

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Mechanická ohýbačka drátu stavební výztuže

Autor: **Tomáš LAMAČ**  
Vedoucí práce: **Ing. Miroslav DUNÍK**

Akademický rok 2012/2013

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojí 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

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Lamač	<b>Jméno</b> Tomáš	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Duník	<b>Jméno</b> Miroslav	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Mechanická ohýbačka drátu stavební výztuže		

<b>FAKULTA</b>	strojí	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2013
----------------	--------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	36	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	31	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	5
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Jedná se o bakalářskou práci konstrukčního návrhu mechanické ohýbačky stavební výztuže. Řešení je hledáno na základě rešerše možných technologických způsobů s kombinací vlastních myšlenek autora. Výsledný návrh ohýbačky je rozveden do dvou konstrukčních variant. Obě varianty lze pohánět pomocí tří rozdílných typů pohonů. Veškeré důležité parametry jsou podloženy výpočty. Práce obsahuje kompletní model vypracovaný v CAD programu a výkresovou dokumentaci.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Stavební výztuž, mechanická ohýbačka, tváření

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Lamač	<b>Name</b> Tomáš	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 “ Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Duník	<b>Name</b> Miroslav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Mechanical bender of structural wire reinforcement		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2013
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	36	<b>TEXT PART</b>	31	<b>GRAPHICAL PART</b>	5
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This bachelor thesis is focused on the construction proposal of the mechanical bender of structural reinforcement. The solution is fading upon the research of the technological methods with combination of the own ideas of actor. The find proposal of the bender is dividend to two construction ways. The both ways can be driven by free different methods of power. All important parameters has been exactly calculated. The thesis includes the model made in CAD software and the documentation of the drawing.
<b>KEY WORDS</b>	Structural reinforcement, mechanical bender, forming

## Obsah

Úvod .....	3
1. Tváření.....	5
1.1. Tváření obecně .....	5
1.2. Tvářecí stroje .....	6
2. Ohýbání .....	7
2.1. Ohýbání obecně .....	7
2.2. Stroje pro ohýbání.....	8
3. Stavební výztuž.....	8
3.1. Železobeton.....	9
3.2. Železobetonové konstrukce .....	10
4. Konstrukce ohýbačky.....	11
4.1. Úvod do problematiky.....	11
4.2. Zařazení ohýbačky podle rozdělení z odstavce 1. ....	12
4.3. Zadané konstrukční parametry .....	12
4.4. 1. konstrukční provedení.....	12
4.4.1. Převodový mechanismus.....	13
4.4.2. Systém kladek.....	15
4.4.3. Upínací systém .....	16
4.5. 2. konstrukční provedení.....	17
4.6. Předběžné zhodnocení konstrukčních provedení .....	18
4.7. 3 typy pohonů .....	18
4.7.1. Jednoduchá ráčna.....	18
4.7.2. Ráčna s posilovačem momentu.....	18
4.7.3. Elektromotor .....	19
5. Postup montáže ohýbačky .....	19
5.1. Montáž ohýbačky poháněné ráčnou.....	19
5.2. Montáž elektromotoru a ovládatelné spojky k rámu ohýbačky .....	20
6. Postup práce.....	20
7. Bezpečnostní opatření.....	21
8. Výpočty.....	22
8.1. Ohybový moment a síla vyvozená obsluhou.....	22
8.1.1. Síla potřebná pro ohyb drátu stavební výztuže.....	22

8.1.2.	Převodový poměr .....	22
8.1.3.	Potřebná síla vyvozená obsluhou na páce .....	23
8.2.	Pevnostní kontrola šroubového čepu upevňujícího kladku/kleštinu .....	23
8.2.1.	Maximální síla působící na čep .....	23
8.2.2.	Kontrola čepu na stříh .....	25
8.2.3.	Kontrola bronzového pouzdra na otláčení .....	25
8.3.	Výpočet průměru lícovaných šroubů otočného prstence .....	26
8.3.1.	Moment působící na otočném prstenci .....	26
8.3.2.	Střížná síla působící na lícovaný šroub .....	26
8.3.3.	Průměr lícovaného šroubu .....	26
8.3.4.	Pevnostní kontrola těsných per v pevné středové ose pro maximální moment .....	27
8.3.5.	Pevnostní kontrola čepu a bronzového pouzdra pro maximální moment .....	27
8.4.	Kontrola ozubených kol pro maximální moment .....	27
9.	Cenové zhodnocení .....	29
10.	Závěr .....	29
	Poděkování .....	30
	Seznam použitých pramenů a literatury .....	31

## POUŽITÉ ZNAČKY A ZKRATKY

D	[m]	průměr
M	[N·m]	moment
l	[m]	vzdálenost
$\sigma_D$	[MPa]	dovolené normálové napětí
$W_O$	[m·m <sup>3</sup> ]	modul průřezu v ohybu
$M_O$	[N·m]	ohybový moment
$\pi$	[m]	Ludolfovo číslo
F	[N]	síla
z	[-]	počet zubů
i	[-]	převodový poměr
$\eta$	[-]	účinnost
$M_k$	[N·m]	kroucí moment
$\tau_D$	[MPa]	dovolené smykové napětí
S	[m·m <sup>2</sup> ]	průřez
h	[m]	výška
p	[MPa]	tlak
$p_D$	[MPa]	dovolený tlak
n	[1]	počet
$\alpha$	[°]	úhel
$\mu$	[-]	součinitel přesnosti ozubených kol
$r_o$	[-]	rychlostní součinitel ozubených kol pro ohyb
$r_d$	[-]	rychlostní součinitel ozubených kol pro otláčení
$y_o$	[-]	rychlostní součinitel ozub. kol pro ohyb
$y_d$	[-]	rychlostní součinitel ozub. kol pro otláčení
u	[-]	součinitel velikosti zubu
c	[-]	výpočtová konstanta
m	[m]	modul
$F_D$	[N]	dovolená síla

## VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Název výkresu	Druh výkresu	Číslo výkresu	Formát výkresu
OHÝBAČKA	VÝKRES SESTAVY	BP_S10B0113P_01S	A2
OHÝBAČKA III	VÝKRES SESTAVY	BP_S10B0113P_02S	A3
RÁM	VÝROBNÍ VÝKRES	BP_S10B0113P_01	A2
CENTRÁLNÍ KLADKA SV25	VÝROBNÍ VÝKRES	BP_S10B0113P_19	A4
CENTLRÁLNÍ KLADKA SV32	VÝROBNÍ VÝKRES	BP_S10B0113P_17	A4

## CD-ROM

Název souboru	Typ souboru	Obsah
BP_LAMAC_2013	Dokument *.pdf	Text bakalářské práce
PŘÍLOHY	Dokument *.pdf	Výkres
OBRÁZKY	Obrázky *.jpg	Obrázky použité v BP
SOLID EDGE	*.asm, *.par, *.dft	Data sestav, modelů a výkresů



## Úvod

V současné době jsou železobetonové konstrukce kolem nás na každém kroku. Jsou součástí prakticky všech budov, mostních konstrukcí, velkých architektonických děl, stadionů, přehrad. Téměř by se dalo říct všeho, co má něco společného se stavebním průmyslem. Samozřejmě jsou zde i výjimky, jako jsou například takzvané ekologické budovy, rekreační stavby ze dřeva a podobně. Přesto však železobetonové konstrukce v celosvětovém měřítku tyto výjimky značně převažují.

Železobeton, jak již název napovídá, není pouze samostatná betonová směs, ale také železná konstrukce. I když je betonová směs doslova alchymie desítek různých přísad, vše podstatné se odehrává přímo v cementárně a tato směs je většinou pro celou konkrétní stavbu stejná. Kdežto ocelové konstrukce musí kopírovat budoucí tvar celého železobetonového útvaru a právě proto je nepřeborné množství stavebních výztuží, ze kterých se konstrukce skládají. Výztuže mají různé průřezy, průměry, tváří se do různých tvarů, vyrábějí se z různých materiálů a některé podléhají ještě povrchovým úpravám. Jedná se o celý proces operací, které se provádějí postupně od železárenských hutí, po armovny až po konečné staveniště.

Každá, i ta sebemenší operace od prvotního vytvoření ocelového prutu, přes složitě upravovanou a tvářením vytvarovanou stavební výztuž pro konstrukce všech velikostí a tvarů, by mohla být tématem několika bakalářských i diplomových prací. V této práci se zaměřím na tváření, konkrétně ohýbání, stavební výztuže přímo na staveništi. Parametry této operace jsou udávány aktuální situací vyplývající ze stavu stavby.

## 1. Tváření

### 1.1. Tváření obecně

Tváření je nedestruktivní technologický proces zpracování materiálů, při kterém dochází bez porušení ke změně jeho tvaru. Základním znakem tváření je tedy proces bez odběru třísek. Během procesu se v materiálu mění relativní poloha částic v krystalové mřížce a k trvalým změnám dochází po překročení meze pružnosti. V žádném případě však nesmí být překročena mez pevnosti a proto jsou k tváření vhodné takové materiály, které mají tyto meze od sebe dostatečně vzdálené.

Tvářecí pochody rozdělujeme podle působení vnější síly na ohýbání, stříhání, tažení, ražení, válcování, kování. Operace stříhání spadá do kategorie tváření, i přestože z technologického hlediska se jedná částečně o tváření a částečně o obrábění. A to proto, že oddělená část působením smykového napětí může být odpadem nebo výrobkem. Proces tváření může probíhat za tepla, kdy se ohřevem materiálu zlepšuje jeho tvářitelnost, nebo za studena, respektive při běžné teplotě. Výrobek zpracovaný tvářením většinou vykazuje úsporu materiálu a během tváření za studena i lepší mechanické vlastnosti, především díky výhodnějšímu a nepřerušnému uspořádání vláken. Při tváření za tepla nastává uzdravení krystalické mřížky a mechanické vlastnosti se tak nemění. Tváření také dělíme na plošné a objemové. U plošného tváření se žádaného tvaru součásti, většinou plechu, dosáhne bez

podstatné změny průřezu nebo tloušťky výchozího materiálu. Při plošném tváření za studena se mechanické vlastnosti mění jen částečně. Vhodným představitelem je hluboké tažení a ohýbání. Během objemového tváření se přeskupuje objem materiálu polotovaru a vzniká nový tvar součástí. Dochází ke zpevnění materiálu a poklesu tažnosti u tváření za studena. Do této skupiny patří například kování.

## 1.2. Tvářecí stroje

Stroje pro tváření jsou ve srovnání s obráběcími stroji větší, robustnější a mají tužší konstrukci. Mají horší představitelnost a jsou mnohem méně univerzální. Výhodou oproti obráběcím strojům je minimum odpadového materiálu. Vzhledem k velikosti, nízké univerzálnosti a k poměrně vysokým nákladům na výrobu tvářecích strojů jsou zařazeny převážně v hromadných a sériových výrobcích.

Tvářecí stroj se obecně skládá z motoru, ústrojí pro přenos energie a pracovního prostoru. Pohon je dále rozdělován na hlavní a vedlejší. Hlavní slouží k transformaci různých druhů energie na energii mechanickou, potřebnou k překonání deformačního odporu tvářeného materiálu. Vedlejší pohon dodává energii pro ostatní pohyby různých částí stroje, například suportu nebo upínače. Energie vyvozená pohonem se do pracovního prostoru přenáší ústrojím založeným na jednom nebo kombinaci více mechanismů. Jedná se o mechanismy šroubové, pákové, šnekové, ozubené, výstředníkové, vačkové, klikové, řetězové, řemenové, hydraulické, plynové a elektromagnetické. Pracovní prostor je rozdělen na otevřený, kdy je umožněn přístup ze dvou nebo čtyř stran, a na uzavřený, zde je přístup umožněn pouze ze dvou stran. Na tvářený polotovar působí v pracovním prostoru dva typy vnějších sil, aktivní a pasivní. Síly od pracovních ploch stroje patří mezi aktivní síly. Třecí síly působící mezi ostatními plochami a polotovarem jsou pasivní síly.

