



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV VÝROBNÝCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A**  
**ROBOTIKY**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND**  
**ROBOTICS**

# **KONSTRUKČNÍ NÁVRH VSTŘELOVACÍHO STROJE S POSUVNOU VSTŘELOVACÍ HLAVOU O OBJEME 30DM3**

DESIGN OF CORE SHOOTING MACHINE WITH A MOVABLE HEAD WITH A COMPANY 30DM3

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. TOMÁŠ LEHUTA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.**

BRNO 2012

**ABSTRAKT**

Cieľom tejto diplomovej práce je vykonať konštrukčný návrh vstreľovacieho stroja. Práca je rozdelená na niekoľko častí. Úvod práce je venovaný spôsobu výroby jadier a materiálom na výrobu jadier. Ďalej pokračujú kapitoly ktoré pojednávajú o základných funkčných, konštrukčných princípoch vstreľovacích strojoch. Hlavná časť obsahuje konštrukčný návrh jednotlivých častí vstrelovačky podľa ktorých bol vytvorený 3D model (CATIA V5) vstreľovacieho stroja s posuvnou vstreľovacou hlavou. Konštrukčný návrh rámu stroja je kontrolovaný pomocou metódy konečných prvkov (ANSYS 13.0). V závere je vykonaná analýza rizík.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Výrob jadier, Vstreľovací stroj, Metóda konečných prvkov

**ABSTRACT**

The aim of this thesis is to perform engineering design core shooting machine. The work is divided into several parts. Home work is dedicated to a process for producing a core and material for the production of cores. It goes chapters that cover basic function, methods of construction core shooting machines. The main part contains the structural design of individual parts core shooting machine by which it was created 3D model (CATIA V5) core shooting machine with a movable head. The structural design of the machine frame is controlled by the finite element method (ANSYS 13.0). In conclusion, risk analysis is performed.

**KEYWORDS**

Make core, Core shooting machine, Finite element method





DIPLOMOVÁ PRÁCE

**ČESTNĚ PREHLÁSENIE**

Vyhlasujem, že som záverečnú prácu vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Brno, 20. máj 2012

.....  
Bc. Tomáš Lehuta



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ďakujem vedúcemu práce, Ing. Františkovi Bradáčovi Ph.D., za odbornú pomoc pri vypracovaní diplomovej práce

Bc. Tomáš Lehuta



## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Výroba jadier</b> .....	<b>11</b>
2.1 Materiály na výrobu jadier .....	11
2.1.1 Ostrivá .....	11
2.1.2 Spojivá .....	12
2.1.3 Pomocné látky .....	12
2.2 Formovanie jadier .....	12
2.3 Vstrel'ovacie stroje .....	15
2.3.1 Voľba vstrel'ovacej hlavy .....	16
2.3.2 Voľba jadrovníka plneného vstrel'ovaním .....	18
2.3.3 Jednopolohové vstrel'ovacie stroje .....	20
2.3.4 Vstrel'ovacie stroje viacpolohové .....	22
2.4 Zariadenie na výrobu CB jadier .....	23
<b>3. Metóda konečných prvkov</b> .....	<b>27</b>
<b>4. Konštrukčný návrh vstrel'ovacieho stroja</b> .....	<b>28</b>
4.1 Vyhodnotenie základných požiadaviek .....	28
4.2 Návrh vibračného dávkovača .....	29
4.3 Spojenie medzi vibračným dáv. a vstrel'ovacou komorou .....	30
4.4 Návrh vstrel'ovacej komory .....	31
4.5 Návrh vstrel'ovacej a vytvrdzovacej hlavy .....	32
4.5.1 Vstrel'ovacia hlava .....	32
4.5.2 Vytvrdzovacia hlava .....	32
4.6 Návrh lineárneho vedenia vytvrdzovacej hlavy .....	33
4.6.1 Výpočet základných zaťažujúcich parametrov .....	34
4.6.2 Prípustná statická únosnosť .....	34
4.6.3 Prípustná dynamická únosnosť .....	35
4.7 Návrh lineárneho systému vytvrdzovacej hlavy .....	36
4.7.1 Výpočet veľkosti piestu .....	36
4.7.2 Sila pri vysúvaní piesta .....	36
4.7.3 Sila pri zasúvaní piesta .....	37
4.7.4 Priemerná spotreba vzduchu .....	37
4.7.5 Kontrola piestnice na vzper .....	37
4.7.6 Rýchlosť pietu .....	38
4.8 Pomocná konštrukcia .....	39
4.9 Zdvíhací mechanizmus .....	40
4.9.1 Voľba zdvíhacieho mechanizmu .....	40
4.9.2 Hlavné prvky hydraulického obvodu .....	40
4.9.3 Výpočet priemeru hydraulického valca .....	41
4.9.4 Výpočet ťažnej sily .....	41
4.9.5 Výpočet rýchlosti .....	41
4.9.6 Uchytenie hydraulických valcov .....	42
4.9.7 Kontrola uchytenia hydraulickej tyče .....	42
4.10 Návrh rámu stroja .....	43
4.10.1 Pevnostná analýza hlavného rámu .....	45
4.10.2 Pevnostná analýza rámu stola .....	48
4.11 Návrh pracovného stola .....	51
4.11.1 Voľba pracovnej dosky .....	51



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

4.11.2 Návrh lineárneho vedenia pracovného stola .....	52
4.11.3 krytovanie vodiacich častí .....	55
4.12 Zariadenie potrebné na výrobu CB jadier .....	57
4.12.1 Vzdušník .....	57
4.12.2 Splynovač .....	57
4.13 Krytovanie stroja .....	59
4.14 Celkový 3D model .....	59
<b>5. Analýza rizík .....</b>	<b>61</b>
<b>6. Záver .....</b>	<b>65</b>
<b>7. Zoznam použitej literatúry .....</b>	<b>67</b>
<b>8. Zoznam skratiek .....</b>	<b>68</b>
<b>9. Zoznam obrázkov .....</b>	<b>69</b>
<b>10. Zoznam tabuliek .....</b>	<b>70</b>
<b>11. Zoznam príloh .....</b>	<b>71</b>



## 1.Úvod

Na výrobu jadier sú v dnešnej dobe kladené čoraz väčšie požiadavky. Cieľom je vyrábať čoraz zložitejšie jadrá za čo najkratšiu dobu. Preto sa vo veľkej miere v poslednom desaťročí rozšírili vstreľovacie stroje ktoré sú určené predovšetkým na výrobu malých a stredných jadier. Vstreľovačky sú vysoko flexibilné. Po vstrelení využívajú určitú vytvrdzovaciu metódu ktorá závisí od technológie na ktorú bol stroj navrhnutý. Bežne sa v zlievárňach (jadrovniach) používa niekoľko strojov s rôznymi metódami vytvrdzovania. K nesporným výhodám vstreľovacích strojov patrí možnosť plno automatizovanej prevádzky.

Stroje sa stávajú čoraz komplexnejšími čo zvyšuje ich konštrukčnú náročnosť. Vstreľovacie stroje sa vyrábajú v širokej škále veľkosti, typov a výkonu.



## 2 . Výroba jadier

Pri zložitých odliatkoch náklady na výrobu jadier predstavujú značný podiel z celkových nákladov potrebných na ich výrobu. Keď sa však zväži, že medzi prednosťami odliatku patrí práve možnosť jeho skoro ľubovoľnej zložitosti, potom je ľahko pochopiteľná aj pozornosť venovaná výrobe jadier. [1]

Nároky na výrobu jadier zdôrazňuje skutočnosť, že jadrá vytvárajú dutiny v odliatkoch a každá chyba sa odstraňuje veľmi ťažko. Okrem toho prístupuje požiadavka, najmä u zložitých odliatkov s ťažko prístupnými dutinami, dobrej rozpadavosti jadier po odliatí. [1]

Skoro v každej väčšej zlievarni, ktorá vyrába rôzni sortiment odliatkov, využívajú sa viaceré technológie na výrobu jadier. Rôzne technológie výroby jadier sú v zlievárňach s vysokým stupňom mechanizácie zabezpečované prevažne na týchto zariadeniach :

- vstreľovacie stroje,
- gravitačno – pneumatické (stroje na výrobu škrupinových jadier),
- kontinuálne miesiče plniče. [1]

Jadrá sa zakladajú do foriem pre duté odliatky alebo do foriem s rôzne zložitými tvarmi ktoré nejde odformovať (nepravé jadrá). Pri namáhaní sú namáhané vztlakom a nárazom tekutého kovu, pretože majú nižšiu hmotnosť ako tekutý kov. Pri strojovej výrobe jadier sa jadrová zmes plní, zhutňuje vytvrdzuje v jadrovníkoch. [2]

### 2.1 Materiály ma výrobu jadier

Materiály ma výrobu jadier nazývame zlievarenské formovacie látky. Formovacie zmesi rozhodujúcim spôsobom ovplyvňujú produktivitu práce a kvalitu odliatkov. Zloženie formovacích zmesí :

- ostrivá (piesky),
- spojivá,
- pomocné látky. [3]

Vlastnosti formovacích zmesí sú charakterizované fyzikálnymi, chemickými a technologickými veličinami. [3]

Z fyzikálnych vlastností sú rozhodujúce vlastnosti tepelné, ktoré ovplyvňujú odvod tepla a tým aj priebeh kryštalizácie (tepelná vodivosť) a rozmerové zmeny jadra pri liatí tekutého kovu (tepelná rozťažnosť). [3]

Z chemických vlastností je to predovšetkým nízka reaktivnosť s odlievaným materiálom . Odievaný materiál viac menej reaguje s formovacou zmesou čo znižuje kvalitu povrchu a mnohokrát to znamená zvýšenú nepodarkovosť. [3]

Technologické vlastnosti predstavujú súbor vlastností , ktoré sa uplatňujú pri výrobe jadier , ale aj pri odievaní a po liatí. [3]

#### 2.1.1 Ostrivá

Ostrivá sú hlavnou hmotnosťou časťou formovacích zmesí. Vlastnosti ostriva sú dané chemickým a mineralogickým zložením ostriva a granulometrickou sadbou. Ako ostrivá sa označujú piesky so zrnami väčšími ako 0,02 mm. Ostrivo je charakterizované zrnitosťou, tvarom zrna, chemickou čistotou, reaktivitou a objemovými zmenami.

Najpoužívanejšími ostrivami sú : kremenné piesky, kremeň kryštalický,



magnezit, chróm-magnezit, šamot, hlinitan sodný, oxid horečnatý, mullit, zirkon, kremičitan zirkoničitý a špeciálne ostrivá. [3]

### 2.1.2 Spojivá

Spojivá jadrových zmesí spája vzájomne zrná ostriva tak, aby jadro znášalo bez porušenia kombinované namáhanie pri odlievaní a pri manipulácii. Podľa chemického zloženia spojivá delíme na anorganické a organické. [3]

Ílom sú nazývané zeminy s obsahom najmenej 50% íloviny. Zmes z obsahom väčším ako 80% íloviny nazývame Bentolnit ktorý spolu s Vodným sklom (roztok kremičitanu sodného) patrí medzi najdôležitejšie spojivá v zlievarenstve. [3]

Spojivá na báze umelých živíc sú vyrábané polykondenzáciou a to :

- fonolformaldehydové živice,
- močovinoformaldehydové živice,
- furanové živice,
- kombinované živice. [3]

### 2.1.3 Pomocné formovacie látky

Ich účelom je zlepšenie niektorých vlastností jadrových zmesí, ako je zlepšenie akosti povrchu odliatku (predovšetkým kameňouholná múčka), povrchová ochrana jadier ( grafitové, korundové, zirkónové, chrómmagnezitové nátery) a prostriedky uľahčujúce oddelovanie modelového zariadenia a časti formy (petrolej, nafta grafit a iné ).

## 2.2 Formovanie jadier

Formovanie je proces ktorého produktom je forma .Formy sa môžu vyrába:

- ručne,
- strojovo. [3]

Spôsob formovania závisí od zložitosti tvaru odliatku, jeho rozmerov, voľby deliacej plochy a od odliatku vo forme. Pre výrobu jednorazovej formy sa používa formovací rám, ktorý môže byť kruhového, štvorcového alebo obdĺžnikového tvaru. Steny má perforované (dierované), po stranách má oká. [3]

Ručné formovanie má v porovnaní s ostatnými spôsobmi formovania relatívne dlhý a nákladný priebežný jednotkový čas výroby odliatku, preto ručne vyrobené odliatky sú v porovnaní so strojovo vyrobenými odliatkami drahšie. Vyrábajú sa kusové alebo malosériové odliatky veľkých rozmerov a zložitých tvarov. Formy stredných a väčších rozmerov sa vyrábajú do formovacích rámov. [3]

Nezávisle od formovacej zmesi a spôsobu liatia sa rozlišujú tieto spôsoby ručnej výroby jadier:

- formovanie podľa modelov,
- formovanie podľa šablón. [3]

Strojné formovanie sa robí vždy na delený model, pričom sa používa modelová platňa, na rozdiel od modelovacej dosky má platňa kolíky, na ktoré sa nasadzuje formovací rám, čím sa zabezpečí 100% reprodukovateľnosť polohy dutiny odliatku oproti rámu. Každá časť zloženej formy sa vyrába samostatne :

lisovaním – pri výrobe lisovaním vzniká problém, že formovacia zmes okolo modelu v ráme nie je rovnomerne spevnená. Najmenej spevnená je tam, kde je najvyšší stípec. Z toho dôvodu sa volí tvarová lisovacia doska.





## DIPLOMOVÁ PRÁCE

striasaním – najviac je upevnená formovacia zmes okolo modelu v dolnej polohe. K spevneniu dochádza kinetickou energiou stĺpca formovacej zmesi pričom výška zdvihu je 10-100mm a počet zdvihov za 1 min je 120 až 150.

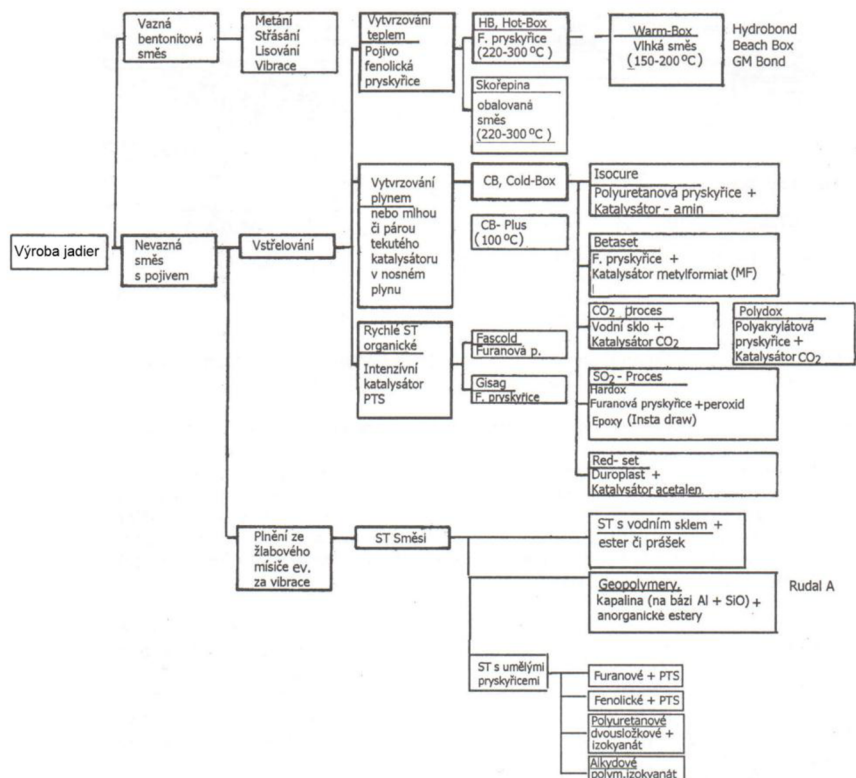
metaním – používa sa pri výrobe veľkorozmerných výrobkov.

fúkaním – pri výrobe jadier – jadrovník sa vyplňa postupným usadzovaním jadrovej zmesi (málo používané).

vstrel'ovaním – tiež pri výrobe jadier dochádza k premiestneniu jadrovej zmesi do jadrovníka v zlomku sekundy. [3]

Vývoj dnes používaných procesov výroby jadier ja na začal približne v roku 1954 CO<sub>2</sub> procesom, ktoré pre zlievarenstvo objavil Dr. Petržela (SVÚM Brno). Prvý krát bolo možné vytvrdzovať jadrá bez účinku tepla v jadrovníkoch. Súčasne sa objavili prvé automaticky pracujúce jadrové stroje. V nasledujúcich rokoch prihádzali základné horúce procesy : Croning , Hot-Box , Warm-Box a ďalej súčasné studené procesy, ST zmesi, Cold-Box a SO<sub>2</sub> – proces. Rozhodujúcimi procesy na jadrá sú dnes ST a CB technológie. [1]

Na obr. 1 je prehľad metód výroby jadier . Množstvo druhov spojiva ponúka síce optimálne množstvo pre danú výrobu, na druhej strane to však vyžaduje dôkladnú analýzu . Pri výrobe je dôležité, že obmedzený počet metód výroby jadier prináša lepšie racionalizačné možnosti v zlievarni. [1]



Obr. 1. Prehľad metód na výrobu jadier [1]





## DIPLOMOVÁ PRÁCE

V sériovej strojnej výrobe malých jadier do 100l sa uplatňuje predovšetkým CB proces, umožňujúci bezproblémovo používať automatické jadrové stroje spolu s automatizovaným procesom. V tejto oblasti je najrozšírenejší CB s polyuretánovou živcou, vytvrdzovanou terciárnymi amínmi. Alkalické fenoly tvrdené metylformiatom (MF) poskytujú akostný povrch odliatku bez výronku a majú dobrú rozpadavosť. Metóda SO<sub>2</sub>, s furamovou alebo epoxidovou živcou, sa používa i cez svoj toxický charakter v automobilových zlievarniach. Alkalický rezol, vytvrdzovaný CO<sub>2</sub>, nachádza uplatnenie v malosériovej výrobe vďaka hygienicky bezproblémovému vytvrdzovaniu. [1]

Vývoj anorganických minerálnych spojivových systémov na jadrá vytvrdzované Warm-Box alebo z pomocou horúceho vzduchu bol zahájený na prelome 21. storočia. Spojivový systém s polyfosfátom sodným bol vyvinutý pre oblasť neželezných kovov. Spojivo sa skladá zo soli, vody a špeciálnych aditív. Upravuje sa na konečných lopatkových miesičoch, používaných pre úpravu krehkých zmesí. Potom sa upravená zmes doprava do vstreľovacej jednotky a vstreľí sa do tepelne stabilného jadrovníka. Vytvrdzovanie prebieha prostredníctvom predhriateho vzduchu o teplote 80 ° C, ktorý sa prefukuje jadrom. To vedie ku kryštalizácii solného spojiva a ku spevneniu jadra. Obmedzený vývoj plynov pri liatí, dobrá termostabilita, veľmi dobrá rozpadavosť a žiadne ekologicky významné emisie pri liatí sú hlavné vlastnosti procesu Hydrobond. Mokré odjadrovanie šetri odliatky, taktiež komplikované obrysy jadier sú bez úplnej soli. [1]

Beach Box proces je šetrný voči životnému prostrediu s úplnou regenerovateľnosťou formovacej látky. Formovacia zmes pozostáva z kremenného ostriva, upraveného spolu s spojivom v hermetizovanom miešači. Tekuté spojivo (6%-8%) sa skladá zo síranu horečnatého, vody a špeciálnych anorganických aditív. V miešači sa jadrová zmes predhreje na teplotu 70 - 100°C. Vstreľovací stroj má hermetizovanú miešacú a vstrekovaciu jednotku. Pomocou hermetizácie miešača a vstrelovačky nevytvrdzuje zmes predčasne. Predhriata zmes sa vstreľí do horúceho jadrovníka, kde sa voda odparuje pri teplote 130 -140 ° C. K urýchleniu vytvrdzovacích procesov sa jadrovník preplachuje vzduchom alebo je napojený na vákuum. Môžu sa používať jadrovníky z Al alebo zo liatiny. Sú vyhrievané elektricky alebo plynom. Pri mokrom odjadrovaní dôjde k úplnému rozpadu jadra vo vode behom niekoľko sekúnd, čo umožňuje šetrné odjadrovanie. [1]

Obalovaná zmes systému GM-Bond sa pripravuje z piesku ohriateho na 100°C a práškového spojiva na báze proteínu s 2% prídavkom vody. Spojivo je netoxické, rozpustné vo vode a biologicky odbúrateľné. Zmes sa vstreľí do teplého jadrovníka (130°C). Jadro sa prefukuje horkým vzduchom 200°C. Tím sa spevní. Odjadruje sa ohriatou vodou na 65°C, event. za vibrácii. Formovacia látka je po vysušení opäť z celá použiteľná. Jadrá sa používajú na odliatky zo zliatin Al a LLG. [1]

Pre malé a stredné jadrá vyrábané sériové na vstreľovačkách sa používajú horúce jadrovníky (HB). Prevádzkujú sa pri teplote 120-180°C. Výhodou je nižšia spotreba energie, dlhšia životnosť zmesi, lepšie zhutnenie jadier a nižší obsah formaldehydu. Špeciálne pre liate radiátory sa stále využíva výroba jadier termošokom. Obalované zmesi na výrobu škrupinových jadier sa vyžaduje rozmerová presnosť a čisté vnútorné obrysy. Znižovanie nákladov na čistenie, povrch bez výronkov, vysoká reaktivita a s tým spojené krátke vytvrdzovanie časy a dobré



termošokové vlastnosti sú ďalšie vlastnosti nových spojív obalových zmesí . Rovnako emisie na pracovisku sú znížené. [1]

Veľké jadrá sa vyrábajú rovnako ako formy z ST zmesi , na rovnakom výrobnom zariadení, priebežných miešačoch . Chemické továrne sa sústreďujú na znižovanie obsahu S vo furanovom spojivovom systéme, hlavne pre odliatky z LKG. to vedie k obmedzovaniu emisii  $SO_2$  a obsahu S v regenerátu. Spojivá majú tendenciu k vyššej plasticite. Životnosť zmesí je nastaviteľná . Polyuretánové ST zmesi sú dvoj až trojzložkové. Výhodou je vysoká pevnosť , najlepší pomer spracovateľnosti, rozoberací čas, výborná rozpadavosť. [1]

## 2.3 Vstreľovacie stroje

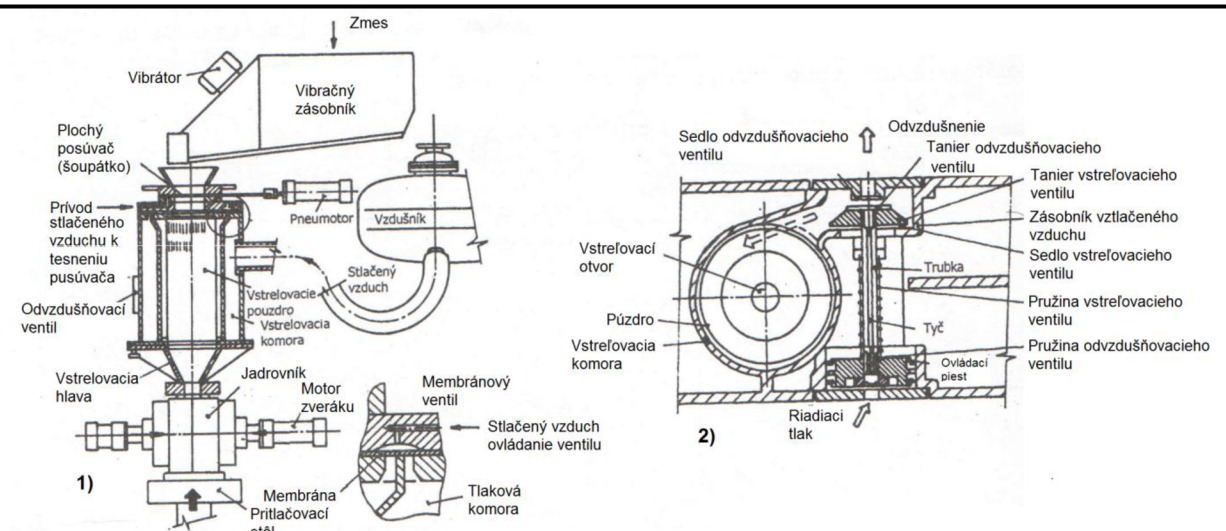
V súčasnej dobe sú najrozšírenejšie a najvšestrannejšie zariadenia na výrobu jadier, predstavujú najvýkonnejší spôsob ubijania jadier . Začali sa vyrábať podľa Hansbergovho talianskeho patentu z roku 1949. [2]

Pre vstreľovacie stroje je charakteristické rýchle plnenie jadrovníku dávkou jadrovej zmesi ktorá nie je premiešaná zo vzduchom. Potrebné urýchlenie sa zmesi udelí vo vstreľovacej komore prudkou expanziou stlačeného vzduchu ktorý pôsobí na stĺpec zmesi z čelnej strany ako pružný piest . Trenie zmesi o steny komory môže byť znížené tým, že sa stlačený vzduch privádza rovnako štrbinami vo vstreľovacom puzdre. Stĺpec zmesi sa tak oddelí od steny vzduchovou vrstvou. Následkom zníženého trenia sa zmes začne urýchli dôjde k dobrému vyplneniu jadrovníku.

