



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

MOŽNOSTI VZDĚLÁVACÍCH MOOC KURZŮ

POSSIBILITIES OF EDUCATIONAL MOOC COURSES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Matouš Kocháň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Lošák, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav procesního inženýrství
Student: Bc. Matouš Kocháň
Studijní program: Procesní inženýrství
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: Ing. Pavel Lošák, Ph.D.
Akademický rok: 2021/22

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 diplomové práce:

Možnosti vzdělávacích MOOC kurzů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na zmapování prostředí pro on-line vzdělávání. Součástí práce je vytvoření demonstračního vzdělávacího kurzu „montážní technik přírubových spojů“. V dnešní době nabývá na důležitosti poskytnout kvalitní vzdělání v distanční formě. Existuje řada možností, jak vytvořit elektronický kurz a zpřístupnit jej studentům. Požadavky normy ČSN EN 1591 vytvářejí potřebu provádět školení montážních techniků přírubových spojů a proto je tato práce zaměřena na tuto problematiku.

Cíle diplomové práce:

Rešerše strategií a metod pro vzdělávání on-line
Volba a zdůvodnění zvolené metody a formy
Vytvoření obsahu kurzu dle požadavků ČSN EN 1591
Demonstrace funkčnosti kurzu
Ekonomické porovnání možných variant a možnost komercializace produktu

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1591-1, Příruby a přírubové spoje - Pravidla pro navrhování těsných kruhových přírubových spojů - Část 1: Výpočet. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

ČSN EN 13445-3 Netopené tlakové nádoby - Část 3: Konstrukce a výpočet. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

GASKET HANDBOOK 1st Edition.® FLUID SEALING ASSOCIATION, 2017.

GASKET & FASTENER Handbook: A Technical Guide To Gasketing & Bolted Flanges. Lamons, 2016.

LUKAVSKÝ, J. and Asociace pracovníků tlakových zařízení, Těsnění, příruby a šrouby pro přírubové spoje tlakových zařízení = Gaskets, flanges and bolts for flanged connections of pressure equipment: TDT 002. Líbeznice: Medim, 2013.

JENÍK, I. "Posouzení přístupů pro výpočty přírubových šroubových spojů." Vysoké učení technické v Brně, 2013.

ČSN EN 13555, Příruby a přírubové spoje - Parametry těsnění a postupy zkoušení vztahující se k pravidlům pro navrhování přírubových spojů s kruhovými přírubami a těsněním. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
ředitel ústavu

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

Abstrakt

Diplomová práce si klade za cíl prozkoumat prostředí online kurzů MOOC a jejich využití pro účely normy ČSN EN 1591-4. V úvodní části práce jsou zmapovány české a zahraniční platformy poskytující kurzy MOOC. Celosvětově je využívá až dvě stě dvacet milionu uživatelů. Následuje vytvoření náplně online kurzu pro normu ČSN EN 1591-4. Ta definuje, co musí mechanik šroubových spojů znát, aby byl zajištěn bezpečný provoz tlakových zařízení v kritických aplikacích. V rámci experimentu je vyzdvížena důležitost aplikace maziva ve šroubovém spoji a důsledky jeho nepoužití. Výstupem práce je deset dvou a půl minutových videí v češtině a angličtině, která pokrývají náplň kurzu včetně experimentu. Autor zahájil diskusi o spolupráci s holandskou platformou Engineering Trainer, která projevila zájem o realizaci kurzu. V závěru práce jsou porovnány možnosti komercializace, poplatky a výnosy na relevantních platformách. Vyplynulo, že existuje možnost zveřejnění na řadě platform. Kurz však nemůže být zveřejněn na dvou platformách zároveň.

Klíčová slova

MOOC, kurz, ČSN EN 1591-4, přírubový spoj

Abstract

The diploma thesis explores the possibilities of MOOC online courses and their implementation for ČSN EN 1591-4 standard. Firstly, Czech and global providers of MOOCs are discussed and compared. There are over 220 million MOOC active users globally. Then, the content of a course regarding the ČSN EN 1591-4 standard is created. This standard defines the necessary knowledge that mechanics must acquire to install flange joints in critical applications. In the experiment, the importance of lubricating the fastener is pointed out. The outcome of the thesis is ten videos in Czech and in English that cover the courses' content and the experiment. The author entered a discussion with a Dutch Engineering Trainer platform which expressed interest in the ČSN EN 1591-4 course. In the end, the possibilities of course commercialization, fees, and profit are explored. There are several MOOC platforms open to publishing a course. Nevertheless, it is not possible to post the same course on two platforms simultaneously.

Key words

MOOC, course, ČSN EN 1591-4, flange joint

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Citace tištěné práce:

KOCHÁŇ, Matouš. *Možnosti vzdělávacích MOOC kurzů*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/137030>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Pavel Lošák.

Citace elektronického zdroje:

KOCHÁŇ, Matouš. *Možnosti vzdělávacích MOOC kurzů* [online]. Brno, 2022 [cit 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/137030>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Pavel Lošák.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu panu Ing. Pavlu Lošákovi, Ph.D. za odborné vedení při psaní této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat celé rodině, která při mně stála a podporovala mě nejen při psaní práce, ale i během celého studia. Jsem velmi vděčný firmám Techseal a Dimer Engineering za možnost zúčastit se kurzu ČSN EN 1591-4.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem *diplomovou* práci na téma **Možnosti vzdělávacích MOOC kurzů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce

Datum

Jméno a příjmení

Obsah

1	Úvod	15
2	MOOC kurzy	17
2.1	Massive	17
2.2	Open.....	17
2.3	Online.....	18
2.4	Course	18
2.5	Výhody MOOC.....	20
2.6	Nedostatky MOOC	20
2.7	MOOC v České republice.....	20
2.7.1	Nostis	20
2.7.2	Khan Academy – česká odnož	21
2.7.3	OnlineSchool	21
2.7.4	České univerzity	21
2.8	Přínosy MOOC vysoké školy.....	21
2.9	Open Course Ware (OCW).....	22
2.9.1	Podobnosti MOOC a OCW	22
2.9.2	Rozdíly MOOC a OCW	22
2.9.3	OCW na MIT.....	22
3	Obsah kurzu dle ČSN EN 1591-4	24
3.1	Základní úroveň kvalifikace	26
3.1.1	Druhy šroubových spojů.....	26
3.1.2	Funkčnost těsnění	30
3.1.3	Druhy těsnění a jejich příslušné vlastnosti	32
3.1.4	Prodloužení šroubu – síla ve šroubu a v těsnění.....	34
3.1.5	Aplikované zbytkové síly působící ve šroubu.....	38
3.1.6	Příčiny selhání šroubového spoje.	39
3.1.7	Příprava těsnící plochy	40
3.1.8	Zjišťování vad a nedostatků	40
3.1.9	Postupy utahování šroubů.....	41
3.1.10	Význam použití maziva.....	43
3.1.11	Vliv tření závitu na sílu působící ve šroubu při použití utahovacího momentu.....	44
3.1.12	Monitorování emisí a řešení netěsností	44
3.1.13	Demontáž spoje	45
3.2	Experiment – vliv maziva na síly ve šroubovém spoji	46

3.2.1	Vybavení.....	46
3.2.2	Postup měření	47
3.2.3	Závěr experimentu.....	49
4	Volba a zdůvodnění zvolené metody a formy	50
4.1	Forma	50
4.2	Metoda	51
5	Demonstrace funkčnosti kurzu	51
5.1	Navázání spolupráce s platformou Engineering Trainer	52
5.2	Oblasti k vyjasnění před publikací kurzu na platformě	53
6	Ekonomické porovnání možných variant zpřístupnění kurzu a možnost komercializace produktu	54
6.1	Coursera	54
6.2	Udemy.....	54
6.2.1	Výnos kurzu.....	54
6.2.2	Monetizace kurzu	54
6.2.3	Předplacené kurzy.....	55
6.2.4	Omezený obsah	55
6.3	Skillshare	56
6.3.1	Výnosy.....	56
6.3.2	Bonus za doporučení	56
6.3.3	Omezený obsah	56
6.4	Teachable	57
6.4.1	Zpřístupnění kurzu.....	57
6.4.2	BackOffice.....	57
6.4.3	Výnosy.....	57
6.4.4	Propagace kurzu	58
6.4.5	Omezený obsah	58
6.5	Engineering Trainer	58
6.6	EdX.....	58
7	Závěr.....	59
8	Zdroje	61
9	Seznam symbolů a zkratek	69
10	Seznam tabulek.....	70
11	Seznam obrázků.....	71

1 Úvod

Distanční forma vzdělávání zažila v posledních letech výrazný růst, hlavně v důsledku epidemie Covid-19. Během epidemie Covid-19 proběhly například na Fakultě strojního inženýrství Vysokého učení technické v Brně (VUT FSI) skoro tři semestry výuky online formou. To přispělo k urychlení digitalizace výuky, která mimo jiné odbourala nutnost osobní přítomnosti ve výuce. Ačkoliv má distanční forma výuky svá pro a proti, k přínosům patří úspora času, který by jinak studenti byli nuceni strávit dojížděním do školy, a geograficky neomezený dosah kurzů. Nabízí se tedy tento osvědčený formát aplikovat i mimo výuku, například v odborných školeních. V dnešní době je stále mnohdy standard absolvovat taková školení prezenční formou. Lze se tedy domnívat, že i školení by mohla těžit z digitalizace. Nejde však pouze o to nahrát několikahodinový záznam kurzu na internet, ale najít efektivnější formát předání informace. Zde se otevírá příležitost pro Fakultu strojního inženýrství – Vysoké učení technické v Brně angažovat se v realizaci kurzů s technickým zaměřením.

Tato diplomová práce si klade za cíl prozkoumat prostředí online kurzů, a také to, jak by se tato forma dala využít pro účely normy ČSN EN 1591-4 [1]. Tato norma se věnuje školení montérů přírubových spojů a byla vybrána proto, že obsahuje rozsáhlou teoretickou část a praktickou část, která se nabízí k digitalizaci.

Konkrétně se práce zaměří na možnosti vzdělávání MOOC (*Massive Open Online Course*) v souvislosti s normou ČSN EN 1591-4 [1]. *Massive* – kurzy jsou masivní, protože se jich může v jeden okamžik účastnit až neomezený počet uživatelů. *Open* – kurzy jsou volně přístupné pro každého, kdo má zájem na sobě pracovat a zdokonalovat se. *Online* – kurzy se vyučují na internetových platformách. *Course* – jedná se o sérii online přednášek a cvičení.

Dílčí cíle práce jsou následující. Rešerše strategií a metod pro vzdělávání online (kapitola 2). Vytvoření obsahu kurzu dle požadavků ČSN EN 1591-4 včetně experimentu (kapitola 3). Demonstrace funkčnosti kurzu (kapitola 4). Volba a zdůvodnění zvolené metody a formy (kapitola 5). Ekonomické porovnání možných variant a možnost komercializace produktu (kapitola 6).

V kapitole 1 jsou představeni největší světoví a čeští provozovatelé MOOC kurzů. Jsou zde popsány přínosy distančního studia na MOOC platformách. Studovat se tak dají například rekvalifikační kurzy (microcredentials) nebo vysoká škola v dálkové formě prostřednictvím MOOC platformy. Je zde nastíněn také historický vývoj MOOC z OCW (Open Course Ware).

Kapitola 3 se zabývá vytvořením obsahu kurzu dle normy ČSN EN 1591-4 [1], která ukládá, co musí mechanik šroubových spojů znát, aby byl zajištěn bezpečný provoz tlakových zařízení v kritických aplikacích. Norma je rozdělena do různých úrovní odbornosti. Tato diplomová práce si klade za cíl vytvořit obsah kurzu, který se věnuje vybraným částem základní úrovně kvalifikace. Základní úroveň kvalifikace je rozdělena do 27 tematických okruhů. Montér přírubových spojů v kritických aplikacích musí co pět let úspěšně absolvovat kurz ČSN EN 1591-4 [1]. To obnáší úspěšně složit teoretický test zakončený praktickou zkouškou. Tato kapitola dále popisuje experiment, který je předmětem několika vzdělávacích videí, jež vznikla v rámci této práce. Je zde ukázáno, jaký vliv na správný provoz přírubového spoje má aplikace maziva. Jsou porovnány dva

stavy. V prvním je měřena výsledná síla předpětí ve šroubu pro nenamazaný šroub. V druhém případě je měřena výsledná síla předpětí ve šroubu pro namazaný šroub.

V rámci kapitoly 4 je nastíněna metoda a forma realizace kurzu. Jako forma je zvolena série videí, kdy autor využil metody adaptace textu výukových skript a dalších podkladových materiálů do krátkých dynamických video kapitol.

V kapitole 5 jsou popsána jednotlivá videa vytvořená v rámci této diplomové práce pro online kurz ČSN EN 1591- 4 [1]. Dále je v této kapitole nastíněna spolupráce mezi autorem a holandskou platformou Engineering Trainer. Kapitola rovněž popisuje možnosti uvedení kurzu do praxe.

Kapitola 6 porovnává způsoby zpřístupnění online kurzů veřejnosti. Mezi provozovatele MOOC patří například Coursera [2], edX [3], Udemy [4], Skillshare [5], Teachable [6], nebo Engineering Trainer [7]. Jednotlivé platformy jsou porovnány z hlediska toho, kdo na ně může kurzy nahrávat a jaké poplatky a výnosy jsou se spravováním kurzu spojeny.

2 MOOC kurzy

Massive Open Online Course jsou online vzdělávací kurzy. Podle Oxfordského slovníku je MOOC kurz definován jako: „Studijní kurz, který je zpřístupněný online velké skupině lidí, většinou zdarma.“ [8]

První MOOC vznikl v roce 2008 na univerzitě v kanadské Manitobě. Autory jsou George Siemens a Stephen Downes. Kurzu se zúčastnilo dvacet pět studentů z Manitobské univerzity a dva tisíce účastníků ze zbytku země. V roce 2012 se MOOC stal globálním trendem. [9]

2.1 Massive

Návštěvnost kurzu záleží mimo jiné na platformě, na které je kurz zpřístupněn veřejnosti. Mezi platformy s největším počtem uživatelů patří Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11]. Více prostoru bude těmto platformám věnováno v kapitole 6. Celkově bylo zaregistrováno na všech MOOC platformách v roce 2021 přes dvě stě dvacet milionu uživatelů. To je o čtyřicet milionu více než v předchozím roce. Je zřejmé, že koronavirová krize posílila pozici online výuky. V případě těchto velkých platformů mohou jednotlivé kurzy navštěvovat tisíce až statisíce účastníků. [12]

V tabulce 1 je znázorněno, jak se měnil počet uživatelů MOOC kurzů na platformách Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11] v letech 2015–2021.

Tabulka 1: Nárůst MOOC uživatelů

Rok	Počet zaregistrovaných uživatelů	Zdroj
2021	220 mil.	[12]
2020	180 mil.	[13]
2019	120 mil.	[14]
2018	101 mil.	[15]
2017	88 mil.	[16]
2016	58 mil.	[17]
2015	35 mil.	[18]

Absolutní dosavadní rekord v počtu účastníků má kurz Machine Learning, do kterého se na platformě Coursera přihlásilo přes tři a půl milionu uživatelů. Nutno podotknout, že tento kurz je online od roku 2011. Běžně se ale počet zaregistrovaných v kurzu pohybuje v řádu tisíců. I když MOOC kurzy navštěvuje velký počet uživatelů, neznamená to, že jej všichni dokončí. Je standardem, že úspěšný počet absolventů MOOC se pohybuje kolem patnácti procent. [19]

2.2 Open

Kurzy jsou volně přístupné každému, kdo má zájem na sobě pracovat a prohloubit si své vzdělání. Kurzy vznikly ve Spojených státech amerických, kde není vysokoškolské studium řadě lidí z finančních důvodů dostupné. MOOC kurzy jsou v podstatě zdarma. To znamená, že uživatel má zdarma přístup ke všem online přednáškám. Samostatná přednáška však většinou k pochopení probírané látky nestačí. Proto autoři mnohých videí začali nahrávat doplňkový obsah, za který si uživatel může, ale také nemusí připlatit. Mezi speciální služby patří známkové domácí úkoly, certifikáty nebo konzultace. Na amerických univerzitách se v poslední době stává standardem, že student vystuduje

vysokou školu dálkově, a to online formou. Tomu se začaly přizpůsobovat i MOOC kurzy. Některé americké univerzity umožňují zájemcům dokonce studium celé vysoké školy prostřednictvím MOOC kurzů. [20]

Pro studenty, kteří se z finančních důvodů nemůžou do kurzu přihlásit, existují sociální stipendia zprostředkovaná MOOC platformami. Tuto službu nabízí například Coursera. Žadatel musí vyplnit dotazník, kde vysvětlí důvody, motivaci a svou finanční situaci. V případě, že bude žadatelé vyhověno, nemusí za kurz platit a zpřístupní se mu veškerý doplňkový obsah. [21]

Největší platforma Coursera má aktuálně přes 1400 kurzů zcela zdarma. Zdarma znamená, že je volně přístupný dodatečný obsah. Celkový počet kurzů na platformě je přitom asi 4000. Jeden z největších zprostředkovatelů online kurzů je Udemy. V roce 2020 měla Udemy čtyřicet milionu uživatelů. Tato platforma ovšem nabízí pouze placené kurzy. [22]

Největší poskytovatelé MOOC sídlí ve Spojených státech amerických, které vůči některým zemím vyhlásily sankce. Obyvatelé Íránu, Súdánu, Krymu, Kuby, Sýrie, nebo Severní Koreje nemají ke kurzům, které jsou na amerických platformách, přístup. [23]

V návaznosti na konflikt na Ukrajině došlo na platformách Coursera [24] a edX [25] k pozastavení spolupráce s ruskými partnery (ruské univerzity a vybrané firmy). V současné době na Coursera a edX není možné se přihlásit do ruských MOOC. Ruské MOOC na Coursera jsou zpřístupněny pouze po dobu devadesáti dnů od 5.3.2022 [26].

2.3 Online

Kurzy se vyučují online. K účasti na MOOC kurzu je zapotřebí mít internetové připojení a potřebný hardware.

2.4 Course

MOOC kurzy jsou série online přednášek a cvičení. Prvotní MOOC se snažil vytvořit skupinu lidí ve virtuálním prostředí, které zajímá společné téma. První MOOC vytvořil George Siemens se Stephenem Downesem a jmenoval se „Konektivizmus a sdílení vědomostí“. [27]

V závislosti na časovém zpřístupnění kurzu se MOOC dělí na tři typy. Jsou kurzy, které jsou přístupné celoročně. To je výhodné pro uživatele, protože zde nejsou kladeny požadavky na plnění termínů. Komplikuje to však práci majiteli, který musí provozovat celoroční podporu kurzu. Druhým typem jsou hromadné kurzy. Tento typ MOOC začíná v předem stanoveném čase. Výhodou hromadných kurzů je velký počet uživatelů, kteří jsou společně zapojeni a mohou si vzájemně pomáhat na fórech. Protože kurz probíhá v určitém časovém období, nemusí majitel provozovat celoroční podporu. Některým uživatelům tento styl nevyhovuje z důvodu časově omezeného přístupu ke kurzu. Další nevýhodou hromadných kurzů je až neomezený počet registrovaných studentů. Nastává tak problém v komunikaci mezi podporou a všemi uživateli. Tento nedostatek mizí u třetího typu, kterým je tzv. kohorta (*cohort*). Jedná se o kurz s omezeným počtem účastníků. Strukturou je velmi podobný hromadným kurzům. Kohorty jsou nicméně náročné na organizaci. Některé takové kurzy probíhají i desetkrát za rok. Je pak zapotřebí zapojit dostatečně velký podpůrný tým, což může celý MOOC výrazně prodražit. Americká univerzita Stanford zakomponovala kohortové kurzy do klasické výuky.

Studenti mají jejich prostřednictvím možnost dohnat zameškanou výuku nebo je mohou využít k dodatečnému procvičení probírané látky. [28]

Počet nově otevřených MOOC kurzů rok od roku roste. V tabulce 2 je znázorněn vývoj v letech 2015–2021.

Tabulka 2: MOOC kurzy na platformách Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11] v letech 2015–2021

Rok	MOOC kurzy	Zdroj
2021	19400	[12]
2020	16300	[13]
2019	13500	[14]
2018	11400	[15]
2017	9400	[16]
2016	6580	[17]
2015	4200	[18]

Každým rokem přibývá počet vysokých škol, které jsou aktivně zapojeny do MOOC výuky. Vysoké školy nabízejí studentům i možnost dálkového MOOC studia. Jedná se o studium vysoké školy ve virtuálním prostředí. Úspěšný absolvent takového studia získá univerzitní titul, který má stejnou váhu, jako titul z prezenční formy studia. V tabulce 3 je znázorněno, kolik vysokých škol se aktivně zapojilo do MOOC výuky v letech 2015 - 2021 a kolik kurzů s možností získání MOOC titulu bylo k dispozici v letech 2018-2021.

