



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZÁVITOVACÍ OPERACE VE STAVEBNICTVÍ

THREADING OPERATIONS IN THE BUILDING INDUSTRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Čech

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Ondřej Čech**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2017/18

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:

Závitovací operace ve stavebnictví

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Přehled strojního vybavení a používaných technologií v mobilních situacích a na stavbách. Kvalifikace pracovníků. Bezpečnostní podmínky. Vliv na životní prostředí.

Cíle bakalářské práce:

- Používané závity ve stavebnictví
- Ukázky reálných spojů
- Typické technologie závitování včetně vybavenosti
- Technologické režimy u vybraného druhu závitu
- Zhodnocení problematiky

Seznam doporučené literatury:

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

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

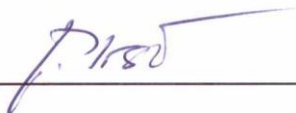
Příručka obrábění, kniha pro praktiky. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 19. 10. 2017





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je souhrn běžných závitů a závitových spojů používaných ve stavebnictví doplněný ukázkami reálných spojů. Možnosti zhotovování závitů na stavbách, přesněji v mobilních situacích, kdy nelze použít staticky uloženého stroje. Obsahuje přehled strojního vybavení a technologický režim u vybraných závitů. Toto dílo je doplněno o popis specifické situace obrábění a řezání závitu na těžkotonážním dílu vodní elektrárny.

Klíčová slova

závit, stavebnictví, řezání závitů, mobilní zařízení, závitové spoje

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the sumarization of common threads and thread joints used in construction industry complemented with illustrations of actual joints. On construction thread cutting possibilities, more precisely situations, where there is no possibility to use stanionary placed machinery. Mechanical engineering machinery overwiev. Technological regime of selected thread joints. This thesis is supplemented with description of specific machining and thread cutting work on heavy-duty part of hydropower plant.

Key words

theread, construction industry, thread cutting, mobile device, thread joints

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČECH Ondřej. *Závitové operace ve stavebnictví*. Brno 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 38 s., 4 přílohy. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Závitové operace ve stavebnictví** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Ondřej Čech

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi, zaměstnanci FSI VUT v Brně, za odborné konzultace a strojírenské poznatky.

Další poděkování patří panu Jiřímu Brackovi, jednateři firmy Bracek – stroje a zařízení, za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	3
ABSTRACT	3
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 POJEM ZÁVIT	10
1.1 Základní rozdělení závitů	10
2 POUŽÍVANÉ ZÁVITY VE STAVEBNICTVÍ	11
2.1 Metrický závit	11
2.2 Whitvortův závit	12
2.3 Trubkový závit	12
2.4 Závity pro samořezné šrouby	13
2.5 Závity pro vruty	13
2.6 Oblý závit	14
3 TYPICKÉ ZÁVITOVÉ SPOJE VE STAVEBNICTVÍ	15
3.1 Šroubové spoje	15
3.1.1 Ukázka reálného šroubového spoje	17
3.2 Spoje samořeznými šrouby	18
3.2.1 Ukázka reálného spoje samořezným šroubem	18
3.3 Vruty	19
3.3.1 Ukázka reálného spoje vrutem	19
3.4 Spojování trubek	20
3.4.1 Ukázka reálného spoje strojřenským šroubením	22
4 ZÁVITOVÁNÍ VE STAVEBNICTVÍ	23
4.1 Proces řezání závitů	23
4.2 Ruční závitování	23
4.3 Elektrické závitnice	27
4.4 Elektrické závitořezy	27
4.5 Stacionární závitořezy	28
5 UKÁZKA ŘEZÁNÍ ZÁVITU MOBILNÍ FRÉZKOU	29
5.1 Rotor generátoru	30
5.2 Oprava rotoru	30
5.3 Frézka BRACEK – typ FBG3	31

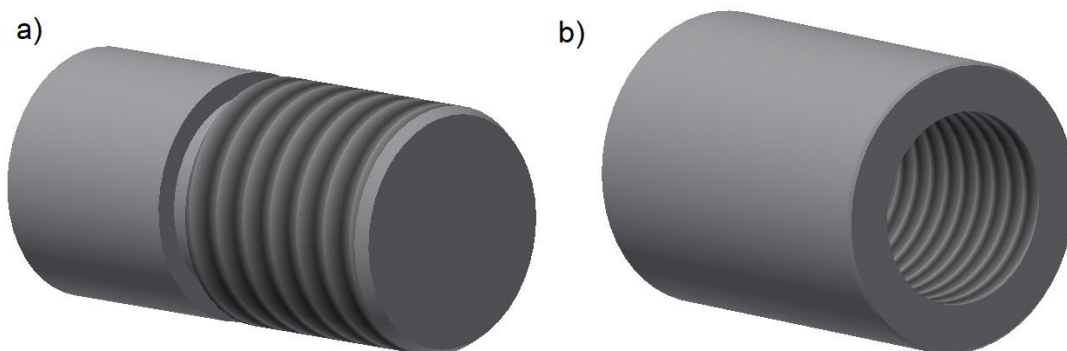
6	TECHNOLOGICKÉ REŽIMY U VYBRANÝCH DRUHŮ ZÁVITŮ	33
7	KVALIFIKACE PRACOVNÍKŮ, BEZPEČNOSTNÍ PODMÍNKY, VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	34
	ZÁVĚR	35
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	36
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	38
	SEZNAM PŘÍLOH	38

ÚVOD

Závit je jeden z nejvíce používaných konstrukčních prvků vůbec. Jeho původ je datován již v dávné historii, kdy byl využíván pro čerpání vody. Závitů mají v dnešní době široké spektrum využití, především pro rozebíratelné spojení více prvků, v měřicí technice, pro převod rotačních pohybů v pohyb lineární atd. Tato bakalářská práce se zabývá závitů, které mají uplatnění ve stavebnictví nebo obecně na stavbách. V tomhle odvětví se jedná hlavně o šroubová spojení, vrutové spoje a závitování trubek. Co se pod pojmem stavba vlastně rozumí? Jedná se o území, kde vzniká dílo, budova, objekt pro určitý účel, za použití různých montážních technologií. Jedna z těchto technologií může být právě závitování. Jsou charakterizovány konvenční technologie řezání závitů na stavbách v mobilních situacích a možnosti řezání v situacích, kdy není možné využít staticky uložených konvenčních strojů typických ve strojírenských dílnách. Dále také nestandardní metoda řezání závitů na těžkotonážním obrobku spojeným se stavbou, kdy se pro opravu nebo za účelem obrábění a následným řezáním závitů nevyplatí nebo nelze dílec dopravit do specializované dílny. Důvodem může být například velká váha dílce, v řádech až desetitisíců kilogramů, či těžce přístupná oblast uloženého dílce nebo právě spojení se stavbou.

1 POJEM ZÁVIT

O co se jedná, když se řekne závit? Závit je definován jako určitý profil, který rotuje kolem své osy a zároveň stoupá. Tento profil vytváří na válci tvarovou drážku. Velikost vystoupání o jednu otáčku se nazývá rozteč. Může vzniknout jako vnější závit na dříku nebo vnitřní v díře (obr. 1). Změnou tvaru rotovaného profilu může vzniknout nepřeberné množství závitů. Pro technickou praxi jsou nejužitečnější závity normalizované, aby nedocházelo k záměně protikusů. [1, 2]



Obr. 1 a) Vnější závit, b) Vnitřní závit

1.1 Základní rozdělení závitů

Vychází-li se pro rozdělení závitů podle tvaru profilu, dělí se na závity s ostrým a tupým profilem. Výchozím profilem ostrých závitů je trojúhelník, úpravou z něj vznikají závity jako Whitworthův, metrický, lichoběžníkový atd. Tento profil je vhodný zejména k mechanickému spojení dvou a více prvků. Tupý profil je vhodný pro pohybové závity. Obecně mohou být závity rozděleny podle těchto kritérií (tab. 1.1.): [1,2]

Tab: 1.1. Rozdělení závitů [1]

