

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ruční ohýbačka na háky okapových žlabů

Autor: **Tomáš Franěk**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš FRANĚK**
Osobní číslo: **S12B0298P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Ruční ohýbačka na háky okapových žlabů**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

V úvodu práce bude provedena rešerše na téma ruční ohýbačka na háky okapových žlabů. V práci budou vypracovány varianty konstrukčních řešení pohonu stroje. Pro vybranou variantu bude zpracováno konstrukční řešení včetně jeho ověření. Na závěr práce bude vypracována výkresová dokumentace vybraných dílů.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Provedení rešerše na téma ruční ohýbačka na háky okapových žlabů
2. Návrh konstrukčních variant
3. Konstrukční návrh zvoleného řešení
4. Vypracování zadané výkresové dokumentace

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

KOVÁČ, A., JENKUT, M. *Tvárníace stroje*. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1978

KAMELANDER, I. *Tvářecí stroje I.* Brno: VUT, 1989

STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů - Tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU v Plzni, 2001

RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje*. Praha: SNTL, 1985

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Janu HLAVÁČOVI, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce a cenné rady při jejím zpracování.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Franěk	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 Konstrukce průmyslové techniky		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	Jméno Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Ruční ohýbačka na háky okapových žlabů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZDÁNÍ	2016
---------	----------------	---------	------------	------------------	-------------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	64	TEXTOVÁ ČÁST	60	GRAFICKÁ ČÁST	4
--------	-----------	--------------	-----------	------------------	----------

STRUČNÝ POPIS	Tématem bakalářské práce je konstrukce ruční ohýbačky na háky okapových žlabů. V práci byl popsán celý proces konstrukce zařízení od uvedení do problematiky technologie ohýbání, výběru optimálního variantního provedení na základě obdobných, již vyráběných ohýbaček, až po dimenzování a MKP kontrolu.
KLÍČOVÁ SLOVA	okapový systém, střecha, ohyb, ruční ohýbačka, Konstrukce, NX

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Franek	Name Tomas	
FIELD OF STUDY	B2341 Design of Manufacturing Machines		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	Name Jan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Hand bender of the gutters hooks		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2016
---------	-------------------------------	------------	------------	--------------	-------------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	64	TEXT PART	60	GRAPHICAL PART	4
---------	-----------	-----------	-----------	----------------	----------

BRIEF DESCRIPTION	The main goal of this bachelor work is to design and construct hand controlled machine to bend gutter hooks. The whole process of construction has been described in my work. From the introduction to the bending technology, choosing the most optimal construction variant of the other mentioned benders, to final dimensioning and MKP strength analysis.
KEY WORDS	gutter system, roof, bend, hand controlled bender, construction, NX

Obsah

Seznam obrázků.....	11
Seznam tabulek	13
Seznam použitých zkratek a symbolů	14
1. Okapový systém	16
2. Žlabové háky	17
2.1. Materiály	17
2.2. Rozměry	17
2.3. Typy žlabových háků	19
3. Technologie ohybu-obecně	20
3.1. Technologie plošného tváření – ohýbání.....	20
3.2. Odpružení při ohýbání za studena	20
4. Ohýbací nástroje a stroje	21
4.1. Ruční ohýbačky žlabových háků.....	21
4.1.1. Postup výroby ohybu 1 - Konstantní ohyb dle požadovaného rozměru	22
4.1.2. Ohyb 2 – Proměnný ohyb dle spádu okapového žlabu a úhlu střechy.....	22
5. Variantní řešení konstrukce ohýbačky	24
5.1. Varianty celkové koncepce	24
5.1.1. Varianta A1 – Provedení s otočnou pákou	24
5.1.2. Varianta A2 – Provedení se šnekovým kolem	24
5.1.3. Varianta A3 – Ruční hydraulická ohýbačka žlabových háků.....	25
5.2. Variantní řešení konstrukce přítlačného válce.....	26
5.2.1. Varianta B1.....	26
5.2.2. Varianta B2.....	26
5.2.3. Varianta B3.....	27
5.3. Variantní řešení posuvu přítlačného válce.....	27
5.3.1. Varianta C1.....	27
5.3.2. Varianta C2.....	28
5.3.3. Varianta C3.....	28
5.4. Shrnutí a výběr optimální varianty konstrukčního provedení ohýbačky	29
6. Základní výpočet ohýbačky	31
6.1. Výpočet odpružení při ohýbání [12].....	32
6.2. Výpočet přibližné hodnoty poloměru zaoblení r_p při ohýbání bez kalibrace [12].....	32
6.3. Výpočet vzdálenosti a	33
6.4. První způsob výpočtu - výpočet momentu a reakce R_{AY} dle webu [13].....	33
6.4.1. Stanovení maximální síly vyvozené člověkem.....	33
6.4.2. Délka ramena l	34
6.5. Druhý způsob výpočtu – nosník s převislým koncem řešený metodou řezu [18]	34
6.5.1. Podmínky rovnováhy.....	35

6.5.2.	Shrnutí výsledků a zadání vstupních parametrů pro dimenzování.....	36
7.	Dimenzování ruční ohýbačky	37
7.1.	Dimenzování otočné páky	37
7.1.1.	Napětí v ohybu od momentu M_O	37
7.1.2.	Napětí v tahu od síly F_R	37
7.1.3.	Napětí ve smyku od síly F_O	38
7.1.4.	Dovolené napětí.....	38
7.1.5.	Redukované napětí	38
7.2.	Dimenzování šroubu přitlačného válce	38
7.2.1.	Výpočet síly F_S	38
7.2.2.	Únosnost šroubu v tahu	39
7.2.3.	Napětí v tahu ze zvolené únosnosti.....	39
7.2.4.	Napětí v ohybu od momentu M_{oe}	39
7.2.5.	Napětí ve smyku od síly F_S	39
7.2.6.	Dovolené napětí.....	39
7.2.7.	Redukované napětí	39
7.3.	Teleskopická část ovládací páky	40
7.3.1.	Určení vzdáleností v, f, l_v, l_n a výpočet ohybových napětí v kritických místech	41
7.3.2.	Napětí v ohybu v kritickém místě 1 od momentu $M(v)$	42
7.3.3.	Výpočet dovoleného napětí	42
7.3.4.	Napětí v ohybu v kritickém místě 2 od momentu $M(f)$	43
7.3.5.	Výpočet dovoleného napětí	43
7.3.6.	Zvolené rozměry a materiál kruhových trubek dle ČSN 42 6710 - shrnutí	44
8.	3D model ohýbačky a výpočet pomocí MKP metody	45
8.1.	Model v Inventoru	45
8.2.	Model v SIEMENS NX.....	45
8.2.1.	Vstupní hodnoty a rozměry ohýbačky pro MKP výpočet.....	45
9.	Přepočítání s využitím nově zvolených hodnot	48
9.1.	Dimenzování otočné páky	48
9.1.1.	Napětí v ohybu od momentu M_O	48
9.1.2.	Napětí v tahu od síly F_R	48
9.1.3.	Napětí ve smyku od síly F_O	48
9.1.4.	Dovolené napětí.....	48
9.1.5.	Redukované napětí	48
9.2.	Teleskopická část ovládací páky	49
9.2.1.	Určení vzdáleností v, f, l_v, l_n a výpočet ohybových napětí v kritických místech	49
9.2.2.	Napětí v ohybu v kritickém místě 1 od momentu $M(v)$	50
9.2.3.	Výpočet dovoleného napětí	50
9.2.4.	Napětí v ohybu v kritickém místě 2 od momentu $M(f)$	51

9.2.5.	Výpočet dovoleného napětí	51
9.2.6.	Zvolené rozměry a materiál kruhových trubek dle ČSN 42 6710 - shrnutí	52
10.	Model ohýbačky v SIEMENS NX s novými parametry	53
10.1.	MKP varianta 2	53
10.2.	MKP varianta 3 – varianta se zasunutou teleskopickou pákou	55
10.2.1.	Přepočet vstupních rozměrů	55
11.	Finální vizualizace ohýbačky okapových háků	57
12.	Závěr	58
Zdroje	59
Seznam příloh	60

Seznam obrázků

Obr. 1 - Okapový systém SATJAM Niagara [2].....	16
Obr. 2 - Názvoslovní typů žlabů z hlediska umístění na střeše. [3].....	16
Obr. 3 - Žlabový hák - obecné rozměry háků [7].....	18
Obr. 4 – Znázornění rozměrů označení žlabových háků.....	18
Obr. 5 - Základní rozdělení žlabových háků [8] [9] [4] [1]	19
Obr. 6 - Rozložení a velikost napětí v materiálu [13].....	20
Obr. 7 - Odpružení materiálu pro ohyb do tvaru V a U [13].....	20
Obr. 8 – Ruční ohýbací přípravek.....	21
Obr. 9 - Ruční univerzální ohýbací stroj [8].....	21
Obr. 10 - Znázornění ohybů provedených na podokapním žlabovém háku s přichytnými jazýčky	22
Obr. 11 - Ohýbačka žlabových háků pro ohyb č. 1 [14].....	22
Obr. 12 - Ohýbačka pro ohyb č. 2 společně s vsunutým hákem [15]	22
Obr. 13 - Sada žlabových háků se znázorněným sklonem střechy [16].....	23
Obr. 14 - Varianta A1 - Provedení s otočnou pákou.....	24
Obr. 15 - Varianta A2 - Provedení se šnekovým převodem	25
Obr. 16 - Varianta A3 - Provedení s hydraulickým pohonem.....	25
Obr. 17 - Varianta B1 - Provedení s dvěma kuličkovými ložisky	26
Obr. 18 - Varianta B2 - Provedení s nalisovaným kluzným pouzdem	27
Obr. 19 - Varianta B3 - Provedení s našroubovaným kolíkem	27
Obr. 20 – Varianta C1 – provedení s výměnnými deskami	28
Obr. 21 - Varianta C2 – provedení s drážkou	28
Obr. 22 - Konstrukční varianta posuvu přítlačného válce C3	29
Obr. 23 - Zvolená varianta ohýbačky [17].....	30
Obr. 24 - Princip ohýbání pomocí ohýbacího nástroje.....	31
Obr. 25 - Nosník zatížen silou F_{RAM} a silou F_S	31
Obr. 26 - Háček 400 - obecně.....	32
Obr. 27 - Výpočet vzdálenosti a	33
Obr. 28 - Nosník s převislým koncem	34
Obr. 29 - Kritické místo otočné páky.....	37
Obr. 30 - Kritické místo přítlačného válce.....	38
Obr. 31 - Teleskopická část otočné páky	40
Obr. 32 – Uchycení teleskopického systému otočné páky (pohled z boku v řezu a pohled shora).....	40
Obr. 33 - Schematický pohled na teleskopickou páku	41
Obr. 34 - Vysouvací rozměry.....	41
Obr. 35 – Znázornění na otočné páce a určení parametrů v , f , $M(v)$ a $M(f)$	41
Obr. 36 - Výpočet napětí v kritickém místě 1	42
Obr. 37 - Výpočet napětí v kritickém místě 2	43
Obr. 38 - MKP 1. Varianta	45

Obr. 39 - MKP simulace varianty 1	46
Obr. 40 - Výsledky MKP výpočtu a kritická místa	46
Obr. 41 - Kritické místo otočné páky	48
Obr. 42 - Teleskopická část otočné páky	49
Obr. 43 - Vysouvací rozměry s nově zvolenými délkami trubek	49
Obr. 44 – Znázornění na otočné páce a určení parametrů v , f , $M(v)$ a $M(f)$	49
Obr. 45 - Výpočet napětí v kritickém místě 1	50
Obr. 46 - Výpočet napětí v kritickém místě 2	51
Obr. 47 - MKP varianta 2 (pohled v řezu)	53
Obr. 48 - MKP simulace varianta 2	54
Obr. 49 - Maximální hodnota napětí - varianta 2	54
Obr. 50 - Znázornění vzdálenosti u	55
Obr. 51 - MKP simulace - varianta 3	56
Obr. 52 - Maximální hodnota napětí varianta 3	56
Obr. 53 - Finální vizualizace ruční ohýbačky žlabových háků (Pohled shora a zespoda)	57

Seznam tabulek

Tab. 1 - Okapové žlaby srovnání dle materiálů [6].....	17
Tab. 2 - Základní parametry žlabových háků [7].....	18
Tab. 3 - Varianta A1 - klady a zápory.....	24
Tab. 4 - Varianta A2 - klady a zápory.....	25
Tab. 5 - Varianta A3 - klady a zápory.....	26
Tab. 6 – Varianta B1 – klady a zápory	26
Tab. 7 - Varianta B2 – klady a zápory	27
Tab. 8 - Varianta B3 – klady a zápory	27
Tab. 9 - Varianta C1 – klady a zápory	28
Tab. 10 - Varianta C2 – klady a zápory	28
Tab. 11 – Varianta C3 - klady a zápory	29
Tab. 12 - Zhodnocení variant a výběr varianty konstrukčního provedení ruční ohýbačky	29
Tab. 13 - Materiálové hodnoty háku [19]	32
Tab. 14 - Rozměry háku [7].....	32
Tab. 15 - Hodnoty pro výpočet nosníku	34
Tab. 16 - Rozměry háku 400 [7].....	36
Tab. 17 - Materiálové hodnoty a výsledky pro žlabový hák 400 [21] [19].....	36
Tab. 18 - Vlastností zvoleného materiálu a rozměry	37
Tab. 19 - Vlastností zvoleného materiálu a rozměry [19].....	38
Tab. 20 - Hodnoty pro výpočet únosnosti šroubu [22]	39
Tab. 21 – Vstupní hodnoty pro výpočet napětí navařené trubky	42
Tab. 22 - Vstupní hodnoty pro výpočet napětí vložené trubky	43
Tab. 23 - Zvolené rozměry a materiál trubek - shrnutí	44
Tab. 24 - Nevyhovující a nově zvolené rozměry	47
Tab. 25 - Vlastností zvoleného materiálu a rozměry	48
Tab. 26 – Vstupní hodnoty pro výpočet napětí	50
Tab. 27 - Vstupní hodnoty pro výpočet napětí vložené trubky	51
Tab. 28 - Zvolené rozměry a materiál trubek – shrnutí.....	52

Seznam použitých zkratk a symbolů

r_{p1}	poloměr ohybu před odpružením	mm
α	úhel ohybu	°
γ	úhel odpružení	°
R, r	poloměr ohybu po odpružení	mm
t	tloušťka žlabového háku	mm
s	šířka žlabového háku	mm
K	součinitel pro výpočet úhlu odpružení a poloměru r_p	-
D_p	průměr žlabového háku před odpružením	mm
a	vzdálenost pevného kotouče od přitlačného válce	mm
σ_o	ohybové napětí vznikající ve žlabovém háku	MPa
c	součinitel zpevnění	-
l_{nav}	navinovaná délka	mm
W_o	průřezový modul v ohybu	mm ³
J_x, J_z	kvadratický moment	mm ⁴
e_T	vzdálenost od těžiště	mm
M_o	ohybový moment	Nmm
R_{ay}	reakce v bodě A ve směru Y	N
R_{ax}	reakce v bodě A ve směru X	N
F_{RAM}	ovládací síla	N
F_s, F_o, F_T	síla namáhající přitlačný válec a její smyková a tahová složka	N
l	délka ramena	mm
σ	normálová napětí	MPa
τ	tečná napětí	MPa
σ_D	dovolené napětí	MPa
σ_{RED}	redukované napětí	MPa
S	plocha průřezu	mm ²
d_j	jmenovitý průměr	mm
R_m	mez pevnosti materiálu	MPa
R_e	mez kluzu materiálu	MPa
k	součinitel bezpečnosti	-
D_{min}	délka vyfrézovaného osazení na plocháči	mm

Úvod

Tématem bakalářské práce je konstrukce ruční ohýbačky okapových háků. Jedná se o jednoduché, ručně ovládané zařízení. Ohýbačka pracuje na principu ohnutí (navinutí) polotovaru okolo pevného kotouče za pomoci ovládací otočné páky. Žlabový hák je součástí střešního systému, jehož úkolem je uchycení okapového žlabu na střeše ve stálé poloze.

Bakalářská práce je rozdělena na tři části.

První část práce tvoří rozsáhlá rešerše, která zmiňuje všechny okruhy související s tématem zadání:

- rozbor okapového systému
- nejčastěji používané typy žlabových háků včetně jejich materiálů a rozměrů
- základy technologie tváření ohýbáním
- stroje používané pro výrobu žlabových háků

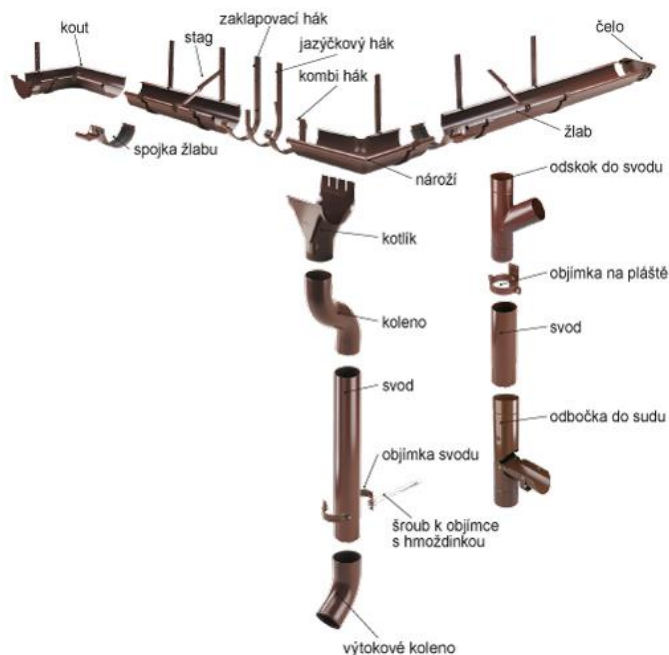
Ve druhé části práce jsem uvedl různé možnosti konstrukčních provedení celkové podoby ruční ohýbačky a vybraných funkčních součástí. Z těchto variant jsem na základě srovnávací tabulky vybral tu optimální variantu a té jsem se ve své práci nadále věnoval. Je zde také uveden základní výpočet ohýbačky nezbytný pro nadimenzování a kontrolu funkčních rozměrů nacházející se také v této kapitole.

V poslední části práce jsem vytvořil 3D model ruční ohýbačky v CAD programech Autodesk Inventor a Siemens NX. Tento 3D model jsem podrobil MKP analýze a díky výpočtu zjistil, co je třeba změnit, nebo upravit pro dosažení optimálních a provozuschopných výsledků ohýbačky. V závěru práce jsem pomocí Inventoru vytvořil výkresovou dokumentaci obsahující výkres sestavy, seznam položek a výrobní výkresy pro vyráběné části ruční ohýbačky.

1. Okapový systém

Nedílnou součástí střešního celku (střechy) je okapový systém, jehož účelem je odvedení dešťové vody ze střechy. Okapový systém znázorněný na obrázku 2 se skládá z těchto komponent: [1]

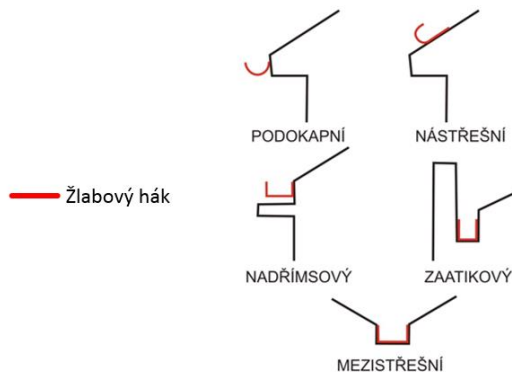
- Výtokové koleno – Nejníže položená část okapového systému sloužící pro odvod vody do terénu, nebo do kanalizace.
- Svod – Svodová roura sloužící pro svedení dešťové vody z okapového žlabu.
- Odskok svodové roury – Odskok se používá v případě soklu.
- Koleno – Koleno se používá z důvodu změny trajektorie svodu okapu.
- Kotlík – Kotlík slouží pro odvod vody ze žlabu do svodové roury.
- Žlab – Žlab slouží pro zachycení a vedení dešťové vody tekoucí ze střechy.
- Čelo – Čelo slouží pro uzavření okapového žlabu.
- Žlabový hák - Žlabový hák slouží pro upevnění okapových žlabů a také pro určení spádu okapového žlabu podle sklonu střechy.



Obr. 1 - Okapový systém SATJAM Niagara [2]

Klíčovým prvkem okapového systému pro tuto práci je žlabový hák, jehož prostřednictvím je okapový žlab ke střeše připevněn. Samotný hák je pak upevněn hřeby, nebo šrouby do střešních latí a trámů.

Současný sortiment nabízí různá provedení okapového systému včetně mnoha konstrukčních řešení upevnění žlabových háků. Mezi nejpoužívanější konstrukční provedení patří podokapní, případně nadřímsově provedení. V obou případech okapový systém upevňujeme pomocí háků zašroubovaných do římsy (krokve). Zaatikové, nástřešní a mezistřešní provedení patří mezi méně používané konstrukční provedení. [3]



Obr. 2 - Názvoslovní typů žlabů z hlediska umístění na střeše. [3]

2. Žlabové háky

Další část práce bude věnována rešerši samotných žlabových háků. V této kapitole uvedu nejpoužívanější materiály, rozměry a typy žlabových háků.