Tabulka 3: MOOC tituly na platformách Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11] v letech 2015–2021

Rok	Počet škol	Počet kurzů nabídnutých univerzitami k získání MOOC titulu	Zdroj
2021	950	70	[12]
2020	950	67	[13]
2019	900	50	[14]
2018	900	45	[15]
2017	800	-	[16]
2016	700	-	[17]
2015	500	-	[18]

Další významnou položkou na MOOC platformách jsou takzvané *microcredentials*. Jedná se o sloučení několika kurzů, které společně pojednávají o větším tematickém celku. Je to něco mezi MOOC kurzem a MOOC studiem zakončeným titulem. Absolvování *microcredentials* trvá v průměru 6 měsíců. Obsahově by se dal přirovnat k českému semestru. Během semestru na Fakultě strojního inženýrství – Vysoké učení technické v Brně student absolvuje přibližně pět předmětů. Stejný systém představují *microcredentials*. V některých případech jsou tyto kurzy součástí MOOC studia zakončeného titulem, není to ale pravidlem. *Microcredentials* ve valné většině případů nejsou zdarma. Ceny se liší podle poskytovatele. Začínají na stovkách a končí na tisících dolarech. Tyto kurzy mají ovšem jeden velký nedostatek. V současné době nejsou uznávány zaměstnavateli jako plnohodnotné studium. Pro zaměstnavatele má větší

vypovídající hodnotu bakalářský diplom než certifikát z *microcredentials*. *Microcredentials* slouží jako rekvalifikační kurzy. V tabulce 4 je znázorněn počet *microcredentials* v letech 2016–2021. [29]

Tabulka 4: Nárůst kurzů na platformách Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11] v letech 2016–2021

Rok	Počet <i>microcredentials</i>	Zdroj
2021	1670	[12]
2020	1180	[13]
2019	820	[14]
2018	630	[15]
2017	500	[16]
2016	250	[17]

2.5 Výhody MOOC

Největším benefitem MOOC je fakt, že jsou až na výjimky popsané v této kapitole zdarma. Tento aspekt ocení hlavně ti, kteří za své běžné studium musí platit. MOOC kurzy vedou vysokoškolští lektori nebo odborníci z praxe. Mnohé kurzy navíc vyučují profesori elitních univerzit, se kterými by se průměrný student při klasické výuce nepotkal. Není definován maximální počet studentů, kteří se kurzu mohou účastnit. Pokud si budoucí vysokoškolák není jistý, jaký obor na univerzitě studovat, pak se může zapsat do MOOC kurzu a ověřit si, zda je daná volba správná. Student zjistí, jak se vyučuje v zahraničí, a může porovnat kvalitu výuky. [30]

2.6 Nedostatky MOOC

Neexistuje přímý osobní kontakt mezi studentem a vyučujícím. Valná většina přihlášených studentů kurz nedokončí právě proto, že je zdarma. Kdyby byly kurzy zpoplatněné, účastnilo by se jich výrazně méně lidí, zato by nebyl tak dramatický úbytek studentů. Kurzy jsou koncipovány pro studenty bez postižení, například ti s vadou zraku se takového kurzu jen těžko zúčastní. Student musí rozumět anglicky, jinak mu významně klesne množství přístupných kurzů. [30]

2.7 MOOC v České republice

I přesto, že je Česká republika relativně malý stát, existuje u nás několik online vzdělávacích institucí. Provozovatelé MOOC kurzů v České republice jsou ve valné většině případy neziskové organizace.

2.7.1 Nostis

Nostis je česká online vzdělávací platforma, která nabízí řadu právních kurzů. Kurzy vedou vysokoškolští pedagogové z Palackého, Masarykovy a Karlovy univerzity. Kurzy jsou strukturované do bloků, obsahují video přednášky a testy. V průběhu kurzu student získává body z jednotlivých sezení a na konci kurzu může získat certifikát. Portál Nostis provozuje nezisková organizace Nugis Finem, která se snaží zlepšit právní povědomí v české společnosti. [31] V tabulce 5 je ukázáno, kolik uživatelů využívá služeb organizace Nugis Finem. Tento portál má sedm MOOC kurzů s osmi tisíci registrovanými uživateli. Součástí této platformy jsou i databáze odborných právních článků a aktuality z právní legislativy. [32]

Tabulka 5: Nugis Finem [32]

Rok	Studenti	Kurzy
2020	8 tis.	7

2.7.2 Khan Academy – česká odnož

Khan Academy je další provozovatel online vzdělávacích kurzů. Jedná se o americkou neziskovou organizaci s globálním působením založenou v roce 2008. [33] V roce 2020 působí Khan Academy ve 196 zemích světa. Většina platforem poskytujících online kurzy je dostupných pouze v angličtině. Khan Academy je však možné sledovat ve více než 40 jazycích a má dokonce i českou verzi. Khan Academy se zaměřuje hlavně na matematiku, přírodní vědy a programování. V češtině jsou dostupné MOOC kurzy pro učivo všech ročníků základní školy. Středoškolská a vysokoškolská matematika je dostupná v angličtině. [34]

V tabulce 6 jsou uvedeny data z globálního působení Khan Academy. V roce 2020 zaznamenala tato platforma devadesát miliónu uživatelů a má více než čtyři sta kurzů.

Tabulka 6: Khan Academy v číslech [35]

Rok	Počet uživatelů	Počet kurzů
2017	50 mil.	-
2018	70 mil.	-
2019	90 mil.	429

2.7.3 OnlineSchool

Tato platforma se zaměřuje především na předměty z bakalářského studia VUT FSI (matematika, fyzika, pružnost a pevnost, termomechanika a statika). Jedná se o platformu, kterou založil bývalý student VUT FSI. Jsou zde k dispozici bezplatné mikropřednášky, ve kterých je vysvětlena základní teorie a několik řešených příkladů. Bezplatná verze v mnohých případech na úspěšné absolvování zkoušky nestačí a student si může dokoupit videosbírkou, ve kterých jsou bonusové řešené příklady. [36]

2.7.4 České univerzity

Kurzy největších českých vysokých škol (Karlova Univerzita, VŠE, ČVUT, VUT, Masarykova Univerzita) se nevyskytují na světových MOOC platformách (edX, Coursera nebo FutureLearn). I když zde české univerzity nemají zastoupení, v České republice se v tvorbě MOOC kurzů angažují. Karlova Univerzita provozuje platformu MOOC Charles University, na které má zpřístupněných asi 50 kurzů, z nichž polovinu v anglickém jazyce. Angličtina na kvalitě samotného kurzu nic neubírá, nicméně některé česky mluvící studenty to může odradit od absolvování kurzu. [37] Učitelé právnické fakulty Karlovy Univerzity, Palackého Univerzity a Masarykovy univerzity se angažují v neziskové organizaci Nostis, kde vytvářejí MOOC kurzy pro veřejnost.

2.8 Přínosy MOOC vysoké škole

MOOC kurz prezentuje vysokou školu před národním nebo globálním publikem. Jedná se o způsob, jak se ukázat potenciálnímu uchazeči v tom nejlepším světle. Dává škole příležitost prezentovat moderní laboratoře, nový kampus nebo elitní profesory. Dobře vypracovaný MOOC kurz otevírá dveře mezinárodním studentům. Mnozí studenti si

vybírají zahraniční vysoké školy na základě toho, zda jim budou předměty uznány i na jejich domácích univerzitách. MOOC kurzy jsou online a mohou je absolvovat i pedagogové zahraničních studentů. Vyučující se na základě toho rozhodne, zda daný předmět studentovi po návratu z pobytu Erasmus uzná. Dobře vypracovaný MOOC motivuje zahraničního studenta k vycestování na konkrétní univerzitu. [38]

2.9 Open Course Ware (OCW)

Předchůdcem MOOC byl Open Course Ware. První takovýto kurz vznikl v roce 1999 na Univerzitě Tübingen v Německu. V roce 2002 vešly OCW do povědomí širší veřejnosti, a to zásluhou amerických univerzit MIT, Yale, Michigan a Berkeley, které je začaly zveřejňovat na svých webových stránkách. OCW kurzy nepřestaly existovat, pouze mají menší počet aktivních uživatelů než MOOC. [39]

OCW jsou v podstatě video záznamy z hodin, kde učitel vysvětluje žákům určitou problematiku. Součástí OCW jsou i PowerPoint prezentace, záznamy z přednášek a z konferencí. Nedá se říct, že MOOC jsou vylepšenou verzí OCW. Oba kurzy si jsou do jisté míry podobné, zároveň se v některých důležitých aspektech liší. [40]

2.9.1 Podobnosti MOOC a OCW

Oba dva typy kurzů jsou přístupné online, tudíž se od lektorů neočekává, že budou se studenty v přímém kontaktu. Oba jsou také zdarma. OCW zcela, na rozdíl od MOOC, kde si uživatel může připlatit za doplňkové služby. Oba typy kurzů jsou většinou vytvořeny vysokoškolskými učiteli nebo odborníky z praxe. [40]

2.9.2 Rozdíly MOOC a OCW

MOOC jsou vlastnictvím autora a nesmí být reprodukovány třetí stranou. OCW naopak spadají pod tzv. Creative Commons, což je veřejná licence na autorská práva, která umožňuje obsah bezplatně reprodukovat. [40]

MOOC nabízí uživateli organizovanou výuku. Očekává se, že student bude systematicky plnit úkoly a mít aktivní přístup. Za aktivní účast na kurzu může student získat certifikát. Zatímco u OCW se předpokládá, že si student z kurzu vezme jen to, co sám uzná za vhodné. OCW je forma samostudia. Žák dostane podklady, není už ale systematicky veden jako v případě MOOC. OCW žádné certifikáty nenabízí. [40]

Tvorba OCW kurzu vyžaduje menší časovou přípravu. Lektor si nahraje svou prezenční hodinu na video a bez editaci ji nasdílí na internet, popřípadě se podělí o prezentace z přednášek. Vytvořit MOOC kurz je časově mnohem náročnější. Mnohdy to vyžaduje i tým lidí. [41]

Autor absolvoval MOOC na platformě Coursera. Název kurzu je *How to create a MOOC* [42]. Na základě informací z kurzu a osobní zkušenosti autora s přípravou videí typu MOOC pro účely této práce lze konstatovat, že příprava třiceti vteřin videa trvá přibližně hodinu.

2.9.3 OCW na MIT

Největším poskytovatelem OCW je americká univerzita Massachusetts Institute of Technology (MIT). Tato univerzita začala vytvářet OCW v roce 2002. Od té doby její kurzy vidělo nejméně dvě stě miliónu uživatelů. MIT ve svých statistikách rozlišuje, jestli uživatel viděl video vícekrát nebo jednou. Celkem MIT registruje přes tři sta milionu

shlédnutí. Nutno podotknout, že OCW jsou volně přístupné již dvacet let. I když počet uživatelů rok od roku roste, množství zveřejňovaných kurzů se dramaticky nemění, jak je vidět v tabulce 7. Stagnující počet OCW může to být důsledkem toho, že MIT se v posledních letech zaměřuje více na tvorbu MOOC než OCW kurzy.

Tabulka 7: OCW na MIT

Rok	Počet shlédnutí	Připojení uživatelé	Celkový počet kurzů	Zdroj
2020	311 mil.	196 mil.	2496	[43]
2019	291 mil.	180 mil.	2472	[44]
2018	279 mil.	169 mil.	2446	[45]
2017	251 mil.	157 mil.	2421	[46]
2016	226 mil.	143 mil.	2379	[47]
2015	198 mil.	124 mil.	2320	[48]

3 Obsah kurzu dle ČSN EN 1591-4

Norma ČSN EN 1591- 4 [1] ukládá, co musí mechanik šroubových spojů znát, aby byl zajištěn bezpečný provoz tlakových zařízení v kritických aplikacích obsahující šroubové spoje. Pod pojmem „kritickou aplikací“ se rozumí jakékoliv tlakové zařízení, u kterého by selhání spoje vedlo k ohrožení pracovníků, zařízení, nebo životního prostředí.

Norma ČSN EN 1591-4 [1] je rozdělena do různých úrovní odbornosti, viz tabulka 8. Mechanik po úspěšném absolvování základní úrovně kvalifikace může získat odbornou způsobilost i ve vyšších úrovních.

Tabulka 8:Úrovně odbornosti dle normy ČSN EN 1591-4 [1]

Základní úroveň kvalifikace
Utahování hydraulickým utahovákem
Hydraulické utahování momentem
Výměníky tepla a tlakové nádoby
Příruby z křehkých materiálů
Stanovení síly působící ve šroubu po montáži
Kompaktní příruby
Svěrky
Zvláštní spojovací prvky
Šroubové spoje pro trubky s malým vnitřním průměrem
Odpovědný technik

Tato kapitola si klade za cíl vytvořit obsah MOOC kurzu, který se bude zabírat základní úrovní kvalifikace ČSN EN 1591-4 [1]. Norma specifikuje, které konkrétní body musí základní úroveň kvalifikace obsahovat, viz tabulka 9.

V rámci přípravy diplomové práce se autor práce zúčastnil výcviku dle ČSN EN 1591- 4 [1] Tab.1– Základní úroveň kvalifikace. Výcvik pořádal Dimer Engineering [49] ve spolupráci s firmou Techseal [50]. Autor práce úspěšně absolvoval teoretickou i praktickou zkoušku. Součástí praktické zkoušky je vyhotovit protokol o montáži přírubového spoje, jehož formu je možné vidět na obrázku 1.

Protokol montážního týmu o provedené montáži přírubového spoje (doplňující protokol k praktické zkoušce)

Verze: 3 / 15 (předchozí verze jsou tímto neplatné)

Číslo protokolu:

1. Zařízení		Datum montáže:	
Provoz – název (AVD apod.)	/		
Provozní soubor (Z301 apod.)	/		
Označení zařízení (E06/1 apod.)	/		
Název zařízení (Výměník apod.)	/		
Přírubový spoj (hodící se zatahnout)	PL-KO...a,b* / KO-VI...c / PL-KLO...d / PL-HL...e		
Výpočtový tlak (bar)	Píšť:	Trubky:	Jiný:
Výpočtová teplota (°C)	Píšť:	Trubky:	Jiný:

* v případě PL-KO...b se použije takto označený sloupec vpravo

2. Těsnění		PL-KO...b
Rozměr (d x D x tl.)	220 x 273 x 2 mm	/
Materiál nebo označení výrobce	Grafitové těsnění, SSTC ✓	/

3. Mazivo	
Typ, značka	Mazací pasta, HP505 ✓

4. Šrouby (svorníky), matice			
Hodící se zatahnout >	Svorník / Šroub s hlavou <	Matice	Podložky
Závit (x délka v mm)	M20 x 80 ✓		
Materiál	8.8 ✓	8 ✓	HV200 ✓
Počet	12 ✓	12 ✓	24 ✓
Nové	ANO NE ✓	ANO NE ✓	ANO NE ✓

5. Utahování			
Vypočtený utahovací moment (N.m)	300 N.m	Typ, označení a číslo kalibrace nářadí	HE-21-554 (100-500)
Utahovací moment	Doporučený (N.m)	Skutečný (N.m)	
I. krok (ručně) 0	---		
II. krok 40%	120 ✓		
III. krok 70%	210 ✓		
IV. krok 100%	300 ✓		
V. krok 100%	300 ✓		
V. před tlakem %	300		

6. Podpisy		
Zodpovídatel:	Za montážní firmu-název: SUTOC GLESO Datum: 23.6.2021 23.6.2021	Jméno a příjmení (čitelně): Matouš Kochán Podpis: <i>Matouš Kochán</i>
Souhlas:	Za technický dozor, firma-název: Datum:	Jméno a příjmení (čitelně): Podpis: <i>[Podpis]</i>

[Podpis]
23/6/2021

Obrázek 1: Doplnující protokol k praktické zkoušce

Tabulka 9: Základní úroveň kvalifikace [1]

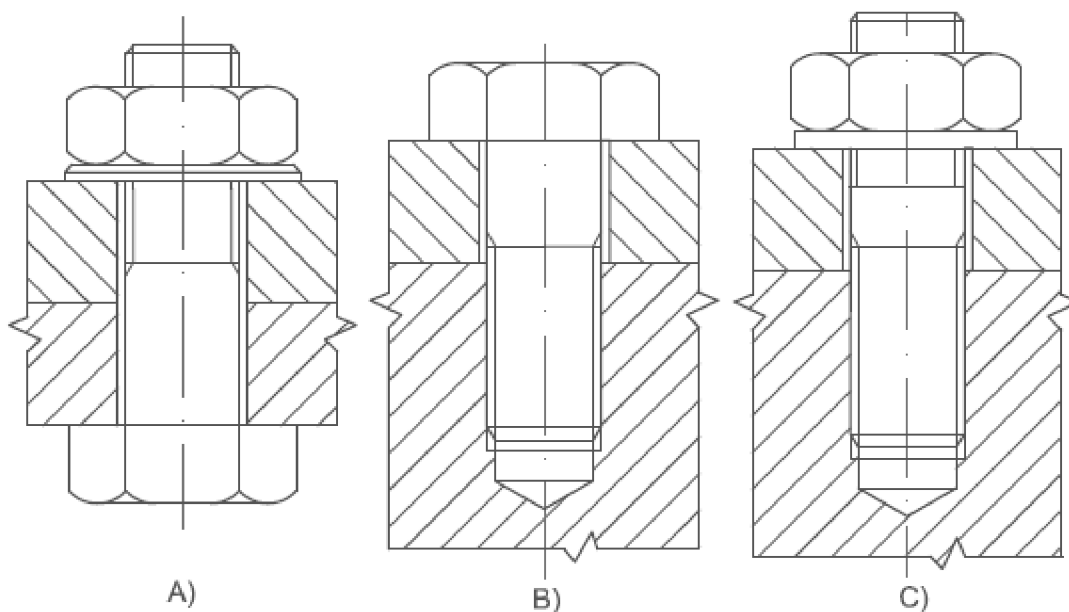
	<i>Téma</i>
1	<i>Druhy šroubových spojů</i>
2	<i>Funkčnost těsnění</i>
3	<i>Druhy těsnění a jejich příslušné vlastnosti</i>
4	<i>Vztah mezi prodloužením (deformací) šroubu, silou působící ve šroubu a napětím v těsnění</i>
5	<i>Běžné příčiny selhání šroubových spojů</i>
6	<i>Ztráta (úbytek) síly působící ve šroubu a následky</i>
7	<i>Aplikované a zbytkové síly působící ve šroubu</i>
8	<i>Všeobecná zdravotní a bezpečnostní rizika</i>
9	<i>Bezpečná demontáž spoje</i>
10	<i>Příprava těsnicí plochy</i>
11	<i>Zjišťování vad a nedostatků</i>
12	<i>Souosost těsnicích ploch a stejnoměrnost mezer</i>
13	<i>Skladování, manipulace, příprava a montáž těsnění</i>
14	<i>Vliv tření závitu na sílu působící ve šroubu při použití utahovacího momentu</i>
15	<i>Význam použití stanoveného závitového maziva</i>
16	<i>Způsoby utahování šroubů a jejich relativní přesnost</i>
17	<i>Nutnost stanovit postupy utahování šroubů</i>
18	<i>Postupy utahování šroubů</i>
19	<i>Třída těsnosti</i>
20	<i>Požadavek na splnění určité třídy přesnosti</i>
21	<i>Utahování ručním utahovacím momentem</i>
22	<i>Údržba a kalibrace ručně ovládaných momentových klíčů</i>
23	<i>Požadavky na hydraulické utahování momentem a hydraulickým utahovákem</i>
24	<i>Potvrzení, že spoj je znovu provozuschopný</i>
25	<i>Záznam o provedených pracích</i>
26	<i>Hlášení o odchylkách nebo nepravidelnostech</i>
27	<i>Monitorování emisí a řešení netěsnosti</i>

3.1 Základní úroveň kvalifikace

V této kapitole budou rozebrány okruhy z tabulky 9, které byly vybrány pro zpracování formou videa. Z 27 okruhů tabulky 9 bylo vytvořeno 13 oblastí, jak je dále popsáno v této kapitole. Jedním z důvodů redukce byl tematický překryv mezi některými okruhy. Dalším důvodem vyselektování byla nižší tematická relevance některých okruhů, například *Všeobecná zdravotní a bezpečnostní rizika*.