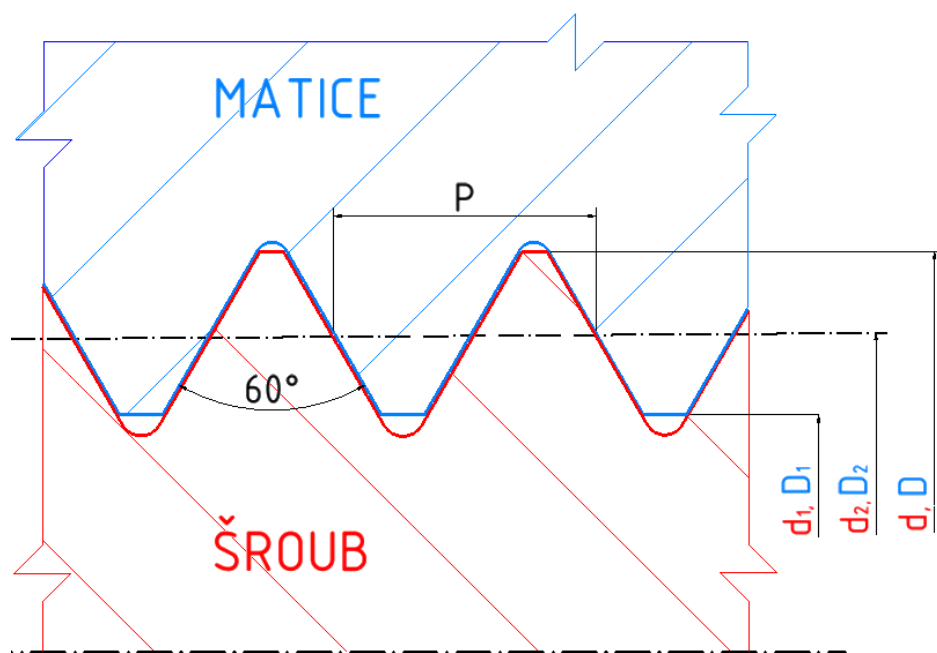
podle navinutí	podle směru stoupání	podle tvaru dříku, díry	podle počtu šroubovic	podle tvaru profilu
vnitřní	pravotočivý	kuželový	jednochodý	ostrý
vnější	levotočivý	válcový	dvojchodý	tupý
			vícechodý	oblý

2 POUŽÍVANÉ ZÁVITY VE STAVEBNICTVÍ

Ve stavebnictví se používají především závitů vhodné pro rozebíratelné spoje nebo kotvení. Díky samosvornosti mají největší zastoupení na spojovacím materiálu, šroubech, šroubeních, maticích, tyčích apod. Použití jednotlivých druhů závitů záleží na druhu spojovaného materiálu a na typu spoje.

2.1 Metrický závit

Jeden z nejběžnějších a nejpoužívanějších závitů ve stavebnictví je závit metrický (obr. 2). Označuje se „M“ a průměrem v milimetrech. Pro jiné stoupání než 1 mm/otáčku se k označení přidává i velikost stoupání, např. označení M6x1,5. Vrcholový úhel pro tento závit je $\alpha = 60^\circ$. Ve stavebnictví se tento druh závitů používá hlavně pro šroubové spoje. Tento závit bývá využit i v kombinaci s jiným závitěm na dřívku pro kotvení do zdiva. [1, 4]

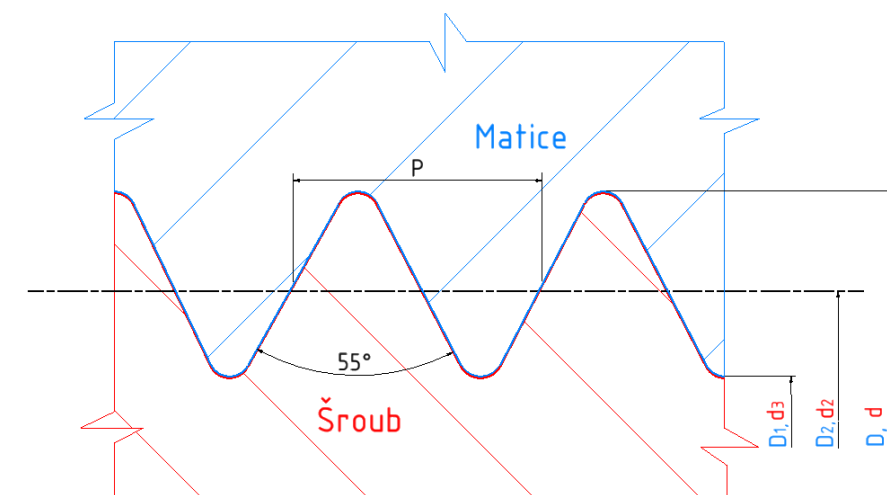


D_1	... velký průměr závitu matice	d_1	... velký průměr závitu šroubu
D_2	... střední průměr závitu matice	d_2	... střední průměr závitu šroubu
D	... malý průměr závitu matice	d	... malý průměr závitu šroubu
P	... rozteč závitu		
α	... vrcholový úhel $\alpha = 60^\circ$		
pro metrický závit			

Obr. 2 Metrický závit [1]

2.2 Whitvortův závit

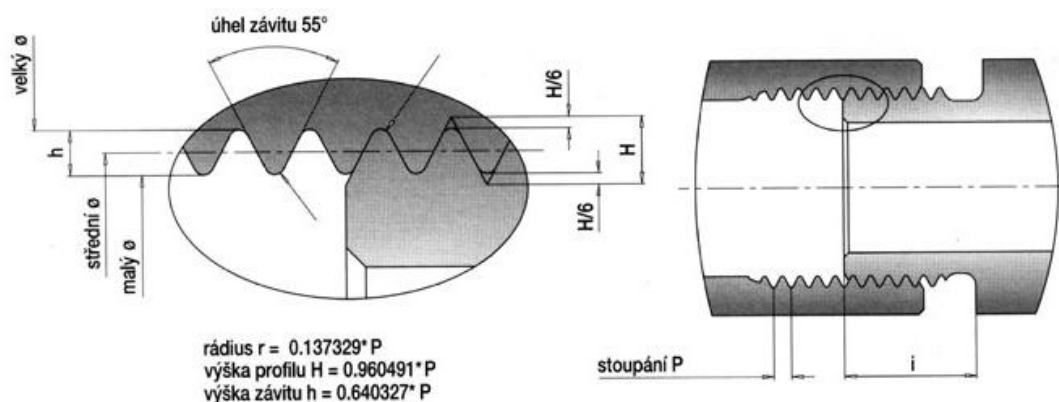
Jedná se o další z nejvýznamnějších závitů (obr. 3). Vyznačuje se vrcholovým úhlem $\alpha = 55^\circ$. Je označován písmenem „G“. Závit, na rozdíl od metrického, je dán v palcích. Vznikl ve Velké Británii v 19. století při výstavbách železnic. Nyní je postupně nahrazován metrickým závitem. [1, 4, 5]



Obr. 3 Whitvortův závit [1]

2.3 Trubkový závit

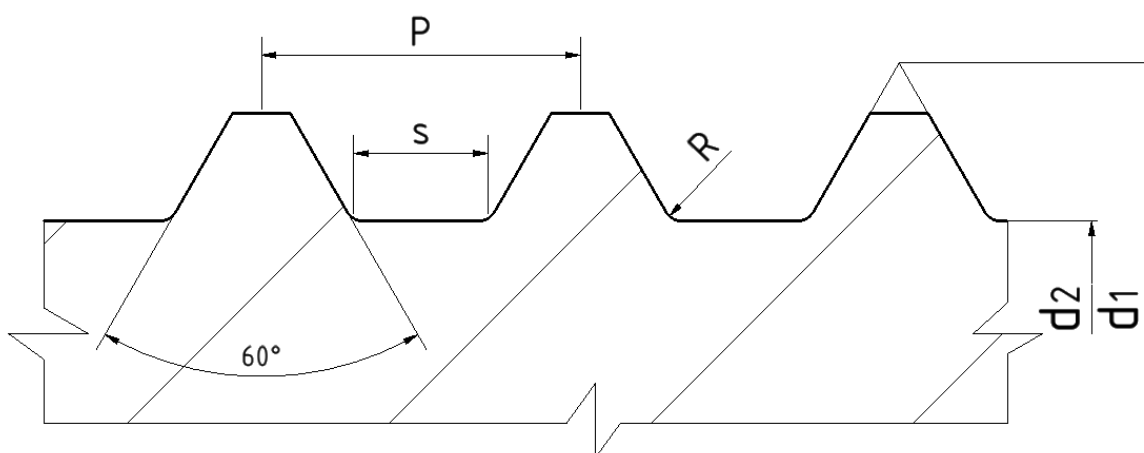
Trubkový závit (obr. 4) má stejný profil jako závit Whitvortův (obr. 3). Díky svému profilu je závit schopen velice dobře těsnit i bez přídavného těsnicího materiálu. Proto má největší využití ve spojování potrubí. Může být jak s jemným, tak i s hrubým stoupáním. Je využíván také v kuželovém provedení s kuželovitostí 1:16. Původ kuželového závitu je z USA. Označuje se buď písmenem „G“ pro konstantní průměr, nebo „R“ pro kuželový průměr. Vrcholový úhel je také $\alpha = 55^\circ$. [1, 4, 5]