Dalším možným rozdělením tvářecích strojů, zařazujících se mezi základní, je dělení podle časového působení vnějších sil na tvářený polotovar. Stroje pro mále rychlosti nástroje a deformace se označují lisy. Označení buchary je pro stroje s vysokou rychlostí nástroje a deformace. Lisy pracují na principu klidného a stálého tlaku nástroje na těleso. Energie je přenášena i během tváření díky trvalému spojení nástroje s pohonem. Princip bucharu je založen na kinetické energii nástroje, využívané k tváření polotovaru. Energie není na nástroj přenášena po dobu tváření a síly působí na tvářený materiál jen krátkodobě. Pracovní cyklus tvářecího stroje se skládá ze všech pracovních i pomocných pohybů potřebných k vykonání celého tvářecího procesu. Je to interval, ve kterém se postupně navrátí všechny výstupní členy stroje, potřebné pro proběhnutí operace, do výchozí polohy. Chod tvářecího stroje je rozdělen z hlediska opakování pracovního cyklu na přerušovaný a trvalý. Při trvalém chodu stroje se pracovní cyklus kontinuálně opakuje stále dokola při nepřerušovaném pohybu výstupních členů stroje. Během přerušovaného chodu je pohyb výstupních členů po každém pracovním cyklu pozastaven. Pracovním pohybem se rozumí pohyb výstupních členů tvářecích polotovarů. Pomocné pohyby zahrnují všechny ostatní pohyby nezbytné pro správné dokončení celé operace, řadí se mezi ně upnutí, podávání a vyhazování materiálu, doprava a další vedlejší, ne však méně důležité, pohyby.

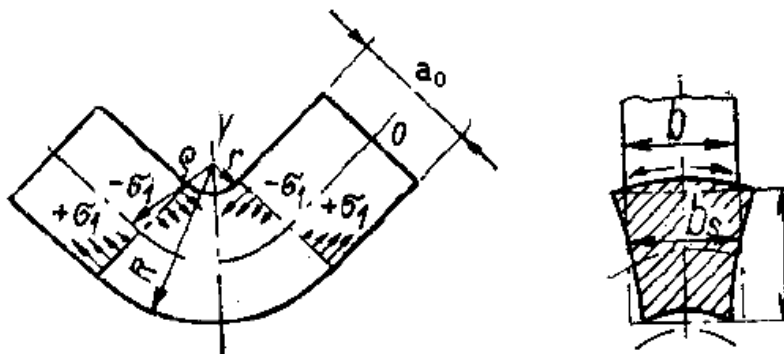
## 2. Ohýbání

### 2.1. Ohýbání obecně

Ohýbání je technologický proces tváření, při kterém je materiál vzniklým napětím trvale deformován a to bez podstatné změny průřezu, jedná se tedy o plošné tváření. Plastická deformace zasahuje do poměrně malého objemu tvářeného materiálu a tvoří ostrou nebo oblou hranu, případně oblou plochu. Vrstvy, respektive vlákna, struktury materiálu jsou během ohýbání na vnitřní straně ohybu v podélném směru stlačovány a zkracovány, ve směru příčném jsou tyto vlákna roztahována. Na vnější straně ohybu se vlákna v podélném směru roztahují a prodlužují, v příčném směru se shlukují. Mezi zkracovanými a prodlužovanými vlákny je mezní případ vrstvy, ve které si vlákna během ohýbání zachovají svoji délku. Tato vrstva je označována jako neutrální vrstva. Důležitý fakt je, že neutrální vrstva neprochází středem průřezu, ale její poloha se dá snadno vypočítat.

V místě ohybu se rozeznávají tři druhy pásem ležících podél průřezu. Vnější pásmo s trvalým prodloužením, pásmo pružných deformací kolem neutrální osy a vnitřní pásmo s trvalým zkracováním. Pásmo pružných deformací způsobuje takzvané odpružení ohýbané součásti. Odpružení lze charakterizovat jako nežádoucí dodatečnou deformaci ohýbané součásti, způsobující zpětné ohnutí po odlehčení součásti nástrojem. Škodlivý význam úhlové odchylky zpětného odpružení se zvyšuje s délkou ramen součásti. Tato odchylka se pohybuje v rozmezí  $3^\circ$  až  $15^\circ$ . Čím tvrdší materiál, tím větší odchylka. Velikost úhlu odpružení je závislá na vlastnostech ohýbaného materiálu, poloměru ohybu, tloušťce materiálu a způsobu ohýbání.

Úhel odpružení lze pozitivně ovlivnit mnoha způsoby, mezi ty nejpoužívanější patří úprava konstrukce nástrojů, změna materiálových vlastností nebo úprava geometrické charakteristiky součásti. Základním postupem eliminace odpružení spočívá v ohnutí součásti o požadovaný úhel, plus o úhel odpružení. Úhel odpružení získáme pomocí empirických vzorců, nebo z tabulek. Po odlehčení součásti a odpružení vlivem elastické deformace se součást navrátí do polohy, která byla původně požadována. Další možností je zvětšení ohýbací síly na konci cyklu, díky tomuto zvýšení dochází k místním plastickým deformacím v ohybu a odpružení se značně sníží. Zejména u plechů se používá takzvaných prolisů a vyztužujících žeber, zde se odpružení odstraní úplně. Mezi konstrukční upravení nástroje patří podbroušení a zaoblení hran nástroje.



Obrázek 1: Rozložení napětí v ohýbaném profilu [6]

Přesnost při ohýbání závisí na mnoha činitelích, mezi něž patří tvar a rozměry ohýbané součásti, tloušťka ohýbaného materiálu, počet ohybů, druh ohýbacího nástroje a jeho přesnost, přesnost ustavení nástroje v tvářecím stroji a na skutečnosti, je-li použita kalibrační operace. Jakost povrchu výlisku při ohýbání závisí především na jakosti povrchu ohýbaného materiálu, geometrii ohýbací čelisti, velikosti vůle, způsobu mazání a drsnosti funkčních částí nástroje.

## 2.2. Stroje pro ohýbání

Základní operace ohýbání jsou prosté ohýbání, ohraňování, rovnání, zakružování, lemování, obrubování, osazování, drápkování a zkrucování. Stroje pro ohýbání mají ve většině případů malou univerzálnost a proto je na trhu výběr z nepřeberného množství strojů. Tyto stroje se liší účelem, stavbou, pohonem a tak dále. Stroje pro ohýbání se dělí do několika kategorií, z nichž asi největší je kategorie lisů a bucharů. Mezi ně patří klikové mechanické lisy univerzální a výstředníkové, vřetenové lisy, hydraulické lisy a padací nebo parovzdušné buchary. Další kategorií jsou speciální ohraňovací lisy, mechanické nebo hydraulické. Následuje nemalá skupina ohýbacích strojů. Sem se řadí ohýbačky na plech, trubky, profily a kolejnice, ohýbací poloautomaty, obrubovačky, rovnačky na plech, trubky a profily, zakružovačky. Dále jsou válcovací stroje pro plynulé ohýbání profilovými válci. A poslední kategorií jsou ruční ohýbací stroje obsahující ohýbačky, obrubovačky a zakružovačky.



Obrázek 2: Ohýbačka tyčí [7]

## 3. Stavební výztuž

Stavební výztuž, nebo také betonářská výztuž, je jednou ze dvou základních složek železobetonu. Druhou základní složkou je betonová směs. Obě složky drží pohromadě díky nejdůležitější vlastnosti železobetonu, soudržnosti. Toto spojení významně zvyšuje únosnost betonu a značně snižuje jeho deformaci. Druhů stavební výztuže je obrovské množství a jeho volba závisí na typu konstrukce, kde bude výztuž použita. Výztuže používané v České republice, stejně jako navrhované železobetonové konstrukce, musí splňovat podmínky evropských norem.

### 3.1. Železobeton

Stavební výztuž je ve většině případů ocelová tyč s kruhovým průřezem. Pro její výrobu se volí ocel třídy 10 s výraznou mezí kluzu, ale použit lze také ocel se smluvní mezí kluzu. Ve většině případů je to ocel 10 216, 10 245 nebo 10 335 z řad ocelí s výraznou mezí kluzu a ocel 10 338, 10 425 nebo 10 505 z řad ocelí se smluvní mezí kluzu.

Kromě kruhového průřezu se používá také průřez čtvercový nebo čtyřlístkový. Na povrchu většiny typů výztuže jsou výstupky, takzvaná žebra, která zvyšují soudržnosti železobetonu. Dalším posilovačem soudržnosti je velké množství nerovností na povrchu výztuže, ty se zde tvoří již během její výroby. Při výrobě železobetonu do těchto jemných důlků a vrubů zateče betonová směs a po jejím vytvrdnutí vznikne v místě nerovnosti mikroskopická smyková zarážka, těch je po celém povrchu výztuže nespočet. Ke zvýšení soudržnosti také pomáhá koruze, ta se skládá z oxidů železa na povrchu součásti a tyto oxidy zvyšují morfologii tohoto povrchu, to vede k příznivému ovlivnění soudržnosti železobetonu. Koruze však nesmí být v příliš velkém rozsahu. Negativní dopad na soudržnost železobetonu nastává ve chvíli, kdy se od povrchu výztuže začnou postupně odlupovat malé plátky zoxidovaného železa.

Stavební výztuž je ve většině případů před zabudováním do celkové konstrukce zapotřebí ohnout. Tato tvářecí operace se provádí přímo v armovnách, existuje však mnoho situací, kdy je potřeba ohýbat přímo na staveništi. Výztuž je ohýbána na základě geometrických požadavků konstrukce, ale také pro zvýšení únosnosti konstrukce. Výztuž ohnutá pro zvýšení únosnosti konstrukce se nazývá smyková výztuž. Použitý materiál musí mít vysokou tažnost, aby během ohýbání nevznikaly makroskopické trhliny. Zároveň musí být dodrženy normované poloměry ohybu. Stavební výztuž je velmi často svařována do různých konstrukcí a proto musí mít zvolená ocel dobrou svařitelnost. Výztuže jsou také svařovány pro zvýšení pevnosti nebo vytvoření elektricky vodivého spoje.

Stavební výztuž musí být v souladu s evropskou normou ČSN EN 10080 a nebo s její harmonizovanou podobou ČSN 42 0139. Výztuž je označována ve tvaru BXXXZ podle normy ČSN EN 10027-1. B označuje betonářskou ocel, XXX udává mez kluzu v MPa a Z je tažnost oceli. Tažnost rozdělujeme do tří skupin, A normální, B vysoká, C velmi vysoká.



Obrázek 3: Prut stavební výztuže [8]

### 3.2. Železobetonové konstrukce

Betonová směs dosahuje pevnosti v tlaku řádově v desítkách MPa a v tahu dokonce jen v jednotkách MPa. Tyto hodnoty jsou pro betonové konstrukce, z hlediska bezpečnosti, značně nedostačující. Naopak pevnost v tahu používaných materiálů pro výrobu výztuže dosahuje 300 až 600 MPa a proto je stavební výztuž nezbytnou součástí železobetonových konstrukcí. Takto vyztužené konstrukce mnohem lépe odolávají tahovému a ohybovému napětí, které je přeneseno na výztuž. Tímto způsobem se železobetonová konstrukce stává bezpečnější. Železobeton je navržen za předpokladu, že při tahovém namáhání vzniknou mikrotrhliny o velikosti do 1 milimetru. Tyto trhlinky v betonu značí, že beton už tahem není namáhán vůbec a veškeré tahové napětí je přeneseno na výztuž.