Vstreľovacie stroje sa líšia od fúkacích tým, že plnenie jadrovníkov prebieha väčšou rýchlosťou a jadrová zmes nie je príliš premiešaná zo vzduchom . Odvzdušnením sa odvádza menšie množstvo vzduchu. Oproti fúkaniu je nižšia spotreba vzduchu a opotrebenia jadrovníkov. Najvýhodnejší pomer obsahu jadrovníka k obsahu vstreľovacej komory je približne 1:2. Keď je obsah komory väčší, vyrobí sa z jednej náplne viacej jadier ale zmes sa viacerými vstreľmi v komore upechováva a preto sa ťažšie vytlačuje vstreľovacím otvorom. Jadrá sú menej zhutnené. Ak je obsah jadrovníku väčší ako 75% obsahu vstreľovacej komory hrozí nebezpečenstvo ,že stlačený vzduch prefúkne do jadrovníku. Jadrovník sa málo zaplní zmesou. [1]

Vstreľovacia komora (Obr. 2-1) sa dopĺňa zmesou z pružne uloženého vibračného zásobníka. Vzduchotesne sa uzavrie plochým posúvačom , ktorý sa utesní pneumaticky ovládaným pyžmovým tesnením. Vstreľovacia komora uzatvára vymeniteľná vstreľovacia hlava s jedným alebo s viacerými vstreľovacími otvormi, podľa prevedenia jadrovníku. Vo vnútri komory je vstreľovacie puzdro s pozdĺžnymi štrbinami, umožňujúcimi prístup vzduchu. Delený jadrovník sa najskôr uzavrie bočnými zverákmi pomocou priamočiarych motorov a potom sa pritlačí stolom stroja ku vstreľovacej hlave . Pri vstreľovaní sa otvorí membránový vstreľovací ventil a stlačený vzduch prúdi z tlakového zásobníku do vstreľovacej komory.

Po vstrelení jadra sa ventil uzavrie privedením stlačeného vzduchu nad membránu a vstreľovacia komora sa ovzdušní odvzdušňovacím ventilom. [1]

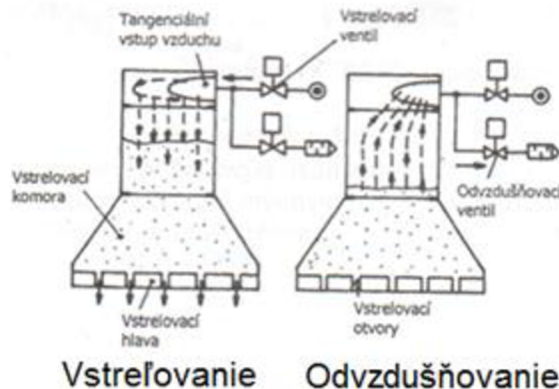


Obr. 2 Najčastejšie používané vstreľovacie ventily [1]

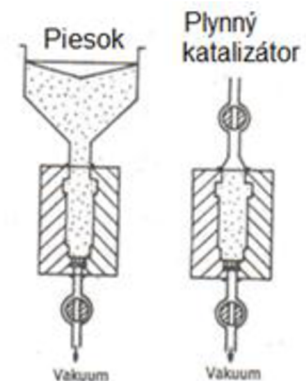
- 1) Vstreľovací stroj s membránovým vstreľovaním (Škoda AVS)
- 2) Vstreľovací a odvzdušňovací tanierový ventil (Gisag, KS)

Odišné prevedenie majú vstreľovacie stroje s tanierovým vstreľovacím a odvzdušňovacím ventilom (Obr. 2-2). Vstreľovací ventil je umiestnený naprieč dutiny tlakového zásobníka vzduchu, v odliatku telesa. Osy tanierového ventilu a vstreľovacej komory sú mimobežné. Vstup vzduchu je tangenciálny. Ovládací piest je spojený s trúbkou a tanierom vstreľovacieho ventilu. Pružina tlačí tanier vstreľovacieho ventilu do sedla. Po vpustení riadiaceho tlaku sa najskôr vysunie piest a tyčkou v dutine trubky a tanier odvzdušňovacieho ventilu dosadne do sedla. Až potom sa otvorí vstreľovací ventil. Pretože je vnútorná pružina slabá, umožňuje skoršie uzavretie a neskoršie otvorenie odvzdušňovacieho ventilu, čím sa zabraňuje úniku stlačeného vzduchu pri prestavovaní vstreľovacieho ventilu. [1]

Pretože nové systémy jadrových zmesí, predovšetkým CB, pracujú s výborne tekutou zmesou, moderné vstreľovacie stroje nemusia používať vstreľovacie puzdro, (Obr. 3) vzduch pôsobí iba zhora na dávku zmesi. Preto sa dosahuje dobré zhutnenie v jadrovníku. Výhoda je hlavne v tom, že odpadá čistenie puzdra, ako tomu bolo u starších vstreľovačiek. [1]



Obr. 3 Ovládanie vstreľovacej komory bez puzdra (Roperwerk RV). [1]



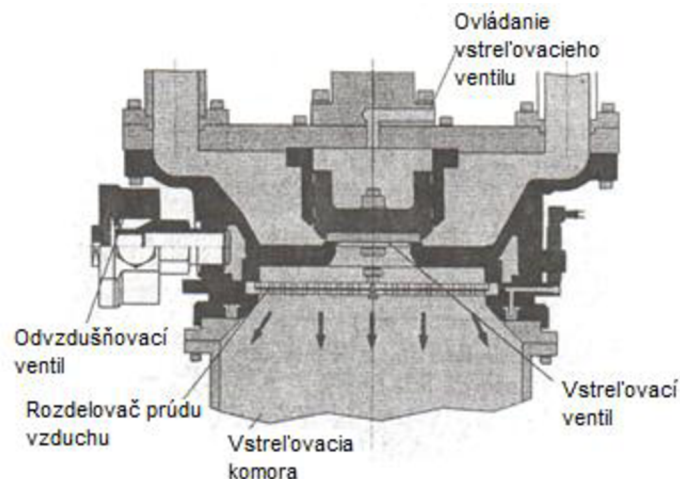
Obr. 4 Zhutňovanie CB jadier pod tlakom. [1]





Dobré zhutnenie i v úzkych profiloch redukuje spotrebu spojiva. Nízky vstreľovací tlak znižuje opotrebovanie jadrovníku. U horizontálne delených jadrovníkov je možnosť dotlačovať jadrá paralelne k deliacej rovine. Jadrová zmes tečie kontrolovaným prúdom priamo ku konci obrysu jadra. Pritom sa používa tanierový vstreľovací ventil (Obr. 5). Na minimum sa znížil počet odvzdušňovacích sietiek v jadrovníku. Množstvo jadrovej zmesi vo vstreľovacej komore je riadené hladinovou sondou a pre jednotlivé typy jadier sa nastavuje na počítači. Krátky výrobný cyklus (okolo 10s) s odoberaním jadier robotom riadi impulzné vstreľovačky medzi najrýchlejšie jadrové stroje. [1]

U veľkých jadier u ktorých nestačí objem jedného vstreku na zaplnenie jadrovníku sa môže voliť viacnásobný vstreľ. Po prvom vstrele sa odvzdušní, otvorí sa vstup do komory (posúvačom alebo kladkou), nasype sa nová dávka zmesi do komory a znovu sa vstreľí do jadrovníku. to je z pravidla možné u menej komplikovaných jadier za podmienok veľkej uzatváracej sily zverákov. [1]



Obr. 5 Schéma vstreľovacieho ventilu (Loramendi ABS) [1]

Niektoré jadrové stroje využívajú podtlakovú metódu zhutňovania zmesi, povodne vyvinutú pre výrobu foriem. Podtlak sa používa súčasne k vytvrdzovaniu nasávaním plynným katalyzátorom, prechádzajúcim cez CB jadro (Obr. 4.) Proti bežnému použitiu pretlaku pri vstreľovaní má podtlak obmedzené použitie. [1]

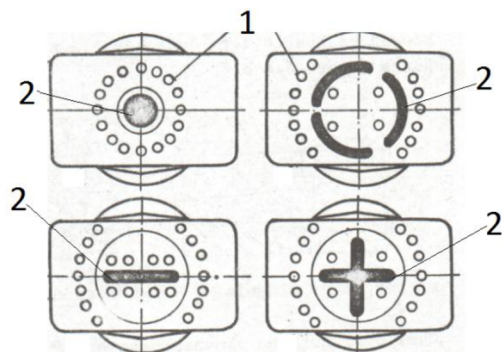
### 2.3.1 Voľba vstreľovacej hlavy :

Ako už bolo uvedené vstreľovacie hlavy sú výmenné, odlišujú sa vzájomným tvarom vstreľovacieho otvoru. (Obr. 6) . Voľba vstreľovacej hlavy je závislá od tvaru plniaceho otvoru jadrovníka . Keď sa volí väčší prierez vstreľovacieho otvoru vo vstreľovacej hlave, zväčšuje sa stupeň ubitia jadra, lebo väčší prierez kladie zmesi pri vstreľovaní menší odpor. To znamená, že je výhodné vstreľovať s čo najväčším možným vstreľovacím odporom, avšak je veľkosť obmedzená :

- väznosťou jadrovej zmesi , zmes nesmie otvorom prepadnúť ,
- veľkosťou plniaceho otvoru jadrovníka,
- najmenším prierezom jadrovníka pod vstreľovacím otvorom. [2]



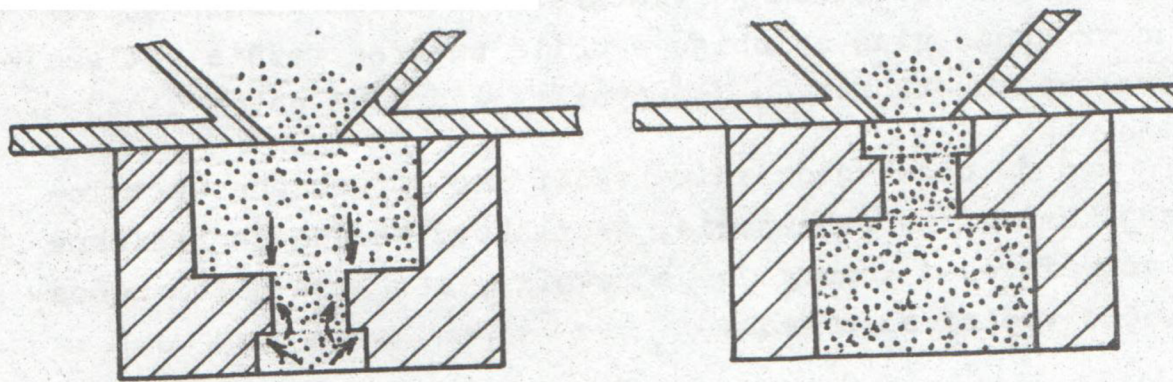
## DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 6 Výmenné vstrelovacie hlavy s rôznymi tvarmi vstrelovacích otvorov [2]

- 1) Odvzdušňovací ventil
- 2) Vstrelovací otvor

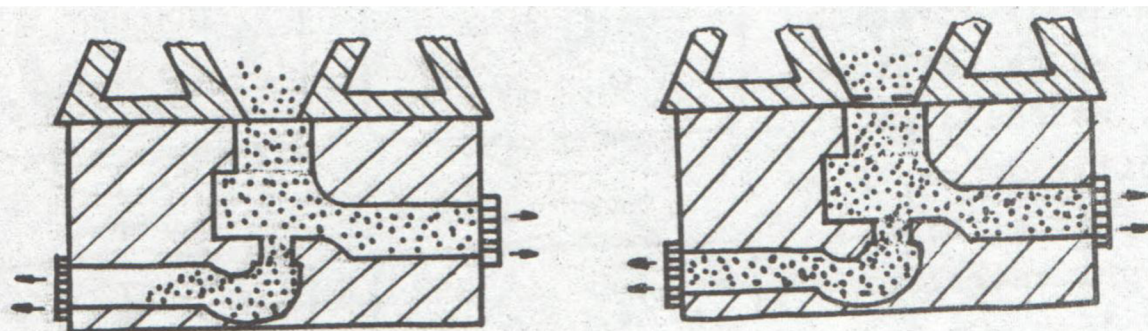
Keď sa vstreluje jadro väčším prierezom než je najmenší prierez jadrovníka pod vstrelovacím otvorom, narazí prúd vstrelovacej zmesi na hranu zúženého prierezu, vznikne vírenie a jadrovník sa nedokonale zaplní (Obr.7a). Pri otvorenom priebežnom jadrovníku sa to rieši otočením jadrovníka o  $180^\circ$  (Obr. 7b). [2]  
Obdobne je to pri vstrelovaní uzatvoreného (nie priebežného) jadrovníka (Obr. 8a.). Pre správne plnenie je nutné zúžiť otvor vo vstrelovacej hlave podložkou, ktorej veľkosť otvoru bude závislá na najužšom priečnom reze jadra. (Obr. 8b). [2]



a) správne plnenie

b) nesprávne plnenie

Obr. 7 Príklad plnenia otvoreného jadrovníka [2]



a) správne plnenie

b) nesprávne plnenie

Obr. 8 Príklad plnenia uzavretého jadrovníka [2]

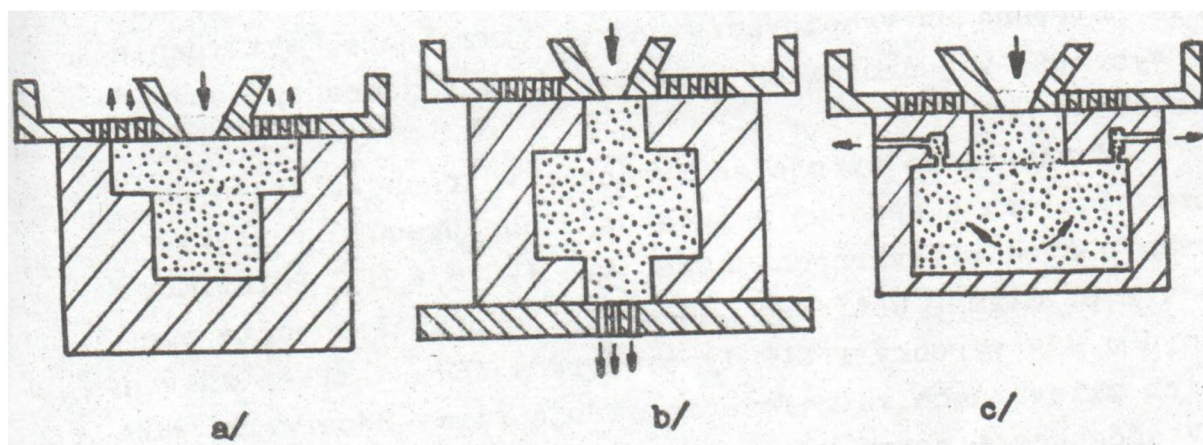




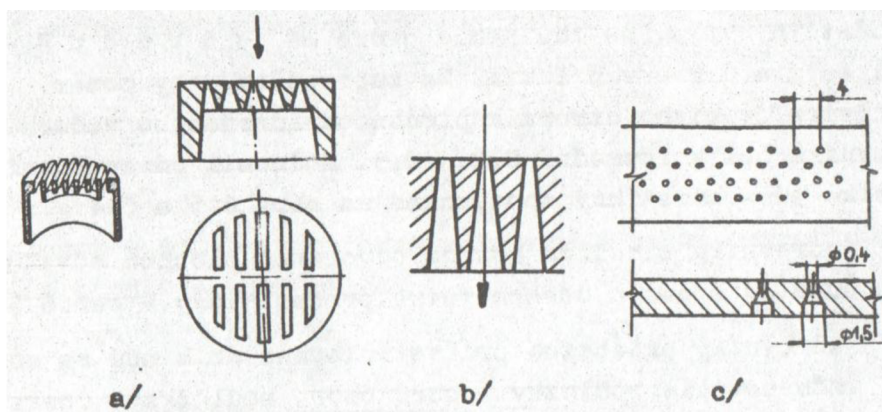
### 2.3.2 Voľba jadrovníka plneného vstreľovaním

Podstatný vplyv na zhutnenie jadra má odvzdušnenie jadrovníka . Má zabezpečiť, aby pomer plochy vstreľovacieho otvoru k ploche odvádzajúceho vzduch z jadrovníka v rozmedzí 0,2 – 0,5. Možnosti odvzdušnenia jadrovníka sú schematicky znázornené na obr. 9 a 10.

- jadrovník s veľkou hornou otvorenou plochou odvzdušňujú sa spodnou doskou (obr. 9a).
- jadrovníky priebežné pri vstreľovaní sa kladú na odvzdušňovacie podložky (obr. 9b) , podložka – doska s odvzdušňovacími otvormi ja na obr. 10c.
- do dutiny sa vypracujú kanálíky , ktoré spájajú dutiny jadrovníka s vonkajším prostredím (obr. 9c) výstupný otvor každého kanálíka je uzatvorený odvzdušňovacím sitkom (obr. 9a).
- bočné otvory v jadrovníku , otvory pre známky , uzatvárajúce sa doskami s odvzdušňovacími sitkami (obr. 8). [2]



Obr. 9 Niektoré možnosti odvzdušnenia jadrovníka. [2]



Obr. 10 Odvzdušňovacie sitko a odvzdušňovacia doska [2]

a - odvzdušňovacie sitko, b – detail otvorov v odvzdušňovacom sitku, c – časť odvzdušňovacej dosky a detail jej otvorov



Konstruktúra odvzdušňovacieho sitka je znázornená na obr. 10 a,b. Jedná sa o samočistiace štrbinové sitko. Samočistiace sitko má štrbiny, ktoré sa rozširujú smerom od jadra. Zrnká zmesi štrbinou väčšinou neprejde. Keď však vnikne do štrbiny menšie zrnko zmesi, v štrbine sa nevzprieči, lebo rozširujúci sa otvor zrnko stále viac uvoľňuje. [2]

Do obsahu jadra približne  $25\text{dm}^3$  je možné použiť pre vstreľovanie jadrovníkov drevených alebo umelých hmôt. Väčšie jadrovníky u ktorých hrozí nebezpečenstvo roztrhnutia pri prefúkavaní vzduchu zo vstreľovacej komory musia byť kovové. Jadrovníky drevené či z umelej hmoty sa musia vystužiť oceľovými pásmi. [1]

Delenie jadrovníkov musí zodpovedať jadrový stroj. Existujú stroje pre zvislé delené jadrovníky, vstreľovacie stroje pre vodorovne delené jadrovníky a stroje kombinované. Medzi štyri základné typy patrí :

- zvislé delené jadrovníky,
- dvojité jadrovníky zo zvislým delením , z dvoma bočnými a jedným stredným dielom,
- vodorovne delené jadrovníky,
- jadrovníky zvislé a vodorovne delené. [1]

### 2.3.3 Jednopolohové vstreľovacie stroje

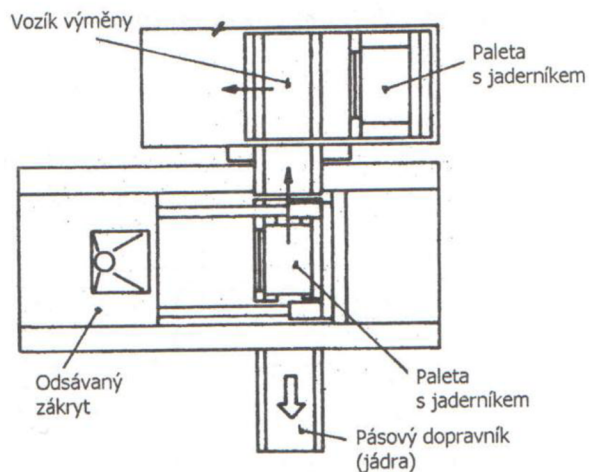
Súčasnú jednopolohovú jadrovú stroje sú z pravidla štvorstĺpové rámové konštrukcie. Všetky operácie tj. vstreľovanie, vytvrdzovanie a vybratie jadra z jadrovníku (rozoberanie) prebiehajú v jednej polohe, na jednom mieste. Jednopolohové automatické vstreľovacie stroje sa používajú hlavne pre výrobu rýchlo vytvrdzujúcich jadier (napr. CB). Jednopolohové vstreľovacie stroje delíme na:

- a) Jednopolohové jadrové stroje s vodorovne delenými jadrovníkmi,
- b) Jednopolohové jadrové stroje s zvisle delenými jadrovníkmi,
- c) Univerzálne vstreľovacie stroje pre zvisle aj vodorovne delené jadrovníky [1]

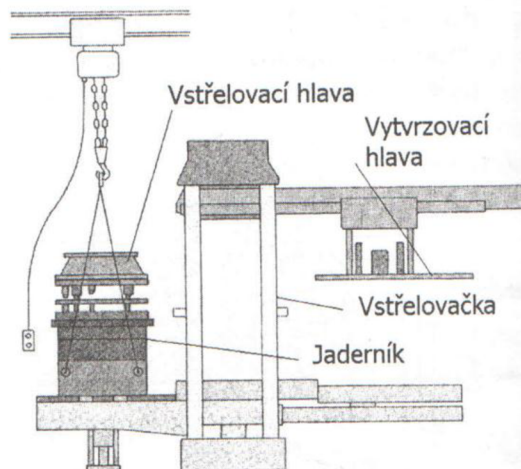
Pri výmene jadrovníku (Obr. 11 a 12) môžu prebiehať všetky operácie automaticky . Vozík výmeny, ktorý jazdí po koľajach, je určený pre dve palety. V každej palete môže byť kompletný jadrovník. Jeden je v stroji a druhý v prípravnej polohe . Automatický upínací systém slúži k pripojeniu privodu energie, napr. pre motory vybraných voľných častí v jadrovníku. Výmena vstreľovacej a vytvrdzovacej dosky vyžaduje ručné upínanie. [1]



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

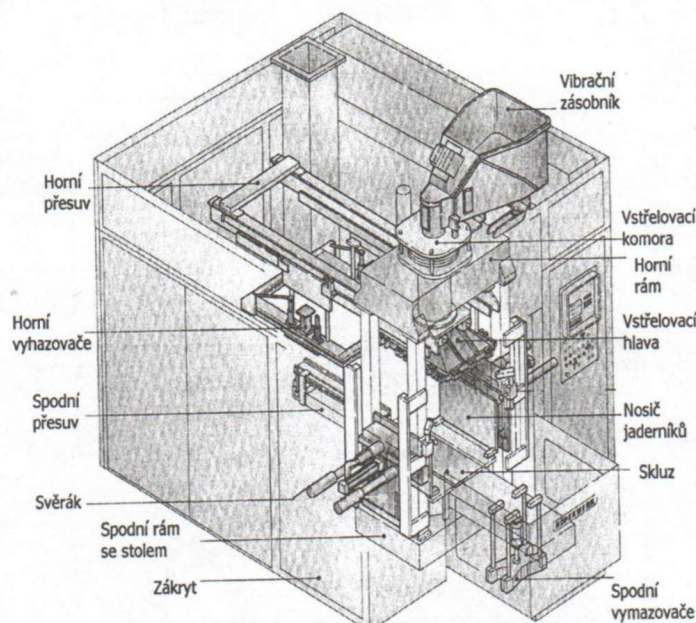


Obr. 11 Automatická výměna zvisle delených jadrovníků [1]



