

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční řešení bucharů a jejich možné technologické využití

Autor: **Milan TANČÍN**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jiří STANĚK, CSc.**

Akademický rok 2011/2012

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Tančín	Jméno Milan		
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 / Stavba výrobních strojů a zařízení			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Jméno Jiří		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční řešení bucharů a jejich možné technologické využití			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	46	TEXTOVÁ ČÁST	46	GRAFICKÁ ČÁST	1
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje historii bucharů, jejich nynější spektrum a nahlédnutí do budoucnosti. Také je zde pojednáno o specifikacích požadavků na buchary, rozdělení, technologickém použití a jednotlivých typech bucharů. V této práci jsou také uvedeny základní výpočty bucharů a jejich účinnost a pevnostní analýza zvoleného rámu. Na závěr jsou zhodnoceny výsledky práce
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Buchar, pevnostní analýza, rám, účinnost, 3D model, deformace, napětí, kování, tváření, ráz, stojan, technologické použití

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Tančín	Name Milan	
FIELD OF STUDY	2301R016 / Design of Manufacturing Machines and Equipment		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Staněk,CSc.	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of hammers and their possible applications		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	46	TEXT PART	46	GRAPHICAL PART	1
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor thesis contain a power hammer history, actual spectrum and look into the future. Is treated also about the specifications requirements for power hammers, sorting, technological use and single types of power hammers. In this thesis are also mentioned basic calculations of power hammers and their efficiency and stress analysis selected frame. In coclusion are evaluated results of thesis.
KEY WORDS	Power hammer, stress analysis, frame, efficiency, 3D model, deformation, stress, forging, forming, impal, stand, technological use

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat lidem, kteří mi jakýmkoli způsobem pomáhali a podporovali mě v úsilí na mé bakalářské práci.

Poděkování patří:

- mému vedoucímu práce Doc. Ing. Jiřímu Staňkovi, CSc. za cenné rady a výborný přístup, profesorům z katedry za ochotnou pomoc při řešení problémů a konzultacích a dalším
- kamarádům, přítelkyni a celé rodině za podporu v mé práci

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Autorská práva

Podle zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. Je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoli nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni

Obsah

1 Úvod	9
2 Historie, rešerše současného stavu a výhled do budoucna	10
2.1 Historie	10
2.2 Rešerše současného stavu	12
2.3 Výhled do budoucna	14
3 Specifikace požadavků na buchary a jejich základní rozdělení	16
3.1 Specifikace požadavků na buchary	16
3.1.1 Technologické požadavky	16
3.1.2 Požadavky jakosti práce	16
3.1.3 Požadavek výkonnosti	17
3.1.4 Požadavek soužití člověka se strojem	17
3.1.5 Požadavek na pořizovací náklady	18
3.2 Základní rozdělení bucharů	18
3.2.1 Mechanické buchary	21
3.2.2 Protiúderové buchary	23
3.2.3 Hydraulické a plynové buchary	24
3.1.1 Elektromagnetické buchary	25
4 Základní výpočty bucharů, účinnost	27
4.1 Základní výpočty bucharů	27
4.2 Účinnost	32
5 Pevnostní analýza rámu pro zvolenou technologickou operaci	36
5.1 3D model bucharu	37
5.2 Nasíťování 3D modelu	38
5.3 Uchycení a zatížení 3D modelu	38
5.4 Výpočet, výsledky	39
5.4.1 Deformace	39
5.4.2 Napětí	42
6 Závěr	44
7 Seznam použité literatury	45
8 Seznam internetových odkazů	45

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Buchar chambersburg firmy Ajax-Ceco při kování háku, [4]	9
Obr. 2.1: Kladiva využívající jednoduché mechanizace, [3]	10
Obr. 2.2: Vodní hamr, [6]	10
Obr. 2.3: Nasmythův parní buchar a James Hall Nasmyth, [5] a [10]	11
Obr. 2.4: Buchar, řada KHZ A společnosti Šmeral Brno a.s., [13]	11
Obr. 2.5: Číslicově řízený buchar, [7]	14
Obr. 2.6: Ukázka možného řešení základů pro buchar, [9]	15
Obr. 3-1a, 3-1b: Charakteristika tvářecího pochodu pýchování za tepla a zápusťkového kování, [1]	16
Obr. 3.2: Šabotový buchar, [2]	20
Obr. 3.3: Mechanický pružinový buchar, [1]	21
Obr. 3.4: průběh rychlosti a zrychlení u padacího bucharu, [2]	22
Obr. 3.5: Protiúderový buchar, [1]	23
Obr. 3.6: průběh rychlosti a zrychlení u dvojčinného parního bucharu, [2]	24
Obr. 3.7 a 3.8: Parovzdušný buchar a kompresorový buchar, [1]	25
Obr. 3.9: Elektromagnetický buchar, [1]	26
Obr. 4.1: Porovnání vykonané práce bucharem a lisem na přetvoření stejného polotovaru, [3]	27
Obr. 4.2: Výpočet otevřeného stojanu s přímou stojinou, [1]	30
Obr. 4.3: Výpočet otevřeného stojanu s lomenou stojinou, [1]	30
Obr. 4.4: Tvary průřezů otevřených stojanů a – lité, b – svařované, [1]	31
Obr. 4.5: Dvě fáze rázu [2]	32
Obr. 4.5: Závislost účinnosti bucharu na hmotnosti šaboty a beranu [2]	34
Obr. 5.1: Kompresorový buchar Beché	36
Obr. 5.2: 3D Model rámu bucharu	37
Obr. 5.3: 3D model rámu bucharu	37
Obr. 5.4: Nasít'ovaný 3D model rámu bucharu.....	38
Obr. 5.5: Ukázka zafixování 3D modelu rámu bucharu (modře).....	39
Obr. 5.6: Ukázka zatížení 3D modelu rámu bucharu	39
Obr. 5.7: Deformace 3D modelu rámu bucharu (zvětšené měřítko deformací).....	40
Obr. 5.8: Body 1 a 2 odměřované kvůli učení úhlu vychýlení 3D modelu rámu bucharu (zvětšené měřítko deformací).....	41
Obr. 5.9: Náčrt postupu výpočtu úhlu vychýlení	41

Obr. 5.10: Deformace 3D rámu bucharu.....	42
Obr. 5.11: Napětí ve 3D rámu bucharu	42
Obr. 5.12: Napětí ve 3D rámu bucharu	43

Seznam tabulek

Tab. 2.1: Sortiment bucharů, řada KHZ A společnosti Šmeral Brno a.s., [12]	13
Tab. 2.2: Sortiment bucharů firmy Sahinler [11]	13
Tab. 2.3: Sortiment bucharů firmy Anyang [8]	13
Tab. 3.1: Rozdělení bucharů, [2]	19
Tab. 3.2: Rozdělení bucharů, [1]	19
Tab. 3.3 rozdělení rychlostí bucharů	20
Tab. 4.1: poměr mezi hmotností šaboty a beranu a šabotovými ztrátami [2]	35

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 – CD-ROM

PŘÍLOHA č. 2 - Výkres A2: RÁM BUCHARU

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá tématem vhodnost použití bucharů. Toto téma je velmi obsáhlé, protože buchary mají velice dlouhou historii a tradici. Geniálnost tohoto vynálezu k technologické operaci tváření dokladuje velmi dobře i skutečnost, že se používá s určitými technickými vylepšeními dodnes.

Tato práce má za úkol obeznámit s významnými historickými milníky ve vývoji tohoto stroje, a jak se buchary postupně vyvíjely do dnešní podoby. Nynější doba dává hlavně v zahraničí na výběr velice různorodé spektrum bucharů pro různé účely ať z pohledu konstrukčního uspořádání, či fyzické velikosti stroje. Z této nabídky by si měl tedy vybrat pro své účely každý. Když vidíme současný vývoj a pokrok v této oblasti, není od věci nahlédnout do budoucnosti a zkusit odhadnout v čem je prostor pro zlepšení, ať už v konstrukci, v ekonomice používání, nebo v dopadech stroje na lidské zdraví.

Jak jsem napsal výše, bucharů se na trhu nabízí celá řada, proto před zvolením konkrétního druhu bucharu je dobré si položit otázku, co se od konkrétního bucharu očekává a v jakých podmínkách bude pracovat. Je dobré si tedy objasnit, co vlastně můžeme od bucharů chtít a vědět jaké typy jsou k dispozici. Pak se dá lépe vybrat buchar, který nám bude vyhovovat po stránkách konstrukčních, technologických, ekonomických, případně jiných.

To, jak buchary pracují, ovlivňují určité zákonitosti a vztahy, které je dobré zmínit. Proto další oblast, kterou zahrnuje moje práce, jsou základní výpočty týkající se bucharů.

Poslední kapitola, kterou se tato práce zabývá, je pevnostní analýza rámu bucharu, která vychází z namáhání silami konkrétním výkovkem, ze které vzejdou síly namáhající rám.

Na závěr přichází zhodnocení výsledků této práce, ať už pevnostní analýzy, tak i bucharů jako takových



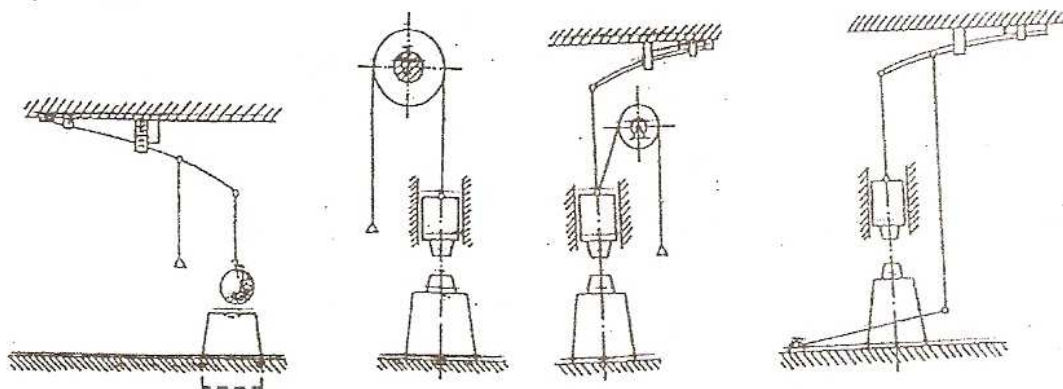
Obr. 1.1: Buchar chambersburg firmy Ajax-Ceco při kování háku, [4]

2 Historie, rešerše současného stavu a výhled do budoucna

2.1 Historie

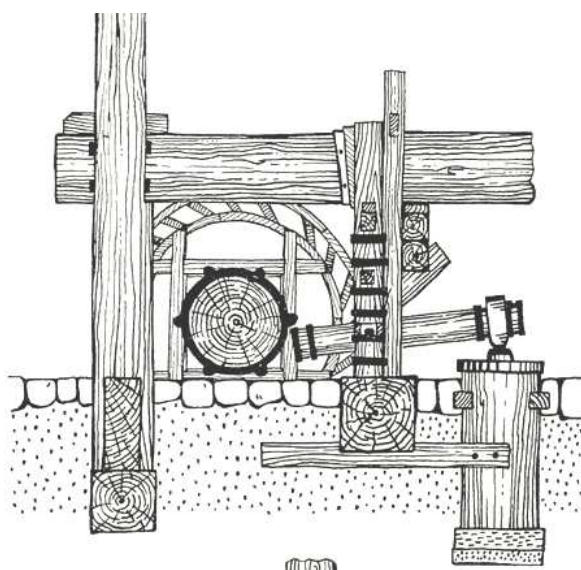
Zpracování kovů pomocí bucharů se řadí mezi operace tváření. Jsou to vůbec nejstarší stroje na tváření kovů. Zde je nastíněn historický vývoj bucharů.

Za vůbec první využití bucharů můžeme brát tváření kovů pomocí kladiva na kovadlině, o kterém se zmiňoval i Homér. V 9. století se začaly uplatňovat mechanické buchary, která využívala jednoduché mechanizace, která spočívala ve využití jednoduchých kladek, či pružiny (např. listové)



Obr. 2.1: Kladiva využívající jednoduché mechanizace, [3]

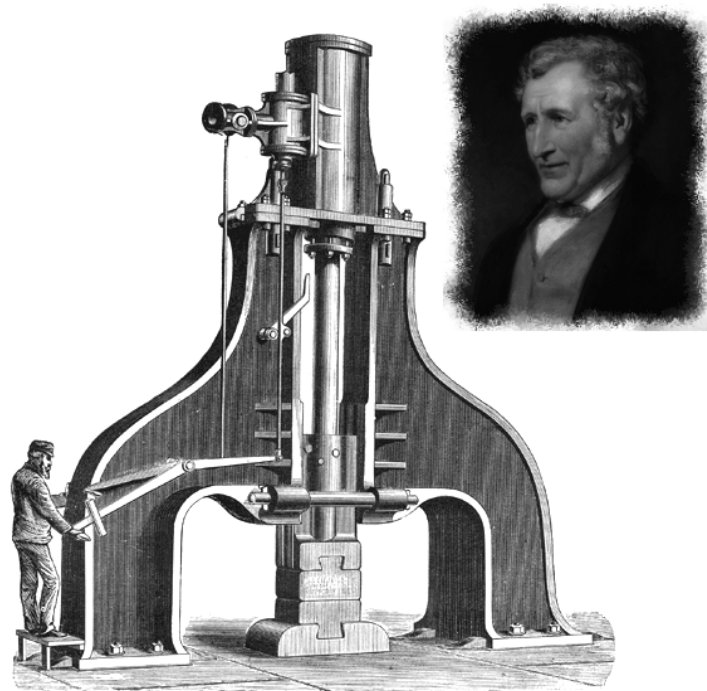
Ve 13. Století se začíná více uplatňovat energie vody jakožto náhrada lidské síly. Hlavní výhoda používání vodní energie ke kování byla možnost kovat větší výkovky, které by člověk zvládal jen velice obtížně. V 15. století se objevily jednoduché mechanické buchary poháněné energií vody, tzv. vodní hamry. Ty lidem ušetřily námahu ale samozřejmě také čas. Na území naší země se vyskytovaly přes 600 let. Jeden takový funkční se na našem území nachází u Trhových Svinů a jmenuje se Buškův hamr. Založený byl roku 1870 a vyráběl se zde potaš neboli uhličitán draselný pro sklářský průmysl. Jeho provoz fungoval do roku 1950 a na rekonstrukci čekal celých 40 let až do roku 1990. Dnes je tento hamr technickou památkou. Větší rozmach a vylepšení stávajících typů bucharů nastal v době, kdy si lidé dokázali zajistit energii z jiných zdrojů, než je lidská síla a vodní energie. Zejména v době když lidé uměli využít energii páry, či elektrické energie. Není divu, že se poté objevilo mnoho nových typů bucharů, např. parní, padací, či deskové. Skutečně převratný se ale stal parní buchar Jamese Nasmytha, skotského inženýra v r.1839. Vynálezu tohoto typu bucharu předcházela skutečnost, že dosavadní metody kování nebyly schopné



Obr. 2.2: Vodní hamr, [6]

vykovat hřídele velkých rozměrů. Tento problém řešil např. Isambard Brunel, který stavěl parník Great Britain, který byl ve své době technický skvost. Problém byl právě ve výrobě velkého lodního hřídele. Dokonce toto napsal pan Francis Humphries roku 1838 panu Nasmythovi: „Zjistil jsem, že žádná kovárna v Anglii nebo ve Skotsku není dostatečně silná, aby vykovala hřídel pro Velkou Británii! Co mám dělat?“ To byl zřejmě důvod odhodlání vyrobit stroj na tyto podobné výrobky. Využití pak našel Nasmythův parní buchar v továrně Schneider-Creusot.