Ocelové výztuže jsou svařovány do mnoha různých základních konstrukčních tvarů. Velmi často viditelné jsou například takzvané kari sítě, ty se využívají pro vyztužení deskových nebo stěnových konstrukcí. Největší výhodou těchto sítí, nebo také svařovaných rohoží, je jejich rychlá instalace na místě. Dalším častým příkladem předem připravených svařovaných konstrukcí jsou armokoše, z nich se zhotovují železobetonové sloupy a piloty. Stavební výztuž je vyráběna v maximální délce 12 metrů, v opravdu výjimečných případech může být i delší. Proto je nutno ji přímo na stavbě navzájem spojit tak, aby byl zajištěn vzájemný přenos působících sil a zatížení. Spojení je prováděno takzvaným stykováním, sponami nebo již zmíněným svařováním. Nejčastěji je výztuž svařována odporově v armovnách, případně ručně obloukovým svařováním přímo na stavbě. Pro ještě větší zvýšení tahové únosnosti betonových konstrukcí je možno nahradit ocelovou výztuž předepínacími lany nebo kabely, takto vyztužený beton však funguje podle odlišných předpokladů.



Obrázek 4: Betonová vložka [8]



Obrázek 5: Kari síť [8]

Zásadní vliv na životnost železobetonové konstrukce má koroze. Pokud je výztuž napadena masivní korozí a případ postoupí do kritického stádia, hrozí kolaps celé železobetonové konstrukce. Riziko napadení korozí závisí především na hloubce uložení ocelové výztuže pod povrchem betonu. Tuto hloubkou chrání výztuž před masivní korozí označujeme jako krycí vrstva. Vrstva je ovlivněna hlavně agresivitou prostředí, ve kterém je

železobetonová konstrukce postavena a také samotným účelem konstrukce. Tloušťka krycí vrstvy je několika násobně větší pokud je konstrukce uložena v zemi, například pokud se jedná o stavební základy. V některých případech, kdy se konstrukce používá v extrémně korozně agresivním prostředí, je dokonce nezbytné použít pro výrobu výztuže korozi odolný materiál. Další možností ochrany v takto agresivním prostředí jsou organické nebo kovové povlaky. K zajištění vymezení krycí vrstvy při tvorbě železobetonové konstrukce slouží bodové nebo liniové distanční vložky. Tyto vložky různých profilů a rozměrů jsou vyrobené z materiálu na bázi cementu nebo plastu, po vytvrdnutí betonové směsi zůstanou součástí konstrukce.

## **4. Konstrukce ohýbačky**

### **4.1. Úvod do problematiky**

Současné podmínky konečného tvarování drátů stavební výztuže přímo na staveništi jsou náročné a na nízké technické a technologické úrovni. To se týká jednak úpravy již předem zformovaných drátů dopravených z armovent, ale také ohýbání neupravených rovných drátů výztuže připravených pro tvarování na místě. Důvodem těchto nevyhovujících podmínek je poměrně malý počet takto tvarovaných drátů z pohledu celkového objemu dodávky a tím neekonomická instalace velkých ohýbacích strojů přímo na místě. Zároveň musí být tyto stroje připojeny na zdroj elektrické energie a to komplikuje jejich umístění i přepravu na staveništi o velké rozloze. Stavební dělníci tedy dodatečně tvarují výztuž pomocí kladiva a dřevěného trámu. Dělník si výztuž v místě požadovaného ohybu opře o dřevěný rám, jednou rukou ji přidržuje a druhou rukou pomocí velkého těžkého kladiva údery výztuž ohýbá. Tento způsob tváření, známý především z časů v uplynulém století, je neekonomický, nevhodný, zdlouhavý, možný pouze pro dráty malých průměrů a především nebezpečný pro stavební dělníky z hlediska vážného poškození zdraví. Bohužel i zkušenému dělníkovi hrozí vážná poranění například vymrštěním ohýbaného drátu následně po úderu kladivem nebo nešikovnou manipulací s kladivem.

Mnou navržené řešení zlepšuje výše uvedené nedostatky, některé méně a jiné významněji, některé dokonce zcela redukuje. Při správném dodržování pracovního postupu je například nebezpečí úrazu zcela vyloučeno. Bohužel jak je známo z praxe, nebezpečí úrazu nelze nikdy úplně vyloučit. Důvodem je především chybovost lidského faktoru. Ale i navzdory této skutečnosti, můžu říci, že riziko úrazu je sníženo na minimum a to i pro málo kvalifikovanou obsluhu. Řešení spočívá v podobě mechanické ohýbačky stavební výztuže poháněné lidskou silou. Potřebná vyvozená síla stavebního dělníka je omezena na minimum a splňuje ergonomické a bezpečnostní požadavky do té míry, že stroj mohou bez problému obsluhovat i ženy.

Obsahem mé bakalářské práce je ohýbačka stavební výztuže zahrnující dvě konstrukční provedení a tři typy pohonu, celkem tedy 6 možných variant. Rozdíl mezi konstrukčními provedeními spočívá mezi pevnými a pohyblivými kladkami přenášejícími tvářecí moment.

V první variantě je jedna pohyblivá kladka uložena na otočném prstenci, ve druhém jsou dvě pohyblivé kladky uloženy na otočné ose. U výpisu druhů pohonů si částečně odporují s jedním z nežádoucích faktorů stávajícího řešení a to se závislostí ohýbačky na elektrické energii. Elektrický pohon je však pouze volitelným nastavbovým paketem, který záměrně nijak zásadně neovlivňuje konstrukci stroje. Tento rozpor navíc dále ulehčuje fyzickou práci stavebních dělníků tam, kde je přípojka elektrické energie. Tři typy pohonu lze rozdělit na dva mechanické poháněné lidskou silou a jeden elektrický poháněný trojfázovým asynchronním elektromotorem. Mezi primární typy pohonů patří ovládání stroje pomocí ráčny a ráčny s posilovačem vyvozeného momentu. Bližší popis a význam je rozveden v jednotlivých podkapitolách každé varianty.

## **4.2. Zařazení ohýbačky podle rozdělení z odstavce 1.**

Konstruovanou ohýbačku lze zařadit do tvářecích strojů pracujících za studena. Průřez stavební výztuže se během ohýbání výrazně nemění, jedná se tedy o plošné tváření. Hlavním pohonem stroje je energie vyvozená mechanickou silou obsluhy, případně energie dodávaná přidavným elektromotorem. Vedlejší pohon slouží k upnutí ohýbaného drátu stavební výztuže a je poháněn také energií vyvozenou lidskou silou. Ústrojí pro přesnost energie obsahuje mechanismy pracující na principu ozubeného a šnekového převodu. Pracovní prostor lze jednoznačně označit za otevřený, je tedy k němu přístup ze všech čtyř stran stroje. Stroj pracuje s malými rychlostmi nástroje a taktéž deformační rychlosti jsou malé. Chod ohýbačky je přerušovaný.

## **4.3. Zadané konstrukční parametry**

Ze zadání práce vyplívá pouze několik základních konstrukčních podmínek. Ohýbačka musí být schopna ohnout stavební výztuž v rozmezí průměrů od 15 do 32mm. Jedná se o tyto nejčastěji vyráběné průměry, 15, 16, 20, 25, 28 a 32 mm. Poloměr ohybu musí splňovat podmínku sedminásobku průměru konkrétní ohýbané výztuže.

## **4.4. 1. konstrukční provedení**

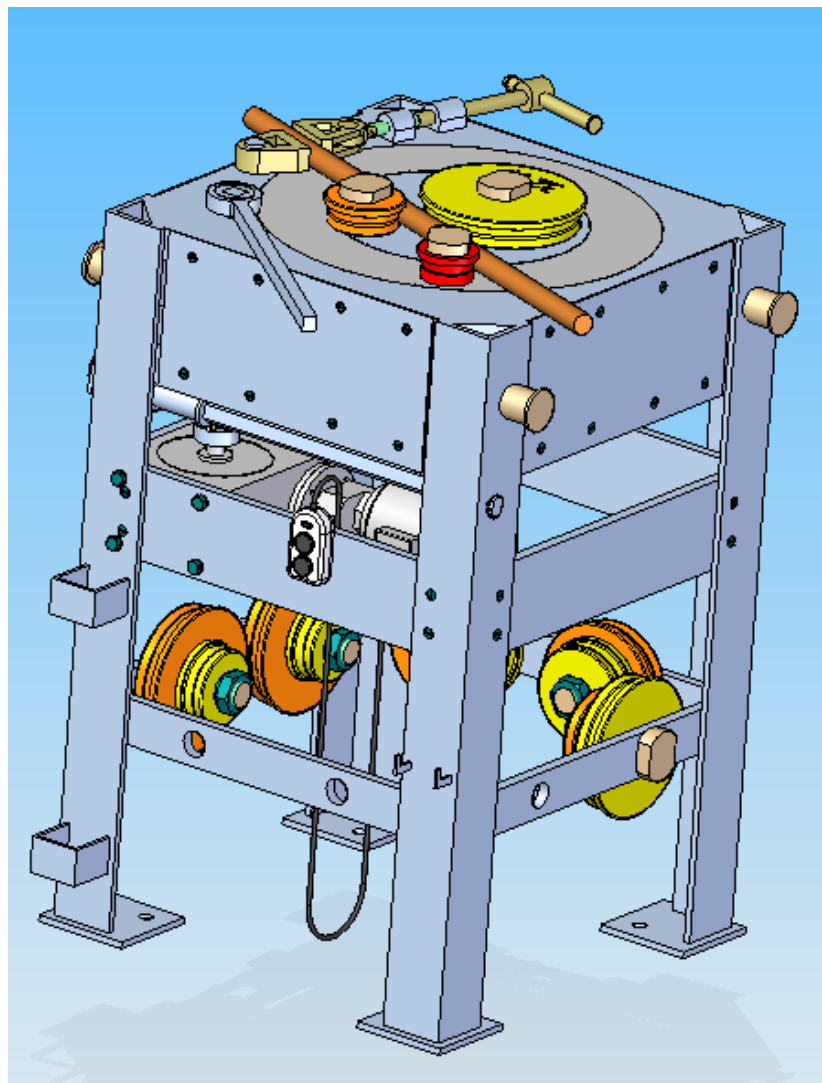
Ohýbačka stavební výztuže je konstruovaná jako čtyřnohý stůl čtvercového průřezu vysoký 1 metr a 10 centimetrů. Na ploše stolu jsou dvě nepohyblivé kladky umístěné na pevné středové ose a jedna pohyblivá kladka přenášející moment na otočném prstenci rotujícím kolem středové osy. Přesná poloha ohýbaného drátu je zajištěna dvojicí kleštín nacházejícími se také na ploše stolu. V rohu plochy stolu ční pastorek zakončený z vrchní strany čtyřhranem, ze spodní strany osazením s drážkou pro pero. Tento konec s osazením slouží pro napojení spojky elektromotoru s ohýbačkou. Čtyřhran slouží pro nasazení ráčny nebo ráčny s posilovačem momentu, v případě pohonu ohýbačky lidskou silou. Tvářecí moment vyvozený lidskou silou nebo elektromotorem je znásoben na ozubeném soukolí a dále je pomocí pohyblivé kladky přenášen na ohýbaný drát.