Obr. 12 Výměna vstřelovací hlavy a horizontálně delených jadrovníků [1]

Najčastejšie sa používajú univerzálne vstrel'ovacie stroje pre vodorovné i zvisle delené jadrovníky kde ku vstrel'ovaniu a vytvrdzovaniu dochádza v jednej polohe vstrel'ovacieho stroja . Štyri stĺpy sú uchytené do spodného rámu a uzavreté horným rámom. V hornom ráme je uchytené vstrel'ovacie zariadenie, ktoré sa skladá zo vstrel'ovacej komory a vstrel'ovacej hlavy. V dolnom ráme je namontovaný stôl . Pokiaľ sa stroj používa pre CB proces, tak môže byť vstrel'ovacia komora a vytvrdzovacia hlava pojazdná alebo pojazdná iba vytvrdzovacia hlava. Zvisle delené jadrovníky sú uzatvárané zverákmi. Na zverákoch sú uchytené nosiče jadrovníkov. Pokiaľ je požadovaná veľká pružnosť výroby jadier, potom sú stroje konštruované ako univerzálne pre oba základné typy jadrovníkov. (Obr. 13) [1]



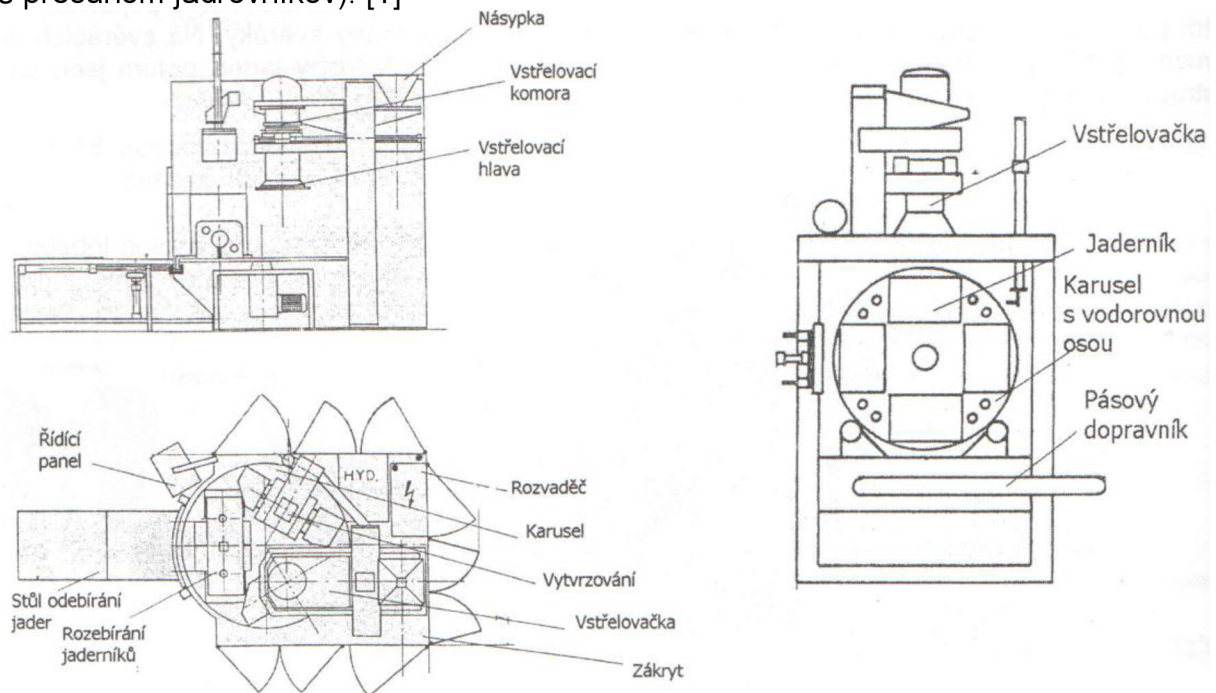
Obr. 13 Univerzální vstřelovací CB stroj (Roperwerk HM) [1]





### 2.3.4 Vstrel'ovacie stroje viacpolohové

Viacpolohové vstrel'ovacie stroje zabezpečujú výrobné operácie postupne. Stroje sú vybavené počtom jadrovníkov odpovedajúcim pracovným polohám. Rôzne operácie prebiehajú vo viacerých jadrovníkoch súčasne. Porovnaní s jednoplohovým strojom u ktorého sa doba taktu rovná súčtu časov všetkých pracovných úkonov je u viacpolohového stroja takt rovný dĺžke najdlhšej operácie. Viacpolohové vstrel'ovačky sú značne výkonné a používajú sa pre sériovú výrobu hlavne HB jadier. Konštrukčne sú riešené ako karusely alebo transfery (stroj s presunom jadrovníkov). [1]

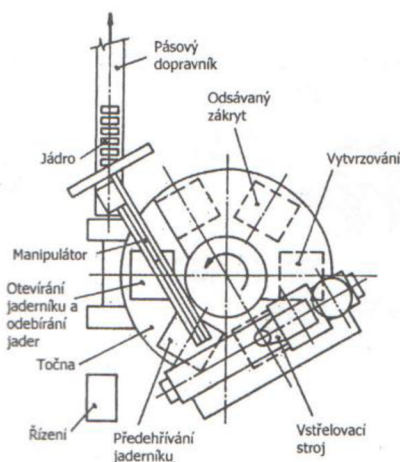


Obr. 14 Karuselové vstrel'ovacie stroje na výrobu CB jadier

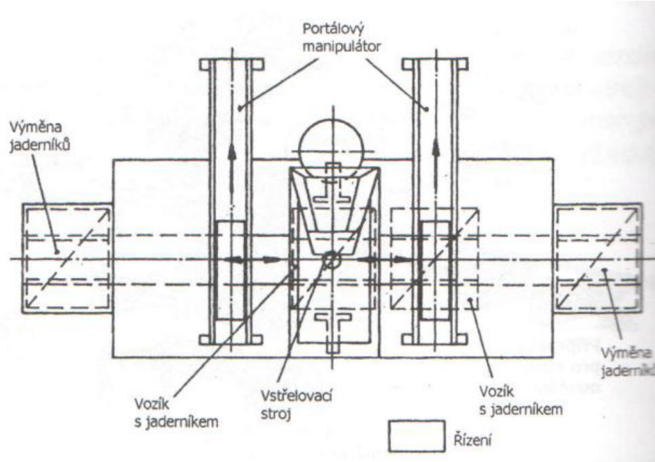
Vstrel'ovacie stroje karuselové (Obr. 14) majú tri pracovné úkony vstrelenie, vytvrdenie a vytiahnutie jadra. Karusely môžu mať zvislú či vodorovnú osu otáčania. Väčšie HB jadrá potrebujú dlhšiu dobu vytvrdzovania teplom a preto väčší počet vytvrdzovacích polôh. [1]

Na obr. 15 je šesťpolohový karuselový stroj zo zvisle deleným jadrovníkom pre výrobu HB jadier. [1]

Vstrel'ovacie stroje s presunom jadrovníka (transfery) (Obr. 16) sa používajú pre výrobu ťažších jadier v menších sériách sa miesto karuselov používajú stroje s presunom jadrovníkov. [1]



Obr. 15 Šestipolohový karuselový vstřelovací stroj HB[1]



Obr. 16 Vstřelovací stroj s presunom jadrovníkov [1]

## 2.4 Zariadenie na výrobu CB jadier

Medzi CB metódy ide zaradiť  $\text{CO}_2$  – proces, pracujú zo zmesou s vodným sklom, vytvrdzovanou oxidom uhličitým. Je to v našich podmienkach častá, jednoduchá zdravotne neškodná metóda. [1]

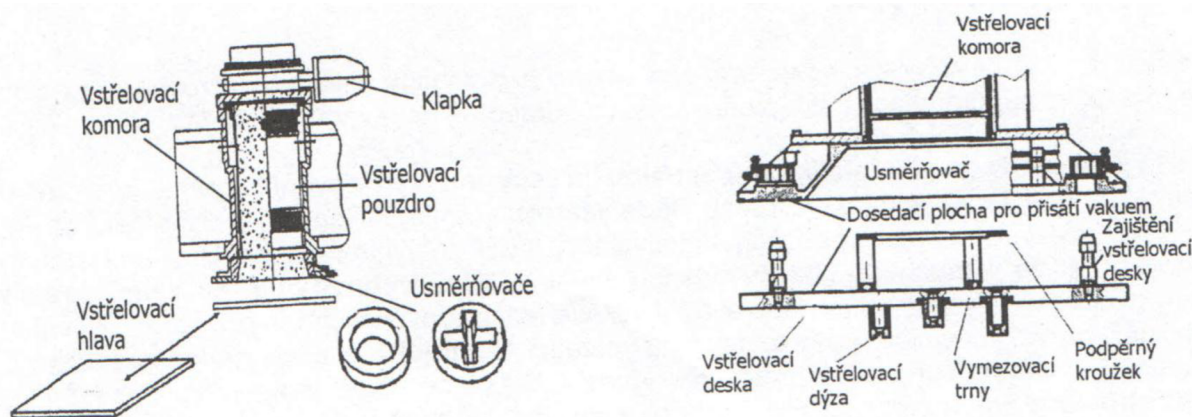
Vlastná metóda CB používa dvojzložkovú umelú živicu. Vytvrdzovanie prebieha v jadrovníkoch prefukovaním parami alebo hmlou tekutého katalyzátoru (amin). Reakciou (polyadice) vzniká polyuretán. Nevýhoda postupu je v použití katalyzátoru ktorý je jedovatý a zo vzduchom tvorí výbušnú zmes. Doba vytvrdzovania je veľmi krátka a dovoľuje vysoký výkon stroja pri vynikajúcej rozpadavosti jadier po odliati. Hlavnými problémami na ktoré naráža daná technológia sú rastúce technické a ekologické požiadavky. Preto sú vstrelovačky vybavené odsávacím zakrytím. Odsáva sa priamo z jadrovníku alebo z jeho okolia. Nespotrebovaný katalyzátor sa musí po priechode jadrom zachycovať a likvidovať. [1]

Výroba CB jadier prebieha zvyčajne na jednopolohových vstrelovačkách v spojených z miesičom, dávkovacím zariadením a zariadením na zachycovanie plynu. Moderné stroje používajú vstrelovaciu dosku. Pri vytvrdzovaní musí plyn prechádzať celým jadrom až do protiláhlej časti jadrovníku odkiaľ uniká odvdzúšením. Vstrelovačky sú štandardne vybavené 1-4 dielmi jadrovníka (horný diel, dva bočné a spodný diel). Majú z pravidla hydraulické upínacie zveráky s veľkou uzatváracou silou. Zvláštny dôraz sa kladie na rýchlosť výmeny sortimentu. Vstrelovacia doska môže byť rýchlo vymeniteľná, vákuové upínanie a mechanicky zaistená (obr. 17) Vďaka tomu je možné vstrelovať i dýzami odstraňuje nárasty na jadrách, ktoré vznikajú pri bežnom vstrelovaní otvormi dosky. [1]



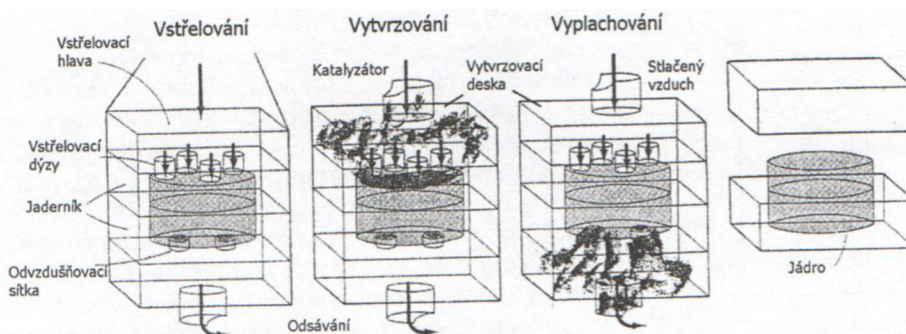
## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vytvrdzovací deska (obr. 17) je součástí stroje a pomáhá při výměně jadrovníka. Vákuom sa pripevní gumová medzidoska. Do nej ide jednoducho vyrezať nožom vstreľovací otvor podľa potreby jadrovníka. Pri prechode vytvrdzovacej dosky do pracovnej polohy sa očití od zmesi horná plocha jadrovníka a spodná plocha vytvrdzovacej dosky. [1]

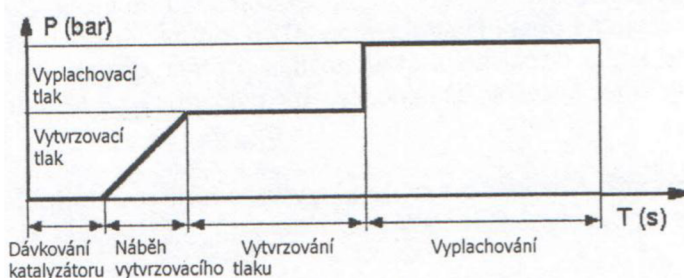


Obr. 17 Vstřelovací jednotka (Laempe, séria L) [1]

Potrebným predpokladom metódy CB je generátor plynu, splynovač. Riadiaca jednotka dodáva podľa programu odparený katalyzátor v prúde nosného plynu. Zmes plynu je vedená do vytvrdzovacej hlavy alebo dosky a následne do vstreleného jadrovníka. Fázy vstrelovačky sú znázornené na obr.18 . Po reakcii je treba jadrovník prepláchnuť suchých vzduchom. Obecne platí, že čím sa katalyzátor lepšie odparuje tým bude rýchlejšie vytvrdzovanie a kvalitnejšie jadro . Grafické znázornenie vytvrdzovacieho cyklu ja na obr. 19. [1]



Obr. 18 Produkcia CB jadier, výrobné fázy vstrelovačky. [1]



Obr. 19 Vytvrdzovací cyklus .[1]





Pri vytvrdzovaní jadier je treba i ďalšie zásady. Aby sa zabránilo vytlačovaniu jadrovej zmesi z jadrovníku do vytvrdzovacích otvorov je potreba dávkovať katalyzátor malým tlakom. Aby sa mohli prekonať reakcie katalyzátoru a vytvrdzovanie dosiahlo vzdialené miesta jadra je treba katalyzátor dávkovať väčším tlakom. [1]

Prefúkание plynu cez zmes v jadrovníku u metódy CB produkuje odpadné plyny, ktoré pred vypustením do atmosféry vyžadujú čistenie. Vstrel'ovacie stroje pre CB metódu musia mať zákryty, aby jadrovníky mohli byť pred otvorením preplachované vzduchom. Zberné odsávacie systémy sa inštalujú pre zabezpečenie dobrých pracovných podmienok pri kontrole, manipulácii a skladovaní vyrobených jadier. Preto sa inštalujú zákryty a odsávací systém nad kontrolným stolom, v oblasti manipulácie a v skladoch jadier. Odsávané pary aminov vyžadujú úpravu, aby sa predišlo zápachu. Pre odlučovanie sa môže použiť jedna s nasledujúcich metód:

- 1) Absorpcií na aktivovaný uhlík je veľmi účinná. Prevádzkové náklady sú však neprimerané.
- 2) Pri spaľovaní je spotreba energie rovnako vysoká. Aby bol proces účinný, musí spaľovanie prebiehať pri 800°C po dobu 2sekund.
- 3) Pračky aminov. Chemické odlučovanie je založené na tom, že aminy reagujú s kyselinou sírovou a fosforečnou. Kyslosť roztoku je riadená po pH3. Výsledkom je odpadný roztok, ktorý je treba meniť, aby sa odstránila koncentrácia soli. Riešenie vyžaduje likvidáciu odpadu, ktorý môže byť regenerovaný neutralizáciou hydroxidom sodným s následnou destiláciou.
- 4) Recyklácia aminov. Recyklácia katalyzátoru je založená na priamom spojení jadrovníku s odsávacím zariadením preplachovaného plynu. Tím je znemožnené miešanie s okolím vzduchom. Preplachovací plyn je odvádzaný z jadrovníku do vymrazovačky, v ktorej sa vyzrážajú nečistoty pri teplote -40°C. V ďalšom kroku sa z prečisteného preplachovacieho plynu odlúči katalyzátor. Vede sa do čistiacej jednotky cez vykurovanie a kompresor. Kompresor dáva potrebný tlak pre prefúkavanie a preplach. Proti skorej používanému stlačenému vzduchu má vyčistený preplachovací plyn viacej výhod. Z prvé má rosný bod -40°C a za druhé sa nemusí príliš stlačovať čo má vplyv na celkovú energetickú bilanciu. Systém je hermeticky uzavretý. [1]

Bežne sa používajú pračky aminov ktoré spracovávajú znečistený vzduch z viacerých strojov. Jedným z výrobcov takých pračiek je aj Ecochimica ktorá je špecializovaná firma vyrábajúca zariadenia upravujúce zápach, plyny, dym, výpary z kyselín a zásad, riedidiel, aerosoly, prach, odpady, hluk tak že garantuje emisie v súlade so zákonom o ovzduší. Vyrába aj pračky aminov pre metódu Cold Box od tých menších obr. 20-a (kapacita 1 500m<sup>3</sup>/hod) až po tie ozaj veľké obr. 20-b(kapacita 100 000m<sup>3</sup>/hod)



## DIPLOMOVÁ PRÁCE



a) b)  
Obr. 20 Pračky aminov [6]

Základný popis :

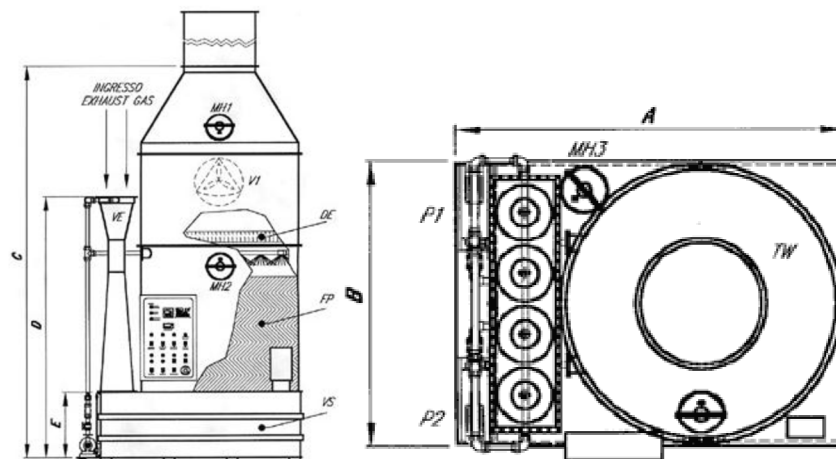
Štandardné pračky sú dvojstupňové (pre lepší výkon).

### 1. stupeň Venturi

Plyny nasávané do Venturi trubice, (VE) silná turbulencia pri vysokej rýchlosti prevedie plyn do uzavretého kontaktu s roztokom (kvapalinou) , vytvorí veľký dynamický povrch, čo zabezpečí dobré predčistenie. [6]

### 2. stupeň Vež

Z Venturiho trubice idú plyny do veže pračky(TW) naprieč reakčnou nádržou(VS). Vo veži je vzduch taktiež čistený protiprúdom , pri malej rýchlosti v tesnom a širokom reakčnom povrchu ( vzduch – reagent). Po úprave je vzduch hnaný von ventilátorom (VI) . Aby bolo zamedzené strhávanie je do veže vložený odhmlovač (DE). [6]



Obr. 21 Náčrt VENTURI TOWER VTW [6]

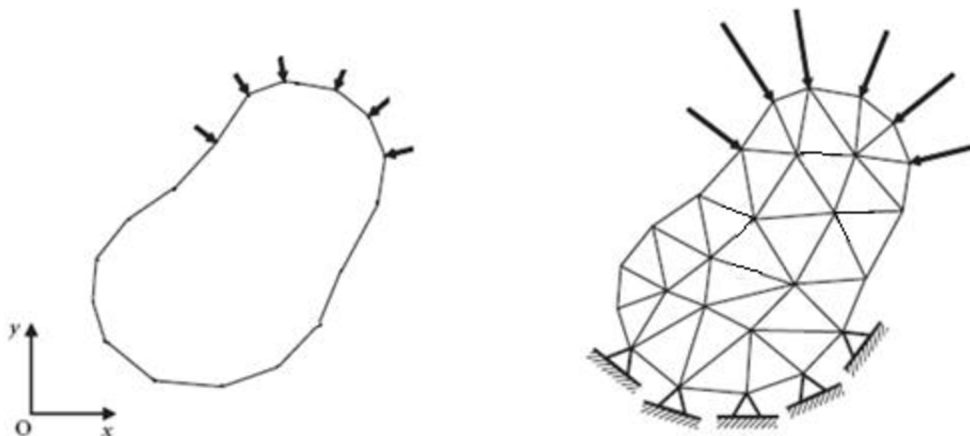


### 3 Metóda konečných prvkov (MKP)

S rozvojom výpočtových prostriedkov v druhej polovici dvadsiateho storočia nastal rozvoj výpočtových metód orientovaných úloh na báze metódy konečných prvkov. Od riešenia jednotlivých úloh stavu napätosti a deformácie od vplyvu vonkajšieho prostredia sa prešlo ku komplexnému riešeniu vzájomného spolupôsobenia systému deformovateľných telies (prvkov) za zdokonaľovanie fyzikálnych a geometrických charakteristík novodobých materiálov a konštrukcií. [4]

Vo svete je známych viacero špičkových programov v oblasti MKP (ABAQUS, ADINA, ANSYS, ALGOR, MARC, MSC, PATRAN, NASTRAN, NISA...), ktoré obsahujú najnovšie poznatky vo výpočtových analýzach statických a dynamických úloh, lineárnych a nelineárnych procesov a zviazaných problémov mechaniky. [4]

MKP patrí medzi najefektívnejšie variačné metódy na riešenie problémov mechaniky kontinua, ako aj plynov a kvapalín a ostatných problémov (elektromechanizmus, akustika, teplo,...). Jej podstatou je rozdelenie konštrukcie, resp. spojitého telesa na sústavu konečných prvkov (obr.22) navzájom spojených v uzloch delenia. Takáto diskrétna sústava musí spĺňať podmienky spojitosti a rovnováhy v uzloch delenia. [4]



Obr. 22 Diskretizácia telesa na konečné prvky. [4]

Proces výpočtu v MKP je možné rozdeliť do piatich fáz :

- 1) Diskretizácia konštrukcie na konečný počet prvkov (obr. 22)
- 2) Aproximácia deformačných alebo silových veličín na každom prvku osobitne
- 3) Integrácia konečných prvkov v celok pri zachovaní podmienok spojitosti deformácií
- 4) Minimalizácia energie – riešenie podmienkových rovníc a určenie neznámych uzlových parametrov
- 5) Determinácia neznámych po prvkoch – výpočet vnútorných síl na jednotlivých prvkoch [4]

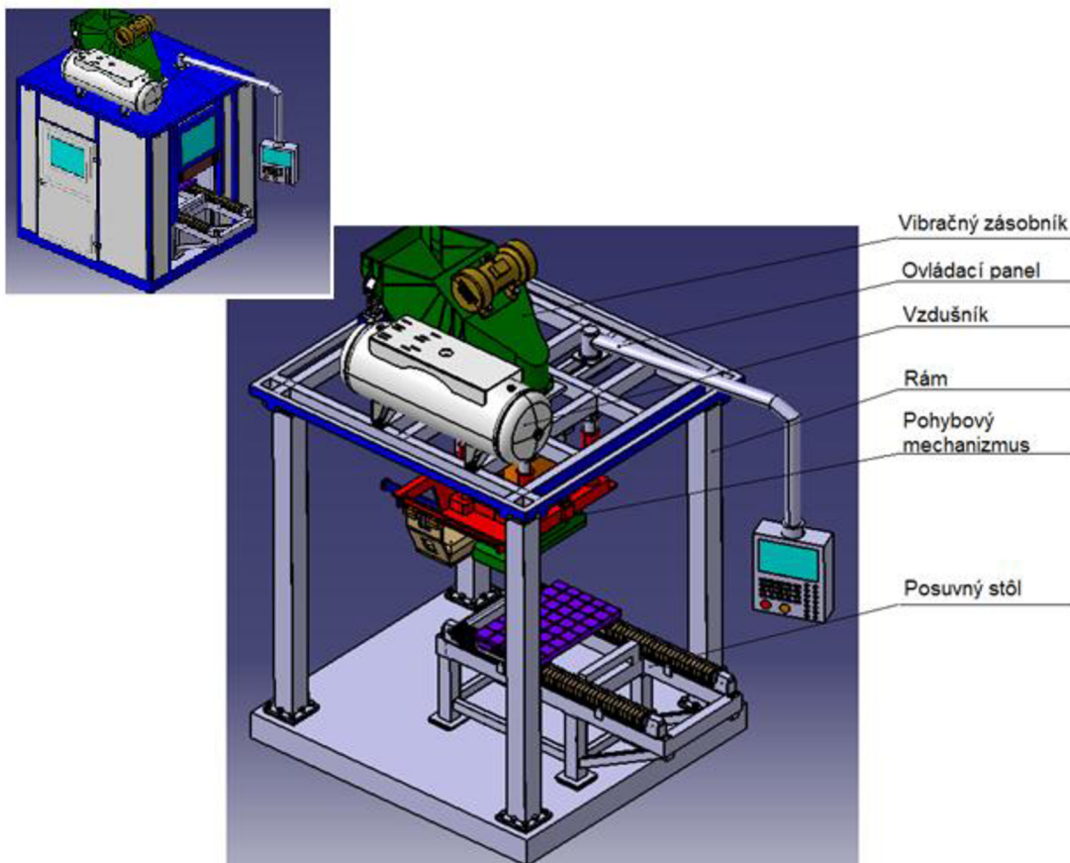


## 4. Konštrukčný návrh vstreľovacieho

Pri navrhovaní nového vstreľovacieho stroja je potrebný konštrukčný vývoj. Ten je daný zo strojného hľadiska, v ktorom sa navrhujú strojné časti tak, aby splňovali daný účel, ku ktorému je stroj navrhnutý. V ďalšom kroku sa urobí elektroinštalácia a nakoniec sa pripoja média z ktorými stroj pracuje. Následne sa rieši krytovanie stroja a iné bezpečnostné opatrenia. V poslednej etape sa vytvorí analýza rizík na ktorú potom nadväzujú varovné nápisy a štítky na stroji a ďalšie upozornenia užívateľa v návodu. [5]

### 4.1 Vyhodnotenie základných požiadaviek

Základné požiadavky na stroj sú aby objem vstreľovacej komory bol  $30\text{dm}^3$ , hlavný pohyb vykonávala vstreľovacia hlava z čoho vyplýva, že sa bude jednať o stroj ktorý má plniť horizontálne delené jadrovníky. Keďže neboli špecifikované žiadne iné požiadavky na konštrukciu bude sa 'ďalej uvažovať' o jednoplošnom vstreľovacom stroji o objeme  $30\text{dm}^3$  výlučne určenom pre vstreľovanie jadrovej zmesi do horizontálne deleného jadrovníka. Takýto typ stroja nepotrebuje bočné zveráky. Keďže sa jedná o vstreľovanie relatívne malého objemu bude použitá metóda Cold – Box.