Další vylepšení představovalo řízení velikosti úderu. To představoval buchar Wilson z roku 1843. Za skvost byl roku 1861 považován parní buchar Fritz, který nepadal samospádem, ale byl ještě urychlován tlakem páry. Toto je, dá se říci, vrchol ve vývoji bucharů. Dále zažívaly rozmach především hydraulické lisy. Na Slovensku se také vyráběly buchary Ajax, které se začaly vyrábět v roce 1921, které se dnes již ale nevyrábí. V 60. letech minulého století se na našem území proslavily výrobou bucharů Šmeralovy závody v Brně, které se staly středoevropskou jedničkou, co se objemu výroby týká. Tyto závody vyvinuly hydraulicko-pneumatický buchar, s nímž tato firma slavila úspěch. Dodnes tato firma funguje a stále má buchary ve svém sortimentu. Tato firma byla založena roku 1861 a od té doby si buduje své jméno



Obr. 2.3: Nasmythův parní buchar a James Hall Nasmyth, [5] a [10]



Obr. 2.4: Buchar, řada KHZ A společnosti Šmeral Brno a.s., [13]

2.2 Rešerše současného stavu

Jelikož toto odvětví strojírenství se stejně jako každé jiné vyvíjí, je dobré vědět, jakého pokroku se dnes dosáhlo a které firmy se dnes výrobou a vývojem bucharů zajímají. Překvapilo mě ale, že v České Republice se buchary zabývá snad jen firma Šmeral Brno a.s. Sice jedna firma ale s velmi rozsáhlou historií, čili i s určitými zkušenostmi s vývojem i s běžným používáním bucharů.

Sortiment:

- Pneumaticko-hydraulické buchary

Pokud bychom chtěli najít další výrobce, musíme se podívat za naše hranice. V Německém Coburgu v Bavorsku působí firma Lasco, která má další pobočky v USA, Číně a ve Francii. Technologické použití jejich bucharů je pro zápustkové kování.

Sortiment:

- Dvojčinný hydraulický buchar
- Protiběžný hydraulický buchar

V Turecku se nachází firma Sahinler. Firma byla založena v roce 1953. Pneumatické buchary byly spolu s vrtacími a šicími stroji prvními výrobky určené k vývozu mimo Turecko

Sortiment:

- Pneumatické buchary

V Číně se zabývá výrobou bucharů firma Anyang. Tato firma spolupracuje mimo jiné i s Českou Republikou a naše země je také odběratelem bucharů této značky.

Sortiment:

- číslíkově řízené hydraulické buchary
- elektrohydraulické buchary pro zápustkové kování
- elektrohydraulické buchary pro volné kování
- pneumatické buchary

Toto samozřejmě není výčet všech výrobců bucharů. Ale pro představu postačí. Výrobou bucharu se ještě zabývá například firma Ajax-Ceco působící v USA

Nyní se zaměřím na přiblížení parametrů bucharů ze sortimentu jednotlivých firem.

V tabulkách níže jsou uvedeny některé parametry bucharů vybraných výrobců a jejich možné technologické použití:

Šmeral:

Technologické použití:

Bucharý řady KHZ jsou určeny k zápusťkovému kování.

	KHZ 2 A	KHZ 4 A	KHZ 8 A
Jmenovitá energie	20	50	100
Počet zdvihů beranu (při max. zdvihu)	70	60	40
Maximální zdvih beranu	400	500	600
Upínací plocha zápusťtek	240x450	300x570	342x750
Pracovní tlak	16		
Jmenovitý plnicí tlak vzduchu	0,5-0,6		

Tab. 2.1: Sortiment bucharů, řada KHZ A společnosti Šmeral Brno a.s., [12]

Sahinler:

Technologické použití:

Tento výrobce umožňuje zápusťkové kování pomocí vyměnitelných zápusťtek ve všech níže vypsanych řadách bucharů.

	SM 34	SM 40	SM 50	SM 60
Počet úderů (1/min)	220			
Maximální výkon (HP)	5.5.		7.5.	
Úder beranu (kg)	Max.200		Max.230	
Čistá váha	540	640	1150	1175

Tab. 2.2: Sortiment bucharů firmy Sahinler [11]

Anyang:

Technologické použití:

Buchar typu C41, viz. níže, umožňuje různé typy kovářských operací (vytahování, pýchování, prorážení, sekání, svařování, ohýbání, kroucení). Lze provádět také zápusťkové kování.

	C41-9	C41-15	C41-25	C41-40	C41-55	C41-75
Jmenovitá energie (kJ)	0,09	0,16	0,27	0,53	0,7	1
Hmotnost padajících částí (kg)	9	15	25	40	55	75
Počet úderů (1/min)	245	245	250	245	230	210
Výška pracovního prostoru (mm)	135	160	240	230	270	300

Tab. 2.3: Sortiment bucharů firmy Anyang [8]

Pozn.:firma má velké portfolio bucharů, proto je uveden pouze jeden typ, konkrétně pneumatický buchar pro volné a zápusťkové kování, „C“ rám

Pro ilustraci uvádím ještě technologické použití některých dalších bucharů této firmy:

- Číslicově řízený hydraulický buchar:

Přesné kování a zápusťkové kování

- Elektrohydraulický buchar

Zápusťkové kování

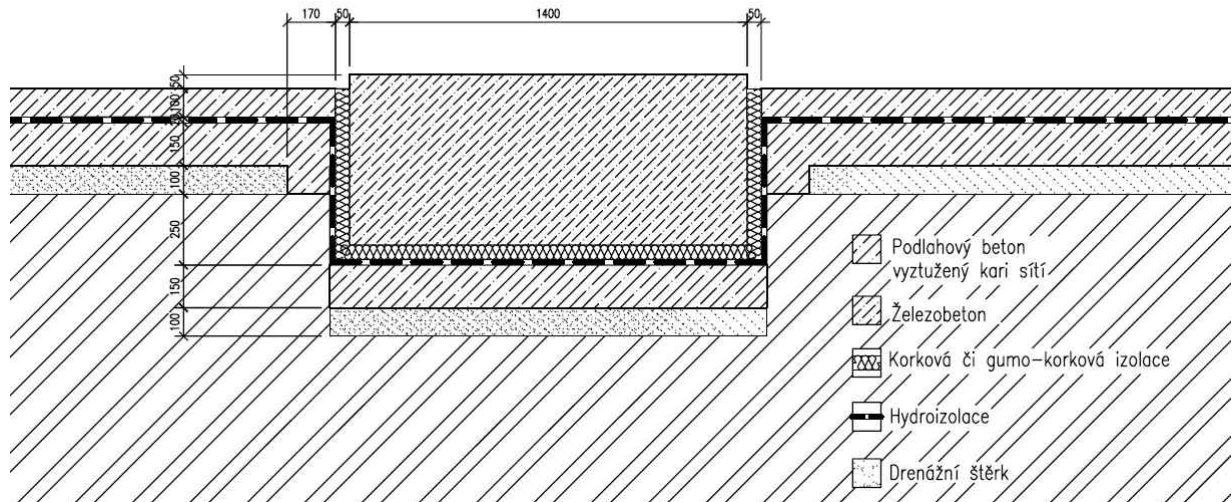
2.3 Výhled do budoucna

Jak je vidět podle historického vývoje, technologie bucharů šla za poslední roky výrazně kupředu. Nebylo to jen tím, že výrobci přicházeli se stále novými typy bucharů ale také díky tomu, že do těchto výrobků ve stále větší míře začala pronikat automatizace. Číslicově řízené stroje dnes tvoří běžnou část sortimentu, stále více čidel a ochranných mechanismů ale dělá tyto stroje sice přesnějšími a bezpečnějšími, ale zato choulostivějšími na správný servis a zacházení. V tomto ohledu je stále co zlepšovat a zdokonalovat. Bucharý jak známo pracují se značnými rázy a právě toto je velice choulostivá oblast. Problém je v izolaci těchto rázů od okolního prostředí. Bucharý kvůli tomu musejí mít speciální základy ale ani ony nejsou stoprocentní zárukou úspěchu. Z hygienických důvodů se tento problém musí řešit kvůli negativním dopadům na lidské zdraví. Problém by také mohl nastat například s umístěním bucharu do určité výrobní haly, u které se nepočítalo s používáním strojů tohoto typu, díky čemuž by mohla být v krajním případě narušena statika stavby. Budoucnost proto vidím hlavně ve zdokonalování nynějších systémů řízení, tj. čidla odolnější vůči destrukci a také vůči postupnému samovolnému rozladění celé jednotky. S tím úzce souvisí právě přiblížení se dokonale tuhému uložení rámu stroje, ale také dokonale tuhý samotný rám. Tyto faktory ve výsledku znamenají přesnější výrobu. V konstrukci rámu se dá vylepšovat systém vedení beranu, který by měl být co nejpřesnější. Díky tomu, že dnes máme číslicově řízené stroje,



Obr. 2.5: Číslicově řízený buchar, [7]

můžeme také pracovat na tom, abychom zajistili přesnou regulaci energie úderu. Pokrok dále by také mohlo zajišťovat zvýšení počtu úderů a tím i zvýšení efektivity práce. Určitý posun ve vývoji bucharů by znamenal hlavně vývoj nových materiálů, ze kterých se rám skládá. Mohlo by to přinést možnost lepšího zachycení odskoku beranu, zvýšení tuhosti za současného snížení hmotnosti stroje, tím pádem možné snížení nákladů na uložení stroje.



Obr. 2.6: Ukázka možného řešení základů pro buchar, [9]

3 Specifikace požadavků na buchary a jejich základní rozdělení

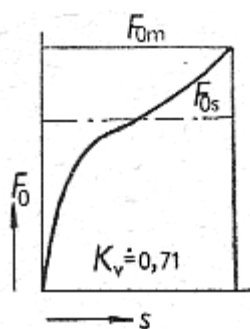
Požadavků na buchary je celá řada a je provázána s kvalitou práce, interakcí mezi člověkem a strojem, náklady na stroj a požadavky z technologické oblasti, která je stále více důležitá. Nyní si představíme jednotlivé požadavky na tvářecí stroje:

3.1 Specifikace požadavků na buchary

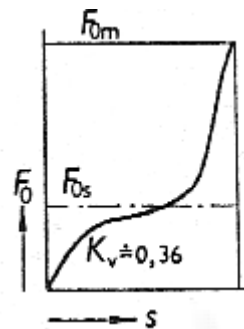
3.1.1 Technologické požadavky

Základní požadavek jsou plastické deformace, při nichž se mění jak rozměry, tak i tvar konkrétního materiálu. Proto základní ukazatel je u tohoto požadavku tvářecí síla, která je definovaná jako síla, která působí odpor na výstupní člen stroje v jeho protipohybu. Tvářecí charakteristika je jedním z určujících parametrů pro volbu pohonu stroje. Rovnice (1) udává stupeň vyplnění tvářecí charakteristiky:

$$K_v = \frac{F_{OS}}{F_{OM}} \quad (1)$$



3.1a)



3.1b)

Obr. 3-1a, 3-1b: Charakteristika tvářecího pochodu pýchování za tepla a zápustkového kování, [1]

3.1.2 Požadavky jakosti práce

Tento požadavek vychází hlavně z přesností rozměrů a geometrie ploch, dále pak z přesného ustavení těchto ploch a z povrchových a mechanických vlastností daného výrobku. Přesnost výroby je také dána tím, jak přesně je výchozí člen (beran bucharu) schopen se pohybovat po předem nadefinované a vymezené dráze. Dále přesnost výroby ovlivňuje tvarová přesnost činných ploch beranu, vlastnosti použitého materiálu a technologické vlivy. Buchary se posuzují jak v zatíženém, tak i v nezatíženém stavu. Tuhost jakožto další faktor můžeme dělit dále na jednotlivé tuhosti a to tuhost tvářeného objektu, tuhost nástroje a tuhost pracovního prostoru. Dá se také říci, že čím bude užitečný zdvih větší, tím pádem i nižší tuhost tvářeného objektu, tím může být tuhost pracovního prostoru nižší a naopak, čím bude užitečný zdvih nižší, tím by měl být pracovní prostor tužší se zřetelem na tužší tvářený objekt. Dynamické chování vychází z toho, jak máme tvářený objekt uložený ve stroji, protože nevystředěný objekt nestejnoměrně zatěžuje stroj v jeho souřadnicových osách, proto se s tím musí počítat, pokud objekt nemůžeme uložit jinak, či pokud je objekt nesymetrický, čili nezátížitelný stejnoměrně. Při tvářecím pochodu vznikající natočení a pružné deformace jsou nazývány dynamickými deformacemi. Tepelné chování v první řadě ovlivňují tepelné dilatace, které se samozřejmě u bucharů vyskytují a působí zejména v souvislosti se změnou relativní polohy beranu bucharu a tvářeného objektu. Mohou nastat dva typy vzniku tepla a to

teplo vznikající při tváření za tepla a tepla z vlastních zdrojů stroje. Významnější je ale teplo vznikající při tváření za tepla. Vznikající deformace mají přímý a nepřímý vliv. Přímý vliv je ten, který mění relativní polohu výstupního členu a tvářeného objektu. Při nepřímém vlivu přestává být geometrická podobnost s původním stavem a zhoršuje se přesnost tvaru. Velice důležité je myslet na opotřebením nástroje (beranu) a samotného stroje (bucharu) protože tím rapidně klesá jakost práce. Vliv na opotřebením má kvalita výroby jednotlivých součástí bucharu, tuhost sestavených součástí (bucharu jako celku) a tepelné namáhání stroje a jeho jednotlivých částí.

3.1.3 Požadavek výkonnosti

Tento požadavek je velmi důležitý a závisí na pružnosti systému a jeho spolehlivosti a na stupni automatizace

Stupeň automatizace znamená stupeň postavení jednotlivých částí řídicího systému, mechanizací a automatizací vedlejších prací. To, jak budeme mít systém pružný, závisí především na zvolené automatizaci. Tu volíme s ohledem na charakteristiku výroby, tj. jaká je kvantita a kvalita výroby. Dá se říci, že pokud zajistíme správný výběr uzlů a elementů stroje, zajistíme ochranu proti přetížení stroje a správnou stavební strukturu, tím se nám zvyšuje spolehlivost celého stroje. Spolehlivost hodnotíme podle určitých kritérií. Těmi jsou intenzita poruch a průměrný čas bezporuchového provozu, přičemž průměrný čas bezporuchového provozu je střední čas mezi poruchami, který je dán vzorcem (2):

$$\frac{\text{Práce}_i - \text{této prvku}_i \text{ mezi } 2 \text{ po sobě jdoucími poruchami}}{\text{sledovaný počet uzlů a elementů}} \quad (2)$$

To, jakou máme intenzitu poruch, můžeme zjistit z počtu poruch za časový interval, které jsou vztažené k počtu hodin odpracovaných v časovém intervalu. Druh tvářecího pochodu rovněž určuje výkonnost stroje. Pokud budeme sledovat objemové tváření, tak zde je rozhodující množství objemu, který se přemístí, vztažený na čas jednoho pracovního cyklu. V praxi je výkonnost udávána při dlouhodobém provozu podle vzorce (3):

$$\text{výkonnost tvářecího stroje za 1 prac. cyklus} * \text{časová perioda} * \text{souč. spolehlivosti} \quad (3)$$

3.1.4 Požadavek soužití člověka se strojem

Pokud chceme, aby soužití člověka se strojem bylo co nejpřirozenější, musíme „polidštit“ celý výrobní systém.

Můžeme vyzdvihnout tři základní klíče k tomuto cíli a to, že se stroj spíše podřídí potřebám člověka, než že člověk bude dělat sluhu stroji. Proto bychom se měli tímto bodem zabývat již v samotné konstrukci stroje. Dále pak, že obsluha stroje bude dostatečně vyškolená pro práci na stroji a nakonec aby všichni lidé zapojeni do výroby nemuseli řešit vztahy mezi sebou a byly jasně vymezené hranice, co smí a nesmí samozřejmě s ohledem na lidi samotné. Tyto základní požadavky bychom měli být schopni vyplnit.