Převodový mechanismus je uložen pod plochou stolu a všechny rotační součásti jsou řádně zakryty plechovými pláty tak, aby nedošlo k poškození zdraví obsluhy. Pláty zabraňují zachycení a vtažení části oblečení obsluhy nebo jiného nežádoucího elementu. Ve spodní



části konstrukce nohou jsou svarovým spojem připevněny příčníky s otvory pro šrouby upevňující dvojice výměnných kladek odstupňovaných podle průměru ohýbaného drátu. Toto řešení usnadňuje obsluhu rychlé přestavení ohýbačky na odlišný průměr ohýbaného drátu. Druhotnou funkcí příčníků, avšak neméně důležitou, je zvýšení stability celkové konstrukce ohýbačky. Na spodním konci nohou jsou svarovým spojem upevněny čtverce z tlustého plechu s otvorem, slouží pro lepší stabilitu stolu a případnému pevnému ustavení stolu pomocí kotevních háků nebo šroubů.

Vzhledem k poměrně velké váze 799kg celé ohýbačky jsou na dvou protilehlých bocích stolu maticí upevněny vždy dva manipulační čepy pro snadnější transport a manipulaci se strojem.

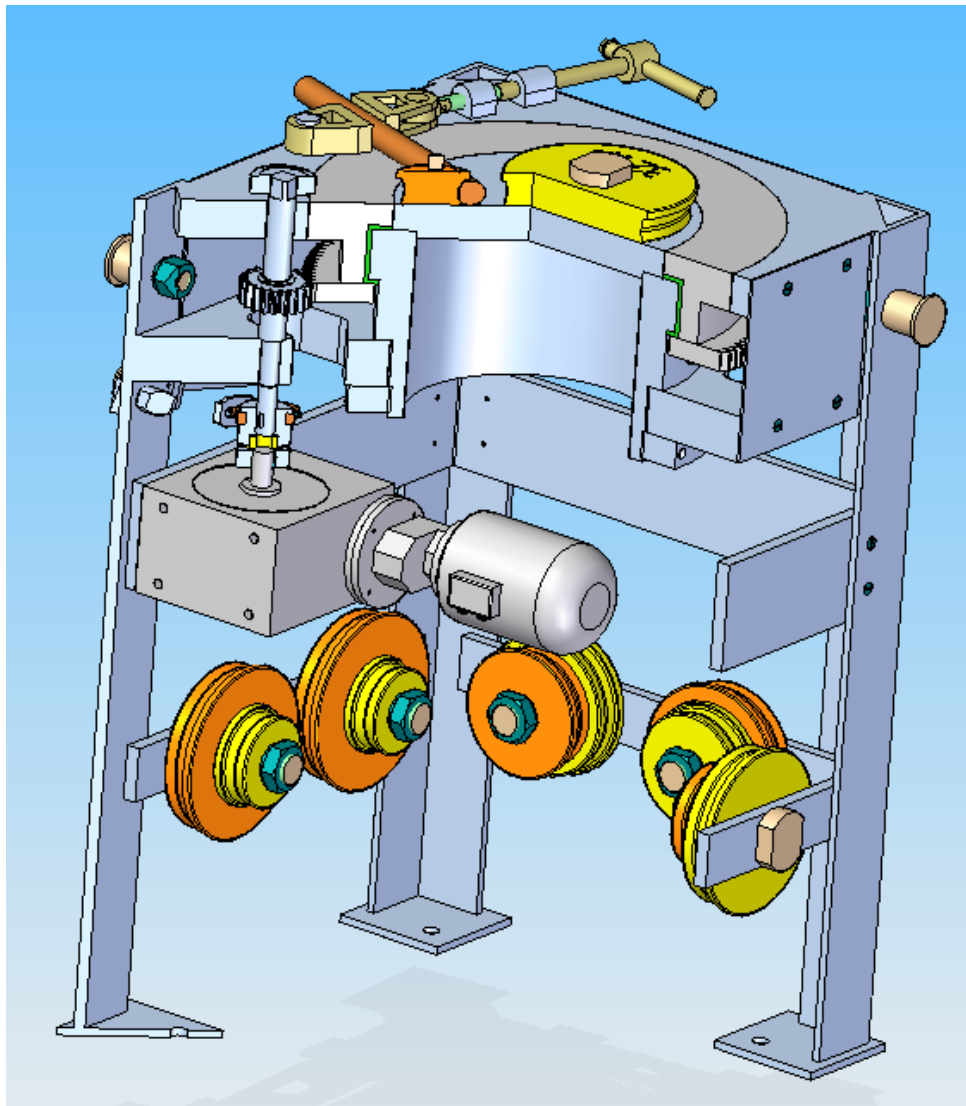


Obrázek 6: Ohýbačka

#### 4.4.1. Převodový mechanismus

Zde popíšeme průběh sil a momentů směrem od pohonu až k ohýbanému drátu výztuže. Podle typu pohonu se přenesou krouticí moment na pastorek ráčnou s půlmetrovým ramenem, případně ráčnou s posilovačem o stejném rameni, nebo elektromotorem. Odtud se přenáší moment přes ozubené soukolí dvou kol s převodovým poměrem 7,25 na otočný prstenec, velké kolo je zároveň součástí otočného prstence. Takto znásobený moment působí kladkou

přípevněnou na otočném prstenci na ohýbaný drát, ten se vyvozenou pákou začne ohýbat kolem další kladky. Systém ohýbacích kladek je popsán níže.



Obrázek 7: Lomený řez ohýbačkou, převodový mechanismus

Otočný prstenec i pastorek jsou uloženy v profilech z takzvané ložiskové hmoty firmy Murtfeldt. Tento materiál se vyznačuje extrémně vysokou otěruvzdorností i v abrazivním prostředí, má vynikající kluzné vlastnosti, vysokou rázovou houževnatost, je chemicky odolný a vyznačuje se spoustou dalších kladných vlastností, které však nejsou pro tuto aplikaci podstatné. Zároveň oproti klasickým kluzným nebo valivým ložiskům má ložisko z této hmoty podstatně menší rozměry a tím je také významně lehčí. Otočný prstenec je přes tuto ložiskovou hmotu uložen na pevné středové ose rotačního průřezu. Pevná středová osa je vsazena do rámu a proti vysoce nežádoucímu osovému pootočení je zajištěna čtyřmi těsnými pery. Pohybu ve svislém směru brání velká přídržná matice, našroubovaná na středové ose. Matice a středová osa mezi sebou svírají rám. Horní část prstence je sešroubována s velkým ozubeným kolem. Kolo plní funkci podložky svírající středovou osu a tím je zamezeno svislému pohybu otočného prstence. Umožněn je pouze rotační pohyb oproti rámu.

Výhodou takto přišroubovaného ozubeného kola je jeho snadná vyměnitelnost v případě opotřebení nebo poškození. Zároveň je takovéto kolo mnohem snadněji vyrobitelné, než kdyby byl ozubený věnec součástí celého otočného prstence.

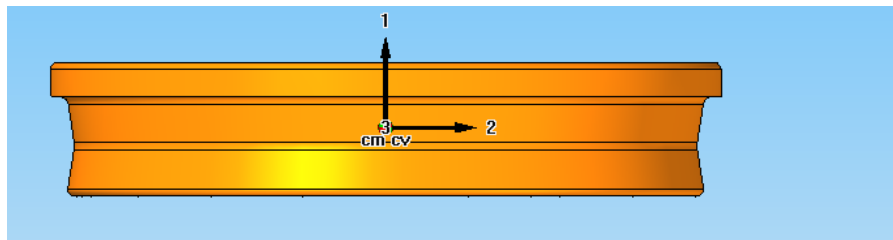
Kolo je s horní částí prstence sešroubováno dvěma lícovanými šrouby. Průměr těchto šroubů je vypočítán tak, aby v případě nežádoucího nárůstu krouticího momentu směrem od pohonu nebo směrem od ohýbací kladky byly tyto šrouby střiženy a nedošlo tak k dalším škodám. Plní tedy funkci bezpečnostního prvku. Nežádoucí nárůst momentu může nastat, například pokud obsluha stroje se pokusí ohnout výztuž o větším průměru, než je maximální dovolený. Další možný případ je zablokování pohyblivé kladky cizím elementem během chodu ohýbačky. Průměr šroubu je vypočten pro maximální uvažovaný krouticí moment 2000 Nm. Zároveň je pro střižení těchto šroubů potřeba menší smykové napětí, než jaké je potřeba pro přestřižení šroubových čepů upevňujících kladky na ploše stolu. Stejná podmínka platí i pro těsná pera ustavující pevnou středovou osu. Opatření týkající se kladek je z důvodu bezpečnosti obsluhy. Utržení kladky nebo jiné součásti na povrchu stolu velkou naakumulovanou silou by mohlo vést k vážnému zranění obsluhy, stroje nebo k dalším škodám na okolí.

#### 4.4.2. Systém kladek

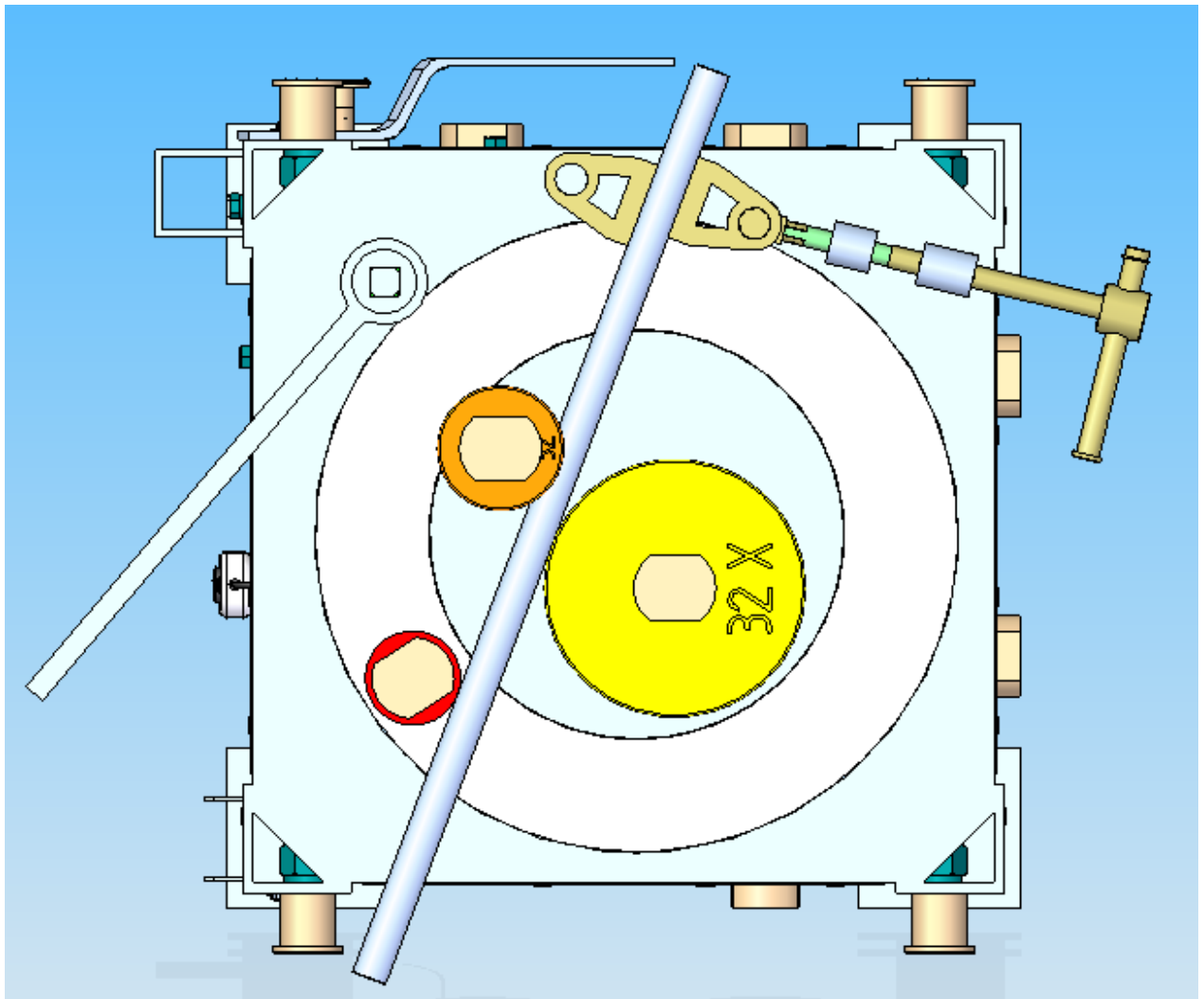
Kladky na ploše stolu slouží k určení geometrického tvaru ohybu ohýbaného drátu a k přenesení tvářecího momentu, znásobeného ozubeným soukolím, od pohonu. Přesné vedení síly působící na výztuž a požadovaný geometrický tvar ohybu zajišťuje kruhový průřez kladky. K ohnutí jsou potřeba tři různé kladky, všechny mají stejný profil, ale rozdílný účel a průměr.