Obr. 4 Trubkový závit [3]

2.4 Závity pro samořezné šrouby

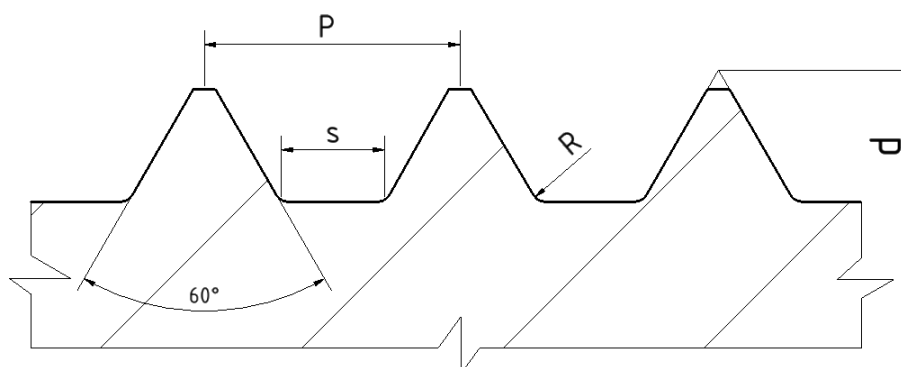
Používá se pro šrouby, pro které není zhotoven maticový závit, protože šrouby si ho samy vyříznou. Teoretický profil je ostrý. Šrouby jsou cementovány a kaleny. Vrcholový úhel je $\alpha = 60^\circ$. Šířka závitového žlábků je zvolena 55 % až 63 % z rozteče „P“ (obr. 5). Typů šroubů do plechu je v dnešní době nepřehledné množství. Mění se obvykle velikost žlábků a provedení náběhu. Náběh má obvykle úhel 90° nebo 30° . [1, 4, 5]



Obr. 5 Závit pro šrouby do plechu [1]

2.5 Závity pro vruty

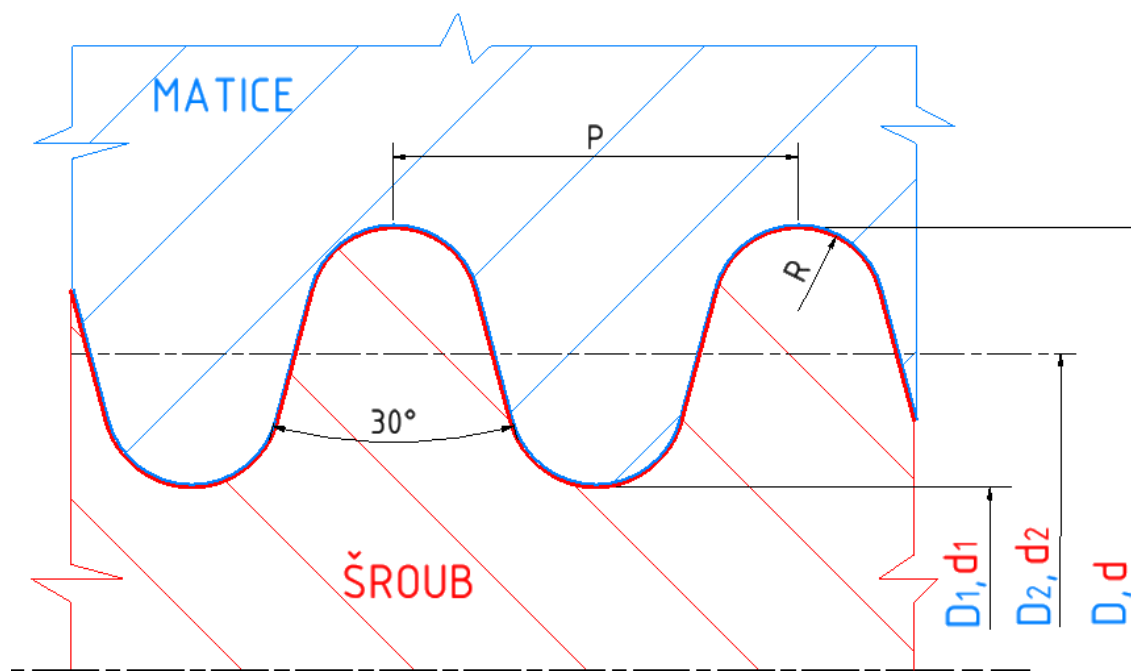
Vruty (obr. 6) jsou tvarově podobné šroubům do plechu. Samy si vytlačí závit do měkkých materiálů, nejběžnější je použití pro spojování dřevěných konstrukcí. Šířka závitového žlábků „s“ je 65 % až 75 % z rozteče „P“. Vrcholový úhel $\alpha = 60^\circ$. [1, 4, 5]



Obr. 6 Závit pro vruty [1]

2.6 Oblý závit

Označuje se písmeny „Rd“ a průměrem závitu v milimetrech, avšak stoupání se udává jako počet závitů na palec. Vrcholový úhel $\alpha = 30^\circ$. Závit oblý (obr. 7) je známý pro svoji odolnost vůči korozi, povětrnostním vlivům a rázům. Používá se pro extrémně namáhané a často rozebírané spoje. [1, 4, 5]



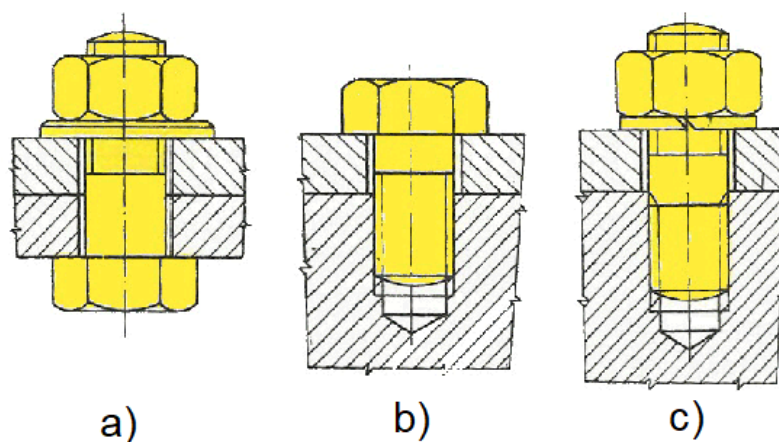
Obr. 7 Oblý závit [1, 4, 5]

3 TYPICKÉ ZÁVITOVÉ SPOJE VE STAVEBNICTVÍ

Závitové spoje, obecně ve stavebnictví, mohou být nerozebíratelné nebo rozebíratelné. Jedná se o pevné, rychlé a dobře proveditelné spojení dvou a více kusů. Nejpoužívanější jsou šroubové spoje. Pro dobrou realizaci a funkčnost spojení je nutno brát zřetel na druh spojovaného materiálu a jeho namáhání. Řadí se mezi tvarové a silové spoje, které jsou namáhány na tah, smyk nebo kombinací obou. [1, 2]

3.1 Šroubové spoje

Šroubové spoje jsou tvořeny ze šroubů, matic a podložek. Slouží k rozebíratelnému spojení dvou a více součástí, aniž by došlo k poškození spojovaných součástí nebo samotných šroubů a matic. Šroub je součást, na které je vytvořen vnější závit. Jako protikus ke šroubům se rozumí matice, na které je vytvořen závit vnitřní. Podložka se používá v případech, kdy je potřeba s ohledem na spojovaný materiál nebo vůli v průchozí díře rozložit tlak hlavy šroubu nebo matice na větší plochu. Základní rozdělení šroubových spojů viz. (obr.8). [2, 6]



Obr. 8 a) Šroubový spoj se šroubem a maticí, b) šroubový spoj se šroubem, c) šroubový spoj se závrtným šroubem [8]

Mezi základní šroubové spoje patří šroubový spoj se šroubem a maticí, kde šroub je prostrčen dírou s vůlí. Díra je tedy bez závitu. Používá se pro dobře přístupná místa. [2]

Šroubový spoj se šroubem, úlohu matice zde tvoří samotný spojovaný materiál. Závit je vyřezán v jedné z děr spojovaného materiálu. [2]

Pro závrtný šroub je v díře jednoho ze spojovaných materiálů připraven závit, do kterého se našroubuje. V druhém spojovaném prvku je díra s vřtí. Spoj se dotáhne maticí. [2]

Šrouby jsou součásti z oceli, tvořené dříkem a hlavou. Rozlišují se podle tvaru hlavy, rozměru dříku a druhu závitů. Rozhodující význam pro kvalitu spoje má použitý materiál, nejčastěji uhlíkové nebo legované oceli (viz. příloha 1). Pro zvýšení životnosti jsou aplikovány povrchové úpravy, např. žárové zinkování, galvanické zinkování, šeradování atd. Podle použití se rozdělují do tříd pevnosti podle tabulky č. 2.