Dále je třeba brát ohled na faktory, jako jsou ergonomie, bezpečnost a ochrana životního prostředí. Jde o to, abychom měli dobrý přístup k pracovnímu prostoru, dobře

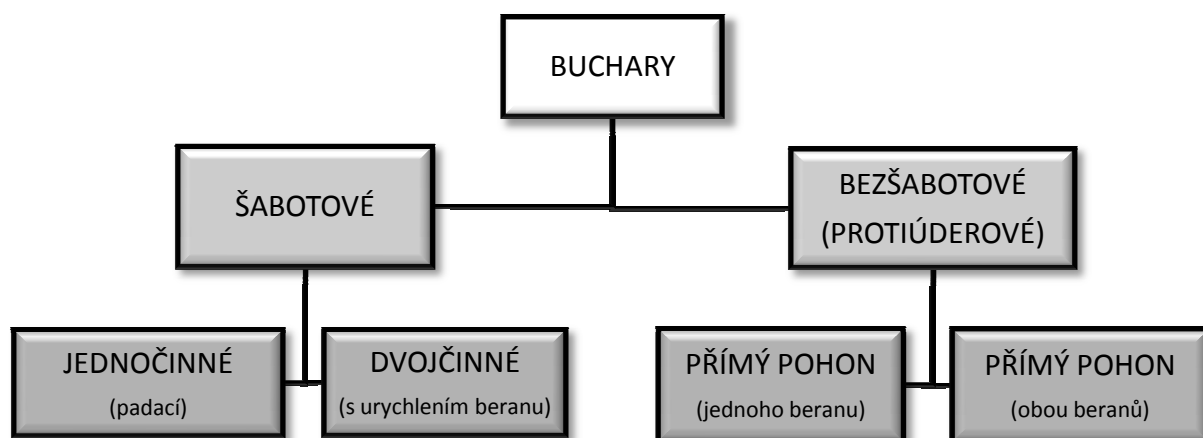
dosažitelné ovládací prvky a prvky, které jsou potřebné pro bezproblémový chod stroje. Někdy se ale může stát, že pokud se budeme řídit těmito požadavky, můžeme docílit toho, že nám tyto požadavky budou narušovat kvalitu výroby, bezpečnost, či efektivitu. Proto musíme přistupovat ke každému případu individuálně a najít nejlepší možný kompromis. Bezpečnost v případě bucharů závisí na tom, do jaké míry máme automatizovaný výrobní proces. Můžeme tvrdit, že pokud budou jednotlivé funkční elementy spolehlivé, tak stroj jako celek jde s bezpečností na vyšší úroveň. Nakonec, faktor životní prostředí není o mnoho podřadnější, byť je uveden jako poslední. Pokud vyrábíme na stroji nějaký výrobek, který je většinou kvalitní, tak ruku v ruce s tím vznikají podružné faktory zatěžující prostředí. Těchto faktorů není málo, můžeme zmínit například negativní vliv hluku na životní prostředí. Pro výrobce je to jedna z priorit při návrhu strojů. Pokud bychom se bavili v řeči čísel, tak lidská psychika reaguje i na malé zvukové podněty kolem 30dB, k poškození sluchu dochází při vystavování se hluku přesahující hodnotu 90dB, což se dá přirovnat k jedoucímu vlaku. Práh bolesti nastává při překročení hranice 130dB, což je startující proudové letadlo. Samozřejmě záleží na konkrétním člověku. Je tedy důležité se těmto podnětům vyvarovat, a pokud to nejde, tak se alespoň před hlukem náležitě chránit

3.1.5 Požadavek na pořizovací náklady

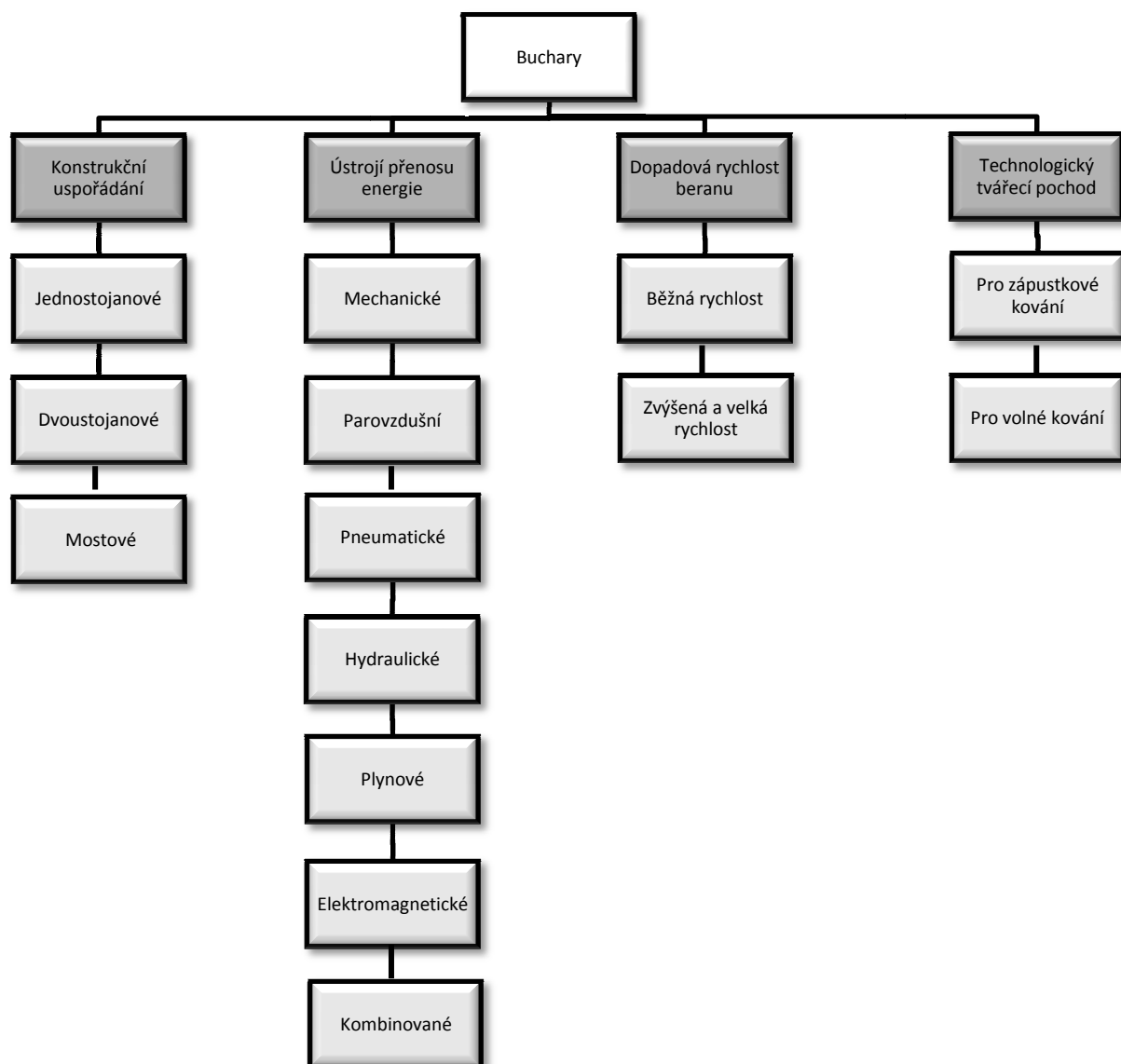
Jestliže má být stroj efektivní, tak by měl být určitý poměr mezi náklady vynaloženými a náklady získanými, proto by člověk, který se zabývá efektivitou stroje, měl být znalý, co se týká určování nákladů. Zároveň musíme rozumně zakomponovat určité tempo technického rozvoje, který je pro úspěch v konkurenčním boji důležitý. S tím také souvisí zabraňování morálního zastarávání technických řešení a úsilí o to, aby nové řešení byly zaváděny co nejrychleji. Důležité je tedy zhodnocení všech těchto faktorů a udělat si závěr, jestli daný stroj je ekonomicky efektivní

3.2 Základní rozdělení bucharů

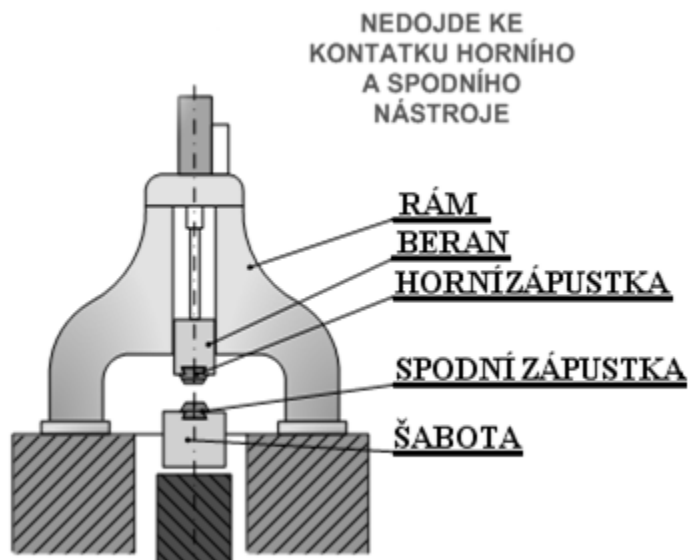
Buchary jsou definované jako stroje, kde se přetvárná práce získá pádem beranu, který může padat volným pádem, nebo urychleně. Základní přehled bucharů dávají tab. 3.1 a 3.2. Buchary mohou být šabotové a bezšabotové, kterým se jinak také říká protiúderové, protože mají ve spodní části ještě jeden, spodní beran, který se pohybuje vzhůru současně s tím, jak padá beran horní. Mohou být uspořádány jak svisle, což je běžnější řešení, nebo také vodorovně. Protiúderové buchary mají výhodu v tom, že pracují bez šabotových ztrát. Šabotové buchary jsou vhodné pro volné kování. Rozdíl je ale v tom, kde je uložena šabota. Buď může být uložena v základu stroje, kde je nezávislá na stojinách k vedení beranu. Šabota může být také pevně spojena se stojinami.



Tab. 3.1: Rozdělení bucharů, [2]



Tab. 3.2: Rozdělení bucharů, [1]



Obr. 3.2: Šabotový buchar, [2]

Obr. 9 Ukazuje šabotový buchar, který má šabotu uloženou odděleně od rámu. Stojan bucharu je spojen se šabotou pouze pružnou vložkou v základě

Buchary pro zápuskové kování se vyznačují zejména tím, že mají uzavřený, robustní rám a šabotu spojenou s rámem (rám uzavřený šabotou) z toho vyplívá:

- přesné vedení beranu
- oproti bucharům pro volné kování mají menší zdvih beranu

Buchary lze dělit také podle toho, s jakou rychlostí pracují. Tabulka 2 níže udává, jaké tyto rychlosti mohou být:

rychlost	
4 - 8 m.s-1	běžná rychlost
20 - 60 m.s-1	zvýšená a vysoká rychlost
větší než 60m.s-1	vysoká rychlost

Tab. 3.3 rozdělení rychlostí bucharů

Pokud beran padá pouze vlivem gravitace, odpovídá to běžným kovací rychlostem. Pokud bude například beran padat z výšky 1 až 2m, tak jeho dopadová rychlost bude mezi 4,5 až 6 m.s-1. Pokud budeme chtít vyšší dopadové rychlosti, musíme použít buchary s urychleným pádem beranu, čehož se dosáhne přidáním silou. Buchary padacími jednočinnými nazýváme ty buchary, u nichž beran padá pouze vlivem gravitace a díky tomu, že beran je poháněn pouze při zvedání se nazývají jednočinné. Naproti tomu dvojčinné buchary jsou poháněny jak při zvedání beranu, tak i při jeho spouštění pro dosažení vyšší dopadové rychlosti. Buchary se dají také rozdělovat podle pohonu a ústrojí k přenosu energie. Mohou být mechanické, které mohou být pružinové, deskové třecí, lanové, řemenové, lanové, řetězové. Dále můžeme mít

buchary hydraulické, plynové, které se dále dělí na parní a pneumatické, dále elektromagnetické a buchary kombinované, jež využívají kombinace předchozích uvedených řešení. Jak bylo řečeno výše, buchary jednočinné využívají energii volného pádu, jejich energie se tedy řídí vztahem určeným pro energii potenciální (4):

$$W_p = mgH \quad (4)$$

U dvojčinných bucharů je buchar ještě urychlován různými druhy energií a řídí se vztahem (5), u protiběžných bucharů se řídí vztahem (6):

$$W_c = (m_B g + p_{Si} S_B) H_B \quad (5)$$

Příčemž: m_B - hmotnost beranu
 p_{Si} - střední indikovaný tlak působící na plochu beranu
 S_B - plocha beranu
 H_B - zdvih beranu

$$W_c = (m_B g + p_{Si} S_B) H_B - m_S g H_S \quad (6)$$

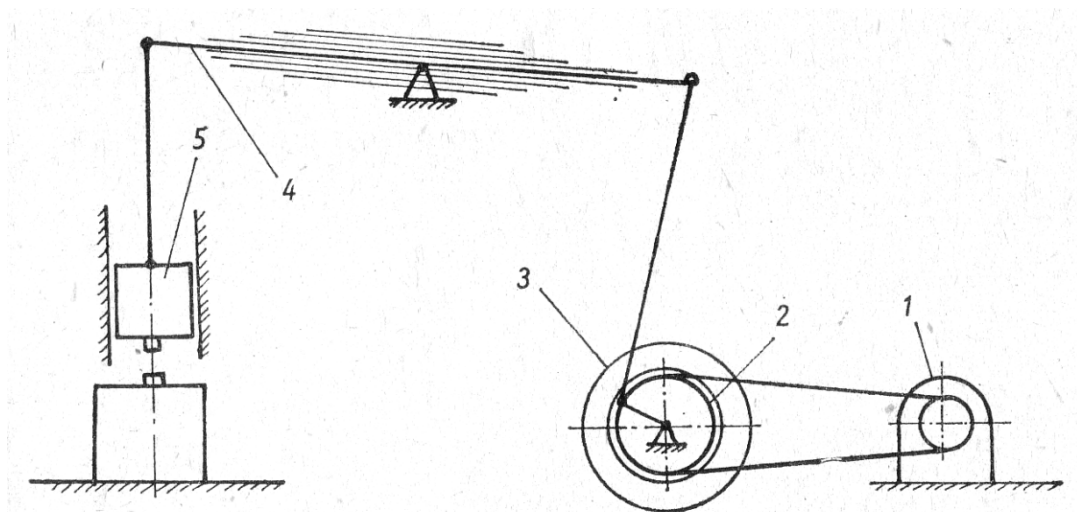
Příčemž: m_S - hmotnost spodního beranu
 H_S - zdvih spodního beranu

Dále si představíme jednotlivé typy bucharů:

3.2.1 MECHANICKÉ BUCHARY

Mechanický buchar pružinový

Tyto buchary jsou jedny z nejvíce vyskytovaných tvářecích strojů, které se používají jak pro volné, tak i pro málo složité zápustkové kování.



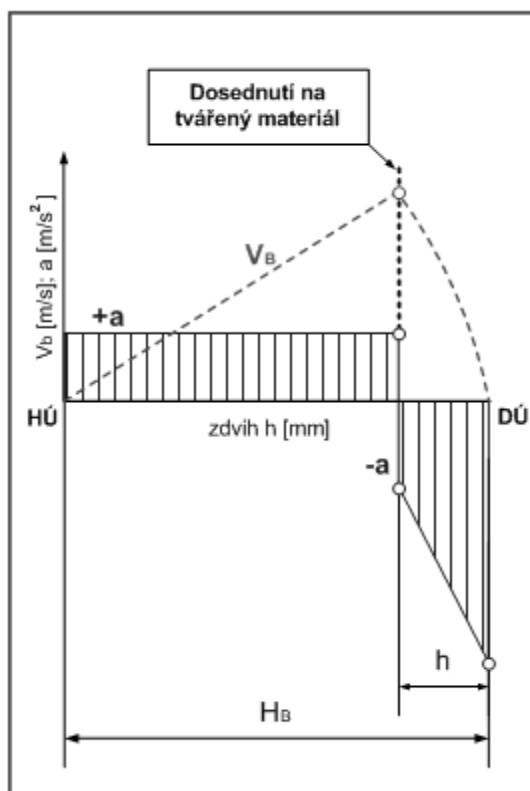
Legenda: 1) elektromotor, 2) třecí spojka, 3) setrvačnick, dvojramenná páka, 5) beran

Obr. 3.3: Mechanický pružinový buchar, [1]

Energie, kterou beran bucharu vyvozuje, roste díky listovým pružinám, které tvoří dvouramennou páku. Pokud klika klesá dolů, tak se beran zastavuje, zato jeho zrychlení roste na nejvyšší hodnotu. Poté beran vyjíždí nahoru a způsobí prohnutí listových pružin. První co vznikne, je zpoždění hmot. Toto napětí se „vynuluje“ napětím, které je v pružinách. V dalším cyklu pohybu beranu vznikne zrychlení, které po překonání gravitace ohne pružiny směrem dolů. Výhoda pružinového mechanického bucharu je to, že kvůli pružinám je rychlost pohybu dolů zhruba dvakrát rychlejší, než kdyby zde pružiny nebyly. Pro případ, že bychom potřebovali regulovat energii rázu, můžeme regulovat otáčky kliky.