3.1.1 Druhy šroubových spojů

Existují tři základní druhy šroubových spojů, které jsou znázorněny na obrázku 2. Spoj s průchozím šroubem s hlavou a maticí (A), spoj zašroubovaným šroubem s hlavou (B) a spoj zavrtaným šroubem a maticí (C). U přírubových spojů se využívají šroubové spoje s průchozím šroubem s hlavou a maticí. Součástí takového šroubového spoje je šroub, matice, podložka a spojované součásti. Podstatou normy ČSN EN 1591-4 [1] je naučit montéry bezpečně instalovat přírubové spoje, hlavními spojovanými součástmi jsou tedy příruby.[51]



Obrázek 2: Druhy šroubových spojů [51]

Druhy šroubů

Nejrozšířenější způsob výroby šroubů je objemovým tvářením za studena. V tabulce 10 jsou uvedeny příklady často používaných šroubů. [51]

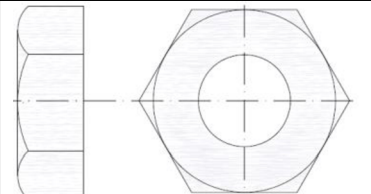
Tabulka 10: Druhy šroubů [51]

Číslo	Vyobrazení	ČSN	Poznámka
1		ČSN EN ISO 4014	
2		ČSN EN ISO 4016	Lepší dynamické vlastnosti než typ 1
3		ČSN 02 1111	Zesílený dřík je namáhaný smykem a ne ohybem

Druhy matic

Nejrozšířenější způsob výroby matic je objemovým tvářením za studena. V tabulce 11 jsou uvedeny příklady často používaných matic. [51]

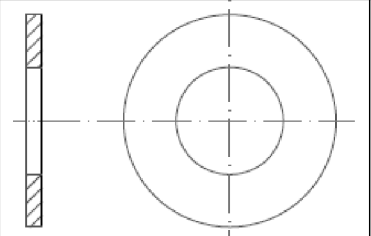
Tabulka 11: Druhy matic [51]

Číslo	Vyobrazení	ČSN
1		ČSN EN ISO 4032 ČSN EN ISO 4033 ČSN EN ISO 4034 ČSN 131530

Druhy podložek

Podložky se aplikují ve šroubových spojích za účelem rozdělení tlaku matice na větší plochu, aby nedocházelo k nežádoucímu zatlačování matice do součásti z měkčího materiálu. Podložky se použijí, prochází-li šroub dírou s velkou vůlí. Podložky se použijí také v případě, je-li dosedací plocha pro matici na spojované součásti neobrobena. Použijí se i tehdy, pokud je zapotřebí zamezit odírání součásti při častém povolování matice. Podložky značně snižují tření pod maticí a hlavou šroubu a lze díky nim stanovit součinitel tření mezi podložkou a maticí, nebo podložkou a hlavou šroubu. V tabulce 12 jsou příklady používaných podložek. [51]


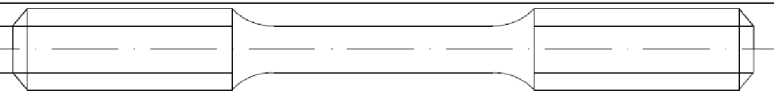
Tabulka 12: Druhy podložek [51]

Číslo	Vyobrazení	ČSN
1		ČSN EN ISO 7090 CSN EN ISO 7091 ČSN EN ISO 7092

Druhy Svorníků

Nejrozšířenější způsob výroby svorníků je objemovým tvářením za studena. V tabulce 13 jsou příklady používaných svorníků dle ČSN EN 131520.[52]

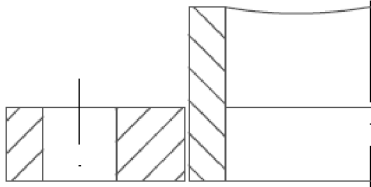
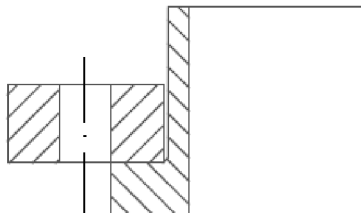
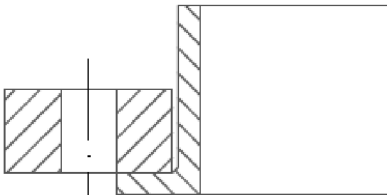
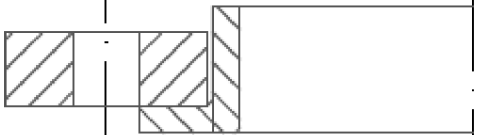

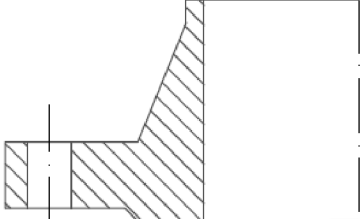
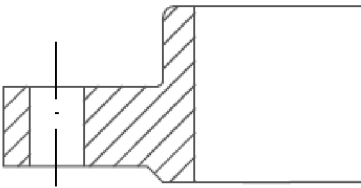
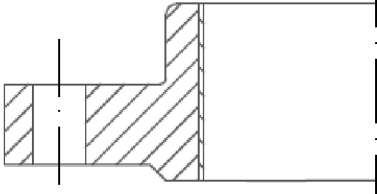
Tabulka 13: Druhy Svorníků [52]

Číslo	Vyobrazení	Poznámka
1		Hladký svorník
2		Pružný svorník

Druhy přírub

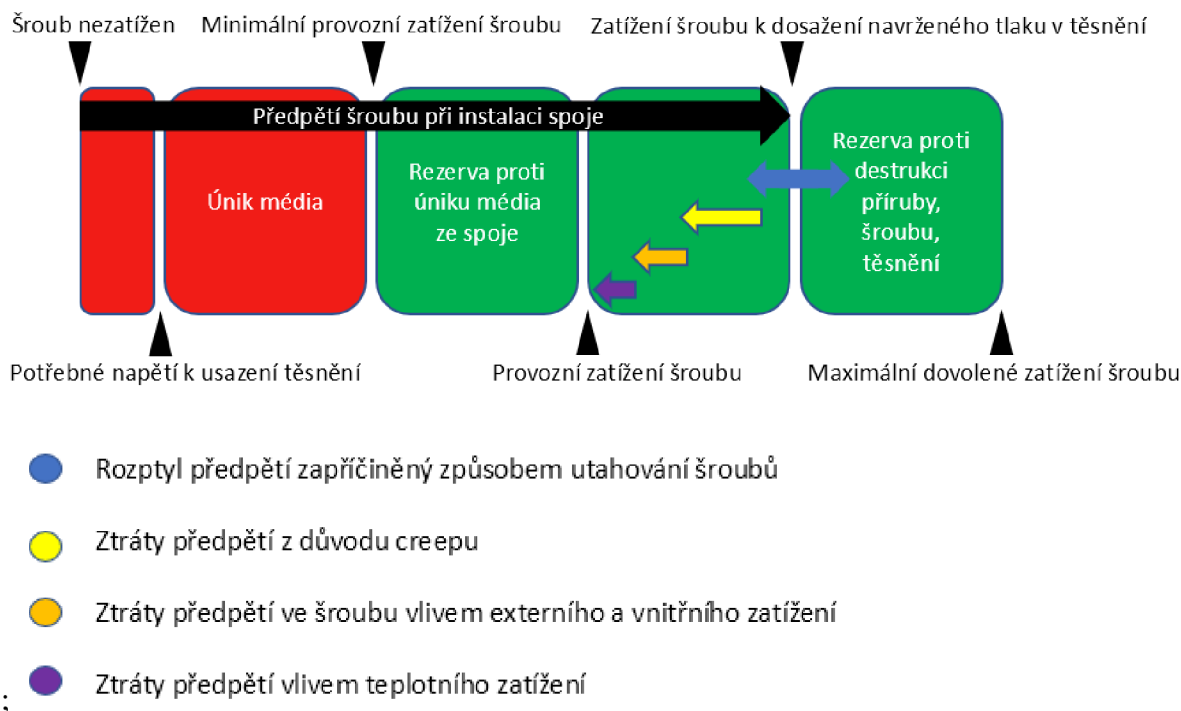
V tabulce 14 jsou uvedeny příklady používaných přírub dle normy ČSN EN 1092-1. [53]

Tabulka 14: Druhy přírub [53]

Číslo	Vyobrazení	Poznámka
1		Plochá přivařovací příruba
2		Plochá příruba s přivařovacím lemem s krkem
3		Plochá příruba s vylisovaným lemem s dlouhým krkem
4		Plochá příruba s vylisovaným lemem
5		Zaslepovací příruba
6		Přivařovací příruba s krkem
7		Násuvná přivařovací příruba s krkem
8		Závitová příruba s krkem

3.1.2 Funkčnost těsnění

Těsnění má za úkol zabránit úniku pracovního média při různých provozních stavech zařízení. Na těsnění je vyvíjen tlak od předepjatých šroubů. To má za následek vyplnění mikro plastických mezer na stykových plochách přírub. Nesmí být překročena maximální dovolená hodnota zatížení těsnění, jinak dojde k jeho poškození a nechtěnému úniku pracovního média. Na obrázku 3 je znázorněn vliv předpětí šroubů na těsnění. [54]



Obrázek 3: Vliv předpětí šroubu na těsnění [55]

Třída těsnosti

Výběr odpovídajícího těsnění pro konkrétní aplikaci se odvíjí od třídy těsnosti L_N . Index N stanovuje maximální hmotnost média, které může uniknout na jednotkové délce těsnicí plochy za čas. Jako zkušební médium pro stanovení třídy těsnosti se používá hélium nebo dusík. V tabulce 15 jsou uvedeny třídy těsnosti dle normy ČSN EN 13555 [54]. Pokud je zapotřebí, lze zavést vyšší třídy těsnosti pokračováním této řady. Obecně platí, že nekovová těsnění se aplikují pro třídy těsnosti $L_{1,0}$ (kapaliny mimo nebezpečné látky) a $L_{0,1}$ (běžné plyny). Kombinovaná těsnění se aplikují pro $L_{0,01} - L_{0,001}$ (nebezpečné látky). Kovová těsnění se aplikují u tříd těsnosti s indexem N v intervalu $10^{-4} - 10^{-8}$. [54]

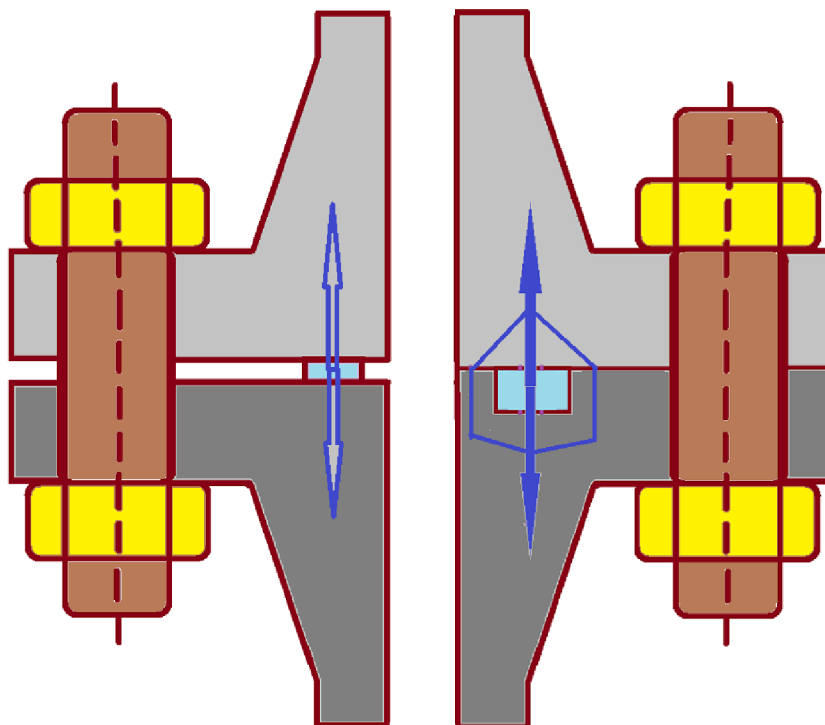
Tabulka 15: Třídy těsnosti dle ČSN EN 13555 [54]

Třída těsnosti L_N	$L_{1,0}$	$L_{0,1}$	$L_{0,01}$
Specifický únik [$mg(s \cdot m)^{-1}$]	$\leq 1,0$	$\leq 0,1$	$\leq 0,01$

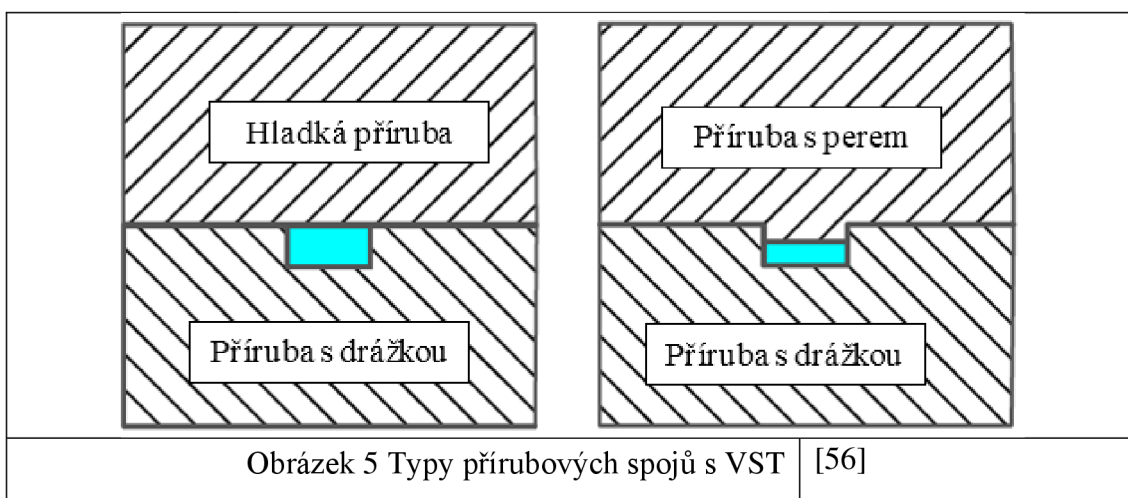
Těsnění podle silového toku

Těsnění podle silového toku jsou dvojího typu. Existují přírubové spoje s těsněním v hlavním silovém toku (HST) a přírubové spoje s těsněním ve vedlejším silovém toku

(VST). Viz obrázek 4. U HST leží těsnění mezi těsnícími plochami přírub a přenáší celou sílu vyvozenou předepnutými šrouby (tlak na těsnění). Chování těsnění vychází z předpětí šroubů při montáži a změn tlaku působícího na těsnění při provozu zařízení. U VST leží těsnění v drážce těsnící plochy. Druhá kontaktní plocha je buď hladká nebo s perem. Viz obrázek 5. U VST působí konstantní napětí na těsnění po celou dobu provozu. Další zvýšení síly předepnutí spoje je přenášeno pouze přes kontaktní plochy. U VST se z toho důvodu volí tuhé příruby, které zabrání ztrátě kontaktu. Ke ztrátě kontaktu těsnících ploch může dojít vlivem ohybu listu příruby. VST se aplikuje u přírubových spojů, kde se očekává přenos vyšších namáhání. [56]



Obrázek 4: HST a VST



3.1.3 Druhy těsnění a jejich příslušné vlastnosti

Existují nekovové (měkké) těsnícími materiály, kovové těsnícími materiály, nebo kombinované těsnící materiály. [55]

Měkké těsnící materiály

Mezi nejčastěji používané měkké těsnící materiály patří vláknitopryžové, expandovaný grafit a PTFE (teflon). Mezi vláknitopryžové těsnící materiály se řadí i azbestová těsnění (AT), avšak od roku 2008 nelze na území Evropské unie používat ani distribuovat těsnící materiály s obsahem azbestových vláken. Azbest je schopen se lámat a štěpit. Úlomky azbestových vláken se mohou dostat do vzduchu a následně až do plicních sklípků člověka. Azbest není biorozpustný (plicní kapalina jej nerozpustí). Negativní vliv azbestu na zdraví člověka nespočívá v chemickém působení, ale v mechanickém dráždění plic. Od roku 2008 se smí aplikovat pouze bezazbestové těsnící materiály (BAT). Bezazbestová vláknitopryžová těsnění jsou tvořena z následujících komponent. Vláknina (křemičitá, aramidová, skelná, uhlíková), pojiva (elastomery), plniva (slída, grafit, kyselina křemičitá) a pomocné prostředky (vulkanizační prostředky). V tabulce 16 je uveden rozdíl mezi složením BAT a AT. [56]

Tabulka 16: BAT a AT [56, 57]

Vláknitopryžové těsnění	BAT	AT
Vláknina	5–50 %	70–90 %
Pojiva	10–30 %	10–15 %
Plniva	40–80 %	5–15 %
Pomocné prostředky	1–7 %	1–5 %

Dalším nekovovým těsnícím materiálem je expandovaný grafit. Výchozí surovinou expandovaného grafitu je vločkový přírodní grafit. V tabulce 17 jsou uvedeny výhody a nevýhody expandovaného grafitu. [55]

Tabulka 17: Výhody a nevýhody expandovaného grafitu [55]

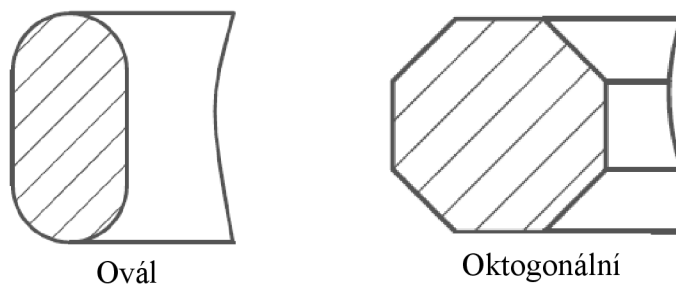
Výhody	Nevýhody
Chemická odolnost	Nízká pevnost v tahu
Teplotní odolnost <ul style="list-style-type: none">• V oxidačním prostředí do 500 °C• V inertním prostředí do 2000 °C	Nízká pevnost v ohybu
Vysoká pevnost v tlaku	Je nutná zvýšená opatrnost, při manipulaci s těsněním, aby se předešlo jeho poškození.

Dalším nekovovým těsnícím materiálem je PTFE. Hlavním přínosem PTFE je jeho netečnost vůči různým chemikáliím (kromě tekutých alkalických kovů a čistého fluoru). Různé modifikace PTFE se dají aplikovat při teplotách od -260 °C do 260 °C. PTFE mají dielektrický charakter a tudíž jsou skvělými izolanty. PTFE je odolné vůči nárazům. Nevýhodou PTFE je vysoká hodnota tečení. Tečení je zmenšování tloušťky při stálém utahovacím tlaku. Existují tři hlavní modifikace PTFE. Každá z následujících modifikací

má rozlišný průběh tečení. Čistý PTFE je vyroben z nepozměněného PTFE. Tudíž je netečný vůči různým chemikáliím, nicméně dosahuje vysokých hodnot tečení. Čistý PTFE se používá při nízkých teplotách a v nekritických aplikacích. U plněného PTFE dochází k nižšímu tečení. Plnění je ze sklených vláken nebo karbidu křemíku. Protože obsahuje různé příměsi, používá se pro konkrétní pracovní média. U expandovaného PTFE dochází k nejmenšímu tečení. Tento typ má modifikovanou mikrostrukturu. Nejsou zde použity žádné příměsi a z toho důvodu má stejně široké uplatnění jako čistý PTFE. [55]

Kovové těsnící materiály

Pokud provozní medium pracuje za vysoké teploty a tlaku, je vhodné zvolit kovové těsnění. Je důležité, aby kovové těsnění bylo z měkčího materiálu než samotná příruba, jinak by mohlo dojít k poškození těsnící plochy příruby. Je zapotřebí, aby kovová těsnění měla co největší chemickou odolnost vůči těsněné tekutině, aby nedocházelo ke korozi a erozi. Mezi nejčastější kovová těsnění patří O-kroužky s kruhovým průřezem, čtvercové kroužky s čtvercovým průřezem a RTJ kroužky. Na obrázku 6 jsou znázorněny RTJ těsnící kroužky. [55][58]



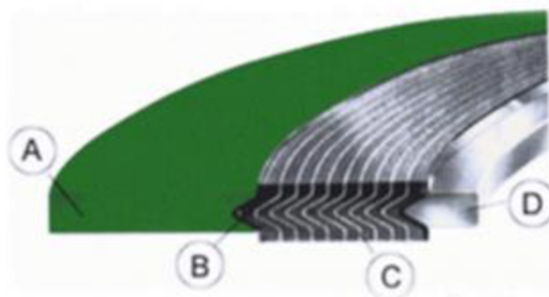
Obrázek 6: RTJ Těsnění [58]

Kombinované těsnící materiály

Mezi nejčastěji používané kombinované těsnící spoje patří spirálové těsnění na obrázku 7. Skládá se ze spirálového kovového pásku, díky kterému těsnění pruží. Dále z těsnící výplně, která zaručuje těsnost. Vnější vodící kroužek slouží k vystředění těsnění a zabraňuje jeho vystřelení. Spirálové těsnění se využívá v aplikacích, kdy je přírubový spoj vystaven kolísavým teplotám a tlakům. [59]

Hřebenové těsnění je dalším příkladem kombinovaných těsnících materiálů. Skládá se z ocelové kostry a vrstvy grafitu. Hlavní výhodou tohoto těsnění je jednoduchá renovace. Pro účely opakovaného použití hřebenového těsnění stačí vyměnit grafitové obložení. [55]

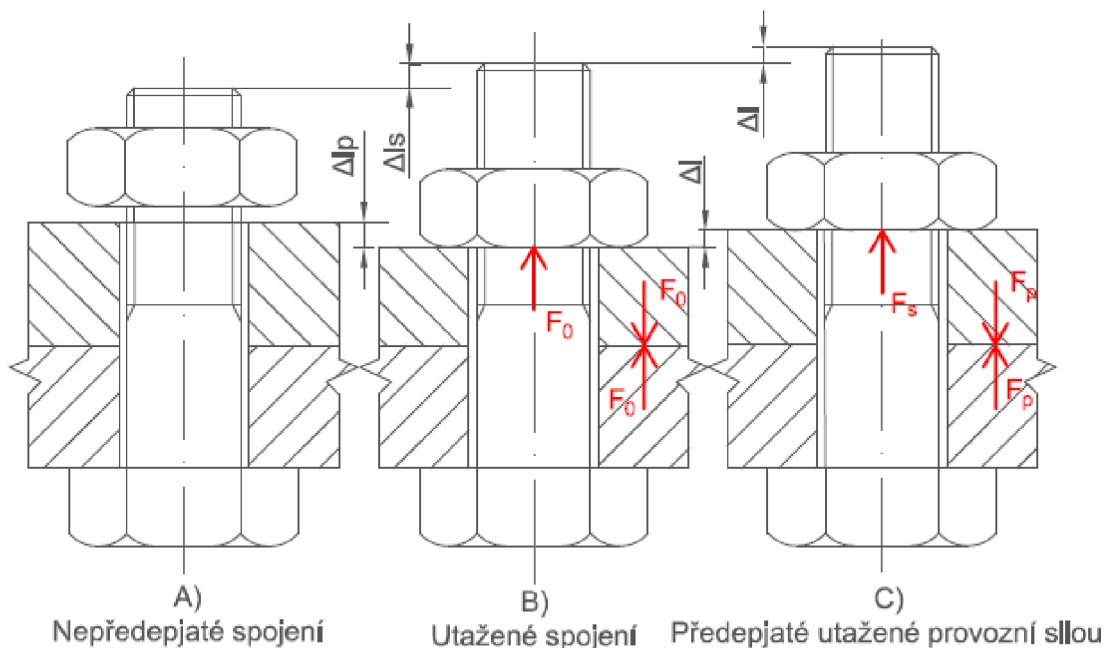
- A. Vnější vodící kroužek
- B. Těsnící výplň
- C. Kovové pásky
- D. Vnitřní kroužek