Tab. č.2 Pevností třídy [7]

Třída pevnosti	Jmenovitá pevnost v tahu Rm [MPa]	Materiál a tepelná úprava	Příklady typických ocelí (DIN)	Namáhání spoje	Materiál spojovaných dílů
3.6	300	uhlíková kalená ocel	Q St 36-3	nízké	všechny konstrukční oceli
4.6	400		Q St 38-3		
4.8			Cq22, Cq35		
5.6	500				
5.8					
6.6	600				
8.8	800	uhlíková ocel, kalená a popouštěná	19Mn B4, 22 B2, 38 Cr2, 46 Cr2	střední	konstrukční oceli od Rm = 700Mpa
9.8	900				
10.9	1000	uhlíková ocel, nebo legovaná ocel, kalená a popouštěná	37Cr4, 35B2	vysoké	
12.9	1200		36CrMo4, 42CrMo4, 34CrNiMo6, 30CrNiMo8,	velmi vysoké	oceli k zušlechťování

Podle systému značení tříd pevnosti je dáno, že pokud jsou číslice před tečkou vynásobeny krát 100, vychází hodnota meze pevnosti v tahu v MPa. Číslice za tečkou označuje mez kluzu, jako procentuální podíl k mezi pevnosti. Například pro pevnostní třídu 6.6 je mez pevnosti 600 MPa, procentuální podíl meze kluzu je pak $600 \times 0,6 = 360$ MPa. [7]

3.1.1 Ukázka reálného šroubového spoje

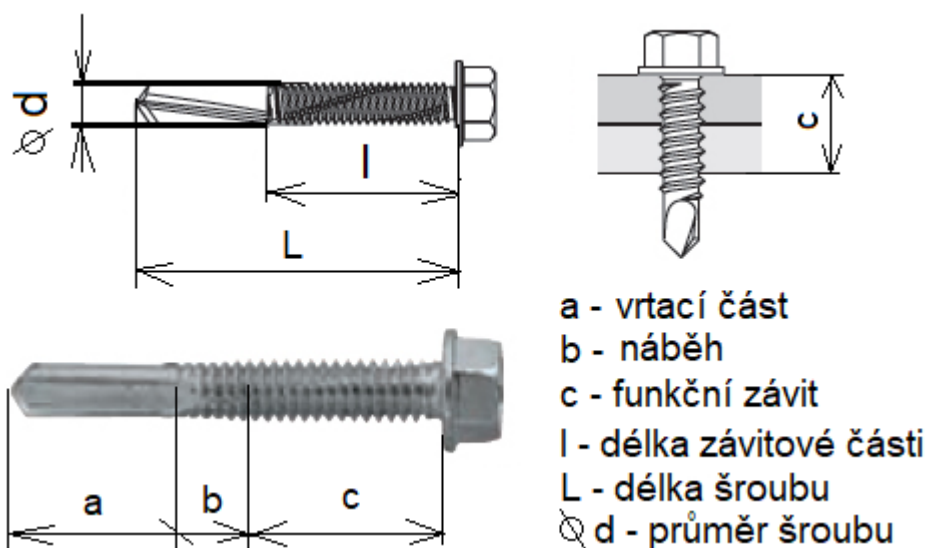
Pro ukázku byl vybrán spoj střešní šikmé krokve konstrukce střechy rodinného domu s vodorovnou kleštinou. Spoj byl proveden za pomoci závitové tyče M12 – 200 mm dvěma maticemi s podložkami. Spojovaný materiál je smrkové dřevo. Vzhledem k tomu, že je poměrně měkké, tak pro rozložení tlaku matic byly vybrány podložky o průměru 50 mm. Pro lepší zajištění polohy je kleština do krokve zapuštěná. Byla vyvrtána díra pro tyč o průměru 12,5 mm. (obr.9)



Obr. 9 Ukázka spoje krokve a kleštiny závitovou tyčí M12 – 200 mm

3.2 Spoje samořeznými šrouby

Jak již plyne z jejich názvu, jedná se o šrouby, které jsou schopné si samy vyvrtat díru a vyřezat závit do spojovaného materiálu. Zpravidla mají jemnější stoupání závitu oproti vrtům, protože jsou určeny pro tvrdší materiály. Schopnost vrtat spojovaný materiál záleží na materiálu šroubu i spoje. Jsou určeny pro měkké oceli, kovové a nekovové materiály. V dnešní době se nejběžnější tvar dřívku skládá ze špičky, která je tvořena dvěma břity a drážkami. Tvoří obdobu špičky vrtáku a jejím úkolem je předvrtat díru. Druhá část je tvořena závitem. Ten se skládá z části náběhové a z funkčního závitu, poslední část je hlava šroubu. Slouží pro přenos krouticího momentu. Její tvar záleží na výrobci. (obr.10)



Obr. 10 Samořezný šroub s vrtákem místo náběhu [9]

Při zašroubování zpravidla dochází k značnému opotřebení a otupení řezacích částí, nejedná-li se o spojení tenkostěnných plechů. Montáž bývá provedena elektrickými ručními utahováký. Což samo o sobě nemusí vytvářet vhodné řezné podmínky pro vrtací část na dřívku. Záleží na zručnosti obsluhy. Ostří většinou vydrží jednu vrtací operaci.

3.2.1 Ukázka reálného spoje samořezným šroubem

Ukázkou je spojení dvou tenkostěnných profilů „CD“ a „UD“ pro sádkartonové konstrukce samořezným šroubem o průměru 3,5 x 9,5 mm

s křížovou půlkulatou hlavou (obr. 11). Díry do obou profilů si šroub vyvrtal sám. Pro zavrtání byla použita pouze akumulátorová vrtačka s magnetickým křížovým bitem.



Obr. 11 Ukázka spoje tenkostěnných profilů samořezným šroubem

3.3 Vrutky

Jedná se o druh samořezného šroubu, určený pro spojování měkčích materiálů, jako je např. dřevo, plast, tenké plechy, sádkarton či materiálů podobných vlastností. Není opatřen vrtákem na špičce, ale pouze kónickým náběhem. Závit se do měkčího materiálu nevyřeže, ale vytlačí. Galvanické zinkování je nejběžnější povrchová úprava pro svoji odolnost vůči mechanickému poškození, jako je například abraze.

3.3.1 Ukázka reálného spoje vrutem

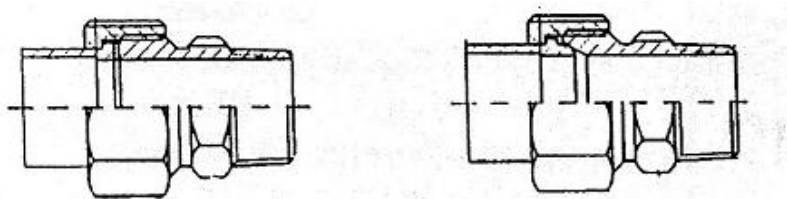
Ukázkou je připevnění ocelového oka na dřevěný smrkový trám. Použity byly čtyři univerzální vruty s průměrem 3,5x30 mm a s křížovou zápustnou hlavou. (obr. 12)