Padací buchar

Podstata tohoto bucharu je v tom, že se do určité výšky zvedne beran a pak padá díky gravitační síle. Rozlišuje typ deskový, řemenový a deskový. Řemenový buchar, jak již název napovídá, zvedá beran bucharu pomocí řemenu a to pomocí řemenice, kterou přitlačuje kladka. Elektromotor dodává energii ke zvedání. Pád se provádí tak, že přitlačná kladka se uvolní a tím beran začne padat. Deskové buchary jsou řešeny tak, že deska, která zvedá beran a která bývá většinou dřevěná je zvedaná díky dvěma kladkami, které svírají pevně desku. Kladky jsou přes řemeny poháněny opět pomocí elektromotoru. Pád beranu se zajišťuje pomocí oddálení kladek, které drží desku. Průběh rychlosti a zrychlení na beranu je znázorněn na obrázku 3.4. Beran je urychlován konstantním zrychlením do okamžiku jeho dosednutí na tvářený materiál. Odporem materiálu potom rychlost beranu klesá k nule.



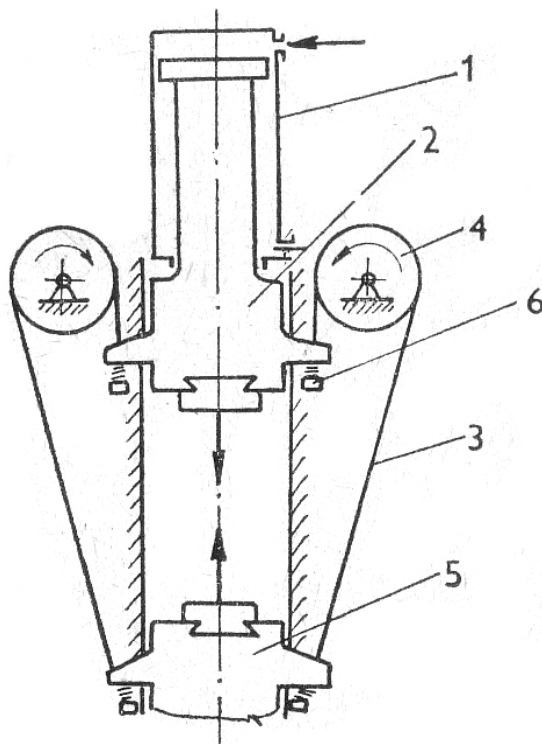
Obr. 3.4: průběh rychlosti a zrychlení u padacího bucharu, [2]

Řetězový buchar

Beran je zvedán pomocí zapnutí rotoru elektrického pohonu a tyto buchary zvládají za minutu 45 až 100 údarů

3.2.2 PROTIÚDEROVÉ BUCHARY

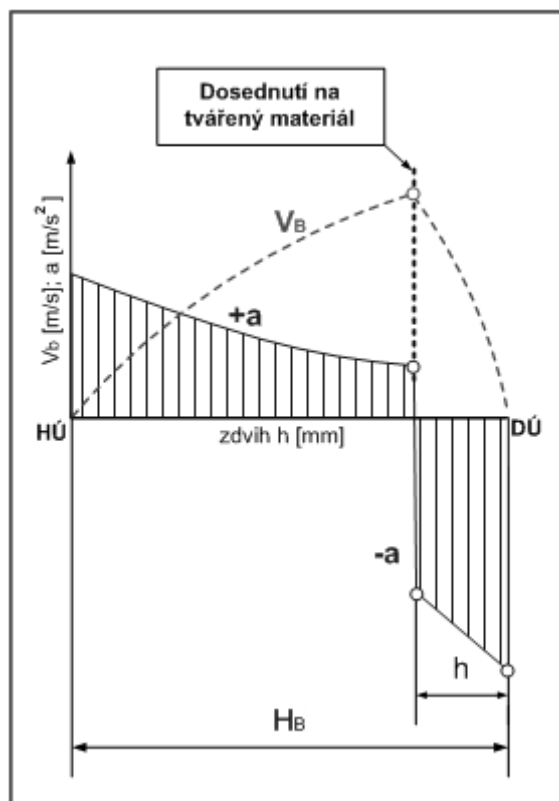
Spodní beran, který je použit místo šaboty, se zvedá proti hornímu beranu současně. Na obrázku zobrazený protiběžný buchar se pohybuje tak, že se šoupátkovým mechanismem rozvádí pára pod a nad píst, který je součástí horního beranu a je odlit z jednoho kusu. Přes kladky jsou vedeny pásy, které jsou otočně uloženy ve stojanu a proti hornímu beranu zvedají spodní beran. Pro eliminaci rázů v pásích se používají pryžové kroužky. Co se týká hmotnosti horního a spodního beranu, tak horní beran je o 5-15% lehčí. Dolní beran zajišťuje zvedání horního beranu poté, co je uzavřen přívod páry. Nepoměr hmotností beranů je také výhodný z toho důvodu, že při rázech způsobí nadlehčení pásů. Tím se šetří kladky i jejich ložiska. Při návrhu těchto bucharů se také hledí na to, že když by se dvě třetiny pásů roztrhly, tak aby zbývající třetina dokázala přenést všechnu sílu. Pokud by se přetrhly všechny pásy najednou, tak se stroj dostane do takové polohy, že se dál pohybovat nebude. Buchary, které jsou rozměrnější, mají svůj pohon zvlášť pro dolní a horní beran



- Legenda: 1) Pracovní válec, 2)
horní beran,
3) pásy, 4) kladky, 5) dolní beran,
6) pryžové kroužky

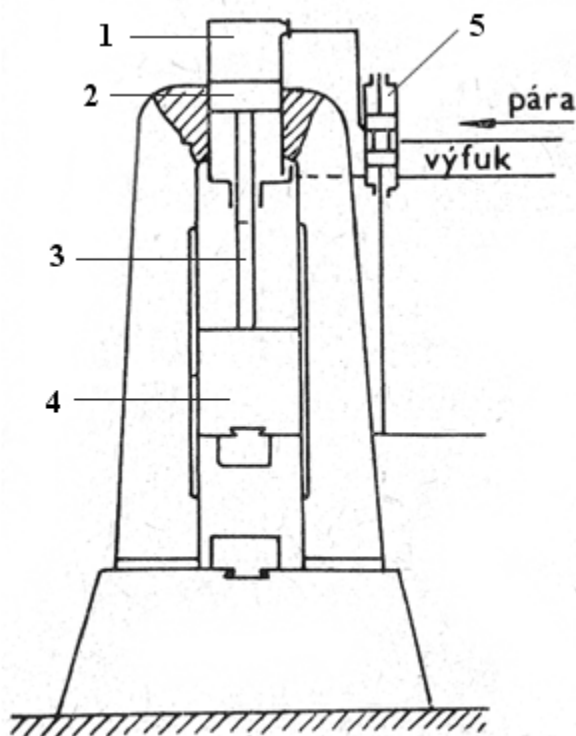
Obr. 3.5: Protiúderový buchar, [1]

3.2.2 HYDRAULICKÉ A PLYNOVÉ BUCHARY



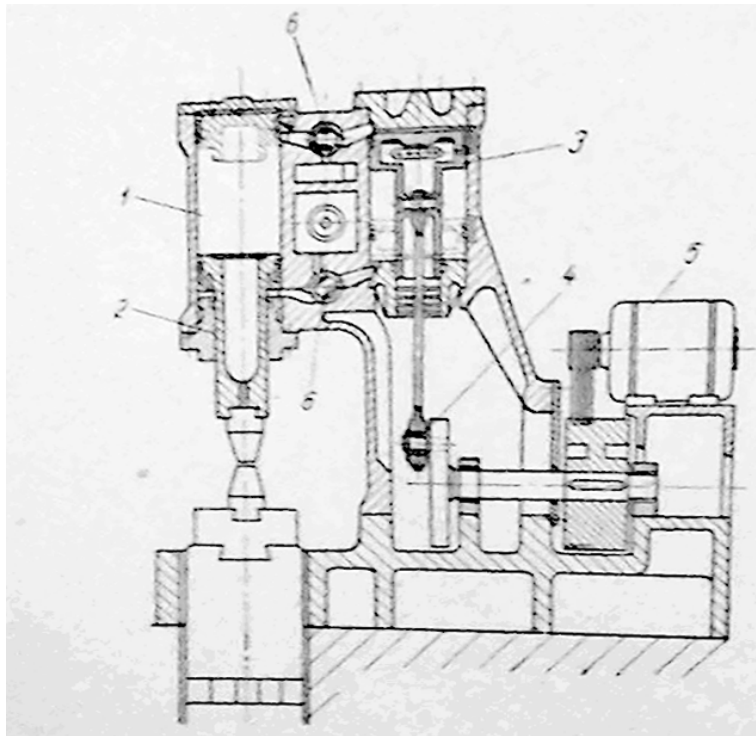
Hydraulické buchary vyrábí například firma Lasco. Ty jsou dvojčinné a podstata urychlování beranu je v tom, že tlak oleje tlačí na píst, který je propojen s beranem. Vzdušné, neboli parní buchary patří mezi nejstarší. Tyto buchary jsou v provedení jednočinném, nebo dvojčinném. Jsou vhodné především k volnému kování. Kompresorové buchary se používají také k volnému kování, nebo pro pýchování za tepla. Tyto buchary se dále dělí na buchary s tlakem vzduchu působícím na jednu stranu pístu a na buchary s tlakem vzduchu na obě strany pístu. V prvním případě se o pohyb nahoru stará atmosférický tlak, v druhém tento pohyb obstarává stlačený vzduch.

Obr. 3.6: průběh rychlosti a zrychlení u dvojčinného parního bucharu, [2]



Obr.:3.7

Legenda: 1 - parní, nebo
pneumatický válec, 2 - píst, 3 -
pístnice, 4 - beran, 5 - šoupátkový
rozvod



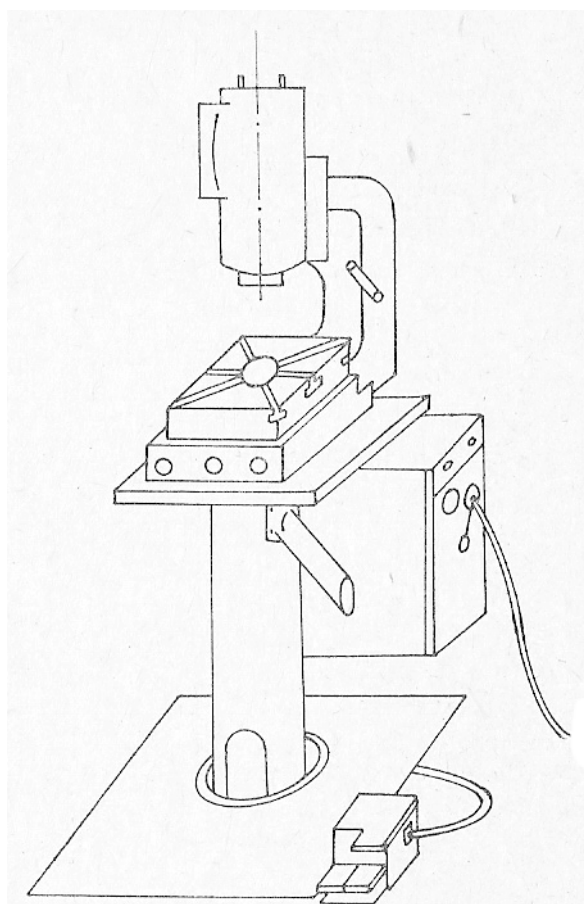
Obr.:3.8

Legenda: 1 – pracovní válec, 2
- beran, 3 – píst kompresoru, 4
– klikový mechanismus, 5 –
elektromotor, 6 – šoupátkový
rozvod

Obr. 3.7 a 3.8: Parovzdušný buchar a kompresorový buchar, [1]

3.2.3 ELEKTROMAGNETICKÉ BUCHARY

Tyto buhary lze používat pro lehké kování. Jsou to takové multifunkční zařízení, jelikož se na nich dá provádět mimo kování ohýbání, stříhání, prorážení a mnoho dalších operací. Podstata tohoto pohonu spočívá v elektromagnetu, kde jádro, které se pohybuje, tvoří beran bucharu. Díky tomu u stroje odpadají vysoce namáhané součásti, jako převody a ozubení. Impuls pro zrychlení beranu trvá velice krátkou dobu, proto je stroj energeticky výhodný pro používání. Vracení beranu pomáhá pružina. Buchar se skládá ze své nosné části, kterou je stojan z oceli na odlitky, který má rameno, které nese pracovní hlavu. Elektrická vyzbroj je umístěna na zadní straně podstavce. Cívka elektromagnetu se nachází v dolní části pracovní hlavy. Vodicí tyče, na kterých jsou koncové spínače a jakási vidlička, která zabraňuje tomu, aby se beran potočil ze své výchozí polohy, se nachází v horní části pracovní hlavy. Tuto hlavu můžeme seřizovat na výšku stavěcím šroubem, tímto se mění sevření stroje. Vedení beranu je zajištěno díky dvěma válcovým bronzovým pouzdrům. Dosednutí beranu je řešeno tak, že v koncové poloze je pryžový tlumič, který soustavu tlumí. Koncové spínače zase řeší zdvih beranu.



Obr. 3.9: Elektromagnetický buchar, [1]

4 Základní výpočty bucharů, účinnost

4.1 Základní výpočty bucharů

U výpočtů bucharů je velmi významná oblast počítání energie úderů a účinnost rázu. Ještě předtím je dobré uvést, jaká je energetická náročnost při kování, ve srovnání s hydraulickým lisem. Obr. 4.1 ukazuje, že energetická náročnost při kování je vyšší u bucharů a to přibližně o třetinu. Z obrázku je také vidět to, že pokud deformujeme určitý kus, tak lis celou operaci zvládne jedním stlačením, zatímco buchar tutéž operaci zvládne například na 3 údery, s čímž jsou spojené určité ztráty a tím pádem i zvýšení potřebné práce na přetvoření.

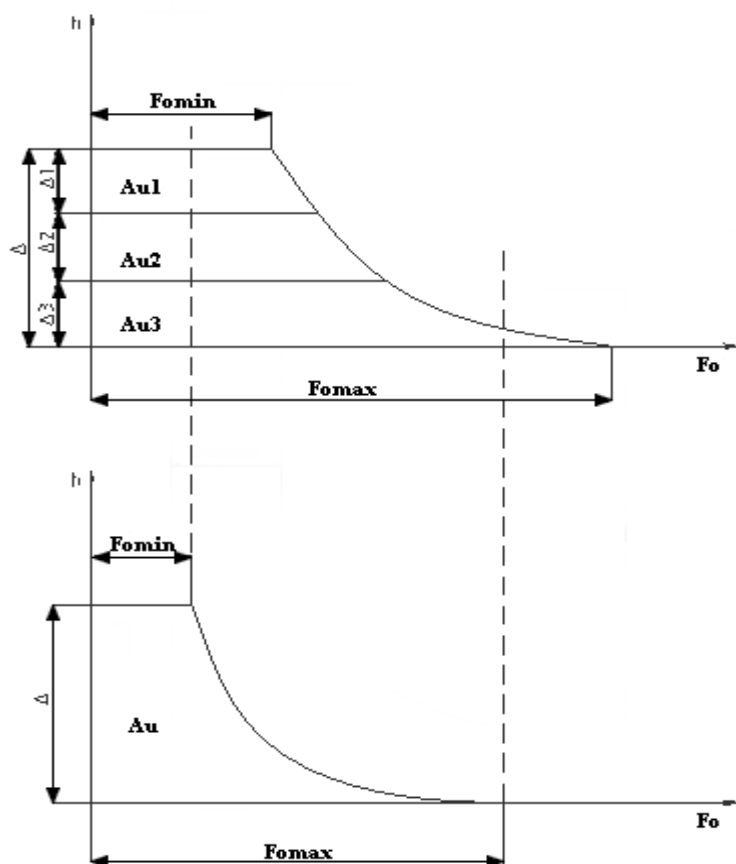
Pokud se podíváme na energií rázu beranu u protiběžného bucharu, tak ta je dána vztahem:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (7)$$

kde:

$$m = m_1 + m_2$$

Hmotnost horního beranu m_1
Hmotnost spodního beranu m_2



Obr. 4.1: Porovnání vykonané práce bucharem a lisem na přetvoření stejného polotovaru, [3]

U tohoto typu bucharu je hmotnost horního beranu zhruba o 5 až 15% nižší. Je to z toho důvodu, že když oba berany způsobí ráz, tak v tu chvíli se oba berany pohybují směrem vzhůru právě kvůli rozdílné hmotnosti dolního a spodního beranu.