2.1. Materiály

K výrobě žlabového háku se používá plochá tyč různých druhů materiálů. Standardní žlabové háky se vyrábějí z měkké oceli (11 373) dle EN 10025, EN 10111, z korozivzdorné oceli (17 240) EN 10088-2, nebo z hliníkových slitin a mědi. Pro výrobu háků lze použít i z tzv. neměkčený polyvinylchlorid (PVC-U) odpovídající požadavkům dle EN 607. [4]

Žlabové háky se vyrábějí také z tzv. titanžinku – materiálu budoucnosti. Titanžinek vzniká sloučením titanu s mědí. Tato sloučenina je následně přimíchána do zinku a dodá mu tak potřebnou pevnost a tvarovou stálost. Z důvodu velmi nízké energetické náročnosti při výrobě je titanžinek považován za nejekologičtější materiál z jakého lze okapový systém vyrobit. Mezi další výhody tohoto materiálu patří například bezúdržbový provoz a vysoká životnost v délce cca. 60 let, a to i bez povrchové úpravy konečných produktů. [5]

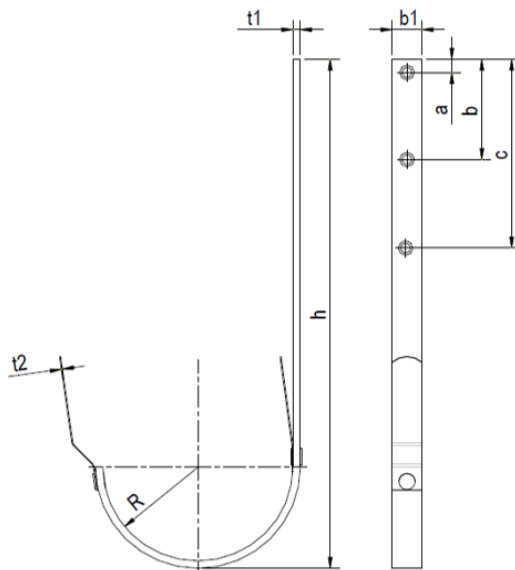
Na rozdíl od zmíněného titanžinku nejsou ostatní používané materiály odolné vůči korozi. Proto se povrch žlabových háků zpracovává buď žárovým pozinkováním, nebo potahuje pružným plastovým povlakem, práškovou barvou (Komaxit) v požadovaném odstínu. Srovnání materiálů, z nichž se žlabové háky vyrábějí, podle zvolených kritérií uvádí Tab. 1.

Tab. 1 - Okapové žlaby srovnání dle materiálů [6]

	Měď	Ocel	Hliník	PVC	Titanžinek
Přibližná cena za ks.	164 – 322 Kč	32 – 39 Kč	129 – 135 Kč	83 – 120 Kč	79,90 Kč
Životnost	70 let a více	20 let	40 let	30 let	60 let
Výhody	bezúdržbové, dlouhá životnost	nízká cena	bezúdržbové	bezúdržbové	bezúdržbové, dlouhá životnost
Nevýhody	vysoká cena	nízká životnost, nutnost povrch. úpravy		nízká životnost	

2.2. Rozměry

Na základně internetové rešerše jsem zvolil celkem čtyři nejpoužívanější typy žlabových háků. Rozměry háků včetně jejich označení shrnuje Tab. 2.

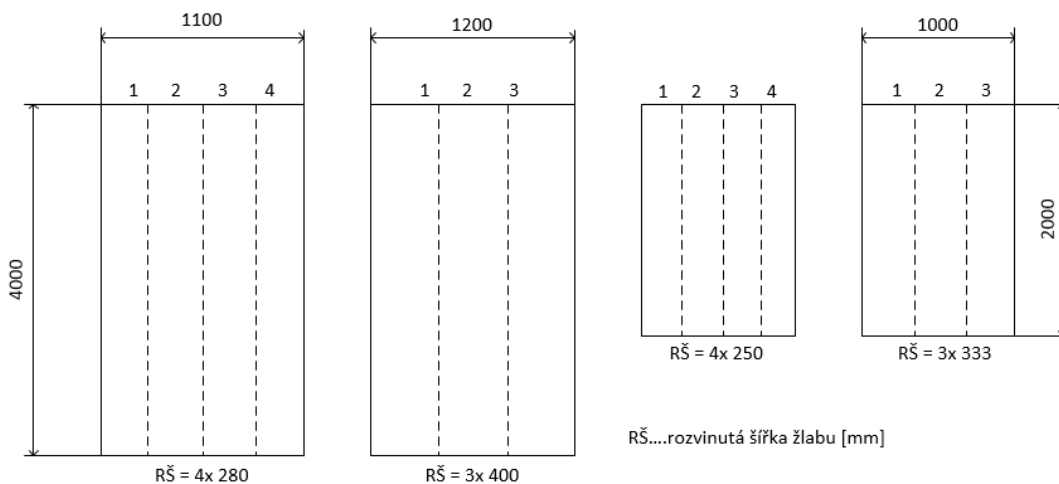


Obr. 3 - Žlabový hák - obecné rozměry háků [7]

Tab. 2 - Základní parametry žlabových háků [7]

Označení háku [mm]	a	b	c	b ₁	t ₁	t ₂	h	R
400	15	75	135	25	6	0,55	415	95
333	15	75	135	30	5	0,55	376	75
280	15	75	135	30	5	0,55	355	62,5
250	15	76	135	25	5	0,55	335	50

Označení žlabových háků znamená rozvinutou šířku žlabu v [mm] vyrobenou z výchozí tabule plechu beze zbytku materiálu viz Obr. 4.



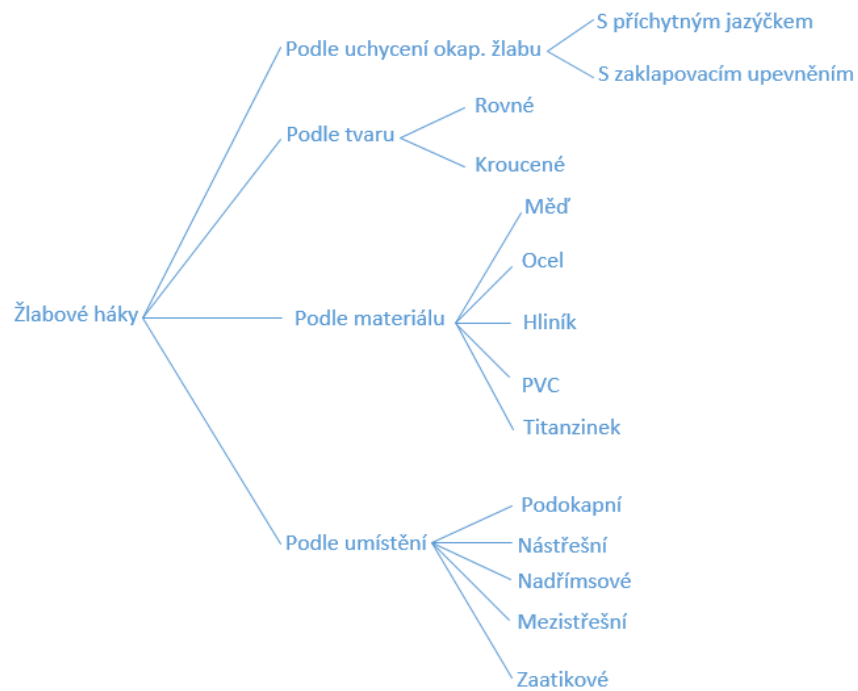
Obr. 4 – Znázornění rozměrů označení žlabových háků

Ve své práci budu tedy uvažovat nepoužívanější materiály pro okapové háky a to:

- ocel (11 373),
- hliník (6061),
- měď (zejména pro variantu Háček 280)
- nerezovou ocel (17 240).

2.3. Typy žlabových háků

Základní rozdělení žlabových háků znázorňuje Obr. 5.



Obr. 5 - Základní rozdělení žlabových háků [8] [9] [4] [1]

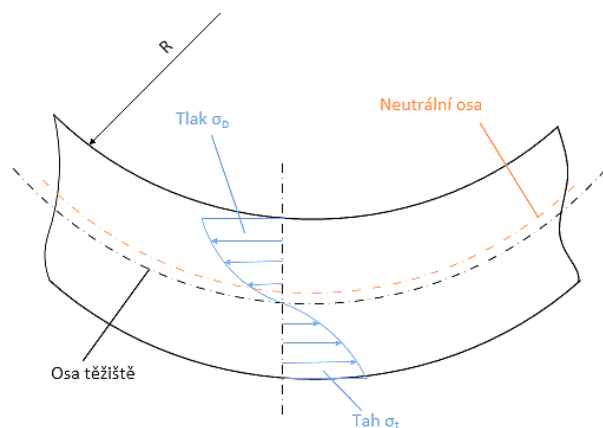
3. Technologie ohybu-obecně

Ohyb žlabového háku je realizován technologickým procesem, nazývaným, tvářením materiálu ohýbáním. Tvářením je technologická operace, při které dochází k cílené změně tvaru výrobku a také jeho mechanických vlastností. Změnu tvaru výrobku způsobuje působení vnějších sil vyvozených ohýbacím strojem. Celý proces probíhá bez odběru třísek tzn. bez úbytku materiálu, což je také jedna z výhod tvářecích operací. Podstatou tvářením je vznik plastických deformací materiálu, ke kterým dochází při dosažení napětí na mezi kluzu pro daný materiál. [10]

3.1. Technologie plošného tvářením – ohýbání

Plošné tvářením neboli ohýbání je řazeno do kategorie tvářením za studena. [10] Tvářením za studena je proces probíhající pod rekrystalizační teplotou (pro čisté kovy činí 35 – 45% teploty tavením udávané v Kelvinech) [11]. Při tomto procesu dochází ke zpevňování materiálu. Při procesu zpevňování dochází ke zvyšování mechanických vlastností, tj. meze pevnosti a meze kluzu. Mezi klady tvářením za studena patří vysoká přesnost rozměrů a kvalitní povrch a již zmíněné maximální využití materiálu. Naopak zápory této technologie představují nutnost použití velkých tvářecích sil a omezenou tvárnost materiálu. [10]

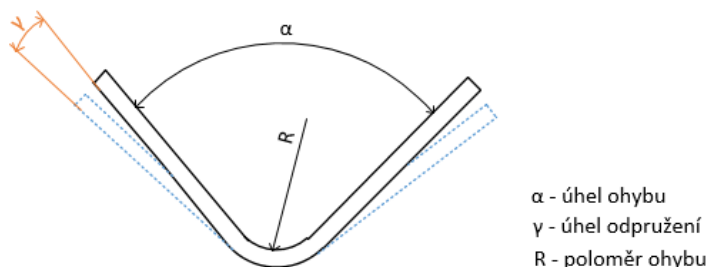
Při tvářením ohýbáním působí na ohýbaný předmět tahové a tlakové napětí současně. Tah působí na straně natahované a tlak na straně smršťované. Původní délka zůstane zachována pouze ve střední části v tzv. neutrální ose, kde není žádné napětí a při ohýbání se neprodlouží, ani nezkrátí, viz Obr. 6. V průběhu ohybu je dosaženo plastické deformace. [11] Podmínkou pro trvalý ohyb je namáhání materiálu alespoň na mezi kluzu. Pro tento technologický proces používáme nástroje zvané ohýbadla a stroje s názvem ohýbačky. Při procesu ohýbání je nutné uvažovat s tzv. odpružením materiálu. [12]



Obr. 6 - Rozložení a velikost napětí v materiálu [13]

3.2. Odpružení při ohýbání za studena

Ve chvíli, kdy na polotovar přestaneme působit ohýbací silou, se materiál snaží vrátit do původního tvaru před ohnutím viz Obr. 7. Tomuto jevu říkáme odpružení. Odpružení se po odlehčení projeví zvětšením úhlu alfa o úhel odpružení gamma. Hodnota úhlu gamma je dána tvárností materiálu, poloměrem ohybu, nebo způsobem ohýbání. [13]



Obr. 7 - Odpružení materiálu pro ohyb do tvaru V a U [13]

4. Ohýbací nástroje a stroje

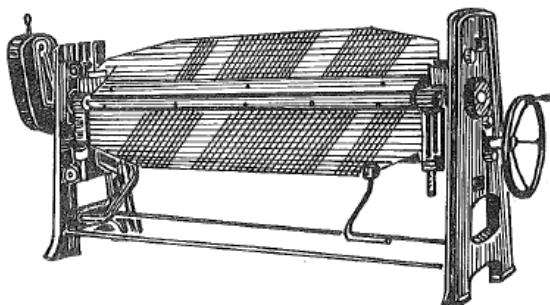
K výrobě žlabových háků se používají ruční, nebo polo-automatizované stroje určené zejména k sériové výrobě. [8] Ohýbací stroje pro výrobu žlabových háků představují jednoduchý výrobní nástroj, který se liší technologií výroby:

- **Technologie ohýbáním** - Jednoduchý přípravek, kde se výrobek upíná buď do svěráku, nebo na pracovní stůl pomocí upínek. Princip výroby spočívá v ukotvení jednoho konce ploché tyče do přípravku a v ohýbání druhého konce dle požadovaného rozměru (průměru háku). Tento postup je vhodný pouze pro kusovou výrobu háků. Na každý typ háku musí být samostatný přípravek viz Obr. 8.



Obr. 8 – Ruční ohýbací přípravek

- **Technologie navinování** - Princip těchto typů strojů spočívá v tzv. ohýbání navinování. Jedná se o proces, kdy je plech pevně sevřený mezi pevnou a přítlačnou čelistí a následně je ohýbán (navinován) okolo čelistí hranou otočné desky na požadovaný rozměr. Tyto stroje se využívají pro ohýbání velkých tabulí plechu (délky 2000,4000 a 6000 mm), pro výrobu okapových žlabů, nebo pro různé klempířské lemování a oplechování. [8]

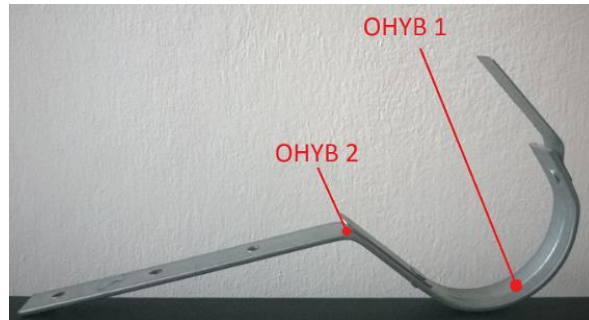


Obr. 9 - Ruční univerzální ohýbací stroj [8]

4.1. Ruční ohýbačky žlabových háků

Pod výše uvedeným pojmem si představíme ruční jednoúčelové ohýbadlo používané pro výrobu žlabových háků dle požadovaného rozměru okapového žlabu. Podle Obr. 10 jsou na háku patrné celkem dva ohyby. Pro každý z nich je charakteristická odlišná technologie výroby, a s tím související využití ohýbaček odlišné konstrukce.

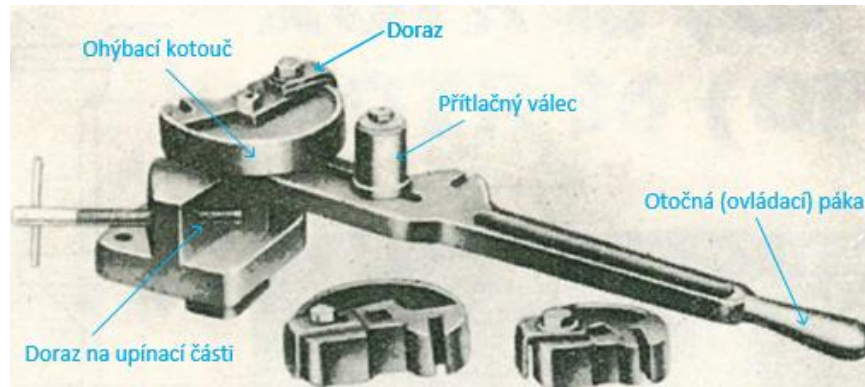
- Ohyb 1 – technologie ohýbání navíjením viz Obr. 11
- Ohyb 2 – technologie ohýbání prostým ohybem viz Obr. 12,13



Obr. 10 - Znáornění ohybů provedených na podokapním žlabovém háku s přichytnými jazýčky

4.1.1. Postup výroby ohybu 1 - Konstantní ohyb dle požadovaného rozměru

Do dorazu ohýbačky se vsune rovná plochá tyč (viz Obr. 11). Tento polotovár je v dorazu na kotouči zafixován stavěcím šroubem. Polotovár se postupně pomocí pákového mechanismu a přítlačného válce navine kolem ohýbacího kotouče, až dosáhne dorazu na upínací části. Kotouče se vyrábí v různých průměrech dle toho, jaký průměr požadujeme vyrobit.

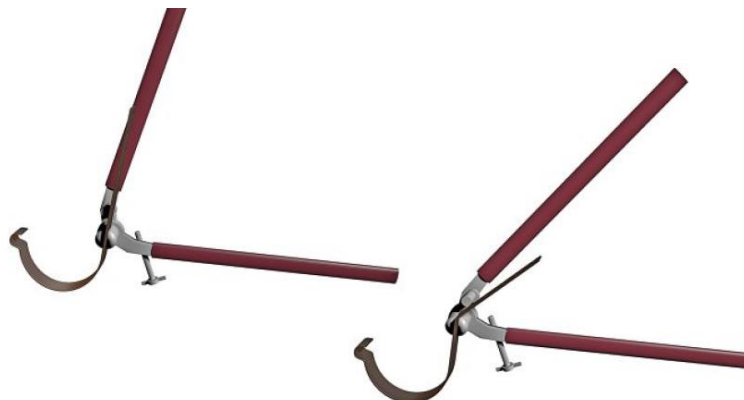


Obr. 11 - Ohýbačka žlabových háků pro ohyb č. 1 [14]

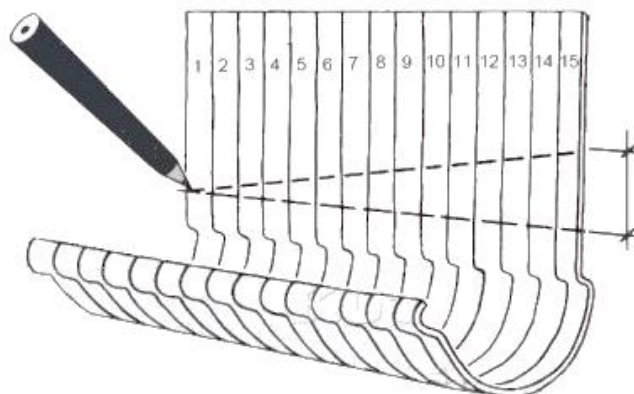
Zbývající část práce bude věnována konstrukci ruční ohýbačky žlabových háků právě pro typ ohybu 1.

4.1.2. Ohyb 2 – Proměnný ohyb dle spádu okapového žlabu a úhlu střechy

Rozdíl oproti postupu výroby ohybu 1 spočívá v tom, že do ohýbačky se vsune polotovár s již vyrobeným ohybem 1. Polotovár se poté pomocí horní páky a dvojicí válců (mezi kterými je vsunut) ohne o požadovanou hodnotu. Využívá se v případech, když již známe úhel (spád) střechy. Právě tento parametr nám definuje úhel ohybu 2 na rozdíl od ohybu 1, kdy je údaj daný průměrem háku. Spád okapového systému by měl být 5 až 10 mm na 1000 mm. (viz Obr. 13)



Obr. 12 - Ohýbačka pro ohyb č. 2 společně s vsunutým hákem [15]



Obr. 13 - Sada žlabových háků se znázorněným sklonem střechy [16]

Ohyb 2 lze také velmi efektivně vyrobit pomocí ručního univerzálního ohýbacího stroje (Obr. 9). Háky jsou do ohýbacího stroje nastrčené, tak jak jde spád střechy. Ohyb je poté proveden pro všechny háky najednou. Počet háků je dán délkou střechy. Optimální vzdálenost mezi háky je cca 900 mm.

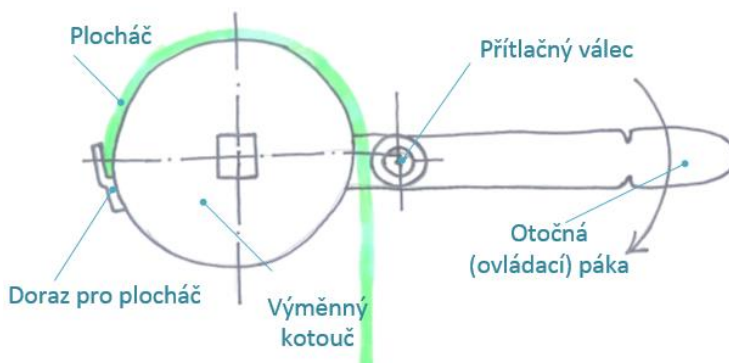
5. Variantní řešení konstrukce ohýbačky

V následující části práce se budu zabývat konstrukčním řešením vybraných prvků ruční ohýbačky žlabových háků. Konkrétně celkovou koncepcí ohýbačky, přítlačným válcem a posouváním přítlačného válce pro výrobu háků ostatních (výše uvedených) rozměrů. Ohýbačka žlabových háků je jednoduché zařízení tvořené otočnou pákou, přítlačným válcem a kotoučem, kolem kterého se navinuje žlabový hák. Jedná se o součást určenou pro ruční výrobu žlabových háků v domácím popř. malém dílenském prostředí. To znamená, že mnou navrhovaná ohýbačka je koncipována tak, aby šla co nejsnadněji vyrobit, popřípadě opravit v domácích podmínkách. Ve své práci nejdříve definuji různé varianty provedení vybraných konstrukčních celků, z nichž v závěru této kapitoly vyberu tu nejvhodnější kombinaci. Zvolenou kombinaci budu uvažovat ve zbytku svoji práce.

5.1. Varianty celkové koncepce

5.1.1. Varianta A1 – Provedení s otočnou pákou

Provedení s otočnou pákou se řadí mezi nejpoužívanější a nejjednodušší systém ruční ohýbačky na háky okapových žlabů založený na principu navijení ocelového pásu kolem kotouče. Navijecí proces je vyvolán působením ovládací síly na konci otočné páky. Pás je kolem kotouče obtočen (navinut) díky přítlačnému válci, jak demonstruje Obr. 14. Výhody a nevýhody této varianty oproti ostatním najdeme v tabulce č. 3.



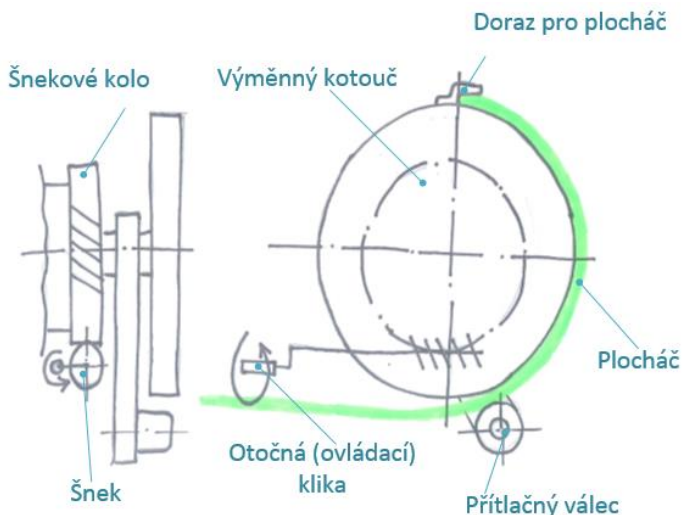
Obr. 14 - Varianta A1 - Provedení s otočnou pákou

Tab. 3 - Varianta A1 - klady a zápory

Klady	Zápory
Jednoduchost konstrukce	Nutno vykonat sílu pro pohyb s pákou
Snadná ovladatelnost	Nutný větší pracovní prostor
Nízká cena	

5.1.2. Varianta A2 – Provedení se šnekovým kolem

U této konstrukční varianty jsem nahradil otočnou páku šnekovým převodem, který je ovládán klikou. Princip varianty A2 je totožný s variantou A1, ovšem namísto přítlačného válce se otáčí kotouč. Výhodou této varianty je snížení fyzické námahy díky ozubenému kolu a šneku. Nevýhodou jsou vyšší náklady na výrobu ozubení. Další výhody a nevýhody této varianty najdeme v tabulce č.4.