Obr. 12 Ukázka reálného spoje vruty

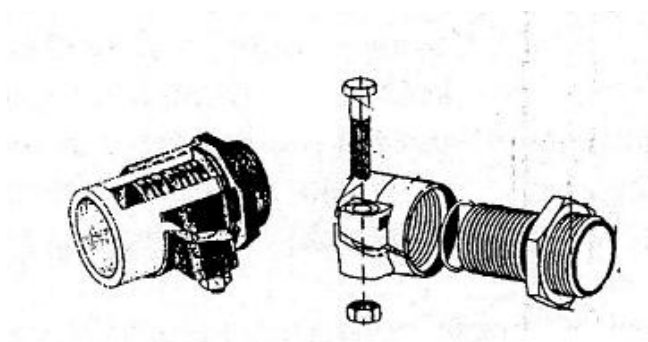
3.4 Spojování trubek

Tyto spoje jsou na stavbách realizovány například na potrubí topných rozvodů nebo na přívodech pitné vody. Pro napojování ocelového potrubí navzájem nebo trubkových armatur se využívá strojírenského šroubení (obr. 13). U rozvodů záleží na druhu materiálu, ze kterého jsou trubky vyrobeny. Pro otopné soustavy se běžně používají kovové materiály jako je ocel a měď. V dnešní době je moderní používat trubky z plastu jako polypropylenu (PEX) a polybuténu (PB) nebo kombinace plastů a kovů. Spoj se pak skládá ze šroubení, svěrného kroužku a matice. Pro velké dimenze je vhodný přírubový spoj. Plastové potrubí se spojuje pomocí převlečené matice a svěrným kroužkem, nebo svěrnou spojkou. [10]



Obr. 13 Strojírenské šroubení [10]

Mechanické spojky (obr. 14) se používají pro trubky a tvarovky z nesvařitelných materiálů, ty se nespojují závitem vyřezaných na trubce, ale právě mechanickými spojkami. To umožňuje spojovat i různé kombinace materiálů. Vyrábí se kovové nebo plastové. [10]



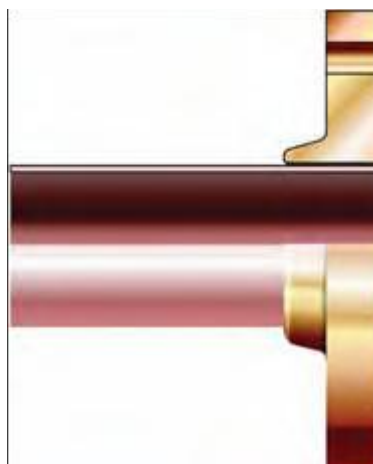
Obr. 14 Mechanické spojky [10]

Spoj s převlečenou maticí a svěrným kroužkem je určen pro spojování trubek z materiálů jako je PEX a PB (obr. 15). [10]



Obr. 15 Spoj převlečenou maticí [10]

Přírubové spoje jsou určeny pro větší dimenze trubek. Krom toho, že je příruba pevně spojená s trubkou (obr. 16), může být na konci trubky připevněná i jinými způsoby. Mezi dvě příruby se vloží těsnění a jsou k sobě přitaženy šrouby a maticemi. [10]



Obr. 16 Příruba pevně spojená s trubkou [10]

3.4.1 Ukázka reálného spoje strojírenským šroubením

Ukázkou je strojírenské šroubení (obr. 17, viz. označení černou barvou), díky kterému je napojen ovládací ventil na trubku. Spoj je utěsněn technickým konopím. Na obr. 18 je pro ukázkou rozebrané jiné strojírenské šroubení fungující na stejném principu.



Obr. 17 Ukázka napojení ventilu strojírenským šroubením



Obr. 18 Strojírenské šroubení s vnitřním a vnějším závitem na jednom z výstupů

4 ZÁVITOVÁNÍ VE STAVEBNICTVÍ

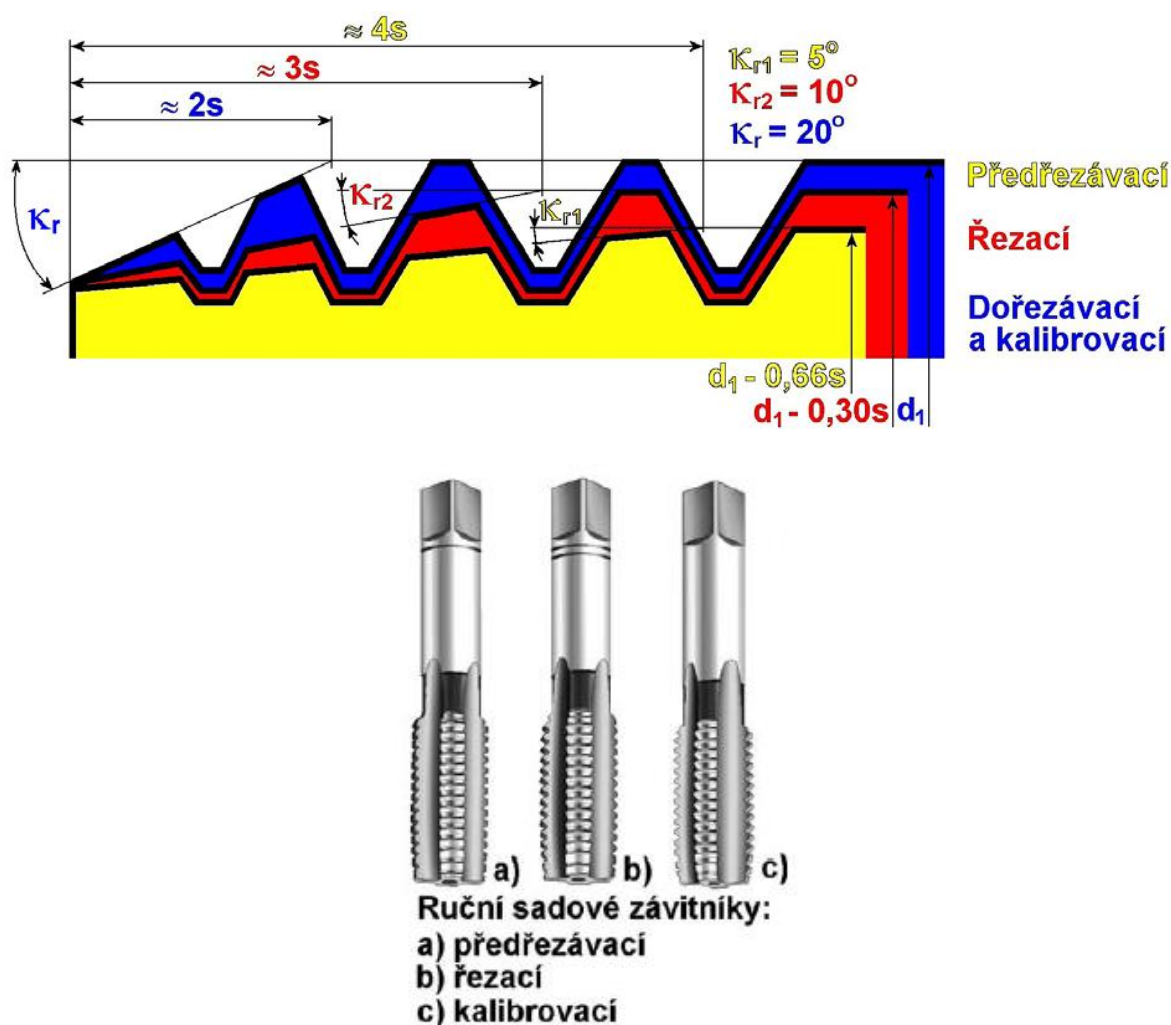
Závitování na stavbách nebo mobilních situacích probíhá zejména bez použití staticky uloženého tuhého stroje, nejedná-li se o speciální případy nebo o řezání závitů velkých rozměrů. Jedná se o řezání, kdy je využito hlavně ručních nástrojů. Volba nástroje závisí jak na velikosti, tak i typu řezaného závitu a druhu materiálu. Většinou se jedná o poměrně jednoduché výrobní operace za pomoci mobilních nástrojů jako jsou ruční vratidla, závitnice, elektrické závitnice, závitorezy nebo malé stacionární závitorezy.