Hlavní je nepohyblivá centrální kladka udávající poloměr ohybu, je umístěná na pevné středové ose. Ze zadání práce vyplývá požadavek, aby poloměr ohybu byl sedminásobek průměru ohýbaného drátu. Tlačná kladka přenáší tvářecí moment a je umístěná na otočném prstenci, průměr této kladky je neměnný. Opěrná kladka je nepohyblivá a leží kousek od centrální kladky na pevné středové ose, její průměr se odvíjí od průměru centrální kladky. Tato kladka zajišťuje, aby se drát neprohýbal do tzv. luku a ovíjel se pouze kolem kladky udávající poloměr ohybu, kladky centrální.

Profil každé kladky se skládá ze dvou přímek pod úhlem sbíhajících se do klínu ve středu výšky kladky. Úhlové sevření směřuje sílu do klínu a tím zajišťuje svislou polohu drátu a zabraňuje jeho vyklouznutí nebo vymrštné ve svislé ose. Kladky jsou přišroubovány k částím stolu šroubovými čepy. Průměr těchto čepů je závislý na průměru lícovaných šroubů spojující otočný prsteneček s velkým ozubeným kolem. Důvody této závislosti již byly popsány výše u popisu převodového mechanismu. Mezi čepem a kladkou je bronzová vložka umožňující otáčení kladky kolem své osy, to zabraňuje vysokému opotřebení povrchu, především kladek, ale i výztuže. Všechny kladky jsou z materiálu ČSN 17 024.2. Tento materiál je korozivzdorný, má vysokou tvrdost a vykazuje vysokou otěrvzdornost.



Obrázek 8: Centrální kladka

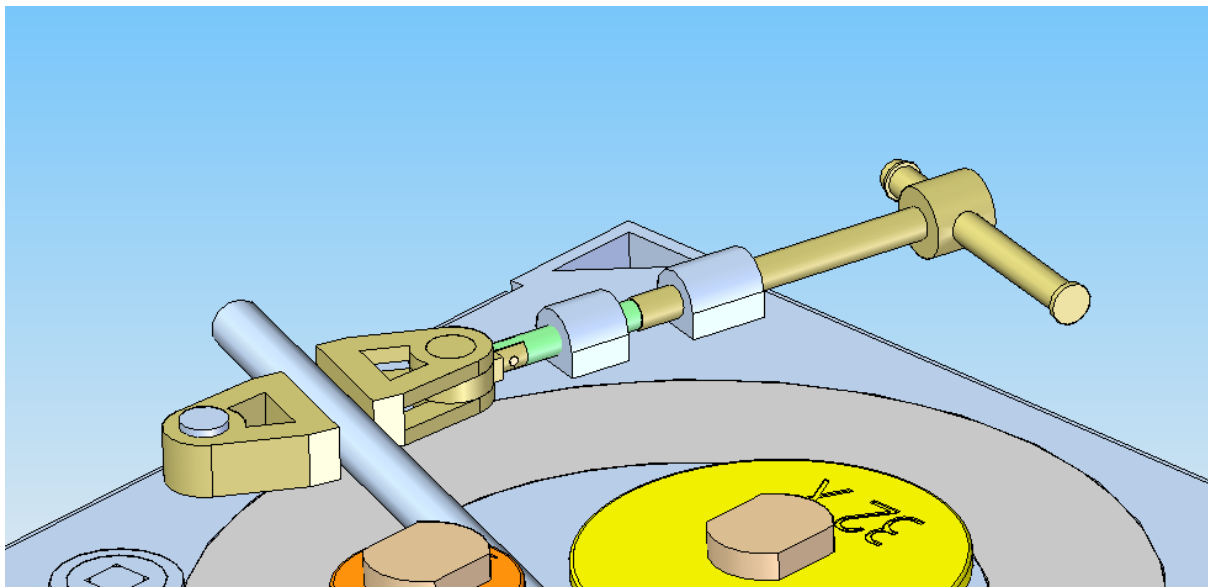


Obrázek 9: Systém kladek na ploše stolu

#### 4.4.3. Upínací systém

Na ploše stolu jsou dvě kleštiny, z nichž jedna je směrově nepohyblivá a druhá je posuvná pomocí závitové tyčky s kličkou. Závit musí být samosvorný. Kleštiny slouží pro sevření ohýbané výztuže, zajištění její polohy a tím také polohy ohybu na výztuži. Bohužel výměna ohýbacích kladek podle průměru ohýbané výztuže vždy změni polohu a úhel natočení výztuže oproti kleštinám. Proto mají obě kleštiny trojúhelníkový tvar a musí být otočné kolem nosného čepu. Díky tomu je v každé poloze a s každým možným průměrem ohýbané výztuže část kleštin v zákrytu. To zajišťuje vždy kolmý přenos svírací síly mezi kleštinami a výztuží, a to i v případě, kdy nejsou osy obou kleštin kolineární. Čela kleštin jsou vroubkovaná pro zvýšení spolehlivosti sevření z hlediska vyklouznutí ohýbané výztuže. Materiál kleštin je

stejný jako u materiálu kladek, ČSN 17 024.2. I zde je významná odolnost proti korozi, ořezuvzdornost a vysoká tvrdost. Kleština má vyšší tvrdost než svíraný materiál a proto je možné, že po rozevření mohou na výztuži zůstat vytlačené vruby. Tyto vruby však kladně ovlivňují následnou soudržnost železobetonu a také pomáhají lépe zajistit výztuž během ohýbání.



Obrázek 10: Upínací systém na ploše stolu

## 4.5. 2. konstrukční provedení

Druhá varianta se konstrukčně liší od první jen částečně. Chybí zde upínací systém, liší se v převodovém mechanismu, uspořádáním opěrných kladek a menší změnu má také rám. Ačkoliv se tyto odlišnosti nezdají příliš zásadní, přináší mnoho kladů a záporů a proto tuto variantu v práci zmiňuji. Jak již bylo napsáno, rám se mění pouze nepatrně, konkrétně je změněna pouze spodní část stolu, ve které je v první variantě uložena středová osa a pastorek. V této variantě stačí částečná výseč pro uložení pastorku, protože středová osa tu sice je, ale plní jiný účel než v první variantě.

### 4.5.1. Převodový mechanismus

Znovu popíšu průběh sil a momentů směrem od pohonu k ohýbané výztuži. Stejně jako u první konstrukce je krouticí moment přenesen na pastorek ráčnou nebo elektromotorem a následně je moment znásoben přes ozubené soukolí s převodovým poměrem 7,25. Tentokrát je ozubené kolo spojeno se středovou osou, která je otočná a přenáší moment. V horní části, na otočné středové ose na úrovni plochy stolu je kladka s bronzovou vložkou umožňující otáčení kladky kolem své osy. Tato kladka určuje geometrický tvar a poloměr ohybu. Dále jsou na ploše stolu dva šroubové čepy, jeden na otočné středové ose a jeden mimo ni. Po vložení ohýbané výztuže mezi dva čepy na jedné straně a opěrnou kladku na druhé straně je výztuž vzpříčena a může dojít pomocí vyvozené páky k jejímu ohýbání. Otočná středová osa je uložena na středovém mezikruží. Proti svislému posunutí je středová osa sešroubována

s ozubeným kolem. Otáčení středové osy zajišťuje profil ložiskové hmoty od firmy Murtfeldt mezi osou a mezikružím. Středová osa je spojena s rámem svarovým spojem.

#### 4.6. Předběžné zhodnocení konstrukčních provedení

První konstrukční provedení se vyznačuje přesným ohybem z hlediska polohy a geometrie a složitější konstrukcí v porovnání s druhou variantou. Druhá varianta má jednodušší a lehčí konstrukci, díky tomu bude snadněji vyrobitelná a smontovatelná. Avšak zejména poloha ohybu není zcela zaručena a to je velkou nevýhodou této varianty.

Ve výsledném porovnání 1. a 2. konstrukční varianty z hlediska funkčnosti je vhodnější první varianta. Kvalitní a přesný ohyb je důležitější než redukce hmotnosti a usnadnění pracnosti montáže. Z tohoto důvodu je v práci dále rozpracována a podložena výpočty pouze první konstrukční varianta.

#### 4.7. 3 typy pohonů

Celkem jsou tři různé typy pohonu ohýbačky, dva typy využívající lidskou sílu a jeden typ založený na pohonu elektromotorem. Primární typ pohonu musí být nezávislý na zdroji elektrické energie, energie stlačeného vzduchu, vodní energie ani žádné jiné energie výjimkou energie vyvinuté lidskou silou. Do této kategorie spadá pohon ohýbačky ráčnou a ráčnou s posilovačem momentu. Vedlejší možný pohon je přídatný trojfázový asynchronní elektromotor.

##### 4.7.1. Jednoduchá ráčna

Základním typem pohonu ohýbačky je jednoduchá ráčna s délkou páky 500 milimetrů. Jedná se o nejlevnější a nejjednodušší z možných typů pohonů. Ráčna je nasazena na čtyřhranném zakončení pastorku. Jednoduchým opakováním otáčení ráčny z výchozí pozice až po možný rozsah a zpátky, se uvede ohýbačka v činnost. Přenastavením ráčny na opačné otáčky lze stejným způsobem navrátit otočný prstenec zpět do výchozí pozice. Potřebný vyvozený moment je spočítán tak, aby práce s ohýbačkou splňovala ergonomické normy pro muže i ženy.

##### 4.7.2. Ráčna s posilovačem momentu

Ráčna s posilovačem momentu je nejvýhodnějším pohonem ohýbačky v poměru cena výkon. Jedná se na první dojem o obyčejnou ráčnu, která se i stejně ovládá. Tato ráčna má však ve své hlavici mechanismus pro zvýšení vyvozeného momentu. Oproti jednoduché ráčně je výsledný moment třikrát větší, takže potřebná síla obsluhy působící na ráčnu je třetinová. Je to efektivní, levný a nekomplikovaný pohon závislý pouze na energii vyvozené lidskou silou.



Obrázek 11: Ráčna s posilovačem momentu [9]

### 4.7.3. Elektromotor

Elektromotor je nejvýkonnějším typem pohonu ohýbačky. Je součástí volitelného paketu pro změnu zdroje energie z lidské síly na elektrickou. Doplňující paket lze jednoduše připevnit k rámu ohýbačky a napojit na pastorek ozubeného soukolí. Velkou výhodou je univerzálnost rámu, protože úpravy pro připojení paketu elektromotoru jsou minimální a jsou provedeny již během výroby rámu. Zákazníka čeká po zakoupení pouze jednoduchá montáž paketu trvající krátkou dobu.