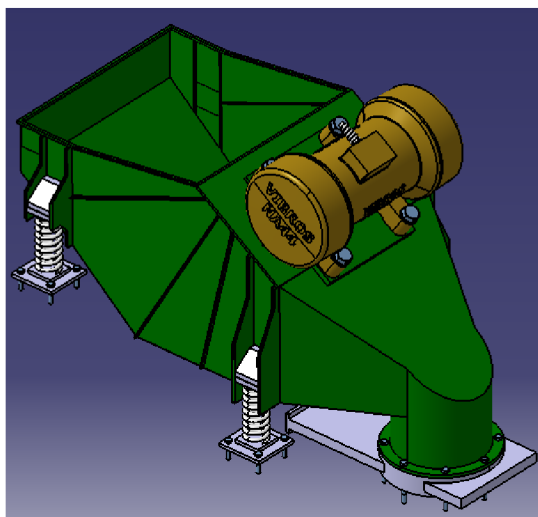
Obr. 23 Popis vstreľovacieho stroja





## 4.2 Návrh vibračního dávkovača

Do vstrel'ovacej komory sa dávkuje piesok pomocou vibračného dávkovača s lineárnym kmitom (Obr. 24). Dávkovanie prebieha na gravitačnom princípe.



Obr. 24 Vibračný dávkovač

Tab. 1 Charakteristika vibračného dávkovača :

Názov / typ	Vibračný dávkovač LK NA 44
Objem	250l
Výkon vibrátora	2,7 kW
Odstredivá sila	1 276 N
Prúd 400V	5,5 A
Celkové rozmery	760 x 1340 x 780 mm
Celková maximálna hmotnosť	400kg

Vibračný stroj pracuje s takými frekvenciami a takým spôsobom, že sa materiál v stroji pohybuje takzvaným mikrovrhom. Na zváraný zásobník, je pripevnený vibrátor NA 44 od spoločnosti Vibros s.r.o. Vibrátor je špeciálny asynchrónny trojfázový elektromotor s rotorom nakrátko jeho hriadeľ je opatrený nevyvázkami pre vyvodenie odstredivej sily mechanickým spôsobom. Plocha po ktorej sa pohybuje materiál je opatrená výstelkou z vysokomolekulárneho polyethylenu ( materiály typu SOLIDUR ) pre zvýšenie oteruvzdornosti plôch a obmedzenie torby nálepkou. Celé zariadenie je pružne uložené na ocelových tlačných pružinách.

Dávkovač je uzatvorený posúvačom ovládaným pneumatickým valcom . Toto zariadenie je veľmi jednoduché so samočistiacou schopnosťou.





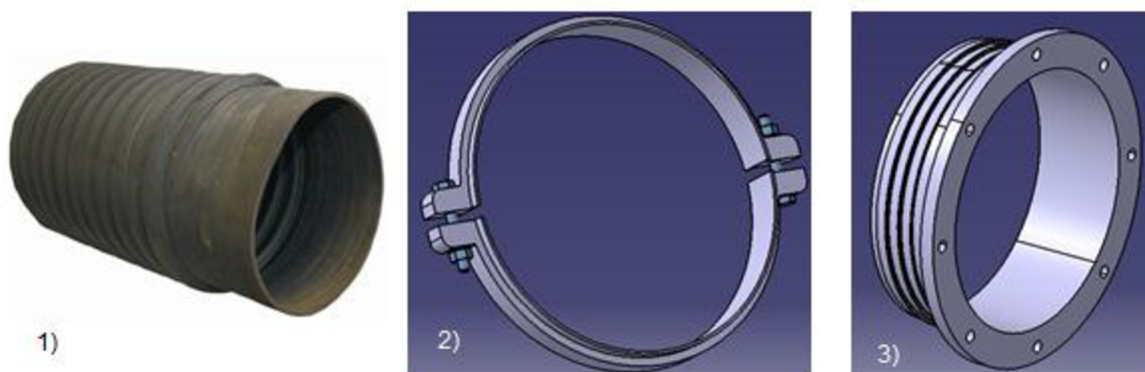
Tab. 2 Charakteristika posúvacieho ventilu :

Názov / typ	Posúvací ventil Vortex ® Quantum <sup>TM</sup>
Vnútorňý priemer	260 mm
Celkové rozmery	330 x 900 mm
Prípojovacie rozmery	M12 x 8 - $\phi$ 300 mm

Obr. 25 Posúvací ventil Vortex ® Quantum <sup>TM</sup>[7]

### 4.3 Spojenia medzi vibračným dávkovačom a vstreľovacou komorou

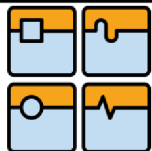
Zásobník je so vstreľovacou komorou spojená pomocou hadice STREETMASTER ktorá sa vyrába pre satie prachu a kamienkov z ulice no svojimi vlastnosťami zaručuje oveľa rozsiahlejšie použitie . Táto hadica je vysoko oteruvzdorná , ľahká a ohybná . Výstuž tvorí špirála z ocelového drôtu pevne zapustená do steny hadice .



Obr. 26 Prvky spojenie medzi dvoma plochými posúvačmi

1) hadica STREETMASTER.R 275 [8], 2) Spona, 3) Hadicová príruha

Na oboch stranách hadice je hadicová príruha s vnútorným priemerom  $\phi$ 275mm. (Obr. 26-3) Táto koncovka spolu so sponou (Obr. 26-2) tvoria spoľahlivé spojenie s hadice . hadica je na koncoch pripevnená k posúvacím ventilom

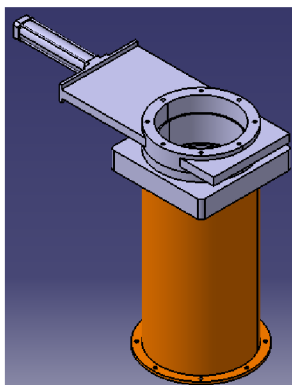


Tab. 3 Charakteristika posúvacieho ventilu :

	STREETMASTER
Vnútorňý priemer (mm)	275
Vonkajší priemer (mm)	285
Dĺžka (mm)	450
Pracovná teplota (°C)	-40 až 90 (krátkodobo 125 )
Stlačiteľnosť	3:1
Materiál vnútorňý	NT -paraguma
Materiál vonkajší	SBR - EPDM
Hmotnosť (kg)	24

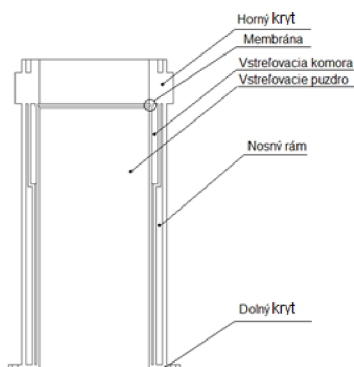
#### 4.4 Návrh vstreľovacej komory

V súčasnej dobe je na trhu množstvo konštrukčných prevedení vstreľovacích komôr, ale všetky sú v podstate založené na princípe použitia membránového vstreľovacieho ventilu alebo na princípe tanierového ventilu (vid. Kapitola 2.3).



Obr. 27 Zjednodušený 3D model vstreľovacej komory

Navrhovaný vstreľovací stroj využíva membránového vstreľovacieho ventilu ktorý bude dodávaný od subdodávateľa, zjednodušený model zariadenia je vidieť na obr. 28. Vstreľovacia komora je vzduchotesne uzavretá pomocou posúvacieho ventilu Vortex. (Obr. 25)



Obr. 28 Zjednodušená schéma vstreľovacieho zariadenia



Tab. 4 Charakteristika vstreľovacej komory ventilu :

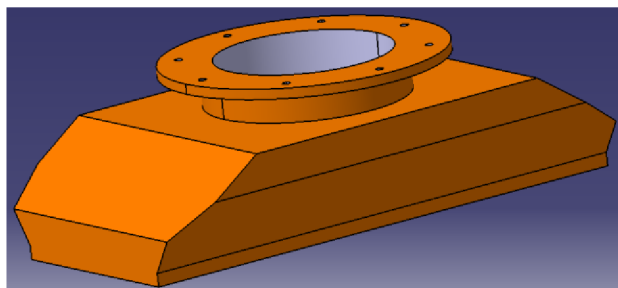
	Vstreľovacie komora
Objem vstreľovacej komory	30dm <sup>3</sup>
Celkové rozmery	φ360mm x 700mm
Pripojovacie rozmery (horná prírubu)	8 x M8 (φ330)
Pripojovacie rozmery (dolná prírubu)	8 x M8 (φ330)

Množstvo jadrovej zmesi vo vstreľovacej komore je riadený hladinovou sondou a pre jednotlivé typy jadier sa nastavuje na ovládacom paneli.

## 4.5 Návrh vstreľovacej a vytvrdzovacej hlavy :

### 4.5.1 Vstreľovacia hlava :

Hlavnou úlohou vstreľovacej hlavy je usmerniť prúd vstreľenej jadrovej zmesi k jadrovníku. Hlava je výmenná, jej rozmery a veľkosť vstreľovacieho otvoru záležia od veľkosti a tvaru jadrovníku. (Kapitola 2.3)



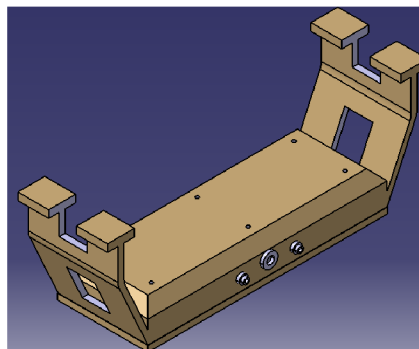
Obr.29 Vstreľovacia hlava

Celkové rozmery : 800x300x200 (mm)  
Funkčné rozmery : 700x200 (mm)  
Pripojenie k vstreľovacej komore :  
8 x SKRUTKA M12x50 ISO 4017- 8.8  
Kostra vstreľovacej hlavy je tvorená zváranou konštrukciou . Vstreľovacia hlava je podrobne rozkreslená na vykrese (Príloha 1).

### 4.5.2 Vytvrdzovacia hlava :

Vytvrdzovacia hlava predovšetkým slúži k prívodu vytvrdzovacieho plynu a taktiež vzduchu na vyplachovanie jadrovníka . Hlava ako celok sa nevymieňa , vymeniteľná je len gumová vytvrdzovacia doska do ktorej sú vyrezané vytvrdzovacie otvory. (Kapitola 2.3)

Celkové rozmery : 800x300x180 (mm)  
Funkčné rozmery : 700x200 (mm)  
Kostra vytvrdzovacej hlavy je tvorená zváranou konštrukciou z materiálu ČSN 11370 .  
Koncovky pre pripojenie na hadice φ20 EN 14424



Obr.30 vytvrdzovacia hlava



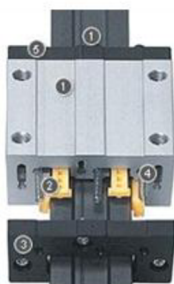
## 4.6 Návrh lineárneho vedenia vytvrdzovacej hlavy :

Ako najvhodnejšie sa javí použiť vedenia s klznými ložiskami ktoré má nízke opotrebovanie, vysokú statickú únosnosť, necitlivosť voči rázom a znečisteniu, pracuje s nízkou hlučnosťou a má plynulý chod. Bezúdržbové klzné ložiská nie je potrebné mazat', materiály s malými nárokmi na údržbu disponujú dobrými vlastnosťami aj pre prípad núdzového chodu.

Vedenie môže mať rôzny profil . Pre vstreľovací stroj bol vybraný lineárny vodiaci systém DryLin® T od nemeckej spoločnosti Icus.

### DryLin® T – Technické údaje :

Špeciálne rysy :Lineárni vodiaci systémy DryLin® T fungujú nasucho .Okrem bezúdržbovej prevádzky medzi hlavné výhody tohto typu patrí tuhosť, stálosť voči nečistote a odolné voči vode, chemikáliám, teplu a nárazom .



- 1) Profilová koľajnica a základné
- 2) Šesť klzných prvkov
- 3) Nastavenie vôle klzných plôch
- 4) Telo vozíka
- 5) Kryt

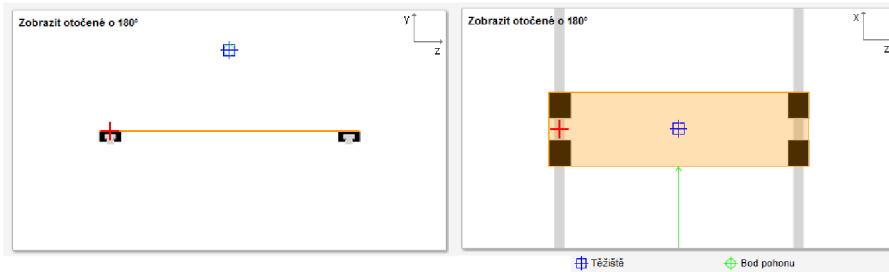
Obr.31 DryLin® T [9]

Tab.5 Charakteristika lineárneho vedenia DryLin®

Klzná tyč(koľaj)	
Materiál	Hliník , eloxovaný profil / AlMgSi0.5
Povrchová úprava	Tvrdo eloxovaný hliník , 50 µm
Tvrdosť povrchu	500HV
Klzný vozík	
Základné telo	Hliník , eloxovaný profil
Materiál	AlMgSi0.5
Povrchová úprava	Eloxovaný hliník , E6/EV1
Klzné prvky	bezúdržbový ložiskový materiál iglidur® J
Skrutky a pružiny	nerez. oceľ
Kryt	Plast
Max. rýchlosť	15 m/s
Teplotné rozmedzie	-40 °C až +90 °C



### 4.6.1 Výpočet základných zat'azujúcich parametrov:



Obr.32 Schéma Lineárneho vedenia [9]

Životnosť lineárneho klzného ložiska závisí v podstate na zaťažení, rýchlosti pohybu, teplote a dobe prevádzky. K tomu prístupujú ďalšie obmedzujúce faktory. Základná trvanlivosť je preto vždy len orientačná.

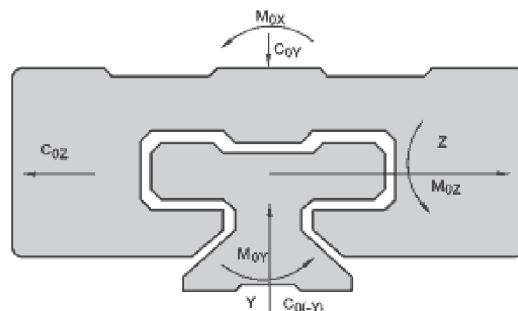
Tab. 6 Výstup DryLin Expert 2.0 [9]

Rozsah		Výsledek	
Vlastnost	Hodnota	Vlastnost	Hodnota
Systém	2 x TK-01-30-2,900 ✔ Zboží skladem v Německu	Jízdní vlastnosti	OK
Kolejnicový materiál	Tvrdé eloxovaný hliník	Ilahrát	OK
Vzdálenost kolejnic (b)	980 mm	Otěr	OK
Vzdálenost vozíků (wx)	197 mm	Opotřebení ve směru y	0,01 mm
Způsob montáže	obrácený	Opotřebení ve směru z	0,04 mm
Pohon	Jeden pohon bez pevného/plovoucího ložiska	max. povolená dlouhodobá rychlost	1,55 m/s
Souřadnice pohonu (ay)	327 mm	vyžadovaná minimální síla pohonu	942 N
Souřadnice pohonu (az)	490 mm	povolená teplota při skladování	90 °C
Souřadnice těžiště (sx)	0 mm	Vypočítané max. zatížení ve směru y	212 N
Souřadnice těžiště (sy)	327 mm	Bezpečnostní faktor ve směru y	16,51
Souřadnice těžiště (sz)	490 mm	Vypočítané max. zatížení ve směru z	238 N
Silový účinek hmotnosti (Fs)	490 N	Bezpečnostní faktor ve směru z	14,73
zrychlení (a)	15 m/s <sup>2</sup>	Výška v těžišti (nový stav)	0,4 mm
Uražená vzdálenost	500 km	Výška v těžišti (konec činnosti)	0,5 mm
Délka kolejnic	900 mm		

Kontrolné výpočty som vykonal pomocou výpočtového systému DryLin Expert 2.0 . Kde po zadaní vstupných hodnôt a zdefinovaním ťažiska a pôsobenia pohonu bolo zistené že lineárne vedenie vyhovuje .

### 4.6.2 Prípustná statická únosnosť

Typ	C <sub>0Y</sub> [kN]	C <sub>0(-Y)</sub> [kN]	C <sub>0Z</sub> [kN]	M <sub>0X</sub> [Nm]	M <sub>0Y</sub> [Nm]	M <sub>0Z</sub> [Nm]
04-09	0,48	0,48	0,24	3,4	1,8	1,8
04-12	0,98	0,98	0,48	9,2	4,4	4,4
04-15	1,4	1,4	0,7	17	8	8
01-15	4	4	2	32	25	25
01-20	7,4	7,4	3,7	85	45	45
01-25	10	10	5	125	65	65
01-30	14	14	7	200	100	100



Obr. 33 Dovoľená statická únosnosť vedenia DryLin [9]



**Predpokladaná maximálna zaťažujúca statická sila na jeden vozík je :**

$$F_{sta1} = \frac{F_{sta}}{4} = 12176,66 \text{ N} \quad (1)$$

$$F_{sta} = m_{cel} \times g = 4969 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 48706,65 \text{ N} \quad (2)$$

$$m_{cel} = m_{VH} + m_{prit} = 65 \text{ kg} + 4900 \text{ kg} = 4965 \text{ kg} \quad (3)$$

$m_{cel}$  - celková hmotnosť pôsobiaca na vedenie

$m_{VH}$  - hmotnosť vytvrdzovacej hlavy

$m_{prit}$  - prítlačná sila

$F_{sta}$  - celková zaťažujúca statická sila (v ose y)

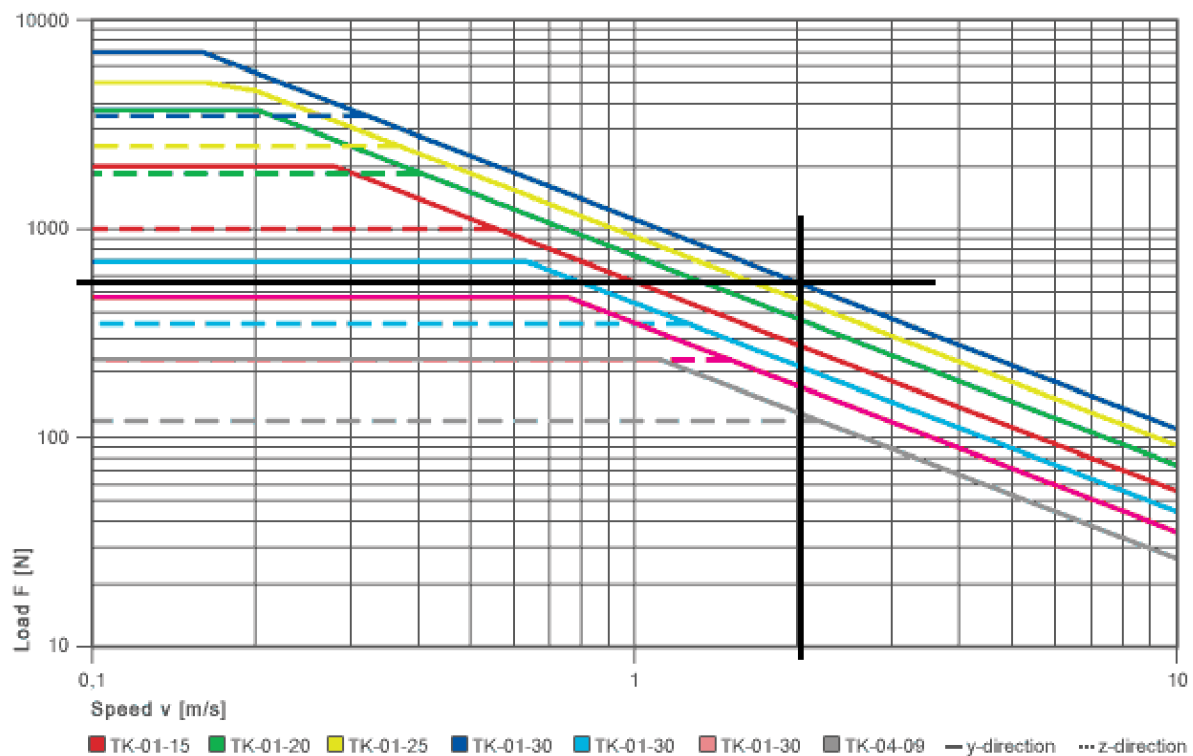
$F_{sta1}$  - zaťažujúca statická sila pôsobiaca na jeden vozík (v ose y)

$C_{oy}$  - dovolené statické namáhanie pre jeden vozík (v ose y)

$$C_{oy} \geq F_{sta1}$$

14kN  $\geq$  12,2 kN => Vedenie na statickú únosnosť vyhovuje

### 4.6.3 Prípustná dynamická únosnosť



Obr. 34 Graf Prípustnej dynamickej únosnosti [9]

Vedenie na dynamickú únosnosť vyhovuje .