4.1 Proces řezání závitů

Jde o proces třískového obrábění materiálu. Zpravidla hlavní řezný pohyb rotační koná nástroj (závitník, čelisti). Vedlejší pohyb je ve směru řezání závitu, nástroj se automaticky posouvá o stoupání. Závit je vytvářen do požadovaného profilu postupným odebráním třísky. Během řezání se vznikající závit maže řezným olejem. Tím je zajištěn kvalitnější povrch bez větších povrchových vad a trhlin. Nástroje bývají vyrobeny z rychlořezné oceli (RO) nebo slinutých karbidů (SK). Pro zvýšení jejich životnosti se povlakuji otěruvzdornými povlaky (např. TiN). Podle profilu řezaného závitu se volí profil i typ řezného nástroje. [11, 12]

4.2. Ruční závitování

Závituje se za pomoci vratidel, do kterých se upínají závitníky nebo kruhové závitové čelisti. Polotovár musí být pevně upnut ve svěráku nebo v něčem pevně vetknutém. Kvalita ručně řezaného závitu se významně odvíjí ze zkušeností a kvalifikace pracovníka. Závitník je nástroj pro řezání vnitřních závitů. Jedná se o mnohobřitý nástroj. Lze konstatovat, že je to šroub se závitem, který má být vytvořen. Vyrábějí se pro pravé i levé závity. Obsahuje drážky buď rovné, nebo ve šroubovici pro lepší odvod třísky z místa řezu. Bývají ve dvou či tří dílných sadách označeny jedním, dvěma nebo žádným proužkem na stopce. Jeden závit je pak řezán postupně předřezávacím, řezacím a dokončovacím závitníkem (obr. 19). Předřezávací operací je odebráno 60 % materiálu, řezací pak 30 % a kalibrací zbývajících 10%. Pro řezání závitu v neprůchozí díře je třeba brát zřetel na hloubku díry pro potřebnou délku výběhu. Pro kratší stopky je použitelnost do průměru M60. Při řezání je dobré po několika otáčkách provést reverzní pohyb pro lepší odlomení třísky. [11, 12]



Obr. 19 Sadové závitníky a jejich geometrie [12]

Maticové závitníky se vyznačují delším řezným kuželem a krátkou závitovou částí. Z tohoto důvodu jsou určeny především pro průchozí díry. Jejich výhodou je vysoká produktivita práce. Předřezávací, řezací a kalibrovací část sadových závitníků je zde zastoupena na jednom nástroji. Jejich celková řezací část je výrazně delší oproti sadovým závitníkům. Mají průchozí stopku. Při řezání není nutné odlamovat třísku reverzním pohybem. Použitelné pro závity do M20. [12]

Kruhové závitové čelisti, ale také závitová očka jsou řezací nástroje z jednoho kusu materiálu z kalené oceli. Vyrábějí se pro pravé i levé závity. Náběhový řezný kužel mají na obou stranách. Jejich závit je opatřen několika kruhovými drážkami pro lepší odvod třísky. Výchozí polotovár má tvar válce požadovaného průměru. Vhodné jsou pro závity až do M30 mm. Upínají se rovněž

do vratidel (obr. 20 a obr. 21). Při ručním řezání je vhodný opět reverzní pohyb. [12]



Obr. 20 Vratidla pro závitník a kruhové závitové čelisti



Obr. 21 Kruhové závitové čelisti

Ruční závitnice (obr. 22) funguje na principu ráčny s přepínáním směru chodu. Na jednom konci je uzpůsobena tak, aby do ní šli upnout závitorezné hlavy. Konkrétní konstrukce závisí na výrobci. Jsou dostupné i redukce pro upnutí kruhových závitových čelistí. Pracovník na polotovaru vyřeže pootáčením závitnice závit požadované délky, přepne chod a vyšroubuje nástroj zpět. Ve velkém je využívána instalatéry pro řezání závitu na trubkách.

Radiální závitorezné hlavy se skládají ze sady čtyř čelistí, které se do nich upínají. Ustavují se stavěcími šrouby. Čelisti musí být přesazené o podíl stoupání řezaného závitu. U některých hlav lze objímkou na čelistech měnit průměr řezaného závitu. Polotovar by měl mít kuželové sražení pro lepší náběh čelistí. Jsou vhodné pro řezání závitů do M60. [12]



Obr. 22 Ruční závitnice s vyměnitelnými závitoreznými hlavami

Tangenciální závitové čelisti jsou tvořeny řadou za sebou umístěných závitových profilů. Závit lze vyříznout najednou, protože první profily jsou seříznuté. Jsou výhodnější, než-li radiální čelisti. Jsou vhodné pro závit do M64. [12]

Kotoučové závitové nože se ostří jen na čele. Díky možnému většímu počtu ostření mají vysokou životnost. [12]

Zhodnocení metody ručního závitování

Výhody:

- levné a jednoduché nástroje,
- lehké a mobilní nástroje,
- snadná aplikace,
- možnost řezat i v hůře dostupných místech,
- možnost řezat bez elektrické energie.

Nevýhody:

- aplikace jen pro menší rozměry závitů,
- neproduktivní metoda.

4.3 Elektrické závitnice

Ruční multifunkční nástroj, který generuje rotační pohyb nástroje díky elektromotoru. Určen především pro vnější závit. Parametry a konstrukce záleží na konkrétním výrobci. Do elektrické závitnice (obr. 23) se upínají závitové hlavy s čelistmi podle potřeby řezaného závitu. Může být vybavena i přídatnou upínací vidlicí pro lepší vedení a upnutí na obrobek. Namísto závitovací hlavy jdou upnout i různé přípravky například pro odjehlení hran, hřídel pro přednastavení závitovací hlavy nebo přípravek pro klasické kulaté závitové čelisti. [13]



Obr. 23 Elektrická závitnice s vyměnitelnými závitoreznými hlavami [14]

4.4 Elektrické závitořezy

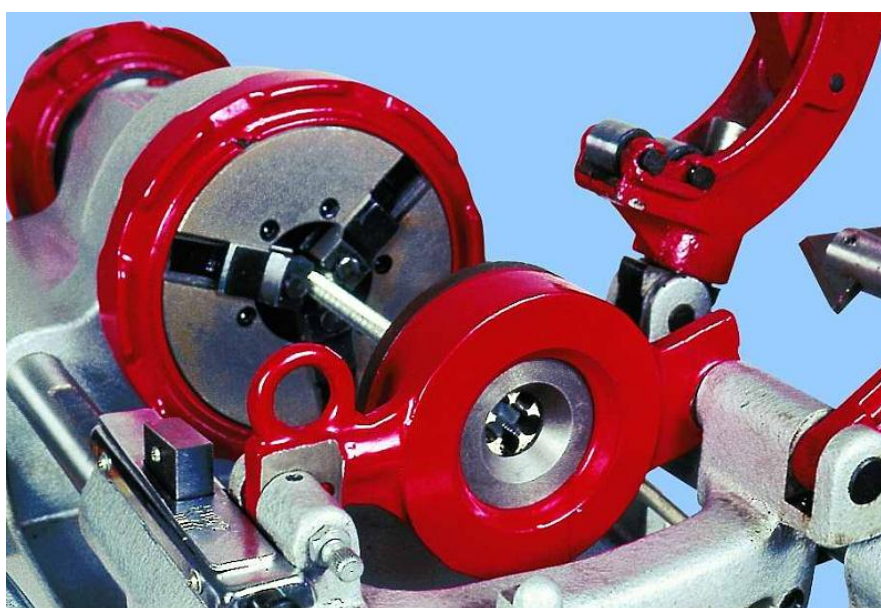
Vzhledem a konstrukcí jsou podobné klasické elektrické vrtačce (obr. 24). Slouží pro řezání vnitřních závitů. Hlavní řezný pohyb zde koná nástroj. Bývají vybaveny přídatnou nastavitelnou rukojetí a hloubkovým dorazem. Vřeteno bývá osazeno univerzální hlavou pro upínání závitníků různých rozměrů. Pro přenos krouticího momentu na nástroj je nutné vyvinout tlak na vřeteno.



Obr. 24 Elektrický závitořez [14]

4.5 Stacionární závitořezy

Jedná se o přenosný stroj robustnější konstrukce pro řezání závitů (obr. 25), posazený na pracovním stolku. Ten bývá vybaven prostorem na odkládání pomůcek. Hlavní řezný pohyb zde koná obrobek. Umožňuje řezat vnější závity na trubkách nebo kulatinách. Profesionální stacionární závitořezy jsou vybavené i automatickým mazáním místa řezu, olejovou vanou a vanou pro zachytávání třísek. Příslušenství může být různé podle daného výrobce. Váha těchto strojů se pohybuje přibližně kolem 100 kg.



Obr. 25 Elektrický stacionární závitořez [15]

Zhodnocení řezání závitu elektrickými nástroji

Výhody:

- jednoduché a mobilní nástroje,
- snadná aplikace,
- možnost řezat i v hůře dostupných místech,
- produktivnější metoda.

Nevýhody:

- aplikace jen pro menší rozměry závitu,
- vyšší pořizovací cena,
- nutnost elektrické energie.