Paket se skládá z trojfázového asynchronního elektromotoru, šnekové převodovky, převodového mezistupně, ovládatelné spojky, ovládacího panelu, takzvané pancéřové hadice pro bezpečné vedení kabeláže a šroubů pro spojení elektromotoru, převodového mezistupně a šnekové převodovky mezi sebou a pro spojení šnekové převodovky s rámem. Dva zásadní parametry pro výběr elektromotoru a převodovky jsou vysoký potřebný moment a nízké otáčky působící na otočný prsteneček zabudovaný v první konstrukční variantě, případně působící na otočnou středovou osu vyskytující se v druhé konstrukční variantě. Pro splnění parametrů je na výběr z několika různých druhů elektromotorů, servomotorů, nízkootáčkových motorů a případně různých čelních, kuželových či šnekových převodovek. Možná je i varianta bez převodovky. Nejlépe vyhovující je kombinace trojfázového asynchronního elektromotoru o výkonu 0,25 kW a šneková převodovka schopná pracovat ve svislé poloze. Díky této kombinaci je tento typ pohonu velmi rychlý a efektivní, je však závislý na zdroji elektrické energie a také je poměrně drahý. Z těchto důvodů je pohon elektromotorem jen volitelným paketem, který si může zákazník zvlášť dokoupit.

## 5. Postup montáže ohýbačky

### 5.1. Montáž ohýbačky poháněné ráčnou

Prvním krokem montáže ohýbačky je připevnění čtyř nosných čepů na dvou protilehlých bocích rámu ohýbačky pomocí matice. Nyní se do dvou děr v rámu, určených pro hřídel pastorku, vloží kroužky z ložiskové hmoty od firmy Murtfeldt, které zde drží pomocí uložení s přesahem. Z vrchní strany se zasune do rámu hřídel pastorku. Před úplným zasunutím hřídele i do spodní části rámu musíme nasadit pojistný kroužek na větší průměr hřídele. Do drážky pro pero na větším průměru uložit těsné pero a následně v tomto pořadí nasadit pastorek, pojistný kroužek a malou podložku z ložiskové hmoty. Nyní lze hřídel zcela zasunout. Oba tyto kroužky slouží pro ustavení svislé polohy pastorku. Po úplném zasunutí se svislá poloha hřídele zajistí pojistným kroužkem.

Následuje sestavení celé sestavy středu stroje, sestavení proběhne mimo rám. Na svařenec pevné středové osy se nasadí profil ze zelené ložiskové hmoty a na ložiskovou hmotu se nasune otočný prsteneček. Ze spodní strany se k otočnému prstenci přišroubuje podložné ozubené kolo pomocí dvou lícovaných šroubů. Do drážek pro pero na spodní válcové ploše pevné středové osy se vloží čtyři těsná pera a celá právě složená sestava se vloží do rámu. Při vkládání je nutno dbát na zařazení ozubených kol do sebe a na správné nasunutí čtyř těsných per do rámu. Vložená sestava se zespodu zajistí pomocí velké přídržné matice.

Pro sestavení upínacího systému je nejprve nutno sestrojít kličku. Do otvoru tyčky se závitem se vsune příčná posuvná tyčka a do drážky na volném konci je vsazena pojistná podložka. Sestavená klička je následně kolíkem zajištěna spolu s okem. K oku se pomocí čepu přípevní posuvná kleština. Protilehlá kleština je nasazena na čep upevněný k rámu.

Do otvoru tlačné kladky se volně vsune bronzový kroužek a následně jsou šroubovým čepem přišroubovány na otočný prsteneč. Čtyři plátové kryty a čtyři zábranové příčníky se přišroubovují pomocí šroubů se zápustnou hlavou k boku ohýbačky. Naposledy jsou šroubovým čepem a maticí na příčníky mezi nohami stolu přišroubovány sady kladek.

## **5.2. Montáž elektromotoru a ovládatelné spojky k rámu ohýbačky**

Jako první je k rámu ohýbačky namontována ovládatelná spojka. Nejprve je mimo rám sestavena páka ovládání spojky. Na aretační kolíček je nasunuta pružina a společně jsou vloženy do pouzdra se závitem. Následně je na závitový konec kolíčku našroubována válcová koncovka. Takto složené pouzdro je našroubováno na madlo páky. Nyní je madlo nasazeno na tyč páky a pomocí pojistného kroužku je zajištěna jeho poloha. Mezi nohy rámu se podrží vidlice a tyč s madlem se prostrčí skrz otvor v noze rámu, vidlicí a znovu skrz otvor v noze rámu. Na volný konec tyče je nasazen další pojistný kroužek. Následuje sestavení pohyblivé části zubové spojky. Dva bronzové polokroužky s čepy obepínající zápich v pohyblivé části spojky se sešroubovují pomocí dvou šroubů, pružných podložek a matic. Do drážky pro pero na hřídeli pastorku se vloží těsné pero, čepy bronzových kroužků jsou nasunuty do vidlice a celá horní část spojky je navlečena na hřídel pastorku. Pomocí páky se spojka zajistí v horní poloze. Elektromotor, převodový mezistupeň a šneková převodovka jsou sešroubovány šrouby a do drážky pro pero se vloží příslušné těsné pero. Na tuto hřídel je nasazena nepohyblivá část zubové spojky a její poloha je zajištěna stavěcím šroubem. Mezi zuby se vloží plastová hvězdice a celá tato sestava se osmi šrouby přišroubovuje k rámu. Naposledy je k elektromotoru připojen závěsný ovládací panel a ten je zavěšen na zábranovém příčníku.

## **6. Postup práce**

První krok pro ohýbání drátu stavební výztuže je příprava samotné ohýbačky. Nejprve se zjistí průměr ohýbané výztuže změřením konkrétního kusu nebo odečtením rozměru z označení celé dávky. Podle zjištěného průměru se zvolí sada kladek. Tyto kladky jsou pro tento účel označeny velkými vyrytými číslicemi vyjadřující průměr ohýbané výztuže, pro který jsou určeny. Pomocí stranového klíče, jenž je volně uložen na boku stroje, se odmontuje stávající užívaná sada kladek. Odmontovaná sada se uloží se pomocí šroubu a matice na příčník mezi nohami stolu. Použit je stejný stranový klíč. Poté se potřebná sada kladek odšroubovuje z příčníku mezi nohami stolu a pomocí šroubových čepů se upevní na pracovní plochu ohýbačky. Pokud je ohýbačka poháněna elektromotorem, je nejprve zapotřebí zařadit spojku mezi elektromotorem a hřídelí pastorku do záběru. Spojka se uvede do záběru pootočením páky na boku stroje. Pro uvedení páky do činnosti je nutné vytáhnout aretační kolíček zajišťující volnoběžnou polohu a nenásilně, přiměřenou silou, stlačit páku dolů. Pokud páka klade odpor a spojka nechce zařadit do záběru, dělník musí chytit rukou kladku na otočném prstenci a jemným pootočením celým prstencem nastavit zuby spojky do správné polohy. Na celý tento proces není nutné vyvodit velkou sílu, jakmile budou zuby spojky ve



správné poloze, spojka zařadí a páka ve správné poloze se sama aretačním kolíčkem na pružině zajistí. Následně se ohýbačka připojí se ke zdroji elektrické energie a takto nastavená ohýbačka je připravená k použití.

Pokud je ohýbačka poháněna ručně, vyjme se z držáku ráčna a nasadí se na čtyřhranný konec pastorku. V opačném případě, při pohonu ohýbačky elektromotorem se použijí k ovládání pohyblivé kladky dvě tlačítka na ovládacím panelu. Směr rotace je vyznačen na tlačítkách. Před použitím je zapotřebí zapnout hlavní vypínač stroje, ten leží také na ovládacím panelu. Následně se nastaví pohyblivá kladka do rozevřené polohy a povolí se kleština upínače. Ohýbaná výztuž se vloží mezi kladky a také mezi rozevřené kleštiny. Místo na ohybu se nastaví přesně k centrální nepohyblivé kladce, která udává poloměr ohybu. Tato kladka má na své vrchní straně vyryto označení ve tvaru písmene „X“. Takto umístěná výztuž se nejprve ustaví pomocí kladek. Ovládním stroje, buďto ráčnou nebo tlačítkem, se nastaví pohyblivá kladka takzvaně „na dotek“ aby se výztuž vzpříčila mezi kladkami. Nyní se poloha ohýbané výztuže zajistí pomocí pohyblivé kleštiny. Prvotní nastavení kladkou „na dotek“ je v operačním postupu zařazen z následujícího důvodu. Pokud by výztuž byla pouze vložena do prostoru mezi kladky a okamžitě by byla zajištěna kleštinou, kleštiny by mohly být natočeny proti sobě v jiném směru, než je potřeba. Takto špatně zajištěná výztuž by se mohla při následném ohýbání prohnout do nežádoucího tvaru, takzvaného luku, a také kleštiny by byly namáhány pod jiným úhlem, než pro který jsou konstruovány. Výztuž ustavená a zajištěná podle předchozího správného postupu je připravena k ohýbání.

Výztuž je ohýbána až do potřebného úhlu určeného obsluhou. I přes fakt, že ohýbaný materiál je poměrně houževnatý, musí obsluha počítat s odpružením. Pro eliminaci odpružení je doporučeno přesáhnout požadovaný úhel ohnutí přibližně o pět úhlových stupňů navíc. Po dosažení požadovaného úhlu se pohyblivá kladka navrátí do výchozí pozice. Pokud je ohýbačka poháněna ručně, po navrácení pohyblivé kladky do výchozí pozice se ráčna sundá a uloží zpět do držáku. Nakonec se povolí pohyblivá kleština a ohnutý drát se vyjme z pracovního prostoru. Pokud se ohýbačka nebude dále používat a byla poháněna elektromotorem, z bezpečnostních důvodů je předepsáno ohýbačku vypnout hlavním vypínačem nebo odpojit od elektrické sítě. Následně se pomocí páky a aretačního kolíčku vrátí spojka do výchozí polohy, tedy do rozřazené.

## 7. Bezpečnostní opatření

- Obsluha je povinna mít pracovní rukavice během práce s ohýbačkou.
- Obsluha nesmí mít pracovní oděv s vlajícími nebo visícími kusy látky.
- Obsluha nesmí ohýbat předměty, pro které není ohýbačka konstruována.
- Obsluha nesmí ohýbat větší průměr stavební výztuže, než pro který je ohýbačka konstruována.
- Obsluha je povinna sledovat celý proces ohýbání a nesmí být rozptylována jejich pozornost.
- Obsluha je povinna udržovat pracovní plochu v čistotě.

- Pokud ráčna není momentálně využívána, musí být zasunuta v úložném prostoru na boku stroje.
- Obsluha je povinná po ukončení práce s ohýbačkou poháněnou elektromotorem vypnout stroj hlavním vypínačem a pro delší přestávku odpojit stroj z elektrické sítě.

## 8. Výpočty

Základní předepsané parametry vycházející ze zadání je rozmezím průměrů ohýbané stavební výztuže od 15 do 32 mm a poloměru ohybu, který musí být 7x průměr ohýbaného drátu.

Výpočet je proveden pro maximální ohýbaný průměr 32 mm, ten bude klást největší odpor proti tváření, a tudíž bude potřeba i největší síla pro jeho ohnutí. Pro ohnutí menších průměrů bude potřeba menší síla.