Účinnost rázu bucharu vyjadřuje tento vzorec:

$$\eta = \frac{E_D}{E_K} \quad (8)$$

přičemž:

E_D vyjadřuje energii zužitkovanou dopadem beranu
 E_K vyjadřuje energii přivedenou

To, na čem velmi závisí účinnost rázu beranu, je tzv. součinitel obnovení rychlosti. Ten nám říká, jaké vlastnosti výkovek má po stránce pružnosti. Tento součinitel „k“ se

pro informaci pohybuje v rozmezí 0,3-0,5 pro výkovek ohřátý. Další aspekt, který je důležitý, jsou hmotnosti šaboty a pohybujících se částí, resp. jejich poměr. Tento poměr se pohybuje:

$$\text{u volného kování} \quad \frac{m_2}{m_1} = 10 - 15$$

$$\text{u zápuštěvého kování} \quad \frac{m_2}{m_1} = 20 - 25$$

Účinnost rázu nás zajímá pouze, když je šabota samostatné těleso, což reálně není, protože musíme mít šabotu uloženou na tlumících prvcích a v základech. Tyto prvky energii částečně pohltnou a zbytek odvedou do půdy kolem základů. Co se týká velikosti účinnosti úderu bucharu s pohyblivou šabotou, tak ta je několikrát menší, než účinnost úderu beranu s nepohyblivou šabotou díky tomu, že hmota zachycující úder je menší než hmotnost m_2 . U bucharů s pohyblivou šabotou závisí účinnost rázu na vztahu hmotností částí, které se pohybují. Ty mají obrácený pohyb i rychlost v počátku. Když se podíváme na šabotu, tak ta musí být o dost těžší, než beran. V poměru by to mělo být z rozpětí od 8:1 do 50:1 a platí, že čím menší je buchar, tím menší může být tento poměr. Zároveň také platí, že čím je šabota těžší, tím menší máme energetické ztráty. Spotřebovaná energie se ještě dělí podle účelu jejího využití a to na energii na deformaci výkovek a na energii pro zrychlení šaboty a základ. Tím, jak vznikne ráz beranu, vznikne i chvění v základech. Proto po skončení rázu vzniká odraz, který působí zpětně. Díky tomu vznikne ztráta energie, která se dá vyjádřit jako funkce:

$$E_{st} = f(m_s, F_{st}, t) \quad (9)$$

kde: m_s - hmotnost šaboty
 F_{st} - plocha styku
 t - doba úderu

Co se týká pevné šaboty, tak zde je před úderem energie pohybujících se hmot taková:

$$W_o = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 \quad (10)$$

$$W_K = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot c_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot c_2^2 \quad (11)$$

Dobré je také zmínit výpočet stojanů bucharů. Ty jsou elementární částí rámu nosné soustavy a s beranem nosné soustavy za pomoci předmětu, který tváříme, dotváří tok energie, která se transportuje mechanismem, který je upevněný ve stojanu.

Stojany se dají dělit na otevřené, které vytvářejí tvar písmena C a uzavřené, tvořící písmeno O.

Pokud vezmeme otevřené stojany, tak ty jsou složeny ze stojin a stolu. Stojiny mohou být dvě, nebo jedna. Otevřený rám má své specifikum v tom, že pokud ho zatížíme, tak se deformuje nestejně. Díky tomu je tento rám poněkud nevýhodný pro velké stoje. Tato nevýhoda ovšem může být výhodou z pohledu manipulace s výrobkem, kde lze použít běžných manipulačních prostředků.

U uzavřených stojanů rozlišujeme tyto části: stojiny nebo sloupy příčnicku a stůl. Pokud jsou uspořádány rovinně, tak mají 2 sloupy nebo 2 stojiny a jsou celistvé nebo dělené.

Pokud jsou uspořádány prostorově, tak mají 4 sloupy nebo stojiny a obvykle jsou dělené. Tyto součásti jsou spojeny šrouby, které jsou předepnuty. Výhodou těchto rámu je to, že se na rozdíl od otevřených rámu po zatížení deformují souměrně, proto se používají pro těžší stroje. Tyto rámy mohou být lité nebo svařované z plechů z oceli.

Na stojany jsou tedy kladeny hlavně tyto požadavky: minimální hmotnost, při zdůvodnitelné tuhosti, rozumný útlum při dynamickém zatížení, snadné odebírání výrobků a vzniklého odpadu z pracovního prostoru, jednoduchá výroba

Konkrétní výpočet bude nastíněn na otevřeném stojanu. Zde se využívá teorie ohybu přímých nebo křivých prutů. Zde je předpoklad, že čára, která spojuje těžiště průřezu (střednice průřezu nosníku) je rovinná křivka a samotné průřezy mají osu souměrnosti v její rovině.

Stojan má tvar, který ukazuje obrázek, což je podélně uložený hřídel a dá se brát přibližně jako přímý nosník a stůl brát jako dokonale tuhý. Její reakce a síla, která zatěžuje, leží v rovině souměrnosti stojanu, což je rovinný ohyb. Zakřivení neutrální osy bude podle naznačení na obrázku

$$\rho = \xi \frac{EJ}{M} \quad (12)$$

Kde:	E	-	modul pružnosti v tahu
	J	-	kvadratický moment průřezu stojiny
	ξ	-	součinitel tvaru stojanu
	M	-	ohybový moment stojiny ke střednici a součinitel tvaru stojanu

Zakřivení stojiny způsobuje ohybový moment, který se dá vypočítat takto:

$$M = F \cdot (a + m) \quad (13)$$

Úhel:

$$\gamma = \frac{L}{\rho} = \frac{L + y_1 + y_2}{\rho + a + e} \quad (14)$$

Z rovnice (14) bude deformace:

$$y = y_1 + y_2 = \frac{L + (a + e)}{\rho} \quad (15)$$

Tuhost stojanu:

$$k_r = \frac{F}{y} = \frac{F}{L + (a + e)} \quad (16)$$

Za pomoci rovnic (12) a (13) bude:

$$k_r = \frac{E \cdot J}{(a + e) \cdot (a + m) \cdot L} \quad (17)$$

Poloha neutrální osy bude, viz obr. 4.2:

$$e = h \cdot \frac{\sigma_t + \sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2} = h \cdot \frac{\sigma_{1 \max}}{\sigma_{1 \max} + \sigma_{2 \max}} \quad (18)$$

Ohybová napětí v tahu a napětí krajních vláken průřezu:

$$\sigma_1 = \frac{M.m}{J}; \sigma_2 = \frac{M.(h-m)}{J}; \sigma_1 = \frac{F}{S} \quad (19)$$

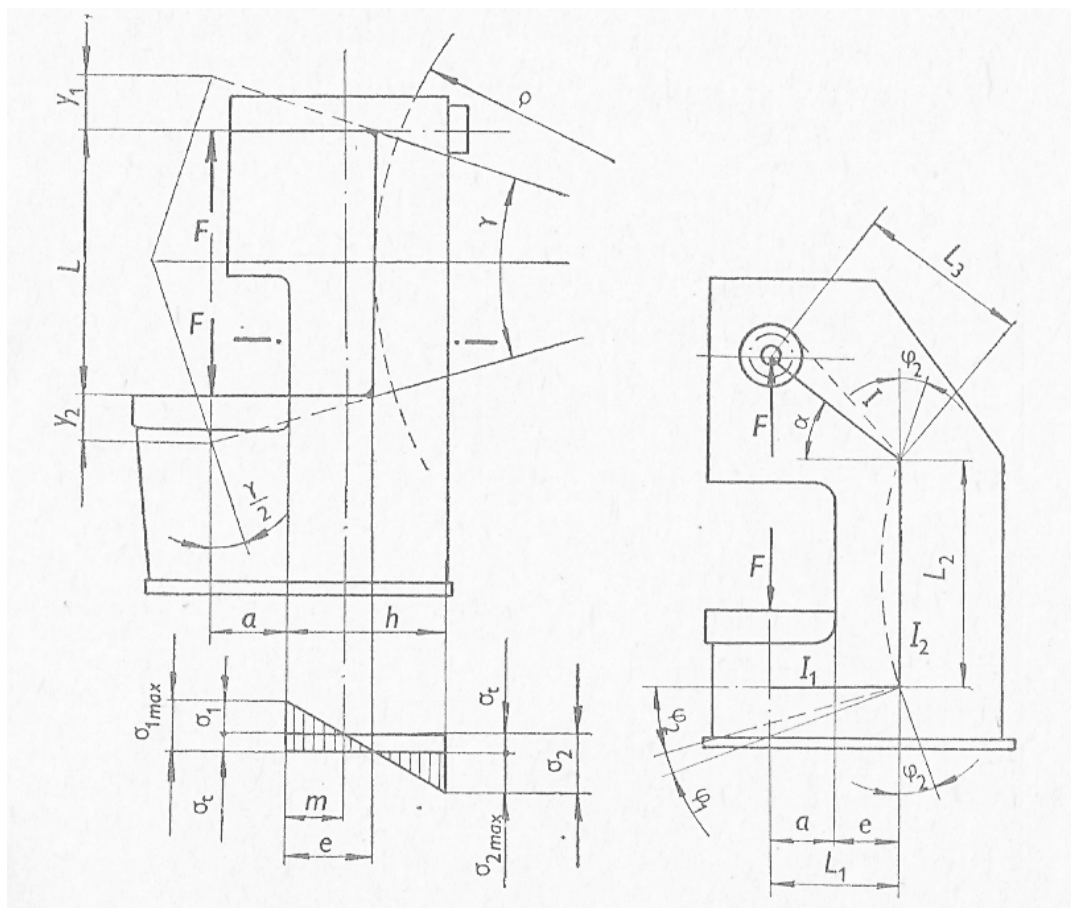
Kde S je plocha průřezu

Stojan, který je na obrázku můžeme orientačně nahradit prutem, který je lomený na střednici průřezu a který má kvadratické momenty J_1, J_2, J_3 .

Mezi hřídelem a stolem je relativní deformace a ta je určena superpozicí každé z deformací a posunutí stolu, horní lomené části stojanu a stojiny.

Budeme-li pouze uvažovat deformace vznikající ohybem a tahem, bude:

$$\left[\begin{array}{l} y_1 = \frac{F.(a+e)^3}{3.E.J_1}; y_2 = \frac{F.L_2}{E.S_2} \\ y_3 = \frac{F.L_3^3}{E.J_3} \cdot \cos^2 \alpha + \frac{F.L_3}{E.S_3} \cdot \sin^2 \alpha \end{array} \right] \quad (20)$$



Obr. 4.2: Výpočet otevřeného stojanu s přímoú stojinou, [1]

Obr. 4.3: Výpočet otevřeného stojanu s lomenou stojinou, [1]

A odpovídající úhlová natočení:

$$\varphi_1 = \frac{F.(a+e)^2}{2.E.J_1}; \varphi_2 = \frac{F.(a+e).L_2}{2.E.J_2} \quad (21)$$

Mezi stolem a klikových hřídelem je relativní deformace, která je měřená na nositelce zatěžující síly a bude:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 + L_1 \cdot \varphi_2 + L_3 \cdot \varphi_2 \cdot \cos \alpha \quad (22)$$

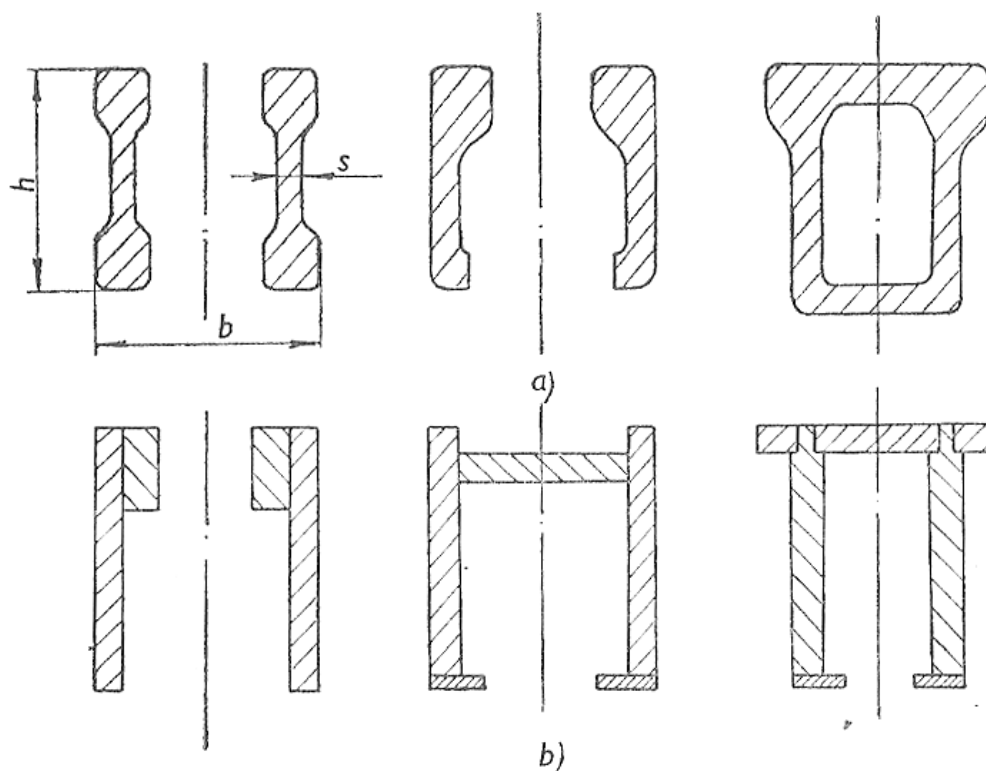
A celkové úhlové natočení bude:

$$\varphi = \varphi_1 + 2\varphi_2 \quad (23)$$

Díky tomu, že tvary tvářecích strojů jsou složité, tak se může stát, že výpočty podle uvedených vztahů se budou odlišovat od skutečných hodnot, které jsou ve skutečných stojanech. Pro je dobré, když se vyvíjí nový stroj, si vytvořit prototyp stojanu a na něm zkoušet, jestli výpočty odpovídají skutečnosti.

Pokud chceme co nejvyšší tuhost stojanu, tak lze buď použít svařovanou konstrukci z plechů z oceli, nebo lze zvýšit modul pružnosti E, pokud použijeme modifikovaný materiál.

