	22	6,9	23,7	22,54	20,7	25,25
		2 x d	44	15	26,8	22,9	42,7	
M 22x1,5	1,5	1 x d	22	11,7	26,3	22,32	21,2	23,95
		2 x d	44	24,5	26,8	22,56	43,2	

Závitové vložky firmy Simaf - dovozce pro ČR - Simaf CZ s.r.o.

TFIL+



d	P [mm]	D		H [1]	G min. [mm] max. [mm]	C min. [mm] max. [mm]	B min. [mm]
		xd	[mm]				
M 2	0,4	1 x d	2	2,90	2,60	2,260	2,520
		2 x d	4	6,90	2,75	+0,053	
M 3	0,5	1 x d	3	6,95	3,70	3,325	3,650
		2 x d	6	6,35	3,90	+0,059	
M 4	0,7	1 x d	4	3,80	5,00	4,455	4,910
		2 x d	8	8,65	5,15	+0,074	
M 5	0,8	1 x d	5	4,45	6,10	5,520	6,040
		2 x d	10	10,10	6,30	+0,077	
M 6	1	1 x d	6	4,30	7,40	6,650	7,300
		2 x d	12	9,85	7,65	+0,092	
M 8	1,25	1 x d	8	4,80	9,70	8,812	9,624
		2 x d	16	10,75	9,90	+0,099	
M 10	1,5	1 x d	10	5,00	12,05	10,974	11,948
		2 x d	20	11,25	12,35	+0,115	

d	P [mm]	D		H [1]	G min. [mm] max. [mm]	C min. [mm] max. [mm]	B min. [mm]
		xd	[mm]				
M 12	1,75	1 x d	12	5,20	14,35	13,137	14,274
		2 x d	24	11,75	14,60	+0,134	
M 14	2	1 x d	14	5,60	16,80	15,299	16,598
		2 x d	28	12,00	17,15	+0,145	
M 16	2	1 x d	16	6,50	18,80	17,299	18,598
		2 x d	32	13,95	19,10	+0,145	
M 16x1,5	1,5	1 x d	16	9,00	18,40	16,974	17,948
		2 x d	32	18,70	18,80	+0,125	
M 18	2,5	1 x d	18	5,60	21,35	19,624	21,248
		2 x d	36	12,35	21,70	+0,154	
M 18x1,5	1,5	1 x d	18	9,90	20,60	18,974	19,948
		2 x d	36	21,05	21,00	+0,125	
M 20	2,5	1 x d	20	6,40	23,35	21,624	22,598
		2 x d	40	13,90	23,75	+0,154	
M 20x1,5	1,5	1 x d	20	11,05	23,00	21,299	21,950
		2 x d	40	23,10	23,50	+0,145	
M 22	2,5	1 x d	22	7,10	25,40	23,624	25,248
		2 x d	44	15,50	25,80	+0,154	
M 22x1,5	1,5	1 x d	22	9,05	25,00	23,274	23,948
		2 x d	44	19,00	25,50	+0,125	

4. Porovnání a zhodnocení jednotlivých technologií

1) z hlediska pracnosti

Pro pružné závitové vložky hovoří fakt, že na opravu poškozeného závitu malého průměru není potřeba žádné zvláštní vybavení. K opravě stačí ruční vrtačka, vratidlo a kladivo pro odlomení pomocného závitu. U větších průměrů už ale bývá problém se zachováním souostí námi vyrobeného vývrtu a původního závitu. Zde by bylo potřeba použít alespoň stojanovou vrtačku, což může být problém, pokud je součást větších rozměrů. Totéž platí i pro závitové vložky z tenkostěnného pouzdra.

2) z hlediska ekonomiky

Při renovaci strojních součástí, kde je prioritou spolehlivost a vysoká životnost, je potřeba se zamyslet o možnostech, jaké má technik k dispozici. Může například závit zavařit a vyrobit nový, což je oprava rychlá a nenáročná na technologie, nebo použít závitovou vložku, která se musí nejprve obstarat. Renovace pomocí závitové vložky je sice dražší, ale co se týče kvality je určitě vhodnější, neboť opravená součást má lepší mechanické vlastnosti a nehrozí, že dojde k selhání, případně k větším škodám. Dlouhodobější odstávka poškozené součásti se může ve výsledku několikanásobně prodražit.

3) z hlediska rychlosti v dílenské praxi

Ve většině případů z dílenské praxe je nejdůležitější rychlost opravy. Proto se přistupuje k renovaci podle dostupných prostředků. Ve většině dílen je k dispozici vrtačka, sadové závitníky a také svářecí souprava. Je nepravděpodobné, že by byla dílna vybavena různými sadami závitových vložek. Z tohoto důvodu se používá renovace na opravné rozměry a renovace zavařením díry a výroba nového závitu původní velikosti. Samozřejmostí je, že musí být splněny nutné podmínky pro daný typ renovace.