5 UKÁZKA ŘEZÁNÍ ZÁVITU MOBILNÍ FRÉZKOU

Jsou situace na stavbách, kdy je nutné provést závitování i operace tomu předcházející na dílcích velkých rozměrů a hmotností. Většinou se jedná o opravy, úpravy či inovaci takových dílů. Vzhledem k jejich hmotnosti nemusí být jednoduché a levné takový díl dopravit do specializované dílny, kde by se obrábělo na staticky uloženém stroji. Mohou být dokonce pevně spojené se stavbou bez možnosti jakékoliv demontáže. Proto je potřeba navrhnout a zhodnotit metodu, která by umožnila obrábět nebo řezat přímo na místě. [17]

Jedním takovým příkladem je oprava rotoru generátoru, kokpitu vodní turbíny a dalších dílů ve vodní elektrárně Gumatti (obr. 26), nacházející se v Gruzii ve městě Kutaisi na řece Rion. Elektrárna byla zprovozněna roku 1933. Jedná se o jednu z nejstarších elektráren v Gruzii, kterou dneska vlastní česká firma.



Obr. 26 Vodní elektrárna Gumatti [17]

5.1 Rotor generátoru

Rotor generátoru je odlitek o celkové váze cca 55 000 kg a průměru 3,5 m. V letech výstavby elektrárny byl na místo dopraven lodí po řece Rion za vhodných podmínek a vyššího stavu vody v řece. V elektrárně sloužil několik desítek let a vzhledem k značnému opotřebení, vlivem mechanického brzdění, bylo potřeba obnovit brzdné plochy na čele rotoru (obr. 27). Vzhledem k stavu místních komunikací, mostů, koryta řeky a vzdálenosti specializované dílny, tedy i nákladů spojených s dopravou, bylo nutné vyloučit převoz dílce do dílny, kde by byl obroben například na karuselu. Nejvýhodnější možnost v tomhle konkrétním případě bylo zkonstruování stroje na míru, který by obráběl přímo na místě. Takový problém byl vyřešen velice zkušeným pánem vedoucím svoji vlastní firmu zaměřenou především na obrábění a konstrukci strojů. [16, 17]



Obr. 27 Opotřebovaná čelní plocha rotoru [17]

5.2 Oprava rotoru

Na rotoru generátoru bylo potřeba zarovnat čelní plochu a vyfrézovat na čele drážku. V ní bylo zapotřebí vyvrtat díry a v těch vyřezat závity. Bylo nutné odebrat cca 1 100 kg materiálu. Do téhle drážky bude vložen prstenec a připevněn šrouby k rotoru. Nahradí tak původní čelní plochu, která byla vlivem brzdění spotřebována. Rotor generátoru byl demontován a ustaven na 6 ocelových špalcích a dřevěných prkýnek, přímo v prostorách elektrárny. Na něj se pomocí mostového jeřábu posadila samotná fréza BRACEK – typ FBG3. Vzhledem k

vlastní, již zmiňované, váze tohohle obrobku nebylo nutné rotor dále nějak upínat a fixovat, neboť vlastní váha rotoru zajišťuje dokonalou tuhost soustavy S-N-O. V tomhle případě bylo zapotřebí upevnit frézku mnohem menší hmotnosti na obrobek. Situace upnutí frézky na obrobek je tak trochu naruby, než-li je tomu známo z klasického obrábění v dílně. Obrobek se neupíná do frézky, ale frézka na obrobek. Byla upnuta za pomoci tří ocelových patek za druhé čelo rotoru. Patky byli spojeny s frézku šesti závitovými tyčemi přes vnitřní dutiny žeber (obr. 28). Pomocí číselníkového úchylkoměru upnutého ve vřetenu byl stroj přesně ustaven, vzhledem k čelní ploše rotoru. [16, 17]



Obr. 28 Uložení rotoru před obráběním a patky pro upnutí frézky na obrobek [17]

5.3 Frézka BRACEK – typ FBG3

Byla zkonstruována konkrétně pro obrábění rotoru generátoru a kokpitu vodní turbíny na vodní elektrárně Gumatti. Jedná se o speciální frézovací, vrtací a závitovací stroj s CNC řízením Mitsubishi. Konstrukce frézky (obr. 29) musela být přizpůsobena mnoha parametrům. Její rozměry musely odpovídat nejen pro rozměry obráběných dílů ve vodní elektrárně, ale také rozměrům návěsu kamionu, ve kterém se dá v celku přepravovat. Základ stroje tvoří kruhová základová deska. Na ní se nachází otočný stůl tvořící pracovní osu C. Otáčení stolu zajišťuje předepnuté, radiálně axiální, válečkové ložisko o průměru 1200 mm. Na něm jsou uloženy saně, které svým vysouváním v ose X zvětšují průměr pracovního prostoru. Maximální možný obráběný průměr je až 4000 mm. Na konci saní se nachází rameno s vřeteníkem.



. Obr. 29 Frézka BRACEK – Typ FGB3 [17]

S ramenem vřeteníku, vůči saním, je možné pohybovat kolmo k ose X. Zde je pracovní osa Y. Samotný pohyb vřeteníků tvoří u stroje pracovní osu Z v rozsahu 400 mm. Vřeteno je možné přenastavit o 180° a obrábět tak i plochy umístěné nad frézku. Pracovní prostor je tedy dutý válec. Lepší přehled pracovních os je na obr. 30. Stroj má centrální olejové mazání. [16, 17]



Obr. 30 Pracovní osy Frézky [16]

6 TECHNOLOGICKÉ REŽIMY U VYBRANÝCH DRUHŮ ZÁVITŮ

Pro ukázkou technologických režimů vybraných závitů byly zvoleny modelové situace. Modelová situace pro řezání vnitřních závitů M20 na frézce (tab. 2). Nenavazuje na kapitolu č. 5.

Tab. 2 Technologický režim řezání závitu na frézce

číslo operace	operace	popis	nástroj
1.	zarovnat čelo	vyhrubovat/dokončit	čelní válcová fréza Ø 60 mm
2.	navrtat	navrtání pro lepší vedení vrtáku	navrtávák Ø 2,5 mm
3.	předvrtat	předvrtání do plného materiálu	šroubovité vrták Ø10 mm
4.	vrtat	vrtání na požadovaný průměr	šroubovité vrták Ø19 mm
5.	srazit hranu	pro lepší zavedení nástrojů	kuželový záhlubník Ø 25 mm
6.	vyhrubovat	vyhrubování přesné díry	strojní výhrubník Ø19,75 mm
7.	vystružit	dokončení přesné díry	strojní výstružník Ø20H8
8.	řezat závit	řezání závitu	strojní závitník M20

Modelová situace ručního řezání vnitřního závitu M10 sadovými závitníky na pevně vetknutým dílu (Tab. 3).

Tab.3 Technologický režim ručně řezaného závitu

číslo operace	operace	popis	nástroj
1.	předvrtat	předvrtání do plného materiálu	šroubovité vrták Ø 6 mm
2.	vrtat	vrtání ruční vrtačkou	šroubovité vrták Ø 9 mm
3.	srazit hrany	sražení hrany ruční vrtačkou	kuželový záhlubník Ø 20 mm
4.	předřezat závit	pomocí vratidla postupně zhotoven závit	předřezávací sadový závitník M10
5.	řezat závit		řezací sadový závitník M10
6.	kalibrovat závit		kalibrovací sadový závitník M10

7 KVALIFIKACE PRACOVNÍKŮ, BEZPEČNOSTNÍ PODMÍNKY, VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Pracovník, pro řezání závitu v tomto odvětví, by měl mít minimálně zámečnické vzdělání nebo projít patřičným školením.

Pokud jsou dodrženy správné technologické postupy a nedojde-li k úniku procesních kapalin, neměly by mít technologie negativní dopad na životní prostředí.

Při práci by měli být používány ochranné bezpečnostní pomůcky.

ZÁVĚR

Závitové spoje patří k nejpoužívanějšímu rozebíratelnému i nerozebíratelnému spojení součástí ve všech technických směrech. Závitování, nebo také řezání závitů na stavbách v mobilních situacích, je velice zajímavé téma dávající velký prostor pro rozvoj stávajících i nových metod nebo strojního vybavení.

Úvod bakalářské práce je zaměřen na charakteristiku běžných závitů používaných ve stavebnictví, které se vyskytují na typickém spojovacím materiálu nebo stavební technice. Na to navazuje popis nejběžnější závitových spojů, s nimiž se může člověk na stavbě setkat. Pro lepší demonstraci jsou zde zahrnuty ukázky reálných spojů.

V další kapitole jsou přiblíženy možnosti závitování v mobilních situacích a přehled nástrojů. Ve většině případů se jedná o kusové zhotovování závitů. Využívají se ruční nástroje nebo ruční elektrifikované nástroje. Následují modelové situace pro technologické režimy u vybraných závitů.