Rozměrové velikosti jsou odečteny z modelu a případně zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Dovolené meze napětí a měrných tlaků vychází z materiálů, z kterých jsou počítané součásti vyrobeny.

### 8.1. Ohybový moment a síla vyvozená obsluhou

#### 8.1.1. Síla potřebná pro ohyb drátu stavební výztuže

maximální ohýbaný průměr  $d=32$  mm

minimální rameno ohýbání  $a=191$  mm

maximální dovolené napětí  $\sigma_{OD}=240$  MPa

ohybové napětí  $\sigma_O = \frac{M_O}{W_O} \leq \sigma_{OD}$

modul průřezu v ohybu  $W_O = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$

ohybový moment  $M_O = F \cdot a$

vyjádření síly  $\sigma_O = \frac{F \cdot a \cdot 32}{\pi \cdot d^3} \rightarrow F = \frac{\sigma_O \cdot \pi \cdot d^3}{a \cdot 32}$

dosazení  $F_{OH} = \frac{240 \cdot \pi \cdot 32^3}{191 \cdot 32} = \underline{\underline{4\,042,292 \text{ [N]}}}$

#### 8.1.2. Převodový poměr

počet zubů pastorku  $z_1=20$

počet zubů otočného prstence  $z_2=145$

převodový poměr  $i = \frac{z_2}{z_1}$

dosazení 
$$i = \frac{145}{20} = \underline{7,25 [-]}$$

### 8.1.3. Potřebná síla vyvozená obsluhou na páce

síla potřebná pro ohyb drátu stavební výztuže  $F_{OH}=4\ 042,292\ \text{N}$

délka ramene, na kterém působí ohýbací síla  $l_{F_{OH}}=245\ \text{mm}$

délka ramene ráčny pohánějící ohýbačku  $l_P=500\ \text{mm}$

převodový poměr  $i=7,25$

účinnost ozubeného převodu  $\eta=0,98$

převodový poměr 
$$\eta \cdot i = \frac{M_{k2}}{M_{k1}}$$

moment na otočném prstenci 
$$M_{k1} = F_{OH} \cdot l_{F_{OH}}$$

moment na pastorku 
$$M_{k2} = F_P \cdot l_P$$

vyjádření síly 
$$i = \frac{F_{OH} \cdot l_{F_{OH}}}{F_P \cdot l_P \cdot \eta} \rightarrow F_P = \frac{F_{OH} \cdot l_{F_{OH}}}{l_P \cdot \eta \cdot i}$$

dosazení 
$$F_P = \frac{4042,292 \cdot 245}{500 \cdot 0,98 \cdot 7,25} = \underline{278,779\ [N]}$$

## 8.2. Pevnostní kontrola šroubového čepu upevňujícího kladku/kleštinu

### 8.2.1. Maximální síla působící na čep

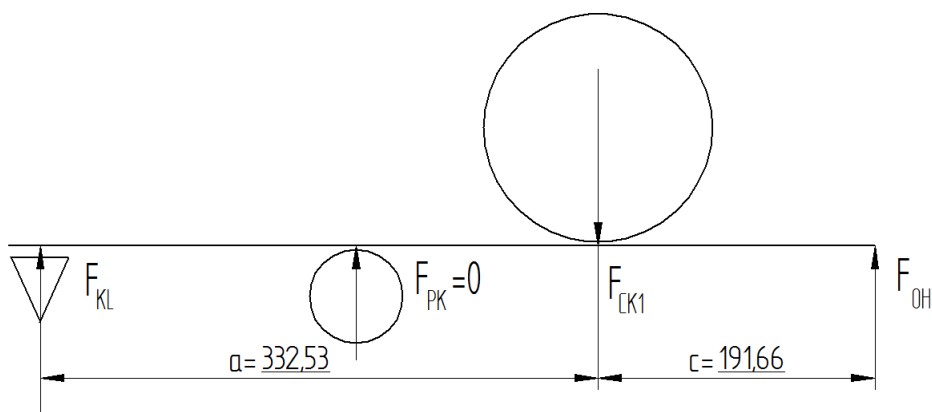
Podstatou řešení maximální síly působící na šroubový čep upevňující kladku, případně čep kleštiny, jsou dva předpoklady. První předpoklad je založen na výměně opěrných kladek podle průměru ohýbaného drátu stavební výztuže. Výměna těchto kladek změní vzdálenost mezi body styku drátu a kladky. Změna těchto vzdáleností bude mít vliv na velikost sil. Avšak rozdíl je v řádu jednotek milimetrů, vzhledem k celkovému rozměru je to vždy rozdíl do 1%. To znamená, že při ohýbání menšího průměru drátu, než pro který je vypočítán  $F_{OH}$ , se vzdálenost mezi kladkami nezmění natolik, aby velikosti výsledných sil bylo zapotřebí vyšetřovat jako maximální. Ve výpočtech je uvažováno s ohýbáním drátu stavební výztuže s největším možným průměrem, 32 mm. Druhý předpoklad je, že drát se vzpříčí buďto mezi tři kladky, nebo dvě kladky a kleštinu. Samozřejmě může dojít i ke vzpříčení mezi tři kladky a kleštinu, zde by se však nejednalo o síly maximální.

1) Řešení za předpokladu vzpříčení drátu mezi dvě kladky a kleštinu

ohýbací síla  $F_{OH}=4\ 042,292\ \text{N}$

vzdálenost mezi kleštinou a centrální kladkou  $a=332,53\ \text{mm}$

vzdálenost mezi centrální kladkou a ohýbací silou  $c=191,66\ \text{mm}$



Obrázek 12: Rozložení sil při řešení 1)

silová rovnováha ve směru osy  $y$   $y: F_{KL} - F_{CK1} + F_{OH} = 0$

momentová rovnováha k bodu B  $M_B: -F_{KL} \cdot a + F_{OH} \cdot c = 0$

vyjádření síly na čep kleštiny  $F_{KL} = F_{OH} \cdot \frac{c}{a}$

vyjádření síly na čep centrální kl.  $F_{CK1} = \frac{F_{OH} \cdot c}{a} + F_{OH} = F_{OH} \cdot \left(1 + \frac{c}{a}\right)$

dosazení  $F_{KL} = 4042,292 \cdot \frac{191,66}{332,53} = \underline{2\,329,852 \text{ [N]}}$

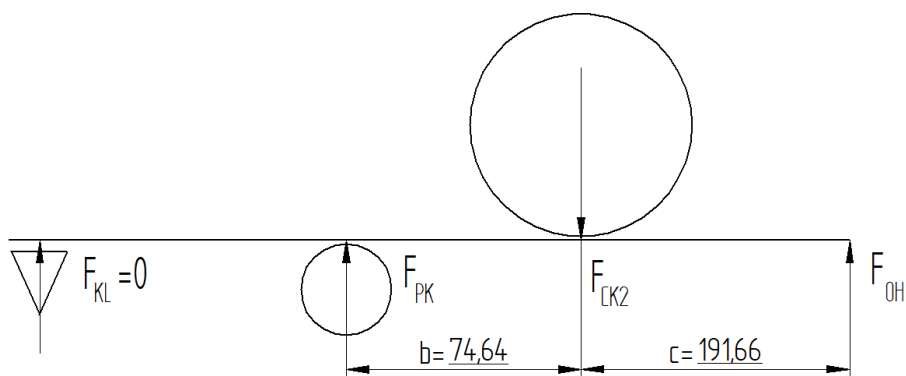
dosazení  $F_{CK1} = 4042,292 \cdot \left(1 + \frac{191,66}{332,53}\right) = \underline{6\,372,144 \text{ [N]}}$

2) Řešení za předpokladu vzpříčení drátu mezi tři kladky

ohýbací síla  $F_{OH}=4\,042,292 \text{ N}$

vzdálenost mezi opěrnou kladkou a centrální kladkou  $b=74,64 \text{ mm}$

vzdálenost mezi centrální kladkou a ohýbací silou  $c=191,66 \text{ mm}$



Obrázek 13: Rozložení sil při řešení

silová rovnováha ve směru osy y  $y: F_{PK} - F_{CK2} + F_{OH} = 0$

momentová rovnováha k bodu B  $M_B: -F_{PK} \cdot b + F_{OH} \cdot c = 0$

vyjádření síly na čep pomocné kl.  $F_{PK} = F_{OH} \cdot \frac{c}{b}$

vyjádření síly na čep centrální kl.  $F_{CK2} = \frac{F_{OH} \cdot c}{b} + F_{OH} = F_{OH} \cdot \left(1 + \frac{c}{b}\right)$

dosazení  $F_{PK} = 4042,292 \cdot \frac{191,66}{74,64} = \underline{10\,379,765 [N]}$

dosazení  $F_{CK2} = 4042,292 \cdot \left(1 + \frac{191,66}{74,64}\right) = \underline{14\,422,057 [N]}$

Maximální síla působící na čep při ohýbání drátu stavební výztuže o průměru 32 mm má velikost 14 422,057 N. Tato síla působí na CENTRÁLNÍ kladku za předpokladu číslo 2). Tedy za stavu vzpříčení ohýbaného drátu mezi tři kladky.

### 8.2.2. Kontrola čepu na střih

maximální střižná síla  $F_{CK2}=14\,422,057\text{ N}$

nejušší průměr čepu  $d=28\text{ mm}$

dovolené napětí při bezpečnosti 2  $\tau_D=115\text{ MPa}$

smykové napětí  $\tau_{\check{c}} = \frac{F_{CK2}}{S} \leq \tau_D$

příčný průřez čepu  $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

dosazení  $\tau_{\check{c}} = \frac{4 \cdot F_{CK2}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 14422,057}{\pi \cdot 28^2} = \underline{23,422 [MPa]} \rightarrow \text{vyhovuje}$

### 8.2.3. Kontrola bronzového pouzdra na otláčení

maximální síla  $F_{CK2}=14\,422,057\text{ N}$

vnější průměr pouzdra  $D=44\text{ mm}$

výška pouzdra  $h=46\text{ mm}$

dovolený měrný tlak  $p_D=30\text{ MPa}$

tlak na pouzdro  $p = \frac{F_{CK2}}{S} \leq p_D$

průřez namáhaný tlakem  $S = h \cdot D$

dosazení  $p = \frac{F_{CK2}}{h \cdot D} = \frac{14422,057}{46 \cdot 44} = \underline{7,126 [MPa]} \rightarrow \text{vyhovuje}$

### 8.3. Výpočet průměru lícovaných šroubů otočného prstence

Lícované šrouby plní zároveň funkci bezpečnostního prvku a proto musí platit podmínka  $\tau_D \geq \tau_{L\check{s}} > \tau_{\check{c}}; \tau_{TP}$ . Slovní vyjádření této podmínky zní, smykové napětí lícovaného šroubu musí být menší nebo rovno dovolenému smykovému napětí a zároveň musí být větší, než smykové napětí šroubového čepu a smykové napětí těsných per v pevné středové ose. To znamená, že pokud z neznámého důvodu vzroste kroutící moment otočného prstence, jako první se poruší lícované šrouby.

#### 8.3.1. Moment působící na otočném prstenci

síla potřebná pro ohyb drátu stavební výztuže  $F_{OH}=4\ 042,292\ \text{N}$

délka ramene, na kterém působí ohýbací síla  $l_{F_{OH}}=0,245\ \text{m}$

moment na otočném prstenci  $M_{OP} = F_{OH} \cdot l_{F_{OH}} = 4042,292 \cdot 0,245 = \underline{990,362\ [\text{Nm}]}$

Zde je učiněn předpoklad o velikosti momentu na otočném prstenci. Při ohýbání drátu stavební výztuže o maximálním dovoleném průměru, tedy 32 mm, je moment 990,362 Nm. Avšak stroj by měl být schopen unést určité přetížení a proto pro mezní výpočet stříhu lícovaného šroubu navýšíme moment zhruba o 100%. Dále tedy bude počítat s momentem 2 000 Nm.