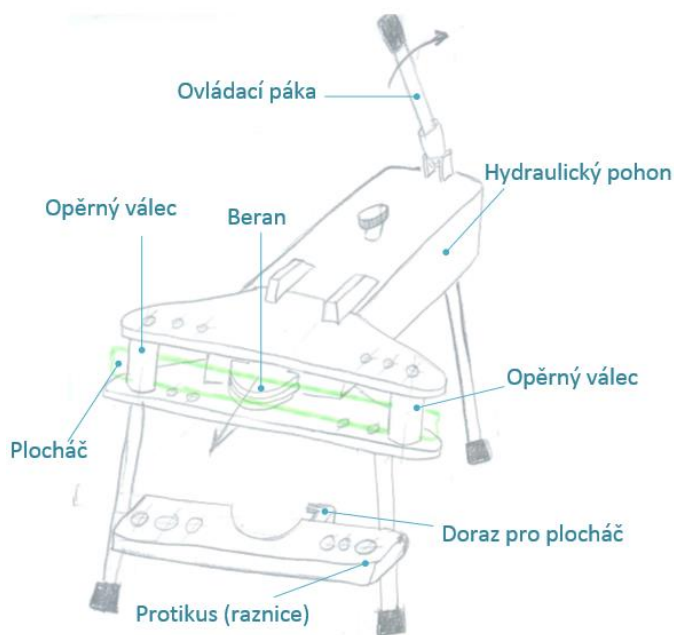
Obr. 15 - Varianta A2 - Provedení se šnekovým převodem

Tab. 4 - Varianta A2 - klady a zápory

Klady	Zápory
Vyvození menší síly díky šnekovému systému	Složitější (nekonvenční) konstrukce
Snadná ovladatelnost	Nutnost mazání
Mobilita zařízení	Vysoká cena
	Nižší účinnost převodu

5.1.3. Varianta A3 – Ruční hydraulická ohýbačka žlabových háků

Tato ohýbačka byla původně určena k ohýbání trubek. Jednoduchou úpravou ji lze použít i pro ohyb žlabových háků. Princip hydraulické ohýbačky spočívá v posuvném beranu, který působí silou na vloženou plochou tyč. Pás je z druhé strany podepřen protikusem, který kopíruje požadovaný tvar háku. Ohýbací síla je vyvozena hydraulicky (pumповáním ovládací pákou). Pomocí této ohýbačky lze na žlabovém háku rovnou vyrobit zpevňovací prolis (pro zajištění stálosti tvaru háku) díky speciálně tvarovanému beranu. Nevýhodou tohoto způsobu řešení je maximální možný ohyb 180° viz Tab. 5.



Obr. 16 - Varianta A3 - Provedení s hydraulickým pohonem

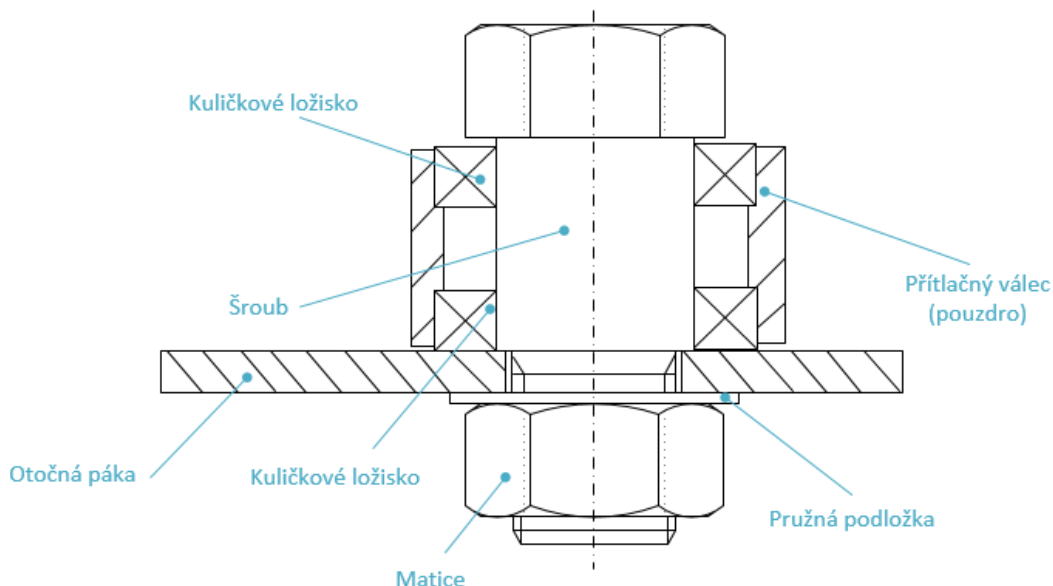
Tab. 5 - Varianta A3 - klady a zápory

Klady	Zápory
Přímá možnost výroby zpevňovacího prolisu	Složitá konstrukce
Snadná ovladatelnost díky hydraul. systému	Vysoká cena
	Maximální ohyb 180°

5.2. Variantní řešení konstrukce přítlačného válce

5.2.1. Varianta B1

V této variantě je základem přítlačného válce šroub, který je prošroubován skrze otočnou páku a upevněn maticí. Otáčení přítlačného válce je umožněno dvěma kuličkovými ložisky. Ložiska jsou uložena do osazení vytvořeného v pouzdře. Na základě sil vyvozených odporem ohýbaného materiálu je třeba zvolit ložiska s dostatečnou statickou únosností. Pro tuto variantu jsem zvolil kuličkové ložisko jednořadé – LOŽISKO 6001 ČSN 02 4630. Statická únosnost ložiska je 2200 N.



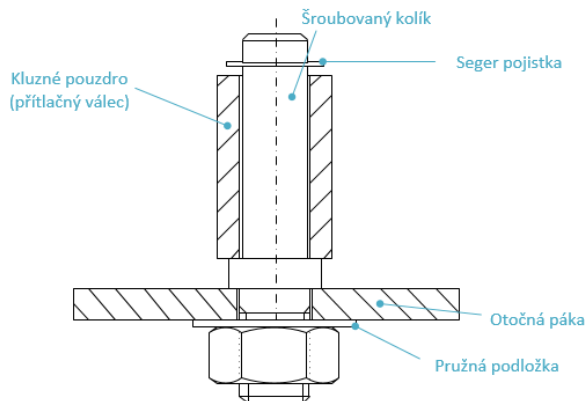
Obr. 17 - Varianta B1 - Provedení s dvěma kuličkovými ložisky

Tab. 6 – Varianta B1 – klady a zápory

Klady	Zápory
Plynulé otáčení díky uložení v ložiskách	Složitá výroba
	Vysoká cena
	Zbytečně složité

5.2.2. Varianta B2

Jedná se o jednodušší řešení než v předchozí variantě. V konstrukční variantě B2 je na otočnou páku našroubován jednoduchý kolík s osazením. Nad osazením je nasunuto samomazné kluzné pouzdro, které snižuje tření při ohýbání háku. U této varianty lze využít i jiných materiálů než ocel. Kluzné pouzdro lze například vyrobit z teflonu, který má velmi dobré kluzné vlastnosti.



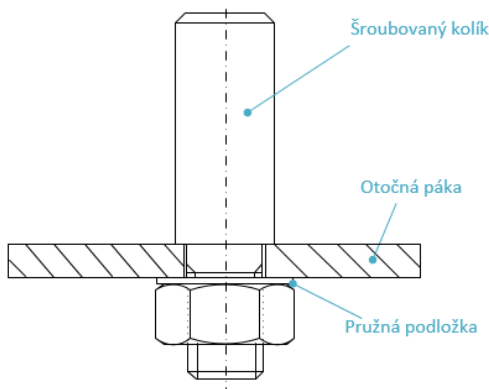
Obr. 18 - Varianta B2 - Provedení s nalisovaným kluzným pouzdem

Tab. 7 - Varianta B2 – klady a zápory

Klady	Zápory
Zajištění nízkého tření díky kluznému pouzdru	
Jednoduchost řešení	

5.2.3. Varianta B3

Konstrukční varianta přítlačného válce B3 je zjednodušení konstrukční varianty B2. Uchycení k otočné páce je opět vyřešeno závitem a maticí. V této variantě jsem odebral kluzné pouzdro a nechal pouze samotný kolík. Jedná se o konstrukčně nejjednodušší variantu. Z důvodu třecích vlastností kolíků musí být vyroben z bronzu, nebo z kalené oceli (12050).



Obr. 19 - Varianta B3 - Provedení s našroubovaným kolíkem

Tab. 8 - Varianta B3 – klady a zápory

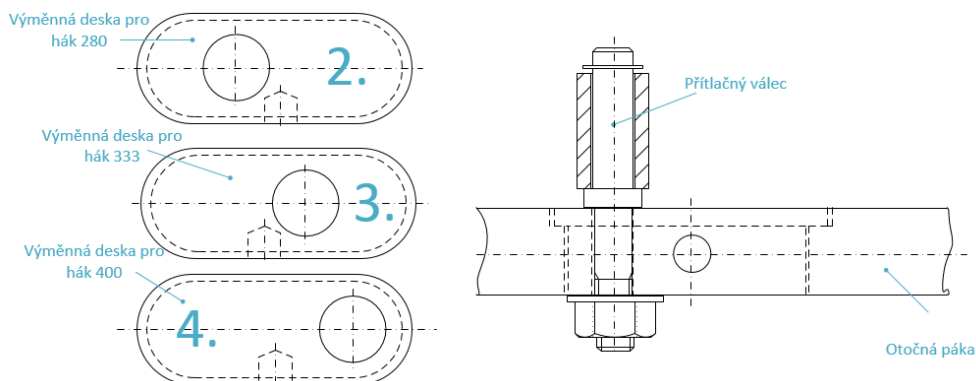
Klady	Zápory
Jednoduchost řešení	Vysoké tření
Nejlevnější varianta	Musí být vyrobeno z jiného materiálu než ocel
Snadná a nenáročná výroba	

5.3. Variantní řešení posuvu přítlačného válce

5.3.1. Varianta C1

V této konstrukční variantě jsem problém s posouváním přítlačného válce vyřešil pomocí výměnných desek. Každá deska má vyrobený průchozí otvor pro přítlačný válec ve vzdálenosti odpovídající průměru kotouče plus

prostoru pro polotovar. Deska je uložena volně a je pojištěna proti vypadnutí pomocí tvarového osazení a případně pomocí šroubu na boční straně otočné páky. Uchytení přitlačného válce k matici jde zde řešeno závitem a klasickou šestihrannou maticí. V ojedinělých případech by tato varianta fungovala i bez dotažené matice. Matice je zde z důvodu zamezení samovolného vypadnutí - např. při přenášení.



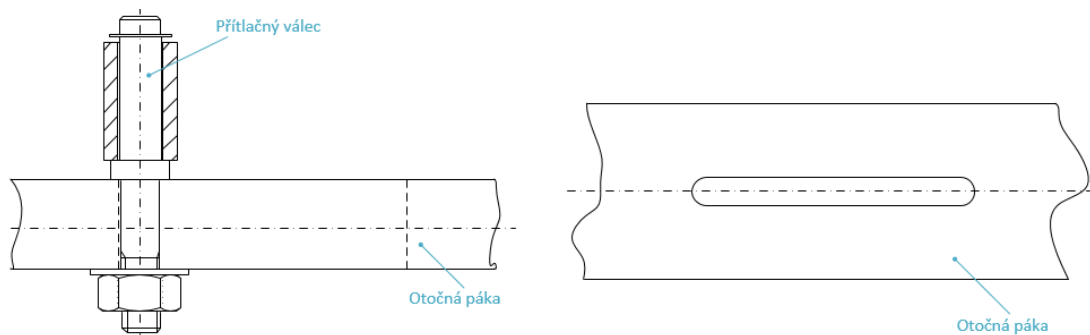
Obr. 20 – Varianta C1 – provedení s výměnnými deskami

Tab. 9 - Varianta C1 – klady a zápory

Klady	Zápory
Jednoduchost řešení	Vysoké tření
	Pracnější výměna desek

5.3.2. Varianta C2

V této variantě jsem posuv přitlačného válce vyřešil průchozí drážkou, do které se zašroubuje přitlačný válec. Po povolení šestihranné matice na spodní straně otočné páky je možné s válcem pohybovat v rozsahu délky drážky. Jakmile bude nastavena zvolená vzdálenost je nutno šestihrannou maticí opět dotáhnout z důvodu fixace polohy. Bude tak umožněno nastavení optimální vzdálenosti pro výrobu zvoleného průměru háku.



Obr. 21 - Varianta C2 – provedení s drážkou

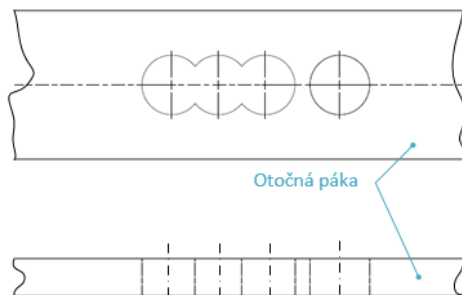
Tab. 10 - Varianta C2 – klady a zápory

Klady	Zápory
Jednoduché řešení	Možnost samovolného posunutí při nedotažení matice
Nastavení libovolné vzdálenosti válce	Zeslabení průřezu páky vyfrézovanou drážkou → vyšší namáhání páky
Snadná montáž, demontáž	

5.3.3. Varianta C3

Konstrukční varianta C3 je asi nejjednodušším možným provedením této konstrukční skupiny. Jedná se pouze o 4 vyvrtané otvory, do kterých se následně upevní přitlačný válec. Válec bude upevněn maticí. Otvory jsou vyvrtané

ve vzdálenosti odpovídající poloměru kotouče a tloušťky ohýbaného polotovaru. Maximální tloušťka polotovaru je 6 mm.



Obr. 22 - Konstrukční varianta posuvu přitlačného válce C3

Tab. 11 – Varianta C3 - klady a zápory

Klady	Zápory
Jednoduché řešení, výroba	Nemožnost nastavení vzdálenosti pro jiné průměry žlabových háků
Přesné uložení válce	

5.4. Shrnutí a výběr optimální varianty konstrukčního provedení ohýbačky

Ruční ohýbačku žlabových háků jsem si rozdělil celkem na tři z mého hlediska nejdůležitější konstrukční skupiny (části). Pro každou skupinu jsem uvedl několik možností, jak lze konstrukčně daný problém vyřešit. Tyto možnosti jsem stručně popsal a uvedl jejich klady a zápory. Právě z těchto kladů a záporů jsem se rozhodl vycházet při určení finálního konstrukčního provedení ruční ohýbačky žlabových háků. Následně jsem všechny možnosti shromáždil v tabulce Tab. 12. V tabulce Tab. 12 jsem barevně vyznačil možné konstrukční provedení celé ohýbačky, skládající se z výše popsaných možností. Toto provedení jsem pro přehlednost označil barvami a opět ve zkratce shrnul, co provedení obsahuje.

Tab. 12 - Zhodnocení variant a výběr varianty konstrukčního provedení ruční ohýbačky

Celková koncepce ohýbačky	A1	A2	A3
Typ přitlačného válce	B1	B2	B3
Způsob posuvu přitlačného válce	C1	C2	C3

Oranžová konstrukční varianta

Jedná se o konstrukční variantu s vyváženým poměrem kvality a výrobními náklady. Jako celkovou koncepci ohýbačky jsem zvolil variantu A1 s otočnou pákou. Přitlačný válec byl vyřešen variantou B2, což je opět střední cesta mezi funkčností a náročností výroby. Posuv válce jsem vyřešil variantou C3 což je nejjednodušší způsob z uvedených variant. Tato koncepce naprosto dostačuje a splňuje předpoklady pro výrobu běžných háků v domácí nebo malosériové výrobě (menší soukromá dílna).

Zelená konstrukční varianta

Jedná se o velmi jednoduché provedení ohýbačky žlabových háků. Celková koncepce je opět varianta A1 s otočnou pákou. Uchycení přitlačného válce je řešeno variantou B3, což je pouze ocelový kolík našroubovaný do otočné páky. Posuv kolíku jsem vyřešil variantou C3. Tato varianta je vhodná pro nenáročné domácí použití a lze ji i poměrně snadno vyrobit v domácích podmínkách. S touto ohýbačkou se mohou vyrábět pouze určené průměry žlabových háků.

Modrá konstrukční varianta

Ohýbačka žlabových háků této varianty se skládá z variant A3, B3, C3. To znamená, že jde o ruční ohýbačku s hydraulickým pohonem. Jednoduchým uchycení přitlačných válců a jednoduchého řešení posuvu přitlačných válců. Tato ohýbačka je pro náročnější uživatele a je vhodná opět pro firmy, nebo malo – středně sériovou výrobu. U této ohýbačky by bylo možné zavést i pneumatický pohon, což by stroj učinilo automatickým.

Žlutá konstrukční varianta

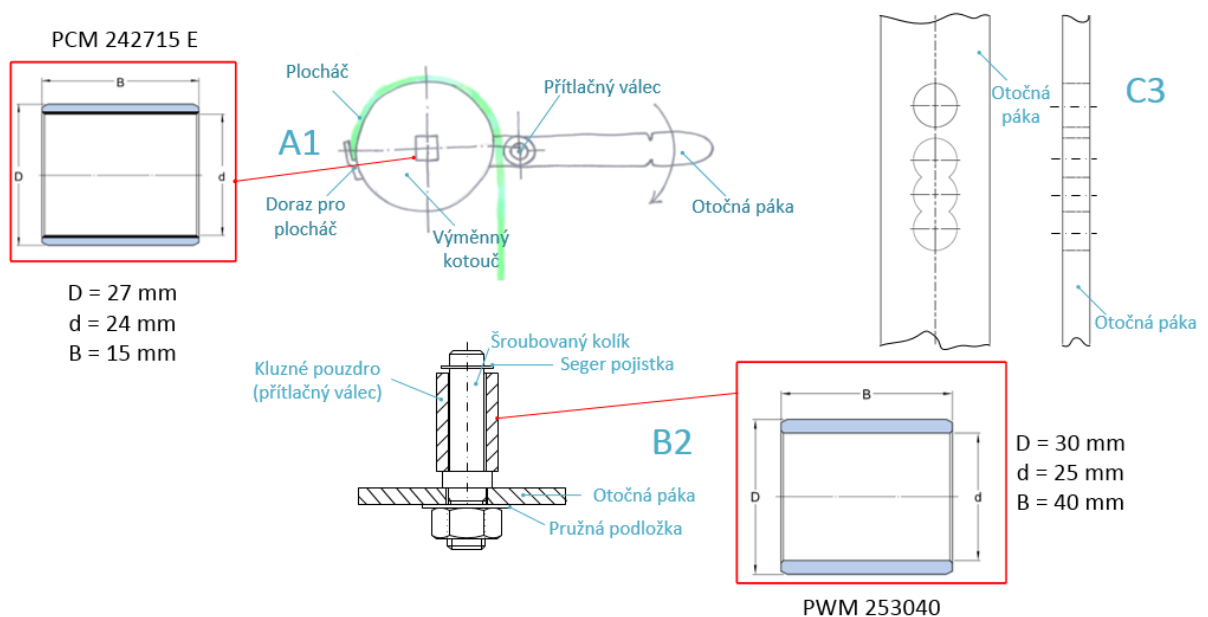
Tato konstrukční varianta se vyznačuje svým nekonvenčním provedením. Skládá se z variant A2, B2, C3. To znamená, že základem této ruční ohýbačky je provedení se šnekovým převodem a otočnou klikou. Přítlačný válec je řešen stejným způsobem jako u první oranžové varianty. Posuv přítlačného válce je proveden konstrukční variantou s vyfrézovanou drážkou.

Zhodnocení a výběr nejlepší varianty

Vzájemným porovnáním čtyř barevně odlišených konstrukčních variant na základě jejich kladů a záporů, dojde k následujícímu závěru. Hlavními přednostmi modré konstrukční varianty je hydraulický pohon a kvalita zpracování. Tyto dva faktory ale dokonale přebije značná náročnost výroby a větší rozměry stroje. Zelená konstrukční varianta je zase úplným opakem modré varianty. Jedná se o nejjednodušší možné provedení ruční ohýbačky, které se ale nevyznačuje příliš velkou kvalitou zpracování. Zelená varianta ohýbačky je vhodná výhradně pro domácí použití, čemuž odpovídá i její jednoduchá výroba. Žlutá varianta ruční ohýbačky žlabových háků nabízí zajímavé provedení a dostačující kvalitu výrobků pro domácí využití. Bohužel, ale také náročnou výrobu (zejména díky výrobě ozubení) což si myslím, že je pro ruční ohýbačku zbytečné.