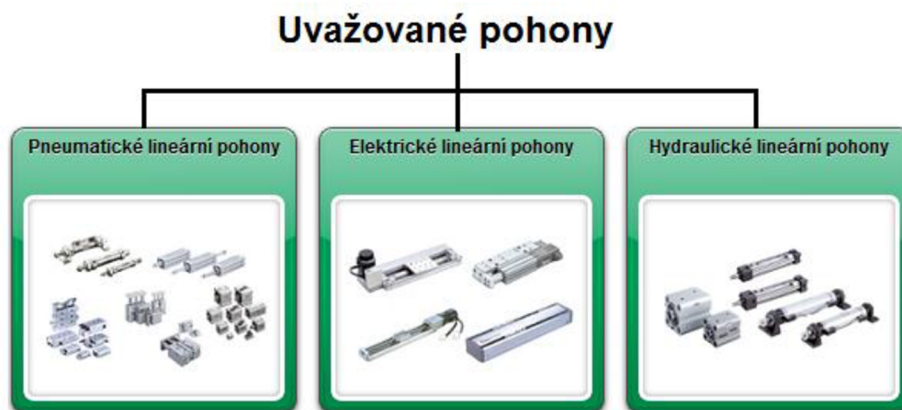
V krajných prípadoch môžeme využiť rýchlosť 2 m/s, podľa tabuľky 7 však maximálne povolená dlhodobá rýchlosť je 1,55 m/s.





Mnoho vonkajších vplyvov na lineárne klzné ložiská nie je možné výpočtovo podchytiť. Najistejšiu výpoveď o použití a životnosti vedenia v príslušnej aplikácii preto prinášajú skúšky za podmienok zodpovedajúcich praxi.

## 4.7 Návrh pohonu lineárneho systému vytvrdzovacej hlavy:



Obr. 35 Uvažované pohony [10]

Bol zvolený pneumatický lineárny pohon.

### 4.7.1. Výpočet veľkosti piestu

$$p = \frac{F_s}{S} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_s}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 942}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,045 \text{ m} \quad (4)$$

$p = 0,6 \text{ MPa}$

- tlak vzduchu vo valci (pracovný tlak )

$F_s = 952 \text{ N}$

- teoretická statická sila (tabulka XX)

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (\text{mm}^2) \quad \text{- plocha piesta} \quad (5)$$

Volím Priemer piesta  $D = 50 \text{ mm}$

### 4.7.2 Sila pri vysúvaní piesta :

$$F_{\text{vys}} = (S \times p) - T = (1,964 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 600000 \text{ Pa}) - 11,781 = 1166,31 \text{ N} \quad (6)$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} = 1,964 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (7)$$

$$T_1 = 0,1(S \times p) \quad \text{- teoretická trecia sily pri vysúvaní} \quad (8)$$



#### 4.7.3 Sila pri zasúvaní piesta :

$$F_{zas} = (S_1 \times p) - T_2 = (2,803 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 600000 \text{ Pa}) - 9,896 = 979,706 \text{ N} \quad (9)$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = 1,649 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (10)$$

$T_2 = 0,1(S_1 \times p)$  - teoretická trecia sila pri zasúvaní  
 $d = 0,02 \text{ m}$  - priemer piestnej tyče

#### 4.7.4 Priemerná spotreba vzduchu za minútu :

$$Q = \frac{1,4 \cdot D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot (p+0,1) \cdot n}{10^5} = \frac{1,4 \cdot 50^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 500 \cdot (0,6+0,1) \cdot 1,4}{10^5} = 13,47 \text{ l}_n/\text{min} \quad (11)$$

Q – spotreba vzduchu (l<sub>n</sub>/min)  
1,4 - priemer konštanty , nutnej ku kompenzácii termodynamických strát  
D - priemer piesta (m)  
H – zdvih piesta (m)  
P – tlak vzduchu vo valci (Pa)

0,1 – k hodnote pracovného tlaku vzduchu sa musí pripočítať 0,1 MPa (presne 0,10135MPa). Ak je piest v koncovej polohe , nie je vo valci prakticky vzduch , no ak sa vysunie piestnica valca ručne do koncovej polohy , zaplní sa valec vzduchom ktorý ma atmosférický tlak.

n- predpokladaný počet jednotlivých zdvihov za minútú (1/min)

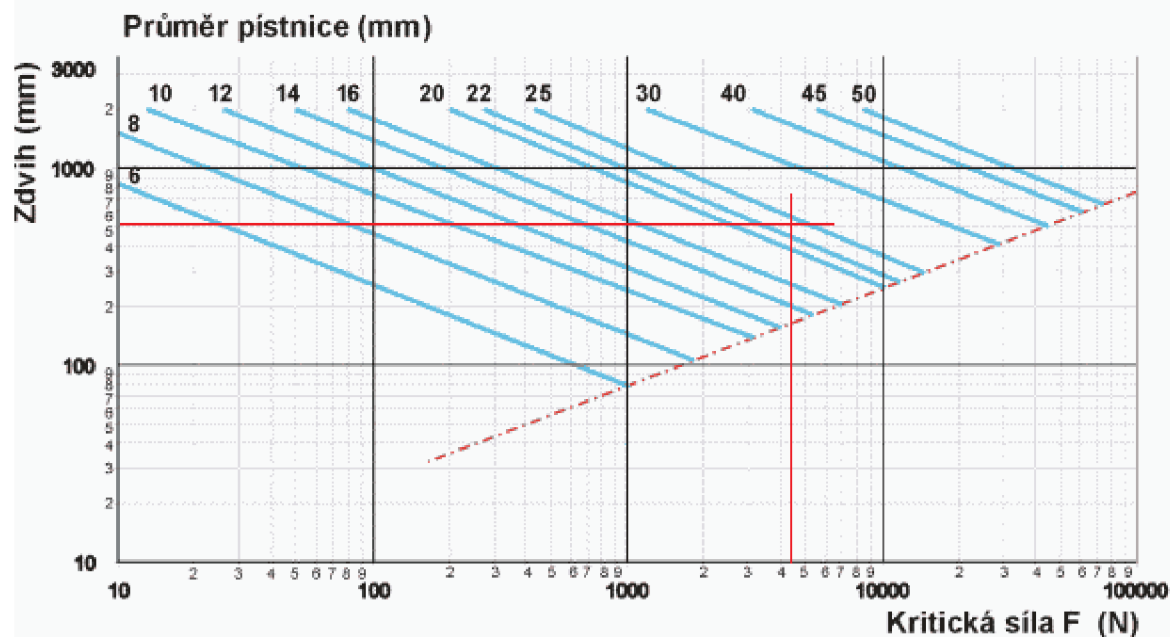
#### 4.7.5 Kontrola piestnice na vzper :

Pretože sa jedná o väčší zdvih s predĺženou piestnou tyčou je treba prekontrolovať piestnicu na vzper.

$$F_k = \frac{\pi \cdot E \cdot J}{L_k^2 \cdot k} = \frac{\pi \cdot 21000 \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{0,550^2 \cdot 4} = 4283 \text{ N} \quad (12)$$

$F_k$  - je kritická sila na piestnici valce [N]  
E - je modul pružnosti  $2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$   
J - je kvadratický moment prierezu [mm<sup>4</sup>]  
l<sub>k</sub> - je kritická dĺžka [mm]  
k - je súčiniteľ bezpečnosti (v praxi obvykle 4)





Obr. 36 Graf kontroly priemeru piestnice na vzperu [10]

Piestnica na vzper vyhovuje.

#### 4.7.6 Rýchlosť piestu :

Rýchlosť piestu je ovplyvnená :

- 1) prebytkom sily pre zrýchlenie ,
- 2) tlakom vzduchu,
- 3) rozdielom tlaku vo valci za piestom a pred piestom vo smeru jeho pohybu.

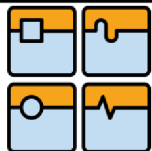
Pre reguláciu rýchlosti piestu je použitý škrtiac ventily so vstavaným spätným ventilom na výstupe.

**Teoretická rýchlosť pri vysúvaní:**

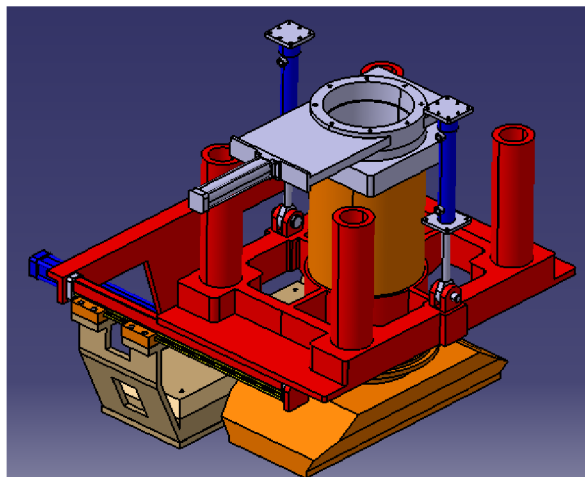
$$V_{vys} = \frac{Q}{S} = \frac{13,47 \cdot 10^{-3}}{1,964} = 0,00685 \text{ ms}^{-1} \quad (13)$$

**Teoretická rýchlosť pri zasúvaní:**

$$V_{zas} = \frac{Q}{S_1} = \frac{13,47 \cdot 10^{-3}}{1,649} = 0,0081 \text{ ms}^{-1} \quad (14)$$

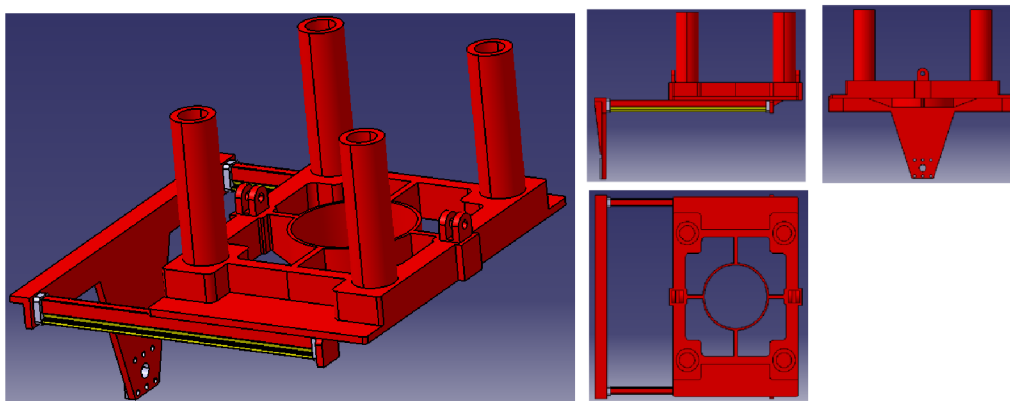


## 4.8 Pomocná konštrukcia



Obr. 37 Schéma pohybového mechanizmu

Úlohou pomocnej konštrukcie (obr. 39) je spojiť jednotlivé časti pohybového mechanizmu. Ďalej vďaka štyrom tubusom v ktorých sú vodiace tyče (tyče sú pevne pripevnené k hlavnému rámu) zabezpečuje presnú polohu roviny vstreľovacej hlavy. Keďže vodiace tyče majú priemer 80mm nepredpokladá sa ich ohnutie čo by malo za následok vzpriechenie mechanizmu. Taktiež zabezpečuje spojenie hydraulických valcov z celým pohybovým mechanizmom.



Obr. 38 Pomocná konštrukcia

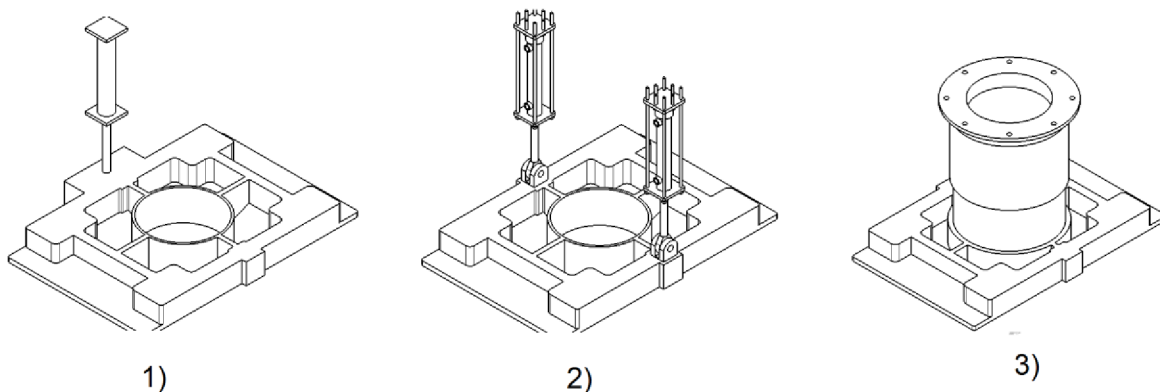


## 4.9 Zdvíhací mechanismus

### 4.9.1 Voľba zdvíhacieho mechanizmu :

Pohon zdvíhajúceho mechanizmu je zabezpečený hydraulicky. Pri návrhu bolo uvažované nad niekoľkými alternatívami použitia hydraulických valcov :

- 1) Použitie len jedného typizovaného hydraulického valca .  
Táto alternatíva je najjednoduchšie a zároveň najlacnejšie ale vzniká tu veľký problém s rovnomerným rozložením síl.(obr. XX.-1)
- 2) Použitie dvoch typizovaných hydraulických valcov  
Alternatíva s použitím dvoch hydraulických valcov rieši väčšinu nedostatkov predchádzajúcej alternatívy ale zároveň vznikajú nové problémy so zabezpečením zhodného pohybu valcov . (obr. XX.-2)
- 3) Použitie vlastne navrhnutého hydraulického valca s podstavou medzikružia  
Toto riešenie je konštrukčne najnáročnejšie , najdrahšie ale zároveň sa jedná o najlepšiu alternatívu z hľadiska rovnomerného rozloženia prenášaných síl. (obr. XX.-3)



Obr. 39 Alternatívy rozmiestnenia hydraulických valcov

Po zohľadnení výhod a nevýhod jednotlivých riešení vyplynulo , že najlepšou možnosťou je alternatíva dva, čiže použitie dvoch typizovaných hydraulických valcov prvkov .

### 4.9.2 Hlavné prvky hydraulického obvodu :

Aby bola dosiahnutá synchronizácia pohybov hydromotorov sú oba cez delič prietoku napojený na jeden hydrogenerátor. Delič prietoku funguje na princípe ,že ak tlaky na čele piestov sú rovnaké posúvač sa ustáli do rovnovážnej polohy . Pokiaľ sú tlaky rôzne posúvač sa posune vo smere výstupnej sily čím sa na jednej strane zväčší prietokový prierez a do valca z väčším zaťažením bude prihádzať aj väčší prietok , takže sa rýchlosti piesta vyrovnajú.

Hydraulický obvod stroja taktiež obsahuje hydraulický zámok ktorý slúži ako bezpečnostný prvok .



### 4.9.3 Výpočet priemeru hydraulického valca

Uzatváracia sila piesta  $F = 4900\text{kg} \times 9.81\text{ms}^{-2}$

Tlak v pieste  $p = 25\text{MPa}$

Počet piestov  $i = 2$

Plocha piesta  $A = \frac{\pi D^2}{4}$

$$p = \frac{F}{iA} \Rightarrow \quad (15)$$

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{4F}{i\pi p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4809}{2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,035 \text{ m}$$

Volím :      Priemer piesta                       $D = 40 \text{ mm}$   
                 Priemer piestnej tyče               $d = 25 \text{ mm}$   
                 Zdvih piesta                               $h = 250 \text{ mm}$   
                 Prietok                                       $Q = 20 \times 10^{-3} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

### 4.9.4 Výpočet ťažnej sily

$$F_T = \frac{p \cdot (A - a)}{i}$$
$$F_T = \frac{25 \cdot 10^6 \cdot (0,0012 - 0,00049)}{2} = 8875 \text{ N}$$

Priemer piesta  $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 0,0012 \text{ m}^2$  (16)

Priemer piestnej tyče  $a = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = 0,00049 \text{ m}^2$  (17)

### 4.9.5 Výpočet rýchlosti

Výpočet rýchlosti vysunutia :

$$V_V = \frac{Q}{A} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,0012} = 0,0158 \text{ ms}^{-1} \quad (18)$$

Výpočet rýchlosti zasunutia :

$$V_Z = \frac{Q}{A - a} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,0012 - 0,00049} = 0,028 \text{ ms}^{-1} \quad (19)$$

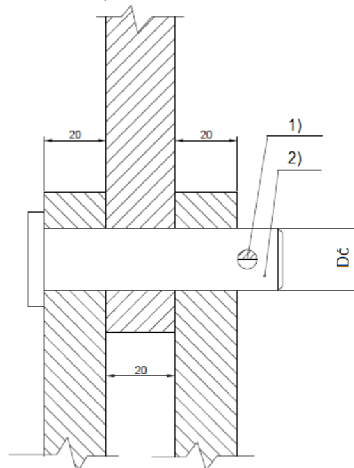


#### 4.9.6 Uchytenie hydraulických valcov

Pretože kostra hydraulických valcov bude prenášať všetku tiaž pohyblivého zariadenia je na uchytenie hydraulických valcov nahrnuté neštandardizované uchytenie .

#### 4.9.7 Kontrola uchytenia hydraulickej tyče :

Piestna tyč je ukončená závesným okom) a s pohyblivým mechanizmom je spojená cez čap [Čap 20x75x6,3B ISO 2341-St ] ktorý je voči osovému posunutiu zabezpečený závlačkou [ Závlačka 6,3x40 ISO 1234-St].



Obr. 40 Náčrt uchytenia hydraulickej tyče  
1)závlačka , 2)čap

#### Kontrola čapu na otláčenie :

$$p_D \geq \frac{F}{i \cdot t \cdot D_{\check{c}}} = \frac{4900,9,81}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 48,06 \text{ MPa} \quad (20)$$

160 MPa  $\geq$  48,06MPa Čap na otláčenie vyhovuje

Dovolené napätie v ťahu

$\sigma_{dov} = 80 \text{ MPa}$

Dovolené napätie na otláčenie

$p_D = 2 \sigma_{dov} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ MPa}$

Priemer čapu

$D_{\check{c}} = 25 \text{ mm}$

Počet plôh

$i = 2$



**Kontrola čapu na strih :**

$$\lambda_{dov} \geq \frac{F}{i \cdot S_t} = \frac{4900,9,81}{4 \cdot \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4}} = 39 \text{ MPa} \quad (21)$$

48MPa  $\geq$  39 MPa Čap na strih vyhovuje .

Dovolené napätie v strihu  $\lambda_{dov}=0,6 \sigma_{dov}= 0,6 \times 80 = 48 \text{ MPa}$

Strižná plocha  $S_t = \frac{\pi D^2}{4}$

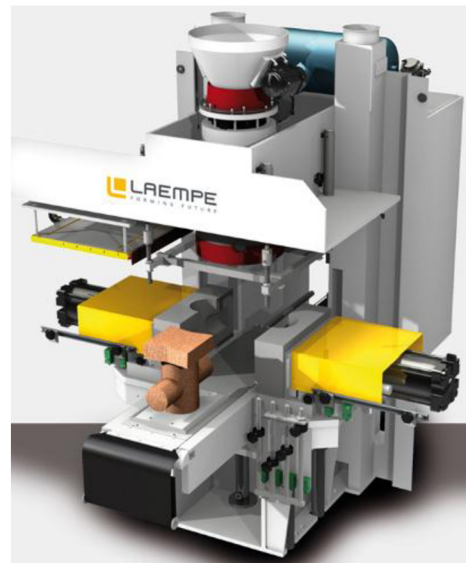
Počet strižných plôch  $i=4$

**4.10 Návrh rámu stroja :**

Pri návrhu rámu vstreľovacieho stroja by sa dalo uvažovať o dvoch najčastejšie používaných alternatívach (obr. 44) :  
1) štvor stĺpový rám  
2) C ram



1) štvor stĺpový rám (GIFOS) [11]



2) C ram (LAEMPE) [12]

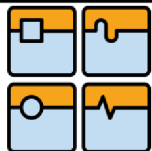
*Obr. 41. Alternatívy rámov pre vstreľovacie*

Pre metódu vstreľovacie stroje využívajúce metódu Cold Box je výhodnejšie použiť štvor stĺpový rám ktorého krytovanie tvorí uzavretý box výhodný pre odsávanie plynu.

Podľa určitých ergonomických pravidiel bol navrhnuté rám ktorý pozostáva z troch hlavných častí (obr.45) :

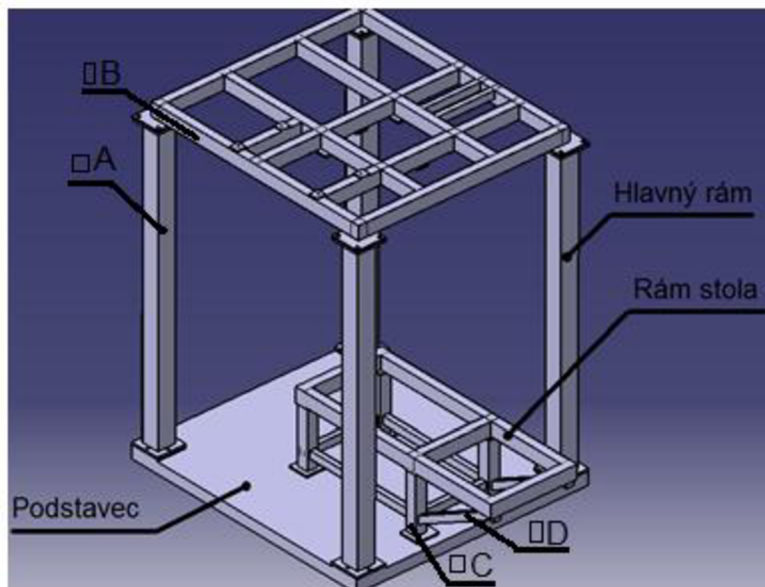
- 1) hlavný rám,
- 2) rám stola,
- 3) podstava .

Tieto časti sú navzájom spojené so skrutkovými spojmi.



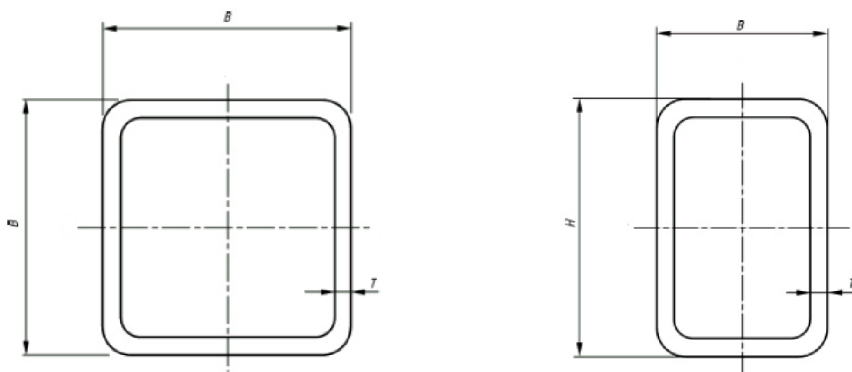
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Rám musí splňat základné požiadavky ako dobrá statická tuhosť, vyhovujúca dynamická stabilita, čo najmenšia hmotnosť, jednoduchá a efektívna výroba.