#### 8.3.2. Střížná síla působící na lícovaný šroub

rameno, na kterém leží šroub  $l_{F_{L\check{s}}}=235,5\ \text{mm}$

maximální předpokládaný moment  $M_{\max}=2\ 000\ \text{Nm}$

střížná síla  $F_{L\check{s}} = \frac{M_{\max}}{l_{F_{L\check{s}}}} = \frac{2000000}{235,5} = \underline{8\ 492,569\ [\text{N}]}$

#### 8.3.3. Průměr lícovaného šroubu

střížná síla  $F_{L\check{s}}=8\ 492,569\ \text{N}$

dovolené napětí ve stříhu  $\tau_D=230\ \text{MPa}$

počet šroubů  $n=2$

smykové napětí  $\tau = \frac{F_{L\check{s}}}{n \cdot S_{L\check{s}}} \leq \tau_D$

příčný průřez šroubu  $S = \frac{\pi \cdot d_{L\check{s}}^2}{4}$

vyjádření potřebného průměru  $\tau = \frac{4 \cdot F_{L\check{s}}}{n \cdot \pi \cdot d_{L\check{s}}^2} \rightarrow d_{L\check{s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8492,569}{2 \cdot \pi \cdot 230}} = \underline{4,848\ [\text{mm}]}$

### 8.3.4. Pevnostní kontrola těsných per v pevné středové ose pro maximální moment

rameno, na kterém leží pera  $l_{FTP}=183$  mm

maximální předpokládaný moment  $M_{max}=2\ 000$  Nm

šířka těsného pera  $b=10$  mm

délka těsného pera  $l=25$  mm

počet těsných per  $n=4$

střížná síla

$$F_{TPmax} = \frac{M_{max}}{l_{FTP}}$$

smykové napětí

$$\tau_{TPmax} = \frac{F_{TPmax}}{n \cdot S}$$

průřez těsného pera

$$S = b \cdot (l - b)$$

dosazení

$$\tau_{TPmax} = \frac{M_{max}}{l_{FTP} \cdot n \cdot b \cdot (l - b)} = \frac{2000000}{183 \cdot 4 \cdot 10 \cdot (25 - 10)} = \underline{18,215 [N]}$$

### 8.3.5. Pevnostní kontrola čepu a bronzového pouzdra pro maximální moment

maximální předpokládaný moment  $M_{max}=2\ 000$  Nm

ohýbací síla

$$F_{OHmax} = \frac{M_{max}}{l_{FOH}} = \frac{2000}{0,245} = 8\ 163,265 [N]$$

síla na čep

$$F_{CK2max} = F_{OHmax} \cdot \left(1 + \frac{c}{b}\right) = 8163,265 \cdot \left(1 + \frac{191,66}{74,64}\right) = 29\ 124,833 [N]$$

smykové napětí

$$\tau_{\check{c}max} = \frac{4 \cdot F_{CK2max}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 29124,833}{\pi \cdot 28^2} = \underline{47,3 [MPa]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

tlak na bronzové pouzdro

$$p = \frac{F_{CK2}}{h \cdot D} = \frac{29124,833}{46 \cdot 44} = \underline{14,39 [MPa]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

napět'ová podmínka  $\tau_D \geq \tau_{L\check{s}} > \tau_{\check{c}}; \tau_{TP} \rightarrow$  vyhovuje

### 8.4. Kontrola ozubených kol pro maximální moment

maximální předpokládaný moment  $M_{max}=2\ 000$  Nm

převodový poměr  $i=7,25$

účinnost ozubeného převodu  $\eta=0,98$

počet zubů pastorku  $z_1=20$

počet zubů otočného prstence  $z_2=145$

modul ozubení  $m=4$  mm

úhel záběru  $\alpha=20^\circ$

šířka ozubení  $b=25$  mm

součinitel přesnosti ozubených kol  $\mu=1,1$

dovolené napětí pro ohyb  $\sigma_{D0}=390$  MPa

dovolené napětí pro otláčení  $\sigma_{Dd}=110$  MPa

rychlostní součinitel ozub. kol pro ohyb  $r_{o1}=0,52$ ;  $r_{o2}=0,65$

rychlostní součinitel ozub. kol pro otláčení  $r_{d1}=0,61$ ;  $r_{d2}=0,79$

tvarový součinitel ozub. kol pro ohyb  $y_{o1}=6,03$ ;  $y_{o2}=4,12$

tvarový součinitel ozub. kol pro otláčení  $y_d=1,61$

součinitel velikosti zubu 
$$u = \left(\frac{m}{10}\right)^{0,2} = \left(\frac{4}{10}\right)^{0,2} = 0,833$$

výpočtové konstanty 
$$c_{o1} = \frac{\sigma_{D01} \cdot r_{o1}}{y_{o1}} = \frac{390 \cdot 0,52}{6,03} = 33,632$$

$$c_{o2} = \frac{\sigma_{D02} \cdot r_{o2}}{y_{o2}} = \frac{390 \cdot 0,65}{7,12} = 61,529$$

$$c_{d1} = \frac{\sigma_{Dd1} \cdot r_{d1}}{y_d \cdot u} = \frac{110 \cdot 0,61}{1,61 \cdot 0,833} = 50,059$$

$$c_{d2} = \frac{\sigma_{Dd2} \cdot r_{d2}}{y_d \cdot u} = \frac{110 \cdot 0,79}{1,61 \cdot 0,833} = 64,831$$

dovolená síla pro spolu zabírající kola 
$$F_D = \pi \cdot c_{min} \cdot b \cdot m \cdot \mu = \pi \cdot 33,632 \cdot 25 \cdot 4 \cdot 1,1$$

$$F_D = \underline{\underline{10\,565,804 \text{ [N]}}}$$

kroučící moment pastorku 
$$M_{k1} = \frac{M_{max}}{i \cdot \eta}$$

obvodová síla pastorku 
$$F_{o1} = \frac{2 \cdot M_{k1}}{m \cdot z_1} = \frac{2 \cdot M_{max}}{m \cdot z_1 \cdot i \cdot \eta} = \frac{2 \cdot 2000}{4 \cdot 20 \cdot 7,25 \cdot 0,98} = 3\,327,922 \text{ [N]}$$

radiální síla pastorku 
$$F_{r1} = F_{o1} \cdot \tan \alpha = 3\,327,922 \cdot \tan 20 = 1\,211,264 \text{ [N]}$$

výsledná síla pastorku 
$$F_{N1} = \sqrt{F_{o1}^2 + F_{r1}^2} = \sqrt{3327,922^2 + 1211,264^2} = \underline{\underline{3\,541,5 \text{ [N]}}}$$

obvodová síla otočného pr. 
$$F_{o2} = \frac{2 \cdot M_{max}}{m \cdot z_2} = \frac{2 \cdot 2000}{4 \cdot 145} = 3\,261,363 \text{ [N]}$$

radiální síla otočného pr. 
$$F_{r2} = F_{o2} \cdot \tan \alpha = 3\,261,363 \cdot \tan 20 = 1\,187,039 \text{ [N]}$$

výsledná síla otočného pr. 
$$F_{N2} = \sqrt{F_{o2}^2 + F_{r2}^2} = \sqrt{3261,363^2 + 1187,039^2} = \underline{\underline{3\,470,67 \text{ [N]}}}$$

Platí pevnostní podmínka  $F_{N1;2} < F_D$ . Obě kola vyhovují kontrole.



## 9. Cenové zhodnocení

Cenová analýza nákladovosti řešení je v práci pouze nastíněna, protože se mi nepodařilo navázat kontakt s firmou, která by byla ochotna náklady hlouběji propočítat podle jejich ceníku.

Celkový odhad výrobní ceny ohýbačky činí 23 000,-. Z toho náklady na materiál činí 13 000,-, náklady na nakupované normalizované součástky a příslušenství jsou odhadnuty na 1 500,- a zbylá částka, 8 500,-, je mzda dělníka. Cena paketu elektromotorového přídatného pohonu je odhadnuta na 8 000,-

Tržní hodnota ohýbačky byla odhadnuta na základě porovnání s podobnými dostupnými stroji na ohýbání stavební výztuže, které jsou v současné době dostupné na trhu. Tato částka činí 35 000kč.

## 10. Závěr

Jako ideální řešení všech uvedených nedostatků stávajícího stavu ohýbání stavební výztuže přímo na staveništi je podle mého vyhodnocení 1. konstrukční varianta poháněná ráčnou s posilovačem vyvozeného momentu. Tato kombinace oproti stávajícímu řešení výrazně snižuje námahu a vydanou energii stavebního dělníka, zkvalitňuje jakost i geometrickou přesnost ohybu, značně snižuje nebezpečí úrazu obsluhy, zvyšuje výkonnost a je nezávislé na zdroji elektrické energie.

Samozřejmě jako v každé práci, i v této se nabízí šance pro další zlepšení a zkvalitnění celkového řešení, které se již bohužel do rozsahu bakalářské práce nevešly. Zcela jistě by se dalo zlepšit ohýbačku rozsáhlým hmotnostním zlehčením. Jako cestu k tomuto cíli bych viděl využití jiných kovů, případně nekonvenčních materiálů, v některých oblastech stroje. Nápomocná by byla také pevnostní analýza výpočtových softwarů po zařazení několika konstrukčních odlehčení. Druhým možným vylepšením by mohlo být zvýšení výkonu ohýbačky. Toho by se dalo docílit například zařazením dalšího ozubeného převodu.

Pokud bych měl shrnout tuto bakalářskou práci, podařilo se mi využitím dvou nejzákladnějších mechanismů, páce a ozubeného převodu, dosáhnout více než uspokojivých výsledků v porovnání se současnou nabídkou strojů zaměřených na stejné operace.

## Poděkování

Tato **bakalářská práce** byla podpořena formou odborné konzultace Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu č. CZ.1.07/2.3.00/35.0048 „Popularizace výzkumu a vývoje ve strojn<sup>ím</sup> inženýrství a jeho výsledků (POPULÁR)“

Odborným konzultantem byl Ing. Miroslav Duník, kterému děkuji za poskytnuté konzultace, kvalifikované rady a odbornou pomoc při sepisování této BP.

## Seznam použitých pramenů a literatury

- [1] STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů: tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU, 2001
- [2] HÝSEK, R. *Tvářecí stroje 1971*. Praha: SNTL, 1972
- [3] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje ; Základy výpočtů a konstrukce*. Praha: SNTL, 1982
- [4] RUDOLF, B. *Tvářecí stroje ; Základy stavby a využití*. Praha: SNTL, 1985
- [5] WIKIPEDIA, *Betonářská výztuž*  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Beton%C3%A1%C5%99sk%C3%A1\\_v%C3%BDztu%C5%BE](http://cs.wikipedia.org/wiki/Beton%C3%A1%C5%99sk%C3%A1_v%C3%BDztu%C5%BE)
- [6] PETRUŽELKA, J., BŘEZINA, R., *Úvod do tváření II*. Ostrava: VŠB 2001
- [7] <http://www.nor.cz/nor-nachod-ohybani-betonarske-oceli.htm>
- [8] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Rebar\\_and\\_shingles\\_detail.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Rebar_and_shingles_detail.jpg)
- [9] <http://www.shop-naradi.cz/posilovac-momentu-mechanicky-1-2-31-crmo-yato-yt-0780/d-73174/>