Obrázek 7: Kombinované těsnící spoje [59]

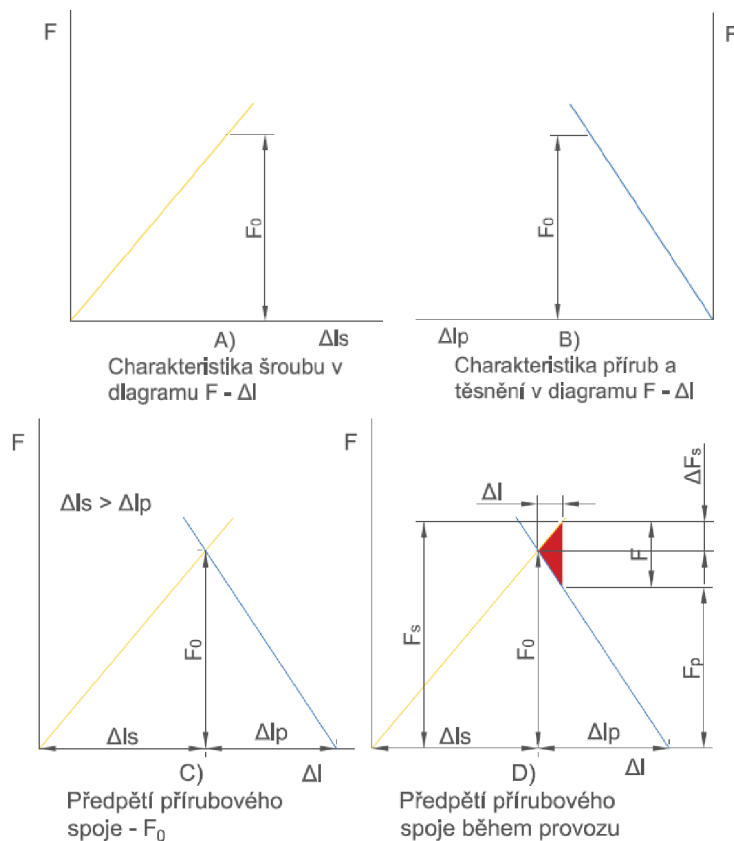
3.1.4 Prodloužení šroubu – síla ve šroubu a v těsnění

U většiny šroubových a přírubových spojů, obzvláště těch, které jsou vystaveny přetlaku, dochází k zatížení spojů předpětím. Na obrázku 8 je zobrazeno chování spoje v různých zátěžných stavech. Na obrázku 9 je znázorněna konstrukce diagramu předepjatého spoje. Stav 8A ukazuje nepředepjaté a nezatížené spojení, kdy na šroub ani přírubu nepůsobí žádné síly. Při utahování šroubu dojde ke vzniku síly předpětí F_0 (stav 8B a 9A). Vlivem F_0 dochází i k prodloužení dříku o Δl_s (stav 8B a 9A) a ke zkrácení stlačených součástí (příruba, těsnění) o Δl_p (stav 8B a 9B). Propojením stavu 9A a 9B vznikne diagram předepjatého nezatíženého spoje (stav 9C). Vlivem provozu zařízení začne ve spoji působit provozní síla F , která šrouby zatíží na maximální sílu F_s (stav 8C a 9D). Stejná provozní síla odlehčí sevřené součásti na sílu F_p (stav 8C a 9D). Při tom dochází k prodloužení dříku a stlačených součástí o Δl . Pokud přestane působit provozní síla, vrátí se soustava do stavu 8B a 9C. Aby byl spoj funkční, musí být síla předpětí větší než provozní síla, jinak dojde k uvolnění spoje. Při změně přetlaku (červené pole na 9D) zvětší síla ve šroubu jen o ΔF_s [51]



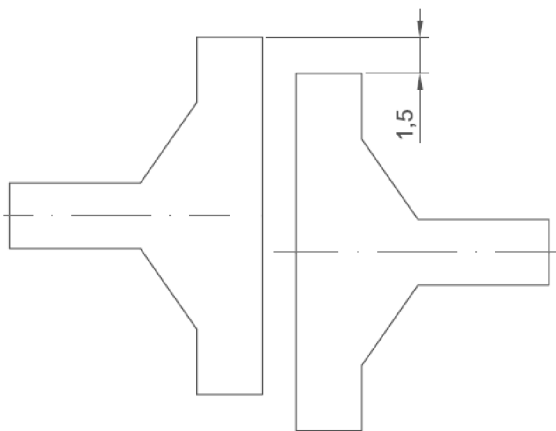
Obrázek 8: Chování spoje v různých zátěžných stavech [51]

Na obrázku 9 je znázorněn diagram předepjatého spoje.

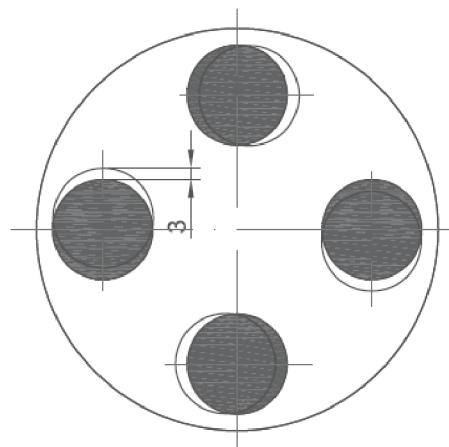


Obrázek 9: Konstrukce diagramu předepjatého spoje [51]

Na přírubový spoj mohou působit i vnější ohybové momenty a síly, a to mimo jiné vlivem špatně polohovaného napojení jednotlivých přírub. Dosedací plochy přírub musí být nainstalovány tak, aby jejich vnitřní, nebo vnější okraje splývaly. Musí se dosáhnout sousosti přírub. Sousost je měřena umístěním rovné hrany na vnější okraj jedné z přírub a změřením vzdálenosti od druhé příruby. Toto měření se provede čtyřech místech po obvodu přírubového spoje na. Dle AMSE PCC-1 [60] je dovolená tolerance maximálně 1,5 mm, viz obrázek 10. Dále je nutné zajistit sousost otvorů pro šrouby. ASME PCC-1[60] připouští toleranci nanejvýš 3 mm, viz obrázek 11. [60]

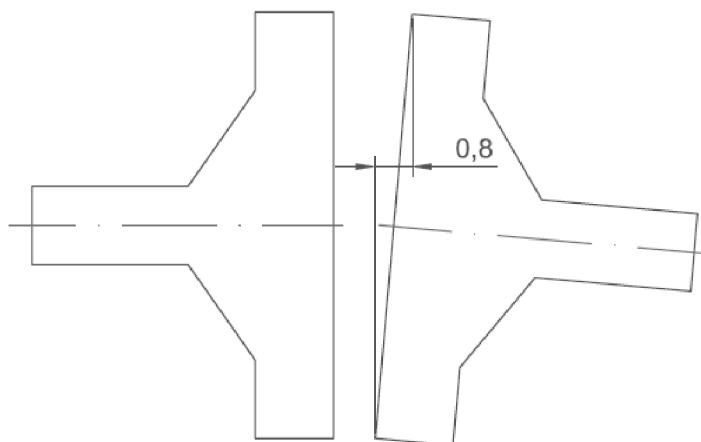


Obrázek 10: Sousost přírub [60]



Obrázek 11: Sousost otvorů [60]

Dále musí platit, že jednotlivé plochy přírub jsou navzájem rovnoběžné. Velikost tolerance rovnoběžnosti je určena změřením nejbližšího a nejvzdálenějšího bodu mezi přírubami a jejich následným rozdílem, který dle ASME PCC-1[60] nesmí být větší než 0,8 mm, viz obrázek 12. [60]

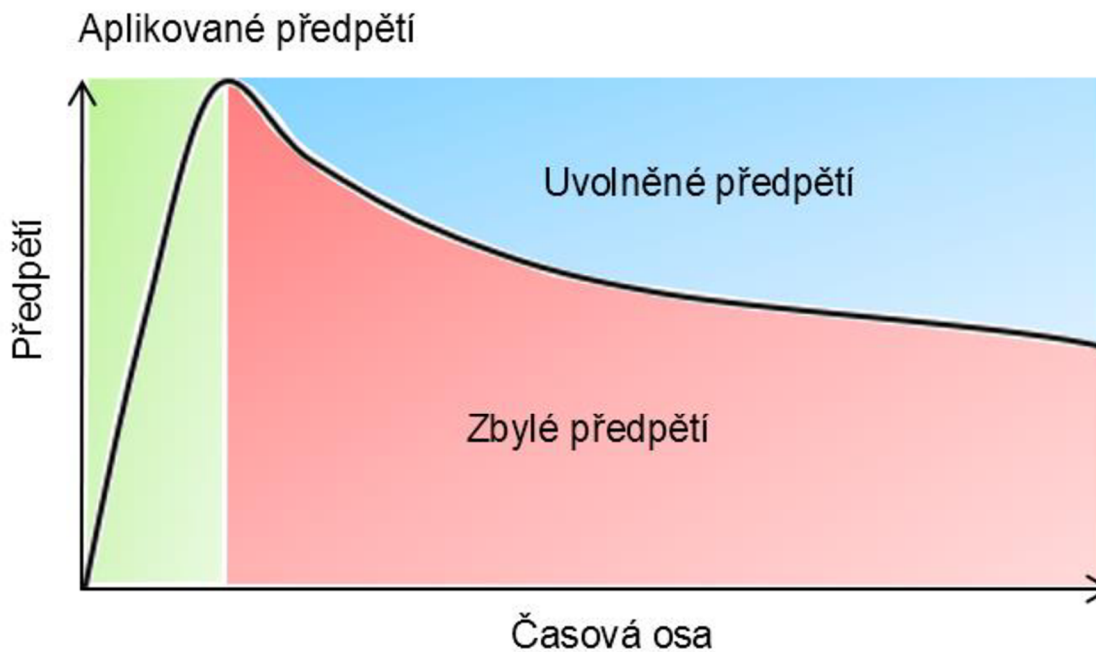


Obrázek 12: Rovnoběžnost přírub [60]

Ohybové momenty často nadlehčí jednu stranu spoje což vede k nerovnoměrnému působení upínacích sil. Negativní vliv na šroubové spoje má i nadměrné utažení šroubů. Šrouby musí být vždy utaženy jen na předem vhodně vypočtenou hodnotu F_0 . Při překročení F_0 dochází k deformaci těsnění (zkrácení životnosti těsnění) a následnému nechtěnému úniku pracovního média. I teplotní roztažnost jednotlivých částí šroubového spoje může mít za následek negativní dopad na funkčnost celého systému. Negativní vliv relaxace je probrán v následující kapitole. Musí se brát v potaz i váha pracovního média proudícího v potrubí. To může vyvolat vnější ohybovou sílu. Tomuto problému se předejde instalací odpovídající podpůrné konstrukce. [55]

Relaxace šroubů

Při utahování šroubového spoje dochází ke kumulaci napětí ve šroubech. Vlivem relaxace dochází k poklesu tohoto předpětí. Rychlost relaxace záleží na zvoleném materiálu šroubů. Rozlišujeme okamžitou relaxaci a postupnou relaxaci. Okamžitá relaxace nastává po utažení šroubů nebo krátce po uvedení přírubového spoje do provozu. Je zapříčiněna ohýbáním šroubů, elasticitou těsnícího materiálu, nedostatečným utažením nebo nerovnoměrností povrchů přírub. Postupná relaxace je zapříčiněna dlouhodobým vlivem vysokých teplot. Na obrázku 13 je znázorněna relaxační křivka ve šroubech. Pro předejití nežádoucí relaxaci se doporučuje použít nové šrouby, matky a podložky. Před použitím nových šroubů se doporučuje šrouby několikrát utáhnout a povolit. Je vhodné aplikovat mazivo na stykové plochy šroubů a matek. Dále pak utahovat šrouby adekvátní rychlostí, mít vhodně vyškolený personál a utáhnout šrouby na předem vypočtenou hodnotu předpětí. Doporučuje se znovu dotáhnout šrouby po několika minutách od předchozího utažení, tím se zmírní vliv okamžité relaxace. [61]

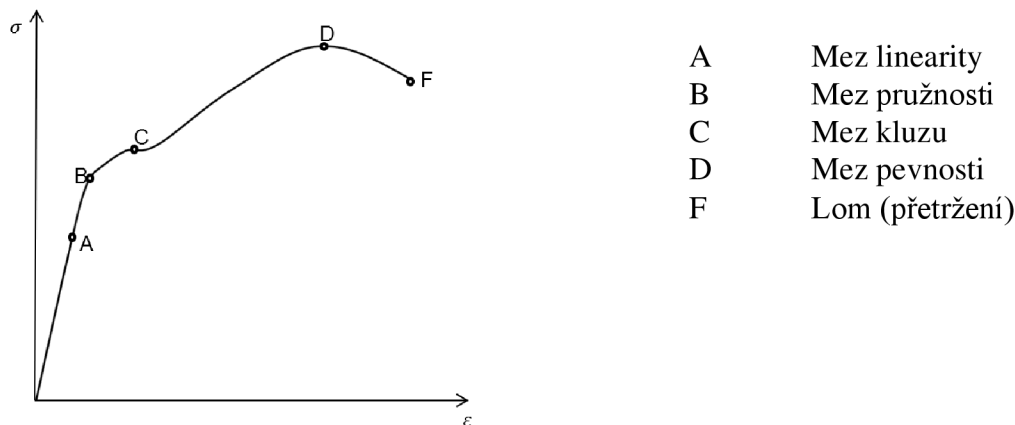


Obrázek 13: Relaxační křivka [62]

Opakované používání šroubů

Šroub může být opakovaně použit, nedojde-li u něj k překročení meze kluzu, tj. vzniku plastické deformace. Určit, zda k tomu došlo, je velmi problematické. Z toho důvodu se nedoporučuje opakované používání šroubů v kritických aplikacích. Obecný postup posuzování šroubu pro opakované použití zahrnuje vizuální kontrolu. Šroub musí mít stejnou délku a být ve stejném stavu jako při první aplikaci. Zde však nastává problém. Jen v ojedinělých případech lze detekovat prodloužení šroubu vizuální zkouškou. Obvykle dochází k prodloužení šroubu o setiny milimetru. Pokud jsou na šroubu náznaky poškození, například vlivem koroze, je nutné zvážit, zda šroub opakovaně použít. [63]

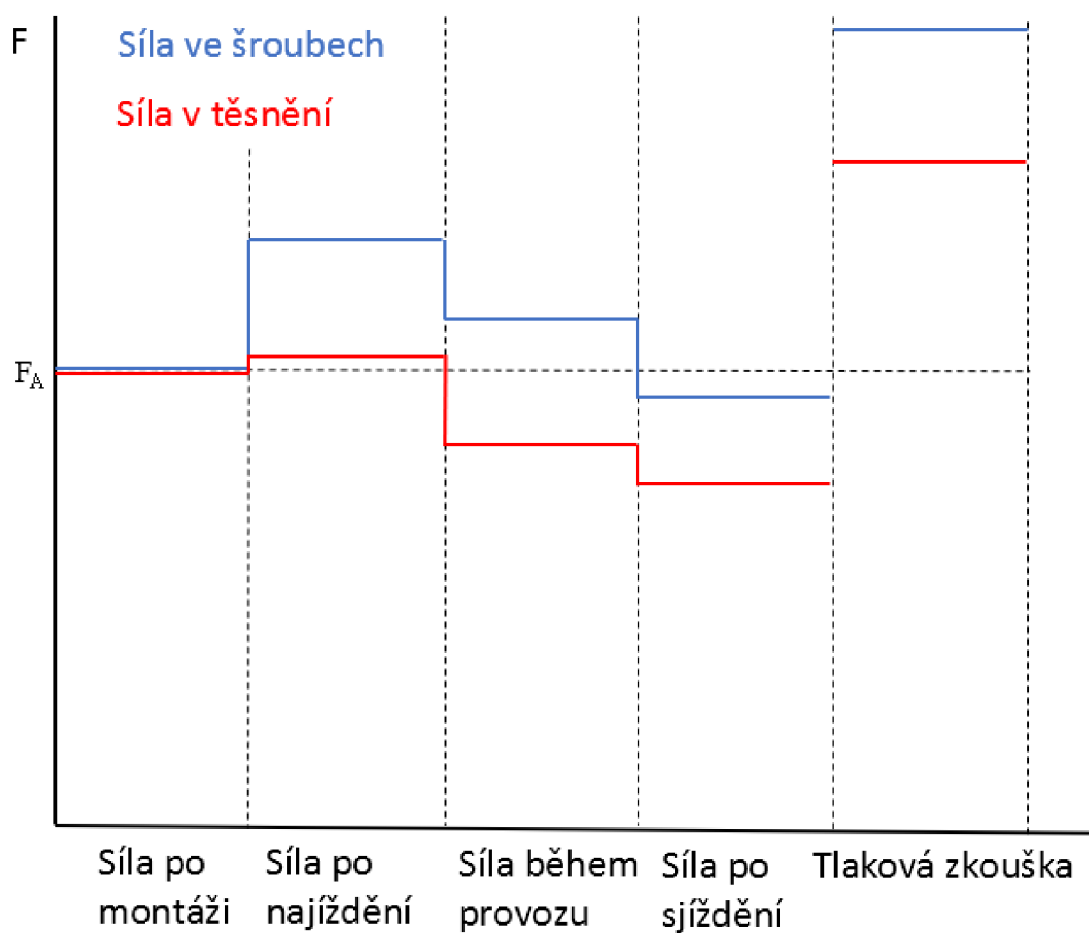
Na obrázku 14 je znázorněn pracovní diagram. Při překročení meze linearity u šroubu přestává platit Hookův zákon. Závislost napětí na prodloužení již není lineární. Při překročení meze pružnosti dochází ke vzniku trvalých deformací. Při překročení meze pevnosti dochází ke vzniku trvalého porušení materiálu. V bodě x nastává přetržení materiálu. [64]



Obrázek 14: Pracovní diagram [64]

3.1.5 Aplikované zbytkové síly působící ve šroubu

Přírubový spoj prochází několika zátěžovými stavy. V této kapitole je ukázáno, jak se mění síly působící na šroubový spoj a těsnění v různých zátěžných stavech. První stav je *montáž*, během kterého se šrouby a těsnění utáhnou na velikost F_A . Druhým stavem je *najíždění*. Během najíždění je přírubový spoj vlivem provozního média zahříván a natlakován. To zapříčiní vzrůst síly působící na těsnění a vzrůst síly působící ve šroubech. Je to způsobeno tím, že se přírubový spoj společně s těsněním zahřívá a zvětšuje svůj objem. Šrouby se během fáze najíždění nezahřejí stejně rychle, a tak se síla působící ve šroubech a na těsnění zvětší. Třetím stavem je *ustálený provoz*. Šrouby se zahřály na stejnou teplotu jako zbytek přírubového spoje a roztáhly se. Dochází k poklesu síly působící ve šroubech. Zároveň dochází k poklesu síly působící na těsnění. Čtvrtým stavem je *sjíždění*. Během sjíždění dochází k poklesu tlaku provozního média a k vychladnutí přírubového spoje a šroubů. To má za následek pokles síly působící na těsnění a ve šroubech. Nové síly působící ve šroubech a v těsnění nejsou rovny původní síle F_A z montážního stavu. Speciálním pátým stavem je *tlaková zkouška*. Ta probíhá za tlaku většího, než je tlak provozní. Jako zkušební médium se používá voda, která má pokojovou teplotu. Taková voda se používá z bezpečnostního hlediska. Aby nedošlo k vážným úrazům obsluhy zařízení, kdyby mělo dojít během tlakové zkoušky k havárii, viz obrázek 15.



Obrázek 15: Zátěžové stavy

3.1.6 Příčiny selhání šroubového spoje.

Únava šroubu nebo houževnatý lom jsou nejčastější důvody selhání šroubového spoje. Tato selhání lze detekovat vizuální zkouškou. Existují však i další příčiny selhání šroubového spoje. Ty jsou podrobněji rozebrány v této kapitole.