Obr. 42 Model rámu stroja

Jednotlivé časti rámu sú tvorené zvarencom jäcklových tyčí s rôznym profilom (Obr. XX). Podstava je tvorená odliatkom. Rozmerová charakteristika jednotlivých profilov je uvedená v tab. XX. Na rám sú taktiež prizvárané uchycovacie plochy.



Obr.43 Náčrt profilov tyčí

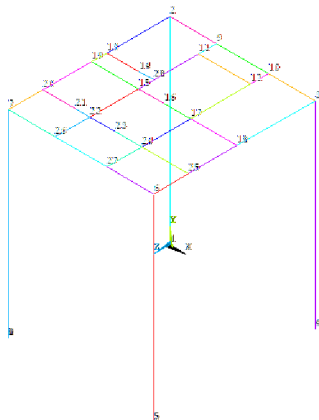
Tab. 7 Veľkosti profilov

	A	B	C	D
Typ profilu	štvorec	obdĺžnik	štvorec	Obdĺžnik
Dĺžka stany B (mm)	160	80	100	50
Dĺžka stany H (mm)	-	120	-	70
Hrúbka profilu (mm)	8	8	10	8
Hmotnosť (kg x m <sup>-1</sup> )	35,363	20,744	24,797	7,886
Materiál	11 375 (1.0039)	11 375 (1.0039)	11 375 (1.0039)	11 375 (1.0039)

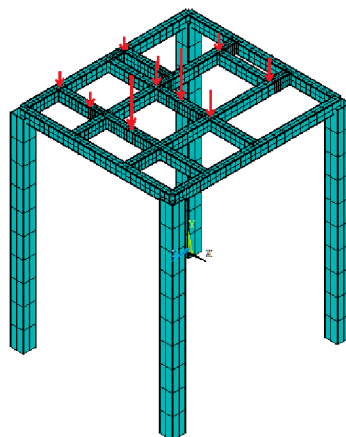


### 4.10.1 Pevnostná analýza hlavného rámu

Statická analýza rámu bola vykonaná v programe ANSYS 13.0



Obr 44 Model vytvorený z čiar



Obr 45 Diskretizácia modelu

#### Vytvorenie modelu:

Zjednodušený model bol vytvorený tzv. metódou bottom-up, najskôr sa zadefinovali konštrukčné body (keypointy) ktoré boli následne pospájané čiarami.(obr. 44)

Potom celý rám je riešený ako prútová konštrukcia s využitím prvku BEAM 189. Ktorý je následne spolu zo zadefinovaním prierezu pridelený jednotlivým čiaram a nakoniec sa vytvorí sieť konečných prvkov (diskretizácia) . (obr. 45)

#### Zadefinovanie okrajových podmienok :

Hlavný rám je zaťažený jednotlivými hmotnosťami od pohybového mechanizmu 350kg , zásobníka piesku 400 kg, vzdušníka 100kg. Ktoré boli zadefinované ako sily pôsobiace na bod keďže sú dané prvky pripevnené na konštrukciu bodovo. (obr. 45)

Rám je taktiež zaťažený vlastnou hmotnosťou ktorá bola v zadefinovaná pomocou hustoty materiálu  $7850 \text{ kg.m}^{-3}$  a gravitačným zrýchlením  $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

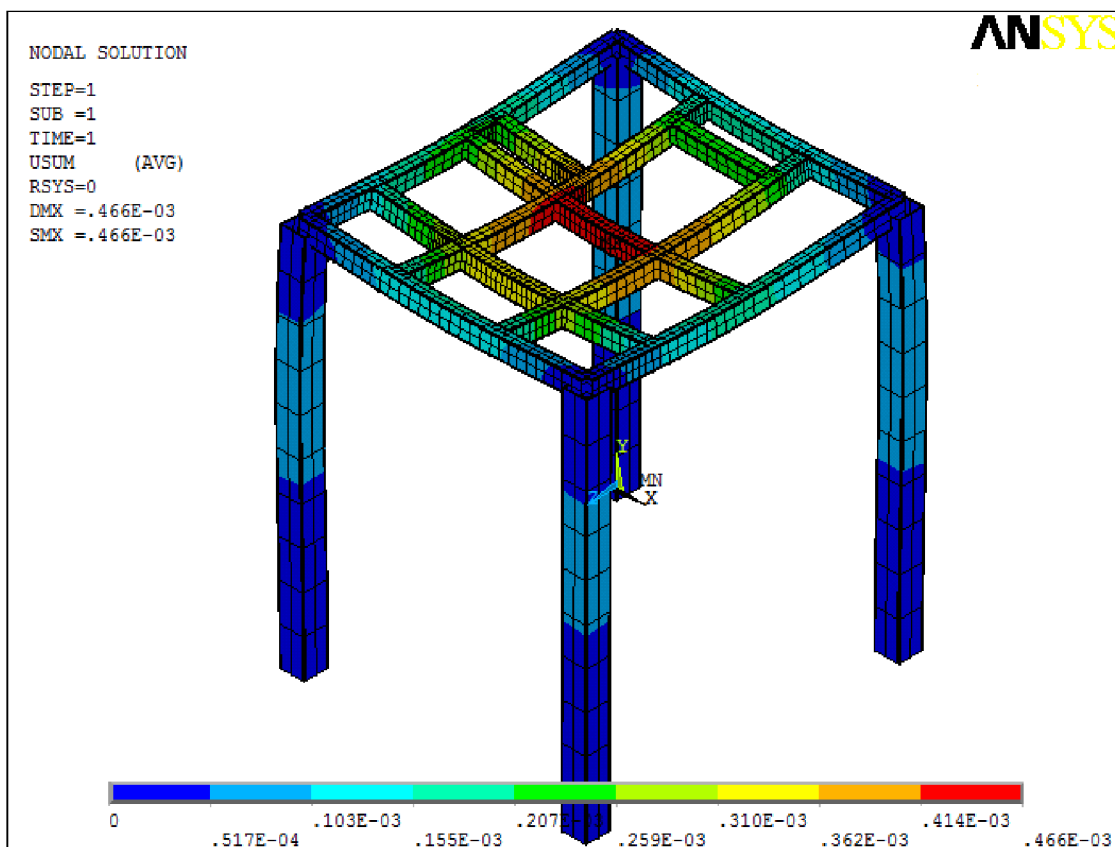
S hmotnosťou menších prvkov vstrelovacieho stroja, ktorých veľkosť voči zadefinovaným prvkom je zanedbateľná , sa pri výpočte nebrali do úvahy.

Celý model je na koncoch vertikálnych tyčí vodknute uvezený.

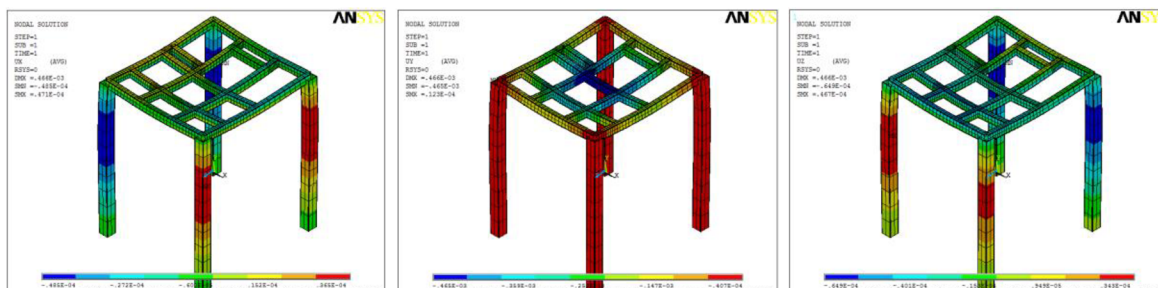


### Grafické vyhodnotenie pevnostnej analýza :

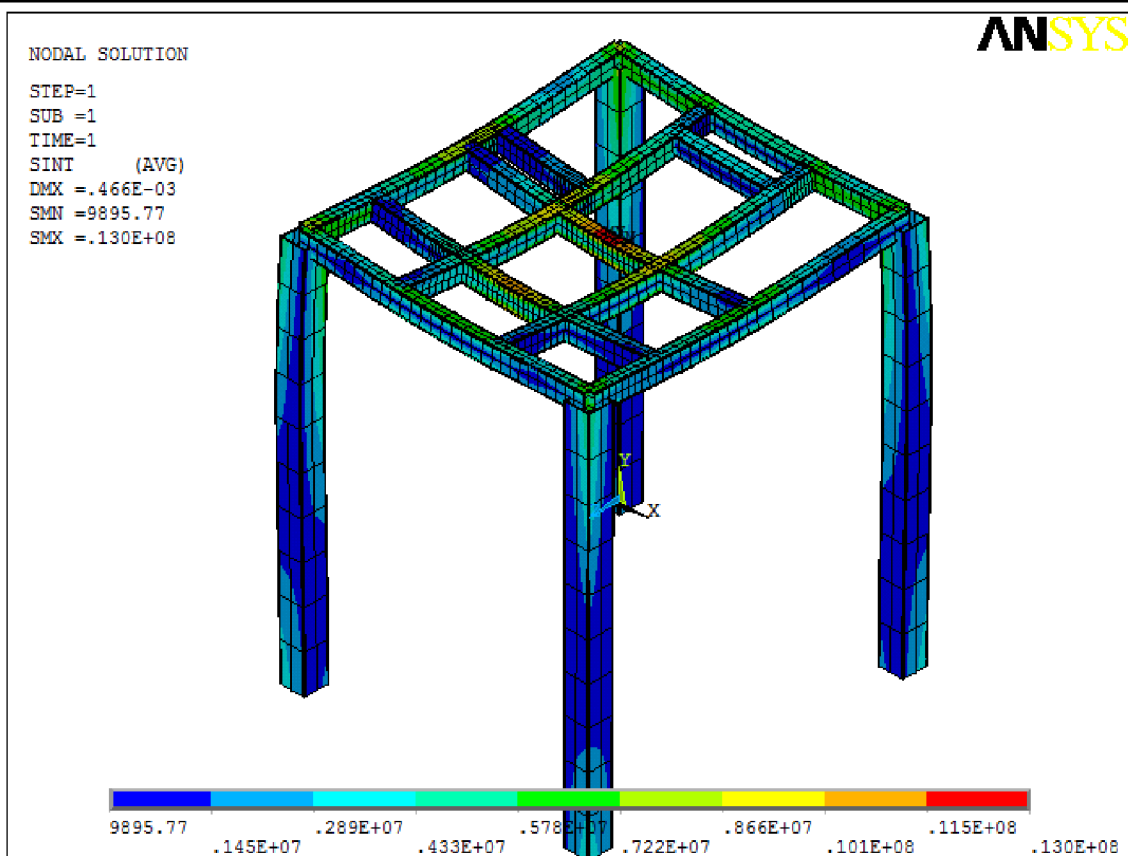
Výsledné uzlové posunutia sa pohybujú v rozmedzí 0 – 0.466 mm . Na obr. 46 sú znázornené celkové posunutia v celom modeli a na obr. 47 je vidieť uzlové posunutia v jednotlivých osiach x, y, z.



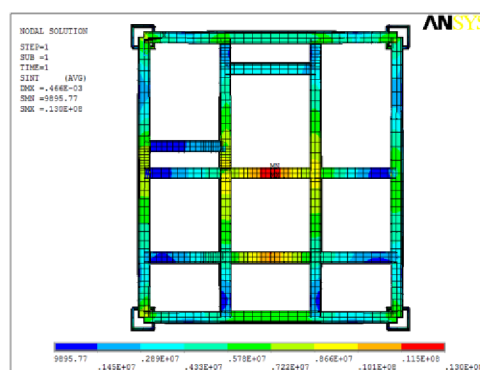
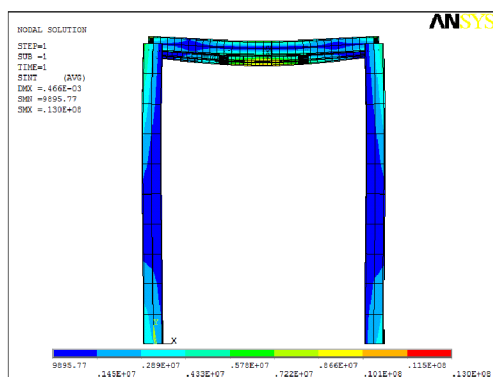
Obr.46 Celkové uzlové posunutie



Obr. 47 Uzlové posunutia v osiach x, y, z.



Obr. 48. Celkové napätie



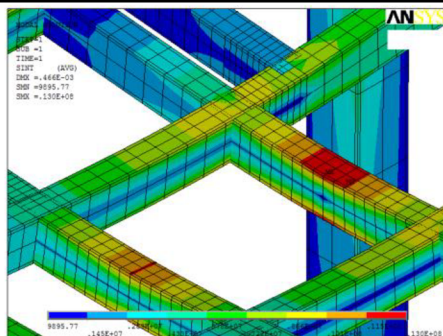
Obr.49 Celkové napätie

Veľkosť napätia pôsobiaceho na rám sa pohybuje v rozmedzí 9,856 kPa–13MPa. Najväčšie napätie vzniká v mieste spojenia rámu a pohybového mechanizmu (obr. 50). Na Obrázkoch 48, 49 je vidieť celkové napätie z rôznych pohľadov na rám.

Dovolené striedavé zaťaženie pre ČSN 11 373 je 295MPa. Z grafického vyhodnotenia vyplýva že maximálne zaťaženie má hodnotu 13 MPa .

Hlavná konštrukcia vstrel'ovacieho stroja pevnostne vyhovuje.

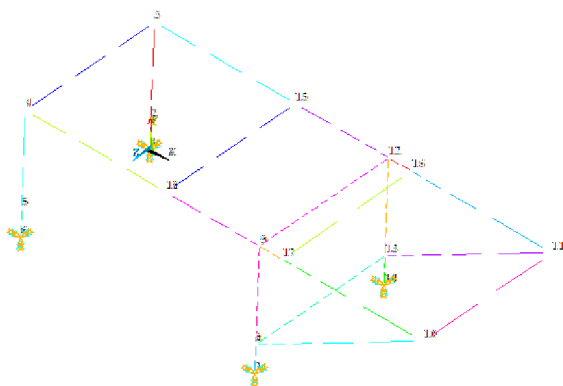




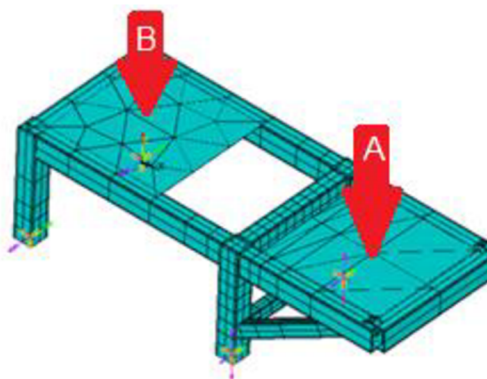
Obr. 50 Najväčšie napätie v hlavnom ráme

#### 4.10.2 Pevnostná analýza rámu stola

Pevnostná analýza rámu stola bola urobená taktiež za pomoci programu ANSYS 13.0.



Obr. 51 Model vytvorený z čiar



Obr. 52 Model rámu stola

#### Vytvorenie modelu:

Tvorba modelu prebieha podobne ako u hlavného rámu stroja (4.10.1) ale okrem objemového prvku BEAM 189 je tu použitý tenkostenný prvok SHELL 281 ktorý sa definuje pomocou čiar a hrúbky ktorá v tomto prípade mala hodnotu 1mm.

#### Zadefinovanie okrajových podmienok :

Prvok Shell 281 bol v modeli použitý hlavne kvôli zadenovaniu zaťaženia vyvolaného jadrovníkom a hmotnosťou mechanizmu pohyblivého stola (v skutočnosti sa takýto tenkostenný prvok na ráme stola nenachádza).

Stôl môže byť zaťažený 2 spôsobmi A, B, (Obr. 52) . Prípade A je pracovná doska vysunutá do pozície kde sa zakladá (vyberá) jadrovník predpokladané zaťaženie je 50kPa.

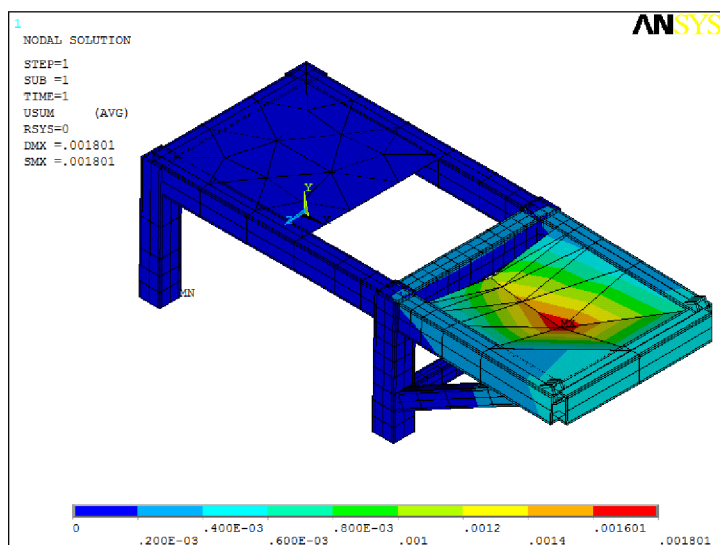


V druhom prípade je pracovná doska zasunutá a prebieha vstreľovanie (vytvrdzovanie) predpokladané zaťaženie je 50kPa.

### Grafické vyhodnotenie pevnostnej analýza :

#### Situácia A

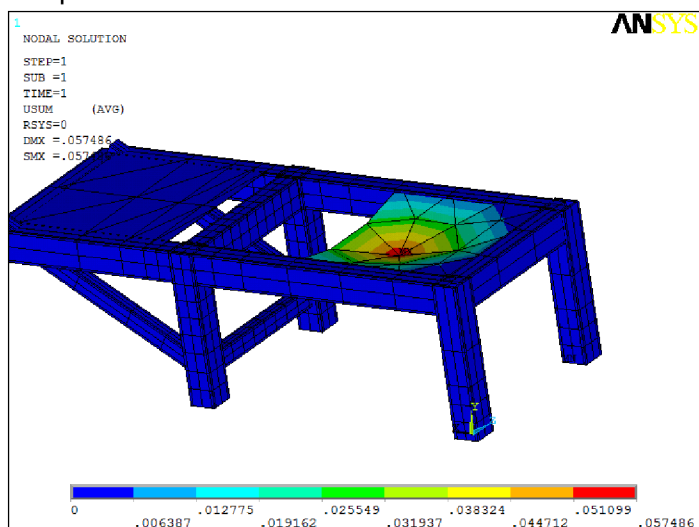
Výsledné uzlové posunutia rámu stola, keď neberieme do úvahy shell plochu, sa pohybujú v rozmedzí 0 – 0.6 mm. Na obr. 53 sú znázornené celkové uzlové posunutia .



Obr. 53. Uzlové posunutia rámu stola, situácia A

#### Situácia B

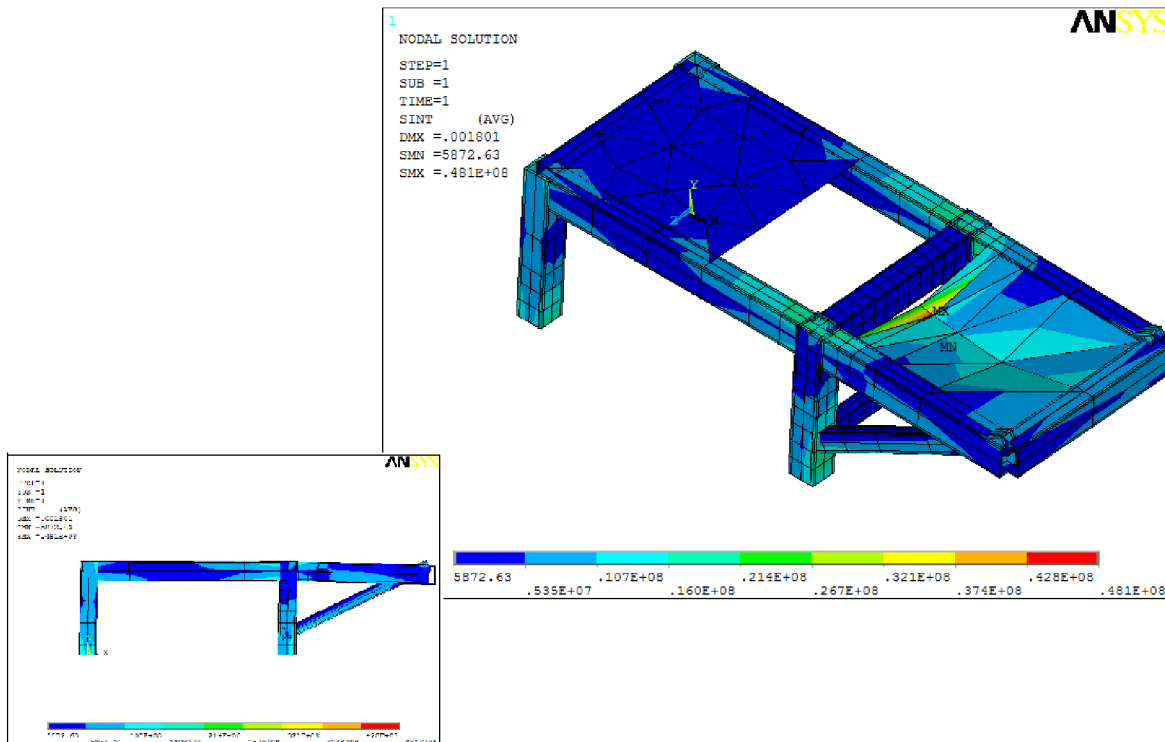
Ako je vidieť na obr. 54 rám je v tomto prípade predimenzovaný a pôsobiace zaťaženie nemá na rám skoro žiadny vplyv. V budúcnosti by sa možno dalo považovať o zmene profilov.



Obr. 54. Uzlové posunutia rámu stola, situácia B



### Situácia A

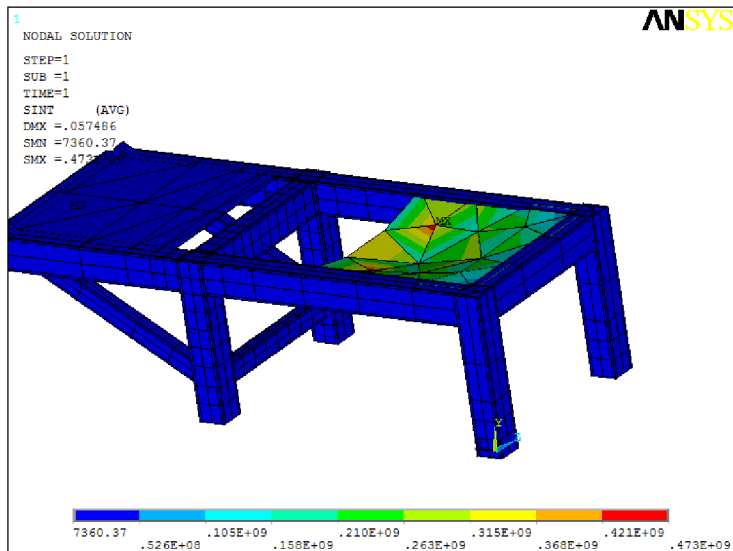


Obr. 55 Celkové napätie rámu stola , situácia A

Veľkosť napätia pôsobiaceho na rám stola je ťažko presne odčítať pohybuje približne v rozmedzí 5,9 kPa–4,8MPa. Najväčšie napätie vzniká v mieste na predných nohách rámu.

### Situácia B

Ako už bolo spomenuté konštrukcia stola pre túto situáciu je predimenzovaná.



Obr. 56 Celkové napätie rámu stola , situácia A



Dovolené striedavé zaťaženie pre ČSN 11 373 je 295MPa. Največšie zaťaženie vzniká pri situácii A a má hodnotu 4,8MPa z čoho vyplýva, že konštrukcia rámu stola pevnostne vyhovuje.