Dílo je doplněno specifickou ukázkou opravy těžkotonážního rotoru generátoru vodní elektrárny. Ten nebylo možné kamkoliv transportovat. Oprava spočívala v zarovnání čela, vyfrézování kruhové kapsy, vyvrtání děr a vyřezání závitů. Na čelo byl posazen a přišroubován prstenec, který nahradil původní čelní plochy. Všechny operace předcházející řezání nebylo možné realizovat jednoduchými mobilními nástroji. Pro tento případ byla zkonstruována specifická mobilní frézka.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. POSPÍŠIL, František. *Závitová a šroubová spojení*. 1. Vydání. Praha: SNTL, 1967, 263s
2. POSPÍŠIL, František. *Závity, šrouby, matice a příslušenství*. 1 Vydání. Praha: SNTL, 1975, 576s
3. NOVÁK, Martin. *Zámečnické a montážní práce* [online]. 2018 [cit 2018-02-19]. Dostupné z: http://www.noma.cz/informace/2_3.php
4. SSPU OPAVA. *VY_32_INOVACE_C-07-02* [online]. 2011 [cit 2018-02-26]. Dostupné z : http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablon/y/SPS_II/VY_32_INOVACE_C-07-02.pdf
5. KLETEČKA, Jaroslav, FOŘT, Petr. *Technické kreslení*. 2. Vydání. Brno: Computer Press, a.s., 252s
6. LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 4. Vydání. ISBN 978-80-7361-051-7, 914s
7. Šroub a matka, *Oborový informační server* [online]. 2002 [cit 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.sroubamatka.cz/cs/technicke-informace/mechanicke-vlastnosti-ocelovych-sroubu.html>
8. Výuka odborné terminologie, *Odborná terminologie v cizích jazycích pro žáky SŠ* [online]. 2014 [cit 2018-03-12]. Dostupné z: <http://vyuka.odbornaterminologie.cz/anglicky-jazyk/5-2-spoje-a-spojovaci-soucasti-en>
9. INTEG, *Integ střechy s.r.o.* [online]. 2015 [cit 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.integ.cz/vypisprodukt/522-samovrtne-srouby-tex.html>
10. POLCER, Jaroslav. *Studijní text – modul TOP9* [online]. 2015 [cit 2018-03-12]. Dostupné z: www.cuok.cz/uploads/attachment/url/45/TOP_9_text_Ol.docx

11. KOLAŘÍKOVÁ, Julie. *Elektronická učebnice, výroba závitů* [online]. Eluc 2015 [cit 2018-05-10] Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1433>
12. HUMÁR, Anton. *Technologie obrábění I: Technologie obrábění – 2. část* [online]. VUT Brno, 2005 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
13. Ant s.r.o., *ANT: REMS Die Stock (Závitořezy)*. Youtube [online].19.6.2013 2018 [cit 2018-05-05]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=D0WGTdYS_gQ
14. Značkové nářadí s.r.o., *Prodej a servis profesionálního nářadí* [online]. 2010 [cit 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.znackove-naradi.eu/rucni-elektricke-naradi/>
15. forsteel, *Profesionální technologie pro zpracování ocelí* [online]. 2018 [cit 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.forsteel.eu/stacionarni-elektricky-zavitorez-zpm-50>
16. BRACEK, Jiří. *Bracek – stroje a zařízení* [online]. 2008 [cit 2018-03-12]. Dostupné z: <http://www.bracek.com/products/mobilni-frezka/>
17. Informace poskytl Jiří Bracek, jednatel firmy Bracek – stroje a zařízení. Bořitov 679 05, 9.3.2018.
18. BOLZANO, *Přehled vlastností oceli 16MnCr5* [online]. 2018 [cit 2018-03-12]. Dostupné z: http://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10084/MOP_16MnCr5.pdf
19. POPOV, Alexey. *Řezné nástroje: Nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: http://home.zcu.cz/~radekv/BP/aaa/SPB/materi%C3%A1l/KOM_RN_PR_07_CZE_Popov_Jersak_Nastroje_s_VBD.p

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
PB	polybutén
PEX	polypropylen
RO	rychlořezná ocel
SK	slinutý karbid
TiN	nitrid titanu

Symbol	Jednotka	Popis
D ₁	[mm]	velký průměr závitu matice
D ₂	[mm]	střední průměr závitu matice
D	[mm]	malý průměr závitu matice
P	[mm]	rozteč závitu
d ₁	[mm]	velký průměr závitu šroubu
d ₂	[mm]	střední průměr závitu šroubu
α	[°]	vrcholový úhel
Ø	[-]	Průměr

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Přehled vlastností oceli 14 220.4

Příloha 2 Přehled vlastností oceli 17 042.2

Příloha 3 Přehled vlastností oceli 19 830.4

Příloha 4 Přehled slinutých karbidů

Příloha 1 Přehled vlastností oceli 14 220.4

Ocel vhodná k cementování, kyanování a objemovému tváření. Dobře tvárná zatepla a po žíhání i zastudena. Dobře obrobitelná, dobře svařitelná, pro součásti s velmi tvrdou cementovou vrstvou a velkou pevností v jádře po kalení. Použití pro menší hřídele, ozubená kola, šneky, vačkové hřídele, vřetena obráběcích strojů, čepy, pera, upínací nářadí apod. Značení podle DIN 16MnCr5. [18]

Tab. 4 Chemické složení oceli 14 220.4 [18]

Chemické složení v %	C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr
	0,14 – 0,19	0,40	1,00 – 1,30	0,035	0,035	0,80 – 1,10

Tab. 5 Základní mechanické vlastnosti oceli 14 220.4 [6]

Rm [MPa]	Re [MPa]	Tvrdost HB
min. 785	min. 590	min. 239

Příloha 2 Přehled vlastností oceli 17 042.2

Ocel odolná proti korozi, svařitelnost obtížná, obrobitelnost dobrá. Součásti chemických a potravinářských strojů s velkou tvrdostí, např. nože, ložiskové kroužky a kuličky, vložky a ventily, pracující v korozivním prostředí za současného opotřebení např. chirurgické nástroje, měřidla, kalibry. [6]

Tab. 6 Chemické složení oceli 17 042.2 [6]

Chemické složení v %	C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr
	0,12	1	2	0,2	0,035	17

Tab. 7 Základní mechanické vlastnosti oceli 17 042.2 [6]

Rm [MPa]	Re [MPa]	Tvrdost HB
700	450	260

Příloha 3 Přehled vlastností oceli 19 830.4

Pro značně namáhané řezné nástroje pro obrábění kovových materiálů o střední pevnosti do 900 MPa i přerušovaným řezem a při požadavku na obzvlášť vysokou houževnatost. Použití pro soustružnické nože, frézy, vrtáky, výstružníky, záhlubníky, závitníky a závitové čelisti. [6]

Tab. 8 Chemické složení oceli 19 830.4 [6]

Chemické složení v %	C	Cr	W	Mo	V	tvrdost HRC
	0,85	4,20	6,30	5,0	1,9	64

Příloha 4 Přehled slinutých karbidů [19]

Skupina	Podskupina	Základní chemické složení	Aplikace pro obráběný materiál
P	P01, P05, P10, P15, P35, P50	WC, TiC, Co, TaC.NbC	Slinuté karbidy pro obrábění materiálu s plynulou třískou např. nelegovaná, nízkolegovaná, vysoce legovaná ocel, nástrojová ocel, feritická a martenzitická ocel
M	M01, M05, M10, M15, M25, M35	WC, TiC, Co, TaC.NbC	Slinuté karbidy pro obrábění materiálu s dlouhou a středně dlouhou třískou. Korozivzdorná, žáruvzdorná, žáropevná, otěruvzdorná ocel
K	K01, K05, K10, K25, K35, K40	WC, Co, TaC.NbC	Slinuté karbidy pro obrábění materiálu s drobivou a krátkou třískou. Šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina.
N	N01, N05, N10, N15, N20, N30		Slinuté karbidy pro obrábění neželezných kovů. Slitiny mědi, hliníku, duroplasty, tvrdé gumy apod.
S	S01, S05, S10, S15, S20, S25, S30		Slinuté karbidy pro obrábění žáruvzdorné slitiny na bázi Fe, superslitiny na bázi Ni a Co, slitiny Ti
H	H01, H05, H10, H20, H30		Slinuté karbidy pro obrábění zušlechtěných ocelí s pevností nad 1500 MPa, kalené oceli