Únava šroubu je nejčastěji zapříčiněna nedostatečným utažením šroubu při instalaci přírubového spoje. Další příčinou je ztráta předpětí šroubu během provozu zařízení, nepatřičná volba pevnostní třídy šroubu pro danou aplikaci nebo úprava povrchu šroubu. [65]

Kvalita povrchu závitu šroubu značně ovlivňuje únavovou životnost. Čím hladší povrch, tím delší může být životnost. Dále bylo zjištěno, že s rostoucím průměrem závitu klesá únavové poškození pro danou aplikaci. Válcované závity mají vyšší odolnost vůči únavě než řezané závity. Nejčastěji dochází k únavovému poškození na rozhraní dřívku a závitu. Lokální změna povrchu způsobí růst koncentrace napětí. Únava se může projevit i na rozhraní hlavy a dřívku vlivem nedostatečného zaoblení. Dalším kritickým místem jsou první závity v matici šroubu. V matici nedochází k rovnoměrné distribuci zatížení. Většina napětí v matici šroubu je koncentrována v prvních závitech. Bylo zjištěno, že použitím matice s asymetrickým profilem závitu bude docíleno lepší distribuce napětí v matici. [66]

Houževnatý lom je další vadou, která může nastat ve šroubovém spoji. Houževnatý lom je nejčastěji zapříčiněn nadměrným utažením šroubu při instalaci přírubového spoje. Další příčinou je nadměrné zatěžování šroubu během provozu nebo nepatřičná volba pevnostní třídy šroubu pro danou aplikaci. Pokud dojde k houževnatému lomu, je zapotřebí zvolit novou geometrii šroubu a utáhnout šroub odpovídající silou. V případě výskytu houževnatého lomu je doporučeno použité šrouby laboratorně otestovat. Provést zkoušku tvrdosti, pevnosti a zkontrolovat materiál šroubu, tj. typ oceli. [65]

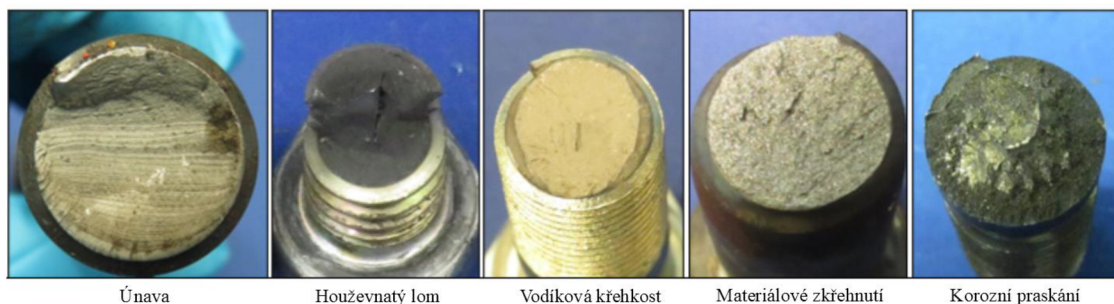
Houževnatý lom se vyskytuje v případě výrazného zahřátí materiálu, například při požáru. Nadměrným zvýšením teploty klesne mez kluzu materiálu a šroub praskne při provozním zatížení. [67]

Materiálové zkřehnutí je další vadou, které může nastat ve šroubovém spoji. Materiálové zkřehnutí je zapříčiněno nedokonalou tepelnou úpravou materiálu šroubu při výrobě nebo provozními podmínkami. Šroub následně praská při provozních zátěžových stavech. Zkřehnutí materiálu nastává v různých fázích provozu. Může nastat během instalace nebo po letech. Pokud operátor výroby dojde k závěru, že došlo k materiálovému zkřehnutí šroubu, je na místě šroub podrobit laboratorní zkoušce a tuto skutečnost potvrdit. Následně je nutné objasnit příčinu zkřehnutí materiálu. Jestli vadný šroub přišel od dodavatele nebo jestli ke zkřehnutí došlo během procesu. I u ostatních šroubů by totiž mohlo dojít k nechtěnému materiálovému zkřehnutí. [65]

Vodíková křehkost je další vadou, která může nastat ve šroubovém spoji. Je zapříčiněna difuzí vodíku do oceli. Vodík difunduje do materiálu šroubu při splnění dvou podmínek. Zprvu, na povrchu šroubu musí být vysoká koncentrace atomů vodíku. Druhou podmínkou je schopnost difuze vodíku materiálem šroubu. K destrukci šroubu pak dochází v řádu týdnů po uvedení do provozu. Vodíková křehkost vzniká při výrobě šroubu, může však být zapříčiněna i korozí. Vodíkovou křehkost odhalí až následně

laboratorní vyšetření zničeného šroubu. Následným šetřením se zjišťuje, jestli byla vodíková křehkost zapříčiněna provozními podmínkami nebo dodavatelem. [65]

U šroubu pod neustálým provozním tlakem, který je vystaven koroznímu činidlu, může nastat korozní praskání. S rostoucí provozní teplotou se zvětšuje náchylnost šroubu ke korozi. Pomocí optického mikroskopu je možné rozlišit korozní praskání. Pro určení konkrétního korozního činidla je zapotřebí provést EDS analýzu (Energy dispersive spectroscopy). Pokud nejde zabránit konkrétnímu koroznímu praskání, je zapotřebí zvolit jiný materiál šroubů. Na obrázku 16 jsou znázorněny výše uvedené příčiny selhání šroubového spoje. [65]



Obrázek 16: Příčiny selhání šroubového spoje [65]

3.1.7 Příprava těsnící plochy

Z povrchových ploch jednotlivých přírub je nutné odstranit těsnění z předchozí aplikace. K tomuto účelu je možno použít mechanické nebo chemické odstraňovače těsnění. [60]

Mechanické odstraňování těsnění

K mechanickému odstraňování se používají škrabáky nebo ocelové kartáče. Při čistění povrchu příruby z nerezí se nedoporučuje aplikace ocelových kartáčů. Používají se například mosazné kartáče. [60]

Chemické odstraňování těsnění

Aplikací speciální tekutiny dojde k odstranění těsnění z povrchů přírub. Nejčastěji se vyskytuje ve spreji. Jeho aplikací na povrch příruby dojde ke změkčení těsnění a jeho snadnějšímu odstranění. [60]

3.1.8 Zjišťování vad a nedostatků

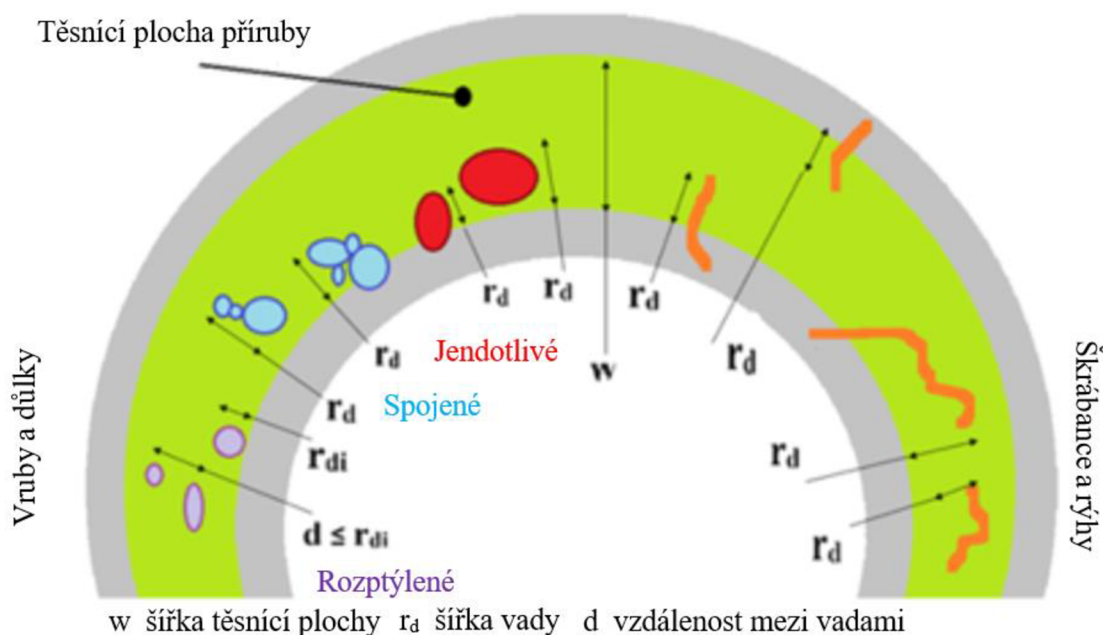
Před opětovnou aplikací přírubového spoje je zapotřebí provést inspekci stykových ploch přírub a šroubů. Je nutné zjistit a zdokumentovat, jaké poškození se na stykových plochách přírub vyskytují. Mohou se zde vyskytovat škrábance, rýhy nebo vruby, důlky. Poškození se vykytuje v radiálním nebo obvodovém směru. Radiální vady jsou nebezpečnější. V případě výskytu radiální vady je nutné zvážit, zda není zapotřebí přírubu poslat na servis. Je zapotřebí zkontrolovat i šrouby, podložky a matice. Viz kapitola Příčiny selhání šroubového spoje.3.1.6. [60]

V normě ASME PCC-1 [60] je zavedena šířka těsnící plochy příruby w a šířka vady r_a . Pokud je těsnění nanášeno na celé stykové ploše příruby, je hodnota w rovna celé délce stykové plochy. Pokud je těsnění nanášeno jen na části stykové plochy příruby, je w rovno šířce těsnění. Viz obrázek 17. [60]

V tabulce 18 jsou uvedeny přípustné tolerance poškození pro měkká a kovové těsnění. Měkká těsnění lépe kompenzují nedokonalost povrchu příruby než kovová těsnění.

Tabulka 18: Tolerance poškození pro měkká a kovová těsnění [60]

šířka vady	kovové těsnění	měkké těsnění
$r_d < w/4$	<0,76 mm	<1,27 mm
$w/4 < r_d < w/2$	<0,25 mm	<0,76 mm
$w/2 < r_d < 3w/4$	není dovoleno	<0,13 mm
$r_d > 3w/4$	není dovoleno	není dovoleno



Obrázek 17: Poškození povrchu příruby [60]

3.1.9 Postupy utahování šroubů

Volba daného postupu se odvíjí od počtu utahovacích nástrojů, které jsou k montáži použity.

Pro jeden utahovací nástroj

V prvním kroku je nutné očíslovat šrouby na přírubě. Existují dvě metody číslování šroubů. Na obrázku 18 je uveden příklad příruby se šrouby číslovanými první metodou. V první metodě se šrouby číslojí po směru hodinových ručiček od 1- n , kde n je celkový počet šroubů. V normě ASME PCC -1 [60] je uvedena tabulka, podle které se šrouby následně utahují. V normě AMSME PCC - 1 [60] je uveden postup utahování pro 4-68 šroubů. V tabulce 19 je uveden postup utahování pro 4-24 šroubů. V prvním kroku se šrouby utáhnou na 20-30 % výsledného utahovacího momentu. Následně se šrouby utáhnou na 50-70 %. Následuje utažení na 100 %. Nakonec se provede kontrolní utažení šroubů na 100 % utahovacího momentu po směru hodinových ručiček. Poslední krok je zapotřebí zopakovat po čtyřech hodinách od posledního utažení šroubů. Na obrázku 19 je uveden příklad příruby se šrouby číslovanými druhou metodou. V tabulce 20 je uveden postup značení šroubů. Šrouby se následně utahují od 1- n . Utahuje se stejným způsobem jako v případě první metody. [60]

Postup utahování šroubů dle ASME PCC – 1 [60] se shoduje s evropským přístupem navrženým European sealing association [68].

Pro čtyři utahovací nástroje

V normě ASME PCC-1 jsou popsány dvě montážní metody s více utahovacími nástroji. Při aplikaci první metody se zapotřebí mít čtyři hydraulické utahovací klíče. U této metody není nutné číslovat jednotlivé šrouby. Čtyři hydraulické klíče se nasadí na šrouby s devadesáti stupňovým rozestupem a šrouby se utáhnou na 50 % výsledného kroutícího momentu. Takto se utáhne jedna čtvrtina šroubů. U příruby na obrázku 20 dojde k utažení šroubů 1 a 2. To zapříčiní sousost přírub a usazení těsnění. Zbývající šrouby se utáhnou na 100 % kroutícího momentu. Nejprve šrouby 3, pak 4, 5, 6 a nakonec 1 a 2. Posledním krokem je kontrolní utažení, kdy se pomocí jednoho utahovacího nástroje zjišťuje, jestli jsou šrouby utaženy na 100 %.

Některé provozy v kritických aplikacích vyžadují, aby všechny šrouby byly na přírubě současně utaženy. Například přírubové spoje v jaderných elektrárnách.[60]

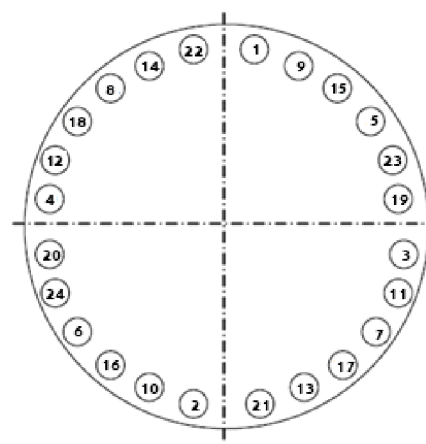
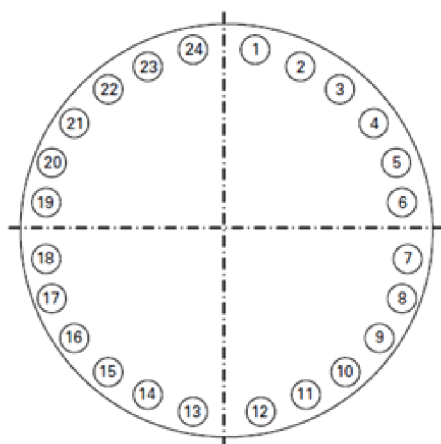
Pro dva utahovací nástroje

Viz obrázek 18. Dva hydraulické klíče se nasadí na šrouby 1 a 13 a utáhnou se na 30 % výsledného utahovacího momentu. Utahovací nástroje se přemístí na šrouby 7 a 19, které jsou otočené o devadesát stupňů a dojde k jejich utažení na 30 %. V dalším kroku se šrouby 1 a 13 utáhnou na 60 %. To stejné se provede se šrouby 7 a 19. Dále se šrouby 1 a 13 utáhnou na 100 %. Šrouby 7 a 19 se následně utáhnou na 100 %.

Následuje utažení všech zbývajících šroubových dvojic na 100 % [60]

Tabulka 19: Pořadí utahování šroubů [60]

Počet šroubů	Pořadí utahování šroubů						
4	1-3-2-4						
8	1-5-3-7	2-6-4-8					
12	1-7-4-10	2-8-5-11	3-9-6-12				
16	1-9-5-13	3-11-7-15	2-10-6-14	4-12-8-16			
20	1-11-6-16	3-13-8-18	5-15-10-20	2-12-7-17	4-14-9-19		
24	1-13-7-19	4-16-10-22	2-14-8-20	5-17-11-23	3-15-9-21	6-18-12-24	

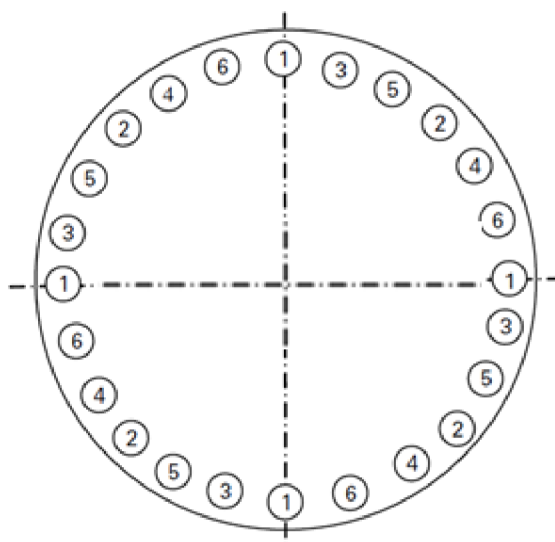


Obrázek 18: První metoda číslování [60]

Obrázek 19: Druhá metoda číslování [60]

Tabulka 20: Značení šroubů po směru hodinových ručiček [60]

Počet šroubů	Značení šroubů po směru hodinových ručiček
4	1, 3, 2, 4
8	1, 5, 3, 7, 2, 6, 4, 8
12	1, 9, 5, 3, 11, 7, 2, 10, 6, 4, 12, 8
16	1, 9, 5, 13, 3, 11, 7, 15, 2, 10, 6, 14, 4, 12, 8, 16
20	1, 17, 9, 5, 13, 3, 19, 11, 7, 15, 2, 18, 10, 6, 14, 4, 20, 12, 8, 16
24	1, 17, 9, 5, 13, 21, 3, 19, 11, 7, 15, 23, 2, 18, 10, 6, 14, 22, 4, 20, 12, 8, 16, 24



Obrázek 20: Pro 4 utahovací nástroje [60]

Kalibrace utahovacích nástrojů

V normě ČSN EN 6789-2 [69] je stanoveno, že kalibrace ručních utahovacích nástrojů má proběhnout buď jednou ročně nebo po 5000 cyklech. V případě, že byl utahovací nástroj vystaven vyššímu předpětí, než na který je navržen, nebo pokud s nástrojem bylo nevhodně manipulováno, pak musí být utahovací nástroj znovu zkalibrován. [69]

Zkalibrované utahovací nástroje měří s určitou přesností. Viz tabulka 21.

Tabulka 21: Rozptyl měřících nástrojů [69]

Měřicí rozsah	Očekávaný rozptyl
10-50 N·m	±2 %
60-300 N·m	±5 %

3.1.10 Význam použití maziva

Mazivo snižuje koeficient tření mezi šroubem a přírubou což má za následek snížení potřebného utahovacího momentu pro utažení šroubů na předepsanou velikost předpětí. S mazivem je dosaženo konzistentní úrovně předpětí napříč všemi šrouby přírubového spoje. Namazaný šroubový spoj lze snadněji rozebrat než ten nenamazaný. Mazivo musí být chemicky kompatibilní s materiálem šroubu, podložky, matice i provozního média. Špatně zvolené mazivo může způsobit korozi nebo dokonce vzplanutí šroubového spoje.

Zvolené mazivo musí odpovídat teplotnímu rozsahu zařízení. Před aplikací maziva na šroub a matici je nutné ověřit, zda lze matici bez problému zašroubovat, pokud ne, je zapotřebí šroub nebo matici vyměnit. Mazivo je nanášeno na stykové plochy matice a na závit šroubu. Mazivo se doporučuje nanášet až po protáhnutí šroubu dírou v přírubě, aby se předešlo nežádoucímu znečištění maziva na závitu šroubu. Není na místě aplikovat mazivo na těsnění nebo na stykové plochy přírub. [60]

V tabulce 22 jsou uvedeny nejčastěji používaná maziva a jejich vliv na snížení potřebného utahovacího momentu. [70]

Tabulka 22: Redukce utahovacího momentu [70]

Mazivo	Snížení momentu o
Suché mazivo	50–55 %
Bílá vazelína	35–45 %
Bez maziva	0 %

Při opakované aplikaci šroubu, nebo při nekonzistentním namazání šroubu dojde ke změně maticového faktoru K . Maticový faktor zásadně ovlivňuje velikost výsledného utahovacího momentu. Jedná se o experimentálně určenou bezrozměrnou konstantu. Velikost maticového faktoru se odvíjí od koeficientu tření, materiálu šroubu, velikosti šroubu, povrchové úpravy šroubu, použitého maziva a mnoha dalších faktorů. V rovnici 1 a tabulce 23 je uveden výpočet utahovacího momentu. [60]

$$T = \frac{K \cdot D \cdot F_0}{1000} \quad (1)$$

Tabulka 23: Utahovací moment [60]

Značka	Veličina	Jednotka
K	maticový faktor	-
D	nominální průměr šroubu	mm
F ₀	síla předpětí	N
T	utahovací moment	N·m

3.1.11 Vliv tření závitů na sílu působící ve šroubu při použití utahovacího momentu

Se zvětšujícím se koeficientem tření ve šroubu přírubového spoje je nutné aplikovat vyšší utahovací moment pro instalaci šroubu. V případě, že není aplikováno mazivo při instalaci šroubu, ale mělo by být, nedojde k utažení šroubů na potřebnou velikost předpětí. Nerovnoměrné rozetření maziva na povrchu šroubů bude mít za následek nekonzistentní velikost předpětí ve šroubech přírubového spoje. Důsledný nános maziva na povrch šroubů má za následek konzistentní předpětí ve šroubech napříč celým přírubovým spojem. [71]

3.1.12 Monitorování emisí a řešení netěsností

Je zapotřebí minimalizovat únik pracovního média z provozního zařízení. Monitorování emisí je způsob, jak minimalizovat finanční ztráty a předejít újmě na zdraví personálu.

V případě úniku pracovního média je zapotřebí provést šetření. Takové šetření zahrnuje:[60]

- Časový úsek od posledního úniku média, pokud se nejedná o prvotní únik.
- Během jakého cyklu došlo k úniku média (najíždění, ustálený provoz, sjíždění, tlaková zkouška).

- Zda došlo k úniku na jednom místě, nebo na více místech.
- Prostudování historie úniku média zařízení a způsob opravy zařízení.
- Zda došlo v průběhu provozu zařízení k výměně těsnění.
- Prostudování aktuálního montážního protokolu.
- Kontrola utaženosti a kondice šroubů a matek (přítomnost koroze, délka všech šroubů).
- Kontrola použití správné příruby.

Dále je zapotřebí prostudovat provozní podmínky:[60]

- Zdokumentovat povětrnostní podmínky (intenzivní déšť, silný vítr, velmi nízké teploty apod.).
- Změřit provozní teplotu a tlak média. Průtok provozního média.
- Změřit teplotu procesních nádob, přírub a šroubu.
- Aplikace nebo odstranění isolačního materiálu potrubního systému.
- Působení vnějších sil na přírubový spoj (nechtěné ohýbání částí přírubového spoje).
- Možnost lidského selhání.

Monitorování emisí se provádí například pomocí infrakamery nebo ultrazvukového čidla.

Infrakamera

Jedná se o speciální provedení infračervené kamery. Pomocí kamery lze odhalit místa úniku uhlovodíků z procesních zařízení, která by lidským okem nebyla detekovatelná. Kamery se vyskytují ve dvojitým provedení. Pro měření emisí se používá chlazená nebo nechlazená kamera. Nechlazené kamery obsahují senzor, u kterého dochází ke změně elektrického odporu v závislosti na množství absorbovaného infračerveného záření. U jednotlivých bodů měřeného objektu je změna elektrického odporu převedena na digitální signál. Každému takovému bodu je přiřazena barva a následně je objekt vyobrazen jako infračervený záznam. Chlazené kamery sbírají fotony infračerveného záření, které prochází čočkou kamery. Fotony jsou přeměněny na elektrony a jsou uchovány v dedikovaném kondenzátoru. Následně je náboj přeměněn na digitální signál, každému bodu je přiřazena barva, a nakonec je sledovaný objekt vyobrazen jako infračervený záznam. Chlazené kamery dokážou zaznamenat velmi malé úniky provozního plynu, jsou však výrazně dražší než ty nechlazené, protože musí být chlazeny na velmi nízkou teplotu [72]

Ultrazvukové čidlo

Únik pracovního média z příruby je doprovázen vysoce frekvenčním zvukem. Ultrazvukové čidlo pak takovou skutečnost zaznamená. [73]

3.1.13 Demontáž spoje

Před demontáží přírubového spoje se montéři musí ujistit, že daná část zařízení není pod tlakem. Kritické je povolování prvního šroubu, kdy v zařízení může být přítomen zbytkový tlak. Dle AMSE PCC -1 [60] je doporučeno zvolit první šroub k demontáži takovým způsobem, aby v případě přítomnosti tlaku došlo k řízenému úniku zbytkového provozního média [60]. Přítomnost zbytkového tlaku v přírubovém spoji může naznačovat fakt, že s každým uvolněným šroubem je těžší uvolnit následující šroub [74].