## 4.11 Návrh pracovného stola :

Pracovný stôl ma za úlohu presúvať sa medzi dvomi polohami pričom musí mať zabezpečenú dostatočnú tuhosť . V prvej polohe sa na pracovnú dosku umiestni ( zaplohuje ) jadrovník následne sa pracovný stôl presunie do polohy dva v ktorej prebieha samotné vstreľovanie respektíve vytvrdzovanie. Potom sa stôl vráti do prvej polohy kde sa vymení jadrovník a takto sa cyklus opakuje .

### 4.11.1 Voľba pracovnej dosky :

Keďže nie je zadefinované do akej pracovnej linky bude zapojený daný stroj (stupeň automatizácie danej linky) a ani spôsob polohovania rep. upínania pri návrhu som uvažoval hlavne medzi dvomi bežne používanými spôsobmi a to :

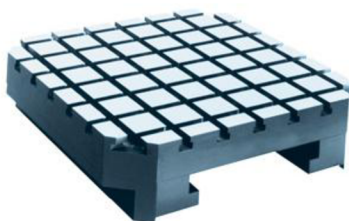
- 1) Pracovná doska s T drážkami
- 2) Vákuové upínanie

Vákuový upínací systém slúži hlavne na upínanie neželezných materialov . Využíva sa tu prednosť vákuového systému s manipulačnou jednoduchosťou. Pri vákuovom upínaní sa vytvára podtlak pod upínanou plochou , preto vzniká tlakový rozdiel medzi upínanou plochou a upínacou doskou. Tím je obrobok pritlačený na obrábací stôl .Vákuová doska má na hornej strane drážky a odsávacie otvory . Pomocou tesniacej gumy ide pripraviť jedno alebo viac poli pre uchytenie požadovaných tvarov. Všetky odsávacie otvory sú vzájomne prepojené. Jednoduché polohovanie pomocou otvorov pre kolíky alebo výškovo nastaviteľných bočných dorazov. Hlavnou nevýhodou je vysoká cena a potreba ďalších zariadení , náročné na údržbu.



Obr. 57 Vákuová upínacia doska [13]

Upínací systém pracovnej dosky s T drážkami sa skladá z dvoch častí a to základovej dosky a upínacích, dorazových prvkov. Základová doska má v smere X a Y normalizované drážky T do ktorých sa vsunú upínacie prvky. Prítlačnú silu na upínanú plochu (jadrovník) vyvíjajú mechanickou silou upínacie prvky.

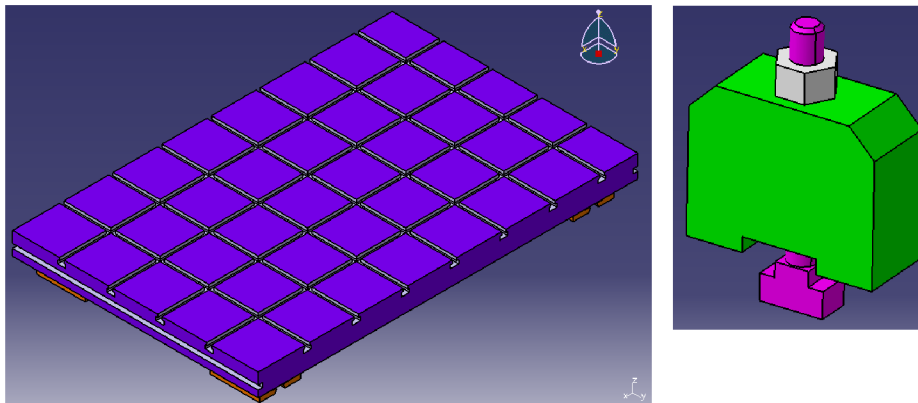


Obr. 58 Pracovná doska s T drážkami [14]

**Výsledný návrh:**

Zhora bude na jadrovník pôsobiť prítlačná sila vstreľovacej alebo vytvrdzovacej hlavy preto netreba upínať jadrovník silou, postačuje je zabezpečiť polohu jadrovníka voči vstreľovacej (vytvrdzovacej) hlave.

Rozhodol som sa použiť pracovnú dosku s T drážkami do ktorých sa upevnia dorazy v smere X+, Y+. Počet dorazov závisí od veľkosti rozmerov jadrovník. Tato možnosť je nenáročná na výrobu, zabezpečuje jednoduchú manipulovateľnosť z jadrovníkom, jednoduché a rýchle zakladanie, cenovo výhodná .

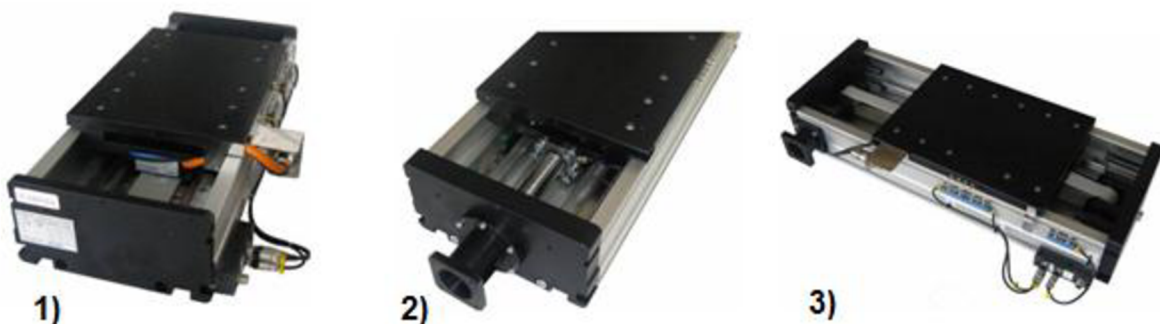


Obr. 59 Výsledný návrh dosky pracovného stola

**4.11.2 Návrh lineárneho vedenia pracovného stola .**

Vedenie bude pracovať v prašnom prostredí , statické zaťaženie pri pritlačovaní bude vysoké, dynamické zaťaženie bude malé . Z týchto základných požiadaviek vyplýva ,že najvhodnejším typom vedenia je lineárne klzné (suché) vedenie .

Profily klzných elementov v lineárnych klzných vedeniach môžu mať najrôznejšie tvary.



Obr. 60 Alternatívy pohonov [15]



**Lineárny pohon (Obr. 60-1)**

Lineárne osy s lineárnym pohonom sú určené pre vysoké polohovacie rýchlosti a pre menšie pohybové hmoty.

**Pohon pomocou kuličkového šróbu (Obr. 60-2)**

Lineárna osa s pohonom guľikovej skrutky je možné realizovať s pohonom guľikového šróbu alebo pohonom matice.

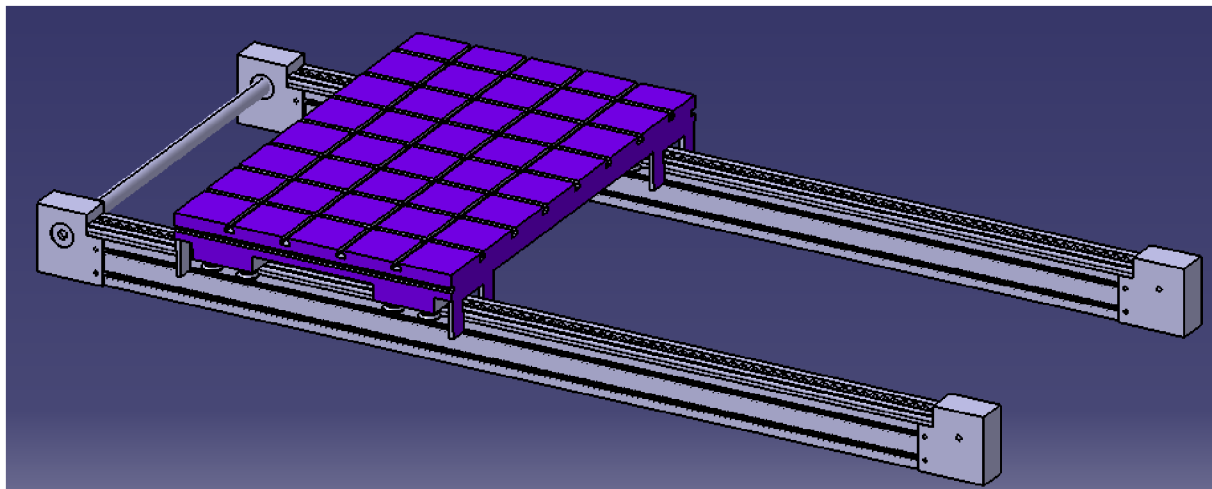
**Pohon pomocou ozubeného remeňa (Obr. 60-3)**

Stavba tohto typu lineárnej osy je vhodná pre rýchlu manipuláciu kde nie je potrebná opakovateľná presnosť jednotlivých opakovaní.

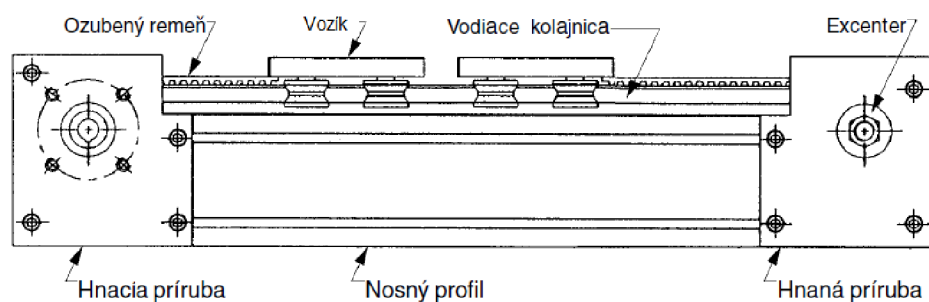
**Pohon pomocou ozubenej tyče (hřebeň)**

Prenos momentu jazca je riešený pomocou pastorka , ktorý zapadá do ozubenej tyče na lineárnej ose .

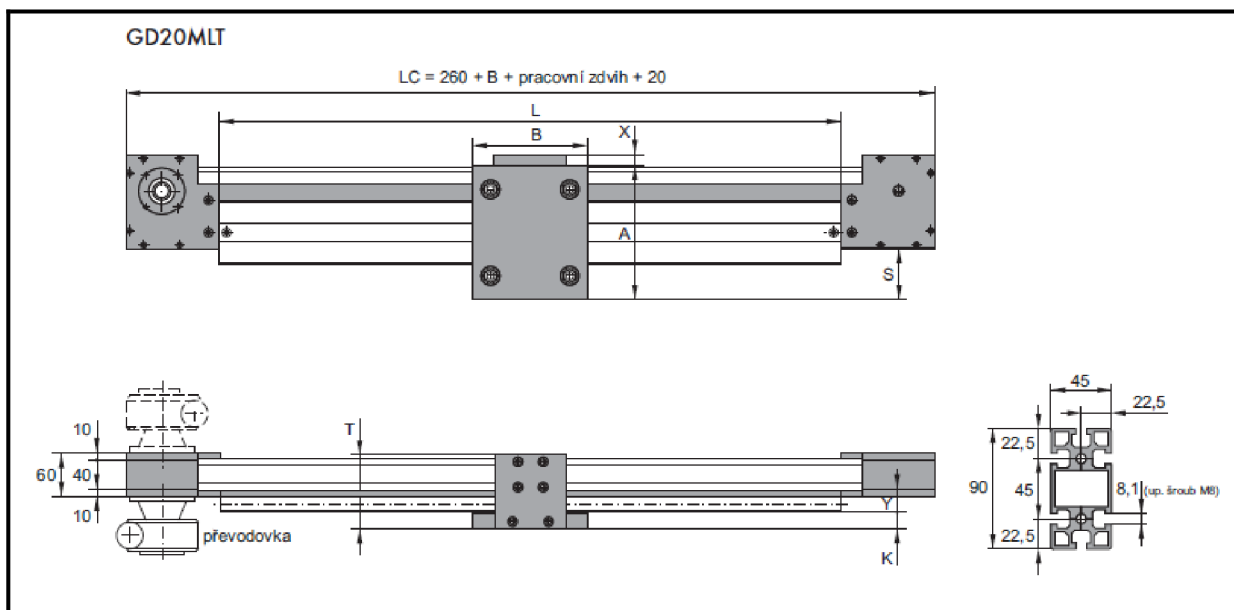
Na vstrel'ovací stroj bude použitý lineárny systém vedenia s rolkami a pohon cez remeň od spoločnosti Matis .Celkové rozmery a dovolené zaťaženie sú uvedené v tabuľke 8. Taktiež je tam uvedený typ použitého ozubeného remeňa ,nosný profil



Obr 61 3D Model usporiadania vedenia



Obr 62 Schéma usporiadanie vodiaceho systému od Matis



Obr. 63 Náčrt vodiaceho systému Matis [16]

Tab. 8 Rozmerové parametre systému MATIS

Označení	Rozměry [mm]								Řemen	Max. síla na řemeni [N]	Limitní síla na řemeni [N]	Hnací řemenice	1 otáčka hnacího hřídele [mm]	Rozsah vypnutí řemene [mm]
	A	B	øD <sup>H7</sup>	K	S	T	X	Y						
GD10CMLT	150	120	14-19	24	7,5	92	15	12,5	AT10/16	2190	7480	AT10-16-20	200	14
									AT10/25	3600	12400	AT10-25-20		

**Vozíky GDS :**

Sú zložené s nosnej dosky z ocele a vodiacich roliek s gotickým profilom na vonkajšom priemere . Dve rolky sú excentrickom a dve rolky v centrickom čape.



Obr. 64 Vozík GDS [16]



Obr. 65 Obojstranná koľajnica GD10[16]

**Vodiace koľajnice**

Tvar vodiacich koľajní GD10 je uvedení na Obr. 65

**Predpokladaná maximálna zaťažujúca statická sila na jeden vozík :**

$$F_{sta1} = \frac{F_{sta}}{4} = \frac{833,85}{4} = 208,46 \text{ N} \quad (22)$$

$$F_{sta} = m_{celST} \times g = 85 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 833,85 \text{ N} \quad (23)$$

$$m_{celST} = m_{PD} + m_J = 25 \text{ kg} + 60 \text{ kg} = 85 \text{ kg}$$

$m_{celST}$  - celková hmotnosť pôsobiaca na pracovný

$m_{PD}$  - hmotnosť pracovnej dosky

$m_J$  - maximálna hmotnosť jadrovníka

$F_{sta}$  - celková zaťažujúca statická sila (v ose y)

$F_{sta1}$  - zaťažujúca statická sila pôsobiaca na jeden vozík (v ose y)

**Dovolené zaťaženie :**

Maximálna sila na remeni :  $F_{RMAX} = 2190 \text{ N}$

Limitná sila na remeni :  $F_{RLIM} = 7480 \text{ N}$

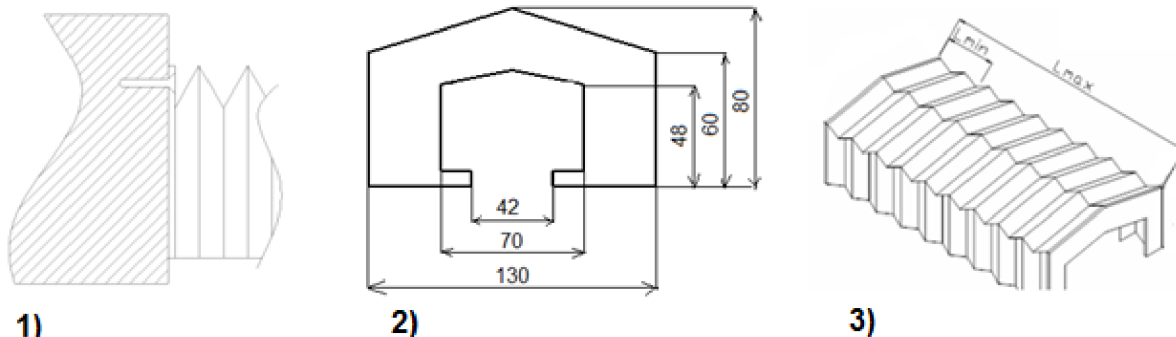
**Teoretická sila ktorú musí remeň prenieť :**

$$F_{TEO} = F_{sta} = 833,85 \text{ N}$$

$$F_{RMAX} \geq F_{TEO} = > \quad \mathbf{2190 \text{ N} \geq 834 \text{ N}}$$

**4.11.3 Krytovanie vodiacich častí :**

Vodiace kol'ajnice s remeňom je treba zakryť aby sa zamedzilo vniknutiu nečistôt čím bude zvýšená životnosť a taktiež nezanedbateľným poslaním mečov je ochrana obsluhy pred úrazom. Jednou s možností je použiť mechy ktoré sú elegantným, ľahkým a spoľahlivým spôsobom zakrytia horizontálnych lineárnych pojazdov . Mimo tuto základnú vlastnosť sa vyznačujú malými výstavbovými rozmermi , jednoduchou montážou a demontážou a dlhou životnosťou . Krycí mech je zhotovený z PLC rámčekov , ktoré sú tepelne spojené s krycou tkaninou . Tieto rámčeky určujú tvar krycieho mechu (Obr. 66-3) a spevňujú ho . Mechy sú zakončené kopovými prírubami(Obr. 66-2) a pripevnené k základu pomocou skrutiek(Obr. 66-1)



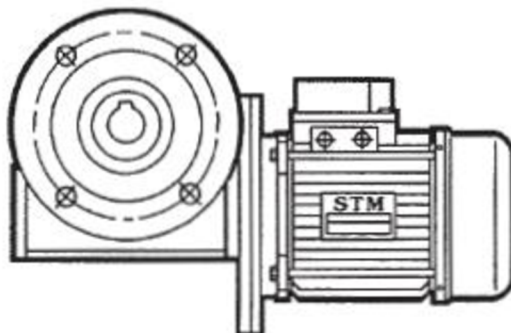
Obr. 66 Charakteristika mechu

Mech má na dolnej časti vodiace plochy ktoré sa zasúvajú do nosného profilu. Celé zakončenia a skladajúce sa rámčeky sú skryté na konci polohy (pri prírubu) v chrániči.

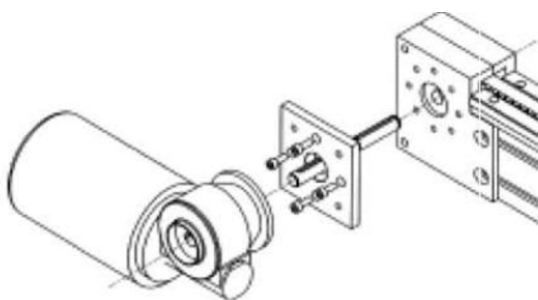
Situácia keď  $F_{sta}$  z celou svojou silou pôsobí len na jeden remeň je teoreticky najväčšie možné zaťaženie no v skutočnosti skoro nereálne. Vypočítaná sila má len informatívny charakter ak by sme chceli získať skutočnú silu ktorú remeň prenáša museli by sme uvažovať so súčinitelmi uhla opásania, prevádzkovej záťaže, dĺžky remeňa ...

#### Voľba prevodovky s motorom :

Pohon lineárneho vedenia zabezpečuje prevodovka RMI-28FL s elektromotorom 56C 4 ktorú doporučuje výrobca lineárneho systému.



Obr 67 Prevodovka RMI – 28 FL s elektromotorom 56C 4 [17]



Elektromotor je k nosnému prvku pripevnení štvorcovou prírubou cez skrutky M5. Hnací hriadeľ  $\phi 18$  mm ktorý spája obe remenice.

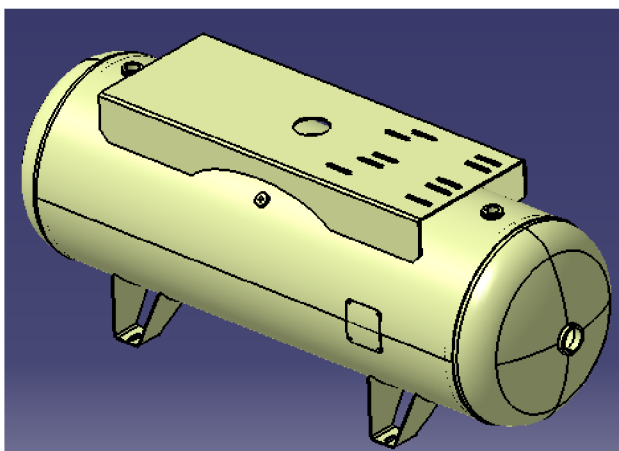
Obr. 67 Pripevnenie elektromotora



## 4.12 Zariadenia potrebné na výrobu CB jadier

### 4.12.1 Vzdušník:

Tlaková nádoba ( Obr. 68) má maximálny pracovný pretlak 1,0 MPa s teplotou média do 110°C. Je celozváraná, pozostávajúca z vonkajšieho plášťa skrúteného z oceleového plechu, uzatvoreného klenutými dnami. N nádobe je kontrolný a čistiaci prípoj DN 420. Tlaková nádoba je vybavená prípojmi pre prívod a odber pracovnej látky a prípojom na montáž poistného ventilu.



Obr. 68 Horizontálny zásobník vzduchu [18]

Tab.9 Charakteristika Tlakovej nádoby :

Výrobca /typ	Manchester Tank / CRN E7 399.2C
Objem	225 l
Celkové rozmery	1620 x 620 mm
Pracovný tlak	1,0 MPa

### 4.12.2 Splynovač

Medzi najdôležitejšie zariadenia metódy CB je generátor plynu, splynovač (obr. 69). Vlastný katalyzátor je tekutý, dobre sa odparuje pretože má nízky bod varu. Riadiaca jednotka podľa programu dodáva odparený katalyzátor v prúde nosného plynu. Zmes plynu je vedená do vytvrdzovacej hlavy a následne do vstreleného jadrovníku. Po reakcii je treba jadrovník prepláchnuť prúdom suchým vzduchom.





Obr.69 Splynovač Laempe LG+ [12]

Tabuľka 10 Charakteristika splynovacieho zariadenia Laempe LG+

Model	Laempe LG+
Rozmer vstupného potrubia	1"
Prietok čerpadla pre aminy	0,5 cm <sup>3</sup>
Prietok čerpadla pre systém BETASET	3,0 cm <sup>3</sup>
Rozsah regulácie pre proporcionálny tlak prepláchnutia	0,3 až 4,8 bar
Teplota ohrievača	Max 175°C
Tepelný výkon	3kW
Odporúčané množstvo zmesi na cyklus	60 kg
Celkové rozmery š x h x v	700x400x1000mm

Splynovač Obr. 69 vstrekuje tekuté médium do ohrievača , ktorý je chránený voči explózií . Množstvo plynu je určené predvoleným počtom jednotlivých vstrekovacích krokov . Médium tak má dostatok času aby sa z cela odparilo .Vzniknutý plyn je vytlačovaný stlačeným vzduchom do ohrievača . Plynná zmes ,ktorej tlak je ovládaný s pomocou proporcionálnych ventilov , sa vedie vytvrdzovacou hlavou do jadra . Čas vytvrdzovania a počet dávkovacích krokov sa nastavuje na ovládacom paneli vstrelovačky . Ohrievač má veľký objem . Preto hrozí že pri väčšom počtu krokov odparovania zrastie tlak a prestúpi sa rosný bod , obsah bude nasýtený a katalyzátor bude opäť kvapalný . Dôsledkom by bolo veľmi tvrdé jadro hore a nevytvrdené dole. Pri vytvrdzovaní jadier je treba dodržať aj ďalšie zásady . Aby sa zabránilo vytlačení jadrovej zmesi z jadrovníka do vytvrdzovacích otvorov , je potrebné zo začiatku katalyzátor dávkovať malým tlakom a neskôr dotvrdiť zvýšeným tlakom aby bola prekonaná reakcia katalyzátora a vytvrdenie dosiahlo aj vzdialené miesta.