5. Závěry

Renovace strojních součástí je v moderní době jedno ze základních témat pro oddělení údržby a servisu strojů a strojních součástí. Zjistil jsem, že volbou vhodného způsobu renovace lze podniku ušetřit nemalé prostředky. Během psaní této práce jsem prostudoval mnoho zdrojů o opravách poškozených vnitřních závitů a výsledky porovnal se zkušenostmi ze své praxe. Nejčastěji jsem se setkával s aplikací pružných závitových vložek, což odpovídalo mým poznatkům při opravách a servisu plynových motorů. Tato metoda není náročná na technologii a tak má široké uplatnění. Na našem trhu je několik firem, zabývajících se prodejem závitových vložek a jejich počet se stále rozrůstá, prodejci, kteří se zabývají šrouby, začínají do svého sortimentu zapracovávat i sady závitových vložek a přípravky na opravy poškozených závitů. Je tak velice snadné obstarat si závitovou vložku přesně podle potřeby. V mé praxi jsem se dokonce dostal do situace, kdy bylo použití závitové vložky naprosto nezbytné a to tehdy, když se na motoru při utahování hlavových šroubů jeden vytrhnul ze závitu. Demontovat poškozený blok by bylo velice náročné a oprava u by tím byla časově velice náročná. Jelikož motor pohání generátor a soustrojí je v provozu 24 hodin denně, byl by ekonomický dopad značný. Bylo tedy jedinou možností poškozený závit opravit pomocí závitové vložky. Motor od této opravy najel již 15 000 motohodin a se závitovou vložkou dosud nebyly žádné problémy.

V budoucnu se s pojmem renovace budeme setkávat stále častěji. Současný směr je nastaven na úsporu materiálů a energií, a proto se i v oblasti údržby budeme stále více setkávat s úspornými opatřeními a vývojem nových metod renovace strojních součástí.

6. Literatura

- [1] Pošta, Josef: *Provozus schopnost strojů*. PowerPrint, Praha 2002.
- [2] Pošta, Josef: *Technologie údržby a oprav strojů*. H&H, Jinočany 1995
- [3] Drastík a kol.: *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. Montanex, Ostrava 1999
- [4] Pošta, Josef: *Renovace poškozených vnitřních závitů*. Agroweb [online] 9.4 2011, [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
<http://stary.agroweb.cz/projekt/clanek.asp?pid=2&cid=10226>
- [5] Pošta, Josef: *Renovace strojních součástí*. Agroweb [online] 16.2.2001, [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
http://www.agroweb.cz/Renovace-strojnich-soucasti__s46x9970.html
- [6] *Online katalog závitových vložek*. [online] 9.4 2011, [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
<http://online-schraubenhandel.de/>
- [7] *Katalog závitových vložek*. [online] 9.4 2011, [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
<http://www.boellhoff.de/>
- [8] *Pružinové závitové vložky - katalog*. [online] 8.9.2004, [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
<http://www.simaf.cz/dokumenty-ke-stazeni>
- [9] Poláčková, Naděžda: *Výroba závitových děr v podélných tenkostěnných profilech*. Brno, 2009. 35 s. Bakalářská práce na Fakultě strojního inženýrství Vysokého Učení Technického v Brně. Vedoucí bakalářské práce Milan Kalivoda [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18180
- [10] Neulingerová, Kateřina: *Metody zhotovování závitů*. Brno, 2009. 28 s. Bakalářská práce na Fakultě strojního inženýrství Vysokého Učení Technického v Brně. Vedoucí bakalářské práce Milan Kalivoda [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28036
- [11] *Výroba vnitřních závitů tvářením*. MM Průmyslové spektrum [online]. 11. 4 2001, MM 2001/4, [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-vnitrnich-zavitu-tvarenim>
- [12] *Emuge Franken* [online]. 16. 3 2006, [cit. 9.4.2011]. Dostupné z:
<http://www.emugefranken.cz/soubory/133cz.pdf>

Seznam zkratek

VBD Vyměnitelné břitové destičky.

Seznam obrázků:

- obr. 1. Základní profil závitu
- obr. 2. Soustružnický nůž s VBD
- obr. 3. Monolitní závitová fréza
- obr. 4. Frézování do předvrtané díry[12]
- obr. 5. Vrtací závitová fréza
- obr. 6. Frézování do plného materiálu[12]
- obr. 7. Závitová fréza s VBD
- obr. 8. Sadové závitníky
- obr. 9. Strojní závitníky
- obr. 10. Maticový závitník
- obr. 11. Vnikání tvářecího závitníku do materiálu
- obr. 12. Porovnání tvářeného a řezaného závitu
- obr. 13. Tvářecí závitníky
- obr. 15. Nastavitelný nástroj na opravu vnitřních závitů ReThred
- obr. 16. Technologický postup

Seznam tabulek:

- tab.1. Materiály pružných závitových vložek