Na obrázku jsou ukázány průřezy otevřených stojanů:



Obr. 4.4: Tvary průřezů otevřených stojanů
a – lité, b – svařované, [1]

Poměrné rozměry průřezu stojanu lze uvažovat:

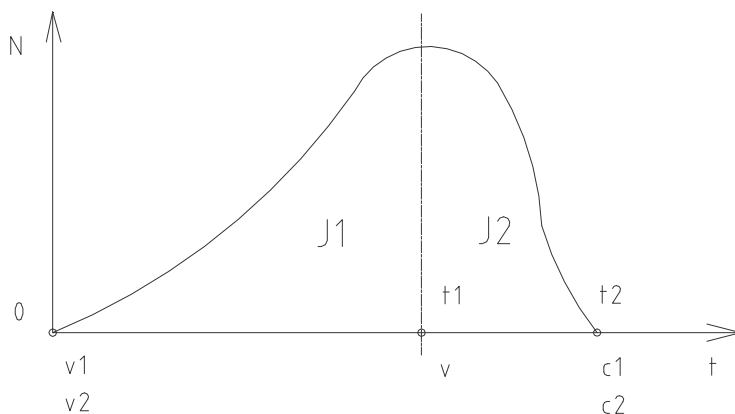
Pro jednostojanové provedení $h = (2 - 3,5)a$ (24)

Pro dvoustojanové provedení: $h = (2,3 - 4)a$ (25)

Přičemž a je vyložení stojanu. Poměr výšky průřezu k šířce bývá: $\frac{h}{b} \approx 2,5$ (26)

4.2 Teorie rázu, účinnost

Tato teorie bere v potaz centrický ráz dvou těles. Ráz může mít dvě fáze a to fázi komprese J_1 a fázi restituce J_2 , viz obr. 4.5:



Obr. 4.5: Dvě fáze rázu [2]

Podle Newtona platí vztah:

$$J_2 = k \cdot J_1 \quad (27)$$

k – rázový součinitel

$$k = \frac{J_2}{J_1} \quad (28)$$

Pokud nastane situace, že $k=0$, tak je ráz dokonale plastický, pokud je $k=1$, tak je ráz dokonale pružný

Zákon o změně hybnosti platí na každém tělese v 1. i 2. fázi rázu

1. fáze:

$$m_1 \cdot (v - v_1) = -J_1 \quad (29)$$

$$m_2 \cdot (v - v_2) = J_1 \quad (30)$$

2. fáze

$$m_1 \cdot (c_1 - v) = -kJ_1 \quad (31)$$

$$m_2 \cdot (c_2 - v) = kJ_1 \quad (32)$$

Jaká je společná rychlost těles v okamžiku rázu ukazuje vzorec:

$$v = (29) + (30) = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} \quad (33)$$

a rychlost těles po rázu:

$$(29), (31) \quad c_1 = v - k \cdot \frac{J_1}{m_1} = v - \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot k \cdot (v_1 - v_2) \quad (34)$$

$$(30), (32) \quad c_2 = v + k \cdot \frac{J_1}{m_2} = v + \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot k \cdot (v_1 - v_2) \quad (35)$$

V první části rázu je silový impuls:

$$J_1 = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2) \quad (36)$$

Rázový součinitel se dá

vyjádřit také takto:

$$k = -\frac{c_1 - c_2}{v_1 - v_2} = \frac{J_2}{J_1} \quad (37)$$

Energie těles před úderem:

$$A_o = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 \quad (38)$$

a energie úderu:

$$A_{\text{úderu}} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot c_1^2 - \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot c_2^2 \quad (39)$$

$$A_{\text{úderu}} = \frac{1}{2} \cdot (1 - k^2) \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)^2 \quad (40)$$

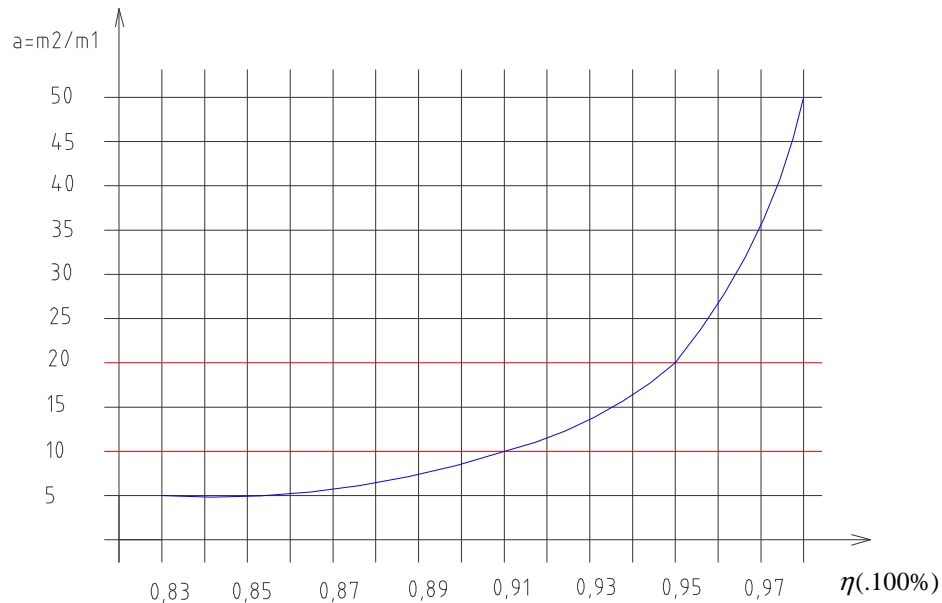
Účinností rázu se rozumí poměr využití práce využití pro tváření ku celkové práci, která byla v beranu, který se pohybuje, k dispozici.

Uvažujeme ráz dokonale plastický a padací buchar

Jak je to se závislostí účinnosti bucharu na hmotnosti šaboty a beranu, ukazuje obr. 4.5

$$\eta = \frac{a}{a+1} \quad (41)$$

$$a = \frac{m_2}{m_1} \quad (42)$$



Obr. 4.5: Závislost účinnosti bucharu na hmotnosti šaboty a beranu [2]

příčemž:

m_1 – hmotnost beranu

m_2 – hmotnost šaboty

Když narazí kovádko na kovaný materiál, tak místa, kam se přenáší náraz, jsou spodní kovádko a šabota. Pokud bude mít šabota malou hmotnost, tak se díky nárazu uvede do pohybu.

To samozřejmě vyžaduje určitý podíl práce, kterou jsme do beranu akumulovali. To, že se šabota uvede do pohybu, způsobuje nechtěnou vlastnost a tou je chvění. Proto má šabota větší hmotnost, než beran.

To, že se šabota rozkmitá, je ztracená práce, označovaná jako šabotová ztráta, která se vyjadřuje v procentech celkové rázové práce, kterou by v ideálním případě beran vykonal úderem na zcela nepoddajnou šabotu s nekonečně velkou hmotností.

$$A_v = \eta \cdot A_d \quad (43)$$

kde:

A_v – práce využitá

η - účinnost rázu

A_d – práce, která je k dispozici v pohybujícím se beranu

Tab: 4.1 udává, vztahy mezi šabotovou ztrátou a poměrem hmotností šaboty a beranu

kolikrát je šabota těžší než beran	šabotová ztráta (%)
5	17
10	9
15	6
20	5

Tab. 4.1: poměr mezi hmotnostmi šaboty a beranu a šabotovými ztrátami [2]

Hmotnosti šaboty mají být v určitém poměru ku hmotnosti beranu a následující vztahy udávají, jaký by tento poměr měl být u různých typů bucharů:

Protiběžný buchar – $G_{\text{šaboty}} = G_{\text{beranu}} + (0,05 \text{ až } 0,12)G_{\text{beranu}}$

Jednočinný buchar kovající měkkou ocel - $G_{\text{šaboty}} = \text{min. } 8G_{\text{beranu}}$

Jednočinný buchar kovající tvrdou ocel - $G_{\text{šaboty}} = \text{min. } 12G_{\text{beranu}}$

Dvojčinný buchar – 1,3 násobek hodnot jednočinného bucharu

5 Pevnostní analýza rámu pro zvolenou technologickou operaci

Aby se dala pevnostní analýza rámu provést, musí se zvolit příslušný rám bucharu, o kterém víme alespoň základní informace. To je důležité z pohledu nadefinování zatížení, fixace rámu apod.

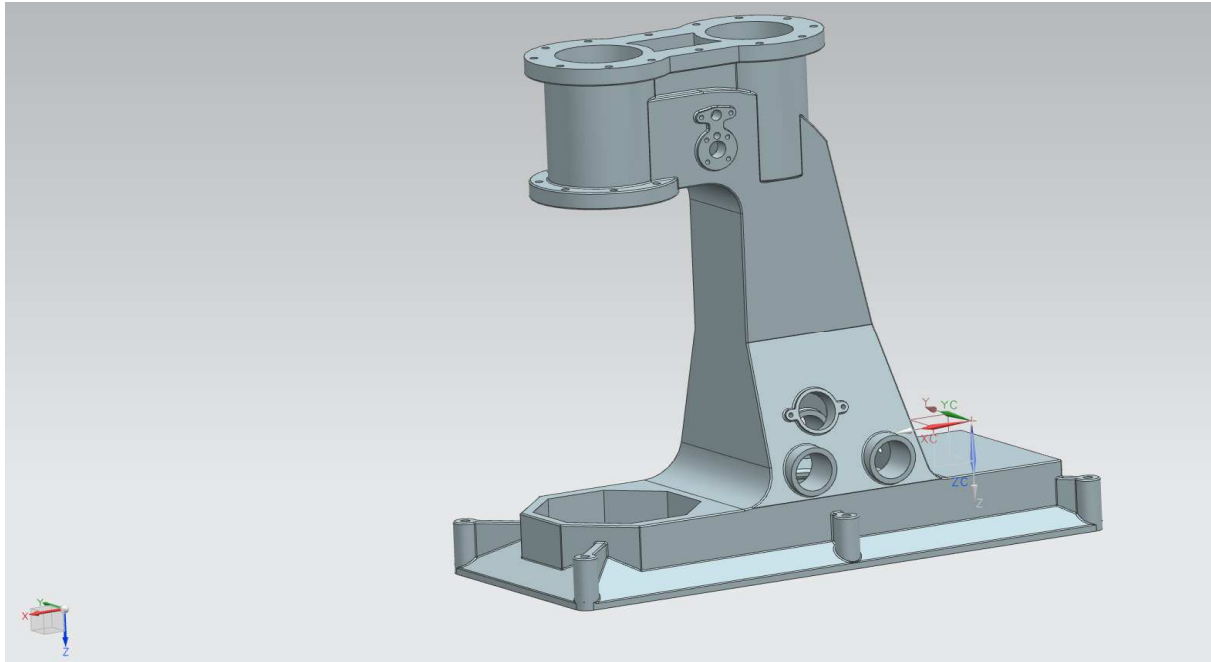
V této práci je analýza rámu provedena na kompresorovém bucharu od firmy Beché, který se nachází v univerzitních dílnách. U tohoto bucharu byly odměřeny základní rozměry a zjištěný, pro tuto práci důležitý, údaj o pracovním tlaku, který je v tomto případě 0,6MPa. Jiné technické parametry bucharu se bohužel nepodařilo dohledat. Zde se tento buchar využíval především pro volné kování, čili nejsou takové nároky na přesnost vedení, jako u jiných způsobů kování. V současné době není buchar moc využíván. Popis základních částí tohoto typu bucharu, viz obr. 3.8. Základní rozměry jsou zakótovány ve výkresu, který je přílohou (příloha č.2).



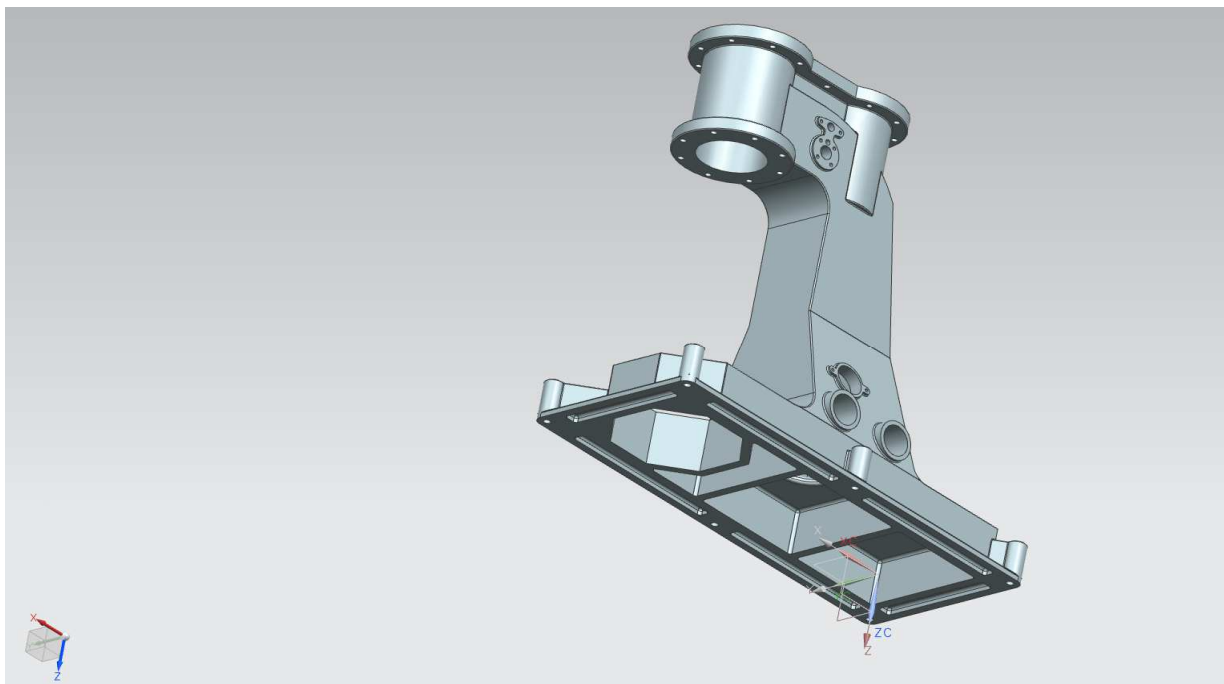
Obr. 5.1: Kompresorový buchar Beché

5.1 3D model bucharu

Jako první krok byl vytvořen 3D model bucharu, který je klíčový pro úspěšnou analýzu rámu. Celý proces analýzy bucharu (model, simulace) byl prováděn pomocí programu NX. Model je vytvořený jako jedna součást „part“. Díky tomu, že nebyla dostupná výkresová dokumentace, bylo nutné část konstrukčních prvků domyslet a upravit. Rozměry jsou získané za použití jednoduchého měřidla (svinovací metr), proto tento model nelze brát jako přesný obraz bucharu umístěného v univerzitních dílnách, ale pouze za jeho zjednodušenou verzi, do které mohly být vneseny chyby právě díky nepřesnému měření a nemožnosti vidět všechny konstrukční řešení (vnitřek bucharu atd.). Vymodelován je tedy pouze samotný rám, žádné jiné části.