Oranžová konstrukční varianta, jak už jsem napsal výše je optimální a vyvážená cesta mezi kvalitou zpracování a náročností výroby. Na základě dostačující kvality zpracování nabízí uspokojivou jakost finálního výrobku a na základě nenáročné výroby lze tuto variantu snadno vyrobit a následně i používat v domácích podmínkách. Právě pro tento fakt jsem se rozhodl zvolit jako nejvhodnější právě oranžovou variantu ruční ohýbačky žlabových háků. Nevýhodou této ohýbačky je, že s ní lze díky zvolené možnosti C3 vyrábět jen čtyři výše uvedené druhy žlabových háků. Tyto druhy ale patří mezi nejpoužívanější, takže jsem tomuto problému nepřikládal příliš velkou váhu. Oranžovou kombinaci jsem vybral jako optimální provedení ohýbačky. V pokračování své práce se tedy budu zabývat pouze s touto kombinací viz Obr. 23

Zvolená konstrukční varianta se tedy skládá z těchto možností:



Obr. 23 - Zvolená varianta ohýbačky [17]

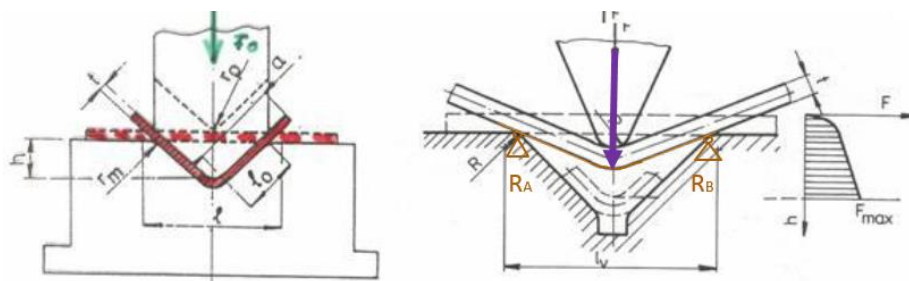
Jako kluzné pouzdro nalisované na kolík jsem zvolil samomazné kluzné pouzdro PWM 253040 s kompozitem. Z důvodu přesného uložení otočné páky jsem zvolil samomazné kluzné pouzdro PCM 242715 E i pod kotouč. Obě pouzdra jsou dodávána firmou SKF. Kluzná pouzdra vynikají bezúdržbovým provozem a dobře odolávají vůči nečistotám a opotřebením. Jsou vhodná pro přenos velkých zatížení. [17]

6. Základní výpočet ohýbačky

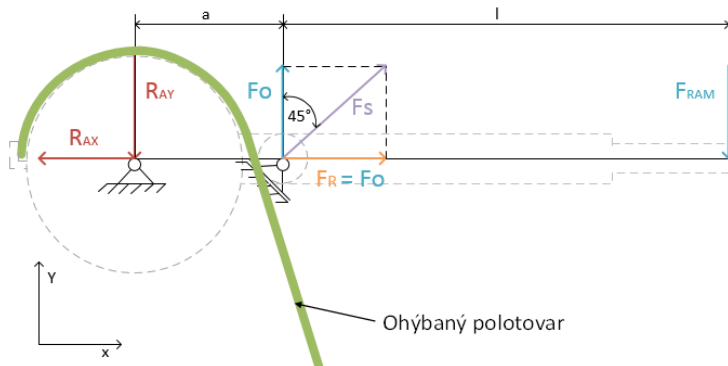
Hák, pro který jsem uvedl názorný výpočet je vyroben z konstrukční nerezové oceli 17 240 a nese označení 400 mm. Jedná se o hák, u kterého jsou očekávány nejvyšší hodnoty výsledků z důvodu nejpevnějšího materiálu a největších rozměrů. Z tohoto důvodu jsem zvolil právě tento rozměr a materiál.

Cílem mého výpočtu bylo zjistit ohybový moment a ohybovou sílu nutnou pro ohnutí polotovaru. Podle toho navrhnout minimální potřebnou délku ramena l pro překonání vypočteného momentu. Dle parametrů daných příslušnou legislativou (z.361/2007Sb.) jsem zjistil max. hmotnost břemena, kterou může dospělý člověk zvedat (tj. 30 kg – muž, 15 kg – žena). Na základě těchto údajů jsem stanovil přibližně poloviční hodnotu a zvolil ovládací sílu F_{RAM} . Délku ramena jsem tedy navrhl tak, aby na jeho konci stačilo působit stanovenou hodnotou ovládací síly F_{RAM} a hák byl bez větší námahy navinut kolem kotouče.

Při návrhu jsem vycházel z klasického plošného ohýbání do tvaru „V“. Tento stav lze přirovnat k nosníku na dvou podporách zatíženého uprostřed silou od ohýbacího nástroje. Této úvahy jsem využil a aplikoval ji na svoji ohýbačku. V případě ruční ohýbačky jsem průběh ohýbání přirovnal k nosníku na dvou podporách s převislým koncem. Tento „nosník“ je zatížen silou F_S (síla vyvozená přítlačným válcem) a ovládací silou F_{RAM} . Síla F_S je rozložena po úhlem 45° na tahovou složku F_R a smykovou složku F_O . Aby byl celý systém v rovnováze musí v podpoře působit reakce R_{AX} a R_{AY} opačným směrem. Síla F_S působí na rameni a , síla F_{RAM} na rameni l .



Obr. 24 - Princip ohýbání pomocí ohýbacího nástroje

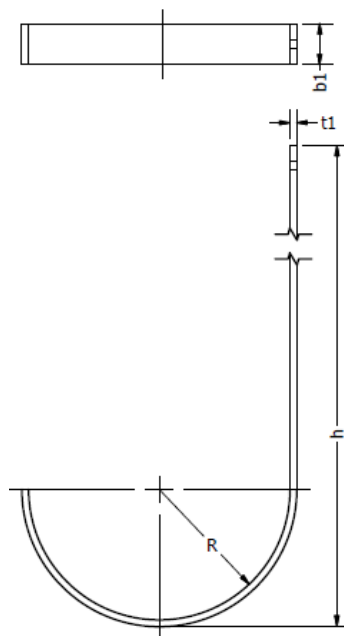


Obr. 25 - Nosník zatížen silou F_{RAM} a silou F_S

Při výpočtu ohybového momentu jsem vycházel ze dvou zdrojů. Prvním zdrojem byla skripta Liberecké univerzity a druhým norma ČSN 227340 – OHÝBADLA – Všeobecné požadavky na konstrukci a výpočet. Výpočet jsem provedl dvěma odlišnými způsoby. Nejdříve však bylo třeba určit hodnoty odpružení a vzdálenost přítlačného válce od kotouče (vzdálenost a viz Obr. 25). Hodnoty odpružení udávají, na jakou hodnotu průměru se budou muset háky ohýbat, aby se poté odpružením dostaly na hodnotu požadovanou. [12] Vzdálenost a bylo potřeba znát pro další postup ve výpočtu.

Pro první způsob výpočtu jsem využil zdroje Liberecké univerzity a spočetl ohybový moment a reakci R_{AY} v ohýbacím kotouči. Poté jsem ze zvolené ovládací síly F_{RAM} vyjádřil minimální délku ramena l potřebnou pro ohnutí žlabového háku. [13]

Pro druhý způsob výpočtu jsem využil znalosti pružnosti a řešil celou problematiku jako nosník s převislým koncem pomocí podmínek rovnováhy a pomocí metody řezu. [18] Celková délka ramena se tedy stanoví jako $l+a$. Jako příklad, zde uvedu výpočet pro žlabový hák o rozměru 400 vyrobený z materiálu 17 240.



Obr. 26 - Hák 400 - obecně

Tab. 13 - Materiálové hodnoty háku [19]

Mat. 17 240	
Re [MPa]	210
Rm [MPa]	520 – 720 → zvoleno 600
E [MPa]	210000

Tab. 14 - Rozměry háku [7]

b = s [mm]	25
h = t [mm]	6
R [mm]	95
D [mm]	190
K [-]	0,97

6.1. Výpočet odpružení při ohýbání [12]

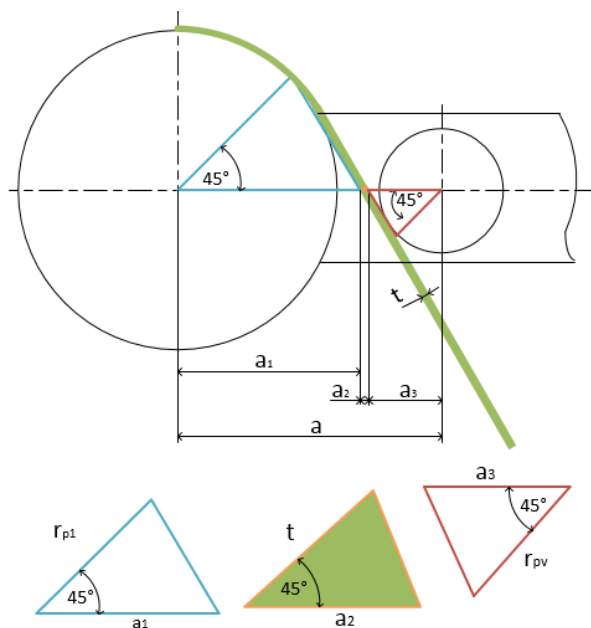
$$\frac{r}{t} = \frac{95}{6} = 15,8\bar{3}$$

6.2. Výpočet přibližné hodnoty poloměru zaoblení r_p při ohýbání bez kalibrace [12]

$$r_{p1} = K * (r + 0,5 * t) - 0,5 * t = 0,97 * (95 + 0,5 * 6) - 0,5 * 6 = 92,06 \text{ mm}$$

$$D_{p1} = 2 * r_{p1} = 2 * 92,06 = 184,12 \text{ mm} = l_{nav}$$

6.3. Výpočet vzdálenosti a



Obr. 27 - Výpočet vzdálenosti a

$$\cos 45^\circ = \frac{r_{p1}}{a_1} \rightarrow a_1 = \frac{r_{p1}}{\cos 45^\circ} = \frac{92,06}{\cos 45^\circ} = 130,1925 \text{ mm}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{t}{a_2} \rightarrow a_2 = \frac{t}{\cos 45^\circ} = \frac{6}{\cos 45^\circ} = 8,4852 \text{ mm}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{r_{pv}}{a_3} \rightarrow a_3 = \frac{r_{pv}}{\cos 45^\circ} = \frac{15}{\cos 45^\circ} = 21,2132 \text{ mm}$$

Pro výpočet parametru a_3 bylo nutné zvolit poloměr přítláčného válce, volím tedy $r_{pv} = 15 \text{ mm}$.

$$a = a_1 + a_2 + a_3 = 130,1925 + 8,4852 + 21,2132 = 159,891 \text{ mm}$$

6.4. První způsob výpočtu - výpočet momentu a reakce R_{AY} dle webu [13]

Napětí vyvozené v ohybu háku je:

$$\sigma_o = Rm * c = 600 * \left(1 + 4 * \frac{s}{l_{nav}}\right) = 600 * \left(1 + 4 * \frac{25}{184,12}\right) = 925,8744 \text{ MPa}$$

Modul průřezu v ohybu háku je:

$$W_o = \frac{J_X}{e_T} = \frac{\frac{1}{12}bh^3}{\frac{h}{2}} = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6}25 * 6^2 = 150 \text{ mm}^3$$

Potřebný ohybový moment pro ohnutí je:

$$M_o = \sigma_o * W_o = 925,8744 * 150 = 138881,16 \text{ Nmm}$$

Reakce v kotouči je:

$$M_o = R_{AY} * a \rightarrow R_{AY} = \frac{M_o}{a} = \frac{138881,16}{159,891} = 868,599 \text{ N}$$

6.4.1. Stanovení maximální síly vyvozené člověkem

$$m = 30 \text{ kg [20]}$$

Člověk (muž) může dle normy jednorázově zdvíhat ze země břemeno a hmotnosti max. 30 kg. Pro výpočet ohýbačky jsem tedy zvolil hodnotu poloviční – 15 kg; 150 N.

$$F_{CLOVEK} = m * g = 30 * 9,81 = 294,3 \text{ N}$$

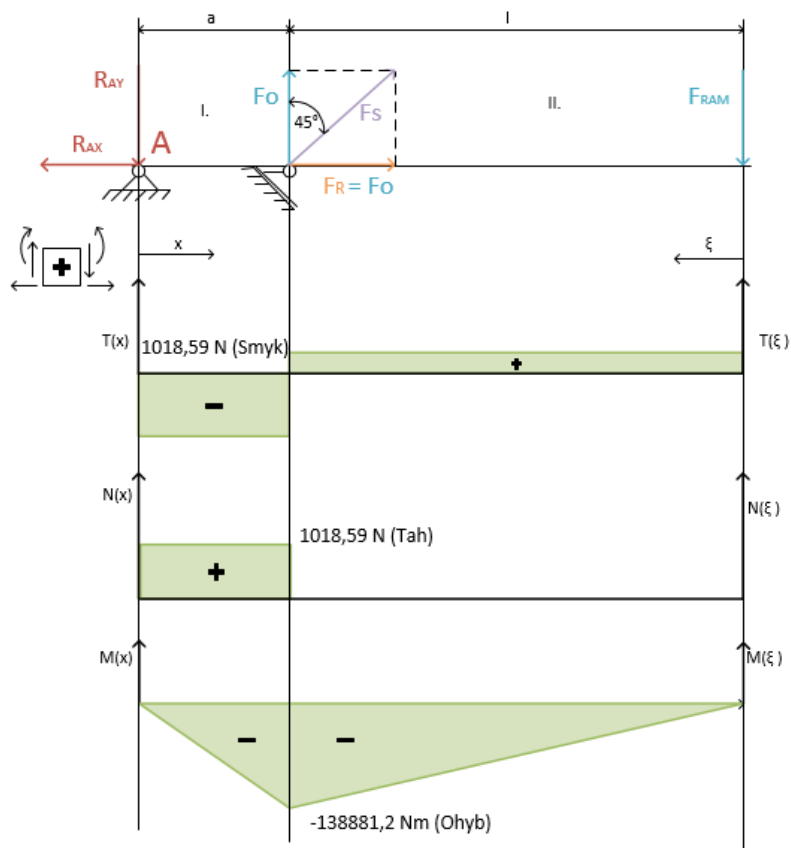
$$F_{RAM} = 150 \text{ N (zvoleno)}$$

6.4.2. Délka ramena l

$$M_O = F_{RAM} * l \rightarrow l = \frac{M_O}{F_{RAM}} = \frac{138881,16}{150} = 925,874 \text{ mm}$$

6.5. Druhý způsob výpočtu – nosník s převislým koncem řešený metodou řezu [18]

Pro výpočet nosníku byla zvolena „znaménková úmluva“, která říká, pokud řeším nosník zleva doprava, potom kladný moment točí po směru hodinových ručiček, kladná posouvající síla jde směrem nahoru a kladná normálová síla směrem vlevo. Pokud řešíme nosník zprava doleva, pak platí podmínka použití kladného znaménka naopak.



Obr. 28 - Nosník s převislým koncem

Z výše provedených výpočtů jsem obdržel hodnoty uvedené v tabulce č. 15

Tab. 15 - Hodnoty pro výpočet nosníku

a [mm]	159,891
l [mm]	925,874
F_{RAM} [N]	150

6.5.1. Podmínky rovnováhy

$$x: R_{AX} - F_R = 0 \rightarrow R_{AX} = F_R = F_O = 1018,599 \text{ N}$$

$$y: F_{RAM} + R_{AY} - F_O = 0 \rightarrow R_{AY} = F_O - F_{RAM} = 1018,599 - 150 = 868,5987 \text{ N}$$

$$A: F_{RAM} * (l + a) - F_O * a = 0 \rightarrow F_O = \frac{F_{RAM} * (l + a)}{a} = \frac{150 * (925,874 + 159,891)}{159,891}$$

$$F_O = 1018,599 \text{ N}$$

I. $x \in (0, a)$

$$T_{I(x)} = -R_{AY} = -868,5987 \text{ N}$$

$$N_{I(x)} = R_{AX} = 1018,599 \text{ N}$$

$$M_{I(x)} = -R_{AY} * x$$

$$M_{I(0)} = -R_{AY} * 0 = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{I(a)} = -R_{AY} * a = -868,5987 * 159,891 = -138881,2 \text{ Nmm}$$

II. $\xi \in (0, l)$

$$T_{II(\xi)} = F_{RAM} = 150 \text{ N}$$

$$N_{II(\xi)} = 0 \text{ N}$$

$$M_{I(\xi)} = -F_{RAM} * \xi$$

$$M_{I(0)} = -F_{RAM} * 0 = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{I(a)} = -F_{RAM} * l = -150 * 925,874 = -138881,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{O_{MAX}} = |M_{I(a)}| = 138881,2 \text{ Nmm}$$

Po provedení výpočtu i pro ostatní rozměry a materiály, největší ohybový moment, ohybová síla a tím pádem i nejdelší rameno vyšlo v háku o rozměru 400 mm z oceli 17 240.

Dále jsem provedl výpočet pro běžnou konstrukční ocel (11 373) a pro hliník (Al 6061). Tyto materiály také patří mezi často používané při výrobě žlabových háků. Problém s nejdelším ramenem jsem se rozhodl ve své práci řešit inovací spočívající v teleskopickém provedení ramena ohýbačky.

Tab. 16 - Rozměry háku 400 [7]

$b = s$ [mm]	25
$h = t$ [mm]	6
$D_p = l_{nav}$ [mm]	184,12
K [-]	0,97
c_v [-]	1,15

Tab. 17 - Materiálové hodnoty a výsledky pro žlabový hák 400 [21] [19]

	17 240	Al 6061	11 373
Re [MPa]	210	110	186
Rm [MPa]	520 – 720 → 600	205	330 – 445 → 380
E [MPa]	210000	70000	210000
a [mm]	159,891	159,891	159,891
Hodnoty z webu			
M_o [Nmm]	138881,2	47451,06	87958,07
R_{AY} [N]	868,599	296,7714	550,1128
l [mm]	925,874	316,341	586,387
Hodnoty z nosníku			
M_{on} [Nmm]	138881,2	47451,06	87958,1
R_{AY} [N]	868,5987	296,77	550,12

6.5.2. Shrnutí výsledků a zadání vstupních parametrů pro dimenzování

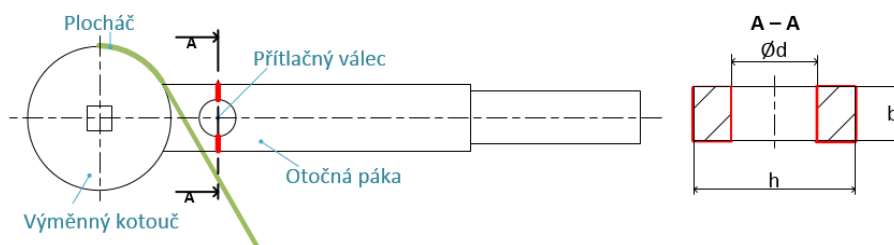
Cílem výpočtů uvedených v této kapitole bylo navrhnout délku ramene ohýbačky. Princip ohýbačky jsem demonstroval na nosníku o dvou podporách s převislým koncem zatíženého dvojicí sil. Dále jsem uvedl názorný výpočet pro žlabový hák z materiálu 17 240. Výsledné hodnoty tohoto háku byly největší, z čehož lze usoudit, že pokud ohýbačku dimenzuji na tyto hodnoty, ohýbačka vyhoví i konstrukci žlabových háků menších rozměrů z výše uvedených materiálů. Háky ostatních rozměrů a materiálů jsem počítal stejným způsobem.

7. Dimenzování ruční ohýbačky

Na základě výpočtů uvedených v kapitole 6 je patrné, že nejvíce namáhanou součástí ruční ohýbačky žlabových háků bude právě otočná (ovládací) páka. V následující kapitole se tedy budu věnovat dimenzování otočné páky. Další značně namáhanou součástí řešenou v této kapitole je šroub, kterým je připevněn přítlačný válec k otočné (ovládací) páce. Tyto dvě součásti jsou namáhané kombinací níže popsaných druhů zatížení. U každé součásti uvedu výpočet jednotlivých namáhání a výsledné redukované namáhání. Z redukovaného namáhání provedu dimenzování rozměrů součásti.

7.1. Dimenzování otočné páky

Díky otočné páce je možné celý ohyb (výrobu) žlabového háku realizovat. V průběhu navinovacího procesu je páka namáhána kombinovaným namáháním (Ohyb od M_O , tah od F_R , smyk od F_O). Dimenzování páky provedu v místě, kde očekávám nejvyšší hodnotu napětí, v tzv. kritickém místě. To je v místě vyvrtaných otvorů pro uchycení přítlačného válce viz Obr. 29. Jako materiál páky jsem zvolil ocel 11 523. Jako výchozí polotovar navrhuji plochou tyč PLO40x10 ČSN 42 5522, do které bude nutné vyvrtat 4 otvory o zvoleném $\varnothing 18$ mm. Pro tyto rozměry jsem provedl výpočet a kontrolu.



Obr. 29 - Kritické místo otočné páky

Tab. 18 - Vlastnosti zvoleného materiálu a rozměry

Ocel 11 523	
Re [MPa]	333
k [-]	3
R _M [MPa]	550
b [mm]	10
h [mm]	40
Ød [mm]	18
M _O [Nmm]	138881,2
F _O = F _R [N]	1018,599

7.1.1. Napětí v ohybu od momentu M_O

$$\sigma_o = \frac{M_O}{W_O} = \frac{M_O}{\frac{1}{6h}(bh^3 - bd^3)} = \frac{138881,2}{\frac{1}{6 \cdot 40}(10 \cdot 40^3 - 10 \cdot 18^3)} = 57,302 \text{ MPa}$$

7.1.2. Napětí v tahu od síly F_R

$$\sigma_t = \frac{F_R}{S} = \frac{F_R}{bh - bd} = \frac{1018,599}{10 \cdot 40 - 10 \cdot 18} = 4,654 \text{ MPa}$$

7.1.3. Napětí ve smyku od síly F_O

$$\tau_s = \frac{F_O}{S} = \frac{F_O}{bh - bd} = \frac{1018,599}{10 * 40 - 10 * 18} = 4,654 \text{ MPa}$$

7.1.4. Dovolené napětí

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{3} = 111 \text{ MPa}$$

7.1.5. Redukované napětí

$$\sigma_{Red} = \sqrt{(\sigma_o + \sigma_t)^2 + 4 * \tau_s^2} = \sqrt{(57,3 + 4,65)^2 + 4 * 4,65^2} = 62,649 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Red} \leq \sigma_D$$

$$62,649 \leq 111$$

Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že redukované napětí je menší než dovolené napětí. To znamená, že zvolené rozměry páky **vyhovují**.

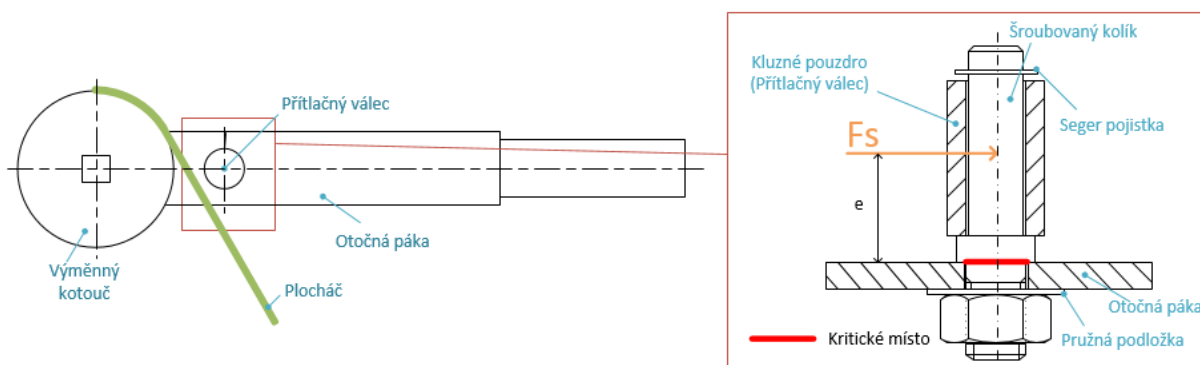
7.2. Dimenzování šroubu přitlačného válce

Funkcí přitlačného válce je přitlačovat a současně navinovat ohýbaný polotovar kolem kotouče po celý krok otočné páky. V průběhu navinovacího procesu je přitlačný válec, resp. dík závitové části, který navinovací válec drží, namáhán kombinovaným namáháním - tah, ohyb, smyk. Dimenzování jsem opět provedl v nejvíce namáhaném místě viz Obr. 30. Jako materiál kolíku přitlačného válce jsem zvolil ocel 11 523. Na začátku výpočtu jsem zvolil jmenovitý rozměr závitu a tento rozměr kontroloval. Další zvolenou hodnotou v této kapitole je hodnota e . Tato hodnota vyznačuje vzdálenost působení síly F_S od dosedací plochy přitlačného válce na plocháč. Hodnotu e jsem volil tak, aby síla F_S působila přibližně ve stejné poloze, kde bude umístěn a navinován žlabový hák viz Obr. 30

7.2.1. Výpočet síly F_S

Síla působící na přitlačný válec v průběhu ohýbání vyvozená polotovarem.

$$F_S = \sqrt{F_o^2 + F_r^2} = \sqrt{1018,599^2 + 1018,599^2} = 1440,517 \text{ N}$$



Obr. 30 - Kritické místo přitlačného válce

Tab. 19 - Vlastnosti zvoleného materiálu a rozměry [19]

Ocel 11 523	
Re [MPa]	333
k [-]	2
R _M [MPa]	550
Šroub M16x1,75	

d_j [mm]	16
F_s [N]	1440,517
e [mm]	18

7.2.2. Únosnost šroubu v tahu

Tab. 20 - Hodnoty pro výpočet únosnosti šroubu [22]

$F_{t,Rd}$ [N]	Únosnost šroubu v tahu
k_2 [-]	Součinitel 0,9
f_{ub} [MPa]	Jmenovitá hodnota meze pevnosti šroubu
A_S [mm ²]	Plocha v rovině stříhu (prochází dříkem)
γ_{M2} [-]	Součinitel 1,25

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 * f_{ub} * A_S}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 550 * \frac{\pi * d_j^2}{4}}{1,25} = \frac{0,9 * 550 * \frac{\pi * 16^2}{4}}{1,25} = 79620,542 \text{ N}$$

Z vypočtené hodnoty únosnosti jsem zvolil dostačující únosnost, ze které jsem stanovil tahové napětí ve šroubu.

$$F_{t,Rd\text{zvol}} = 10\,000 \text{ N}$$

7.2.3. Napětí v tahu ze zvolené únosnosti

$$\sigma_t = \frac{F_{t,Rd\text{zvol}}}{S} = \frac{F_{t,Rd\text{zvol}}}{\frac{\pi * d_j^2}{4}} = \frac{10\,000}{\frac{\pi * 16^2}{4}} = 49,736 \text{ MPa}$$

7.2.4. Napětí v ohybu od momentu M_{oe}

$$M_{oe} = F_s * e = 1440,517 * 18 = 25929,305 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{\pi * d_j^3}{32} = \frac{\pi * 16^3}{32} = 402,1238 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_{oe}}{W_o} = \frac{25929,305}{402,1238} = 64,480 \text{ MPa}$$

7.2.5. Napětí ve smyku od síly F_s

$$\tau_s = \frac{F_s}{S} = \frac{F_s}{\frac{\pi * d_j^2}{4}} = \frac{1440,517}{\frac{\pi * 16^2}{4}} = 7,1645 \text{ MPa}$$

7.2.6. Dovolené napětí

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{2} = 166,5 \text{ MPa}$$

7.2.7. Redukované napětí

$$\sigma_{Red} = \sqrt{(\sigma_o + \sigma_t)^2 + 4 * \tau_s^2} = \sqrt{(49,736 + 64,480)^2 + 4 * 7,1645^2} = 115,11 \text{ MPa}$$

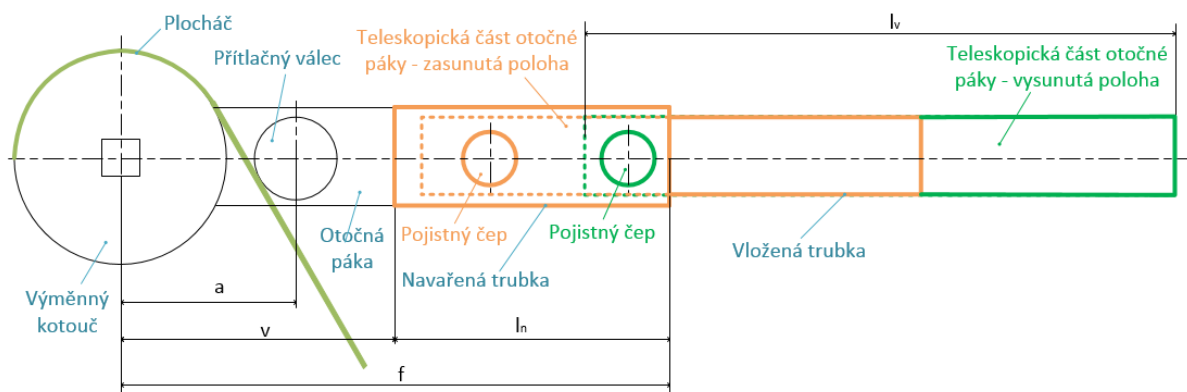
$$\sigma_{Red} \leq \sigma_D$$

$$115,11 \leq 166,5$$

Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že redukované napětí je menší než dovolené napětí. To znamená, že zvolený průměr v kritickém průřezu **vyhovuje**.

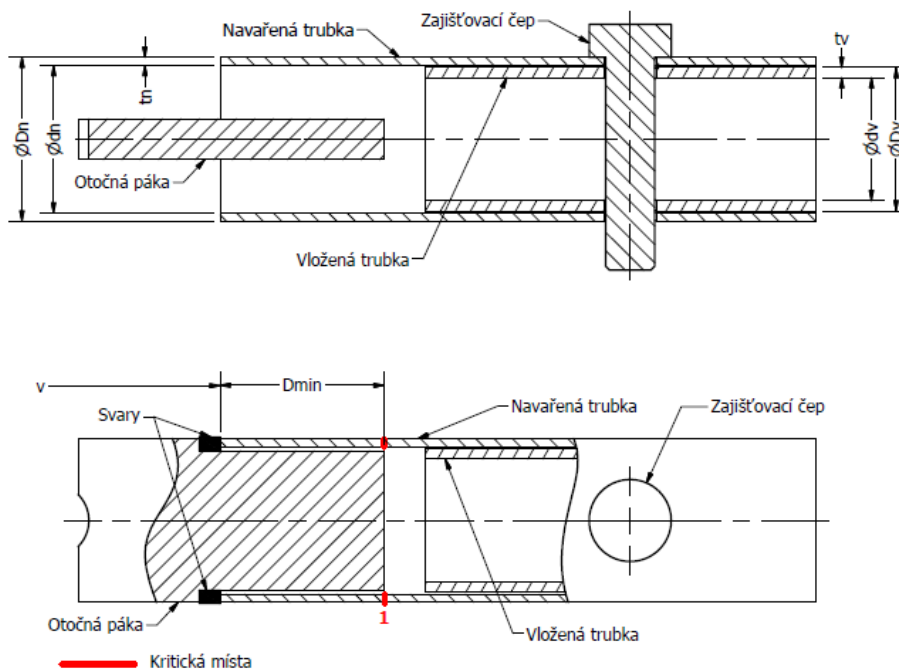
7.3. Teleskopická část ovládací páky

V této kapitole jsem se zabýval již výše zmiňovanou inovací v podobě teleskopického prodloužení otočné páky. Teleskopické provedení jsem zavedl z důvodu různých materiálů žlabových háků. Záměrem je provádět navinutí nejpevnějšího háku (ocel 17 240) s delším, tedy vysunutým ramenem a výrobu ostatních (méně pevných) háků (11 373, Al, Cu) se zasunutým ramenem a tedy kompaktnějším rozměrem celé ohýbačky, při zajištění dostatečného momentu potřebného k ohnutí háku. Jako výchozí tvar páky jsem dimenzoval plochou tyč (tzn. obdélníkový průřez PLO40x10), na kterou bych v určitém (níže stanoveném) rozměru navařil trubku kruhového průřezu. Princip teleskopického ramena bude spočívat v tom, že do navařené trubky vložím další trubku menšího průměru. V kruhových trubkách budou vyvrtány dva otvory předsazené o určitou rozteč. Zafixování polohy řeším čepem viz, Obr. 32. Pro změnu délky ramena otočné páky bude tedy dostačovat pouze vyjmutí zajišťovacího elementu, povytažení či zasunutí vložené trubky a opětovné zajištění nově nastavené délky. Řešení s navařenou ocelovou trubkou jsem zvolil díky snadné realizaci teleskopického posouvání. Kruhový průřez je vhodný i z ergonomického hlediska při uchopení tyče do ruky.



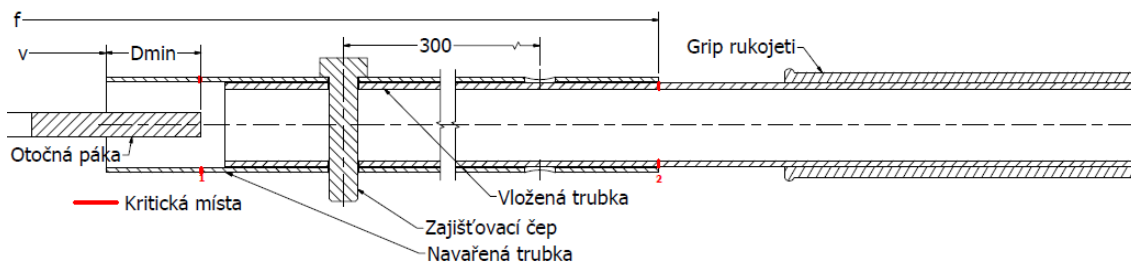
Obr. 31 - Teleskopická část otočné páky

Na Obr. 32 jsem demonstroval provedení teleskopického systému v řezu, a to konkrétně v místě, kde přechází plochá tyč otočné páky v navařenou trubku.



Obr. 32 – Uchycení teleskopického systému otočné páky (pohled z boku v řezu a pohled shora)

7.3.1. Určení vzdáleností v , f , l_v , l_n a výpočet ohybových napětí v kritických místech

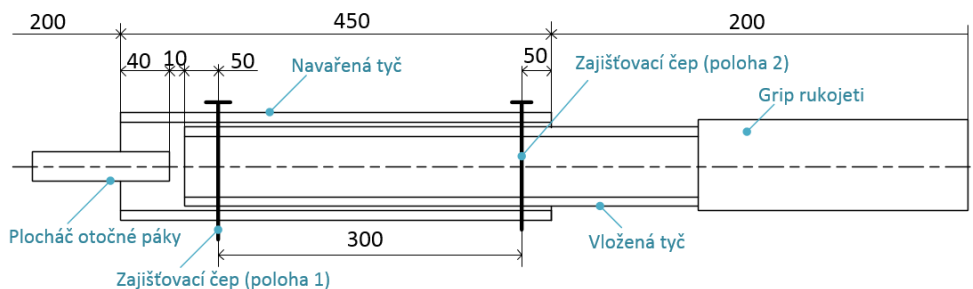


Obr. 33 - Schematický pohled na teleskopickou páku

Jako první krok je nutné nadefinovat vzdálenost v a vzdálenost f . Vzdálenost v je dána délkou samotné ploché tyče, tj. místem, kde začíná vyfrézované osazení pro navařenou trubku (ve vzdálenosti v je započítána i mezerka 5 mm pro uvažovaný U svar). Vzdálenost v tedy zvolím a následně vypočtu ohybový moment $M(v)$, který v kritickém místě 1 působí.

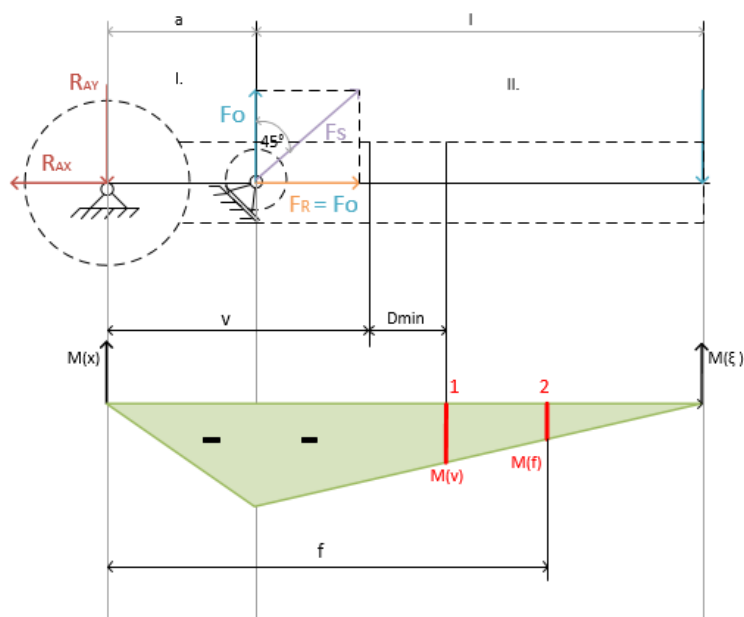
Vzdálenost f je dána délkou ploché tyče, tedy vzdáleností v a délkou navařené kruhové trubky l_n . Její výpočet je podrobně uveden na str. 43. Následně vypočtu ohybový moment $M(f)$, který v daném místě působí (kritické místo 2).

Kromě vzdáleností v bylo třeba navolit i délky obou trubek l_v a l_n . Délky trubek jsem volil s ohledem na to, abych se po teleskopickém vysunutí dostal za nejvyšší vypočtenou délku ramena ($a + l = 1084,798 \text{ mm}$). Zvolená délka navařené trubky l_n je 450 mm a délka vložené trubky l_v činí 600 mm. V zasunuté poloze je rameno dlouhé 850 mm. V maximálně vytažené poloze činí celková délka ramena (otočné páky) 1150 mm viz Obr. 34.



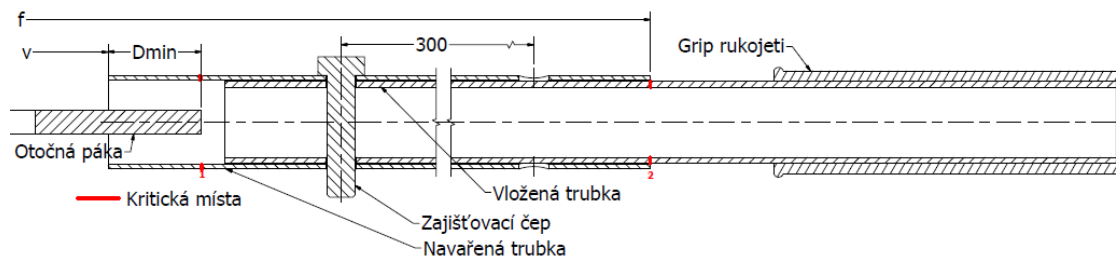
Obr. 34 - Vysouvací rozměry

Trubka je k plocháči připevněna dvěma U svary a dvěma děrovými svary o $\varnothing 8 \text{ mm}$.



Obr. 35 – Znázornění na otočné páce a určení parametrů v , f , $M(v)$ a $M(f)$

7.3.2. Napětí v ohybu v kritickém místě 1 od momentu $M(v)$



Obr. 36 - Výpočet napětí v kritickém místě 1

Tab. 21 – Vstupní hodnoty pro výpočet napětí navařené trubky

Vypočtená délka páky [mm]	1085,765
Vzdálenost a [mm]	159,891
Vzdálenost l [mm]	925,874
F_{RAM} [N]	150
Vzdálenost v [mm]	200
Délka navařené trubky l_n [mm]	450
D_{min} [mm]	40
Materiál trubky: Ocel 11 523	
Re [MPa]	333
k [-]	3
Zvolené rozměry trubky dle ČSN 42 6710	
Vnější $\varnothing D_n$ [mm]	40
Vnitřní $\varnothing d_n$ [mm]	36
Tloušťka stěny t_n [mm]	2

Parametr D_{min} je délka vyfrézovaného osazení na plocháči viz Obr. 32. Tento parametr jsem také zvolil.

$$M_{(v)} = F_{RAM} * (l + a - v - D_{min})$$

$$M_{(v)} = 150 * (925,874 + 159,891 - 200 - 40)$$

$$M_{(v)} = 126719,662 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{J_z}{e_T} = \frac{\frac{\pi}{64} * (D_n^4 - d_n^4)}{\frac{D}{2}} = \frac{\frac{\pi}{64} * (40^4 - 36^4)}{\frac{40}{2}} = 2160,787 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_o = \frac{M_{(v)}}{W_o} = \frac{126719,662}{2160,787} = 58,645 \text{ MPa}$$

7.3.3. Výpočet dovoleného napětí

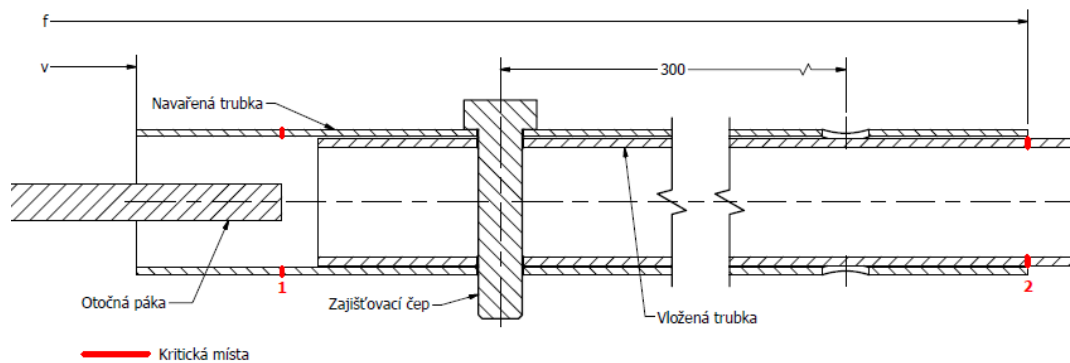
$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{3} = 111 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_D$$

$$58,645 \leq 111$$

Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že ohybové napětí je menší než dovolené napětí. To znamená, že výpočet v kritickém průřezu 1 **vyhovuje**.

7.3.4. Napětí v ohybu v kritickém místě 2 od momentu $M(f)$



Obr. 37 - Výpočet napětí v kritickém místě 2

Tab. 22 - Vstupní hodnoty pro výpočet napětí vložené trubky

Materiál trubky: Ocel 11 523	
Re [MPa]	333
k [-]	3
Zvolené rozměry trubky dle ČSN 42 6710	
Vnější $\text{Ø}D_v$ [mm]	35
Vnitřní $\text{Ø}d_v$ [mm]	30
Tloušťka stěny t_v [mm]	2,5

$$f = a + l - v - l_n = 159,891 + 925,87 - 200 - 450 = 434,797 \text{ mm}$$

$$M_{(f)} = F_{RAM} * (l + a - v - l_n)$$

$$M_{(f)} = 150 * (925,874 + 159,891 - 200 - 450)$$

$$M_{(f)} = 65219,662 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{J_z}{e_T} = \frac{\frac{\pi}{64} * (D_v^4 - d_v^4)}{\frac{D}{2}} = \frac{\frac{\pi}{64} * (35^4 - 30^4)}{\frac{35}{2}} = 1937,198 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_o = \frac{M_{(f)}}{W_o} = \frac{65219,662}{1937,198} = 33,667 \text{ MPa}$$

7.3.5. Výpočet dovoleného napětí

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{3} = 111 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_D$$

$$33,667 \leq 111$$

Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že ohybové napětí je menší než dovolené napětí. To znamená, že výpočet v kritickém průřezu 2 **vyhovuje**.

7.3.6. Zvolené rozměry a materiál kruhových trubek dle ČSN 42 6710 - shrnutí

Tab. 23 - Zvolené rozměry a materiál trubek - shrnutí

Materiál navařená trubka: 11 523	
Vnější ØD_n [mm]	40
Vnitřní Ød_n [mm]	36
Tloušťka stěny t_n [mm]	2
Délka trubky l_n [mm]	450
Materiál vložená trubka: 11 523	
Vnější ØD_v [mm]	35
Vnitřní Ød_v [mm]	30
Tloušťka stěny t_v [mm]	2,5
Délka trubky l_v [mm]	600

8. 3D model ohýbačky a výpočet pomocí MKP metody

Hlavním cílem následující kapitoly bylo vytvoření ruční ohýbačky žlabových háků v programech Autodesk Inventor a následná pevnostní kontrola v SIEMENS NX.

8.1. Model v Inventoru

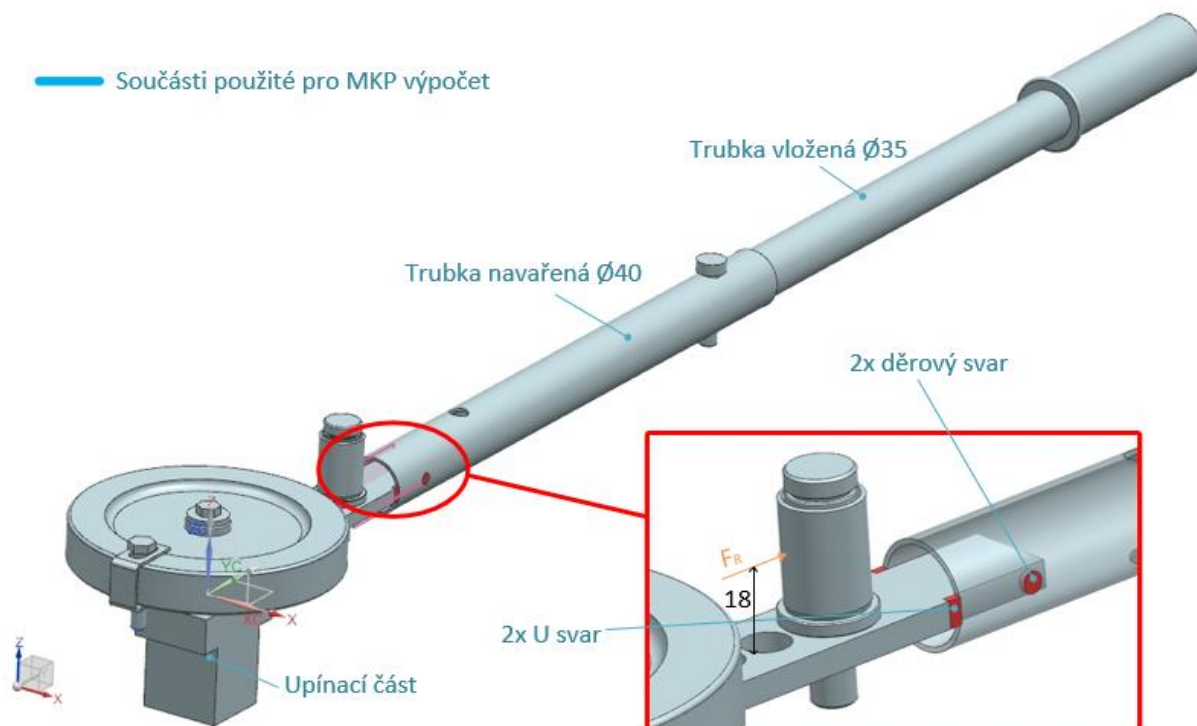
Nejprve jsem vytvořil 3D model ruční ohýbačky v programu Autodesk Inventor. Model jsem zkonstruoval pro předběžnou představu celého zařízení a také pro pozdější tvorbu výkresové dokumentace.

8.2. Model v SIEMENS NX

Na základě 3D modelu v Inventoru jsem vymodeloval identickou ohýbačku i v NX. V tomto programu bych se rád věnoval MKP analýze, ve které bych provedl simulaci a pevnostní kontrolu ohýbačky při běžném provozním zatížení. Výpočet bude proveden pro největší možnou délku ramena ohýbačky (tzn. s vysunutou teleskopickou částí) a při výpočtu bude uvažována výroba největšího a nejpevnějšího háku (typ 400 a ocel 17 240).

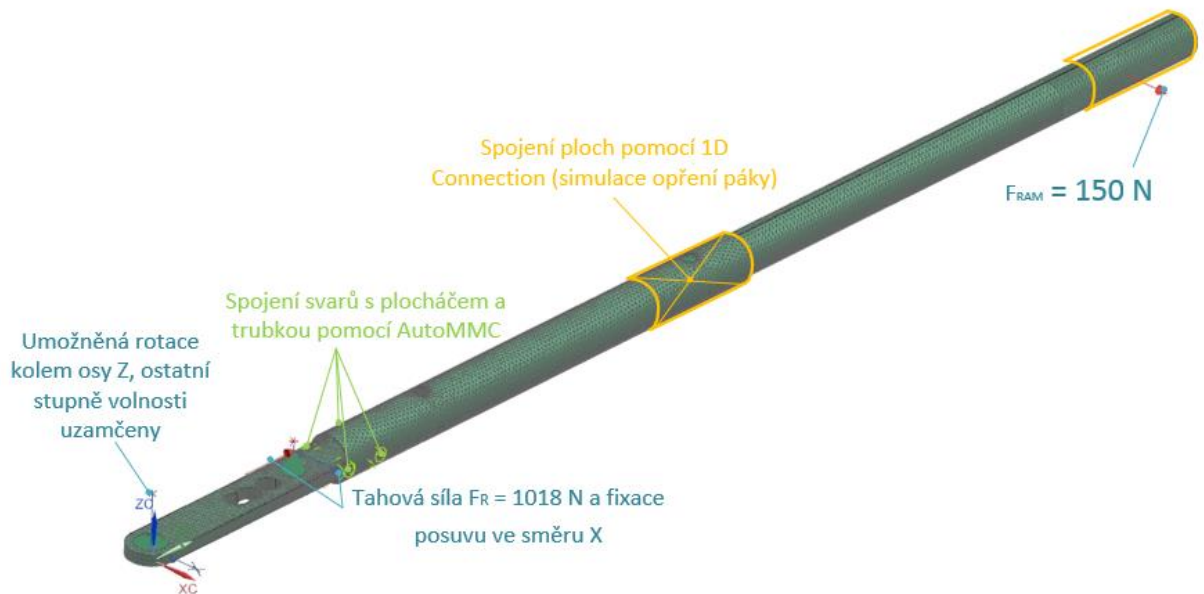
8.2.1. Vstupní hodnoty a rozměry ohýbačky pro MKP výpočet

Pro výpočet jsem použil zjednodušený model ohýbačky. Ponechal jsem jen součásti důležité pro samotný výpočet viz Obr. 38.



Obr. 38 - MKP 1. Varianta

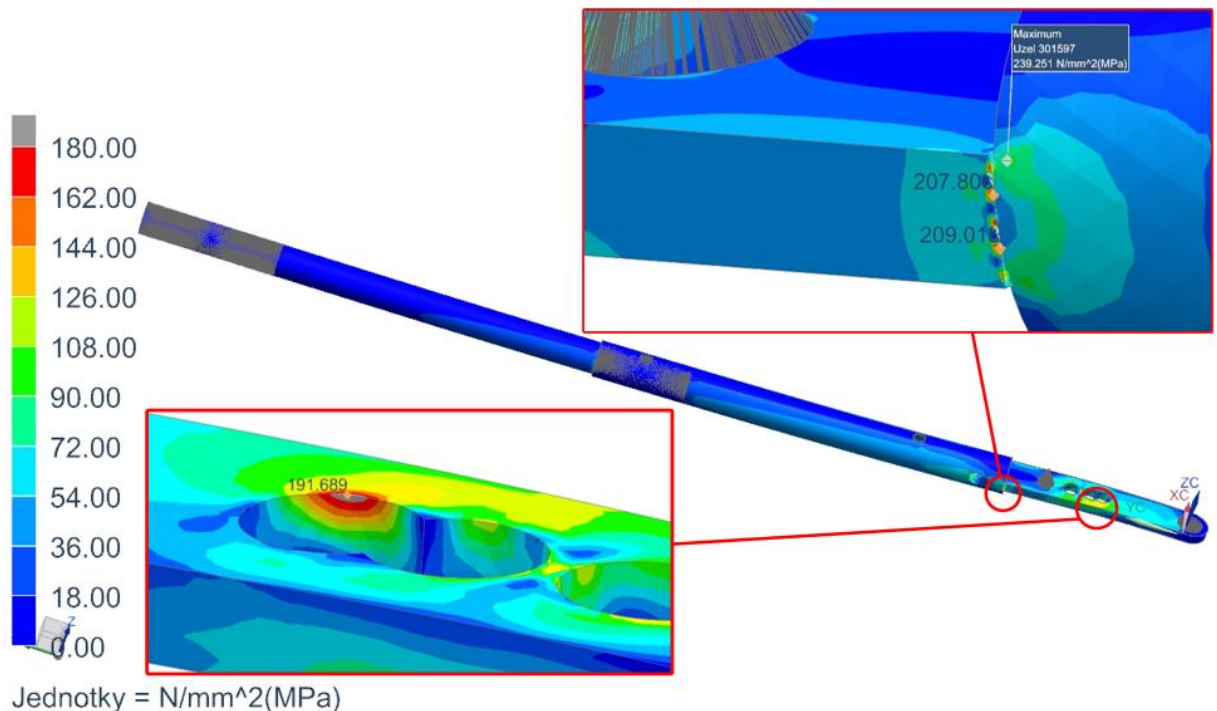
Modře popsané součásti jsem převedl do simulace. Následně jsem použil příkaz 1D Connection, žlutě označené plochy vhodně naseknul a propojil. Spojení svary jsem simuloval pomocí příkazu „Mesh Mating“, kdy jsem označil všechny svařené plochy tak, jak by to bylo ve skutečnosti. Jako další krok jsem provedl fixaci polohy viz Obr. 39. V místě přítlačného válce jsem zakázal posunutí ve směru X a simuloval zatížení tahem od síly F_R ve výšce 18 mm od dosedací plochy přítlačného válce k plocháči (nejvíce namáhané místo) viz Obr. 38. V otočném místě pod kotoučem jsem použil otočnou vazbu umožňující rotaci kolem osy Z, ostatní pohyby jsem zakázal. Jako další jsem připojil ovládací sílu F_{RAM} působící na konci páky. Síla F_{RAM} je situována do jednoho bodu ve vzdálenosti 1096,5 mm od bodu rotace páky kolem osy Z. Součást jsem nasíťoval od nejmenších prvků, aby došlo k propojení sítě u svarů navařené trubky a plocháče. Nasíťovaný model připravený k výpočtu je znázorněn na Obr. 39



Obr. 39 - MKP simulace varianty 1

Na základě zvoleného materiálu (ocel 11 523) s mezí kluzu $Re = 333$ MPa, jsem zvolil jako maximální hodnotu dovoleného napětí otočné páce $\sigma_{DP} = 200$ MPa a dovolenou hodnotu napětí ve svarech $\sigma_{DS} = 180$ MPa. Po provedení výpočtu jsem zjistil, že nejvíce namáhanou částí otočné páky je plocháč, konkrétně průřez s vyvrtanými otvory pro přítlačný válec. V tomto místě napětí dosáhlo hodnoty $\sigma_{MAXP} = 191,7$ MPa. Dalším kritickým místem byly svary, kterými je uchycena navařená trubka k plocháči. Maximální vypočtené napětí ve svaru bylo $\sigma_{MAXS} = 239,3$ MPa). Ve svaru tedy byla překročena hodnota dovoleného namáhání $\sigma_{DS} = 190$ MPa. Z tohoto důvodu jsem usoudil, že je nutné změnit vstupní hodnoty pro konstrukci otočné páky a předělat způsob uchycení navařené tyče a plocháče.

Ve výsledcích je zobrazena zprůměrovaná hodnota napětí Von Mises. Stupnice je barevně značena do $\sigma_{DS} = 180$ MPa. Všechny hodnoty nad touto hranicí, jsou ve výsledku simulace zobrazené šedou barvou.



Obr. 40 - Výsledky MKP výpočtu a kritická místa

Zaměřil jsem se tedy především na svary a spojení navařené trubky s plocháčem. Problematickou oblast vyřešil slisováním části navařené trubky a její nastrčení na obrobený protikus. Svary jsem nahradil dvěma koutovými svary (shora a zdola plocháče), čímž dojde ke zvýšení opěrné plochy a k lepšímu rozložení působícího napětí viz Obr. 47. Navařenou trubku jsem musel prodloužit, abych měl dostatek místa pro vytvoření dostatečné opěrné plochy. Dále jsem také rozšířil rozměr plocháče z původních 40x10 na 50x12, abych zajistil dostatečnou sílu materiálu v kritických místech tj. v průřezu s otvorem pro přítlačný válec.

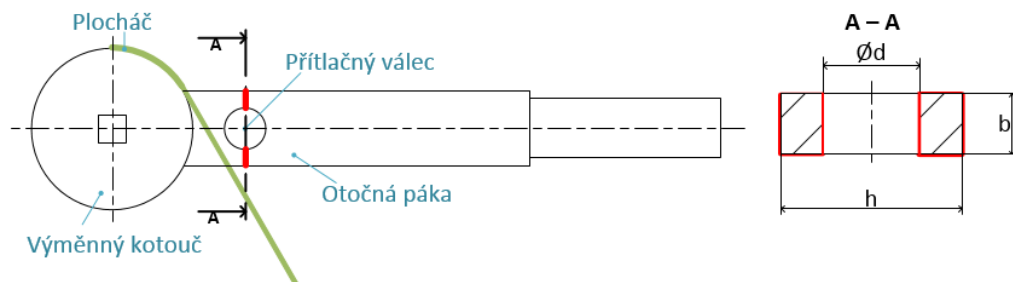
Vzhledem k výše uvedenému závěru je nutno celý výpočet dimenzování a návrh teleskopické páky (tj. kapitoly 7.1 a 7.3) opakovat s použitím nových parametrů viz Tab. 24. V následující kapitole pracuji již výhradně s nově zvolenými hodnotami.

Tab. 24 - Nevyhovující a nově zvolené rozměry

Parametr	Nezvhovující rozměr [mm]	Nově zvolený rozměr [mm]
Plocháč	40x10	50x12
D _{min} (osazení na plocháči)	40	90
l _n (délka navařené trubky)	450	500
l _v (délka vložené trubky)	600	550

9. Přepočítání s využitím nově zvolených hodnot

9.1. Dimenzování otočné páky



Obr. 41 - Kritické místo otočné páky

Tab. 25 - Vlastnosti zvoleného materiálu a rozměry

Ocel 11 523	
Re [MPa]	333
k [-]	3
R _M [MPa]	550
b [mm]	12
h [mm]	50
Ød [mm]	18
M _O [Nmm]	138881,2
F _O = F _R [N]	1018,599

9.1.1. Napětí v ohybu od momentu M_O

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_o}{\frac{1}{6h}(bh^3 - bd^3)} = \frac{138881,2}{\frac{1}{6 \cdot 50}(12 \cdot 50^3 - 12 \cdot 18^3)} = 29,136 \text{ MPa}$$

9.1.2. Napětí v tahu od síly F_R

$$\sigma_t = \frac{F_R}{S} = \frac{F_R}{bh - bd} = \frac{1018,599}{12 \cdot 50 - 12 \cdot 18} = 2,653 \text{ MPa}$$

9.1.3. Napětí ve smyku od síly F_O

$$\tau_s = \frac{F_o}{S} = \frac{F_o}{bh - bd} = \frac{1018,599}{12 \cdot 50 - 12 \cdot 18} = 2,653 \text{ MPa}$$

9.1.4. Dovolené napětí

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{3} = 111 \text{ MPa}$$

9.1.5. Redukované napětí

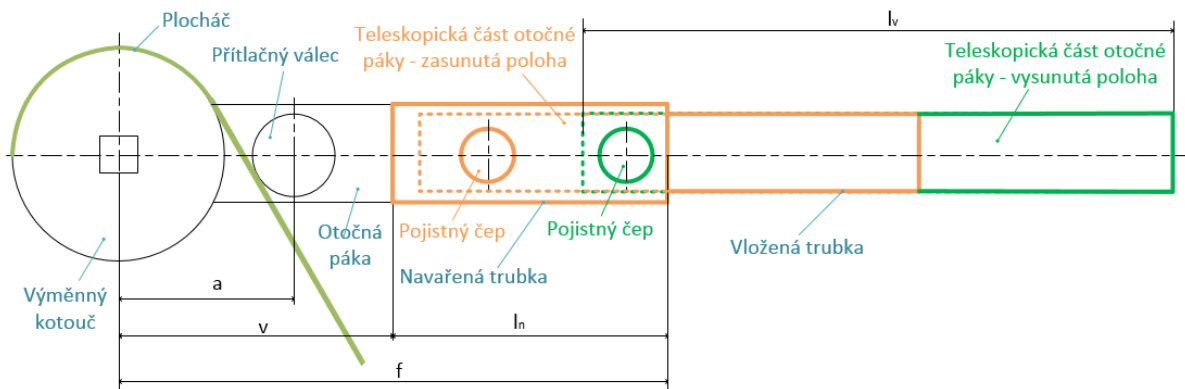
$$\sigma_{Red} = \sqrt{(\sigma_o + \sigma_t)^2 + 4 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{(29,136 + 2,653)^2 + 4 \cdot 2,653^2} = 32,2278 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Red} \leq \sigma_D$$

$$32,2278 \leq 111$$

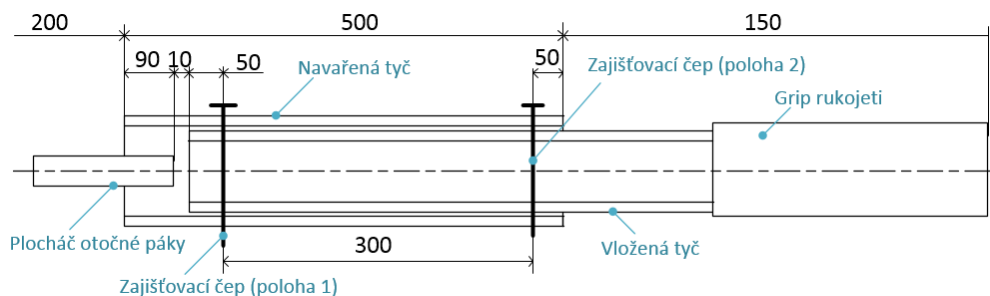
Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že redukované napětí je menší než dovolené napětí. To znamená, že zvolené rozměry páky **vyhovují**.

9.2. Teleskopická část ovládací páky

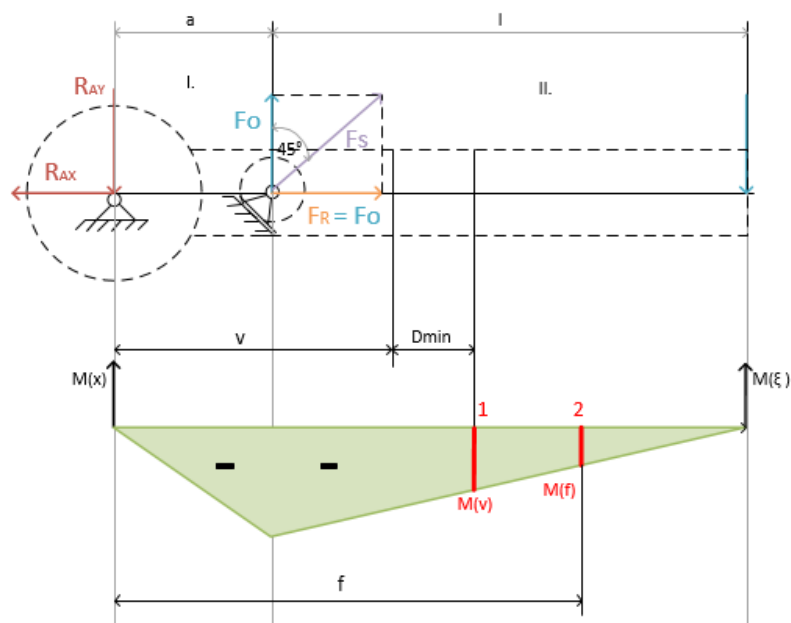


Obr. 42 - Teleskopická část otočné páky

9.2.1. Určení vzdáleností v , f , l_v , l_n a výpočet ohybových napětí v kritických místech

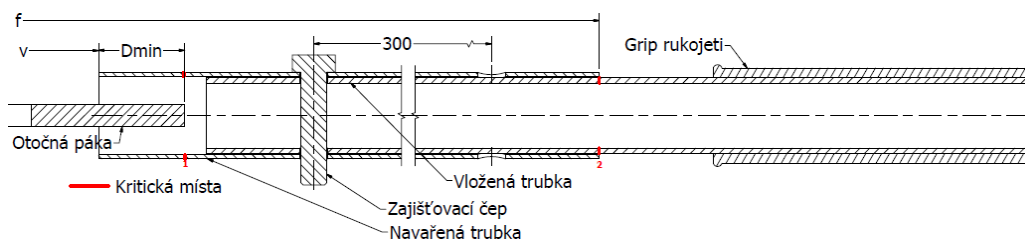


Obr. 43 - Vysouvací rozměry s nově zvolenými délkami trubek



Obr. 44 – Znáznornění na otočné páce a určení parametrů v , f , $M(v)$ a $M(f)$

9.2.2. Napětí v ohybu v kritickém místě 1 od momentu $M(v)$



Obr. 45 - Výpočet napětí v kritickém místě 1

Tab. 26 – Vstupní hodnoty pro výpočet napětí

Vypočtená délka páky [mm]	1085,765
Vzdálenost a [mm]	159,891
Vzdálenost l [mm]	925,874
F_{RAM} [N]	150
Vzdálenost v [mm]	200
Délka navařené trubky l_n [mm]	500
D_{min} [mm]	90
Materiál trubky: Ocel 11 523	
R_e [MPa]	333
k [-]	3
Zvolené rozměry trubky	
Vnější $\varnothing D_n$ [mm]	40
Vnitřní $\varnothing d_n$ [mm]	36
Tloušťka stěny t_n [mm]	2

Parametr D_{min} je délka vyfrézovaného osazení na plocháči viz Obr. 32. Tento parametr jsem zvolil 90 mm oproti původním 40 mm.

$$M_{(v)} = F_{RAM} * (l + a - v - D_{min})$$

$$M_{(v)} = 150 * (925,874 + 159,891 - 200 - 90)$$

$$M_{(v)} = 119364,7478 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{J_z}{e_T} = \frac{\frac{\pi}{64} * (D_n^4 - d_n^4)}{\frac{D}{2}} = \frac{\frac{\pi}{64} * (40^4 - 36^4)}{\frac{40}{2}} = 2160,787 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_o = \frac{M_{(v)}}{W_{OS}} = \frac{119364,7478}{2160,787} = 55,241 \text{ MPa}$$

9.2.3. Výpočet dovoleného napětí

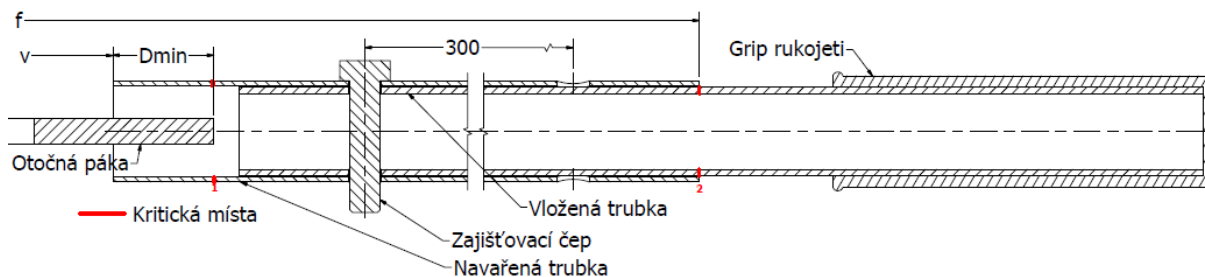
$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{3} = 111 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_D$$

$$55,241 \leq 111$$

Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že ohybové napětí je menší než dovolené napětí. To znamená, že výpočet v kritickém průřezu 1 **vyhovuje**.

9.2.4. Napětí v ohybu v kritickém místě 2 od momentu $M(f)$



Obr. 46 - Výpočet napětí v kritickém místě 2

Tab. 27 - Vstupní hodnoty pro výpočet napětí vložené trubky

Materiál trubky: Ocel 11 523	
Re [MPa]	333
k [-]	3
Zvolené rozměry trubky dle ČSN 42 6710	
Vnější ØD _v [mm]	35
Vnitřní Ød _v [mm]	30
Tloušťka stěny t _v [mm]	2,5

$$f = a + l - v - l_n = 159,891 + 925,87 - 200 - 500 = 385,7649 \text{ mm}$$

$$M_{(f)} = F_{RAM} * (l + a - v - l_n)$$

$$M_{(f)} = 150 * (925,874 + 159,891 - 200 - 500)$$

$$M_{(f)} = 57864,748 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{J_z}{e} = \frac{\frac{\pi}{64} * (D_v^4 - d_v^4)}{\frac{D}{2}} = \frac{\frac{\pi}{64} * (35^4 - 30^4)}{\frac{35}{2}} = 1937,198 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_o = \frac{M_{(f)}}{W_{os}} = \frac{57864,748}{1937,198} = 29,8703 \text{ MPa}$$

9.2.5. Výpočet dovoleného napětí

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{333}{3} = 111 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_D$$

$$29,8703 \leq 111$$

Z výše uvedeného výpočtu je patrné, že ohybové napětí je menší než dovolené napětí. To znamená, že výpočet v kritickém průřezu 2 **vyhovuje**.

9.2.6. Zvolené rozměry a materiál kruhových trubek dle ČSN 42 6710 - shrnutí

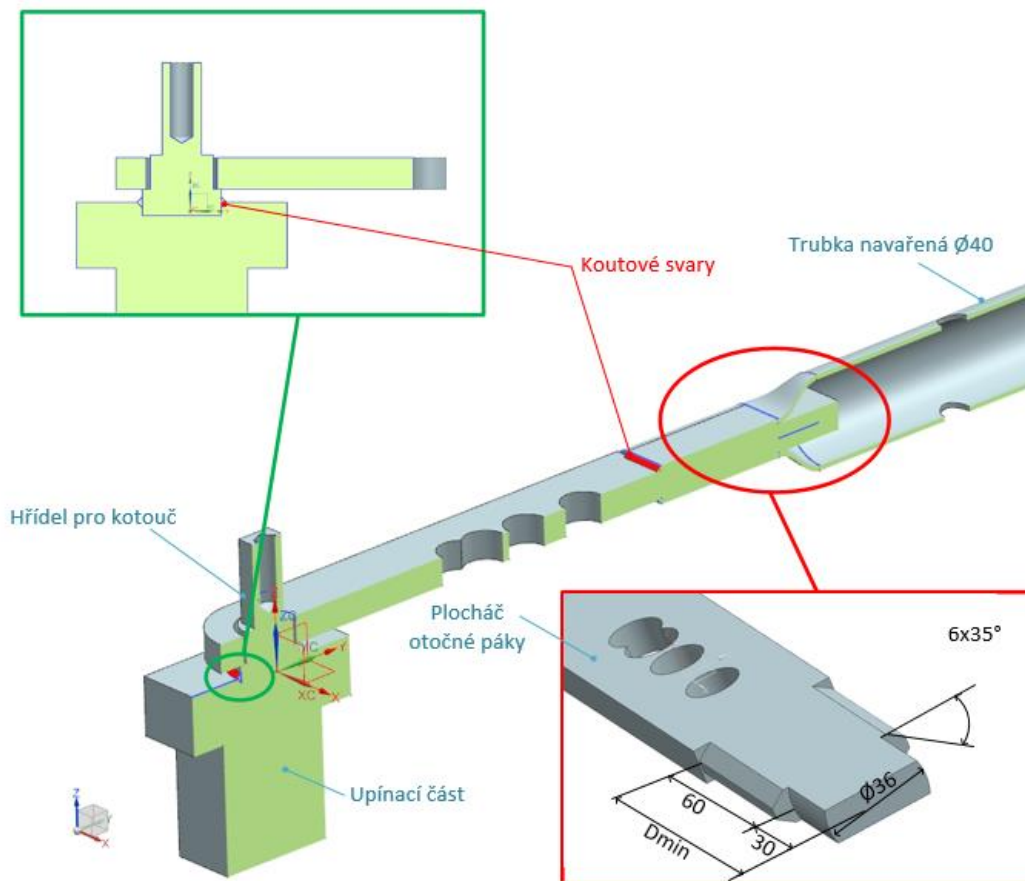
Tab. 28 - Zvolené rozměry a materiál trubek – shrnutí

Materiál navařená trubka: 11 523	
Vnější ØD_n [mm]	40
Vnitřní Ød_n [mm]	36
Tloušťka stěny t_n [mm]	2
Délka trubky l_n [mm]	500
Materiál vložená trubka: 11 523	
Vnější ØD_v [mm]	35
Vnitřní Ød_v [mm]	30
Tloušťka stěny t_v [mm]	2,5
Délka trubky l_v [mm]	550

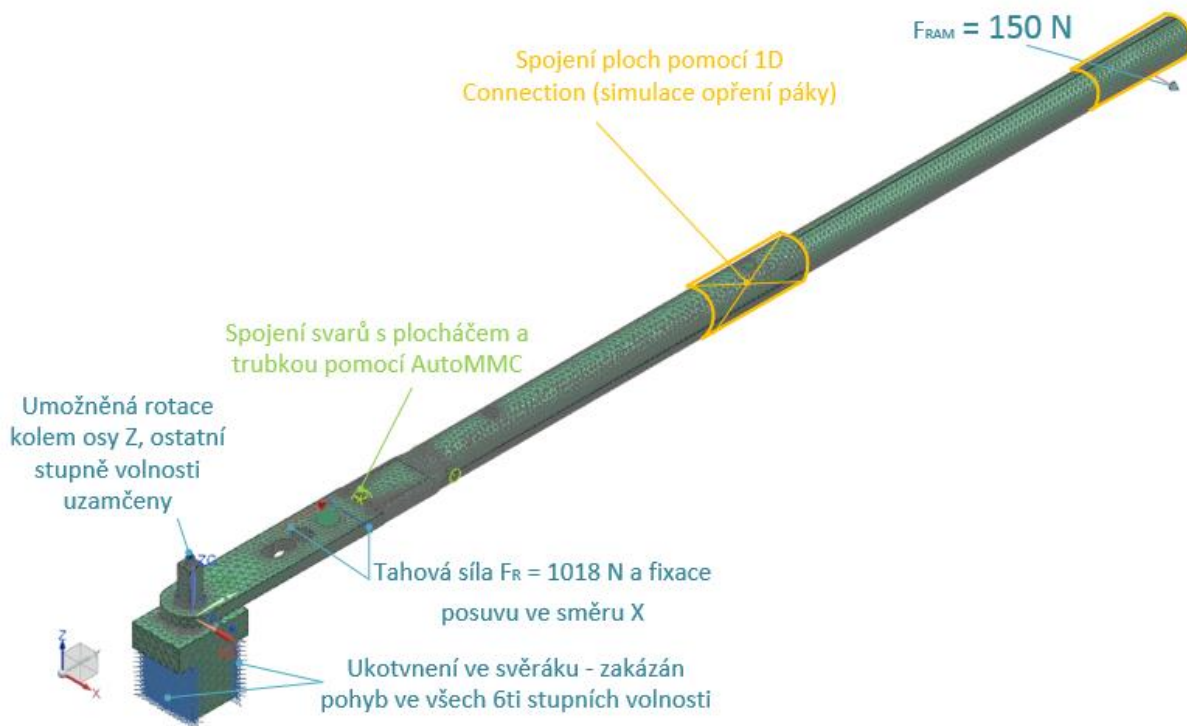
10. Model ohýbačky v SIEMENS NX s novými parametry

10.1. MKP varianta 2

V tomto případě jsem postupoval analogickým postupem jako v předchozí kapitole. Změny byly provedeny pouze u součástí uvedených v tabulce Tab. 24 a ve způsobu spojení navařené trubky a plocháče viz Obr. 47. Do výpočtu jsem zahrnul součást sloužící pro upnutí ohýbačky. Na upínací části byly také provedeny drobné úpravy. Úprava zahrnovala vyfrézování otvoru do upínací části pro částečné zastrčení hřídele kotouče a následné ovaření koutovým svarem viz Obr. 47. Všechny velikosti i typ a způsob zatížení, spojení prvků, okrajové podmínky, parametry sítí a použité příkazy spojení zůstaly stejné jako u MKP varianty 1.

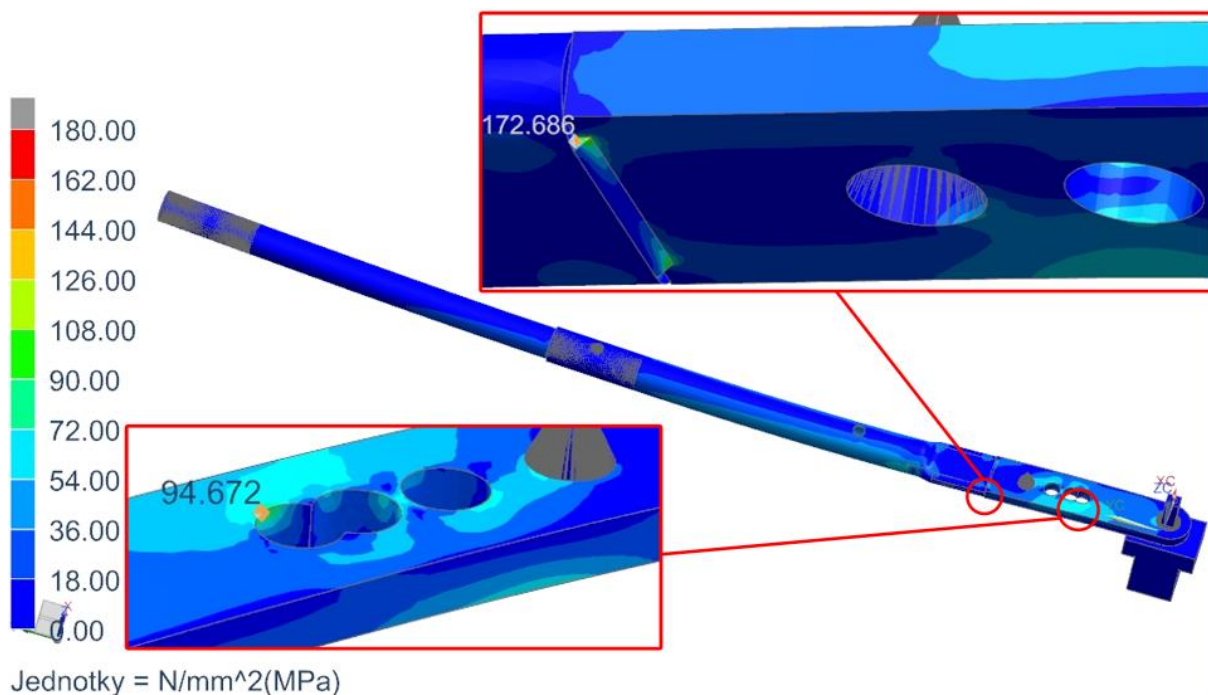


Obr. 47 - MKP varianta 2 (pohled v řezu)



Obr. 48 - MKP simulace varianta 2

Materiál otočné páky zůstal stejný (ocel 11 523) s mezí kluzu $R_e = 333$ MPa. Hodnoty dovoleného napětí jsem tedy uvažoval také identické jako u předchozího výpočtu, a to: dovolené napětí v páce $\sigma_{DP} = 200$ MPa a dovolenou hodnotu napětí ve svaru $\sigma_{DS} = 180$ MPa. Po provedení výpočtu bylo maximální napětí ve svaru $\sigma_{MAXS} = 172,7$ MPa a maximální hodnota maximálního napětí v páce $\sigma_{MAXP} = 94,7$ MPa. Na základě těchto hodnot jsem došel k závěru, že výpočet této varianty vyhovuje. Obě hodnoty jsou menší než hodnoty dovoleného napětí.



Obr. 49 - Maximální hodnota napětí - varianta 2

10.2. MKP varianta 3 – varianta se zasunutou teleskopickou pákou

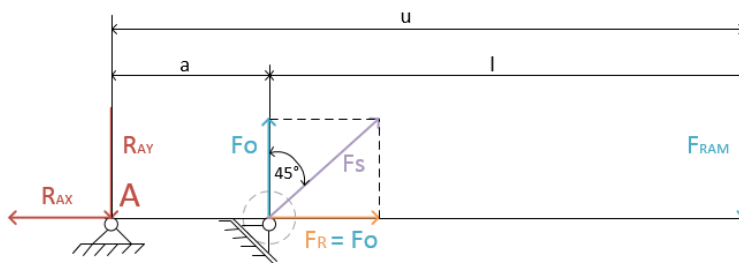
Cílem této kapitoly bylo provést výpočet ohýbačky se zasunutým teleskopickým ramenem, se kterým budu pracovat při výrobě háků z měkčích materiálů jako například hliník 6061, nebo konstrukční ocel 11 373 a prokázat správnost svého předpokladu, že materiály menší pevnosti lze ohnout i se zasunutým ramenem.

10.2.1. Přepočítání vstupních rozměrů

U předchozích variant MKP výpočtu jsem uvažoval s délkou vysunutého teleskopického ramene 1150 mm. U MKP varianty 3 uvažuji s délkou ramene 850 mm. To znamená, že síla F_{RAM} stále orientovaná do jednoho bodu je nyní ve vzdálenosti $u = 797 \text{ mm}$ (oproti předchozím 1096,5 mm) od rotace otočné páky kolem osy Z. Z tohoto důvodu jsem musel přepočítat ovládací sílu F_{RAM} , která nyní působí na kratším rameni a musí překonat ohybový moment a tahovou sílu F_R , která působí na přítlačný válec.

V MKP variantě 3 uvažuji žlabový hák z oceli 11 373 typ 400, to znamená, že budu muset ohýbačkou překonat ohybový moment 87 958,1 Nmm viz Tab. 17. Pro výpočet síly F_{RAM} platí následující vztah.

$$M_O = F_{RAM} * (u - a) \rightarrow F_{RAM} = \frac{M_O}{u - a} = \frac{87\,958,1}{797 - 159,891} = 138,058 \text{ N}$$



Obr. 50 - Znárodnění vzdálenosti u

Nyní mohu z momentové podmínky k bodu A analogickým postupem jako v kapitole 6.5 dopočítat tahovou sílu.

$$F_O = \frac{F_{RAM} * u}{a} = \frac{138,058 * 797}{159,891} = 688 \text{ N}$$

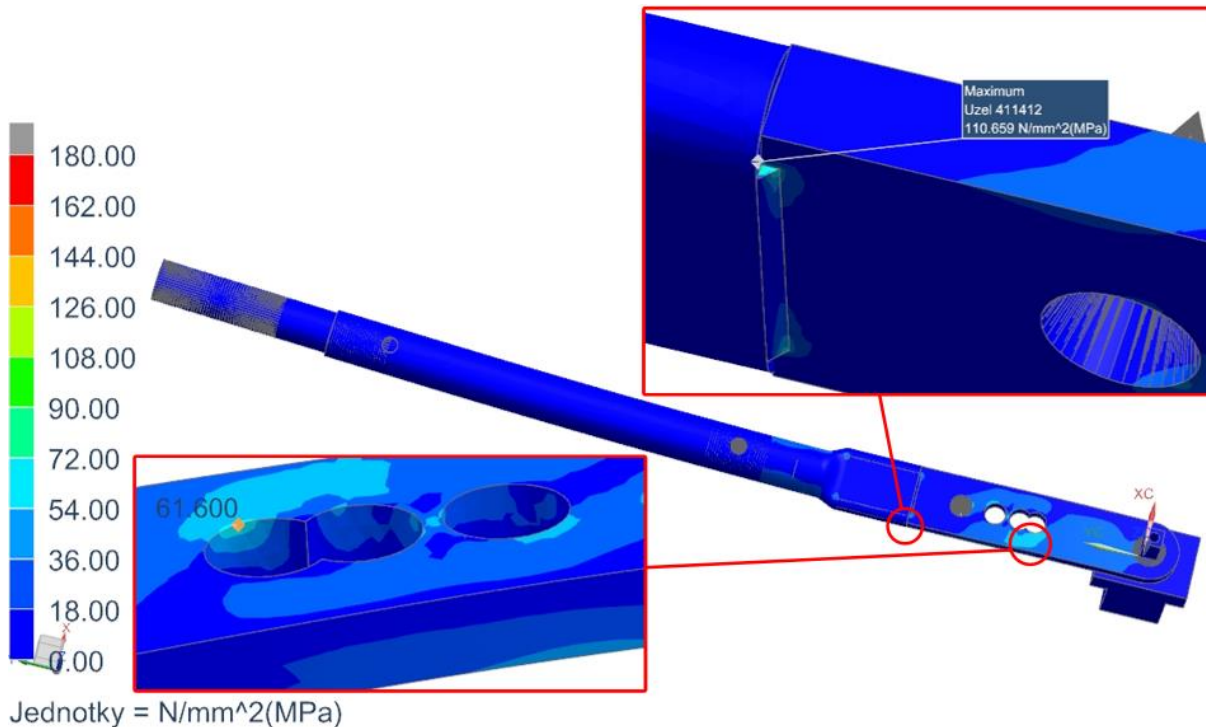
$$F_O = F_R = 688 \text{ N}$$

Pro výpočet této varianty jsem použil obdobné okrajové podmínky, typy spojení (1D connection a Mesh Mating). Součást jsem nasítval od nejmenších prvků tak, aby došlo k propojení sítí u svarů navařené trubky a plocháče. Ohýbačku jsem zatížil výše spočtenými hodnotami a provedl simulaci.



Obr. 51 - MKP simulace - varianta 3

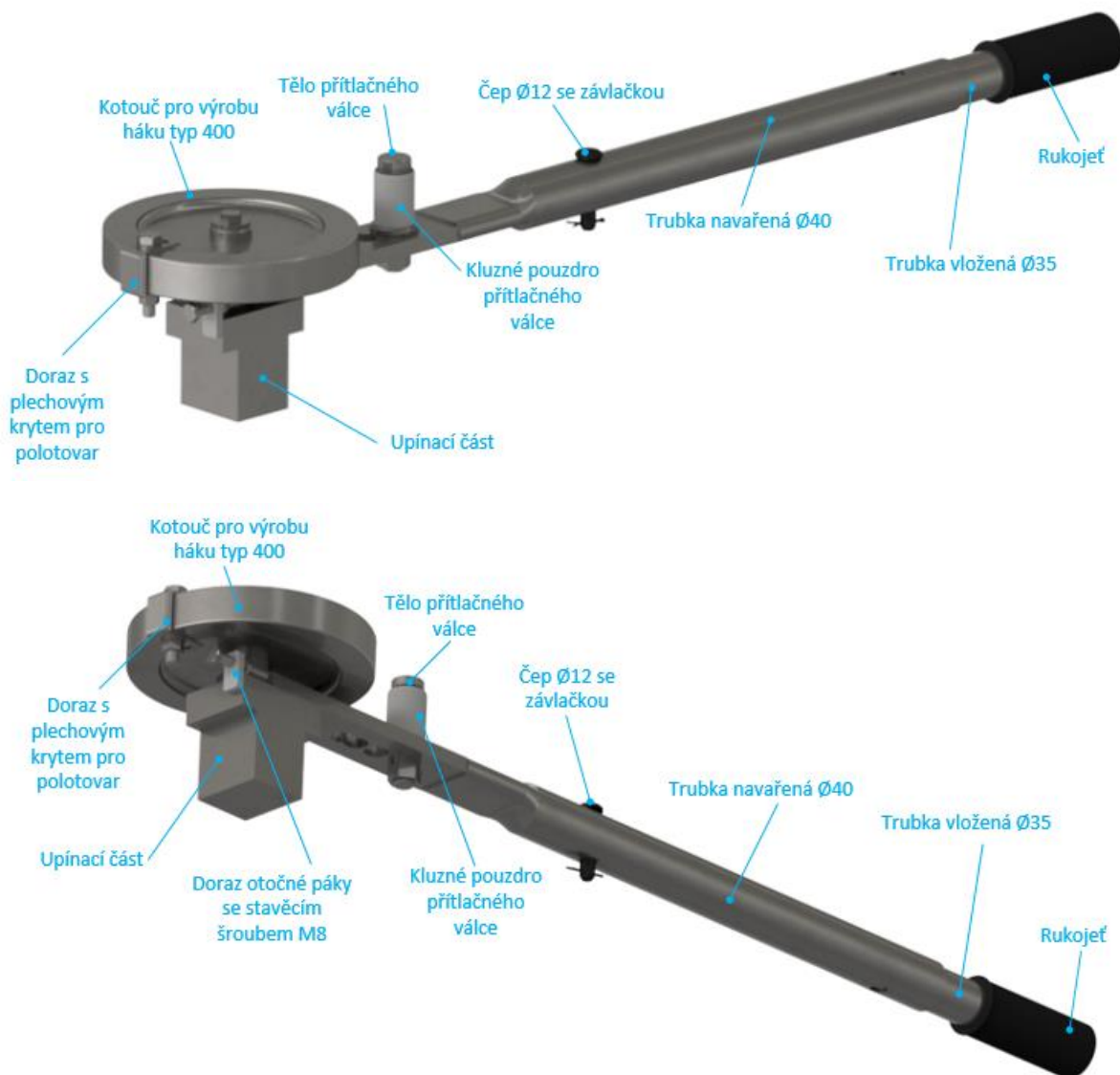
Materiál ohýbačky a hodnoty dovolených napětí zůstali nezměněny: Ocel 11 523 s mezí kluzu $Re = 333 \text{ MPa}$, $\sigma_{DP} = 200 \text{ MPa}$, $\sigma_{DS} = 180 \text{ MPa}$. Po provedení simulace zatížení jsem dosáhl maximálního napětí opět v místě koutového svaru. Tato hodnota $\sigma_{MAXS} = 110,7 \text{ MPa}$ byla ale očekávatelně menší než u předchozího výpočtu z důvodu menší hodnoty ohybového momentu nutného pro ohyb okapového háku. Maximální hodnota napětí v páce činila $\sigma_{MAXP} = 62 \text{ MPa}$.