V ASME PCC-1 [60] je doporučeno okamžitě neuvolňovat šrouby po směru hodinových ručiček na nulovou hodnotu utažení. Pokud dojde k úplnému uvolnění většiny šroubů, přičemž zbývající šrouby jsou stále utaženy na 100 %, pak je pravděpodobné že dojde k fyzickému poškození utažených šroubů vlivem elastického předpětí v přírubách. V takovém případě pak dochází k problematické demontáži zbývajících šroubů spoje. Pro demontáž přírubového spoje je vhodnější zvolit křížový vzor uvolňování šroubů. Optimální je šrouby povolit v několika fázích. Zbývající šrouby jsou pak pod menším tlakem než při úplném uvolnění šroubu na nulovou hodnotu zatížení.[60]

Křížový vzor uvolňování šroubů je vhodný pro normalizované příruby. Pokud však dochází k demontáži velkých přírubových spojů, je doporučeno vypracovat postup uvolňování šroubů pro konkrétní aplikaci. [74]

3.2 Experiment – vliv maziva na síly ve šroubovém spoji

Kurz je pro potřeby diplomové práce připraven jako série 10 videí, viz kapitola 4. Několik videí se věnuje vlivu maziva na sílu ve šroubu. Stanovení těchto sil je provedeno experimentem, který je ve videích zdokumentován a naplňuje tak požadavky normy na takovýto vzdělávací kurz, neboť ukazuje důležitost maziva. Pokud montér při instalaci přírubového spoje neaplikuje dostatečné množství maziva na závit šroubu nebo stykové plochy šroubu a matic, nedojde k utažení šroubu na požadovanou velikost předpětí.

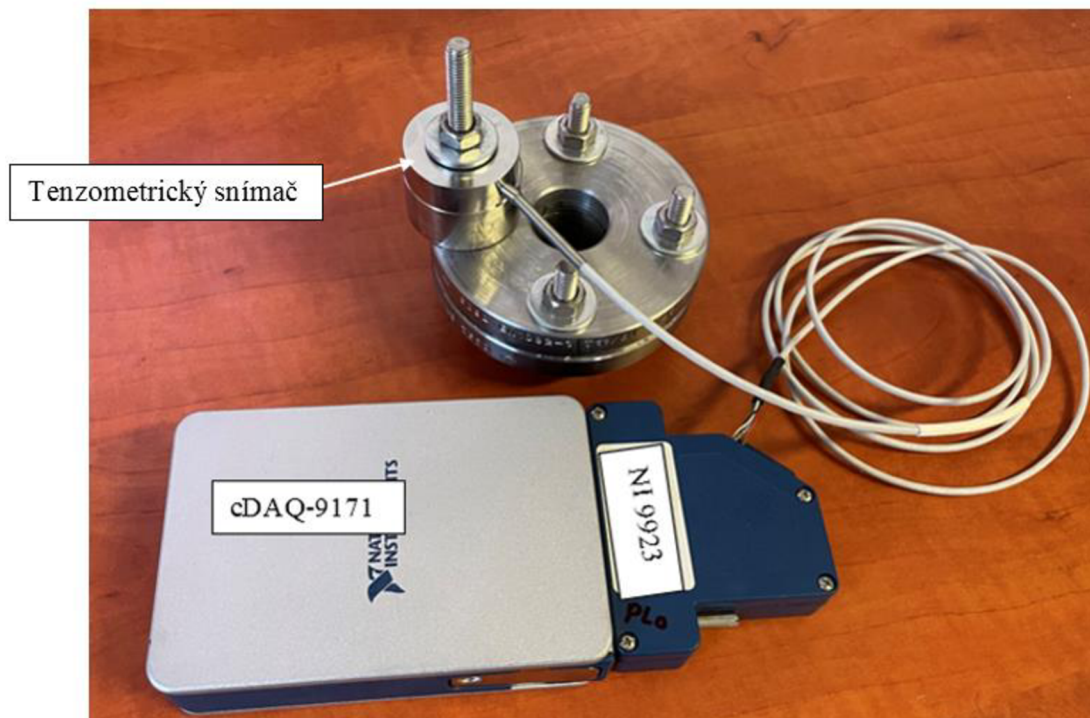
Tyto znalosti je nutné prokázat pro úspěšné absolvování praktické zkoušky a tedy získání osvědčení pro instalaci přírubových spojů v kritických aplikacích dle ČSN EN 1591-4[1]. Cílem této kapitoly je demonstrovat vliv maziva na síly ve šroubovém spoji.

3.2.1 Vybavení

Pro experiment je použito následující vybavení, viz obrázek 21.

- Je použita plochá příruha EN 1092-1/01/A DN 25/33.7 1.4301 [75] a krkovaná příruha EN1092-1/11/B1 DN 25/33.7 PN6 1.4301 [76].
- Jsou použity šrouby M8 DUF A2 70.
- Jsou použity matice M8 DUF A2 70.
- Je použito sedm podložek M8 DIN 125A/A2. Je použita jedna speciální podložka, na kterou je umístěn tenzometrický snímač.
- Je použit tenzometrický snímač LC8150-375-3K [77], který měří předpětí ve šroubu. Jedná se o výrobek firmy Omega. Provozní zatížení je 13300 N.[77]
- Snímač je napojen na NI 9923 [78] terminál. Terminál je připojen k jednotce cDAQ- 9171[79], která je připojena k počítači. Pomocí softwaru NI DAQExpress [80] je změřena síla působící na šroub. Jedná se o výrobky National Instruments.
- Mazivo–Force silikonová vazelína. [81]

- Je použit momentový klíč pro utažení šroubů. Je aplikovaný moment 2–10 N·m.



Obrázek 21: Vybavení

3.2.2 Postup měření

Přírubový spoj, který se použil v tomto experimentu neobsahuje těsnění. Těsnění není použito, protože by zkreslovalo naměřené hodnoty. Při utažení šroubů dojde k deformaci těsnění. Pro věrohodné provedení experimentu, kdy je provedeno deset utažení, by bylo zapotřebí mít deset identických těsnění. Každé těsnění, i když vyrobeno ze stejného materiálu a od stejného výrobce, je unikátní. To by do měření vnášelo chybu a z toho důvodu není těsnění aplikováno.

Šrouby se utahovaly momentovým klíčem na 10 N·m. Dle tabulky 19 je zvolena metoda utahování pro čtyři šrouby. Použitý momentový klíč má měřící rozsah 2–20 N·m. Měří s přesností $\pm 4\%$.

Pomocí tenzometrického snímače se měřilo předpětí v jednom šroubu. Měření bylo opakováno desetkrát.

Před lubrikací závitu je šroub umístěn do otvorů v přírubě. Následně se natrou stykové plochy matic a podložek a závít šroubu. Není doporučeno nejdříve lubrikovat závít šroubu a pak jej nainstalovat do příruby. Mohlo by dojít k nežádoucímu zašpinění části přírubového spoje, například těsnění. V případě úniku provozního média ze spoje by mohlo dojít k nepředvídané chemické reakci mezi zašpiněným těsněním a uniklým médiem. V kritickém případě by mohlo dojít až ke vznícení média.

Dle kapitoly 3.1.9 se šrouby nejprve utáhnou na 20 % výsledného utahovacího momentu. Poté na 60 % výsledného momentu a následně na 100 % utahovacího momentu. Na závěr se šrouby utáhly po směru hodinových ručiček na 100 % utahovacího momentu.

Pro vyhodnocení působící síly je použit snímač LC8150-375-3K, terminál NI 9923, jednotka cDAQ- 9171 a NI DAQ Express software. Snímač, terminál, jednotka a software převádí předpětí šroubu na analogový signál.

V tabulce 24 jsou ukázány naměřené síly ve šroubu pro nenamazaný šroub. V tabulce 25 je vyhodnocení naměřených hodnot z tabulky 24. V tabulce 26 jsou ukázány naměřené síly pro namazaný šroub. V tabulce 27 je vyhodnocení naměřených hodnot z tabulky 26. Z tabulky 28 vyplývá rozdíl v aplikované síle, pokud se šroub před instalací namaže nebo ne.

Tabulka 24 Nenamazaný šroub

Utahovací moment (N·m)	Síla ve šroubech (N), měření 1–10									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	503	437	549	411	751	530	584	433	619	525
6	1229	1359	1156	1103	1174	1190	1214	1382	1231	1320
10	2224	2613	2463	1942	1968	1970	2163	2055	2079	1970
10	2685	2852	2459	2124	2124	2100	2572	2054	2234	2082

Tabulka 25: Vyhodnocení hodnot pro nenamazaný šroub

Utahovací moment (N·m)	Průměrná síla ve šroubu (N)	Medián síly ve šroubu (N)	Průměrná odchylka (N)	Rozptyl (N)	Směrodatná odchylka (N)
2	534,2	527,5	73,24	9283,56	96,35
6	1235,8	1221,5	70,72	7410,76	86,08
10	2144,7	2067	176,84	47295,61	217,47
10	2328,6	2179	250,72	75836,24	275,38

Tabulka 26: Namazaný šroub

Utahovací moment (N·m)	Síla ve šroubech (N), měření 1–10									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1152	1085	1091	1414	1375	1421	1096	1348	1095	1276
6	2180	2454	2429	2637	2564	2415	2360	2482	2383	2486
10	4370	3935	4063	3712	3615	3506	3645	4079	3955	4016
10	4350	4317	4135	4640	4143	4137	3747	4136	3990	4049

Tabulka 27: Vyhodnocení hodnot pro namazaný šroub

Utahovací moment (N·m)	Průměrná síla ve šroubu (N)	Medián síly ve šroubu (N)	Průměrná odchylka (N)	Rozptyl (N)	Směrodatná odchylka (N)
2	1235,3	1214	131,5	18973,21	137,74
6	2439	2441,5	85,6	13624,6	116,72
10	3889,6	3945	216,08	63296,44	251,58
10	4164,4	4136,5	162,76	50476,44	224,66

Tabulka 28: Porovnání Nenamazaného a Namazaného šroubu

Utahovací moment (N·m)	Rozdíl průměrné síly ve šroubu (N)	Rozdíl mediánu ve šroubu (N)	Rozdíl průměrné odchylky (N)	Rozdíl rozptylu (N)	Rozdíl směrodatné odchylka (N)
2	701,1	686,5	58,26	9689,65	41,39
6	1203,2	1220	14,88	6213,84	30,64
10	1744,9	1878	39,24	16000,83	34,11
10	1835,8	1957,5	87,96	25359,8	50,71

3.2.3 Závěr experimentu

Z tabulky 28 lze vyčíst rozdíly v aplikované síle mezi namazaným a nenamazaným šroubem. Výsledný rozdíl v aplikované síle vychází na 1835 N. Průměrná síla v nenamazaném šroubu pro 10 N·m je 2328 N podle tabulky 25.

4 Volba a zdůvodnění zvolené metody a formy

Cílem této kapitoly je vysvětlit, jakým způsobem bylo přistoupeno ke zpracování MOOC kurzu ČSN EN 1591- 4 [1], tedy jakou formou by byl zpřístupněn veřejnosti a jakou metodou autor postupoval, aby tento kurz zrealizoval. Jelikož se jedná o online MOOC, autor zvolil formu video nahrávek, pro které vytvořil obsah a experiment, viz kapitola 3

4.1 Forma

V této kapitole je uvedeno 10 videí, která vznikla jako náplň kurzu typu MOOC na téma ČSN EN 1591- 4 [1]. Autor se zúčastnil kurzu na téma ČSN EN 1591- 4 [1] pořádaného firmami Dimer Engineering [49] a Techseal. [50]. Jednalo se o třídní školení. První dva dny byla ve čtyřech tří hodinových blocích probírána teorie s podporou Power Pointové prezentace a skript. Třetí den následoval teoretický test zakončený praktickou zkouškou. V případě, že by se z prezentování problematiky vytvořil videozáznam a bez následné editace se nahrál na internet, jednalo by se o OCW, viz kapitola 2.9.

Autor se však rozhodl vytvořit MOOC, tedy dynamický kurz. V rámci zefektivnění teoretické části prezenčního kurzu a zkrácení časové dotace potřebné na jeho absolvování byla autorem navržena nová struktura kurzu. Namísto dvoudenního probírání teorie je vytvořena série deseti videí, která jsou částečnou ukázkou toho, jak by mohl kurz v budoucnu vypadat. Kompletní kurz by obsahoval větší počet video lekcí včetně praktických záznamů s komentářem k utahování přírubového spoje. Natočená videa trvají každé dvě až dvě a půl minuty. Pokud by se ke každému z 27 tematických celků tabulky 9 vytvořilo takové video, bude celý kurz trvat přibližně sedmdesát minut namísto čtyř tříhodinových bloků.

Na obrázku 22 je znázorněna forma, jakou autor natáčí a prezentuje problematiku ČSN EN 1591-4[1]. Jedná se o sloučení dvou videí. První video je umístěno do pravého dolního rohu obrázku 22, ve kterém vystupuje samotný autor práce. Druhým videem je prezentace v pozadí. Prezentace byla z PowerPointu konvertována do video formátu. Pomocí OBS Studia [82] jsou oba videosoubory propojeny do finálního produktu. Videa jsou natočená na Iphone 12 Min [83].



Obrázek 22: Forma videa

4.2 Metoda

V následující kapitole je předestřena metoda, která byla použita ke zpracování náplně kurzu. Byl zvolen postup přetvoření textu na sérii navazujících videí, která vysvětlují problematiku ČSN EN 1591- 4 [1] koncovému uživateli.

Autor vycházel z tabulky 9 při vytvoření osnovy kurzu. Obsah pro jednotlivé body osnovy byl vyselektován následným dohledáváním informací v normách, odborných článcích a na webových stránkách společností věnujících se dané technické problematice.

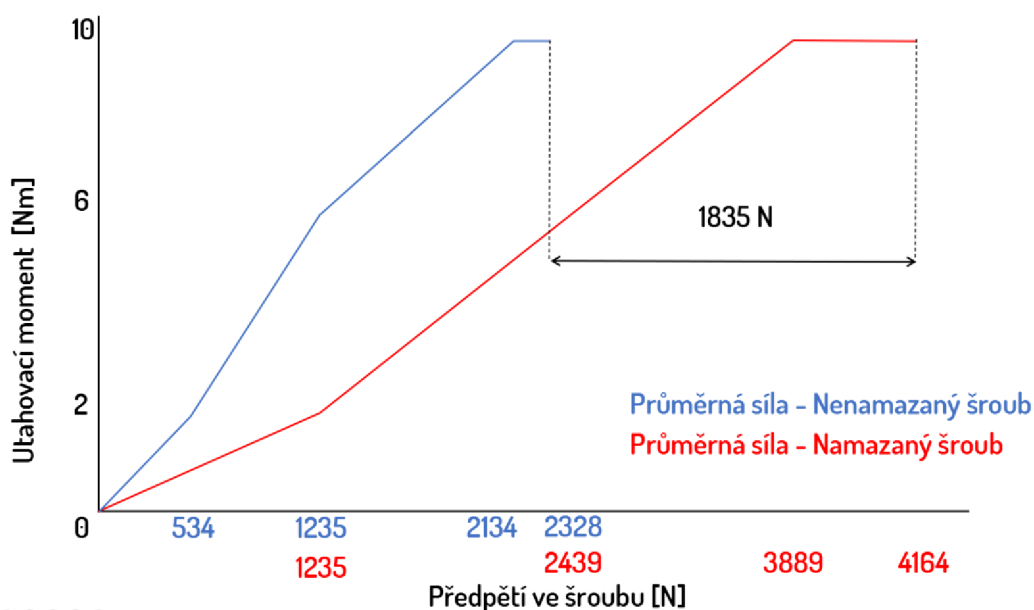
5 Demontrace funkčnosti kurzu

Přílohou diplomové práce je série desíti videí. Videá jsou rozdělena do tří skupin. První skupina pojednává o vybraných tématech kapitoly 3. V rámci této kapitoly je popsáno 13 témat, z nichž 6 bylo digitalizováno pro účel této práce. Videá z první skupiny figurují v tabulce 29. Tato videá jsou v českém jazyce.

Tabulka 29: Česká videá z kapitoly 3

Název videa	Odkaz videa
Druhy šroubových spojů	https://youtu.be/1PKqKaTuDk8
Funkčnost těsnění	www.youtube.com/watch?v=4sI6RCTSQo8
Druhy těsnění	https://youtu.be/uLhCRTREpKk
Síly působící na šroub	https://youtu.be/3DtItrVFc-c
Relaxace a opakované využití šroubu	https://youtu.be/IjGYX5V-f60
Zátěžné stavy	https://youtu.be/XCS2nC7l6DY

Ve druhé skupině jsou videá popisující experiment z kapitoly 3.2. Videá z druhé kategorie jsou uvedena v tabulce 30 a jsou rovněž namluvena česky. Pro ilustraci toho, že videá reflektují výsledek experimentu, je níže připojen obrázek 23, na kterém je graf použitý ve videu *Vliv maziva na síly ve šroubovém spoji – 2*. Ten znázorňuje rozdíl mezi průměrnou silou předpětí v namazaném a nenamazaném šroubu. Experiment je podrobněji popsán v kapitole 3.2.



Obrázek 23: Vliv maziva na síly ve šroubovém spoji - 2

Tabulka 30 Videa z kapitoly 4

Vliv maziva na síly ve šroubovém spoji	www.youtube.com/watch?v=hSLen0DU70Q
Vliv maziva na síly ve šroubovém spoji - 2	www.youtube.com/watch?v=u0bSKMzh5cY

Videa ze třetí skupiny jsou natočena v angličtině a kombinují videa ze skupiny první a druhé. Jsou uvedena v tabulce 31. Video *Bolt force in the content of lubrication* je přetlumočení a sloučení obou videí z tabulky 30. Video *Gasket functionality* je anglickým ekvivalentem videa *Funkčnost těsnění*. Autor přetlumočil do angličtiny tato videa z důvodu zajímavosti obsahu.

Tabulka 31: Anglická videa – odkaz

Gasket functionality	www.youtube.com/watch?v=l63Yiygzsb0
Bolt force in the content of lubrication	https://youtu.be/Ynzdq9s1Njg

5.1 Navázání spolupráce s platformou Engineering Trainer

Během tvorby diplomové práce autor kontaktoval několik zahraničních platform pro provozujících MOOC kurzy. Byla oslovena Coursera [2], edX [3], Teachable [6] a Engineering Trainer [7]. České platformy osloveny nebyly, protože v České republice neexistuje MOOC platforma typu výše zmíněných zahraničních platform, viz kapitola 2.

Provozovatelé platformy Engineering Trainer (ET) [7] byli jediní, kteří projevíli zájem o kurz. ET je holandská platforma, která se specializuje na inzerci kurzů s inženýrským zaměřením. Z toho důvody byla některá videa autorem přetlačena do angličtiny a prezentována zástupcům ET během online schůzek. Mezi autorem a zástupci ET proběhly již tři setkání. Během nich se došlo k závěru, že potenciálními zákazníky jsou certifikovaní provozovatelé kurzů 1591-4 z České republiky a z dalších států Evropské unie, neboť se jedná o unijní normu.

Cílové publikum v České republice jsou montéři přírubových spojů. I když jsou cílovým publikem montéři, potenciální zákazníci jsou provozovatelé kurzů 1591-4. Jedná se o firmy, jejichž portfolio zahrnuje školicí aktivity. Tyto firmy jsou akreditovanými provozovateli. Úspěšný absolvent kurzu, montér, získá oprávnění pro instalaci přírubových spojů v kritických aplikacích udělenou akreditovaným provozovatelem. Udělení akreditace provozovateli může pouze nezávislý orgán. V České republice to je Český institut pro akreditaci [85].

Mezi autorem a ET bylo dohodnuto, že bude v rámci průzkumu trhu kontaktováno několik certifikovaných provozovatelů kurzů 1591-4, kterým bude nabídnuta tato služba. Autor kontaktuje tři české a ET tři zahraniční provozovatele. Potenciálním českým partnerem je Techseal [50] Dimer Engineering [49] nebo Těsnění Pokorný [84].

Engineering Trainer projevil zájem kontaktovat i německé, holandské a italské provozovatele kurzů 1591-4. Zde by mohl nastat následující problém. Montéři přírubových spojů nemusí mít angličtinu na dostatečné úrovni pro absolvování anglického kurzu EN 1591-4 [86]. V případě zájmu provozovatele kurzu EN 1591-4 [86] má ET k dispozici řadu tlumočnicků, kteří kurz přeloží do požadovaného jazyka. ET oslovil autora, jestli by takový postup byl pro něj akceptovatelný. ET upozornil autora na

fakt, že mladý autor nemusí být dostatečně věrohodný a bylo autorovi doporučeno nevystupovat v záběru videa. S tlumočením kurzů do cizího jazyka autor souhlasil, s nevystupováním ve videu už autor nesouhlasil. V případě, že by se platforma s autorem dohodla na zveřejnění kurzu, pak by autor s platformou spolupracoval na případných grafických úpravách a na obsahu videí pokrývajících všech 27 oblastí Základní úrovně kvalifikace v tabulce 9. Po tomto pilotní projektu by bylo na zvážení zpracování dalších úrovní vyznačených v tabulce 8.

5.2 Oblasti k vyjasnění před publikací kurzu na platformě

Vize je taková, že se video trvale nahraje na Engineering Trainer a potenciální zákazník (mezinárodní provozovatelé 1591-4 kurzů) si zakoupením licence získá ke kurzu časově omezený přístup. Během tohoto období s kurzem bude most nakládat a finančně jej zhodnotit, tedy nabízet koncovým uživatelům.

Dle informací, které studijní oddělení sdělilo autorovi, je diplomová práce majetkem VUT FSI. Před uvedením kurzu na trh je nutné vyjasnit si právní nárok na vlastnictví kurzu a rozdělení finanční odměny mezi VUT FSI, autorem a platformou.

Aby mohl kurz být zpřístupněn koncovým zákazníkům, je třeba zjistit, zda by se na MOOC formu vztahovala akreditace Českého institutu pro akreditaci [87] a ekvivalentních institutů v dalších zemích Evropské unie.

6 Ekonomické porovnání možných variant zpřístupnění kurzu a možnost komercializace produktu

Tato kapitola porovnává některé způsoby zpřístupnění online kurzů veřejnosti. V kapitole 2 jsou uvedeny příklady nejpoužívanějších MOOC platform, které budou také v následující kapitole porovnány z ekonomického hlediska a komercializace kurzu.

6.1 Coursera

Platforma Coursera neumožňuje jednotlivcům nahrávat obsah na webové stránky. Platforma Coursera primárně usiluje o spolupráci s vysokými školami nebo s vybranými firmami (Google, Facebook, Microsoft atd.). Zaměstnanec školy může kontaktovat tým Coursera a zažádat o spolupráci. [88]

6.2 Udemy

Prostřednictvím platformy Udemy se může kdokoliv stát lektorem a sdílet kurz s veřejností. Pro monetizaci kurzu je nutné si aktivovat Prémiový účet. Sjednání prémiového účtu na platformě Udemy je zdarma [89]. Pokud autor sdílí placený kurz na Udemy, nesmí jej sdílet zdarma na jiných platformách (vlastní webové stránky, Youtube, atd.) [90]

Udemy je globální platforma. Ke kurzům mají přístup uživatelé z celého světa. Za kurzy může uživatel platit v různých měnách. Kurzy rozděleny do 37 platových tříd. Pro evropské publikum jsou ceny nastaveny od 20–200 eur [91]

6.2.1 Výnos kurzu

Uživatel zaplatí za kurz určitou částku, tzv. hrubý výnos. Udemy si vždy strhne 3 % z této částky. Dále se z této částky odečtou daně za převod peněz, poplatky provozovateli platební služby (Apple pay, Google pay). Zbylá částka je čistý výnos. [92]

6.2.2 Monetizace kurzu

Existují dva hlavní způsoby jak monetizovat kurz na platformě Udemy. V prvním případě si autor kurz zpropaguje sám. K tomu existují dva nástroje. Autor nasdílí kurz zájemcům prostřednictvím odkazu nebo kuponu. V takovém případě autor dostane 97 % z čistého výnosu kurzu. [93]

Existují čtyři typy kuponů. Autor může vytvořit maximálně 3 kupony měsíčně. Viz tabulka 32.

Kupony a odkazy na kurz je povoleno sdílet pouze prostřednictvím propagačních emailů nebo na sociálních sítích. [93]

Druhý způsob, jak zpřístupnit kurz široké veřejnosti, je přímo na portálu Udemy. Pokud se uživatel zaregistruje do kurzu na webu Udemy, je autorovi kurzu připsáno 37 % z čistých výnosů. [94]

Tabulka 32: Komeracionalizace kurzu pomocí kuponu [94]

Typ	Popis	Platnost kuponu
Nejlepší cena	Kurz může inzerovat jak Udemy, tak i Autor. Udemy může inzerovat kurz za cenu nižší, než za jakou ji inzeruje autor. Pokud Udemy kurz inzeruje za cenu nižší než autor a dojde k aktivaci kuponu, pak uživatel zaplatí nižší cenu, tedy tu, za kterou to nabízí Udemy.	5 dnů od aktivace.
Vlastní cena	Autor si zvolí zlevněnou cenu, za kterou bude kurz nabízet.	31 dnů od aktivace.
Zdarma – Otevřený	Časově omezená nabídka, která umožní první 1000 studentů bezplatnou registraci.	Pro prvních 1000 zapsaných studentů nebo platnost 5 dnů od aktivace. Platí ta varianta, která nastane dříve.
Zdarma – Cílený	Dlouhodobá nabídka, která umožní první 100 studentů bezplatnou registraci.	Pro prvních 100 zapsaných, studentů, nebo platnost 31 dnů od aktivace. Platí ta varianta, která nastane dříve.

6.2.3 Předplacené kurzy

Pokud Udemy uzná, že autorův kurz má potenciál zaujmout širokou veřejnost, pak Udemy autorovi nabídne účast v rámci předplacených Udemy kurzů. [95]

Každý měsíc Udemy z čistého výnosu všech předplatných kurzů alokuje 25 % zisků pro zúčastněné autory. Na základě počtu minut, kolik předplatitelé stráví v daném kurzu, je autorovi vyplacena poměrná částka. [95]

6.2.4 Omezený obsah

Platforma Udemy nedovoluje nahrávat kurzy:[96]

- Se sexuálním podtextem
- O vztazích
- O zbraních
- Zahrnující násilí nebo tělesné poškozování
- Týrání zvířat
- Diskriminace
- Popisující ilegální aktivity
- Fake news

6.3 Skillshare

Prostřednictvím platformy Skillshare se může kdokoliv stát lektorem a sdílet kurz s veřejností. Nahrání kurzu na Skillshare je osvobozeno od poplatků. [97]

Pokud autor sdílí kurz na Skillshare, nesmí jej sdílet zdarma na jiných platformách (vlastní webové stránky, Youtube, atd.). [98]

Platforma Skillshare inkasuje finance prodejem předplatného. Uživatel po zakoupení předplatného získá přístup ke všem kurzům na platformě. V tabulce 33 jsou uvedeny ceny předplatného pro rok 2022. [99]

Tabulka 33: Cena předplatného v roce 2022 [99]

Typ předplatného	Přístup ke kurzům	Cena
Zkušební měsíční verze	Stovky přístupných kurzů	Zdarma
Měsíční	Všechny	40 \$/ měsíc
Roční	Všechny	216 \$/ rok

6.3.1 Výnosy

Platforma Skillshare každý měsíc rozdistribuuje 30 % hrubých zisků mezi autory na základě toho, kolik minut strávili studenti u autorova kurzu. Jedná se o poměrové rozdělení hrubých zisků mezi všemi autory kurzu. Například pokud uživatelé za konkrétní měsíc stráví 4 % celkového času u kurzů jednoho autora, pak autor dostane 4 % z celkové alokované částky. Aby autor měl na zisk nárok, musí mít všechny jeho kurzy dohromady aspoň 75 minut shlédnutého obsahu za daný měsíc [100]. Každý autor si zisky daní sám [101].

6.3.2 Bonus za doporučení

Autor může promovat své kurzy jakýmkoliv způsobem. Prostřednictvím emailů, na sociálních sítích atd. Autor dostane k promování kurzu od Skillshare unikátní odkaz. V případě, že se uživatel zaregistruje na Skillshare prostřednictvím autorova unikátního odkazu, bude autor finančně odměněn. Za každého takového uživatele autor dostane 60 % z předplatného, které si uživatel zakoupí. Například pokud si uživatel zakoupí roční předplatné za 216 \$, dostane autor 60 % z této částky. [102]

6.3.3 Omezený obsah

Na platformu Skillshare nelze nahrát kurz o normě ČSN EN1591-4 [1]. Skillshare mimo jiné neumožňuje nahrávat kurzy o přírodních vědách nebo jakémkoliv odvětví inženýrství. Další obsah, který Skillshare neumožňuje nahrát, je následující: [103]

- Zabývající se pasivním příjmem
- O vztazích
- O vzdělávání na jiných platformách
- Multi-level marketing
- O léčení (holistické programy)
- O náboženství
- O fitness aktivitách
- O domácích mazlíčcích
- O kosmetice

6.4 Teachable

Prostřednictvím platformy Teachable se může kdokoliv stát lektorem a sdílet kurz s veřejností.

Pro nahrání kurzu na Teachable si autor musí sjednat jeden ze čtyř účtů, viz tabulka 34. Autor si může vybrat, jestli bude platit poplatky za účet na měsíční bázi nebo jednou za rok. U neplaceného a základního účtu jsou zavedeny transakční poplatky. Autor tímto způsobem odvádí Teachable určité procento z prodaného kurzu. Pokud je kurz inzerován zdarma, pak autor nemusí platformě odvádět transakční poplatek. Profesionální a Business účty jsou od transakčního poplatku osvobozeny. Za kurzy může uživatel platit pomocí platební karty nebo funkce PayPal. Pokud uživatel zaplatí za kurz platební kartou nebo pomocí PayPal, účtuje si provozovatel platební služby poplatek, který je stejný napříč všemi typy účtu. V případě, že se uživatel z kurzu odhlásí během zkušební doby, musí autor uživateli navrátit zaplacené peníze za kurz. V takovém případě je autor navíc povinen zaplatit poplatek, a to za každý takový případ. [104]

Výnosy budou autorovi primárně zasílány na bankovní účet. Aby byly výnosy zasílány na PayPal účet, musí si autor na Teachable sjednat službu *BackOffice*. Za tuto službu si Teachable účtuje poplatek. [105]

Tabulka 34: Provozní poplatky na Teachable [104]

Typ účtu	Zdarma	Základní	Profesionální	Business
Platba-měsíčně	0 \$	39 \$	119 \$	299 \$
Platba-ročně	0 \$	12 x 29 \$	12 x 99 \$	12 x 249 \$
Transakční poplatek	10 % +1 \$	5 %	0 %	0 %
Platební poplatek	3,9 % + 0,3 \$			
PayPal poplatek	4,99 % + 0,5 \$			
Poplatek za odhlášení	15 \$			
Backoffice poplatek	2 %			

6.4.1 Zpřístupnění kurzu

Autor má tři možnosti, jak zpřístupnit kurz veřejnosti. Buď autor uživateli kurz zpřístupní zdarma nebo uživatel za kurz zaplatí jednorázový poplatek. Další variantou je, že bude uživatel autorovi kurzu odvádět poplatky za přístup ke kurzu na týdenní, dvoutýdenní, měsíční, tři měsíční, půl roční, nebo roční bázi. Minimální cena kurzu je jeden dolar. Autor si může zvolit libovolnou cenu kurzu. [106]

6.4.2 BackOffice

Tato služba umožňuje autorovi přijímat platby prostřednictvím PayPal. Autor může prostřednictvím této služby zautomatizovat platby svému realizačnímu týmu, pouze však na PayPal účty. Teachable bude automaticky odvádět daně z autorových příjmů. [105]

6.4.3 Výnosy

Autorovi je na Teachable umožněno inkasovat výnosy několika způsoby.

Pokud autor pochází ze země zveřejněného na Teachable, může si nechat zasílat příjem z kurzů na denní, týdenní nebo měsíční bázi. Primárně na bankovní účet. Se službou *Backoffice* i na PayPal. Do skupiny takovýchto zemí nepatří Česká republika, patří sem ale například Slovensko. Platforma Teachable zasílá autorovi 90 % příjmů z daného období. Může nastat situace, kdy student požádá o navrácení peněz za kurz. V takovém

případě je náhrada zaplacená ze zbývajících 10 %. Pokud student nezažádá o navrácení peněz, je zbylá částka autorovi zaslána 45 dnů od zaplacení. [107]

V případě, že autor nepochází z vybrané země, budou mu příjmy z kurzu zasílány na měsíční bázi. Primárně na bankovní účet. Se službou *Backoffice* i na PayPal. [108]

Autoři, kteří nepochází z vybrané země mohou přijímat platby na *Stripe* účet, jedná se o období služby PayPal. Autor však musí mít aktivovaný profesionální, nebo business účet. [109]

6.4.4 Propagace kurzu

Autor může v rámci propagace zpřístupnit kurz uživatelům prostřednictvím slevových kuponů. Teachable nabízí různé druhy slevových kuponů. Jsou k dispozici kupóny, které se vztahují na všechny autorovy produkty. To jsou kurzy, individuální lekce nebo speciální obsah. Speciální obsah je několik kurzů sloučených dohromady. Například kurz pro začátečníky, pokročilé a odborníky. Pak jsou k dispozici slevové kupony pro konkrétní produkty. [110]

V rámci propagace kurzu může autor aktivovat náborové kupóny. Pokud již přihlášený uživatel doporučí kurz novému uživateli, dostane nový uživatel slevu na kurz a již přihlášený uživatel dostane slevu na další kurz od autora. [111]

6.4.5 Omezený obsah

Na Teachable je možné nahrát jakýkoliv obsah, které není hanlivý, pornografický, nemravný, ilegální, výhružný, nenávistný nebo násilný. [112]

V tabulce 35 jsou porovnány platformy Udemy, Skillshare a Teachable.

6.5 Engineering Trainer

Platforma poskytla autorovi informace o provozních podmínkách kurzu. Nicméně se jedná o neveřejné informace a zástupci Engineering Trainer trvali na nešíření informací do závěrečné práce.

6.6 EdX

Na platformu EdX mohou nahrávat kurzy jen vybraní autoři.

Tabulka 35: Udemy – Skillshare – Teachable

Platforma	Kdo může nahrávat obsah?	Ceny kuru pro uživatele	Poplatek za vedení účtu	Výnosy pro autora	Slevové kupóny	Lze nahrát ČSN 1591-4
Udemy	Kdokoliv	20–200 €	Ne	97 % nebo 37 % z 20–200 €	Ano	Ano
Skillshare	Kdokoliv	18–40 \$/ měsíc za 1 uživatele	Ne	Poměrová částka z 30 % celkových měsíčních výnosů	Ano	Ne
Teachable	Kdokoliv	Jakákoliv	0–299\$ měsíčně	95–83 % z výnosů	Ano	Ano

7 Závěr

Tato práce zanalyzovala možnosti a podmínky českých a mezinárodních platform poskytujících kurzy MOOC. Na základě normy ČSN EN 1591-4 [1] byl vytvořen částečný koncept kurzu typu MOOC, který se zabývá základní úrovní kvalifikace, tedy jednou z jedenácti částí normy. Autor také prozkoumal možnosti komercializace kurzu napříč platformami, přičemž zahájil diskuzi o spolupráci s holandskou platformou Engineering Trainer. Cíle práce tak byly naplněny, přičemž jednotlivé body jsou rozebrány níže v textu.

V kapitole 1 byli představeni největší poskytovatele MOOC kurzů. Patří mezi ně mezinárodní platformy Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11]. V České republice působí lokální platformy spadající pod univerzity nebo zabývající se úzkým tématem, např. právo na platformě Nugis Finem [32], případně česká odnož celosvětově působící Khan Academy. Globálně existuje přes dvě stě dvacet milionů uživatelů, kteří využívají přes 19400 [12] kurzů na největších MOOC platformách. Uživatelé se mohou přihlásit do více než 1670 [12] rekvalifikačních kurzů (*microcredentials*) a kolem 950 [12] univerzit umožňuje studovat dálkově přes 70 [12] vysokoškolských oborů.

Kapitola 3 pojednává o náplni kurzu typu MOOC, který byl vytvořen pro účely této práce. Z třinácti zahrnutých oblastí normy ČSN EN 1591-4 základní kvalifikace byl navržen obsah pro následných deset videokurzů, které jsou přílohou práce. Téma vlivu maziva na sílu ve šroubu je předmětem několika videí, která byla vytvořena na základě experimentu rovněž popsáno v této kapitole. Experiment demonstruje, jaké síly je dosaženo ve šroubovém spoji při aplikaci silikonové vazelíny, či bez použití maziva. Pro namazaný šroub utahovaný momentem 10 N·m byla naměřena průměrná síla ve šroubu 4164 N. Medián síly vyšel 4136 N. U nenamazaného šroubu utahovaného 10 N·m byla naměřena průměrná síla ve šroubu 2328 N. Medián síly vyšel 2179 N. Průměrný rozdíl síly mezi namazaným a nenamazaným šroubem je 1835 N. Průměrný rozdíl mediánu u namazaného a nenamazaného šroubu je 1957 N.

V kapitole 4 je prezentován výstup práce, jenž má formu 10 dvou a půl minutových videí v českém a anglickém jazyce. Ta jsou postavena na základě obsahu vytvořeného v kapitole 3. Tento formát se autorovi jeví efektivnější než prezenční teoretické školení, jelikož se v kratším časovém intervalu dá předat potřebná znalost koncovému uživateli, od kterého není vyžadovaná prezenční účast.

Natočená videa jsou rozdělena v kapitole 5 do tří skupin. Do první skupiny jsou zařazena ta videa, která pojednávají o vybraných oblastech normy ČSN EN 1591-4 [1] základní úrovně kvalifikace. Druhou skupinu tvoří videa, která shrnují experiment z kapitoly 3.2. Videa z těchto dvou skupin jsou v češtině. Třetí skupinu představují videa přetlumočená autorem do angličtiny.

Autorovi se podařilo zahájit diskuzi o spolupráci s holandskou platformou Engineering Trainer [7], protože norma EN 1591-4 [86] je závazná pro státy Evropské unie. Na online schůzkách s Engineering Trainer [7] bylo ujasněno, že cílovým zákazníkem jsou certifikovaní provozovatelé kurzu EN 1591-4 [86], tedy firmy ze zemí Evropské unie. Těm uděluje povolení nezávislý orgán. V České republice to je Český institut pro akreditaci [85]. Plánem je na platformě Engineering Trainer nabízet teoretickou část kurzu EN 1591-4 [86] v různých jazykových obměnách certifikovaným provozovatelům,

kteří by je poskytovali koncovým uživatelům, tedy montérům přírubových spojů v kritických aplikacích.

Pro zpřístupnění kurzu koncovým zákazníkům je nutné získat akreditaci Českého institutu pro akreditaci [87] a ekvivalentních orgánů v dalších státech Evropské unie. Engineering Trainer upozornil autora na nutnost předkladu videí do evropských jazyků (holandština, němčina, italština aj.). V takovém případě by došlo k nahrazení autora tlumočnickem. Nad to by se platforma ráda podílela na některých aspektech jednotlivých videí, například na grafické úpravě, proto by bylo nutné videa znovu natočit. Na základě této skutečnosti nebyla natočena všechna videa z vybraných témat kapitoly 3.

Kapitola 6 analyzuje ekonomické porovnání a možnosti komercializace produktu na různých platformách. Na největší světovou MOOC platformu Coursera [2] můžou nahrávat obsah pouze zaměstnanci univerzit a vybraných firem. Na edX [3] můžou obsah nahrávat jen vybraní autoři. Prostřednictvím Udemy [4] a Teachable [6] se může kdokoli stát lektorem a sdílet svůj kurz. Kurz by tedy bylo možné nahrát na platformy Udemy [4] a Teachable [6] a Engineering Trainer. Posledně zmíněná platforma byla jediná, která projevila zájem o navázání spolupráce. Na závěr kapitoly jsou platformy porovnány z hlediska poplatků spojených s provozem kurzu a případných výnosů. Platformy si vždy kladou podmínku, že kurz nesmí být nahrán na jiných platformách.

V průběhu psaní diplomové práce autor zjistil, že je na trhu prostor pro digitalizaci ČSN EN 1591-4 [1]. Lze předpokládat, že by byla poptávka po online školeních také z jiných technologických odvětví. Pro tvorbu kurzu je zapotřebí mít potřebné znalosti v daném oboru a schopnost předat informaci efektivním způsobem. Navíc je třeba umět ovládat audiovizuální příslušenství a nástroje pro editaci videí. Je zde tedy prostor pro budování podnikatelského záměru.

8 Zdroje

- [1] ČSN EN 1591-4: 2014. Příruby a přírubové spoje - Část 4: Kvalifikace odborné způsobilosti personálu k montáži šroubových spojů v tlakových zařízeních v kritických aplikacích. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [2] Coursera [online]. Coursera [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.coursera.org
- [3] edX [online]. edX [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.edx.org
- [4] Udemy [online]. Udemy [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.udemy.com
- [5] Skillshare [online]. Skillshare [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.skillshare.com
- [6] Teachable [online]. Teachable [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.teachable.com
- [7] Engineering Trainer [online]. Engineering Trainer [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.engineeringtrainer.com
- [8] Oxford Learner's Dictionaries [online]. Oxford Learner's Dictionaries [vid. 2021-02-06]. Dostupné z: www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/mooc
- [9] WAKS, Leonard. The Evolution and Evaluation of Massive Open Online Courses: MOOCs in Motion. 2016. ISBN 978-1-349-85204-8.
- [10] Futurelearn [online]. Futurelearn [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.futurelearn.com
- [11] Swayam [online]. Swayam [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://swayam.gov.in/>
- [12] SHAH, Dhawal. By the numbers: MOOC in 2021. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2021>
- [13] SHAH, Dhawal. By the numbers: MOOC in 2020. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/mooc-stats-2020
- [14] SHAH, Dhawal. By the numbers: MOOC in 2019. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/mooc-stats-2019
- [15] SHAH, Dhawal. By the numbers: MOOC in 2018. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/mooc-stats-2018
- [16] SHAH, Dhawal. By the numbers: MOOC in 2017. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/mooc-stats-2017
- [17] SHAH, Dhawal. By the numbers: MOOC in 2016. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/mooc-stats-2016

- [18] SHAH, Dhawal. By the numbers: MOOC in 2015. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/mooc-stats-2015
- [19] The 50 most popular MOOCs. ONLINE COURSE REPORT [online]. ONLINE COURSE REPORT [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.onlinecoursereport.com/the-50-most-popular-moocs-of-all-time
- [20] BOWDEN, Pat. How much does Coursera cost? class central [online]. class central [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/help/how-much-coursera-cost
- [21] Apply for Financial Aid or a Scholarship. coursera [online]. coursera [vid. 2021-02-06]. Dostupné z: learner.coursera.help/hc/en-us/articles/209819033-Apply-for-Financial-Aid
- [22] SHAH, Dhawal. Udemy vs Coursera. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/udemy-vs-coursera
- [23] International restrictions. coursera [online]. coursera [vid. 2021-02-28]. Dostupné z: learner.coursera.help/hc/en-us/articles/208280116-International-restrictions
- [24] Coursera's response to the humanitarian crisis in Ukraine [online]. Coursera [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: blog.coursera.org/coursera-response-to-the-humanitarian-crisis-in-ukraine/
- [25] Standing With Ukraine: Supporting Displaced Learners [online]. edX [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: blog.edx.org/standing-with-ukraine-supporting-displaced-learners?hs-referral=Newsroom
- [26] COURSERA. Coursera is suspending content from Russia [elektronická pošta]. Message to: matous.kochan@seznam.cz. 5. března 2022. [vid. 2022.-05-18].
- [27] JEMMI, Mohamed, KINSHUK a Mohamed Khibri. Open Education: from OERs to MOOCs. 2016. ISBN ISBN 978-3-662-52925-6.
- [28] ECHEVSKAYA, Olga. Types of launches and operation modes [online]. [cit. 2021-6-02]. Dostupné z: <https://www.coursera.org/learn/how-to-mooc/lecture/NcVqS/types-of-launches-and-operation-modes>
- [29] PICKARD, Laurie. Analysis of 450 MOOC-Based Microcredentials Reveals Many Options But Little Consistency. The Report [online]. The Report [vid. 2021-02-05]. Dostupné z: www.classcentral.com/report/moocs-microcredentials-analysis-2018
- [30] SRIKANTH, Manisha. The Advantages and Disadvantages of MOOCs for Learning. Infopro learning [online]. Infopro learning [vid. 2021-02-24]. Dostupné z: www.infoprolearning.com/blog/advantages-and-disadvantages-of-moocs-massive-open-online-courses-for-learning/
- [31] O nás. nostris [online]. Olomouc [vid. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://www.nostis.org/o-nas/>

- [32] Nugis Finem. nostris [online]. Olomouc [vid. 2021-02-19]. Dostupné z: www.nugisfinem.org/
- [33] What is the history of Khan Academy? Khan Academy [online]. Khan Academy [vid. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://support.khanacademy.org/hc/en-us/articles/202483180-What-is-the-history-of-Khan-Academy->
- [34] Khan Academy - donors. Khan Academy [online]. Khan Academy [vid. 2021-02-21]. Dostupné z: www.khanacademy.org/donors
- [35] Free Education for Anyone, Anywhere. Khan Academy [online]. Khan Academy [vid. 2021-02-21]. Dostupné z: khanacademyannualreport.org/#free-education-for-anyone-anywhere
- [36] Jak se tvoří onlineschool? onlineschool [online]. onlineschool [vid. 2021-02-21]. Dostupné z: onlineschool.cz/autor/
- [37] Course categories. MOOC Charles University [online]. MOOC Charles University [vid. 2021-02-21]. Dostupné z: mooc.cuni.cz
- [38] ECHEVSKAYA, Olga. Why universities needs their own MOOCs at all? [online]. [cit. 2021-6-02]. Dostupné z: <https://www.coursera.org/learn/how-to-mooc/lecture/0pafC/4-1-why-universities-needs-their-own-moocs-at-all>
- [39] VIOREANU, Dana. What is Open Courseware? Studying Online for Free in 2020. studyportals [online]. studyportals [vid. 2021-02-18]. Dostupné z: www.distancelearningportal.com/articles/193/what-is-open-courseware-studying-online-for-free-in-2020.html
- [40] SMSTEFAN. MOOC? OCW? Which one? UCI Open [online]. UCI Open [vid. 2021-02-18]. Dostupné z: sites.uci.edu/opencourseware/blog/2015/10/02/mooc-ocw-which-one
- [41] FERNANDEZ, Jose a Susan WEBSTER. From OCW to MOOC [online]. 2014 [vid. 2020-02-19]. Dostupné z: [doi:10.5944/openpraxis.6.2.115](https://doi.org/10.5944/openpraxis.6.2.115)
- [42] SOMOV, Yakov a Irina SOKOLOVA. MOOC: How to make a MOOC? [online]. Coursera [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.coursera.org/learn/how-to-mooc/home/info>
- [43] MITOCW_Site_Report_12_2020. MITOPENCOURSEWARE [online]. MITOPENCOURSEWARE [vid. 2021-02-19]. Dostupné z: ocw.mit.edu/about/site-statistics/monthly-reports/MITOCW_Site_Report_12_2020.pdf
- [44] MITOCW_Site_Rpt_2019_12_V1. MITOPENCOURSEWARE [online]. MITOPENCOURSEWARE [vid. 2021-02-19]. Dostupné z: ocw.mit.edu/about/site-statistics/monthly-reports/MITOCW_Site_Rpt_2019_12_V1.pdf
- [45] MITOCW_Site_Rpt_2018_12_V1. MITOPENCOURSEWARE [online]. MITOPENCOURSEWARE [vid. 2021-02-19]. Dostupné

- z: ocw.mit.edu/about/site-statistics/monthly-reports/MITOCW_DB_2018_12_v1.pdf
- [46] MITOCW_Site_Rpt_2017_12_V1. MITOPENCOURSEWARE [online]. MITOPENCOURSEWARE [vid. 2021-02-19]. Dostupné z: ocw.mit.edu/about/site-statistics/monthly-reports/MITOCW_DB_2017_12_v1.pdf
- [47] MITOCW_Site_Rpt_2016_12_V2. MITOPENCOURSEWARE [online]. MITOPENCOURSEWARE [vid. 2021-02-19]. Dostupné z: ocw.mit.edu/about/site-statistics/monthly-reports/MITOCW_DB_2016_12_v2.pdf
- [48] MITOCW_Site_Rpt_2015_12_v1. MITOPENCOURSEWARE [online]. MITOPENCOURSEWARE [vid. 2021-02-19]. Dostupné z: ocw.mit.edu/about/site-statistics/monthly-reports/MITOCW_DB_2015_12.pdf
- [49] Dimer Engineering [online]. Dimer Engineering [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.dimer-ing.cz/
- [50] Techseal [online]. Techseal [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://techseal.cz/>
- [51] KRŮŽ, Rudolf. Stavba a provoz strojů [online]. [vid. 2021-07-25]. Dostupné z: <https://www.pslib.cz/ales.najman/archiv%202019/%20SPS%20-%20literatura/SPS-1---%C4%8D%C3%A1sti-stroj%C5%AF.pdf>
- [52] ČSN EN 131520: 1988. Svorníkové šrouby pro přírubové spoje potrubí. Praha: Úřad pro normalizaci a měření.
- [53] ČSN EN 1092-1: 2019. Příruby a přírubové spoje - Kruhové příruby pro trubky, armatury, tvarovky a příslušenství s označením PN - Část 1: Příruby z oceli. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [54] ČSN EN 13555: 2014. Příruby a přírubové spoje: Parametry těsnění a postupy zkoušení vztahující se k pravidlům pro navrhování přírubových spojů s kruhovými přírubami a těsněním. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [55] JONES, Charles. GASKET HANDBOOK 1st Edition [online]. FLUID SEALING ASSOCIATION 2017 [vid. 2021-07-25]. Dostupné z: <https://www.fluidsealing.com/wp-content/uploads/FSA-Gasket-Handbook-June-2017.pdf>
- [56] EBERGHARD, Roos. Gasket characteristics for the design of bolted flange connections of metal-to-metal contact type [online]. [cit. 2021-07-11]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0308-0161\(01\)00127-2](https://doi.org/10.1016/S0308-0161(01)00127-2)
- [57] LUKAVSKÝ, Jiří. Bezazbestová těsnění pro přírubové spoje. In: Slideplayer [online]. [vid. 25.1. 2022]. B.m. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/4097746/>
- [58] RTJ - kovové těsnící kroužky. TEMAC [online]. TEMAC [vid. 2021-07-22]. Dostupné z: <https://www.temac.cz/produkt.aspx?pid=44>

- [59] Základní charakteristika spirálově vinutého těsnění. Těsnění polanka [online]. Těsnění polanka [vid. 2021-07-23]. Dostupné z: <https://www.tesneni-polanka.cz/spiralove-tesneni/spiralove-vinute-tesneni>
- [60] ASME PCC-1-2019. Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly [online]. THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS [vid. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://pdfcoffee.com/pcc-12019-pdf-free.html>
- [61] ABID, M, M KHALIL a H WAJID. AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE RELAXATION OF BOLTS. DOAJ [online]. DOAJ [vid. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.31436/iiumej.v16i1.539>
- [62] Stress Relaxation Testing. SMART [online]. SMART [vid. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://smart-swansea.com/stress-relaxation-testing/>
- [63] Reuse of fasteners. FASTENAL [online]. FASTENAL [vid. 2021-02-02]. Dostupné z: www.fastenal.com/en/77/reuse-of-fasteners
- [64] VYBÍRAL, Bohumil. Mechanika pružného tělesa : Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku [online]. [vid. 2022-02-02]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/pruznost.pdf>
- [65] Bolt Failures. SMRP [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: smrp.org/News/Solutions-Monthly-Newsletter/Member-Written-Article-Submissions/Bolt-Failures-Why-Learn-to-Recognize-Mechanical-Failure-Modes
- [66] ECCLES, Bill. Fatigue Failure of Bolts. BoltScience [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.boltscience.com/pages/fatigue-failure-of-bolts.pdf>
- [67] MOORE, Philippa a Geoff BOOTH. Ductile Failure. ScienceDirect [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/ductile-failure>
- [68] ESA [online]. European Sealing Agency [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: www.europeansealing.com/
- [69] ČSN EN ISO 6789-2: 2017. Nářadí k montáži šroubů a matic - Ruční momentové nářadí. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [70] Engineering ToolBox. Reduced Torque with Lubricated Bolts [online]. [vid. 2022-03-06]. Dostupné z: https://www.engineeringtoolbox.com/torque-lubrication-effects-d_1693.html
- [71] HEMILTON, Scott. Bolt Lubricant and Torque: A Comprehensive Guide [online]. [vid. 2022-03-06]. Dostupné z: www.hextechnology.com/articles/bolt-lubricant-torque/
- [72] FLIR, Teledyne. What's the difference between cooled & uncooled thermal detectors. In: Youtube [online]. [vid. 2022-03-09]. Dostupné z: www.youtube.com/watch?v=PYHjAdf8bU0

- [73] SDT, Ultrasound Solutions. Leak Testing Flanged Couplings. In: Youtube [online]. [vid. 2022-03-09]. Dostupné z: www.youtube.com/watch?v=ezUieSpvnc
- [74] TAIT, Samuel. Flange disassembly - An underrated source of safety incidents [online]. [vid. 2022-03-10]. Dostupné z: http://www.iffcokandla.in/data/polopoly_fs/1.2545541.1439393254!/fileserver/file/523633/filename/016_Paper2f.pdf
- [75] Příruba plochá Příruba plochá - EN 1092-1/01/A - 1.4301: DN 25/33.7. inerez [online]. inerez [vid. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.inerez.cz/priruba-plocha-en-1092-1-01-a-1-4301-dn-25-33-7-117281.html>
- [76] Příruba krk.-EN 1092-1/11/B1-PN 10/16/25/40-1.4301: DN 25/33.7. inerez [online]. inerez [vid. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.inerez.cz/priruba-krk-en-1092-1-11-b1-pn-10-16-25-40-1-4301-dn-25-33-7-117340.html>
- [77] Compression Load Cells. Omega [online]. Omega [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.omega.com/en-us/force-strain-measurement/load-cells/lc8150/p/LC8150-375-3K>
- [78] NI-9923. National Instruments [online]. National Instruments [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/support/model.ni-9923.html>
- [79] cDAQ-9171. National Instruments [online]. National Instruments [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/shop/hardware/products/compactdaq-chassis.html?modelId=125697>
- [80] NI DAQExpress. National Instruments [online]. National Instruments [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/support/downloads/software-products/download.daqexpress.html#348849>
- [81] Force. silikonová vazelína. Alza [online]. Alza [vid. 2021-05-06]. Dostupné z: https://www.alza.cz/sport/force-silikonova-vazelina-30ml-d5837052.htm?kampan=adwsp_sport_pla_all_sport-css_cyklistika_cisteni-amazani_eCPC_c__SPTforce130_9062836_~76761295146~&gclid=CjwKCAjwjtOTBhAvEiwASG4bCDOOxNKLRskNv183NJZtWWBYM-GP4JoTeF1PMaSQmvyGJIFkZMXriRoCsZ0QAvD_BwE
- [82] Open Broadcaster Software. OBS [online]. OBS [vid. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://obsproject.com/cs/download>
- [83] Iphone 12 mini. Datart [online]. Datart [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.datart.cz/iphone-12-mini.html?gclid=EAIAIQobChMI95ans4_q9wIVFtZ3Ch0ooQAqEAAYASAAEgKzFFD_BwE
- [84] Těsnění Pokorný [online]. Těsnění Pokorný [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.tesneni.cz/cs>
- [85] Školení montážních pracovníků podle normy EN 1591-4. technicka-zarizeni [online]. technicka-zarizeni [vid. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.technicka-zarizeni.cz/skoleni-montaznich-pracovniku-podle-normy-en-1591-4/>

- [86] EN 1591-4: 2014. Flanges and their joints - Part 4: Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressurized systems.
- [87] Českého institutu pro akreditaci [online]. CAI [vid. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.cai.cz/>
- [88] coursera for campus. Coursera [online]. Coursera [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: www.coursera.org/campus/basic/thank-you-students
- [89] How to Become a Premium Instructor. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: support.udemy.com/hc/en-us/articles/229604948
- [90] Instructors: Udemy's Pricing Tiers For Courses. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: support.udemy.com/hc/en-us/articles/229605368
- [91] Udemy+Price+Tier+Matrix. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: s.udemycdn.com/support/Udemy+Price+Tier+Matrix-V3.pdf
- [92] Instructor Terms. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: www.udemy.com/terms/instructor/
- [93] Promote Your Course With Coupons and Referral Links. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: support.udemy.com/hc/en-us/articles/229603968
- [94] Coupons & Course Referral Links: Rules and Guidelines. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: support.udemy.com/hc/en-us/articles/229605888-Coupons-Rules-and-Guidelines
- [95] Promotions Policy. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: support.udemy.com/hc/en-us/articles/115013339928
- [96] Restricted Topics. Udemy [online]. Udemy [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: support.udemy.com/hc/en-us/articles/229233027-Restricted-Topics
- [97] Frequently Asked Questions. Skillshare [online]. Skillshare [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: www.skillshare.com/teach
- [98] Additional Rules on Teaching. Skillshare [online]. Skillshare [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: help.skillshare.com/hc/en-us/articles/360061287331-Additional-Rules-on-Teaching
- [99] WINSTEAD, Scott. Skillshare Pricing. MyeLearning World [online]. MyeLearning World [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: myelearningworld.com/skillshare-pricing/
- [100] Earn Royalties. Skillshare [online]. Skillshare [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: help.skillshare.com/hc/en-us/articles/4415798406285-Earn-Royalties
- [101] Terms of Service. Skillshare [online]. Skillshare [vid. 2021-03-26]. Dostupné z: www.skillshare.com/terms

- [102] Earn Referral Revenue. Skillshare [online]. Skillshare [vid. 2021-03-26].
Dostupné z: help.skillshare.com/hc/en-us/articles/4415798485389-Earn-Referral-Bonuses
- [103] Restricted Class Topics. Skillshare [online]. Skillshare [vid. 2021-03-26].
Dostupné z: help.skillshare.com/hc/en-us/articles/360061286891
- [104] Compare all of our plans in one place. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: teachable.com/pricing/comparison
- [105] BackOffice. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: support.teachable.com/hc/en-us/articles/360017458632-Setting-Up-BackOffice
- [106] GREAVES, Rosie. Product-Pricing-Plans. ecommerce [online]. ecommerce [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: ecommerce-platforms.com/compare/teachable-pricing-plans
- [107] Teachable Payments. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30].
Dostupné z: support.teachable.com/hc/en-us/articles/360017429532
- [108] Monthly Payment Gateway. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30].
Dostupné z: support.teachable.com/hc/en-us/articles/360001365311
- [109] Custom Payment Gateways. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30].
Dostupné z: support.teachable.com/hc/en-us/articles/360001353072
- [110] Coupons. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: support.teachable.com/hc/en-us/articles/219826847-Coupons
- [111] Student Referrals. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: support.teachable.com/hc/en-us/articles/4416108244365-Student-Referrals
- [112] Terms of Use. Teachable [online]. Teachable [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: teachable.com/terms-of-use

9 Seznam symbolů a zkratk

Zkratka	Význam
MOOC	Massive online open course
VUT FSI	Fakulta strojního inženýrství – Vysoké učení technické v Brně
OCW	Open course ware
CEN	Evropský výbor pro normalizaci
TS	Technická specifikace
TR	Technical report
HST	Hlavní silový tok
VST	Vedlejší silový tok
BAT	Bezazbestové těsnění
PTFE	Teflon
AT	Azbestové těsnění
RTJ	Ring Type Joints
L_N	Třída těsnosti
F_0	Síla předpětí
Δ_{js}	Prodloužení dřívku
Δ_{jp}	Stlačení spoje
F_s	Maximální síla v ose šroubu
ΔF_s	Změna síly ve šroubu
F	Provozní síla
F_p	Rozdíl síly předpětí a provozní síly
EDS	Energy dispersive spectroscopy
K	Maticový faktor
D	Nominální průměr šroubu
T	utahovací moment
K	Maticový faktor
D	Nominální průměr šroubu
T	Utahovací moment
ET	Engineering Trainer
w	Šířka těsnící plochy
r_d	Šířka vady

10 Seznam tabulek

Tabulka	Strana
Tabulka 1: Nárůst MOOC uživatelů	17
Tabulka 2: MOOC kurzy na platformách Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11] v letech 2015–202	19
Tabulka 3: MOOC tituly	19
Tabulka 4: Nárůst kurzů na platformách Coursera [2], edX [3], FutureLearn [10] a Swayam [11] v letech 2016–202	20
Tabulka 5: Nugis Finem	21
Tabulka 6: Khan Academy v číslech	21
Tabulka 7: OCW na MIT	23
Tabulka 8: Úrovně odbornosti dle normy ČSN EN 1591-4 [1]	24
Tabulka 9: Základní úroveň kvalifikace	26
Tabulka 10: Druhy šroubů	27
Tabulka 11: Druhy matic	28
Tabulka 12: Druhy podložek	28
Tabulka 13: Druhy Svorníků	28
Tabulka 14: Druhy přírub	29
Tabulka 15: Třídy těsnosti dle ČSN EN 13555	30
Tabulka 16: BAT a AT	32
Tabulka 17: Výhody a nevýhody expandovaného grafitu	32
Tabulka 18: Tolerance poškození pro měkká a kovová těsnění	41
Tabulka 19: Pořadí utahování šroubů	42
Tabulka 20: Značení šroubů po směru hodinových ručiček	43
Tabulka 21: Rozptyl měřících nástrojů	43
Tabulka 22: Redukce utahovacího momentu [70]	44
Tabulka 23: Utahovací moment	44
Tabulka 24: Nenamazaný šroub	48
Tabulka 25: Vyhodnocení hodnot pro nenamazaný šroub	48
Tabulka 26: Namazaný šroub	48
Tabulka 27: Vyhodnocení hodnot pro namazaný šroub	48
Tabulka 28: Porovnání Nenamazaného a Namazaného šroubu	49
Tabulka 29: Česká videa z kapitoly 3	51
Tabulka 30: Víde z kapitoly 4	52
Tabulka 31: Anglická videa – odkaz	52
Tabulka 32: Komeracionalizace kurzu pomocí kuponu [94]	55
Tabulka 33: Cena předplatného v roce 2022	56
Tabulka 34: Provozní poplatky na Teachable	57
Tabulka 35: Udemy – Skillshare – Teachable	58

11 Seznam obrázků

Obrázek	Strana
Obrázek 1: Doplnující protokol k praktické zkoušce	25
Obrázek 2: Druhy šroubových spojů	27
Obrázek 3: Vliv předpětí šroubu na těsnění	30
Obrázek 4: HST a VST	31
Obrázek 5 Typy přírubových spojů s VST	31
Obrázek 6: RTJ Těsnění	33
Obrázek 7: Kombinované těsnící spoje	34
Obrázek 8: Chování spoje v různých zátěžných stavech	34
Obrázek 9: Konstrukce diagramu předepjatého spoje [51]	35
Obrázek 10: Souosost přírub	35
Obrázek 11: Souosost otvorů	35
Obrázek 12: Rovnoběžnost přírub	36
Obrázek 13: Relaxační křivka	37
Obrázek 14: Pracovní diagram	37
Obrázek 15: Zátěžové stavy	38
Obrázek 16: Příčiny selhání šroubového spoje	40
Obrázek 17: Poškození povrchu příruby	41
Obrázek 18: První metoda číslování	42
Obrázek 19: Druhá metoda číslování	42
Obrázek 20: Pro 4 utahovací nástroje	43
Obrázek 21: Vybavení	47
Obrázek 22: Forma videa	50