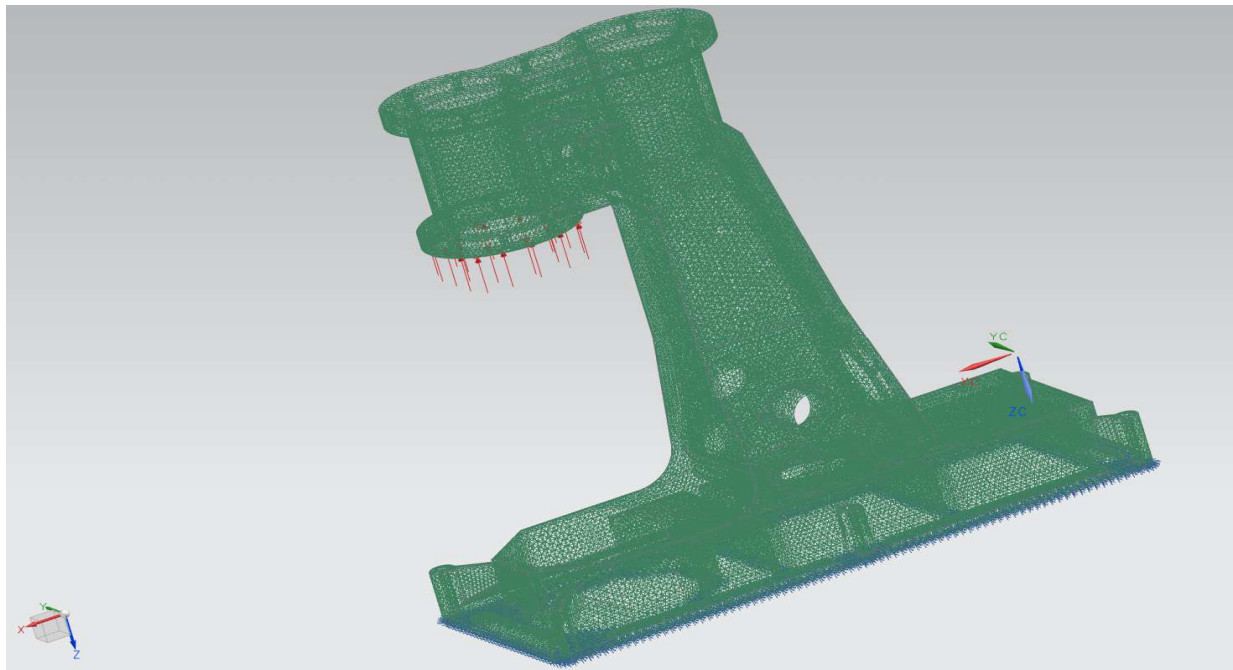
Obr. 5.2: 3D Model rámu bucharu



Obr. 5.3: 3D model rámu bucharu

5.2 Nasítování 3D modelu

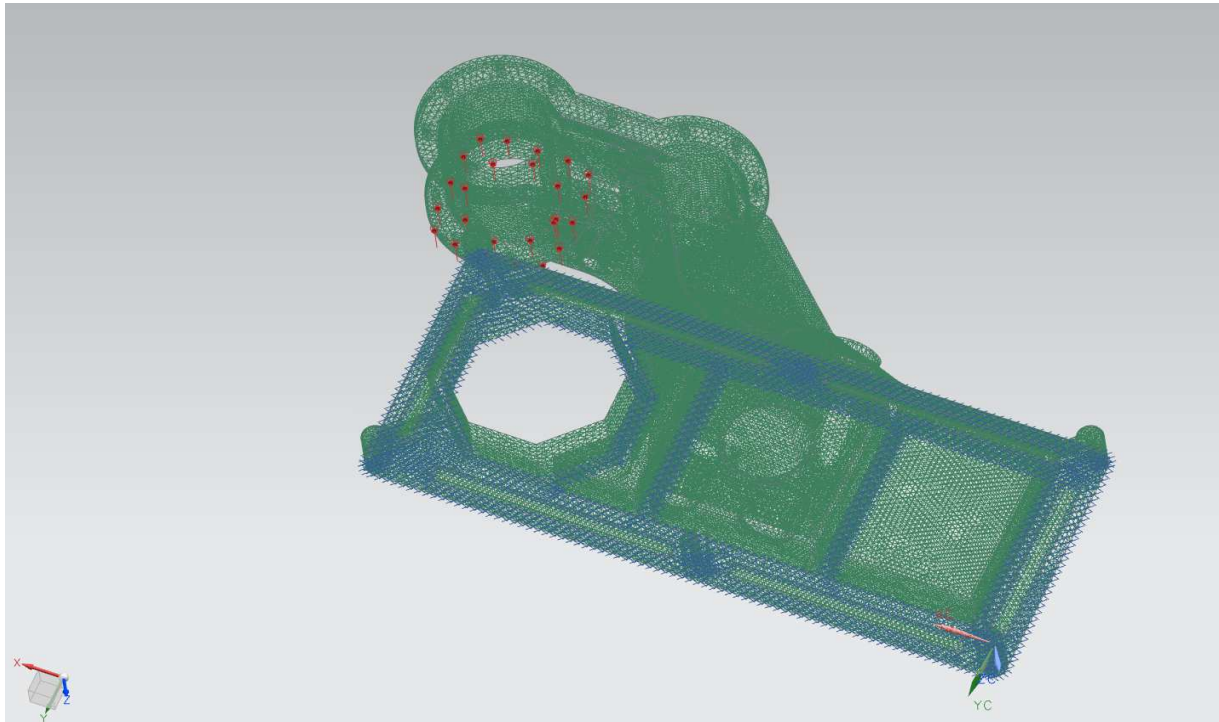
Dále bylo potřeba vytvořit síť právě vytvořeného modelu. Zde byl postup takový, že bylo použito automatické síťování CTETRA (4) a síť o hustotě 20mm. Zkoušena byla i jemnější síť, ale ta už se tvořila velice dlouho, navíc toto nasítování zbytečně nedeformovalo zaoblení, zkosení, apod. Tyto prvky modelu bylo možno zachovat z důvodu poměrné kompaktnosti bucharu. Materiál byl zvolen ocel na odlitky



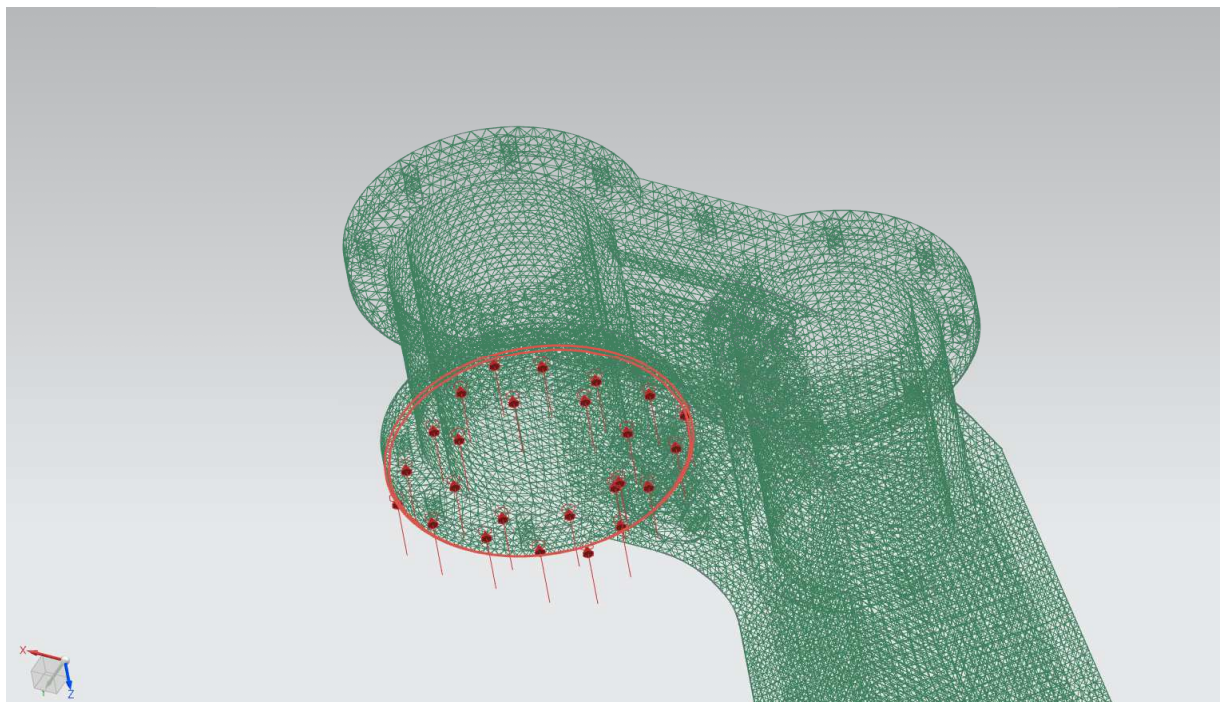
Obr. 5.4: Nasítovaný 3D model rámu bucharu

5.3 Uchycení a zatížení 3D modelu

Další krok bylo určení, kde a jak budou působit tlaky a kde bude vytvořená součást pevně uchycená. Jak již bylo uvedeno výše, tlak zde působí o velikosti 0,6 MPa a zanedbány byly síly od beranu jako takového. Tento tlak působí na rám v okamžiku nárazu v místě, viz. Obr. 5.7. Ve spodní části pohlcují kinetickou energii základy bucharu, čili do rámu již nejde. Pro zjednodušení byla uchycena celá součást za spodní základnu, viz. Obr. 5.6. Díky tomu, že součást byla kreslena jako jeden „part“, nejsou zde řešeny dotyky částí a kontakty.



Obr. 5.5: Ukázka zafixování 3D modelu rámu bucharu (modře)



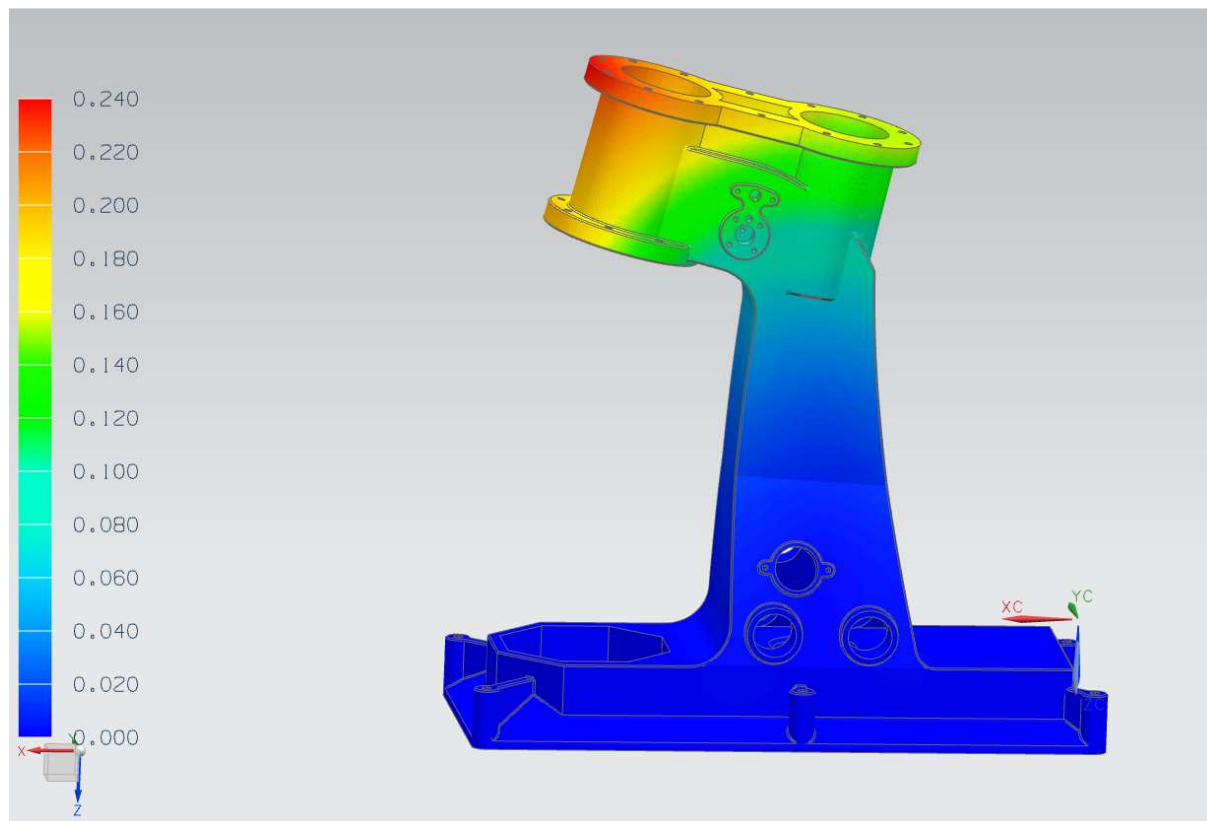
Obr. 5.6: Ukázka zatížení 3D modelu rámu bucharu

5.4 Výpočet, výsledky

Díky tomu, že součást byla řešena jako jeden „part“ a dotyky a kontakty nebyly definovány, tak výpočet proběhl v rozumném čase a mohly být vyzkoušeny různé styly nasíťování. Výpočet proběhl bez problémů, tak jak měl, čili bez chybových hlášek.

5.4.1 Deformace

Na obrázcích (Obr. 5.8 a Obr. 5.11) je vidět, jak tlak zdeformoval rám bucharu. Samozřejmě zde v rozumném měřítku pro lepší představu deformace, viz. Obr. 5.8, protože zde je deformace o velikosti 0,240mm, čili při reálném zobrazení těžko viditelná. Pro představu, že není v podstatě viditelná je zde Obr. 5.11 oproti Obr. 5.8 pouze s barevně vyznačenými poli deformací

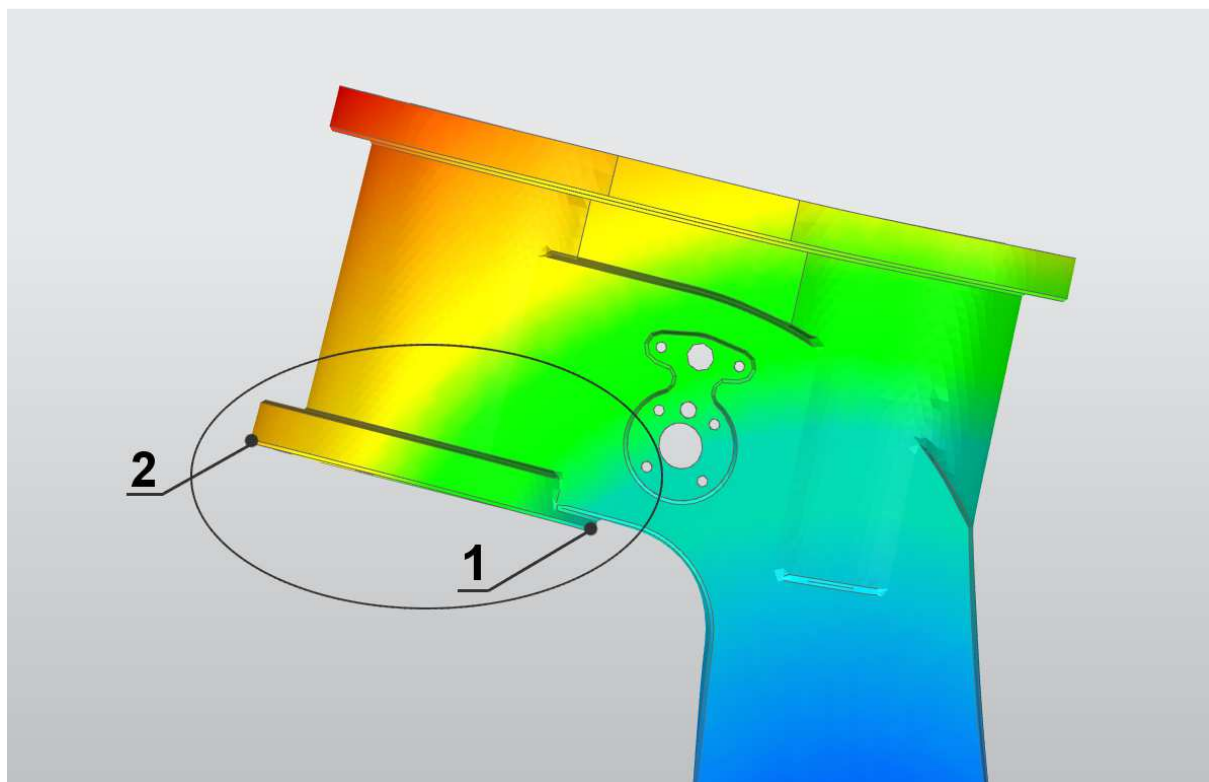


Obr. 5.7: Deformace 3D modelu rámu bucharu (zvětšené měřítko deformací)

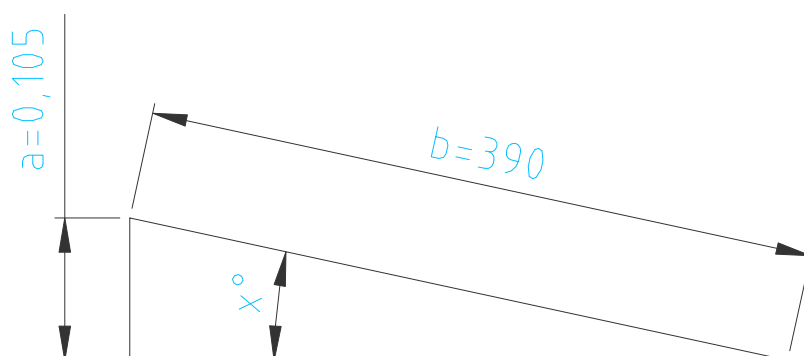
Díky tomu, že víme, jaká je v jednotlivých místech deformace, tak můžeme spočítat vychýlení beranu bucharu v okamžiku nárazu. Pro spočítání úhlu vychýlení nám stačí znát hodnoty deformací v bodech 1 a 2, které jsou vyznačeny na Obr.5.8. V bodě 1 je vertikální vychýlení 0,095mm, v bodě 2 je vertikální vychýlení 0,200mm. Pokud odečteme hodnotu vychýlení v bodě 1 od hodnoty vychýlení v bodě 2, dostaneme rozměr potřebný k určení úhlu vychýlení, viz. Trojúhelník, obr. 5.9. Z trojúhelníku Obr.5.9 se nakonec dá spočítat úhel o který se beran bucharu vychýlí. To popisuje vzorec (44):

$$\sin .x = \frac{a}{b} = \frac{0,105}{390} = 0,000269 \Rightarrow x = 0,015^\circ \quad (44)$$