#### Zachycovanie pár aminov ,:

Ak stroj nie je napojený na centrálny odsávací systém je potrebné ho dovybaviť externým odsávačom vzduchu

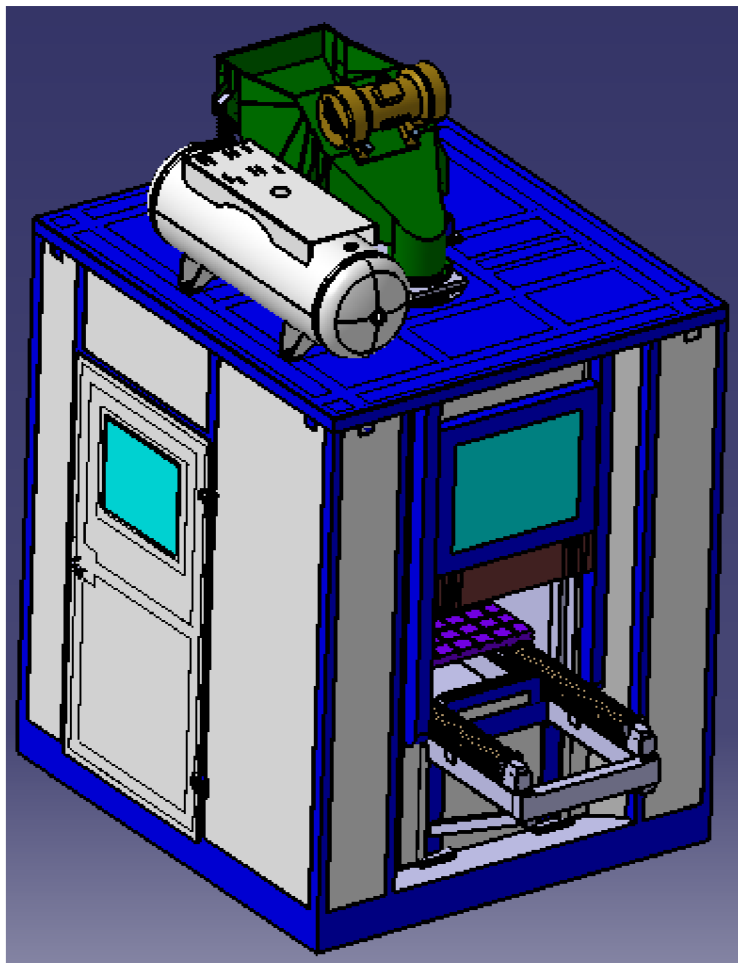
Samotná spôsob úpravy a recyklácie aminov ,prebieha na externom zariadení (kapitole 2.4).



### 4.13 Krytovanie stroja

Stroj je dôležité vybaviť opláštením aby bolo možné spoľahlivo odsávať vytvrdovací plyn a taktiež aby sa predišlo, minimalizovalo styku z nebezpečnými miestami( vid. Analýza rizík). Stroj taktiež obsahu dvere pre vstup do stroja aby ho bolo možné priebežne čistiť. Pri otvorení dverí sa automaticky zablokuje pohybový mechanizmus.

Tieto dvere spolu z výsuvnými dvermi sú vybavené magnetický bezpečnostným zámkom od firmy Siemens.



Obr. 70 Zakrytovanie vstreľovacieho stroja

### 4.14 Celkový 3D model

3D Model Vstreľovacie stroja bol vyhotovený pomocou programu CATIA V5 a nachádza sa v Prílohe 2.



## 5. Analýza rizík

Analýza významných nebezpečenstiev je vyhotovená podľa EN ISO 12100 typ normy A.

Tab. 11 analýza významných nebezpečenstiev

Analýza významných nebezpečenstiev			Vstrel'ovací stroj CB30
	Fázy životného cyklu stroja	Typ nebezpečenstva podľa EN ISO12100	Riziko/ Nebezpečný režim
1	Doprava, montáž		
1.1	Nakladanie, vykladanie, premiestnenie stroja,	Stlačenie, narazenie	Pri premiestňovaní stroja hrozí uvoľnenie stroja, (vplyvom zlého ustavenia stroja, nedržanie ergonomických zásad)
2	Uvedenie do prevádzky		
2.1	Pripojenie do elektrickej siete	Dotyk osôb zo živými časťami	Pri zapojovaní stroja k rozvodu elektrickej energie hrozí zásah el. prúdom
2.2	Kontrola pohybu vstrel'ovacieho ústrojenstva	Náraz, stlačenie, strih	Pri kontrole pohybového mechanizmu môže dôjsť ku kolízii
2.3	Kontrola pohybu lineárneho posuvného stola	Náraz, stlačenie	Pri skášaní posuvného stola môže prísť ku kontaktu
3	Prevádzka		
3.1	Hydraulické, pneumatické, spínanie vstrel'ovacej, vytvrdzovacej hlavy	Stlačenie, strih	Zásah obsluhy počas prevádzky
3.2	Pohyb výsuvných dverí	Stlačenie, strih	Poranenie v priestore uzatváracieho okraja
3.3	Porucha riadenia	Stlačenie, strih, náraz	Spadnutie vstrel'ovacej hlavy, vytvrdzovacej hlavy spôsobené poruchou zopnutia/riadenia
3.4	Piesok unikajúci cez deliace čiary medzi : vstrel'ovacou hlavou a jadrovníkom, časťami	Poranenie oči, tela	Pri vstrel'ovaní môže prísť k úniku jadrovej zmesi

	vstrel'ovacej komory, vstrel'ovacou hlavou a vstrel'ovacou komorou			
3.5	Hluk	Strata sluchu, stres, zníženie pozornosti		Hluk vznikajúci pri výrobných procesoch môže zapríčiniť rušenie komunikácie , akustických signálov
3.6	Deštrukcia tlakových častí	Náraz , zlomenie		Ak nie sú dodržané konštrukčné predpisy môže prísť k deštrukcii a následnom odlietavaní tlakových častí
3.7	Vdychovanie pár a výparov	Nevolaňosti , strata pozornosti		Pri vytvrdzovanom procese otváraní foriem, vyfúkavaní jadier,
4	Čistenie, údržba, úprava			
4.1	Úprava a oprava rozvodu električky.	Dotyk obsluhy zo živými časťami		Poškodené káble môžu spôsobiť zásah elektrickým prúdom
	Údržba, oprava prvkov hydraulickéj siete	Nebezpečenstvo vystreknutia		Nebezpečenstvo podráždenia pokožky, možnosť vstreku do tváre
	Údržba pneumatických prvkov	Nebezpečenstvo expanzie vzduchu		Nebezpečenstvo úrazu v dôsledku expanzie stlačeného vzduchu

Pre zistenie vzniku možných chýb a ich následkov je použitá metóda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Tab. 12 Pravdepodobnosť výskytu chyby

Pravdepodobnosť výskytu chyby	Číselná hodnota
Nepravdepodobná	1
Veľmi malá	2-3
Malá	4-6
Mierna	7-8
Vysoká	9-10



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tab.13 význam chýb

Vyzám Chyby	Číselná hodnota
Sotva postrehnutelný	1
Bezvýznamný	2-3
Stredne ťažký	4-6
Ťažký	7-8
Mimoriadne závažný	9-10

Tab.14 Pravdepodobnosť odhalenia chyby

Pravdepodobnosť odhalenia chyby	Číselná hodnota
nepravdepodobné	10
Veľmi malá	9
Malá	6-8
Mierna	2-5
Vysoká	1

Tab. 15 FMEA

Možná chyba	Možné následky chyby	Možné príčiny chyby	Význam chyby	Výskyt chyby	Odhaliteľnosť chyby	Rizikové číslo	Doporučené opatrenia	Význam chyby	Výskyt chyby	Odhaliteľnosť chyby	Rizikové číslo
Vstreľovacie zariadenie sa nepohybuje	Nefunkčnosť vstreľovania	Poddimenzované hydromotory	9	3	1	27	Výmena za hydromotory s väčšou silou	9	1	1	9
		Vzpriechenie mechanizmu	8	3	2	48	Predimenzovať vodiace tyče	8	1	2	16
		Zlyhanie hydraulických prvkov	7	4	4	112	Návod k obsluhu	7	2	2	28
Nepresné dosadenie vstreľovacej respektíve vytvrdzovacej hlavy	Strata tlaku v jadrovníku, nerovnomerné zahustenie jadrovníka	Nesprávne odmeriavanie polohy jadrovníka voči vstreľovaciemu mechanizmu	6	4	7	168	Pre nastavenie snímača, odmeriavanie iným spôsobom(snímačom)	6	2	4	48
		Zlyhanie hydraulického deliča prúdu	7	3	2	42	Delič s väčším prietokom	7	1	2	14
		Vzpriechenie pohybového mechanizmu	8	3	2	48	Predimenzovať vodiace tyče	8	1	2	16
		Deformácia hlavného rámu	8	2	6	96	Zmena profilov, rebrovanie	8	1	6	48
		Deformácia rámu stola	6	3	6	108	Zmena profilov, rebrovanie	6	2	6	72
		Nesprávne	4	6	8	192	Návod k obsluhu	4	3	4	48





DIPLOMOVÁ PRÁCE

		zapoločovanie jadrovníka na pracovní stůl										
		Deformácia vstrefovacej/v ytvrdzovacej hlavy	5	4	3	60	Konstrukčné úpravy	5	2	3	30	
		Deformácia jadrovníka	4	5	3	60	Konstrukčné úpravy	4	3	3	36	
Nefunkčnosť vedenia vytvrdzovacej hlavy	Zaseknutie vstrefovacej hlavy	Nevyhovujúci pneumatický piest	8	3	6	144	Zväčšenie priemeru piesta	8	2	6	96	
		Nevyhovujúce vedenie hlavy	7	4	6	168	Použitie vedenia pre väčšie zaťaženie	7	2	6	84	
		Nesprávne pozícia působenia pohonu vedenia a ťažiska vstrefovacej hlavy	4	6	7	168	Zmena polohy působenia pohonu vedenia	4	3	7	84	
Vibrácie stroja	Strata , pevnosti, ovplyvňovan ie iných zariadení v okolí stroja	Nesprávne uloženie vibračného dávkočaca	6	3	3	54	Konstrukčné úpravy	6	2	3	36	
		Dynamická stabilita stroja	8	2	9	144	Zmena profilov, materiálu , rebrovanie	8	1	9	72	
Nefunkčnosť vedenia pracovného stola	Zaseknutie pracovného stola	Nevyhovujúce vedenie	7	5	6	210	Nahradenie vedenia	7	3	6	126	
		Pretrhnutie ozubeného remeňa	8	3	1	24	Krytovanie	8	1	1	8	
		Zanesenie vedenia veľkým množstvom nečistôt	3	8	8	192	Krytovanie , pravidelné čistenie	3	4	4	36	
		nevyhovujúci pohon stola	7	3	3	63	Pohon s väčším výkonom	7	2	3	42	
Súčet rizikových čísiel						2128					948	

Po vykonaní protipatrení klesne riziko o 55,4%



## 6. Závěr

Cieľom práce bolo konštrukčne navrhnuť vstreľovací stroj s posuvnou vstreľovacou hlavou.

V úvode sú načrtnuté základná funkcia vstreľovačiek, typy, spôsoby vytvrdzovania. Ďalej pokračuje konštrukčná časť kde sú najskôr vyhodnotené základné požiadavky s ktorých vyplynulo, že sa bude jednať o jednoplochový vstreľovací stroj, s posuvnou vstreľovacou hlavou, využívajúci metódu Cold – Box. Nasleduje postupný návrh jednotlivých častí vstreľovačky ako sú vibračný zásobník, vstreľovacia komora, vstreľovacia hlava, vytvrdzovacia hlava, vzdušník, ...

Najviac pozornosti práca venuje pevnostnej analýze rámu vstreľovacieho stroja za použitia metódy konečných prvkov, výpočtového programu ANSYS 13.0. Z analýzy vyplynulo, že hlavný rám bude zaťažený napätím o veľkosti 13MPa pričom dovolené napätie je 295 z čoho vyplýva vyhovujúci pevnostný stav. Napätie v ráme stola má malé hodnoty z čoho by sa do budúcnosti dalo premýšľať o predimenzovaní pracovného stola.

Veľká pozornosť bola taktiež venovaná mechanizmu na zdvíhanie vstreľovacieho zariadenia. Z výpočtov vyplynulo, že zariadenie bude dvíhané 2 hydraulickými valcami o priemere 50mm zo zdvihom 250mm ktoré majú zabezpečený synchronný pohyb vďaka deliču prúdu a sú zaistené hydraulickým zámkom.

Taktiež bolo vykonaných niekoľko kontrolných výpočtov hlavne na vedení stola ako aj na lineárnom vedení vytvrdzovacej hlavy.

Na záver bola vyhotovená analýza rizík.

Celkový návrh stroja má len orientačný význam, pretože niektoré faktory ovplyvňujúce proces a následne tým aj konštrukciu sa dajú zistiť len experimentálne v praxi. Vývoj vstreľovacích strojoch smeruje k tomu aby boli schopné využívať niekoľko vytvrdzovacích metód na jednom stroji.



## 7. Zoznam použitých zdrojov

- [1] CHRÁST, Jaroslav. *Slévarenská Zařízení*. Brno : Cern, 2006 Zařízení jaderen, s. 197-212.
- [2] KOREŇ, Juraj. *Projektovanie a zariadenie zlievarní*. Košice : Edičné stredisko TU v Košiciach, 1991, vydanie 3.
- [3] SLÁDEK Augustín. *Zlievanie*. Žilina, Edičné stredisko ŽU v Košiciach 2002
- [4] MAREK, Jiří. A kol. *Konstrukce CNC obrábacích stroju*. 2010, MM Publishing
- [5] Benča, Štefan , *Výpočtové postupy MKP pri riešení lineárnych úloh mechaniky* :Bratislava . Vydavateľstvo STU , 2006
- [6] Ecochemica [ONLINE], *Vzduchočistiaca technika, popis funkcie Venturi taver*, Dostupné na WWW: <http://www.ecochimica.com/eng/VENTURI%20QUENCHER%20SERIE%20VQC-hi.php>.
- [7] Vorlex [ONLINE], *Pusúvacie ventily*, Dostupné na WWW: [http://www.vortexvalves.com/pressure\\_slide/qsorifice\\_gate.php](http://www.vortexvalves.com/pressure_slide/qsorifice_gate.php)
- [8] GMS [ONLINE], *Hadice, Charakteristika hadíc*, Dostupné na WWW: <http://www.gms.cz/cz/vyrobek/20579-streetmaster-press-profi>
- [9] IGUS [ONLINE], *Lineárne vedenie*, Dostupné na WWW: <http://www.igus.de/wpck/default.aspx?pagenr=1853>
- [10] SMC [ONLINE], *Pohony lineárnych vedení*, Dostupné na WWW: <https://webshop.smc-cee.com/default.aspx?language=CZ>
- [11] SEND TEAM [ONLINE], *Vstrel'ovacie stroje*, Dostupné na WWW: <http://www.sandteam.cz/nase-sluzby/vstrel'ovacky>
- [12] LAEMPE [ONLINE], *Vstrel'ovacie stroje*, Dostupné na WWW: <http://www.laempe.com/en/products/core-solutions/coreproduction/>
- [13] NAROS [ONLINE], *Pneumatické upínanie*, Dostupné na WWW: [http://www.naros.cz/katalog/Prospekt\\_Vakuum\\_CZ.pdf](http://www.naros.cz/katalog/Prospekt_Vakuum_CZ.pdf)
- [14] HEBERKORN [ONLINE], *Pracovná doska z T drážkami*, Dostupné na WWW: <http://www.haberkorn.cz/sk/upinacie-systemy/>
- [15] TEA TECHNIK [ONLINE], *Pohody vedenia*, Dostupné na WWW: <http://www.teatechnik.sk/>
- [16] MATIS [ONLINE], *Lineárne vedenia*, Dostupné na WWW: <http://www.matis.cz/cs/produkt/gdm-vedeni-s-rolnami-a-pohonem>
- [17] SJT Moldava [ONLINE], *Prevodovka s elektromotorom*, Dostupné na WWW: <http://www.sjt-moldava.sk/zavitovkove-prevodovky-RI-RMI.php>
- [18] MANTANK [ONLINE], *Vzdušník* , Dostupné na WWW: <http://www.mantank.com/products/pressurevessels/horizontal.html>
- [19] GIFOS [ONLINE], *Vzdušník* , Dostupné na WWW: <http://www.gifos.eu/>
- [20] STRÁNSKY A PETRLÍK [ONLINE], *hydraulické valce* , Dostupné na WWW: <http://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/pneumaticke-valce/technicke-informace-valce/>



## 8. Zoznam použitých symbolov a skratiek

Symbol	Jednotka	Názov
$m_{cel}$	kg	Celková hmotnosť pôsobiaca na vedenie
$m_{VH}$	kg	Hmotnosť vytvrdzovacej hlavy
$m_{prit}$	kg	Prítlačná sila
$F_{sta}$	N	Celková zaťažujúca statická sila (v ose y)
$F_{sta1}$	N	Zaťažujúca statická sila pôsobiaca na jeden vozík (v ose y)
$C_{oy}$	N	Dovolené statické namáhanie pre jeden vozík (v ose y)
$p_v$	MPa	Tlak vzduchu vo valci
$F_s$	N	Teoretická statická sila
$S_p$	mm <sup>2</sup>	Plocha piesta
$F_{vys}$	N	Sila valca pri vysúvaní
$F_{zas}$	N	Sila valca pri zasúvaní
$T_2$	N	Teoretická trecia sila pri zasúvaní
$d_p$	m	Priemer piestnej tyče
$Q$	l <sub>n</sub> /min	Spotreba vzduchu
$H$	mm	Zdvih
$n$	1/min	Predpokladaný počet jednotlivých zdvihov za minútú
$F_K$	N	Kritická sila
$E$	MPa	Modul pružnosti
$J$	mm <sup>4</sup>	Kvadratický moment prierezu
$l_k$	mm	Kritická dĺžka
$v_{VYS}$	m/s	Rýchlosť pri vysúvaní
$v_{ZAS}$	m/s	Rýchlosť pri zasúvaní
$F_u$	n	Uzatváracia sila piestu
$\sigma_{dov}$	MPa	Dovolené napätie v ťahu
$\rho_D$	MPa	Dovolené napätie na otláčenie
$\lambda_{dov}$	MPa	Dovolené napätie v strihu
$D\check{c}$	mm	Priemer čapu
$S_t$	m <sup>2</sup>	Strižná plocha
$m_{celST}$	kg	Celková hmotnosť pôsobiaca na pracovný
$m_{PD}$	kg	Hmotnosť pracovnej dosky
$m_J$	kg	Maximálna hmotnosť jadrovníka
$F_{stav}$	N	Celková zaťažujúca statická sila (v ose y)
$F_{sta1v}$	N	Zaťažujúca statická sila pôsobiaca na jeden vozík (v ose y)



## 9. Zoznam obrázkov

Obr. 1. Prehľad metód na výrobu jadier [1]	14
Obr. 2 Najčastejšie používané vstreľovacie ventily [1]	17
Obr. 3 Ovládanie vstreľovacej komory bez puzdra	17
Obr. 4 Zhutňovanie CB jadier	17
Obr. 5 Schéma vstreľovacieho ventilu (Loramendi ABS) [1]	18
Obr. 6 Výmenné vstreľovacie hlavy [2]	19
Obr. 7 Príklad plnenia otvoreného jadrovníka [2]	19
Obr. 8 Príklad plnenia uzavretého jadrovníka [2]	19
Obr. 9 Niektoré možnosti odvzdušnenia jadrovníka. [2]	20
Obr. 10 Odvzdušňovacie sitko a odvzdušňovacia doska [2]	20
Obr. 11 Automatická výmena zvisle delených jadrovníkov [1]	22
Obr. 12 Výmena vstreľovacej hlavy [1]	22
Obr. 13 Univerzálni vstreľovací CB stroj (Roperwerk HM) [1]	22
Obr. 14 Karuselové vstreľovacie stroje na výrobu CB jadier	23
Obr. 15 Šesťpolohový karuselový vstreľovací stroj HB[1]	24
Obr. 16 Vstreľovací stroj s presunom jadrovníkov [1]	24
Obr. 17 Vstreľovacia jednotka (Laempe, séria L) [1]	25
Obr. 18 Produkcia CB jadier, výrobné fázy vstreľovačky. [1]	25
Obr. 19 Vytvrdzovací cyklus .[1]	25
Obr. 20 Pračky aminov	27
Obr. 21 Náčrt VENTURI TOWER VTW [6]	27
Obr. 22 Diskretizácia telesa na konečné prvky. [4]	28
Obr. 23 Popis vstreľovacieho stroja	29
Obr. 24 Vibračný dávkovač	30
Obr. 25 Posúvací ventil Vortex® Quantum™	31
Obr. 26 Prvky spojenie medzi dvoma plochými posúvačmi	31
Obr. 27 Zjednodušený 3D model vstreľovacej komory	32
Obr. 28 Zjednodušená schéma vstreľovacieho zariadenia	32
Obr. 29 Vstreľovacia hlava	33
Obr. 30 Vytvrdzovacia hlava	33
Obr. 31 DryLin® T	34
Obr. 32 Schéma Lineárneho vedenia	35
Obr. 33 Dovolená statická únosnosť vedenia DryLin	36
Obr. 34 Graf Prípustnej dynamickej únosnosti	36
Obr. 35 Uvažované pohony	37
Obr. 36 Graf kontroly priemeru piestnice na vzperu	39
Obr. 37 Schéma pohybového mechanizmu	40
Obr. 38 Pomocná konštrukcia	40
Obr. 39 Alternatívy rozmiestnenia hydraulických valcov	41
Obr. 40 Náčrt uchytenia hydraulickej tyče	43
Obr. 41. Alternatívy rámov pre vstreľovacie	44
Obr. 42 Model rámu stroja	45
Obr. 43 Náčrt profilov tyčí	45
Obr. 44 Model vytvorený z čiar	46
Obr. 45 Diskretizácia modelu	46
Obr. 46 Celkové uzlové posunutie	47





## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Obr. 47 Uzlové posunutia v osiach x, y, z	47
Obr. 48 Celkové napätie	48
Obr. 49 Celkové napätie	48
Obr. 50 Najväčšie napätie v hlavnom ráme	49
Obr. 51 Model vytvorený z čiar	50
Obr. 52 Model rámu stola	50
Obr. 53 Uzlové posunutia rámu stola, situácia A	50
Obr. 54 Uzlové posunutia rámu stola, situácia B	51
Obr. 55 Celkové napätie rámu stola , situácia A	51
Obr. 56 Celkové napätie rámu stola , situácia A	52
Obr. 57 Vákuová upínacia doska	53
Obr. 58 Pracovná doska s T drážkami	53
Obr. 59 Výsledný návrh dosky pracovného stola	54
Obr. 60 Alternatívy pohonov	55
Obr. 61 3D Model usporiadania vedenia	55
Obr. 62 Schéma usporiadanie vodiaceho systému od Matis	55
Obr. 63 Náčrt vodiaceho systému Matis	55
Obr. 64 Vozík GDS	56
Obr. 65 Obojstranná koľajnica GD10	56
Obr. 66 Charakteristika mechu	57
Obr. 67 Prevodovka RMI – 28 FL s elektromotorom 56C 4	58
Obr. 68 Horizontálny zásobník vzduchu	58
Obr. 69 Splynovač Laempe LG+	59
Obr. 70 Zakrytovanie vstrel'ovacieho stroja	60



## 10. Zoznam tabuliek

Tab. 1	Charakteristika vibračného dávkovača	30
Tab. 2	Charakteristika posúvacieho ventilu	31
Tab. 3	Charakteristika posúvacieho ventilu	32
Tab. 4	Charakteristika vstreľovacej komory ventilu	33
Tab. 5	Charakteristika lineárneho vedenia DryLin®	34
Tab. 6	Výstup DryLin Expert 2.0	35
Tab. 7	Veľkosti profilov	45
Tab. 8	Rozmerové parametre systému MATIS	56
Tab. 9	Charakteristika Tlakovej nádoby	58
Tab. 10	Charakteristika splynovacieho zariadenia Laempe LG+	58
Tab. 11	Analýza významných nebezpečenstiev	61
Tab. 12	Pravdepodobnosť výskytu chyby	64
Tab. 13	Význam chýb	64
Tab. 15	FMEA	64



## 11. Zoznam príloh

- PRILOHA 1 Výkresová dokumentácia : Zostava stroja  
Doska stola  
Vstreľovacia hlava
- PRILOHA 2 Celková charakteristika vstreľovacieho stroja
- PRILOHA 3 NOSIČ s 3D Modelom vstreľovacieho stroja