Obr. 52 - Maximální hodnota napětí varianta 3

Na základě vypočtené hodnoty maximálního napětí tedy lze usoudit, že je možné žlabový hák z oceli 11 373 z hliníku 6061, nebo z mědi ohnout se zasunutým ramenem a tedy kompaktnějším rozměrem celé ohýbačky.

11. Finální vizualizace ohýbačky okapových háků



Obr. 53 - Finální vizualizace ruční ohýbačky žlabových háků (Pohled shora a zespoda)

12. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout a zkonstruovat ruční ohýbačku žlabových háků.

V úvodu práce jsem vypracoval podrobnou rešerši, ve které jsem čtenáře seznámil s problematikou technologie ohýbání a následně uvedl čtyři nejpoužívanější rozměry a materiály žlabových háků. Dále jsem provedl výpočet ohybových momentů a stanovil minimální délku ramene pro nenáročnou výrobu žlabového háku. Práce zároveň obsahuje vypracování jednotlivých konstrukčních variant ohýbačky s následným výběrem optimální varianty včetně jejího zkonstruování. Následovalo dimenzování funkčních rozměrů ohýbačky včetně pevnostní kontroly. Původní zvolenou variantu jsem v průběhu konstrukčního procesu inovoval teleskopickým ramenem, které usnadní ohyb háků vyráběných z pevnějšího materiálu. K vytvoření 3D modelu zařízení jsem využil softwaru Siemens NX a Autodesk Inventor. Pomocí softwaru Siemens NX jsem pak provedl MKP analýzu se simulováním provozních zatížení a identifikoval nejvíce namáhaná místa celé ohýbačky. Program Autodesk Inventor mi na závěr celé práce umožnil vytvoření detailní výkresové dokumentace celé ohýbačky.

Obr. 53 znázorňující finální podobu ruční ohýbačky žlabových háků potvrzuje dosažení cíle stanoveného v úvodu této práce, kterou lze zároveň využít i jako návod pro zhotovení jednoduchého a funkčního zařízení.

Zdroje

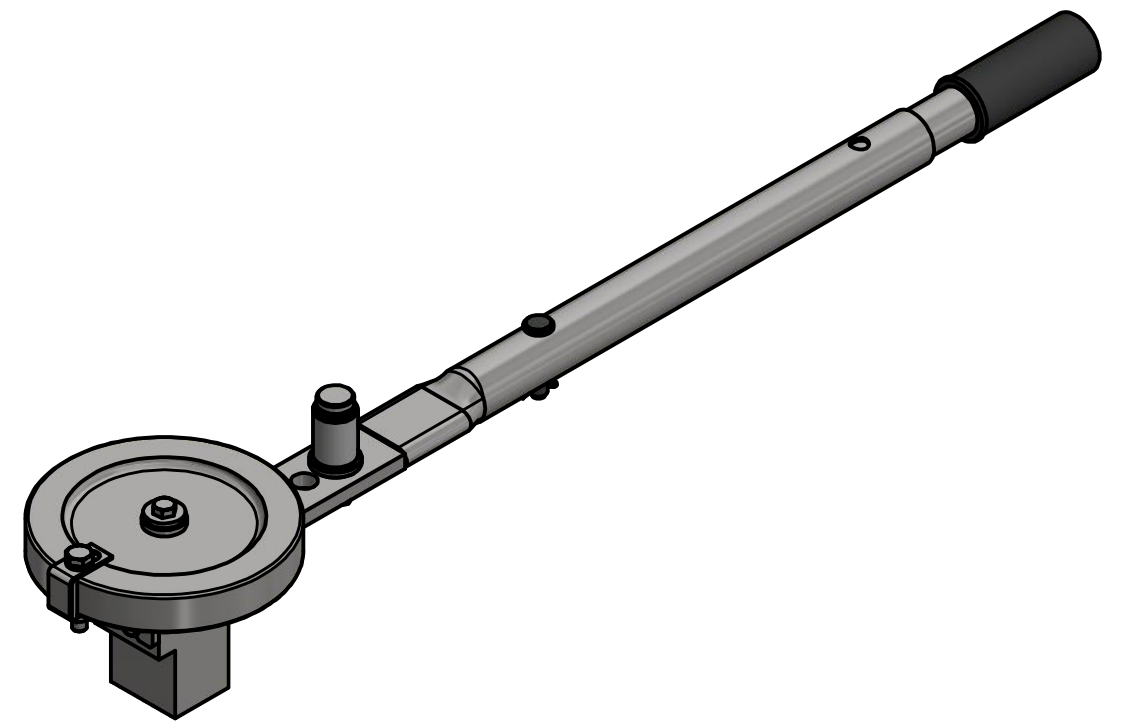
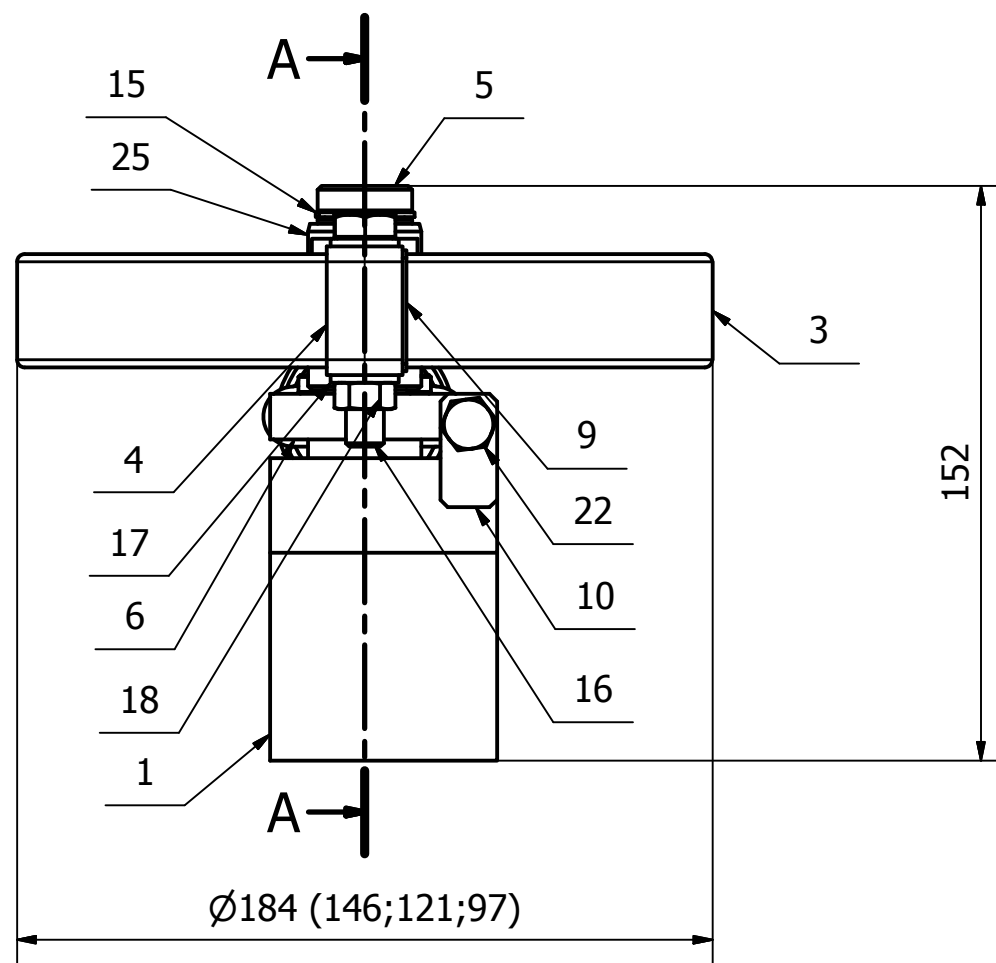
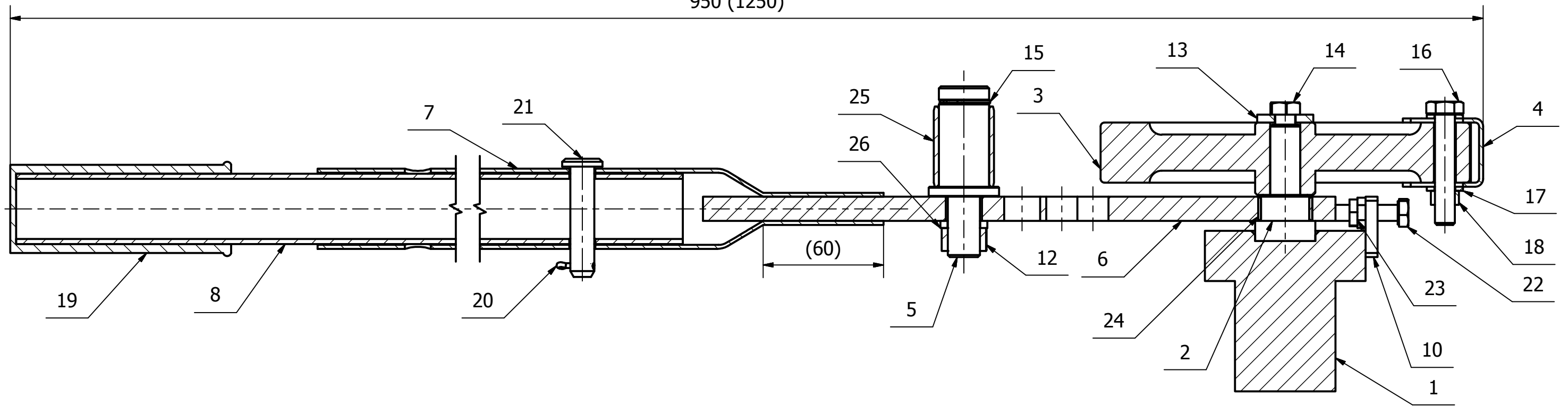
1. s.r.o., Lindab. lindab.com. *Okapový systém Rainline*. [Online] 2014. [Citace: 24. Říjen 2015.] http://www.lindab.com/cz/pro/Pages/default.aspx#drilldown_guid:c8be21d0-2c31-49cf-9354-7ea0490a0d3b;level:all;sub:3.
2. Okapy SATJAM Niagara. <http://www.satjam.cz>. [Online] [Citace: 12. Říjen 2015.] <http://www.satjam.cz/satjam-niagara-okapovy-system-27.html>.
3. Nemopas, Archiv. Letní přivalový déšť versus šikmé střechy - okapové žlaby. <http://www.novinky.cz>. [Online] 7. Srpen 2014. [Citace: 12. Říjen 2015.] <http://www.novinky.cz/bydleni/nemoci-nemovitosti/343913-letni-privalovy-dest-versus-sikme-strechy-okapove-zlaby.html>.
4. ČSN EN 1462 - *Žlabové háky - požadavky a zkoušení*. místo neznámé : Český normalizační institut, 2005.
5. Pšenička, Miroslav. Klempířství Pšeničkovi. *Titanzinek*. [Online] [Citace: 20. Říjen 2015.] <http://www.kpmetal.cz/titanzinek.php>.
6. Heureka. *Zlabovy hak*. [Online] [Citace: 2015. Listopad 12.] [http://www.heureka.cz/?h\[fraze\]=Zlabovy+hak&m=f&min=&max=&o=4](http://www.heureka.cz/?h[fraze]=Zlabovy+hak&m=f&min=&max=&o=4).
7. Technické informace. *Zambelli - oblast odvodnění střech*. [Online] [Citace: 12. Duben 2016.] <http://www.zambelli.cz/index.php?id=577&L=5>.
8. Měšťan, Ing. Radomír. *Klempířské práce na stavbách*. Praha : STNL - Nakladatelství technické literatury, 1989.
9. Praha, Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření. *Klempířské práce stavební*. Praha : Vydavatelství ÚNM, Praha, 1972.
10. Lenfeld, Doc. Dr. Ing. Petr. Část I - Tváření kovů. *Technologie II - Tváření kovů*. [Online] [Citace: 12. Říjen 2015.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm.
11. V., Benešová S. - Bernášek. Courseware KMM/TTSS. <https://courseware.zcu.cz>. [Online] 2013. [Citace: 13. Říjen 2015.] <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/kmm/tss/prednasky.html>.
12. ČSN 227340 - *Ohýbadla - všeobecné požadavky*. Praha : Vydavatelství norem, Praha, 1991.
13. Lenfeld, Doc. Dr. Ing. Petr. *Technologie II*. <http://www.ksp.tul.cz>. [Online] [Citace: 16. Říjen 2015.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm.
14. Hýsek, Rudolf. *Tvářecí stroje*. Praha I : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1971. L13-E1-IV-41/22333.
15. Inguri. *Ingur - ke stažení*. [Online] [Citace: 18. Prosinec 2015.] <http://www.inguri.cz/cs/do-pobrania>.
16. český kutil. [Online] [Citace: 28. Prosinec 2015.] <http://www.ceskykutil.cz/image/AUTO/300/23809-foto-4.jpg?crop>.
17. SKF. *Kluzná ložiska s kompozitem SKF*. [Online] [Citace: 19. Duben 2016.] <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/spherical-plain-bearings-bushings-rod-ends/composite-dry-sliding-bearings-fw-bushings/bushings/index.html?designation=PWM%20253040&unit=metricUnit>.
18. Emanuel Hájek, Reif, Pavel. *Pružnost a pevnost I*. Praha : Praha : SNTL, 1988, 1988.
19. J.Leinveber, P. Vávra. *Strojnické tabulky*. Praha : Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
20. *Narizení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*.
21. ČSN 485-2 - *Hliník a slitiny hliníku - plechy, pásy, desky - část II: Mechanické vlastnosti*. místo neznámé : Český normalizační institut, 2014.
22. Röder, Ing. Václav. *Šroubové spoje. Spoje ocelových konstrukcí*. [Online] [Citace: 19. Únor 2016.] <http://ocel.wz.cz/download/sroubove-spoje/sroubove-spoje.pdf>.

Seznam příloh

Příloha č.1 – Výkres sestavy ruční ohýbačky na háky okapových žlabů	BP – 2016 – 00
Příloha č.2 – Seznam položek sestavy ruční ohýbačky na háky okapových žlabů	BP – 2016 – 00K
Příloha č.3 – Výrobní výkres plocháče otočené páky ruční ohýbačky	BP – 2016 - 06
Příloha č.4 – CD s bakalářskou prací	-

A-A (1:2)



950 (1250)

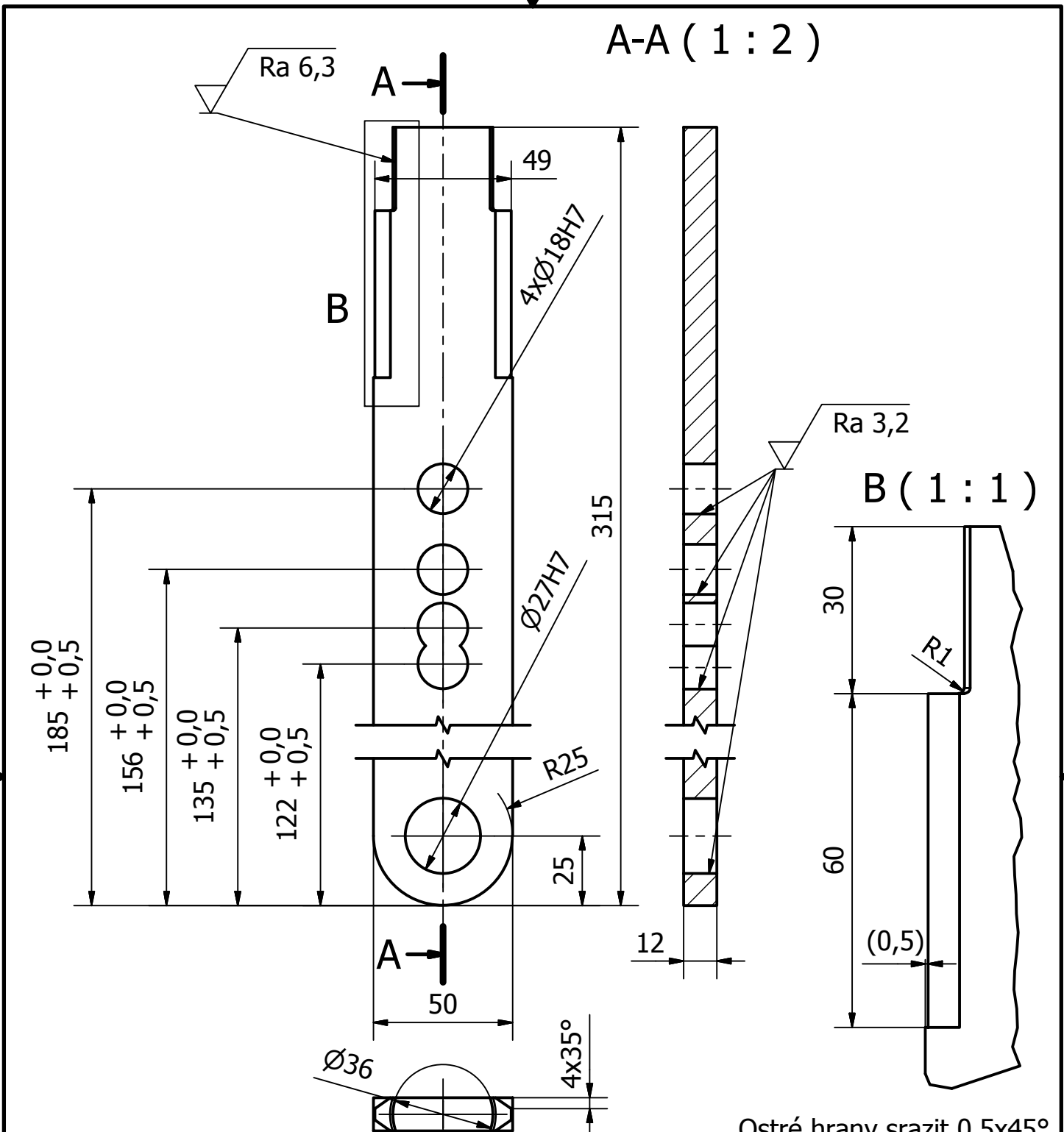


Měřítko	1:2	Hmotnost (kg)	11,207	Promítání		Formát	A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Tomáš Franěk		Název Ruční ohýbačka na háky okapových žlabů			
	Datum	28.3.2016					
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu BP - 2016 - 00			
	Datum						
		Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY		List 1 Listů 1		

SEZNAM POLOŽEK

POZ	NÁZEV	Č. VÝR. VÝKRESU	MATERIÁL	HMOTNOST	MN.
1	Upínač do svěráku	BP - 2016 - 01	11 523	2,208 kg	1
2	Hřídel pro kotouč	BP - 2016 - 02	11 523	0,155 kg	1
3	Kotouč pro okapový hák 400	BP - 2016 - 03	11 523	4,970 kg	1
4	Doraz pro polotovar	BP - 2016 - 04	11 373	0,026 kg	1
5	Tělo přítlačného válce	BP - 2016 - 05	11 523	0,275 kg	1
6	Plocháč otočné páky	BP - 2016 - 06	11 523	1,244 kg	1
7	Trubka navařená Ø40	BP - 2016 - 07	11 523	0,925 kg	1
8	Trubka vložená Ø35	BP - 2016 - 08	11 523	1,097 kg	1
9	Krytka do dorazu	BP - 2016 - 09	11 373	0,001 kg	1
10	Plocháč dorazu otočné páky	BP - 2016 - 10	11 373	0,008 kg	1
11	Lisovací trn pro trubku Ø40	BP - 2016 - 11	11 523	-	1
12	Matice M16 CSN 02 1402	NÁKUP		0,024 kg	1
13	Podložka Ø10,5 CSN 24 3550	NÁKUP		0,017 kg	1
14	Šroub M10 x 25 CSN 02 1207	NÁKUP		0,023 kg	1
15	Seger pojistka Ø22 CSN 022930	NÁKUP		0,002 kg	1
16	Šroub M10 x 55 ISO 4014	NÁKUP		0,044 kg	1
17	Podložka Ø10,5 CSN 02 1703	NÁKUP		0,003 kg	2
18	Matice M10 CSN 02 1402	NÁKUP		0,006 kg	1
19	Rukojeť hrubá Ø35	NÁKUP		0,060 kg	1
20	Závlačka ISO 1234	NÁKUP		0,001 kg	1
21	Čep ISO 2341 Ø12x55	NÁKUP		0,057 kg	1
22	Dorazový šroub M8x50 ISO 4017	NÁKUP		0,025 kg	1
23	Matice M8 CSN EN 24 036	NÁKUP		0,003 kg	2
24	Kluzné pouzdro PWM 253040	NÁKUP		0,001 kg	1
25	Kluzné pouzdro PCM 242715 E	NÁKUP		0,008 kg	1
26	Podložka pružná Ø16 CSN 02 1740	NÁKUP		0,006 kg	1
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					

Měřítko	Hmotnost (kg) 11,207	Promítání 	Formát A4
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Tomáš Franěk	Název Ruční ohýbačka na háky okap. žlabů - kusovník	
	Datum 28.3.2016		
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	Číslo dokumentu BP - 2016 - 00K	
	Datum		
	Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK		List 1 Listů 1



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko	Přesnost
		1:2	ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg)	Tolerování
		1,244	ISO 8015
			Promítání

Materiál - Polotovár 11 523 - PL050x12 - 270 ČSN 425522 Formát A4

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil	Tomáš Franěk	Název
	Datum	28.3.2016	
	Schválil		Číslo dokumentu
	Datum		BP - 2016 - 06
	Druh dokumentu	VÝROBNÍ VÝKRES	List 1 Listů 1