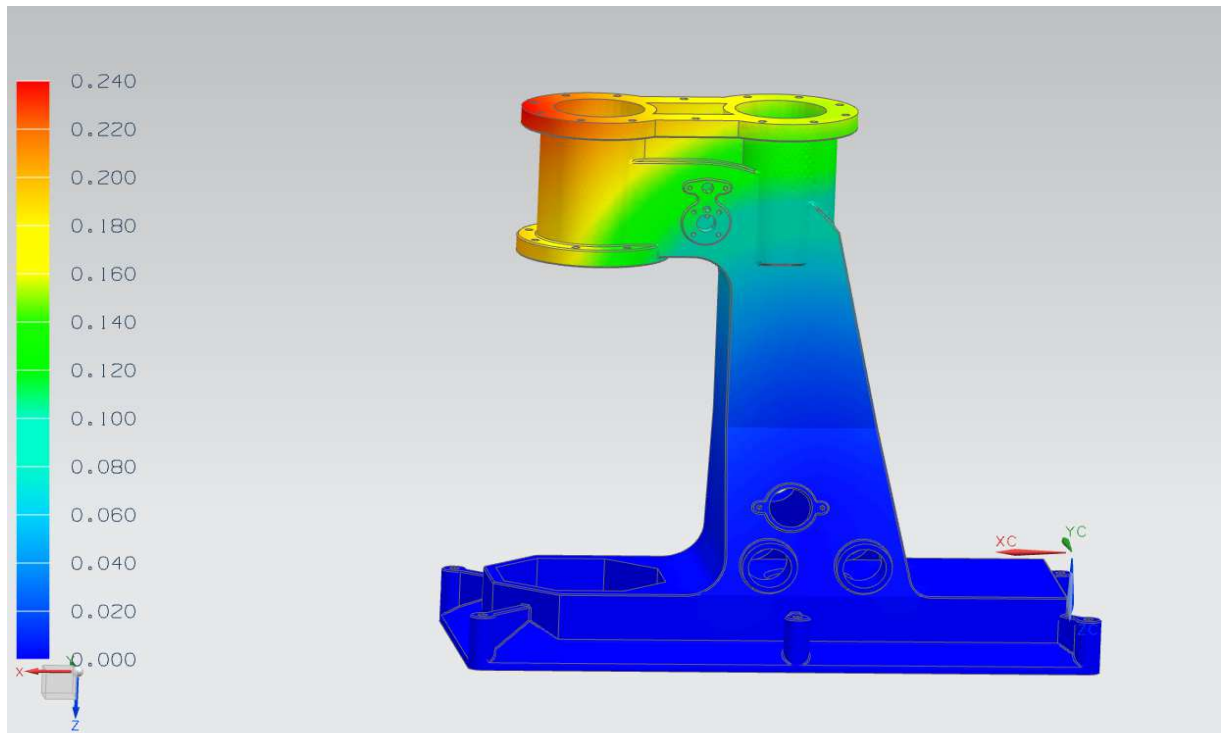
Úhel vychýlení tedy vyšel 0,015°, což je velmi malý úhel, pro volné kování zcela vyhovující. Takto malý úhel mohl vyjít i vinou odměření skutečného bucharu v daných podmínkách. Není vyloučeno, že skutečný buchar bude mít tento úhel vychýlení větší z důvodu zjednodušení úlohy.



Obr. 5.8: Body 1 a 2 odměřované kvůli učení úhlu vychýlení 3D modelu rámu bucharu (zvětšené měřítko deformací)



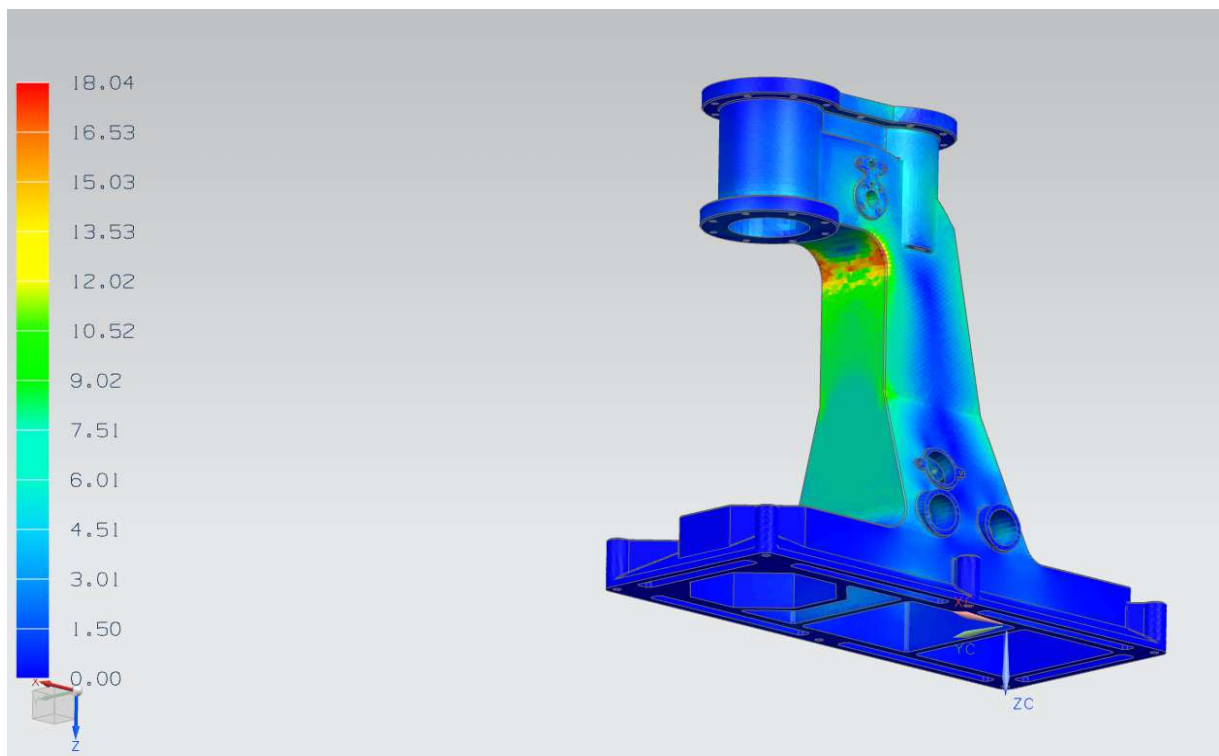
Obr. 5.9: Náčrt postupu výpočtu úhlu vychýlení



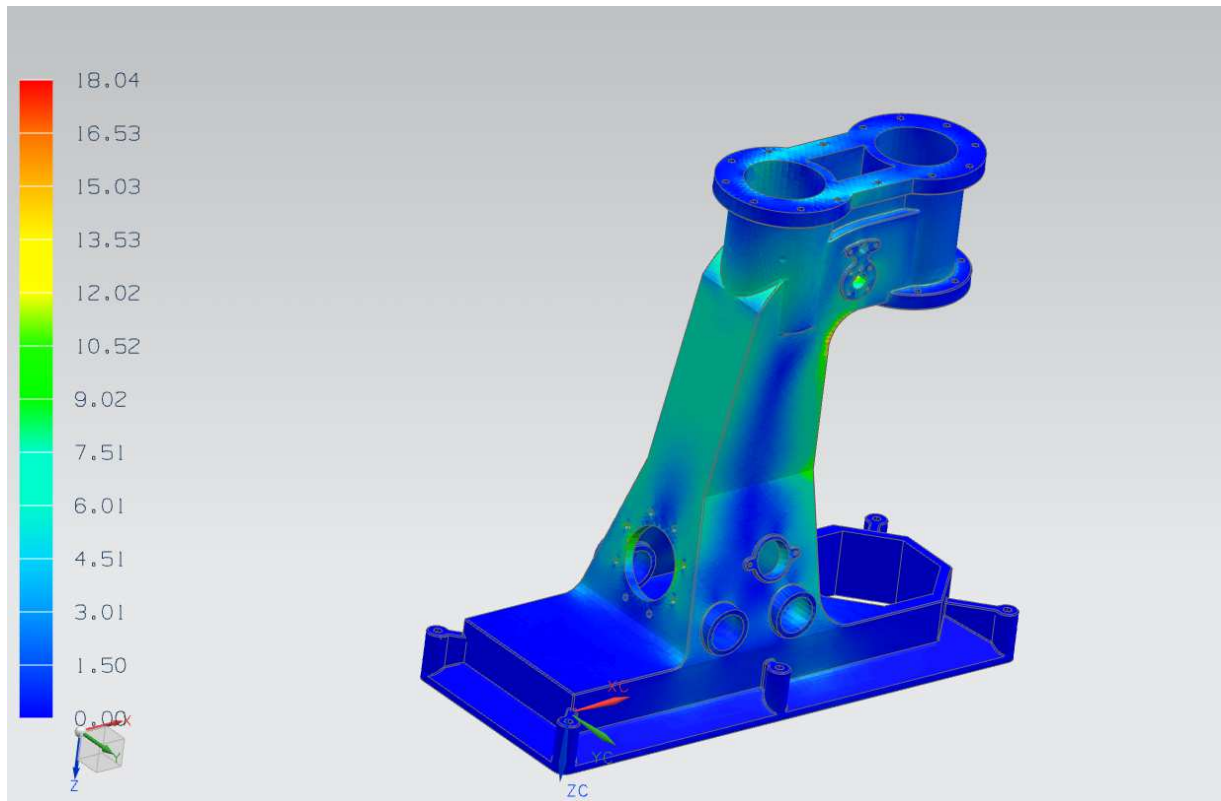
Obr. 5.10: Deformace 3D rámu bucharu

5.4.2 Napětí

Na následujících 2 obrázcích, popisujícím napětí v rámu bucharu je vidět, že největší napětí je podle očekávání v místě zaoblení, kde na sebe navazují stojina bucharu a „nos“, který vede beran bucharu. Ostatní místa rámu nejsou nikde více namáhána. Maximální napětí v rámu je 18.04 MPa.



Obr. 5.11: Napětí ve 3D rámu bucharu



Obr. 5.12: Napětí ve 3D rámu bucharu

Při zatížení tohoto typu bucharu s „C“ rámem je vidět, že kritické místo, kterému je nutné z konstrukčního hlediska věnovat největší pozornost, co se napětí týká, je místo zaoblení, kde na sebe navazují stojina bucharu a uchycení beranu bucharu. Vzniká zde podle očekávání největší napětí, což je potřeba brát v úvahu při navrhování, či konstrukčních úpravách.

Výsledek tohoto namáhání rámu není úplně přesný z důvodu zafixování celé podstavy rámu a zanedbání hmotností beranu bucharu atd. Šlo ale především o výsledky v exponovaných místech rámu, což tato simulace splnila.

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo hlavně shrnutí dosavadních poznatků o bucharech, zjištění toho, jaké buchary se dnes u nás i světě vyrábí i nabízí, jejich technologické použití a popsání jednotlivých typů bucharů. Dále také uvedení některých základních výpočtů, které se bucharů týkají a analýza rámu bucharu, která ukazuje, které prvky jsou klíčové a nejvíce namáhány při provozu.

Je zajímavé vidět, jak se buchary postupně vyvíjely od jednoduchých kladiv přes jednoduchou mechanizaci v 9. století, využití energie vody ve 13. a 15. století po parní buchary v 19. století, což byl zatím největší skok ve vývoji bucharů. V dnešní době jsou k dispozici samozřejmě propracovanější a sofistikovanější stroje, nicméně základní princip mnohé z nich kopírují od svých starších vzorů. Tyto stroje se tedy spíše zaměřují na zvýšení přesnosti výroby, na efektivitu a také na ekologii úspornými pohony atd. Zajímavé je také to, že na českém území se výrobou bucharů zabývá pouze jedna firma. Ve světě jsou největší výrobci soustředěni hlavně v Asii.

Co se týká požadavků na buchary, těch je několik a v podstatě spolu všechny souvisejí a jejich splnění přináší vyváženost práce na stroji i vyváženost samotného stroje. Jsou to technologické požadavky, týkající se deformací a potřebných sil, požadavky na jakost práce zabývající se přesností a stavem geometrických ploch, požadavek výkonnosti, který bere ohled na pružnost systému a jeho spolehlivost, požadavek na soužití člověka se strojem, kde jde o to, aby proces byl pro člověka přirozený a „lidský“ a požadavek na pořizovací náklady, kde se určuje, jak moc je stroj a výhodný pro výrobce a jestli se mu vyplatí v nějakém časovém horizontu. Dělení bucharů nabízí několik pohledů, jak buchary dělit. Jde například o to, jestli budeme buchary dělit například na šabotové a bezšabotové a nebo, jestli se budeme na buchary dívat jinak a rozdělíme je podle konstrukčního uspořádání, ústrojí přenosu energie, dopadové rychlosti beranu a technologického tvářecího pochodu

U výpočtů je důležité, jak se spočítá energie rázu beranu, účinnost rázu bucharu, hmotnosti šaboty a pohybujících se částí, ztráta energie a energie pohybujících se hmot.

V pevnostní analýze rámu bucharu byl řešen kompresorový buchar, který se nachází v univerzitních dílnách a který byl odměřený a následně vymodelovaný jako 3D model. Ten byl zatížený tlakem a hodnoceny výsledky tohoto zatížení, zejména místa, kde je buchar při pracovních cyklech nejvíce namáháný a co toto namáhání v praxi znamená.

Tato práce mi dala zejména přehled v této oblasti strojírenství, jelikož toto byla oblast, týkající se tváření, pro mě známá spíše méně. Překvapilo mě, že existuje rozmanité spektrum těchto strojů a tudíž je každý stroj přizpůsobený tomu, či onomu požadavku na něj kladeným. Zajímavá byla též pevnostní analýza, v níž vyšlo, které části bucharu jsou nejvíce exponované, tudíž, kde dbát na správnou konstrukci.

7. Seznam použité literatury:

- [1] RUDOLF, B. - KOPECKÝ, M.: *Tvářecí stroje Základy stavby a využití*. Praha: SNTL, 1985
- [2] STANĚK, J. *přednášky*
- [3] STANĚK, J.: *Základy stavby výrobních strojů - tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU, 2004
- [4] DRASTÍK, F.: *Kovářské stroje a technologie kování*. Praha: SNTL, 1961

8. Seznam internetových odkazů:

- [5] http://www.appaltnet.net/aba/aba_area/camforge/forg-hook1.jpg
- [6] <http://blackiron.us/graphics/steam-hammer-fig3.gif>
- [7] <http://www.ceskykutil.cz/lexikon/rybnik-fotky?detail=8736>
- [8] <http://www.easybizchina.com/picture/product/201004/23-0f71a0e3-0e03-4a4f-98ce-9d8226afc61a.JPG>
- [9] <http://chinesehammers.com/cp2.html>
- [10] http://www.kovari.ic.cz/download/zaklady_buchar.pdf
- [11] http://www.peopleagainstmachines.com/498px-James_Hall_Nasmyth_by_George_Bernard_O%27Neill.jpg
- [12] <http://sahinlermetal.com/images/urunler/5-sahmerdan/sahmerdan-teknik.pdf>
- [13] <http://www.smeral.cz/CZTvarBuch.html>
- [14] <http://www.smeral.cz/OknoVyrobekTvarBuch03.html>

Evidenční list

Souhlasím s tím, aby moje diplomová (bakalářská) práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum:

Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou (bakalářskou) práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis