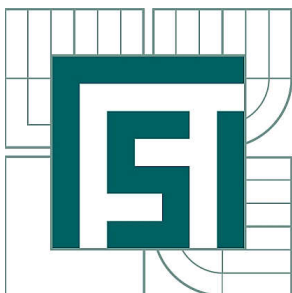


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

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

KONSTRUKČNÍ NÁVRH VSTŘELOVACÍHO STROJE S PEVNOU VSTŘELOVACÍ HLAVOU O OBJEMU 30DM³

DESIGN OF CORE SHOOTING MACHINE WITH A FIXED HEAD WITH A CAPACITY 30DM³

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL MÁTL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Pavel Mátl

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Konstrukční návrh vstřelovacího stroje s pevnou vstřelovací hlavou o objemu 30dm³

v anglickém jazyce:

Design of core shooting machine with a fixed head with a capacity 30dm³

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proved'te 3D konstrukční návrh vstřelovacího stroje pro výrobu jader ve slévárenství. Pro navržený stroj proved'te pevnostní analýzu vybraných částí pomocí MKP.

Podrobněji rozpracujte výrobní výkresy vybraných komponent.

Cíle diplomové práce:

1. Zpracujte 3D model vstřelovacího stroje pro výrobu jader ve slévárenství.
2. Proved'te základní výpočty vybraných funkčních částí zařízení.
3. Pro navržený stroj proved'te pevnostní analýzu vybraných částí konstrukce pomocí MKP.
4. Podrobněji rozpracujte výrobní výkresy vybraných komponent.
5. Pro navržené zařízení částečně rozpracujte analýzu rizik.

Seznam odborné literatury:

Internetové zdroje

Firemní materiály

Vedoucí diplomové práce: Ing. František Bradáč, Ph.D.





Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 9.12.2011

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Tato diplomová práce pojednává o vstřelovacím stroji s pevnou vstřelovací hlavou o objemu 30dm³. Úvodní část práce se zabývá vývojem slévárenství, rozdělením a vývojem strojů sloužícím k výrobě jader a technologiemi výroby jader. Dále se okrajově zabývá vstřelovacími stroji. Popisuje princip činnosti univerzálního jednopohového vstřelovacího CB stroje pro svisle a vodorovně dělené jaderníky. Obsahuje trojrozměrný konstrukční model s popisem jednotlivých částí a pevnostní analýzu vybraných dílů provedenou metodou konečných prvků.

Klíčová slova





Vstřelovací stroj, Vstřelovací komora, Výroba jader

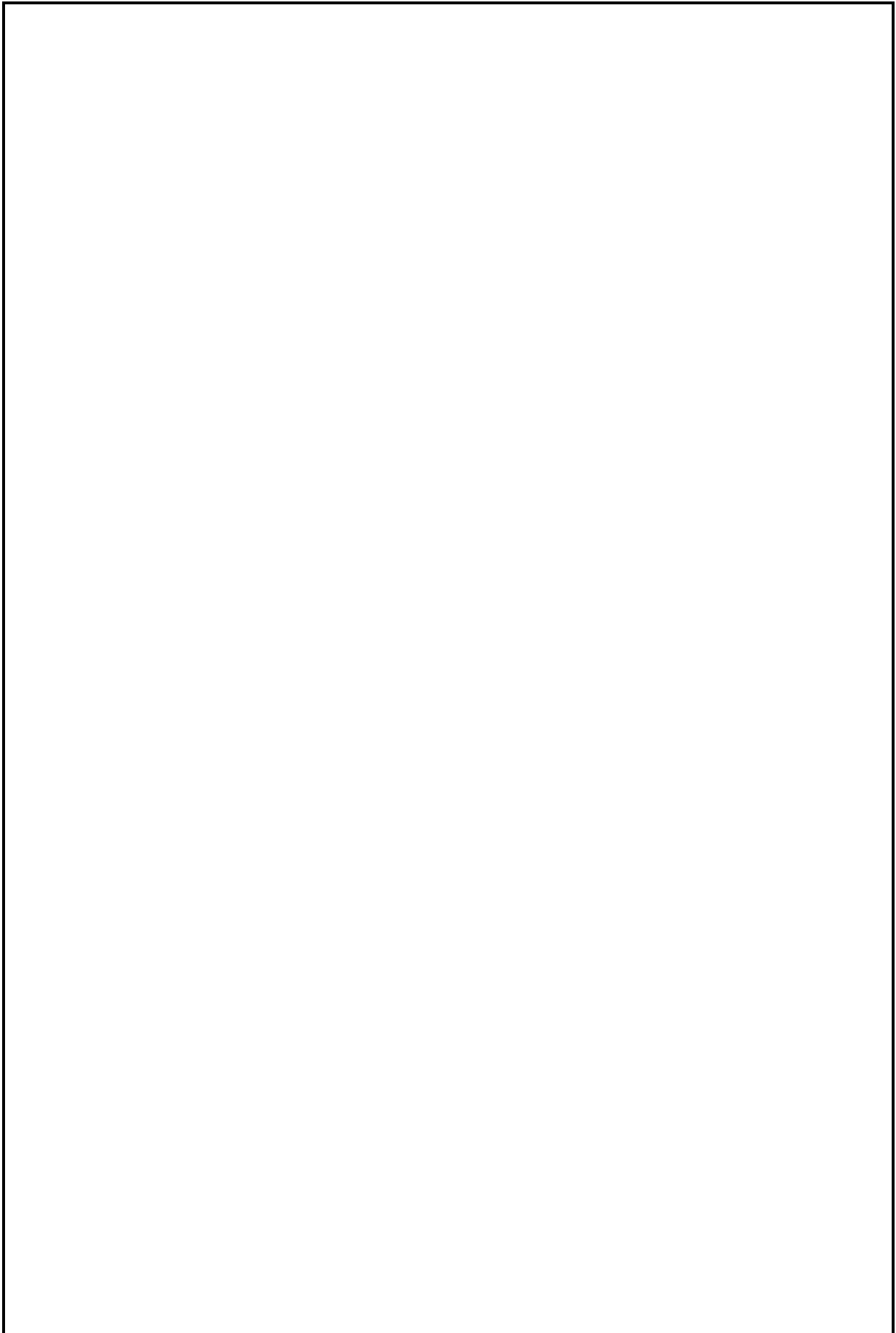
ABSTRACT





This diploma thesis deals with core shooter with stationary shooting head with a volume of 30dm³. Introductory part is about development of the foundry industry, division and development of the machines for the core shooting and about technologies of the core production. It also marginally deals with core shooters. It describes the operation principle of a single position CB core shooter for vertically and horizontally divided cores. The thesis includes three-dimensional constructional design with a description of all parts and stress analysis of chosen components performed by using finite element method.

Key words

Core shooter, shooting chamber, core production





 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

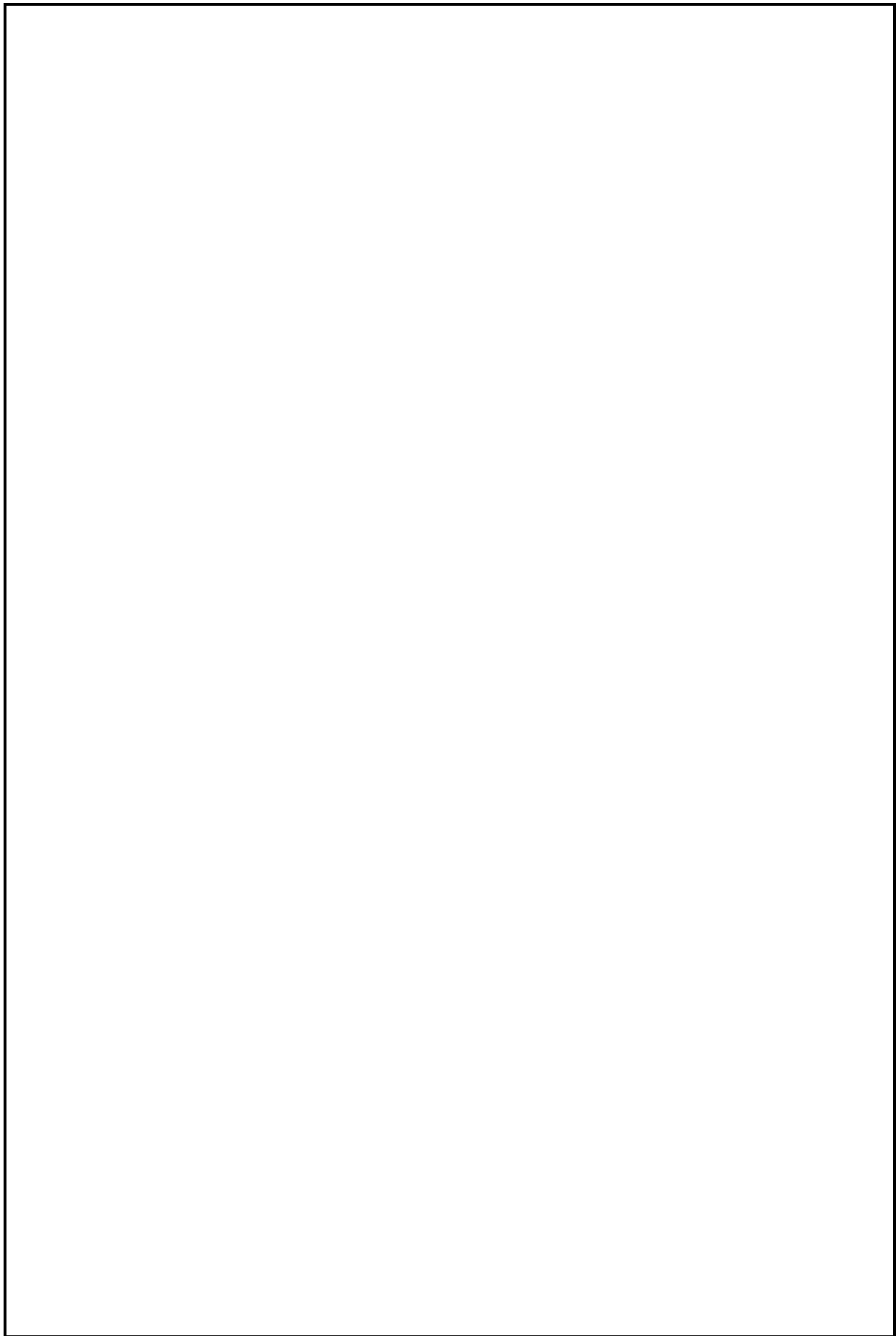



 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MÁTL, Pavel. Konstrukční návrh vstřelovacího stroje s pevnou vstřelovací hlavou o objemu 30dm³: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 88 s. Vedoucí diplomové práce: Ing. František Bradáč, Ph.D.

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Konstrukční návrh vstřelovacího stroje s pevnou vstřelovací hlavou o objemu 30dm³* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Františka Bradáče, Ph. D., a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2013

.....
podpis




PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu. Ing. Františku Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení a ochotný přístup při vypracování diplomové práce.

OBSAH

1. Úvod.....	13
2. Vývoj a význam slévárenství	14
3. Výroba jader.....	15
3.2 Rozdělení výroby jader dle použité technologie	17
3.2.1 Vstřelování CB jader a jejich vytvrzení.....	17
3.2.2 Vstřelování HB jader a jejich vytvrzení.....	18
4. Vstřelovací stroje.....	19
4.1 Jednopolohové vstřelovací stroje	19
4.2 Vícepolohové vstřelovací stroje	20
5. Konstrukční návrh vstřelovacího stroje s pevnou vstřelovací hlavou	21
5.1. Rám vstřelovacího stroje	22
5.1.1. Pevnostní analýza rámu MKP	24
5.2. Přítlačný stůl	28
5.2.1 Uzavírací síla stolu.....	29
5.2.2. Pevnostní analýza stolu MKP	32
5.2.3. Vynášecí stůl.....	34
5.2.4. Lineární vedení výsuvné desky vynášecího stolu	35
5.3. Upínače	37
5.3.1. Pevnostní analýza upínačů MKP	40
5.4. Vstřelovací komora.....	43
5.4.1. Kontrola vstřelovací komory na tlak	44
5.5. Vstřelovací hlava	45
5.6. Vytvrzovací deska	45
6. Analýza rizik.....	48
6.1. Management rizika vstřelovacího stroje.....	49
6.2. Popis zařízení.....	50
Vymezení prostoru	52
Vymezení doby	52
Vymezení používání	53
6.3. Seznam normativních dokumentů	54
6.4. Identifikace nebezpečí	55
6.5. Odhad rizika a kroky k jeho snížení.....	59
7. Závěr	60
8. Seznam použitých zdrojů	61

9. Seznam použitých zkratk a symbolů	62
10. Seznam obrázků a grafů	64
11. Seznam tabulek	65
12. Seznam příloh	65

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1. Úvod

Slévárenství je výrobní proces, který využívá v nejvyšší míře automobilový průmysl, stavebnictví a těžké strojírenství. Jedná se o způsob výroby, který zahrnuje několik výrobních procesů, mezi něž patří i výroba jader. Jádrem úplně nebo jen z části obklopuje vlitý kov.

Současný vývoj oboru klade požadavky na ekologičnost celého procesu a vzrůstající nároky na rychlost výroby a kvality.

Diplomová práce se v první části věnuje historii a vývojem slévárenství, zaměřené především na výrobu jader. Stručně popisuje jednotlivé typy procesů přípravy směsi, vytvrzování jader, s ohledem na jejich následovnou rozpadavost, a s tím související konstrukční provedení vstřelovacích strojů pracujících s různými technologiemi.

Mezi nejrozšířenější způsob výroby jader je jejich vstřelování do jaderníku. K tomuto účelu slouží vstřelovací stroje rozličných konstrukcí zaměřené na konkrétní technologii výroby jader s přihlédnutím na kladené požadavky uspořádání jaderníků, velikost jader a sériovost výroby.

Cílem této práce je konkrétní návrh vstřelovacího stroje s pevnou vstřelovací hlavou a výsuvným pracovním stolem. Vstřelovací stroj pracuje v několika cyklech, které začínají vysunutím vyvážecího stolu ze stroje, na který je obsluhou sestaven jaderník, následuje zasunutí do stroje a sevření jaderníku bočními upínači. Celý stůl je i s upínači a jaderníkem dotlačen ke vstřelovací hlavě. Do vstřelovací komory je přes ventil vpuštěn vysoký tlak, který způsobí vstřel směsi do jaderníku. Po zaplnění volného prostoru následuje uvolnění jaderníku od vstřelovací hlavy, nad jaderník se vysune vytvrzovací hlava, která je opět přitlačena stolem k hlavě vstřelovací. Přes vytvrzovací desku dochází k průplachu jádra vytvrzovacím plynem. Po vytvrzení sjede stůl do spodní polohy a přes otevřené dveře se vysune vyvážecí stůl za stroje. Cyklus se následně opakuje.

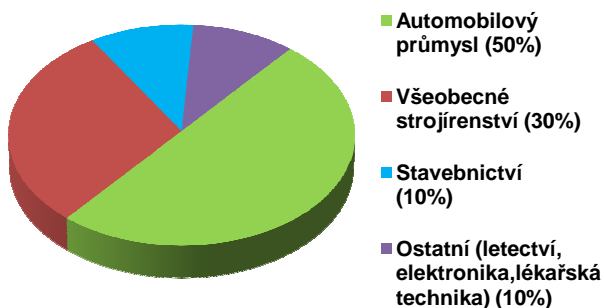
Vývoj směřuje k zrychlení celého procesu při zachování nárůstu kvality jádra a zachování jeho požadovaných vlastností, s ohledem na zvyšující se nárok na ekologičnost výroby.



2. Vývoj a význam slévárenství

Největší rozmach zažívá slévárenství na přelomu 19. a 20. století především vlivem rozvíjejícího automobilového průmyslu, v českých zemích nastává v padesátých letech minulého století. Slévárenství představuje velmi složitý soubor dílčích, často značně odlišných procesů s vlastním vědním zázemím, jako jsou například fyzikální chemie, fyzika kovů, nauka o materiálech, mineralogie, hydromechanika, termomechanika, automatizace a jiné. [1]

Využití slévárenství v průmyslu



Obr. 1 Podíl hlavních odvětví průmyslu na slévárenství

Slévárenská výroba je na rozdíl od běžné strojírenské víceetapová a probíhá v řadě fází. Např. výroba forem a jader jsou její další stupně. Kromě klasického způsobu výroby odlitků do pískových forem pojených bentonitem se používá řada jiných progresivních metod výroby netrvalých forem. Netrvalými se rozumí formy, které slouží k výrobě jednoho odlitku. Vyrábí se z formovacích hmot různými technologiemi. [1]

Trvalé formy, zpravidla kovové, slouží k výrobě sérií odlitků, řádově $10-10^5$ kusů (kolíkové a tlakové lití). Životnost forem závisí na složitosti odlitku, odlévané slitině a na dalších faktorech. Gravitačně se odlévají formy v normálním tíhovém poli. Existují speciální technologie, kdy je kov dopraven a tuhne ve formě působením jiných sil. Tohoto efektu se využívá ve slévárnách odstředivého a tlakového lití. [1]

Slévárny se dají v aplikovaných procesech rozdělit podle typu tavicích pecí (kuplovna, elektrická pec, rotační pec atd.) a druhu formy (netrvalá či trvalá). Slévárny je možno rozdělit podle různých hledisek, mezi něž patří především druh odlévaného materiálu, velikost odlitků, roční produkce, sériovost technologie výroby odlitků. [2]

Automatizované slévárny pracují většinou pro automobilky. V současnosti je největší pokrok zaznamenáván použitím výpočetní techniky, a to jak pro vlastní výrobu, tak pro obchodní činnost. Uplatnění systému CIM (Computer Integrated Manufacturing), pružných výrobních systémů, či jejich jednotlivých modulů umožňuje rychle reagovat na požadavky trhu. Nejvyšší stupeň automatizace mají formovací linky a centra na výrobu jader. [1]



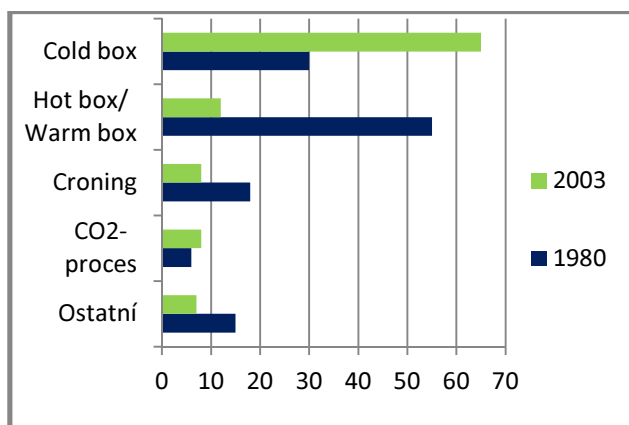
3. Výroba jader

Jádra jsou části formy obklopené úplně nebo z části vlitým kovem. Zakládají se do forem pro duté odlitky nebo do forem s různě složitými tvary, které nelze odformovat (nepravá jádra). Při odlévání jsou namáhána vztlakem a nárazem tekutého kovu, protože mají nižší hmotnost než tekutý kov. Jádra se vyrábějí mimo formu v jaderníku z jádrařských formovacích směsí a po zaformování se suší nebo chemicky vytvrzují. [1]

Po odlití vzrůstá požadavek na co nejlepší rozpadovost [3]





Technologie výroby jader

Vývoj dnes používaných procesů výroby jader začal přibližně v roce 1954 CO₂ procesem. Poprvé bylo možno vytvrzovat jádra bez účinku tepla v jaderníku. Současně se objevily první automaticky pracující jádrové stroje. V následujících letech přicházely postupně základní horké procesy: Croning, Hot-Box a dále současné studené procesy, ST směsi, Cold-Box a SO₂-proces. Rozhodujícími procesy na jádra jsou dnes ST a CB technologie. [1]



Obr. 2 Podíl technologií na sériové výrobě jader ve světě 1980-2003

V sériové strojní výrobě malých jader do 100l se uplatňuje především CB proces, umožňující bezproblémově používat automatické jádrové stroje spolu s automatizací procesu. V této oblasti je nejrozšířenější CB s polyuretanovou pryskyřicí, vytvrzenou terciálními aminy. Zdokonalování vstřelovacích strojů, příslušenství i pojivového systému snižuje obsah škodlivin a kontakt obsluhy s nimi. Nová generace CB pojiv vede k drastickým snížením hodnot BTX. Rovněž emise zápachu je silně snížena o 30 až 40%. Vedle jmenovaných ekologických výhod k tomu přibývají technologické výhody, jako je zlepšená rozpadovost (u neželezných kovů) bez tvoření kondenzátu u kokilového lití. Na základě snížení obsahu fenolu se snížil vznik kouře a zlepšila se využitelnost slévárenských odlitků o 50%. Nová CB pojiva mají o 40-50% sníženou spotřebu aminových katalyzátorů, redukcí kondenzátorů a manomerů, s čímž je spojeno omezení zápachu. Alkalické fenoly tvrzené metylformiátem poskytují jakostní povrch odlitků bez výronků a mají dobrou rozpadovost. Metoda SO₂, s furanovou nebo epoxy pryskyřicí, se používá přes svůj toxický charakter v automobilních slévárnách. Alkalický rezol, vytvrzovaný CO₂, nacházejí uplatnění v malosériové výrobě díky hygienicky bezproblémovému vytvrzování. [1]


 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Vývoj anorganických minerálních pojivových systémů na jádra vytvrzována Warm Box nebo za pomoci horkého vzduchu byl zahájen na přelomu 21. Století. Pojivový systém s polyfosfátem sodným byl vyvinut pro oblast neželezných kovů. Pojivo se skládá ze soli, vody a speciálních aditiv. Upravuje se na konvenčních lopatkových mísičích, používaných pro úpravu křemenových směsí. Potom se upravená směs dopraví do vstřelovací jednotky a vstřelí se do tepelně stabilního jaderníku. Vytvrzování probíhá prostřednictvím přehřátého vzduchu o teplotě 80°, který se profukuje jádrem. To vede ke krystalizaci solného pojiva a ke zpevnění jádra. Omezený vývoj plynů při lití, dobrá termostabilita, velmi dobrá rozpadovost a žádné ekologicky význačné emise při lití jsou hlavní vlastnosti procesu Hydrobond. Mokrý odjadřování šetří odlitky, rovněž komplikované obrysy jsou bez ulpěné soli. [1]

Beach Box proces je šetrný vůči životnímu prostředí s úplnou regenerovatelností formovací látky. Formovací směs se skládá z křemenného ostříva, upravovaného spolu s pojivem v hermetizovaném mísiči. Tekuté pojivo (6-8%) se skládá ze síranu hořečnatého, vody a speciálních anorganických aditiv. V mísiči se jádrová směs přehřívá na teplotu 70-100°C. Vstřelovací stroj má hermetizovanou kombinovanou mísicí a vstřelovací jednotku. Pomocí hermetizace mísiče a vstřelovačky se nevytvřuje směs předčasně. Přehřátá směs se vstřelí do horkého jaderníku, kde se voda odpaří při teplotě 130-140°C. K urychlení vytvrzovacích procesů se jaderník proplachuje vzduchem, nebo je napojen na vakuum. Mohou se používat jaderníky ze slitin hliníku nebo z litiny. Jsou vyhřívány elektricky nebo plynem. Při mokřím odjadřování dojde k úplnému rozpadu jádra ve vodě během několika sekund, což umožňuje šetrné odjadřování. Pračka převádí směs vody a písku na opět použitelnou formovací směs. Vazebná schopnost solného pojiva zůstává přitom prakticky nezměněna s tím, že se pouze oživuje novým pojivem podobně, jak je tomu u bentonitové směsi. [1]

Obalová směs systému GM-Bond se připravuje s pískem ohřátého na teplotu 100°C a práškového pojiva na bázi proteinu s 2% přídatkem vody. Pojivo je netoxické, rozpustné ve vodě a biologicky odbouratelné. Směs se vstřelí do jaderníku vyhřátého na 130°C a následně se jádro profukuje na 200°C ohřátým vzduchem, čímž se jádro zpevní. Odjadřuje se horkou vodou o teplotě 65°C, event. za vibrace. Formovací látka je po vysušení opět zcela použitelná. Jádra se používají na odlitky ze slitin Al a LLG. [1]

Pro malá a střední jádra, vyráběná sériově na vstřelovacích strojích, se používají horké jaderníky (HB). S furanovými a fenolitickými pojivy poklesly ve svém podílu na výrobě jader od roku 1980 na 20%. Některé slévárny automobilových odlitků přešli na metodu teplých jaderníků (Warm-Box). Provozují se při teplotě 120-180°C. Výhodou je nižší spotřeba energie, delší životnost směsi, lepší zhutnění jader a nižší obsah formaldehydu. Speciálně pro lité radiátory se stále používá výroba jader termošokem. Obalové směsi na výrobu skořepinových jader se používají tam, kde se vyžaduje rozměrová přesnost a čisté vnitřní obrysy. Snižováním nákladů na čištění, povrch bez výronků, vysoké reaktivita a s tím spojené krátké vytvrzovací časy a dobré termošokové vlastnosti jsou další vlastnosti nových pojiv obalovaných směsí. Rovněž emise na pracovištích jsou sníženy. [1]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Velká jádra se vyrábí stejně jako formy ze ST směsi, na stejném výrobním zařízení, průběžných mísičích. Chemické továrny se soustřeďují na snižování obsahu síry ve furanovém pojivovém systému. To vede k omezování emisí SO₂ a obsahu síry v regenerátu. Pojiva mají tendenci k vyšší plasticitě. Polyuretanové ST směsi jsou dvou až tří složkové. Výhodou je vysoká pevnost, nejlepší poměr zpracovatelnosti, rozebírací čas a výborná rozpadovost. Problém vývinu toxických plynů u prvních aplikací je řešen náhradou aromatických rozpouštědel alifatickými. ST směsi s alkalickým fenolickým rezolem a tvrdidlem esterem mají zlepšenou regenerovatelnost a snížený obsah volného fenolu. Používá se tepelná regenerace s vodnou emulzí anorganické přísady. Na ST jádra se používají rovněž fenolické rezoly, alkydové pryskyřice a systém vodní sklo – ester. Geopolymerní pojivo ST směsi je viskózní kapalina, která je tvořena anorganickým polymerem na bázi Si aAl. Polymer má po vytvrzení vysokou pevnost. Používají se různě rychlá tvrdidla. Nízké dávkování pojiva umožňuje adhezní destrukce pojivové obálky. Předností jsou dobrá tekutost a nízká lepivost, nízká vlhkost, výborná rozpadovost, regenerovatelnost a omezené deformace. [1]

Stroje na jádra

Většina menších jader (do 130kg) se vyrábí na vstřelovacích strojích. Foukání je starším z principů strojní výroby jader, pochází ze začátku 20. Století. Základem metody foukání je pneumatická doprava směsi do jaderníku. Foukací komora se naplní směsí, uzavře se shora šoupátkem a zesponu přitlačným jaderníkem. Jádrová směs se může uvést v komoře do pohybu rotorem s lopatkami. Otevřením foukacího ventilu začne stačený vzduch působit na hladinu nadávkované směsi a současně ji začne posouvat. Fluidizovaná směs je tlačena foukacím otvorem do dutiny jaderníku. Provdzdušnění může napomáhat rotor. Vzduch uniká z jaderníku k tomu účelu provedenými odvdzdušňovacími kanály. Při foukání jsou jaderníky vystavovány značnému otěru, protože jimi proudí směs vzduchu a písku. Jejich životnost je velmi omezená. Foukací stroje mohou pracovat s nižším tlakem vzduchu než stroje vstřelovací. [1]

3.2 Rozdělení výroby jader dle použité technologie

Výrobu jader lze rozdělit podle použité směsi:

- Vazná bentonitová směs - metání, střásání, lisování, vibrace
- Nevazná směs s pojivem:
 - Vstřelování - Vytvrzování teplem - HB, Hot-Box, Warm-Box
 - Skořepina
 - Vytvrzování plynem - CB, Cold-Box
 - Rychlé ST organické- Fascold, Gisag
 - Plnění ze žlabového mísiče eventuálně za vibrace
 - ST směsi - ST s vodním sklem
 - Geopolymery
 - ST s umělými pryskyřicemi

3.2.1 Vstřelování CB jader a jejich vytvrzení

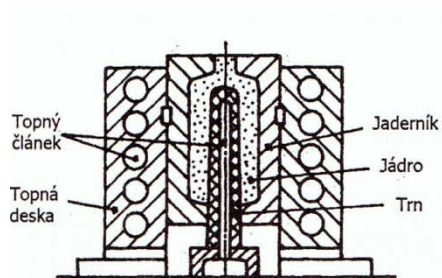
Vlastní metoda CB používá dvousložkovou umělou pryskyřici. Vytvrzování probíhá v jaderníku profukováním parami nebo mlhou tekutého katalyzátoru (amin). Reakcí (polyadice) vzniká polyuretan. Nevýhoda postupu je v použitém katalyzátoru (TEA-



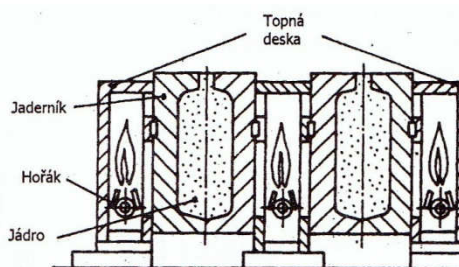
trietylamin nebo DEA-dietylamin), který je jedovatý a se vzduchem tvoří výbušnou směs. Doba vytvrzování je velmi krátká a dovoluje vysoký výkon stroje při vynikající rozpadavosti jader po odlití. Nespotřebovaný katalyzátor se musí po průchodu jádrem zachycovat a likvidovat spálením nebo chemickou neutralizací. [1]

3.2.2 Vstřelování HB jader a jejich vytvrzení

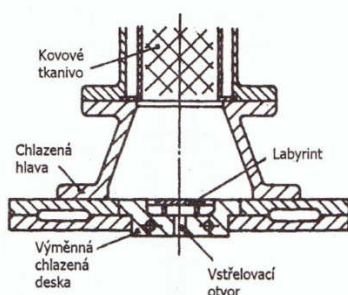
Kovové jaderníky se vytápějí na provozní teplotu (do 300°C) plynovými hořáky nebo elektricky topnými články v topné desce nebo přímo v tělese jaderníku. Plynem se ohřívají větší jaderníky. Směřováním hořáku se dosahuje rovnoměrného ohřevu jádra (Obr. 4). Jejich nastavení se provádí při záběhu jaderníku. Plynový ohřev zajišťuje rychlý náběh na provozní teplotu při výměně jaderníků. Elektrické vytápění topnými články se používá pro menší jaderníky. Rovnoměrnost ohřevu je horší. Regulace se provádí zapínáním a vypínáním topných článků podle údajů teplotních snímačů zabudovaných v tělese jaderníku (Obr. 3). [1]



Obr. 3 Ohřev jaderníku elektrickými topnými články [1]



Obr. 4 Ohřev jaderníku plynovými hořáky [1]



Obr. 5 Vstřelovací hlava pro metodu HB s použitím obalované směsi [1]

Vstřelovací hlava je chlazená vodou (Obr. 5), aby nedocházelo k předčasnému vytvrzování teplem z jaderníku. Protože HB směs je dobře tekutá, musí mít vstřelovací otvory malý průměr. [1]

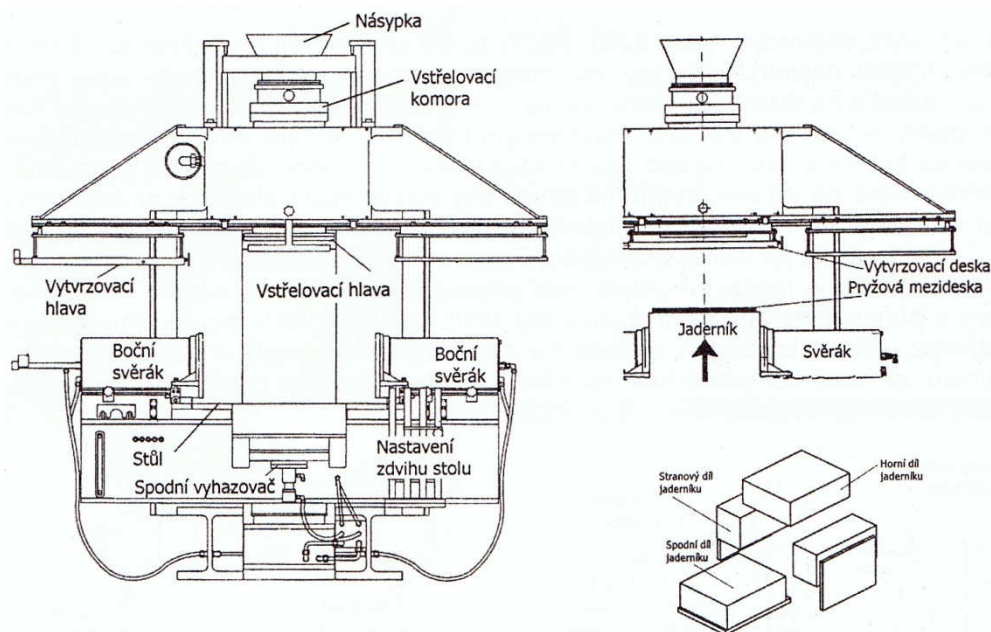


4. Vstřelovací stroje

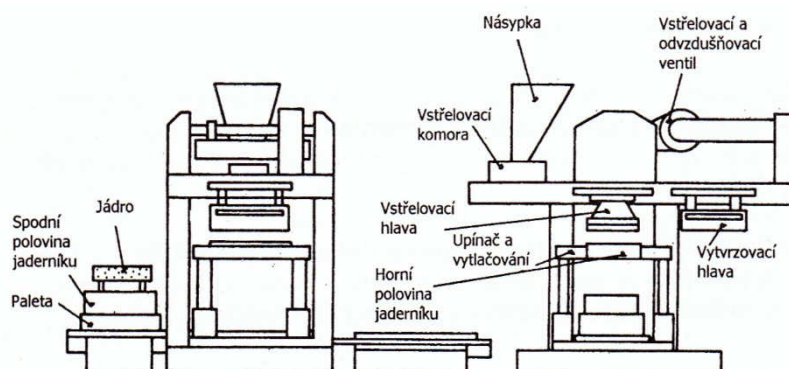
Jsou strojní zařízení určená k výrobě jader. Na čelní stranu sloupce jádrové směsi, obsažené ve vstřelovací komoře působí prudkou expanzí stlačený vzduch, který udělí směsi potřebné urychlení. Směs se přitom nepromíchá se vzduchem. K dosažení snížení tření se přivádí stlačený vzduch malými štěrbinami také na boční stěny sloupce, kde vytváří malou vzduchovou vrstvu, která oddělí směs od stěny a směs se tím značně urychlí.

4.1 Jednopolohové vstřelovací stroje

Základní část tvoří robustní sloupový rám, přítlačný stůl, boční upínače, vstřelovací komora, vstřelovací hlava a vytvrzovací hlava. Vstřelení směsi a vytvrzení probíhají v jedné poloze. Poskládání a rozebrání jaderníku se u větších vstřelovacích strojů provádí zpravidla mimo osu vstřelovací komory, což je zajištěno vysunutím pracovního stolu ven ze stroje. U menších strojů se jaderník skládá v místě jeho zdvihu. V obou případech se jedná o jednopolohový vstřelovací stroj.



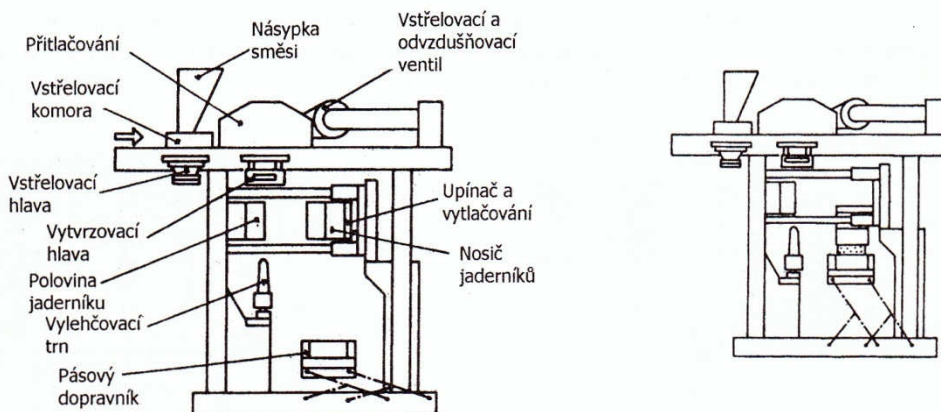
Obr. 6 Automatický vstřelovací CB stroj se čtyřdílným jaderníkem [1]



Obr. 7 Jednopolohový jádrový stroj s vodorovně dělenými jaderníky [1]



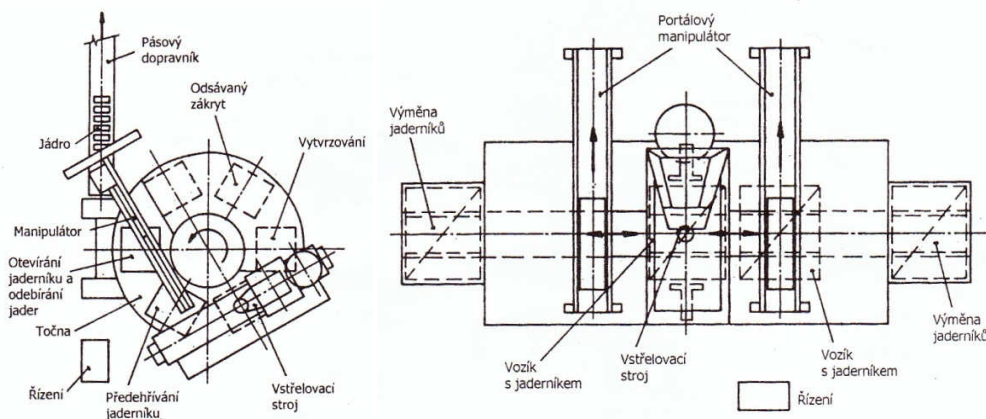
Automatický vstřelovací jednoplošový stroj se svisle dělenými jaderníky (Obr. 8), může vyrábět jádra ve studných nebo horkých jadernících, vytápěných plynem nebo elektricky. Je vybaven automatickou výměnou jaderníků a procesním řízením. V základní poloze je upínací zařízení rozevřeno a vstřelovací komora je odsunuta. Vylehčovací trn je vysunut. Před vstřelením se jaderník sevře a zasune se trn. Nad jaderník se přiveze vstřelovací komora. Přitlačí se k jaderníku. Po vstřelení následuje výměna vstřelovací hlavy (pro přivedení katalyzátoru). Ihned po vytvrzení jádra se jaderník rozebere. Jádro zůstává viset v polovině, která se sklopí o 90° nad pásový dopravník. Zásobník se zdvihne a po vyražení shora převezme jádro. Jádro se dopraví na pásu k převzetí manipulátorem před jádrový stroj. [1]



Obr. 8 Jednoplošový automatický jádrový stroj [1]



4.2 Vícepolohové vstřelovací stroje

Vícepolohové vstřelovací stroje zajišťují výrobní operace postupně. Stroje jsou vybaveny počtem jaderníků odpovídajícím pracovním polohám. Různé operace probíhají ve vícero jadernících současně. Ve srovnání s jednoplošovým strojem, u kterého se doba taktu rovná součtu časů všech pracovních úkonů, je u vícepolohových strojů takt roven délce nejdelší operace. Vícepolohové vstřelovačky jsou značně výkonné a používají se pro sériovou výrobu zejména HB jader. Konstrukčně jsou řešeny jako karusely (Obr. 9) nebo transfery (Obr. 11).



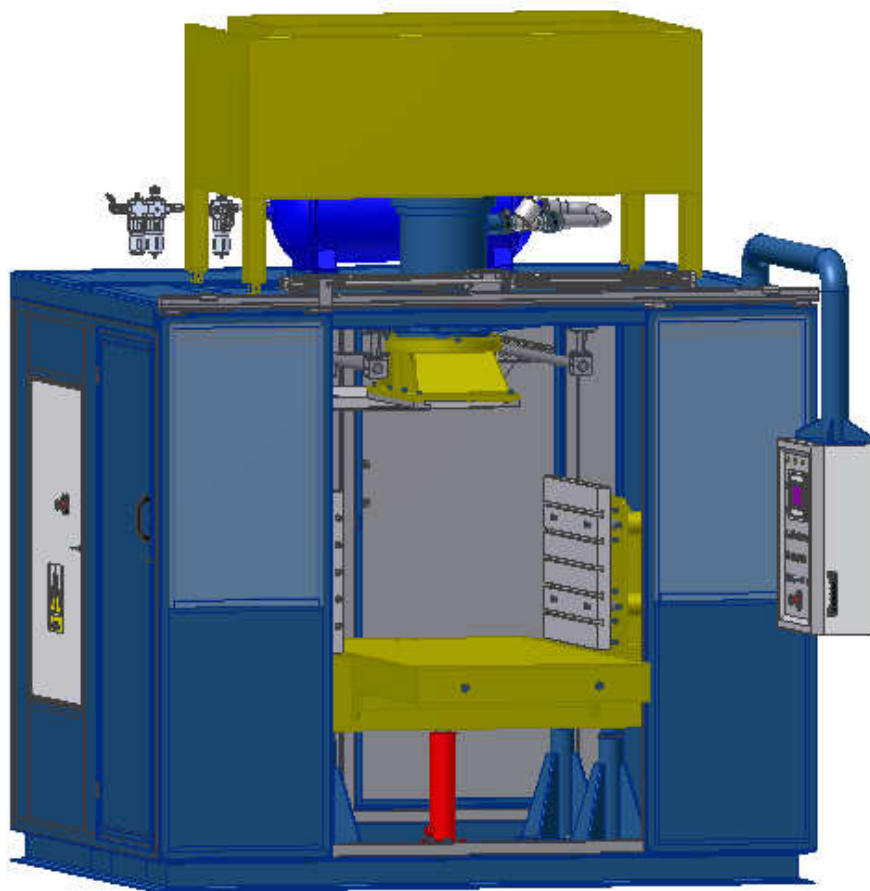
Obr. 9 Šestiplošový karuselový vstřelovací stroj HB [11]

Obr. 10 Vstřelovací stroj s přesunem svisle dělených HB jaderníků [11]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 21
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5. Konstrukční návrh vstřelovacího stroje s pevnou vstřelovací hlavou

Nosnou konstrukci tvoří rám složený ze spodní základové desky a horního dílu, které spojují čtyři nosné sloupky. Na spodním dílu rámu je připevněn hydraulický válec a čtyři sloupky s lineárním vedením. K těmto dílům je přišroubován přítlačný stůl, který se skládá z výsuvné pracovní desky uchycené k pomocné desce s lineárním vedením. Na horní části stolu jsou po stranách umístěny dva protilehlé upínače. V ose spodního hydraulického válce je ke vstřelovací komoře uchycena vstřelovací hlava. Vnější obal vstřelovací komory je pevnou součástí horního dílu rámu. Prostor mezi vstřelovací komorou a zásobníkem směsi uzavírá kyvná pneumaticky ovládaná klapka. Na spodní straně horního dílu rámu jsou uchyceny držáky pneumatických válců a držáky lineárního vedení, na kterých je volně zavěšena vytvrzovací deska. Celý stroj je obklopen ochranným krytem opatřeným ze zadní strany a obou bočních třemi dveřmi, sloužícími k seřízení a údržbě stroje. Přední část je opatřena dělenými rozevírajíci se dveřmi, které jsou do stran vysouvány dvěma pneumatickými válci (Obr. 11). Na levé straně krytu je umístěn elektrický rozvaděč. V pravém předním rohu je na horní části rámu umístěno rameno, sloužící k uchycení ovládacího panelu. Na vrchní části rámu je zásobník směsi pružně propojen s kyvnou klapkou. Za zásobníkem se nachází vzdušník.



Obr. 11 Vstřelovací stroj celková sestava



TECHNICKÁ DATA VSTŘELOVACÍHO STROJE	VGi 30.0
Objem vstřelované směsi s jedním vstřelem	30 dm ³
Objem zásobníku směsi	200 dm ³
Zdvih stolu	300 mm
Uzavírací síla stolu	6000 kg
Přítlačná síla upínačů	2 x 2500 kg
Rozměry upínacích desek v x š */	600 x 800 mm
Maximální rozměr jaderníku š x h x v */	900 x 800 x 700 mm
Rozměr vstřelovací hlavy */	270 x 800 mm
Rozměr vytvrzovací desky*/	650 x 650 mm
Přípoj vzduchu	1"
Tlak vzduchu	6 Bar
Elektrický příkon	15 kW
Elektrický příkon s integrovaným zplyňovadlem	19 kW
Venkovní rozměry š x h x v /mm/	2500 x 2200 x 3200
Hmotnost	3500 kg

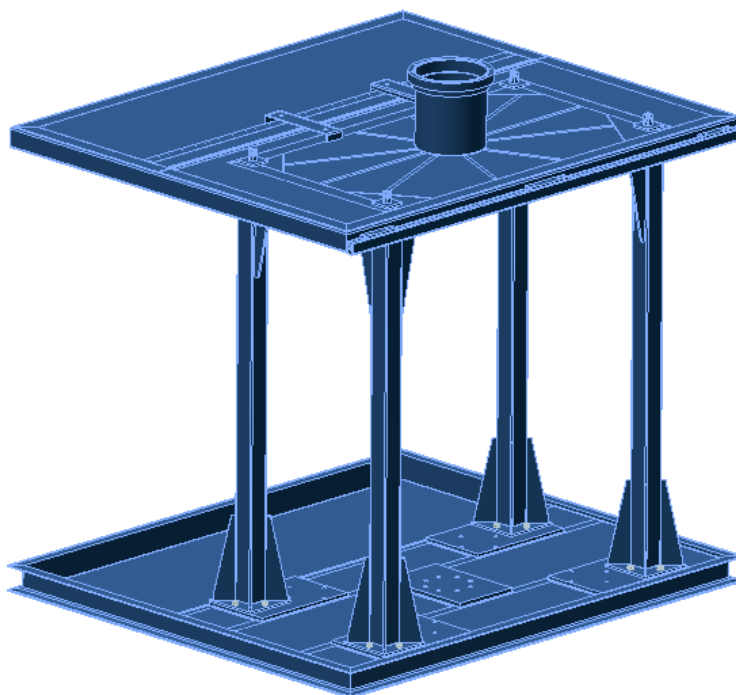
* Uvádí maximální rozměry dílu, který je vyměnitelný za rozměrově menší.

Tab. 1 Technická data vstřelovacího stroje [5]

Vstřelovací stroj pracuje v několika cyklech. Jedna pracovní doba začíná rozevřením předních dveří a vysunutím pracovní desky z pracovního stolu. Na této části stolu obsluha seskládá jaderník. Následuje zasunutí stolu do stroje a uzavření předních dveří. Jaderník je poté z obou stran sevřen upínači a celý stůl se zdvihne a přitlačí ke vstřelovací hlavě. Do vstřelovací komory je přes trojcestný ventil ze vzdušníku vpuštěn pod velkým tlakem vzduch. Klyvná klapka oddělující zásobník směsi je v poloze zavřeno, a tím dochází jediným volným otvorem v desce vstřelovací hlavy, ke vstřelu směsi do jaderníku. Jakmile je jaderník naplněn, sjede přítlačný stůl dolů o vzdálenost dostačující k tomu, aby se přes něj mohla vysunout vytvrzovací hlava. Následuje opětovné přitlačení stolu tentokrát k vytvrzovací hlavě, která se zapře o vstřelovací hlavu. Dochází k profukování plynu směsí v jaderníku, v případě výroby CB metodou následuje výplach směsi v jaderníku vzduchem. Po vytvrzení jádra katalyzátorem sjede přítlačný stůl do spodní polohy, rozevřou se upínače, roztáhnou se přední dveře a vyjede pracovní výsuvná část stolu ze stroje. Obsluha může rozebrat jaderník a vyjmout jádro. Poté se cyklus opakuje.

5.1. Rám vstřelovacího stroje

Je tvořen horní částí, spodní částí a čtyřmi vzpěrami. Všechny díly jsou k sobě sešroubovány a tvoří jeden robustní tuhý celek odolný vůči statickému i dynamickému namáhání.




Obr. 12 Rám vstřelovacího stroje

Kostra spodního dílu rámu je po obvodu tvořena svařenými profily U, otočenými směrem ven ze stroje. V místě usazení nosných sloupů je kostra zesílena stejnými profily vedoucími napříč celé kostry (Obr. 14), které jsou mezi sebou propojeny v místech největšího zatížení. Zadní i přední zesílená část jsou opatřeny tenkým krycím plechem. Na přední části jsou navíc z vrchu umístěny silné plechy s připojovacími otvory pro nosné sloupy, sloupy lineárního vedení a uchycení hydraulického válce. Takto zesílený spodní díl vytváří kompaktní celek, který zároveň slouží jako nosná část stroje při jeho přepravě.

Základem nosných sloupů je uzavřený čtvercový profil o rozměrech 100x100mm a síle stěny 5mm. Na spodní části je opatřen přírubou a čtyřmi výztuhami, které spojují spodní plotnu se čtvercovým profilem v jeho rozích (Obr. 12). Na horní části je navařená plotna, se dvěma výztuhami svírajícími pravý úhel, a do ní jsou zhotoveny spojovací otvory.

Obvod vrchní části rámu je tvořen ze stejných čtvercových profilů, jaké jsou použity na nosné sloupy. Vnější šířka a hloubka je stejná jako u spodní části rámu. V místě uchycení nosných sloupů je rám zesílen konstrukcí obdélníkového tvaru ze stejných profilů, jako je vnější obvod. Ve středu tohoto obdélníku je přivařená silnostěnná bezešvá trubka, která tvoří vnější plášť vstřelovací komory. Trubka je po svém obvodu opatřena výztuhami, spojenými s vnitřní obdélníkovou konstrukcí horního dílu rámu (Obr. 14). V místě, kde je rám z vrchu zatížen zásobníkem vzduchu, je opatřen příčnou výztuhou z profilu L. Horní díl je stejně jako spodní zakrytý tenkým plechem. Všechny tři části rámu jsou k sobě sešroubovány šrouby M16, na každém sloupu jsou rovnoměrně rozloženy čtyři na spodní části a čtyři na horní.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 24
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5.1.1. Pevnostní analýza rámu MKP

Pevnostní analýzu metodou konečných prvků jsem prováděl v programu Autodesk Inventor profesionál 2012

Rám tvoří nejen nosnou konstrukci celého stroje, ale také je k němu připojena spousta jiných prvků, které nemají významný vliv na jeho zatížení. Z těch hlavních to jsou nosníky lineárního vedení vytvrzovací desky, držáky hydraulických a pneumatických rozvodů, lišty k uchycení snímačů krajních poloh výsuvných částí stroje a další. Pro výpočet jsem vytvořil zjednodušený model, na kterém jsem zachoval pouze pro výpočet významné části.

Výpočet síly působící na spodní část vstřelovací komory F_{TK} ;

Výpočet plochy působení tlaku S_{J_V} ;

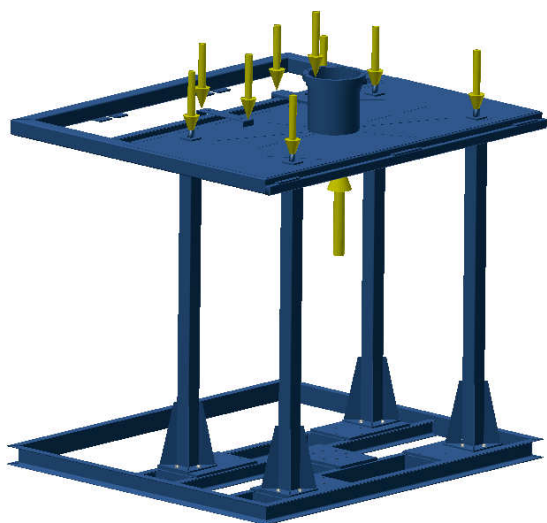
Maximální plocha působení tlaku je dána velikostí jaderníku, který je 0,9 m široký a 0,8 m hluboký. Od těchto rozměrů jsem odečetl 40mm z každé strany na stěnu jaderníku.

$$S_{J_V} = (s_J - 80) \cdot (h_J - 80) [m^2] \quad (5.1)$$

$$S_{J_V} = (0,9 - 0,08) \cdot (0,8 - 0,08) = 0,5904 m^2$$

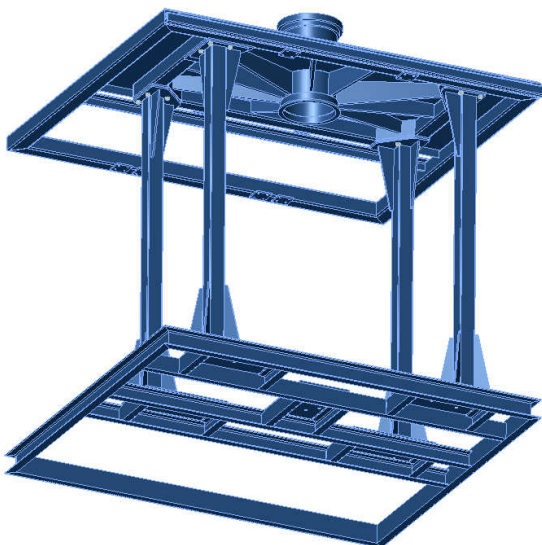
$$F_{TK} = p_V \cdot S_{J_V} [N] \quad (5.2)$$

$$F_{TK} = 0,3 \cdot 10^5 \cdot 0,5904 = 177120 N$$

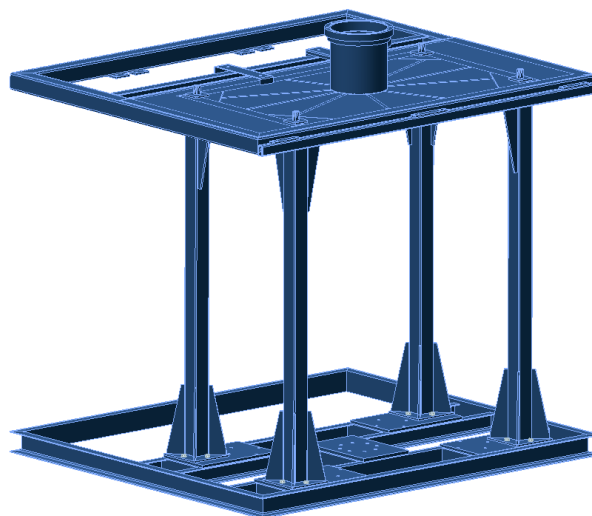


Obr. 13 MKP rám vstřelovacího stroje, rozmístění zatížení

Rámovou konstrukci jsem počítal se zatížením základních sil a jejich složek. Na rám působí na spodní část vstřelovací komory uzavírací síla 6000kg a tlaková síla vyvolaná vstřelem obě směřují vzhůru. Dále je rám z horní části zatížen zásobníkem písku 500kg a hmotností vzdušníku 100kg. Počítal jsem také s gravitační silou. Tyto síly jsou rozloženy na horním dílu rámu (Obr. 13) a směřují svisle dolů. Ostatní síly jsou v porovnání s těmito zanedbatelné.

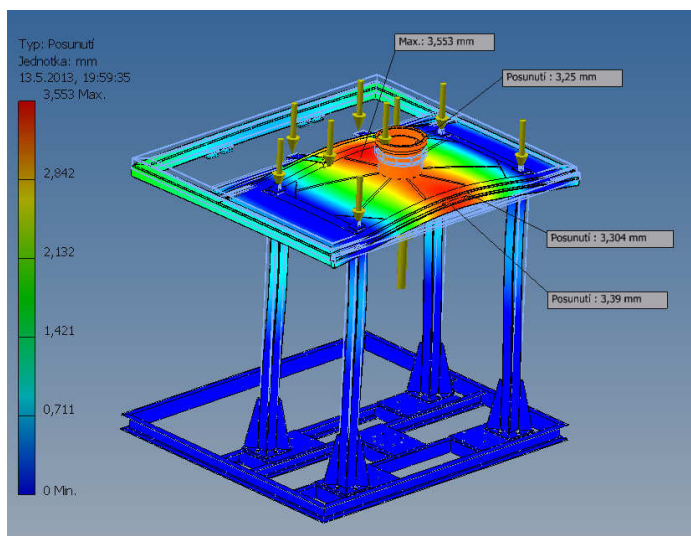


Obr. 14 MKP rám stroje bez krycích plechů, spodní pohled



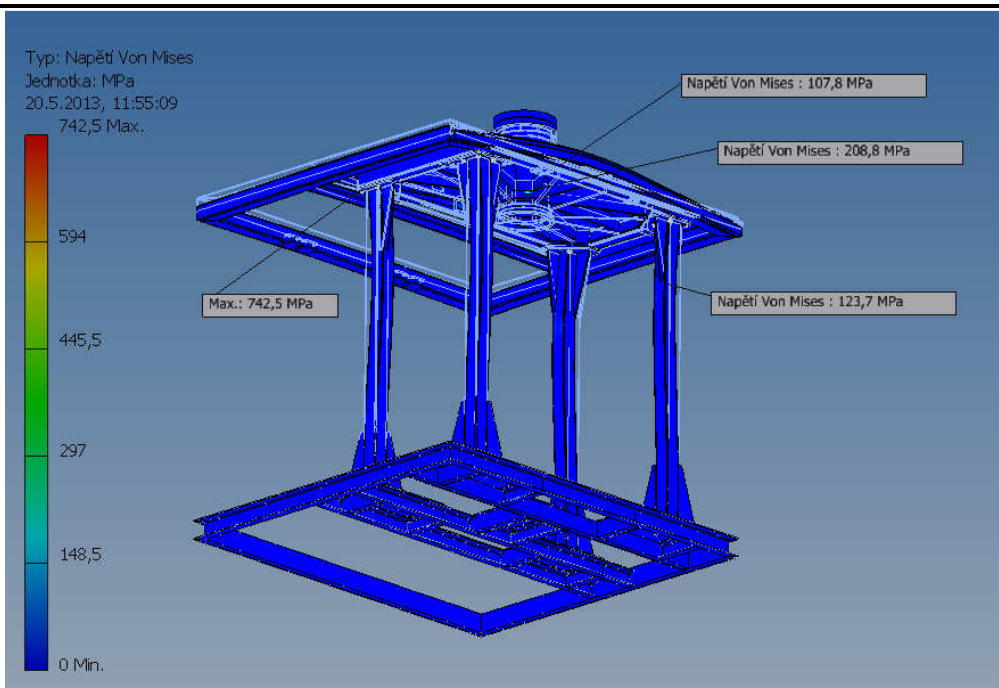
Obr. 15 MKP rám stroje bez krycích plechů, vrchní pohled

Na (Obr. 14, 15) je upravený rám s odstraněnými krycími plechy z důvodu snadnějšího výpočtu MKP. Tenké prvky obsažené v sestavách zatěžují a zpomalují výpočet. Na výsledek výpočtu tenký krycí plech nemá žádný vliv, naopak by data směřující z těchto plechů byla zkreslující.



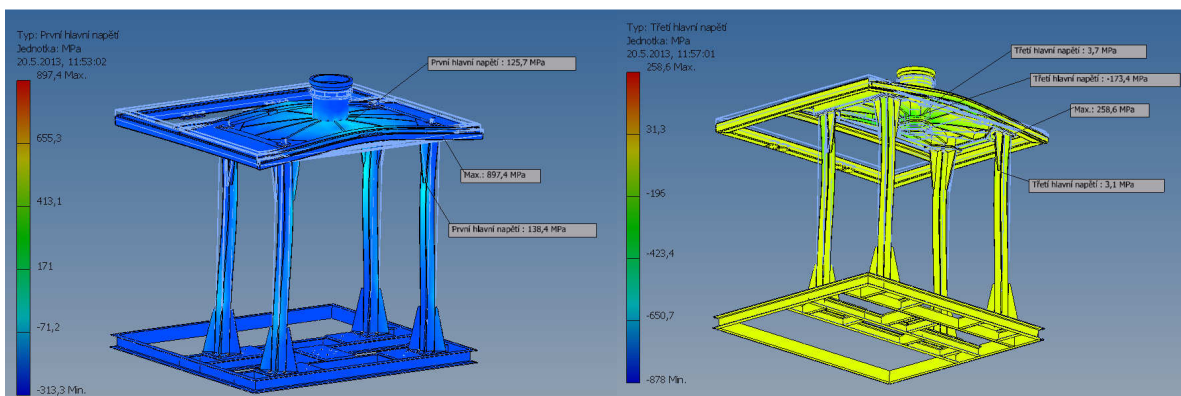
Obr. 16 MKP rám stroje, největší posunutí při max. síle, bez výztuhy

Na (Obr. 16) je znázornění výpočtu rámu s maximálním zatížením, kdy je tlaková síla vyjádřena kolmým průmětem tlaku na maximální možnou plochu největšího jaderníku. Posunutí v horní části rámu je příliš velké. Z toho důvodu jsem přidal jednu příčnou výztuhu mezi středovou trubku a vnitřní rámovou konstrukci (Obr. 14). Ostatní výpočty jsou dělány na zesíleném rámu.



Obr. 17 MKP rám stroje, celkové napětí při max. zatížení

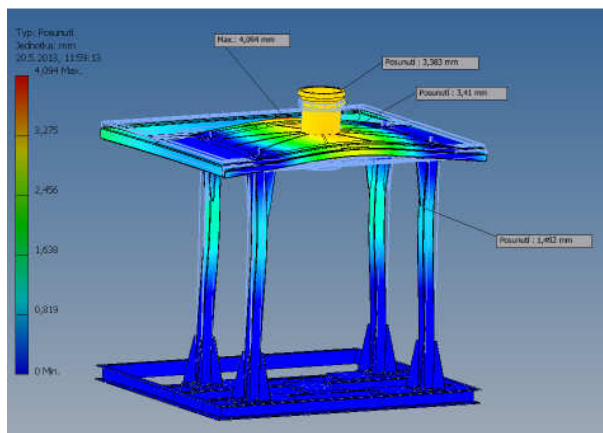
Největší napětí je v místě spoje horního uložení nosného sloupu a horní části rámu. Jedná se o lokální napětí v místě šroubového spoje. Tento extrém se zde vyskytuje ve všech případech výpočtů. Je způsoben nevyhovující velikosti prvků, na jednom prvku je příliš velký gradient napětí, výsledný zobrazený extrém není směrodatný. Výpočtový model pracuje s lineární charakteristikou materiálu (Hookův zákon), kde v případě velkého napětí dojde k elastické deformaci. Materiál spotřebovává větší množství energie na plastickou deformaci než elastickou, kterou vyjadřuje výpočtový model, proto napětí v reálu bude menší.



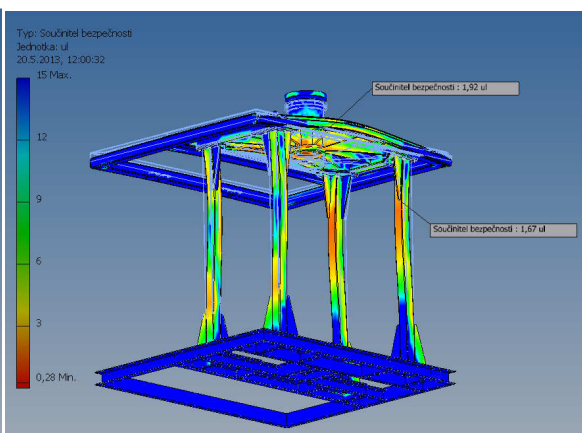
Obr. 18 MKP rám stroje, napětí v tahu při max. zatížení

Obr. 19 MKP rám stroje, napětí v tlaku při max. zatížení

Z (Obr. 18) na levé straně je patrné, že k největšímu napětí v tahu dochází v horní části nosných sloupů a ve středu rámu v místě uložení vstřelovací komory. Na kterou působí tlaková síla. Napětí v tlaku je největší ze spodní strany horní části rámu, kde dochází ke stlačení zpevňujících výztuh.

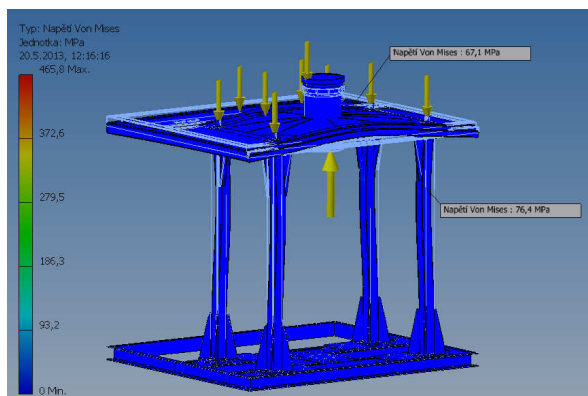


Obr. 20 MKP rám stroje, posunutí při max. zatížení

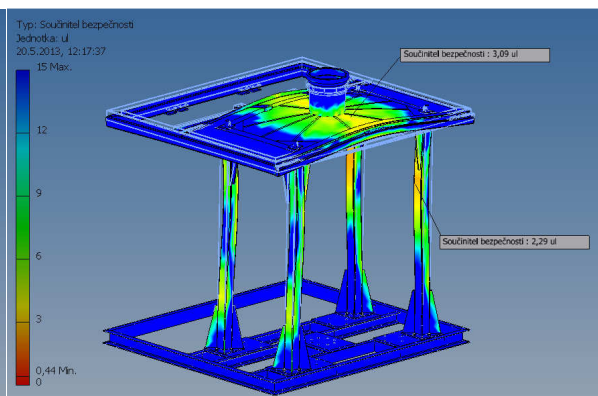


Obr. 21 MKP rám stroje, bezpečnost při max. zatížení



Na (Obr. 20) je vidět rozdíl v rozložení posunutí, kdy příčná výztuha přenesla napětí do stran rámu, kde došlo k odlehčení podélné roviny rámu. Nejnižší bezpečnost je v horní části sloupů a v předním příčném čtvercovém profilu. Nejnižší znázorněná hodnota ukazuje na místo šroubového spoje mezi horním dílem rámu a sloupy. Rám je zatížen maximální možnou tlakovou silou vypočtenou z maximálních rozměrů jaderníku. V provozu bude tato síla pravděpodobně mnohem menší, což bude způsobeno komplikovanými tvary jader a jejich kolnými průměty ke směru působení tlaku.



Obr. 22 MKP rám stroje, celkové napětí při polovičním zatížení

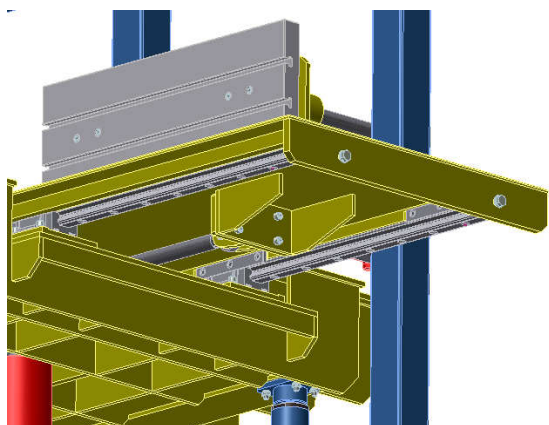


Obr. 23 MKP rám stroje, bezpečnost při polovičním zatížení

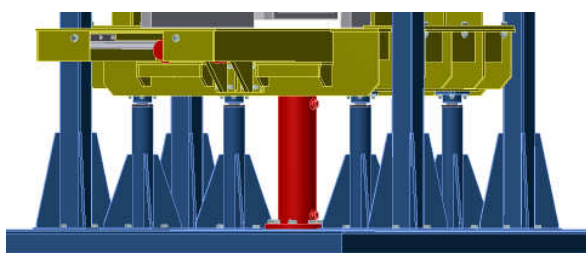
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5.2. Přítlačný stůl

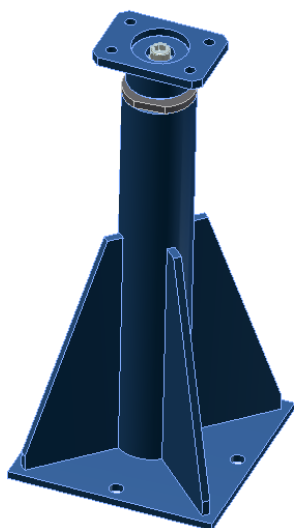
Přítlačný stůl se skládá z hlavní nosné střední části, na které jsou po stranách připevněny upínače a uprostřed vynášecí část stolu. Dohromady je vytvořena jedna sestava, která zajišťuje uchycení jaderníku a jeho přitlačení ke vstřelovací hlavě. Stůl je zvedán jedním hydraulickým válcem umístěným uprostřed stolu. Na bocích kolem něj jsou symetricky umístěny čtyři sloupky s vodícím lineárním vedením (Obr. 25).



Obr. 24 Přítlačný stůl, pohled na vysunutou pracovní desku



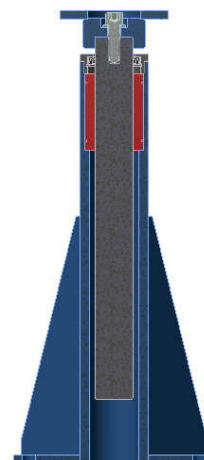
Obr. 25 Přítlačný stůl, pohled ze spodu



Obr. 26 Sloupek vedení stolu

Jsou uchyceny ke spodnímu dílu rámu čtyřmi šrouby, horní příruba je upevněna ze spodu k přítlačnému stolu. Slouží k zachytávání bočních sil a k přímému svislému vedení.

Pevná část je tvořena trubkou, která má z vrchu vnitřní osazení pro kuličkové pouzdro. Výsuvná část je vodící tyč s vnitřním závitem na horním konci. Vedení zajišťuje kuličkové pouzdro, které je utěsněné těsnícím kroužkem a zajištěné maticí. Na horní části je namontována příruba.

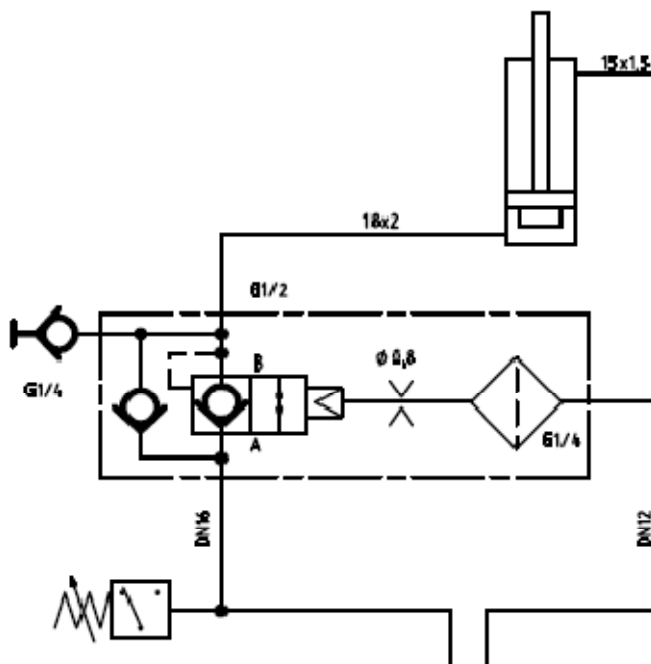


Obr. 27 Sloupek vedení stolu v řezu



5.2.1 Uzavírací síla stolu

1. Hydraulické válce jsou dimenzovány na vyzdvižení pracovního stolu a uzavření silou 6000kg. Hydraulický okruh je opatřen hydraulickými zámky. Výhoda spočívá v možnosti použití hydraulických válců s menšími průměry. Vedení kapaliny mezi válcem a hydraulickým zámkem musí být dimenzováno na vysoké tlaky z důvodu roztažnost trubek a hadic. Ztráta tlaku by pak měla za následek pokles pístu a následný únik směsi do prostoru mimo jaderník. [6]



Obr. 28 Schéma zapojení hydraulického zámku v okruhu

2. Proces zdvihu je rozdělen do dvou fází, každá z těchto fází je opatřena odlišným zdrojem tlaku. První fáze zdvihu zajišťuje zvednutí pracovního stolu a přitlačení ke vstřelovací hlavě pouze uzavírací silou. Tento proces obstarává lamelový hydrogenerátor s pracovním tlakem 1,4 MPa a průtokem $40\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$. Při překročení stanoveného tlaku se spustí do činnosti druhý zubový hydrogenerátor, který vyvíjí dostatečný tlak k zachycení sil působících proti pístu od vstřelu pískové směsi. Pracovní stůl je zdvihán jedním hydraulickým válcem umístěným v ose vstřelovací komory. Návrh hydraulického obvodu v příloze. 1.

Hydraulický válec je dimenzován na vyzvednutí stolu s upínači a jaderníkem a vyvinutí uzavírací síly 6000 kg. Ve vysunutém stavu musí také odolávat vstřelovacímu tlaku od vstřelovací hlavy.

m_S - hmotnost stolu s upínači - 1300 kg

p_V - vstřelovací tlak - 0,3 MPa

s_J - šířka jaderníku 0,9m

h_J - hloubka jaderníku - 0,8m



Síla potřebná ke zdvihnutí stolu F_Z ;

$$F_Z = m_s \cdot g [N] \quad (5.3)$$

$$F_Z = 1300 \cdot 9,81 = 12753 N$$

Uzavírací síla stolu F_U ;

F - uzavírací síla - 6000kg

$$F_U = F \cdot g \quad (5.4)$$

$$F_U = 6000 \cdot 9,81 = 58860 N$$

Síla vyvolaná vstřelovacím tlakem F_T ;

$$F_T = p_v \cdot S_J [N] \quad (5.5)$$

Výpočet plochy jaderníku S_J ;

$$S_J = s_J \cdot h_J [m^2] \quad (5.6)$$

$$S_J = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72 m^2$$

$$F_T = 0,3 \cdot 10^5 \cdot 0,72 = 216000 N$$

Výpočet hydraulického válce:

p_L - Tlak na píst z lamelového hydrogenerátoru - 1,4MPa

p_Z - Tlak na píst ze zubového hydrogenerátoru - 20MPa

Q_L - Průtok lamelového hydrogenerátoru - $6,67 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1}$ (40l/min)

Q_Z - Průtok zubového hydrogenerátoru - $5,83 \cdot 10^{-5} m^3 \cdot s^{-1}$ (3,5l/min)

i - Počet pístů - 1

Celková síla na píst F_C ;

$$F_C = F_U + F_T + F_Z [N] \quad (5.7)$$

$$F_C = 58860 + 216000 + 12753 = 287613 N$$

Výpočet průměru válce D_Z ;

$$\text{Plocha pístu } S_Z = \frac{\pi \cdot D_Z^2}{4} [m^2] \quad (5.8)$$

Obecný výpočet tlaku na plochu pístu p ;

$$p = \frac{F}{i \cdot S} [Pa] \quad (5.9)$$



$$D_Z = \sqrt{\frac{4 \cdot F_C}{i \cdot \pi \cdot p_V}} [m] \quad (5.10)$$

$$D_Z = \sqrt{\frac{4 \cdot 287613}{1 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,135m$$

Průměr válce $D_Z = 140mm$
Průměr pístnice $d_Z = 90mm$
Zdvih válce $h_Z = 320mm$

Výpočet přítlačné síly F_{Z_p} ;

$$F_{Z_p} = p_Z \cdot S_Z [N] \quad (5.11)$$

$$F_{Z_p} = 20 \cdot 10^6 \cdot 0,0153 = 306000N$$

Výpočet tažné síly zdvihu válce F_{Z_t} ;

Plocha vnějšího průměru S_Z ;

$$S_Z = \frac{\pi \cdot D_Z^2}{4} [m^2] \quad (5.12)$$

$$S_Z = \frac{\pi \cdot 0,14^2}{4} = 0,0153m^2$$

Plocha průměru pístnice s_Z ;

$$s_Z = \frac{\pi \cdot d_Z^2}{4} [m^2] \quad (5.13)$$

$$s_Z = \frac{\pi \cdot 0,09^2}{4} = 0,0063m^2$$

$$F_{Z_t} = p_L \cdot (S_Z - s_Z) [N] \quad (5.14)$$

$$F_{Z_t} = 1400000 \cdot 0,009 = 12600N$$

Výpočet rychlosti vysunutí pístu v_{Z_v} ;

$$v_{Z_v} = \frac{Q_L}{S_Z} [m \cdot s^{-1}] \quad (5.15)$$

$$v_{Z_v} = \frac{0,000667}{0,0153} = 0,0435m \cdot s^{-1}$$



Doba k dosažení maximálního zdvihu pístu je 6,8 s

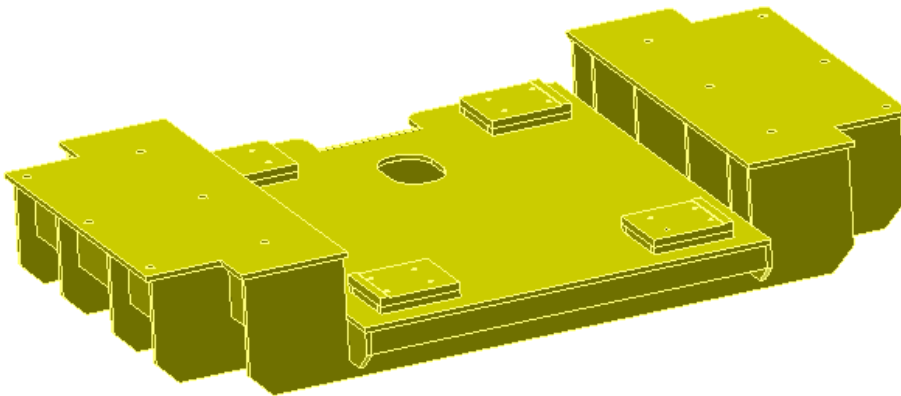
Výpočet rychlosti zasunutí pístu v_{Zz} ;

$$v_{Zz} = \frac{Q_L}{S_z - s_z} [m.s^{-1}] \quad (5.16)$$

$$v_{Zz} = \frac{0,000667}{0,0153 - 0,0063} = 0,0741 m.s^{-1}$$

Doba zasunutí pístu z maximálního zdvihu do výchozí polohy je 4 s

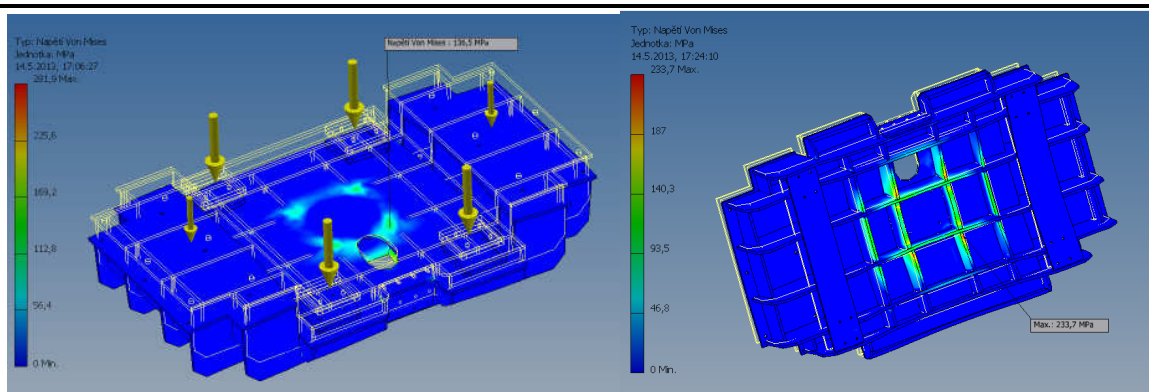
5.2.2. Pevnostní analýza stolu MKP



Obr. 29 Přítlačný stůl bez výsuvné části

Hlavní nosná část stolu je svařena z 12 mm tlustých plechů. Je symetrická vůči podélné rovině, ze zadní strany je umístěn na vrchní plotně výřez z důvodu montáže tlakového potrubí na hydraulický válec. Na vystouplých bocích stolu jsou připojovací otvory pro uchycení upínačů (Obr. 29). Stůl je zvedám v ose křížení podélné a příčné roviny hydraulickým válcem. V tomto místě je stůl vyztužen 20mm silnou plotnou opatřenou závití pro připojení příruby hydraulického válce. Ze spodní strany je na vodorovné desce navařeno šest příčných výztuh, které jsou mezi sebou v podélné rovině v několika místech propojeny (Obr. 35). Horní plocha stolu je odsazena směrem dolů z důvodu umístění výsuvné pracovní desky. Pracovní desku vysouvá hydraulický válec, přímočarý pohyb zajišťují dvě lineární vedení, každé se dvěma vozíky. Na horní desce v odsazené střední části stolu jsou přivařeny čtyři plotny, jejichž horní a boční opěrné plochy jsou obrobeny. Slouží k uchycení vozíků a výsuvné desky.

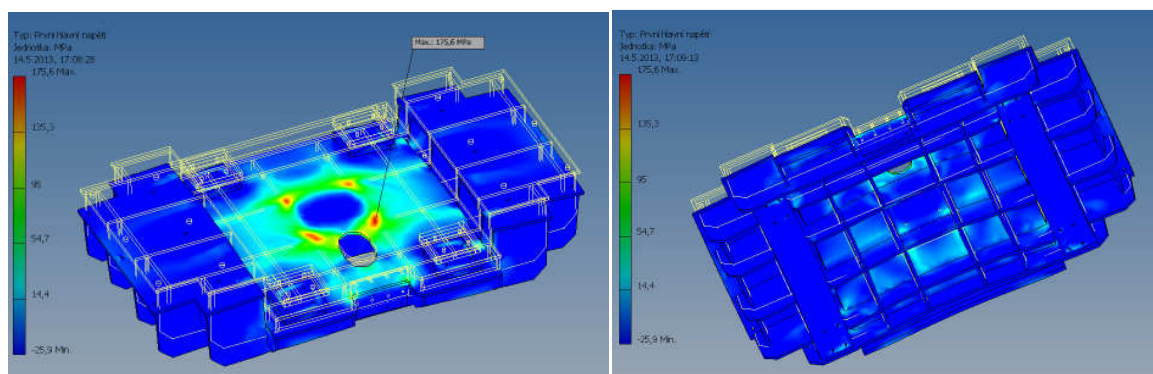
Stůl je namáhán tlakovou silou od vstřelu a uzavírací silou stolu v místě uchycení čtyř vozíků (Obr. 30). Místo uložení hydraulického válce se dá považovat za pevný bod. Dále je zatěžkán hmotností střední výsuvné části a na horní části po bocích dvěma upínači.



Obr. 30 MKP přitlačný stůl, celkové napětí při max. zatížení

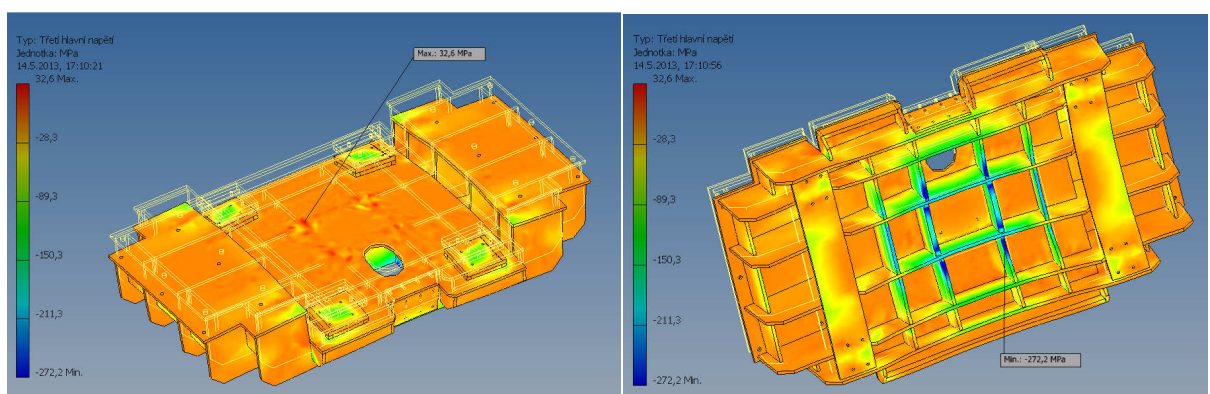
Obr. 31 MKP přitlačný stůl, celkové napětí při polovičním zatížení

Maximální celkové napětí (Obr. 31) je ze spodní části stolu v místě spoje podélných a příčných výztuh. Jedná se o lokální body, které nemusí mít zásadní vliv na pevnost stolu. Na levém pohledu (Obr. 30) je pohled na stůl z vrchu, kde je vidět umístění napětí. Maximální body jsou ve stejných místech, jako na pohledu v napravo, který má však poloviční zatížení.

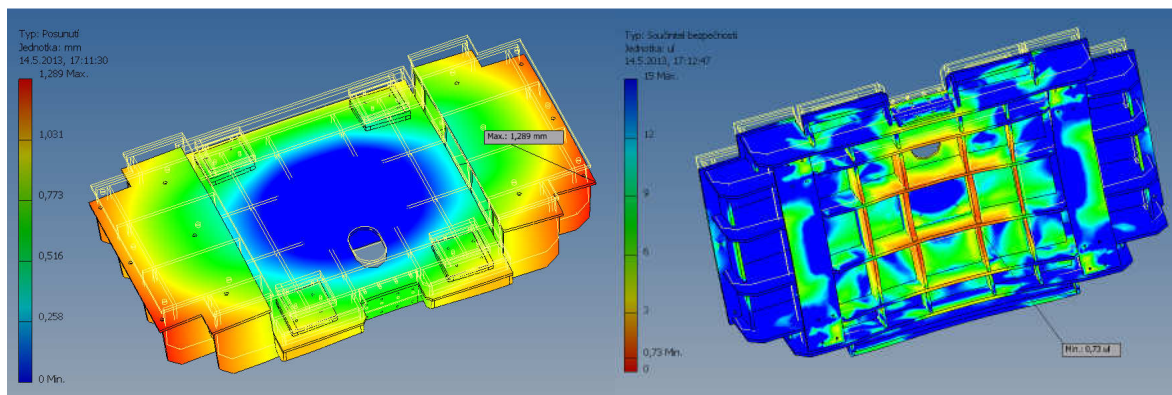


Obr. 32 MKP Přitlačný stůl, napětí v tahu při max. zatížení

Z (Obr. 32) vyplívá, že maximální napětí je v místě uchycení hydraulického válce, vyskytuje se v bodech, kde se spojují výztuhy s vodorovnou deskou.



Obr. 33 MKP Přitlačný stůl, napětí v tlaku při max. zatížení



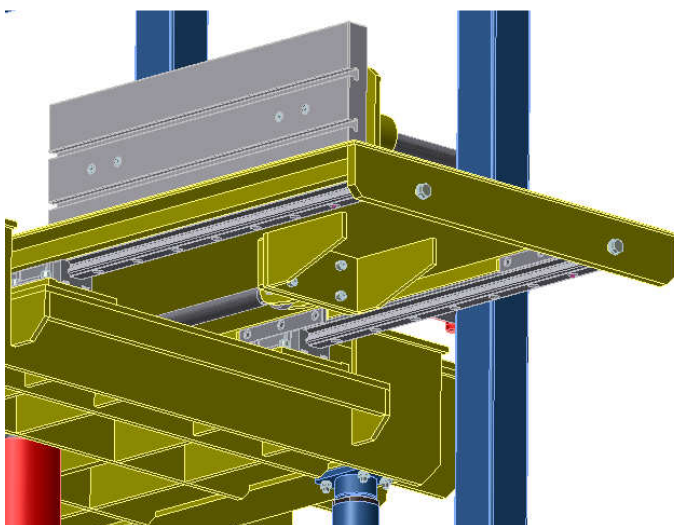
Obr. 34 MKP přítlačný stůl, posunutí při max. zatížení

Obr. 35 MKP přítlačný stůl, bezpečnost při max. zatížení

Stůl byl řešen při působení maximální tlakové síly na celou půdorysnou plochu jaderníku s maximálními rozměry. První podélná spodní výztuha nejbliže k místu největšího napětí je zesílená na tloušťku 20 mm. Minimální bezpečnost (Obr. 35) při největším zatížení je 0,75 v místě uložení válce. Jedná s opět o lokální extrém a je na zvážení, jak při vyhodnocení postupovat. Jedná se o případ rozdílu spotřeby energie materiálu u plastické a elastické deformace.

5.2.3. Vynášecí stůl

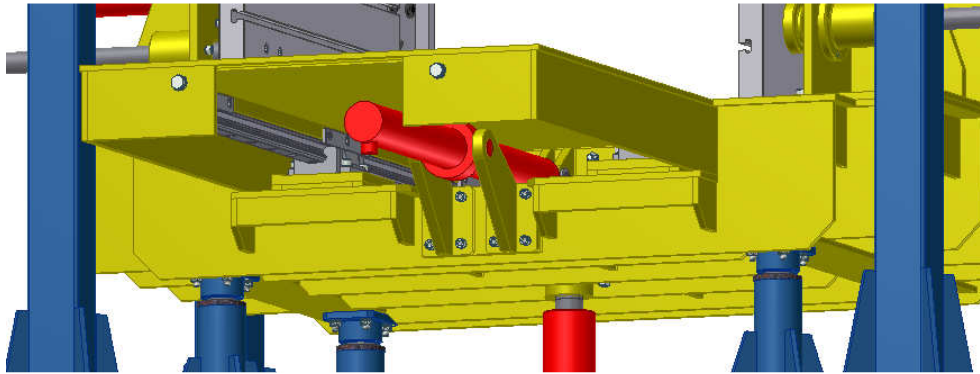
Skládá se ze dvou částí, ze spodní plotny, na niž je uchycena trať lineárního vedení a horní pracovní desky (Obr. 36). Na spodním díle je konzola pro přichycení oka hydraulického válce.



Obr. 36 Vynášecí stůl



5.2.4. Lineární vedení výsuvné desky vynášecího stolu



Obr. 37 Výsuvná pracovní deska, zadní pohled

Vynášecí stůl vysouvá a zasouvá hydraulický válec, který je uchycen v otočném uložení ze zadní strany stroje. Pístnice je uchycena přes čep k posuvné části pracovního stolu. Pístnice hydraulického válce se vysouvá 900mm. Z důvodu takto dlouhého vysunutí jsem vybral průměr pístnice 36mm, který vyhovuje pro vzpěr při maximálním vysunutí. Pohyb je zajištěn lineárním vedením, které je znázorněno na (Obr. 36).[7]

Výpočet hydraulického válce

D_V - průměr válce - 70mm
 d_V - průměr pístu - 36mm
 h_V - zdvih pístu - 900mm

Výpočet rychlosti vysunutí pístu v_{V_V} ;

Plocha vnějšího průměru S_V ;

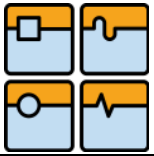
$$S_V = \frac{\pi \cdot D_V^2}{4} [m^2] \quad (5.17)$$

$$S_V = \frac{\pi \cdot 0,07^2}{4} = 0,0038m^2$$

Plocha průměru pístnice s_V ;

$$s_V = \frac{\pi \cdot d_V^2}{4} [m^2] \quad (5.18)$$

$$s_V = \frac{\pi \cdot 0,036^2}{4} = 0,001m^2$$



$$v_{V_v} = \frac{Q_L}{S_v} = [m.s^{-1}] \quad (5.19)$$

$$v_{V_v} = \frac{0,000667}{0,0038} = 0,1755 m.s^{-1}$$

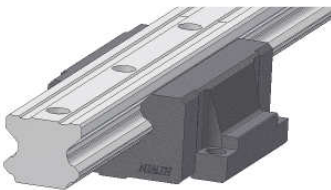
Doba k dosažení maximálního vysunutí stolu ze stroje je 5,1s

Výpočet rychlosti zasunutí pístu v_{V_z} ;

$$v_{V_z} = \frac{Q_L}{S_v - s_v} [m.s^{-1}] \quad (5.20)$$

$$v_{V_z} = \frac{0,000667}{0,0038 - 0,001} = 0,2382 m.s^{-1}$$

Doba k dosažení zasunutí stolu do stroje je 3,7s



Obr. 38 Lineární vedení HGW 45CC

Výpočet lineárního vedení

Vypočítaná celková síla působící na spodní hydraulický válec je 287613N.

Při vydělení této síly mě vychází síla působící na jeden vozík, což je 71903N.

Z katalogu firmy HIWIN jsem si vybral lineární vedení HGW45CC.

Maximální dynamické zatížení jednoho vozíku je 77570N

Maximální statické zatížení je 155930N

Výpočet nominální životnosti L;

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T}{f_w} \cdot \frac{C}{P} \right)^3 \cdot 50 [km] \quad (5.21)$$

$$L = \left(\frac{1,1 \cdot 77570}{1,5 \cdot 17903} \right)^3 \cdot 50 = 1205 km$$

C - základní dynamická účinnost [N]

P - pracovní zatížení [N]

f_H - faktor tvrdosti



f_T - faktor teploty
 f_W - faktor zatížení

Výpočet provozní životnosti L_h :

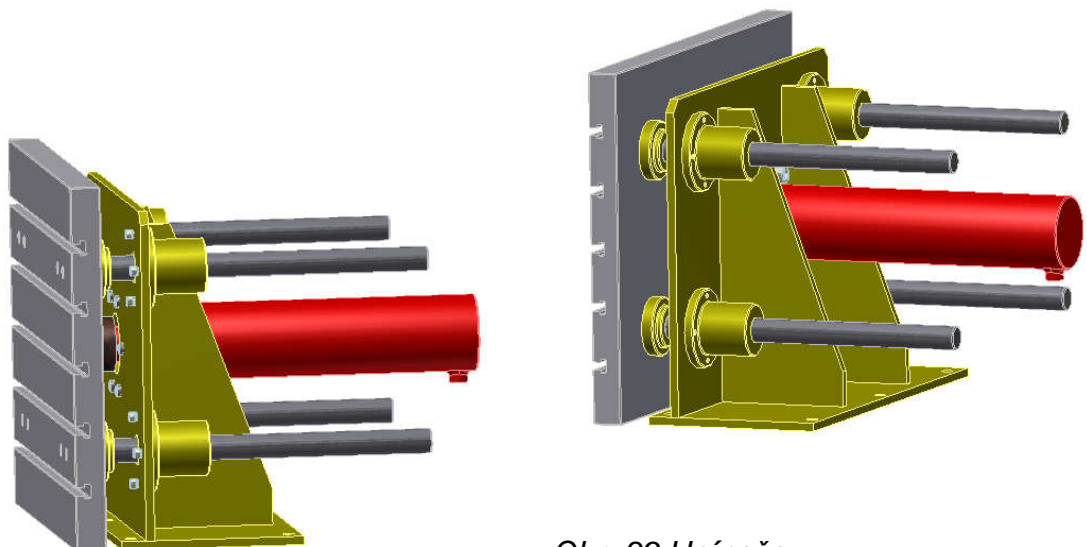
$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot L_s \cdot n_1 \cdot 60} [hr] \quad (5.22)$$

$$L_h = \frac{1205 \cdot 1000}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 60} = 22315 \text{ hr}$$

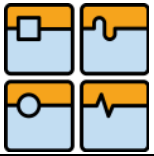
L - nominální životnost [km]
 L_s - délka zdvihu [m]
 n_1 - počet recipročních cyklů za minutu [min^{-1}]

5.3. Upínače

Slouží k sevření jaderníku v momentě, kdy zajede pracovní deska do výchozí polohy (Obr. 39). Svěrná síla musí být natolik velká, aby odolala tlaku vyvolaným vstřelem pískové směsi do jaderníku. Oba upínače leží v jedné rovině kolmé k podélné rovině stroje a písty hydraulických válců směřují k sobě. Levý upínač je identický jako upínač pravý. Skládá se z rámu, který je svařen ze tří částí silného plechu a je přišroubován k pracovnímu stolu. Přítlačná deska je opatřena drážkami typu T a je uchycena k pístu hydraulického válce. Přímý pohyb je zajištěn kompaktními kuličkovými šrouby a vodícími tyčemi o průměru 40mm, které jsou pevně přichycena k přítlačné desce. Kuličkové pouzdra se rozdělují do tří typů:



Obr. 39 Upínače



Kompaktní pouzdro;
Bez možnosti nastavení úrovně předpětí []



Pouzdro s podélnou drážkou;
díky podélné drážce je možné do jisté míry nastavit úroveň předpětí utahováním upevňovacího šroubu v domečku []



Otevřené pouzdro;
používá se v případě podpěry vodící tyče po celé délce dynamické s statické únosnosti jsou zachovány v porovnání s kompaktními pouzdry [7]

Obr. 40 Rozdělení kuličkových pouzder [7]

Označení	Průměr d [mm]	Počet drah	Průměr D [mm]	Délka L [mm]	Dyn. zatížení [N]	Stat. zatížení [N]
UB-08AWW	8	4	16	25	280	420
UBM-12AWW	12	6	22	32	660	1310
UBM-16AWW	16	6	26	36	800	1480
UBM-20AWW	20	6	32	45	1050	2280
UBM-25AWW	25	8	40	58	1370	3470
UBM-30AWW	30	8	47	68	2100	5920
UBM-40AWW	40	8	62	80	3820	9250
UB-50AWW	50	6	75	100	3950	8200

Tab. 2 Velikosti kuličkových pouzder [7]

Vybral jsem si kompaktní pouzdro s označením UBM-40AWW, které splňuje požadavky přesného lineárního vedení a odolnosti vůči dynamickému a statickému zatížení.

Výpočet hydraulického válce:

v_D - výška upínací desky - 0,6m

s_D - šířka upínací desky - 0,8m

Výpočet přitlačné síly upínačů F_{Up} ;

F_P - síla upínačů - 2 x 2500kg

$$F_{U_P} = F_P \cdot g [N] \quad (5.23)$$

$$F_{U_P} = 2500 \cdot 9,81 = 24525N$$

Síla vyvolaná vstřelovacím tlakem na upínací desku F_{U_T} ;

Plocha upínací deska S_D ;

$$S_D = v_D \cdot s_D [m^2] \quad (5.24)$$

$$S_D = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48m^2$$

$$F_{U_T} = p_V \cdot S_D [N] \quad (5.25)$$

$$F_{U_T} = 0,3 \cdot 10^5 \cdot 0,48 = 144000N$$

Výpočet průměru válce D_U ;

Plocha válce S_U ;

$$S_U = \frac{\pi \cdot D_U^2}{4} [m^2] \quad (5.26)$$

$$D_U = \sqrt{\frac{4 \cdot (F_{U_P} + F_{U_T})}{i \cdot \pi \cdot p_Z}} [m] \quad (5.27)$$

$$D_U = \sqrt{\frac{4 \cdot (24525 + 144000)}{1 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,103m$$

D_U - průměr válce - 110mm

d_U - průměr pístu - 63mm

h_U - zdvih pístu - 320mm

Výpočet přítlačné síly F_{U_P} ;

Plocha vnějšího průměru S_U ;

$$S_U = \frac{\pi \cdot D_U^2}{4} [m^2] \quad (5.28)$$

$$S_U = \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} = 0,0095m^2$$

Plocha průměru pístnice s_U ;

$$s_U = \frac{\pi \cdot d_U^2}{4} [m^2] \quad (5.29)$$



$$s_U = \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} = 0,0031 m^2$$

$$F_{U_p} = p_Z \cdot S_U [N] \quad (5.30)$$

$$F_{U_p} = 20 \cdot 10^6 \cdot 0,009 = 180000 N$$

Výpočet rychlosti vysunutí pístu v_{U_v} ;

$$v_{U_v} = \frac{Q_L}{S_U} [m \cdot s^{-1}] \quad (5.31)$$

$$v_{U_v} = \frac{6,67 \cdot 10^{-4}}{0,0095} = 0,07 m \cdot s^{-1}$$

Doba k dosažení maximálního vysunutí upínačů je 4,6s

Výpočet rychlosti zasunutí pístu v_{U_z} ;

$$v_{U_z} = \frac{Q_L}{S_U - s_U} [m \cdot s^{-1}] \quad (5.32)$$

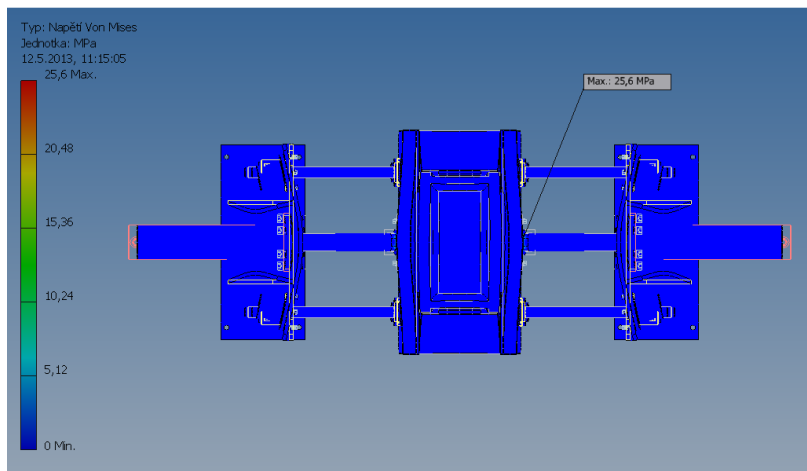
$$v_{U_z} = \frac{6,67 \cdot 10^{-4}}{0,0095 - 0,0031} = 0,104 m \cdot s^{-1}$$

Doba k dosažení zasunutí upínačů do výchozí polohy je 3,1s

5.3.1. Pevnostní analýza upínačů MKP

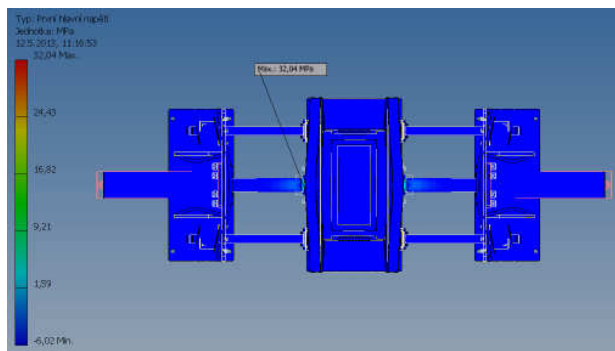
Upínače jsou namáhány tlakovou silou vyvolanou vstřelem pískové směsi do jaderníku. Upínače působí na jaderník každý přítlačnou silou 2500kg. Vysunutě přítlačné desky svojí hmotností působí na lineární vedení a hydraulický válec ohybovým momentem. Největší jaderník, na který je vstřelovací stroj konstruován má šířku 900mm, hloubku 800mm a výšku 700mm. Upínače se rozevírají do maximální vzdálenosti 948mm a při vysunutých upínacích deskách je nejmenší vzdálenost 308mm. U jaderníků s menší šířkou se musí mezi jeho boční stěny a přítlačné desky vložit vymežovací podložky. Většinou se jedná o hranoly nebo desky z tvrdého dřeva. Jaderníky malých výšek se kvůli zkrácení zdvihu pracovního stolu a tím i zkrácení času na výrobu jednoho jádra podkládají dřevěnými hranoly. Šířka hranolu nesmí přesahovat šířku jaderníku, docházelo by tak k nedostatečnému sevření, které by mělo za následek, uvolnění jaderníku a úniku pískové směsi mimo něj.

Při skládání jaderníku na pracovní stůl se musí dbát na zachování souososti mezi jaderníkem a upínači (Obr. 41).

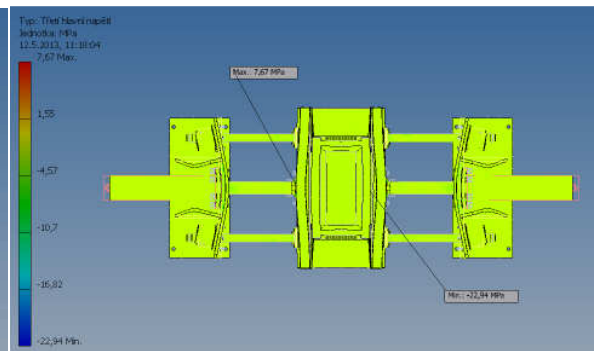


Obr. 41 MKP upínače, celkové napětí při rovnoměrném zatížení

Při ideálně umístěném jaderníku je nejvyšší napětí v místě uchycení hydraulického válce k desce upínače.

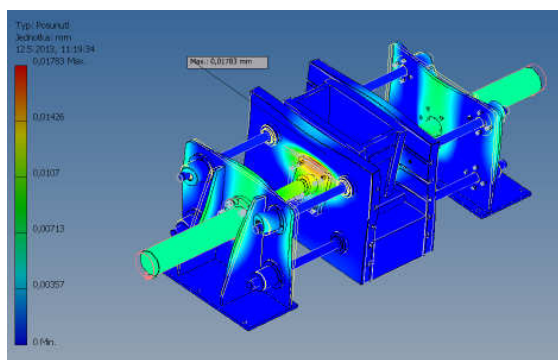


Obr. 42 MKP upínače, napětí v tahu při max. zatížení

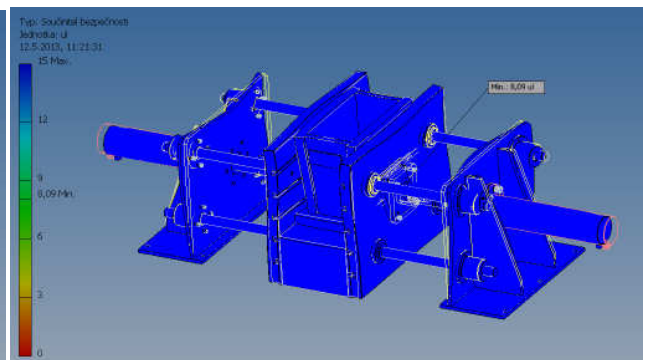


Obr. 43 MKP upínače, napětí v tlaku při max. zatížení

Hodnoty napětí v tahu a tlaku jsou se značnou rezervou vyhovující. Jejich maxima jsou v místě uchycení válce k deskám upínače.



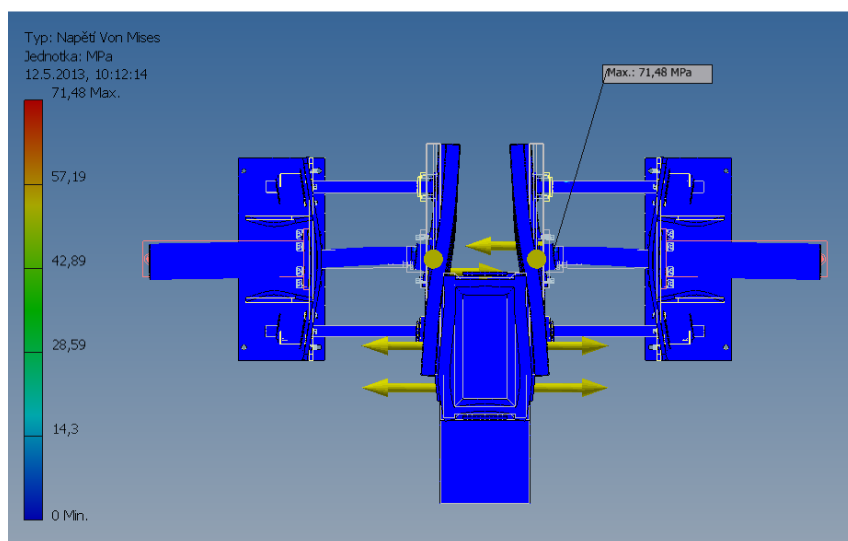
Obr. 44 MKP upínače, posunutí při max. zatížení



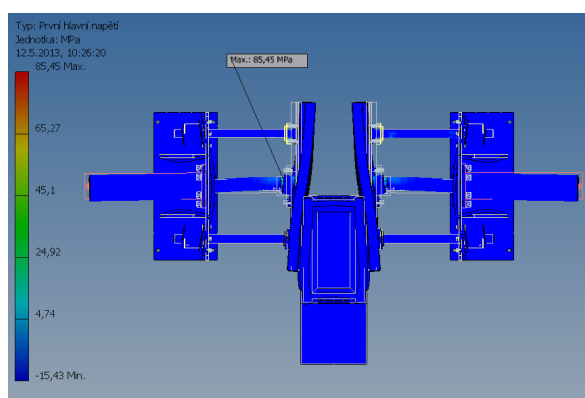
Obr. 45 MKP upínače, bezpečnost při max. zatížení

V případě, kdy se těžiště tlakové síly nachází ve stejné rovině jako osy hydraulických válců, je výsledné posunutí minimální a vysoká bezpečnost. K největšímu posunutí dochází v místě uchycení válce k rámu upínačů, a v místě uchycení konce pístu k přítlačné desce (Obr. 44). Nejnižší bezpečnost je v lineárním vedení kuličkových pouzder (Obr. 45).

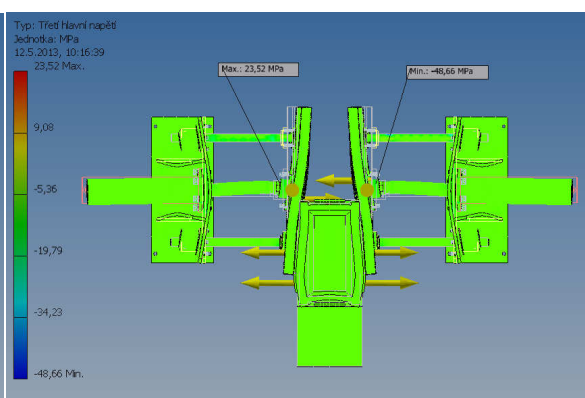
Největší namáhání upínačů nastává v případě, kdy jaderník není umístěn ve středu upínačů. Na výpočtu (Obr. 46) je extrémní případ, kdy zadní strana jaderníku nezasahuje do osy hydraulických válců a osy vstřelu.



Obr. 46 MKP upínače, jaderník mimo osu, celkové napětí

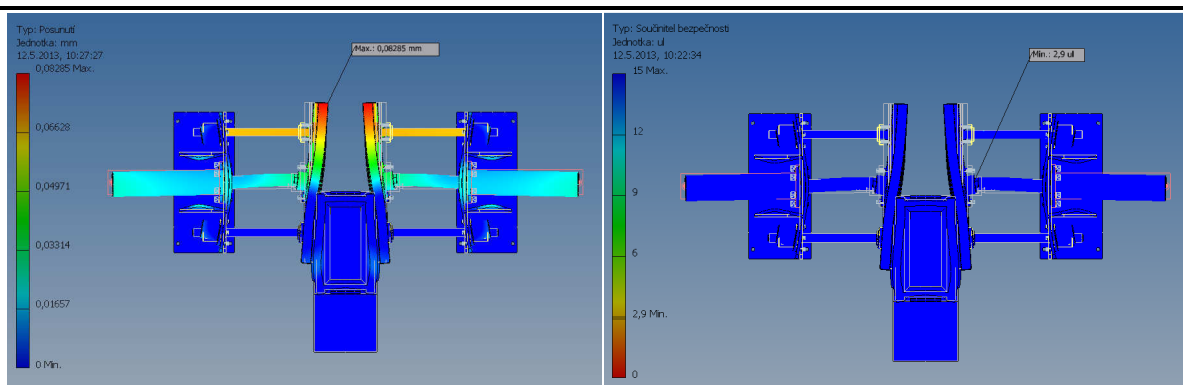


Obr. 47 MKP upínače, jaderník mimo osu, napětí v tahu



Obr. 48 MKP upínače, jaderník mimo osu, napětí v tlaku

Při nesprávně umístěném jaderníku zůstávají místa extrémů napětí stejná jak v případě ideálně umístěného jaderníku, zvětšili se pouze jejich velikosti.

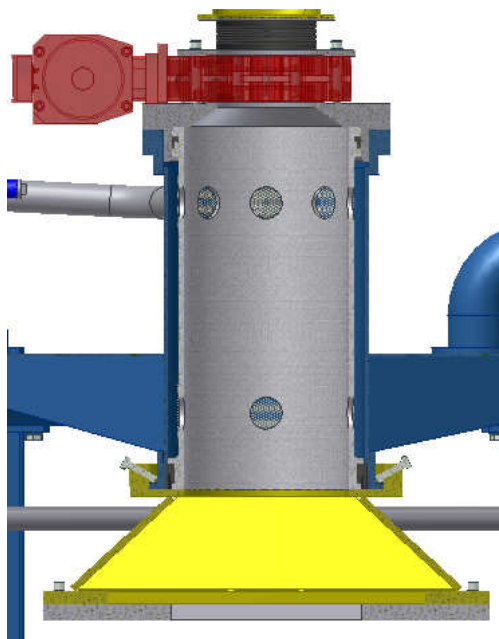


Obr. 49 MKP upínače, jaderník mimo osu, posunutí

Obr. 50 MKP upínače, jaderník mimo osu, bezpečnost

K největšímu posunutí dochází v místě, kde není přitlačná deska zapřena o jaderník (Obr. 49). Nejnižší bezpečnost je stále v místě uchycení pístu k desce upínače (Obr. 50). Pro výpočet jsem si vybral pouze dvě polohy, ideální stav a velké vyosení jaderníku. V běžném provozu bude docházet k mnoha variacím nesprávně umístěného jaderníku, např. vysoko, nebo nízko umístěný jaderník vůči ose válců, které jsem ve výpočtu nezohlednil. Z výsledků výpočtů lze usuzovat, že upínače s minimální bezpečností 2,9 při značném až nereálném vyosení jaderníku, by měli s jakýmkoliv umístěním jaderníku z pohledu bezpečnosti vyhovovat.

5.4. Vstřelovací komora

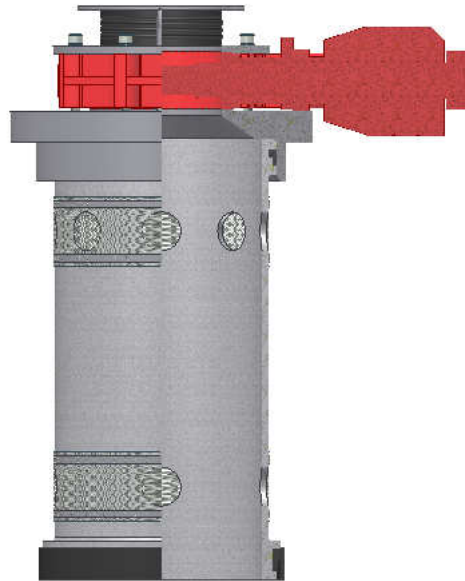


Venkovní plášť komory je pevnou součástí horní části rámu. Je tvořen bezešvou trubkou na horní části s osazením s vnitřními závity určenými ke spojení s vrchní přírubou, do níž je přichycena otočná klapka. Na spodní straně je osazení, o které se opírá vstřelovací hlava zajištěna šrouby. Vnitřní část je snadno demontovatelná. Při vstřelu proudí vzduch pod velkým tlakem ze vzdušníku do prostoru mezi vnějším pláštěm a vnitřní trubkou. Horními otvory působí na sloupec směsi z vrchu a tlačí jej směrem dolů do vstřelovací hlavy a dále do jaderníku. Tlak vzduchu současně vniká ke směsi vnitřními otvory, což má za následek vytvoření vzduchového filmu mezi směsí a vnitřní stěnou vnitřní trubky a tím dochází k odtržení směsi od stěny a jejímu urychlení.

Obr. 51 Vstřelovací komora



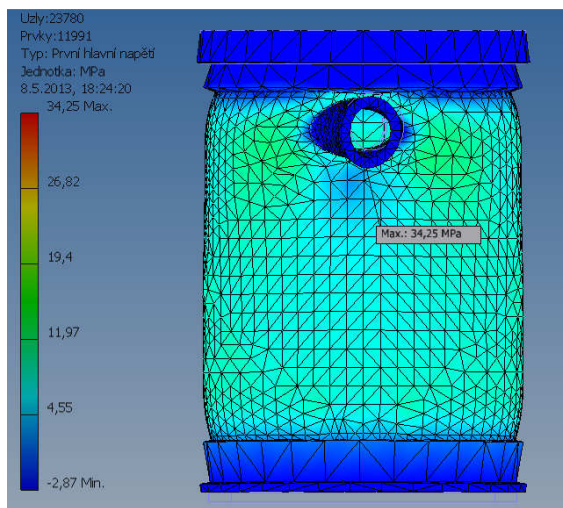
Vstřelovací trubka je opatřena na horní části osmi a ze spodu čtyřmi stejnými otvory, rovnoměrně rozmístěnými po celém obvodu válce, které jsou zakryty jemně děrovaným plechem s otvory kruhového průřezu. Děrovaný plech je uchycen k rouře stahovací ocelovou páskou procházející vodícími oky, tak aby nedošlo při montáži k její nežádoucímu posunu ve směru osy válce. Z vnější strany trubky je na obou jejích koncích gumové těsnění. Vnitřní prostor je válcového tvaru o průměru 260mm a výšce 565 mm, tvoří tak objem 30 dm³.



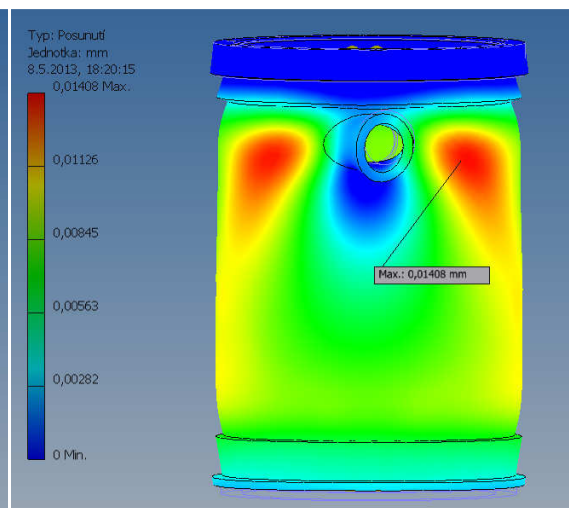
Obr. 52 Vnitřní část vstřelovací komory

5.4.1. Kontrola vstřelovací komory na tlak

Venkovní plášť vstřelovací komory je tvořen z bezešvé trubky s vnějším průměrem 324mm a stěnou silnou 7mm. Na obou koncích je opatřena osazením, z horní části opatřeným vnitřními závity po obvodu, sloužící k přišroubování vnitřní části vstřelovací komory. Se spodní části je rozšíření pro vnitřní těsnění a z vnější části se k němu přitahuje vstřelovací hlava.



Obr. 53 MKP vstřelovací komora, napětí v tahu při max. tlaku



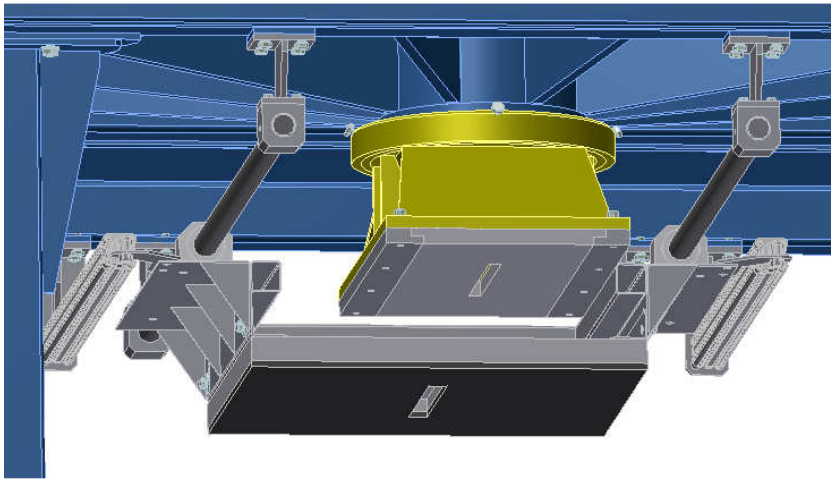
Obr. 54 MKP vstřelovací komora, posunutí při max. tlaku

Nej slabším článkem při výpočtu se ukázalo místo, kde je trubka narušena přívodem stlačeného vzduchu. Celkové napětí i bezpečnost vyhovuje.



5.5. Vstřelovací hlava

Slouží k propojení vstřelovací komory s jaderníkem. Z horní části je kruhového průřezu, ze spodní obdélníkového (Obr. 55). Na bocích spodní části jsou připevněny lišty, do kterých se vsouvá vyměnitelná vstřelovací deska s různými typy otvorů. Otvory jsou obdélníkového tvaru, jejich šířka musí být taková, aby skrz ně mohla při vstřelu volně projít směs, ale nesmí být moc široké, aby směs bez působení tlaku volně nevypadávala. Vstřelovací hlava se mění podle velikosti jaderníku.

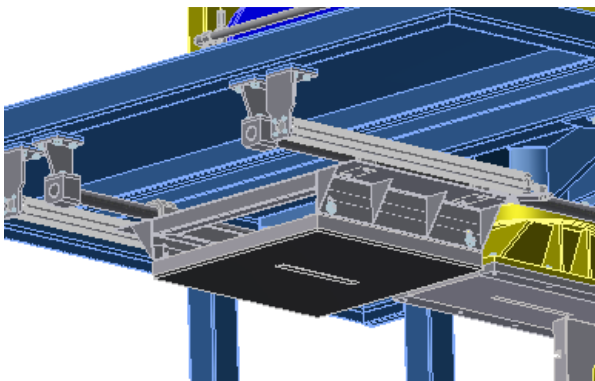


Obr. 55 Vstřelovací hlava

5.6. Vytvrzovací deska

Ve výchozí poloze je umístěna v zadní části stroje za vstřelovací hlavou (Obr. 56). Po vstřelu směsi do jaderníku a uvolnění přítlačného stolu, najede pomocí dvou po stranách uložených pneumatických válců mezi vstřelovací hlavu a jaderník. Přítlačný stůl dotlačí jaderník k vytvrzovací desce a ta se díky volnému uchycení ve svislých drážkách zapře o vstřelovací hlavu.

Ze zadní části je do vytvrzovací desky přivedena směs plynů, která proudí do vstřeleného jaderníku. Po reakci je třeba jaderník propláchnout suchým vzduchem. Vyvíječe plynů nebo mlhy obdobné koncepce používají CB technologie pro různé katalyzátory (terciální aminy, metylformiát, acetát CO_2 , SO_2). [1]



Obr. 56 Vytvrzovací hlava



Vytvrzovací hlava je zavěšena na lineárním vedení pomocí čtyř kuličkových pouzder. Její vysouvání nad vstřelovací hlavu zajišťují dva pneumatické válce uchycené po obou stranách hlavy.

Výpočet pneumatického válce

Výpočet síly pneumatického válce při vysouvání pístnice F_V ;

$$F_V = A_D \cdot p \cdot \mu [N] \quad (5.33)$$

$$A_D = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 0,00125 m^2$$

$$F_V = 0,00125 \cdot 600000 \cdot 0,6 = 450 N$$

Výpočet síly pneumatického válce při zasouvání pístnice F_Z ;

$$F_Z = (A_D - A_d) p \cdot \mu [N] \quad (5.34)$$

$$A_d = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} = 0,000201 m^2$$

$$F_Z = (0,00125 - 0,000201) \cdot 600000 \cdot 0,6 = 377,64 N$$

p - tlak [Pa]
 A_D - plocha pístu [m^2]
 A_d - plocha pístnice [m^2]
 μ - účinnost

Výpočet spotřeby vzduchu Q ;

$$Q_{\min} = \frac{2 \cdot A_D \cdot s \cdot p_2 \cdot n}{p_1} [m^3 \cdot \min^{-1}] \quad (5.35)$$

$$Q_{\min} = \frac{2 \cdot 0,00125 \cdot 0,85 \cdot 600000 \cdot 1}{100000} = 0,01275 m^3 \cdot \min^{-1}$$

p_1 - atmosférický tlak [Pa]
 p_2 - pracovní tlak [Pa]
 s - zdvih pístu [m]
 n - počet pracovních cyklů za minutu [$1 \cdot \min^{-1}$]
2 - koeficient dvojčinného válce

ÚČINNOST PNEUMATICKÝCH VÁLCŮ		
	Typ válce	účinnost
bez tlumení	jednočinný	0,8
	dvojčinný	0,9
s tlumením		
	dvojčinný	0,5-0,6

Tab. 3 Účinnost pneumatických válců



Výpočet pístnice na vzpěr F_{CR} ;

$$F_{CR} = \pi^2 \cdot E \cdot \frac{J_X}{L_{eff}^2} [N] \quad (5.36)$$

$$F_{CR} = \pi^2 \cdot 21 \cdot 10^{10} \cdot \frac{0,0000000032 \cdot 16896}{0,85^2} = 922,82 N$$

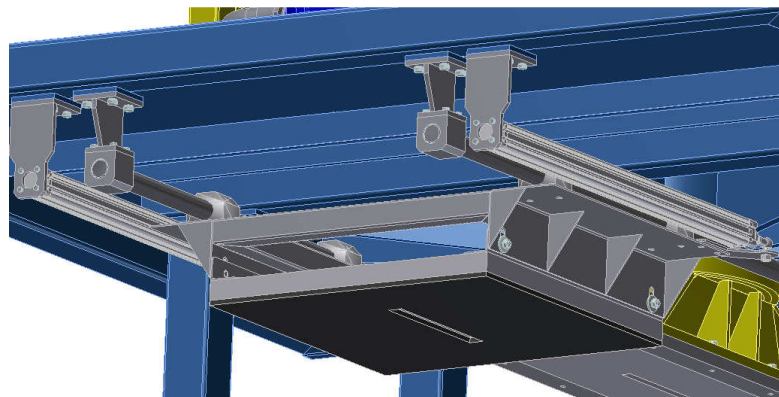
L_{eff} - redukovaná (efektivní) délka pístnice [m]

J_X - kvadratický moment [m^4]

E - modul pružnosti v tahu [Pa]

$$I_X = \frac{\pi \cdot d^4}{64} [m^4] \quad (5.37)$$

$$I_X = \frac{\pi \cdot 0,016^4}{64} = 0,0000000032 \cdot 16896 m^4$$



Obr. 57 Uchycení pneumatických válců

Návrh pneumatického obvodu je v příloze č. 2



6. Analýza rizik

ČSN EN ISO 12100:2011

Strojní zařízení: Vstřelovací stroj
Typová řada: s pevnou vstřelovací hlavou
Model, Typ: VGi 30.0
Výrobní číslo: ---

Obsah:

1. Management rizik – cíle snížení rizika, stupně hodnocení, matice rizik, nejistoty určení rizik.
2. Popis zařízení:
 - Technické specifikace.
 - Předpokládané použití.
 - Mezní hodnoty stroje.
3. Seznam použitých normativních dokumentů.
4. Identifikace:
 - a) nebezpečí,
 - b) nebezpečných situací,
 - c) nebezpečných událostí.
5. Odhad rizika, popis ochranných opatření a prvků vedoucích k omezení rizik, uvedení zbytkových rizik.
6. Určení PLr dle ČSN EN ISO 13849-1.




6.1. Management rizika vstřelovacího stroje

Bez nebezpečí	závažnost škody na zdraví	Právní následky	Technické následky	Ekonomické následky	Četnost nehody v závislosti na čase	Možnost vyvarování	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události		
							W1	W2	W3
								S1 Lehké	Bez následků
E2	0	1	2						
E3	1	2	3						
A2	E1	2	3	4					
	E2	3	4	5					
	E3	4	5	6					
S2 Těžké	Občanskoprávní	Výpadek > 5 dnů	Vysoké ztráty	A1	E1	5		6	7
					E2	6		7	8
					E3	7		8	9
				A2	E1	8		9	10
					E2	9		10	11
					E3	10		11	12
S3 Smrt	Trestně právní konec výroby Penále, ztráta zakázky			A1	E1	11		12	13
					E2	12		13	14
					E3	13		14	15
				A2	E1	14		15	16
					E2	15		16	17
					E3	16		17	18

Tab. 4 Matice rizik

Typy rizik			
NEPŘIJATELNÉ • vedoucí k nepřijatelným výsledkům (nutný zásah)	7_18	Doporučené kroky ke snížení rizika: <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> </div>	
Přijatelné po prověření • vedoucí k přijatelným výsledkům po prověření (analýza+ tým = zásah)	5_6	POSTUP	
		Krok 1	Krok 2
Přijatelné bez zásahu • přijatelný výsledek	0_4	KSR	BZ + DOO
			Krok 3
			IP+NO

Tab. 5 Typy rizik

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 50
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

KSR - Konstrukční snížení rizika

BZ + DOO - Snížení rizika Bezpečnostním Zařízením + Realizace doplňkových ochranných opatření

IP+NO - Snížení rizika Informacemi pro Používání + Návodem k Obsluze

Hlavním cílem snižování rizika je dosáhnout akceptovatelné míry rizika či jejího úplného omezení s ohledem na níže uvedené faktory.

Faktory brané v úvahu procesu snížení rizika při konstrukci zařízení (stroje):

- Budou vždy aplikovány v níže uvedeném pořadí.
- Proces snižování rizika bude opakován až do dosažení přijatelné úrovně.

1. Bezpečnost stroje ve všech fázích jeho životnosti.
2. Schopnost stroje vykonávat určenou funkci.
3. Použitelnost stroje.
4. Výrobní a provozní náklady stroje a náklady na jeho vyřazení.

Nejistoty při stanovení odhadu rizik zařízení.

Snížování nejistot spojených se stanovováním rizik u navrhovaných zařízení je provedeno několika kroky:

Odhad rizik je vždy prováděn zkušenými pracovníky, formou brainstormingu.

Rizika jsou zaznamenávána a určována dle matice rizik tvořené v managementu rizik.

Při tvorbě a hodnocení rizik je přikládán důraz na historické zjištění a informace z provozu již existujících zařízení.

Je kladen důraz na provedení návrhu a konstrukce zařízení dle aktuálních harmonizovaných standardů.

6.2. Popis zařízení

Vstřelovací stroj s pevnou vstřelovací hlavou.

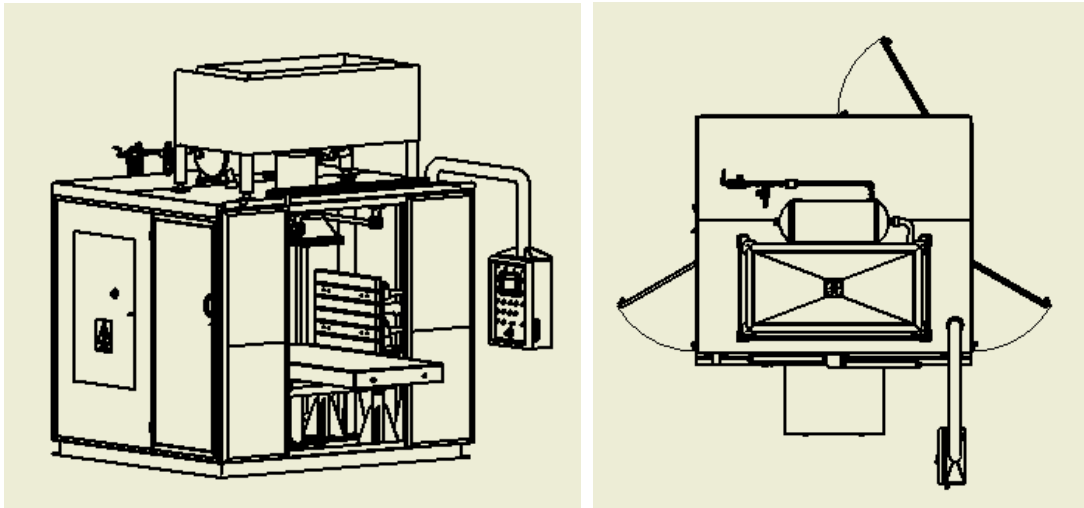
Zařízení je určeno k výrobě jader v jaderníku z jádraškových formovacích směsí, která se po zaformování chemicky vytvrzují. Vstřelovací stroj má ze přední strany odsuvné dveře s pneumatickým pohonem ovládané spínačem. Ze dveří vyjíždí výsuvný stůl, na kterém je umístěn jaderník.

Zařízení se skládá z hlavních částí:

- Rám stroje
- Kryt
- Přední dveře
- Boční dveře
- Zadní dveře
- Přítlačný stůl
- Výsuvný stůl
- Upínače



Vstřelovací hlava
Vstřelovací komora
Vytvrzovací deska
Zásobník směsi
Elektrický rozvaděč
Pneumatický rozvod
Hydraulický rozvod



Obr. 58 Schematické zobrazení vstřelovacího stroje

TECHNICKÁ DATA VSTŘELOVACÍHO STROJE	VGi 30.0
Objem vstřelované směsi s jedním vstřelem	30 dm ³
Objem zásobníku směsi	200 dm ³
Zdvih stolu	300 mm
Uzavírací síla stolu	6000 kg
Přítlačná síla upínačů	2 x 2500 kg
Rozměry upínacích desek v x š */	600 x 800 mm
Maximální rozměr jaderníku š x h x v */	900 x 800 x 700 mm
Rozměr vstřelovací hlavy */	270 x 800 mm
Rozměr vytvrzovací desky*/	650 x 650 mm
Přípoj vzduchu	1"
Tlak vzduchu	6 Bar
Elektrický příkon	15 kW
Elektrický příkon s integrovaným zplyňovadlem	19 kW
Venkovní rozměry š x h x v /mm/	2500 x 2200 x 3200
Hmotnost	3500 kg

Tab. 1 Technická data vstřelovacího stroje [5]

Vymezení prostoru

a)	Mezní hodnoty hodnoceného prostoru	
	Rozsah pohybu zařízení	<input checked="" type="checkbox"/>
	Požadované prostředí pro obsluhu a údržbu zařízení (stroje)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Vzájemné působení lidí	<input checked="" type="checkbox"/>
b)	Vzájemné působení lidí	
	rozhraní obsluha - stroj	<input checked="" type="checkbox"/>
	rozhraní obsluha - údržba	<input checked="" type="checkbox"/>
c)	Vymezení prostoru pro užívání - Prostředí	
	Venkovní prostředí	<input type="checkbox"/>
	Vnitřní prostředí (haly)	<input checked="" type="checkbox"/>
	suché prostředí	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> trvalé <input type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	
	vlhké prostředí	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> trvalé <input type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	
	vystavení tekutinám	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> trvalé <input type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	
	vystavení slunečnímu záření	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> trvalé <input checked="" type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	
	vystavení jiným zářením	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> trvalé <input type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	
	vystavení jiným látkám: Prachu, zbytkům kovů	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> trvalé <input type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	
	vystavení jiným látkám :	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> trvalé <input type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	
	vystavení jiným látkám :	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> trvalé <input type="checkbox"/> občasné <input type="checkbox"/>	
	krátkodobé	

Vymezení doby

a)	Mezní hodnoty času:	
	Předvídatelná omezená životnost zařízení (stroje)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Předvídatelná omezená životnost součástí zařízení (stroje)	<input checked="" type="checkbox"/>
	tlakové rozvody kapalin či plynů	<input checked="" type="checkbox"/>
	elektrické rozvody	<input checked="" type="checkbox"/>
	pohony	<input checked="" type="checkbox"/>

	nástroje	<input type="checkbox"/>
	materiály	<input checked="" type="checkbox"/>
	jiné	<input type="checkbox"/>
	Udržovatelnost zařízení (stroje) – Intervaly: stanoveny	<input checked="" type="checkbox"/>
	Hygienické požadavky:.....	<input type="checkbox"/>
	Úroveň požadovaných materiálů	<input type="checkbox"/>
	Fáze skladování a dopravy	<input checked="" type="checkbox"/>
	Fáze instalace a uvádění do provozu	<input checked="" type="checkbox"/>
	Fáze používání stroje (normální užívání, poruchy, nesprávné používání, zásahy obsluhy)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Fáze likvidace	<input type="checkbox"/>
Vymezení používání		
Hlediska vzata v úvahu:		
a)	Provozní režimy zařízení (stroje) - včetně zásahů obsluhy z důvodu selhání stroje	
	Režim ručního ovládání	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
b)	Používání zařízení:	
	V průmyslu	<input checked="" type="checkbox"/>
	V domácnosti	<input type="checkbox"/>
	Ve vzdělávání	<input type="checkbox"/>
	V řemeslech a malých podnicích	<input type="checkbox"/>
	Předpokládaný uživatel:	
	Muž	<input type="checkbox"/>
	Žena	<input type="checkbox"/>
	Bez rozlišení	<input checked="" type="checkbox"/>
	Omezení věkem:	
	18 a více let	<input checked="" type="checkbox"/>
	Bez omezení	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
	Omezení fyzickými schopnostmi, zdravotní omezení:	
	Bez omezení.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Zhoršený sluch.	<input type="checkbox"/>
	Zhoršený zrak.	<input type="checkbox"/>
	Zhoršené silové schopnosti.	<input type="checkbox"/>
	Jiná omezení:	<input type="checkbox"/>
c)	Úroveň zcviku, znalostí či zkušeností:	
	Obsluha běžná.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Údržbáři a technici.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Studenti, učni a mladiství.	<input type="checkbox"/>

	Široká veřejnost.	<input type="checkbox"/>
d)	Vystavení jiných osob rozumně předvídatelným nebezpečím zařízení:	
	Obsluha pracující v blízkosti – znalá specifických nebezpečí okolních zařízení.	<input checked="" type="checkbox"/>
	V blízkosti nacházející se zaměstnanci. – málo znalá specifických nebezpečí zařízení	<input type="checkbox"/>
	V blízkosti nacházející se jiné osoby (návštěvníci, zákazníci) – velmi malá znalost nebezpečí	<input type="checkbox"/>

Tab. 6 Vymezení používání stroje

6. 3. Seznam normativních dokumentů

Použité předpisy a jejich bezpečnostní požadavky

Zákon č. 22/1997 Sb. - o technických požadavcích na výrobky
 Nařízení vlády č. 17/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí (2006/95/ES).
 Nařízení vlády č. 616/2006 Sb., o technických požadavcích na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility (2004/108/ES).
 Nařízení vlády č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení (2006/42/ES).

Aplikované harmonizované standardy

ČSN EN ISO 12100:2011 – Bezpečnost strojních zařízení
 – všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika
 ČSN EN ISO 60204-1 - Bezpečnost strojních zařízení
 - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky
 ČSN EN 61000-6-2 ed. 3 - Elektromagnetická kompatibility (EMC)
 - Část 6-2: Kmenové normy - Odolnost pro průmyslové prostředí
 ČSN EN 61000-6-4 ed. 2 - Elektromagnetická kompatibility (EMC)
 - Část 6-4: Kmenové normy - Emise - Průmyslové prostředí
 ČSN EN ISO 13849-1 - Bezpečnost strojních zařízení
 - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci
 ČSN EN 60529 - Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)
 ČSN EN 710 – Bezpečnost strojních zařízení
 - Bezpečnostní požadavky na slévárenské formovací a jádrovací stroje a zařízení a přidružená zařízení

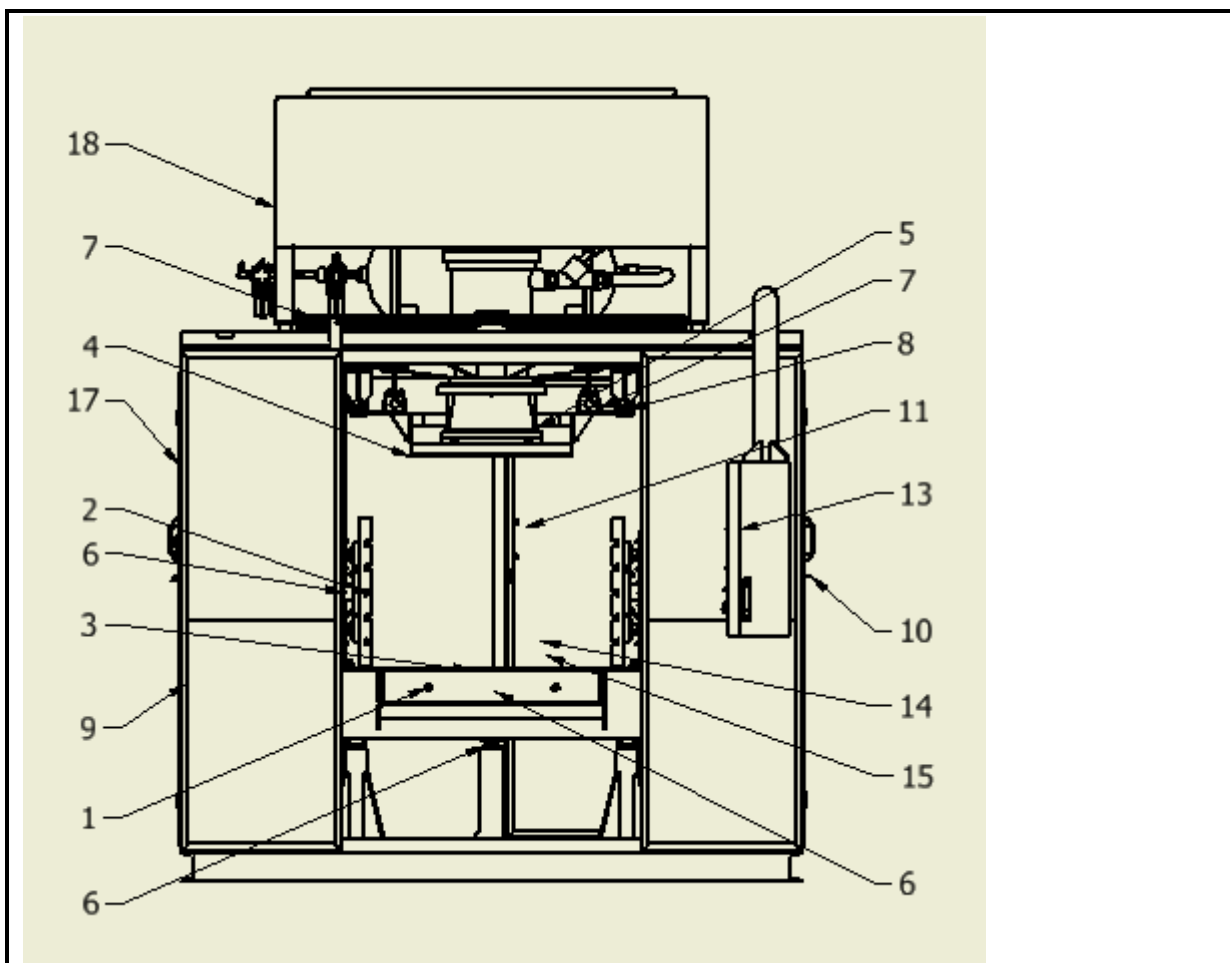
6.4. Identifikace nebezpečí

Číslo	Popis nebezpečí	Identifikace nebezpečí				Velikost poč. rizika	Typ nebezpečí
		S	A	E	W		
1. Mechanická nebezpečí							
1.1. Stlačení							
1.1.1	Stlačení při manipulaci se strojem nebo jeho částmi	2	2	1	2	9	V
1.1.2	Stlačení při pohybu předních dveří	2	2	2	3	11	V
1.1.3	Stlačení při pohybu výsuvného stolu	3	2	1	1	14	V
1.1.4	Stlačení při manipulaci s jaderníkem	1	2	3	3	6	V
1.1.5	Stlačení při upínání jaderníku upínači	3	2	1	1	14	V
1.1.6	Stlačení při svislém pohybu stolu	3	2	1	1	14	V
1.1.7	Stlačení při pohybu vytvrzovací desky	2	2	1	1	8	V
1.2. Nárazu							
1.2.1	Od pohybujícího výsuvného stolu	2	2	3	3	12	V
1.2.2	Při manipulaci se strojem nebo jeho částmi	2	1	2	2	7	V
1.2.3	Při manipulaci s nástroji, nástrojovými držáky	1	2	3	3	6	V
1.2.4	Při manipulaci s jaderníkem	2	2	2	2	10	V
1.3. Říznutí							
1.3.1	Od části průhledového skla při jeho rozbití	2	2	2	3	11	V
1.4. Vtažení nebo zachycení							
1.4.1	Od výsuvného stolu	3	2	3	1	16	V
1.4.2	Od pohybujícího se stolu	2	2	3	2	11	V
1.4.3	Od pohybujících se předních dveří	2	2	3	3	12	V
1.5. Vystříknutí nebo výron kapalin							
1.5.1	Z pracovního prostoru stroje	2	1	2	1	6	V
1.5.2	Z hydraulických rozvodů při údržbě	1	2	3	3	6	V
1.6. Uklouznutí, zakopnutí a pádu osob							
1.6.1	Uklouznutí na unikající provozní kapalině	2	1	2	2	7	V
1.6.2	Pád způsobený zakopnutím o předměty v blízkosti stroje	2	1	2	3	8	V
2. Elektrická nebezpečí							
2.1. Dotyk osob živých částí (přímý dotyk)							
2.1.1	Přímý dotyk s elektrickým zařízením v průběhu údržby	3	1	3	3	15	V
2.2. Dotyk osob živých částí, které se staly živými při závadě							
2.2.1	Dotyk osob při provozu, seřizování a údržbě	3	1	3	3	15	V
3. Nebezpečí požáru, výbuchu							
3.1	Nebezpečí požáru v pracovním prostoru stroje během provozu	3	1	2	2	13	V
3.2	Nebezpečí požáru nebo výbuchu při čištění stroje	3	1	2	2	13	V

4. Nebezpečí vibrací							
4.1	Nebezpečí vzniklé nesouosostí pohybujících se částí	1	2	3	3	6	V
5. Nebezpečí zářením							
5.1	Nebezpečí způsobená elektromagnetickým zářením (frekvence)	2	2	2	2	10	V
6. Nebezpečí hluku							
6.1	Nebezpečí poškození sluchu	2	2	3	3	12	V
7. Nebezpečí materiálem, látkou							
7.1	Nebezpečí dotyku se škodlivými tekutinami u hydraulických rozvodů	1	2	2	2	4	A
7.2	Nebezpečí vdechnutí plynů při vytvrzovacím procesu	2	2	3	3	12	V
7.3	Nebezpečí dotyku se škodlivými tekutinami při manipulaci se strojem	1	2	3	3	6	V
8. Ergonomická nebezpečí							
8.1	Nebezpečí způsobená nevhodným umístěním ovládacích zařízení	2	2	1	2	9	V
8.2	Nebezpečí způsobená nepřiměřenými nároky na anatomii lidské paže při manipulaci s jaderníkem a jádrem	2	2	3	3	12	V
8.3	Nebezpečí způsobené chybným jednáním člověka při obsluze stroje	3	2	3	3	18	V
8.4	Nebezpečí způsobené nedostatečným osvětlením pracovního prostoru	2	2	2	2	10	V
9. Nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán							
9.1	Nebezpečí způsobené vnějšími vlivy (zásah jiné osoby), při údržbě a seřizování, neočekávaný rozběh	3	2	3	3	18	V
9.2	Nebezpečí způsobené vnějšími vlivy (vlhkost) na elektrickém zařízení, neočekávané zpuštění stroje	3	2	3	3	18	V

Tab. 7 Identifikace nebezpečí [8]

Analýza významných nebezpečí ve fázích dopravy, nakládky, vykládky, instalace, čištění a údržby, demontáže a vyřazení stroje	
1.	Doprava, nakládka, vykládka stroje
1.1	Ztráta stability při přesunu zařízení
1.2	Přetížení zvedacího zařízení v důsledku chybně zadané hmotnosti
1.3	Pád uvolněných nebo volně položených předmětů
1.4	Vystříknutí provozních kapalin
2.	Instalace, uvedení do provozu
2.1	Zásah elektrickým proudem
2.2	Zakopnutí, uklouznutí, pád
2.3	Chybné jednání druhé osoby
3.	Čištění a údržba
3.1	Zásah elektrickým proudem
3.2	Zakopnutí, uklouznutí, pád
3.2	Chybné jednání druhé osoby
3.3	Vystříknutí provozních kapalin
3.4	Stlačení, náraz říznutí
4.	Demontáž a vyřazení
4.1	Zakopnutí, uklouznutí, pád
4.2	Vystříknutí provozních kapalin
4.3	Stlačení, náraz říznutí
<p><i>Tab. 8 Analýza významných nebezpečí v životních cyklech stroje</i></p>	



Obr. 59 Sestava stroje, hlavní zdroje nebezpečí


Pozice	hlavní zdroje nebezpečí	Typ nebezpečí
1	Výsuvný stůl	Mechanická nebezpečí (stlačení, nárazu, vtažení nebo zachycení) Ergonomická nebezpečí
2	Upínací desky	Mechanická nebezpečí (stlačení)
3	Přítlačný stůl	Mechanická nebezpečí (stlačení)
4	Vytvrzovací deska	Mechanická nebezpečí (stlačení), nebezpečí materiálem, látkou
5	Vstřelovací hlava	Mechanická nebezpečí (stlačení, nárazu, nebezpečí materiálem, látkou, ergonomická nebezpečí)
6	Hydraulické válce	Vystříknutí nebo výron kapalin, uklouznutí, zakopnutí a pádu osob
7	Pneumatické válce	Nebezpečí materiálem, látkou
8	Lineární vedení	Mechanická nebezpečí (stlačení)
9	Přední dveře	Mechanická nebezpečí (stlačení, nárazu, říznutí, vtažení nebo zachycení) Ergonomická nebezpečí

10	Boční dveře	Mechanická nebezpečí (stlačení, nárazu, vtažení nebo zachycení)
11	Zadní dveře	Mechanická nebezpečí (stlačení, nárazu, vtažení nebo zachycení)
12	Hydraulický agregát	Vystříknutí nebo výron kapalin, nebezpečí materiálem, látkou, uklouznutí, zakopnutí a pádu osob
13	Ovládací panel	Elektrická nebezpečí (Dotyk osob živých částí (přímý dotyk), Dotyk osob živých částí, které se staly živými při závadě), Ergonomická nebezpečí
14	Upínací přípravky	Mechanická nebezpečí (stlačení, nárazu, Ergonomická nebezpečí
15	Jaderník	Mechanická nebezpečí (stlačení, nárazu, Ergonomická nebezpečí
16	Snímání polohy	Mechanická nebezpečí (stlačení)
17	Elektorozvaděč	Elektrická nebezpečí (Dotyk osob živých částí (přímý dotyk), Dotyk osob živých částí, které se staly živými při závadě), Ergonomická nebezpečí
18	Zásobník směsi	Nebezpečí materiálem, látkou

Tab. 9 Hlavní zdroje nebezpečí

6.5. Odhad rizika a kroky k jeho snížení

Poslední fází analýzy je popsání konkrétního rizika a učinění konkrétních úkonů k jeho snížení. Prvním krokem je snížení rizika z hlediska konstrukce. Jedná se například o ochranu před pohybuujícími se částmi stroje různými kryty. Následuje snížení rizika bezpečnostním zařízením a realizací doplňkových ochranných opatření. Posledním krokem je snížení rizika Informacemi pro používání a návody k obsluze apod. Výsledkem by se mělo snížit riziko na únosnou míru. V opačném případě se celý cyklus opakuje.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 60
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

7. Závěr


Stručné shrnutí způsobů výroby jader a náhled do oboru slévárenství v první části této práce, okrajově seznamuje s problematikou výroby jader a odlitků. Konstrukční návrh stroje představuje určitá řešení uspořádání stroje a nastiňuje princip činnosti vstřelovacího stroje.

Byly zváženy dva způsoby hydraulických pohonů válců s ohledem na vysoké síly, které musí válce překonat. První návrh zmiňuje hydraulický systém opatřený hydraulickým zámkem. Výhodou tohoto principu je použití menších průměrů válců, méně výkonného hydrogenerátoru a v některých částech okruhu menšího naddimenzování hadic a potrubí. Z nevýhod zmíním jen nutnost brát zřetel na pružné chování potrubí a hadic mezi válci a hydraulickým zámkem, což může způsobit ztrátu tlaku a uzavírací síly. Druhou možností hydraulického okruhu, kterou se tato práce blíže zabývá je osazení stroje válci velkých průměrů, které působí dostatečnou silou k zachycení tlakové síly od vstřelu. Okruh je řešen dvěma hydrogenerátory s odlišnými tlaky a průtoky.

Práce se podrobněji zabývá pevnostní analýzou rámu, upínačů a pracovního stolu metodou konečných prvků. Jednotlivé díly jsou počítány s maximální možnou tlakovou silou, která je v reálu mnohem menší, byl také brán zřetel na nesprávné umístění jaderníků vůči ose působení sil.

V případě možné výroby zařízení by se měly do návrhu zapracovat nabyté znalosti a zkušenosti z již vyrobených podobných zařízení. Vstřelovací stroj je sofistikované zařízení, které je mnohdy konstruováno podle specifických požadavků zákazníka. Možnosti uchycení jaderníku, uvolnění jádra, instalovaných pracovních programů a vybavení stroje mohou být značně odlišné.

Současný trend výroby jader a pískových forem směřuje k co nejekologičtějšímu přístupu k přírodě při zachování nárůstu kvality a rychlosti především sériové výroby.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 61
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] CHRÁST, Jaroslav. *Slévárenská zařízení*. Brno: akademické nakladatelství Cerm, 2006. ISBN 80-7204-455-9.
- [2] CHRÁST, Jaroslav. *Slévárenská zařízení*, skripta VUT Brno 1990
- [3] JELÍNEK, P. - FRIDRICH, R. *Obsah hliníku a rospadovost směsí s polysialátovými pojivy*. In „Sborník vědeckých prací VŠB –technická univerzita Ostrava“, 2009, roč. 52, č. 1, řada hutnická, čl. č. 1486. ISBN 978-80-248-1991-4.
- [4] JELÍNEK, P.- MIKŠOVSKÝ, F. ADÁMKOVÁ, E. *Slévárenská jádra z anorganických solí*. *Technolog*, Mimořádné číslo, roč. 2. ISSN 1337-8996.
- [5] SAND-TEAM. *Vstřelovací stroje*. [online]. 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.sandteam.cz/nase-sluzby/vstrelovacky>
- [6] HYDROMA. *Hydraulické systémy*. [online]. 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.hydrroma.cz/hydrogeneratory/>
- [7] CERHA, J. *Hydraulické a pneumatické mechanizmy I*. Liberec : TU v Liberci, 2006. 317 s. ISBN 80-7372-067-1
- [8] HIWIN. *Kuličková pouzdra*. [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/cs/kulikova-pouzdra/catalog.html?id=20>
- [9] MANGA, M. – STRÁNSKÝ, J. – RŮŽIČKA, J. *Analýza rizik rovinné brusky Rosa Ermando*. Brno, 2011/2012. SEMESTRÁLNÍ PRÁCE-GMR. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY.
- [10] NOVOTNÝ, J. - ŠANOVEC, J. *Technologie I*. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. ČVUT 2006. ISBN 80-01-01251-6
- [11] CHAKRABARTI, A. K. *Casting Technology and Cast Alloys*. New Delphi. Prentice, 2005. ISBN 81-203-2779-9
- [12] BURIAN, A. a kol. *Geopol-technologie výroby forem a jader s anorganickým pojivem*. *Slévárenství*. 2009
- [13] DRASTÍK, F. a kol. *Strojnické tabulky pro konstrukce I dílnu*. Ostrava: MONTANEX, 1995. ISBN 80-85780-22-4




9. Seznam použitých zkratk a symbolů

Veličina	Jednotka	Popis veličiny
A_D	m^2	Plocha pístu pneumatického válce
A_d	m^2	Plocha pístnice pneumatického válce
C	N	Základní dynamická účinnost
D	m	Průměr pneumatického válce
D_U	m	Průměr válce upínače
d_u	m	Průměr pístu upínače
D_V	m	Průměr válce vysunutí
d_V	m	Průměr pístu vysunutí
D_Z	m	Průměr válce
d_Z	m	průměr pístnice
E	Pa	Modul pružnosti
F	N	Uzavírací síla
F_C	N	Celková síla na píst
F_{CR}	N	Síla na vzpěr
F_P	N	Síla upínače
F_T	N	Síla vyvolaná vstřelovacím tlakem
F_{TK}	N	Síla vstřelu působící na vstřelovací komoru
F_U	N	Uzavírací síla stolu
F_V	N	Síla vysunutí pístnice pneumatického válce
F_{UP}	N	Přítlačná síla upínačů
F_{UT}	N	Tlaková síla na upínací desku
F_Z	N	Síla k zvednutí stolu
F_Z	N	Síla zasunutí pneumatického válce
F_{ZP}	N	Přítlačná síla zdvihu
F_{ZT}	N	Tažná síla zdvihu válce
f_H	-	Faktor tvrdosti
f_T	-	Faktor teploty
f_W	-	Faktor zatížení
g	$m \cdot s^{-2}$	Gravitační zrychlení
h_J	m	Hloubka jaderníku
h_u	m	Zdvih pístu upínače
h_V	m	zdvih pístu vysunutí
h_Z	m	zdvih válce
i	ks	Počet válců
J_X	m^4	Kvadratický moment
L	km	Nominální životnost
L_{eff}	m	Redukovaná délka pístnice
L_h	hr	Provozní životnost
L_S	m	Délka zdvihu
m_S	kg	Hmotnost stolu s upínači
n	$1 \cdot \text{min}^{-1}$	Počet pracovních cyklů
n_1	min^{-1}	Počet recipročních cyklů
P	N	Pracovní zatížení
p	Pa	Tlak
p_L	Pa	Tlak lamelového hydrogenerátoru

p_v	Pa	Vstřelovací tlak
p_z	Pa	Tlak zubového hydrogenerátoru
p_1	Pa	Atmosférický tlak
p_2	Pa	Pracovní tlak
Q	m^3	Spotřeba vzduchu
Q_L	$m^3 \cdot s^{-1}$	Průtok lamelového hydrogenerátoru
Q_{min}	$m^3 \cdot min^{-1}$	Minimální spotřeba vzduchu
Q_Z	$m^3 \cdot s^{-1}$	Průtok zubového čerpadla
s	m	Zdvih pístu
S_J	m^2	Plocha půdorysu jaderníku
S_D	m^2	Plocha upínací desky
S_D	m	Šířka upínací desky
S_J	m	Šířka jaderníku
S_{JV}	m^2	Plocha půdorysu jaderníku bez stěn
S_U	m^2	Plocha válce upínače
S_u	m^2	Plocha pístu upínače
S_V	m^2	Plocha výsuvného válce
S_D	m	Šířka upínací desky
S_v	m^2	plocha výsuvného pístu
S_Z	m^2	Plocha válce zdvihu
S_Z	m^2	Plocha průměru pístnice
V_D	m	Výška upínací desky
V_{uv}	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost vysunutí pístu upínače
V_{uz}	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost zasunutí pístu upínače
V_{vv}	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost vysunutí pístu
V_{vz}	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost zasunutí výsuvného válce
V_{zv}	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost vysunutí pístu
V_{zz}	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost zasunutí pístu
π	-	Ludolfovo číslo
μ	-	Účinnost
z	-	Koeficient dvojčinného válce

10. Seznam obrázků a grafů

Obr.1	Podíl hlavních odvětví průmyslu na slévárenství	14
Obr.2	Podíl technologii na sériové výrobě jader ve světě 1980-2003	15
Obr.3	Ohřev jaderníku elektrickými topnými články [1]	18
Obr.4	Ohřev jaderníku plynovými hořáky [1]	18
Obr.5	Vstřelovací hlava pro metodu HB s použitím obalové směsi [1]	18
Obr.6	Automatický vstřelovací CB stroj se čtyřdílným jaderníkem [1]	19
Obr.7	Jednopolohový jádrový stroj s vodorovně dělenými jaderníky [1]	19
Obr.8	Jednopolohový automatický jádrový stroj [1]	20
Obr.9	Šestipolohový karuselový vstřelovací stroj HB [1]	20
Obr.10	Vstřelovací stroj s přesunem svisle dělených HB jaderníků [1]	20
Obr.11	Vstřelovací stroj celková sestava	21
Obr.12	Rám vstřelovacího stroje	23
Obr.13	MKP rám vstřelovacího stroje, rozmístění zatížení	24
Obr.14	MKP rám stroje bez krycích plechů, spodní pohled	25
Obr.15	MKP rám stroje bez krycích plechů, vrchní pohled	25
Obr.16	MKP rám stroje, největší posunutí při max. síle, bez výztuhy	25
Obr.17	MKP rám stroje, celkové napětí při max. zatížení	26
Obr.18	MKP rám stroje, napětí v tahu při max. zatížení	26
Obr.19	MKP rám stroje, napětí v tlaku při max. zatížení	26
Obr.20	MKP rám stroje, posunutí při max. zatížení	27
Obr.21	MKP rám stroje, bezpečnost při max. zatížení	27
Obr.22	MKP rám stroje, celkové napětí při polovičním zatížení	27
Obr.23	MKP rám stroje, bezpečnost při polovičním zatížení	27
Obr.24	Přítlačný stůl, pohled na vysunutou pracovní desku	28
Obr.25	Přítlačný stůl, pohled ze spodu	28
Obr.26	Sloupek vedení stolu	28
Obr.27	Sloupek vedení stolu v řezu	28
Obr.28	Schéma zapojení hydraulického zámku v okruhu	29
Obr.29	Přítlačný stůl bez střední výsuvné části	32
Obr.30	MKP přítlačný stůl, celkové napětí při max. zatížení	33
Obr.31	MKP přítlačný stůl, celkové napětí při polovičním zatížení	33
Obr.32	MKP přítlačný stůl, napětí v tahu při max. zatížení	33
Obr.33	MKP přítlačný stůl, napětí v tlaku při max. zatížení	33
Obr.34	MKP přítlačný stůl, posunutí při max. zatížení	34
Obr.35	MKP přítlačný stůl, bezpečnost při maximálním zatížení	34
Obr.36	Vynášecí stůl	34
Obr.37	Výsuvná pracovní deska, zadní pohled	35
Obr.38	Lineární vedení HGW 45CC	36
Obr.39	Upínače	37
Obr.40	Velikosti kuličkových pouzder []	38
Obr.41	MKP upínače, celkové napětí při rovnoměrném zatížení	41
Obr.42	MKP upínače, napětí v tahu při max. zatížení	41
Obr.43	MKP upínače, napětí v tlaku při max. zatížení	41
Obr.44	MKP upínače, posunutí při max. zatížení	41
Obr.45	MKP upínače, bezpečnost při max. zatížení	41
Obr.46	MKP upínače, jaderník mimo osu, celkové napětí	42

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Obr.47 MKP upínače, jaderník mimo osu, napětí v tahu	42
Obr.48 MKP upínače, jaderník mimo osu, napětí v tlaku	42
Obr.49 MKP upínače, jaderník mimo osu, posunutí	43
Obr.50 MKP upínače, jaderník mimo osu, bezpečnost	43
Obr.51 Vstřelovací komora	43
Obr.52 Vnitřní část vstřelovací komory	44
Obr.53 MKP vstřelovací komora, napětí v tahu při max. tlaku	44
Obr.54 MKP vstřelovací komora, posunutí při max. tlaku	44
Obr.55 Vstřelovací hlava	45
Obr.56 Vytvrzovací hlava	45
Obr.57 Uchytení pneumatických válců	47
Obr.58 Schematické zobrazení vstřelovacího stroje	52
Obr.59 Sestava stroje, hlavní zdroje nebezpečí	59

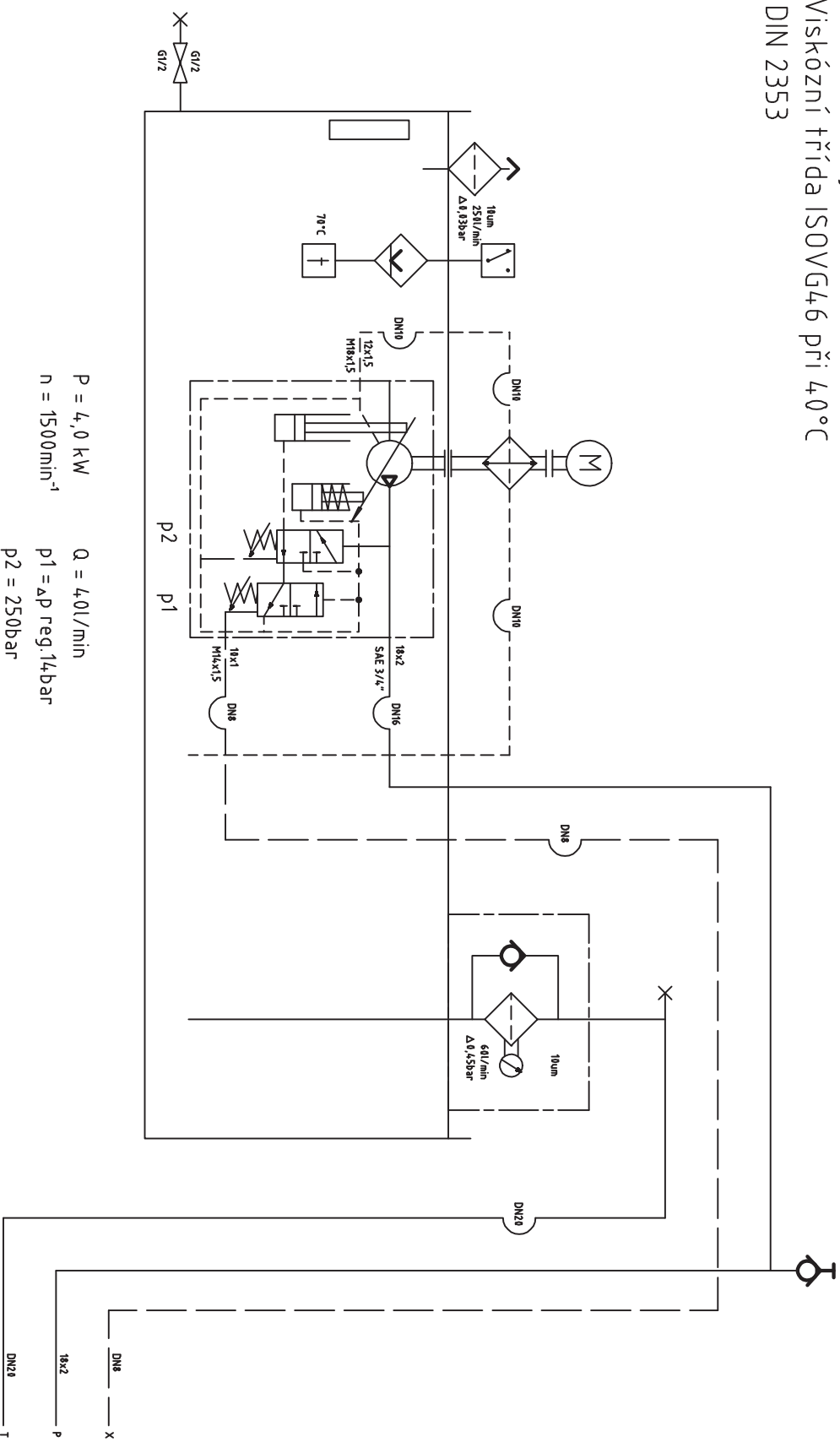
11. Seznam tabulek

Tab.1	Technická data vstřelovacího stroje [7]	22
Tab.2	Rozdělení kuličkových pouzder	38
Tab.3	Účinnost pneumatických válců	44
Tab.4	Matice rizik	50
Tab.5	Typy rizik	50
Tab.6	Vymezení používání stroje	53
Tab.7	Identifikace nebezpečí [8]	56
Tab.8	Analýza významných nebezpečí v životních cyklech stroje	58
Tab.9	Hlavní zdroje nebezpečí	59

12. Seznam příloh

1. Hydraulické schéma, návrh
2. Pneumatické schéma, návrh
3. Výkres - Vstřelovací stroj VGi 30,0
4. Výkres - Stůl vstřelovacího stroje

Olej : Minerální olej DIN51524 nebo DIN 51525
 Viskózní třída ISOVG46 při 40°C
 Potrubí : DIN 2353



$P = 4,0 \text{ kW}$ $Q = 40 \text{ l/min}$
 $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ $p1 = \Delta P \text{ req. } 14 \text{ bar}$
 $p2 = 250 \text{ bar}$

$P = 4,8 \text{ kW}$ $Q = 50 \text{ l/min}$
 $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ $p1 = \Delta P \text{ req. } 14 \text{ bar}$
 $p2 = 250 \text{ bar}$

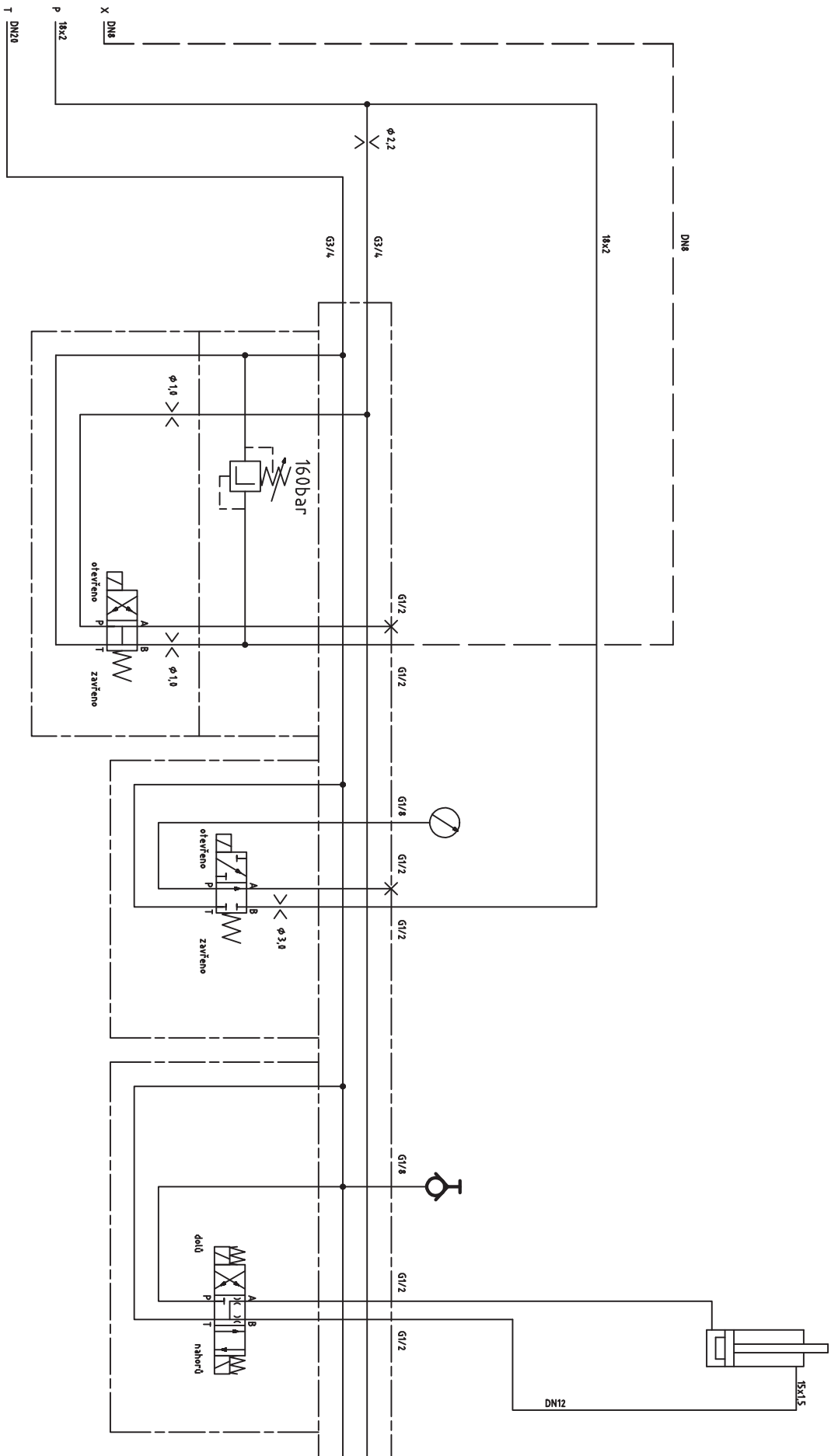
MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MSH	VYTVŮRČENO DNE 15.2.2013	SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI	10030-300	Líst 1	Líst 3
	SGHVÁLIL						
TYP - Vstřelovací stroj VGI 30.0		ZMĚNA DNE					
NÁZEV Hydraulické schéma							

Množství oleje 1

Provozní tlak

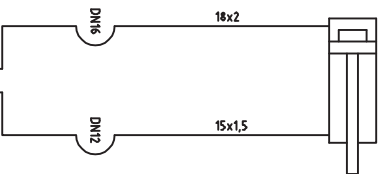
Množství oleje 2

Zdvih stolu
140/90X320

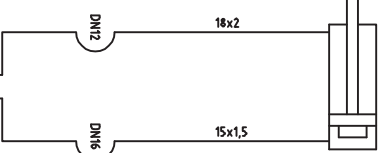


MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠK	VYTVORĚNO DNE 15.2.2013	SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI	10030-300	Líst 2	Líst 3
	SCHVÁLIL						
TYP		Vstřelovací stroj V01 30.0		NÁZEV			
		ZMĚNIL		Hydraulické schéma			
		ZMĚNA DNE					

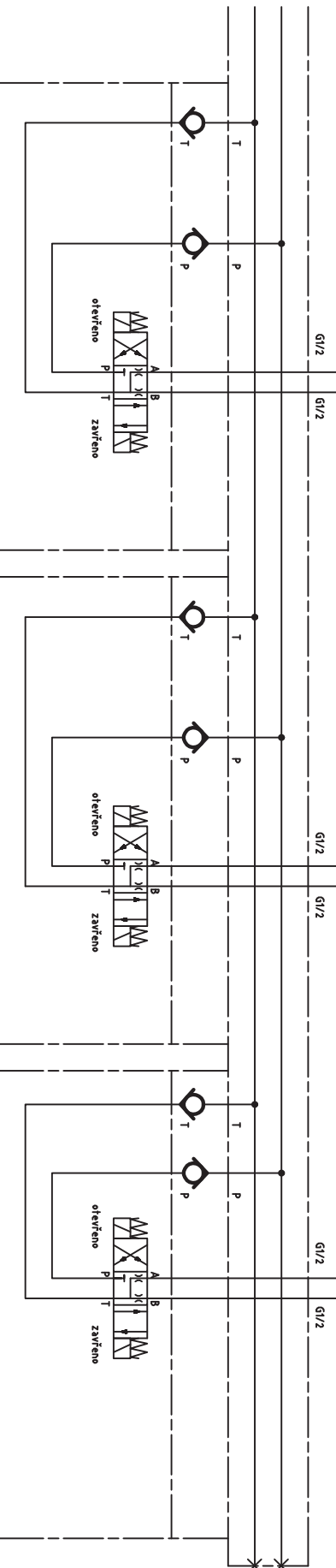
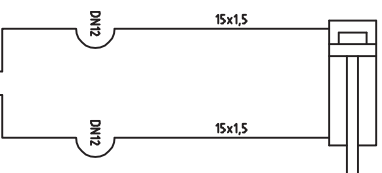
Levý upínač
110/63x320



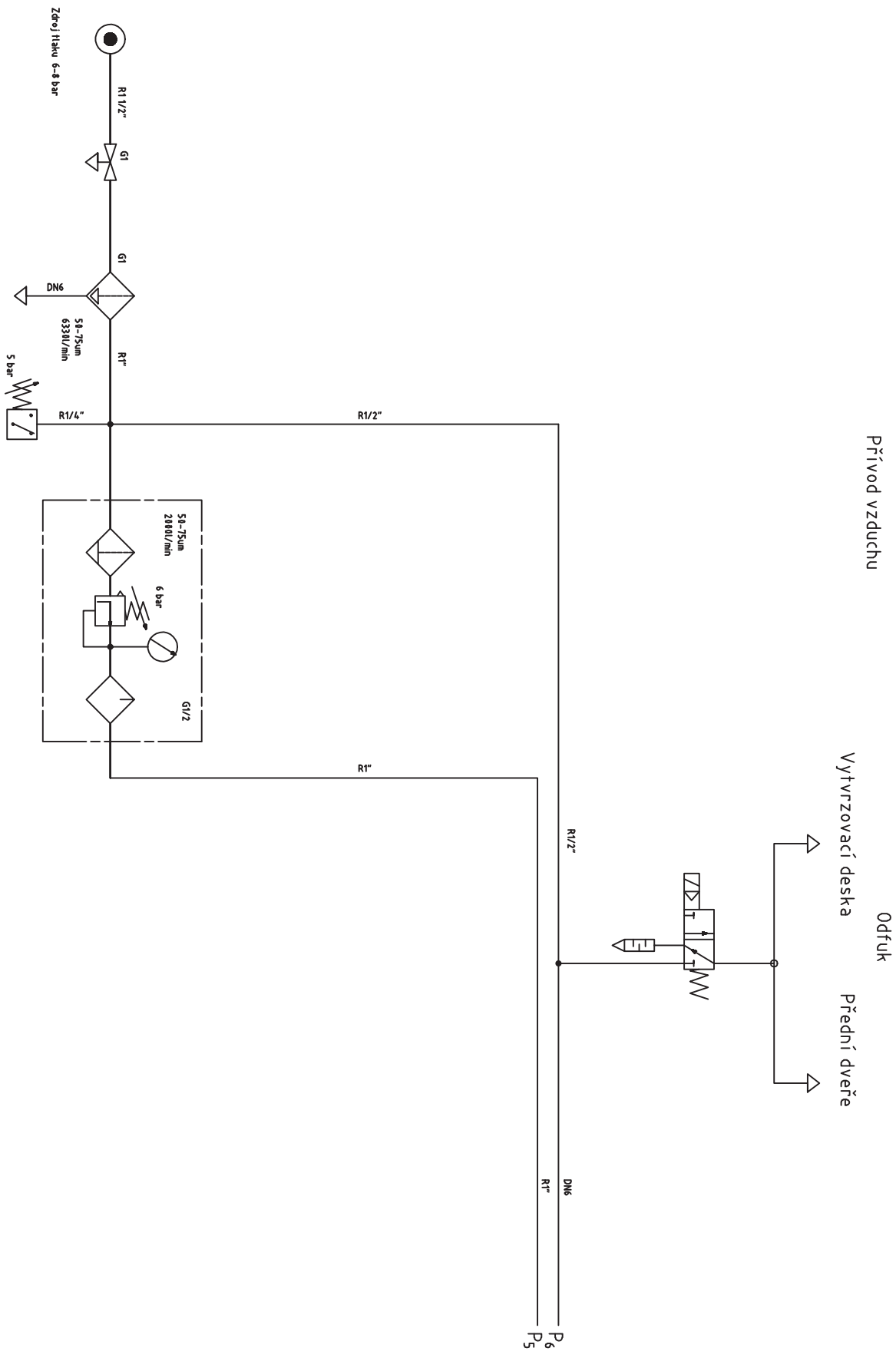
Pravý upínač
110/63x320



Výsuvný stůl
70/36x900



MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠK	VYTVOŘENO DNE 15.2.2013	SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI 10030-300	List 2 Listů
	SCHVÁLIL				
TYP	Vstřelovací stroj V01 30,0		ZMĚNA DNE		
NÁZEV	Hydraulické schéma				List 3 Listů



Přívod vzduchu

Vytvrzovací deska

Odfuk

Přední dveře

DN6
R1"
P6
P5

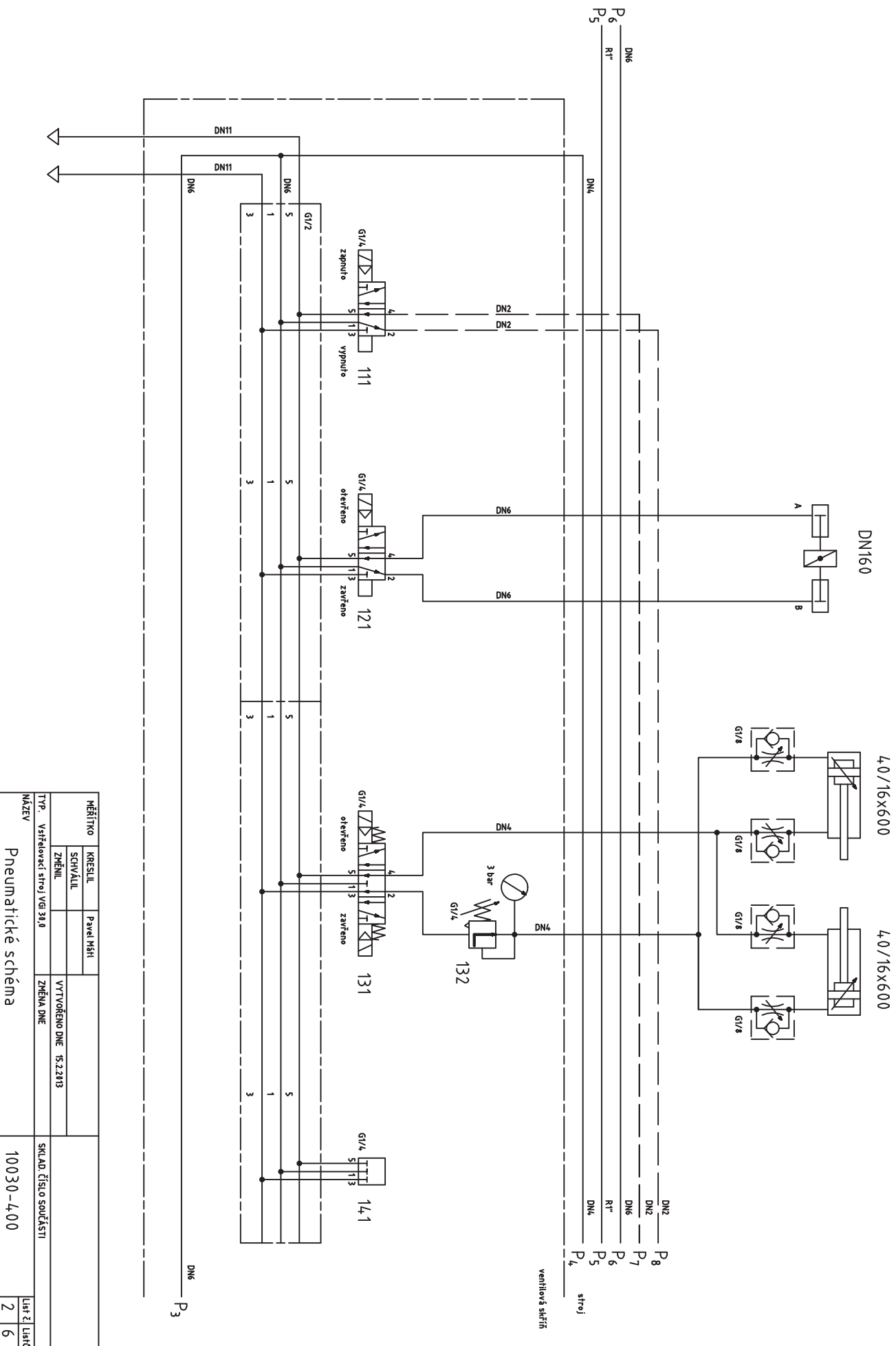
MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠKI	VYTVRŽEČNO DNE	15.2.2013	SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI	10030-400	Líst č. Lístů
	SCHVÁLIL						
TYP		Vstřelovací stroj VGI 30.0		ZMĚNA DNE			
NÁZEV Pneumatické schéma							
							Líst č. Lístů
							1
							6

Dávkování

Otočná klapka

Přední dveře

Volné místo



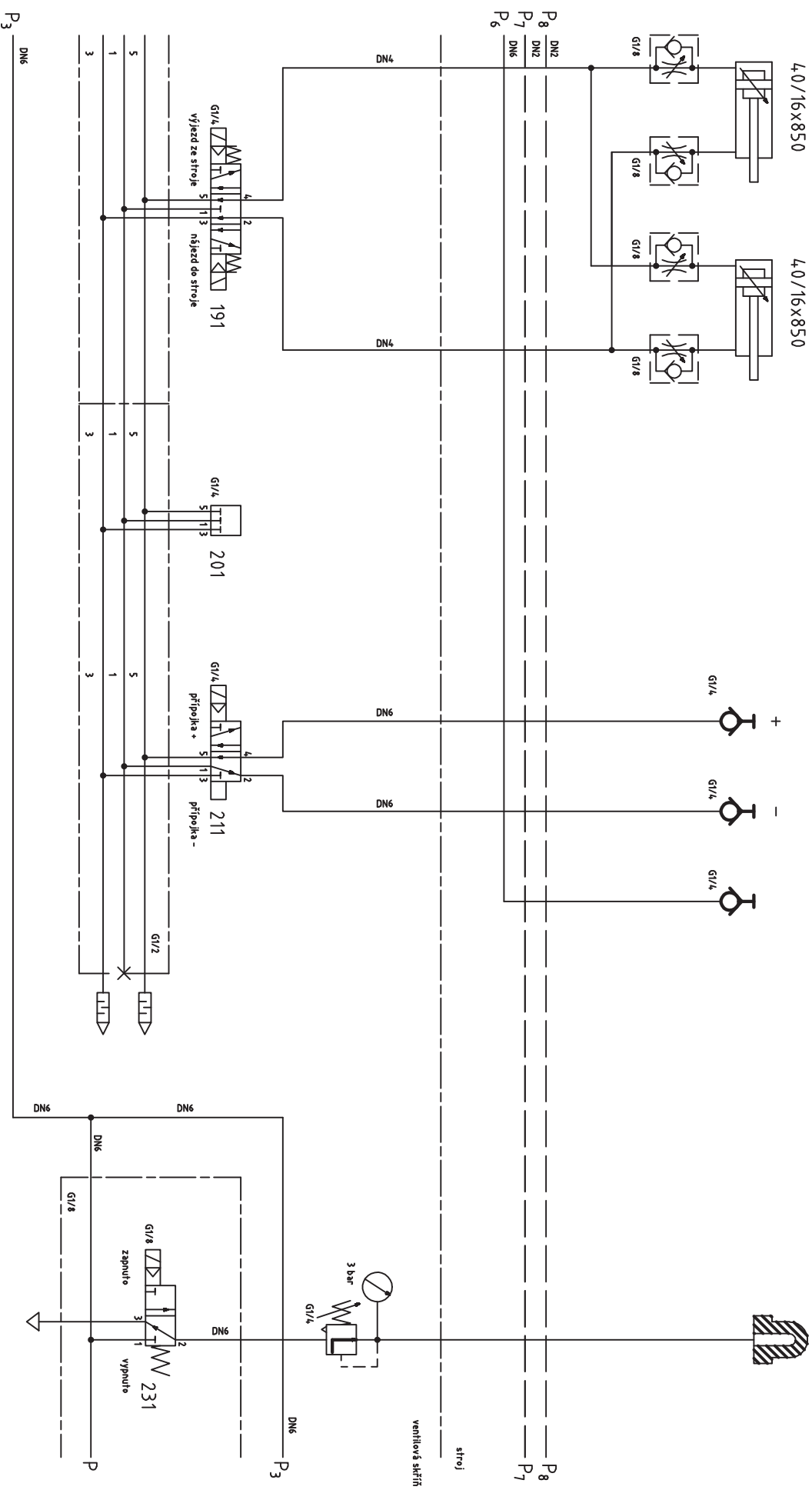
MEŘITKO	KRESLIL	Pavel MŠKI
SCHVÁLIL	ZMĚNIL	
VTVOŘENO DNE	ZMĚNA DNE	15.2.2013
TYP	VSTŘELOVACÍ STROJ VBI 30.0	SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI
NÁZEV	Pneumatické schéma	
	10030-400	10030-400
	2	6

Vytvrzovací deska

Volné místo

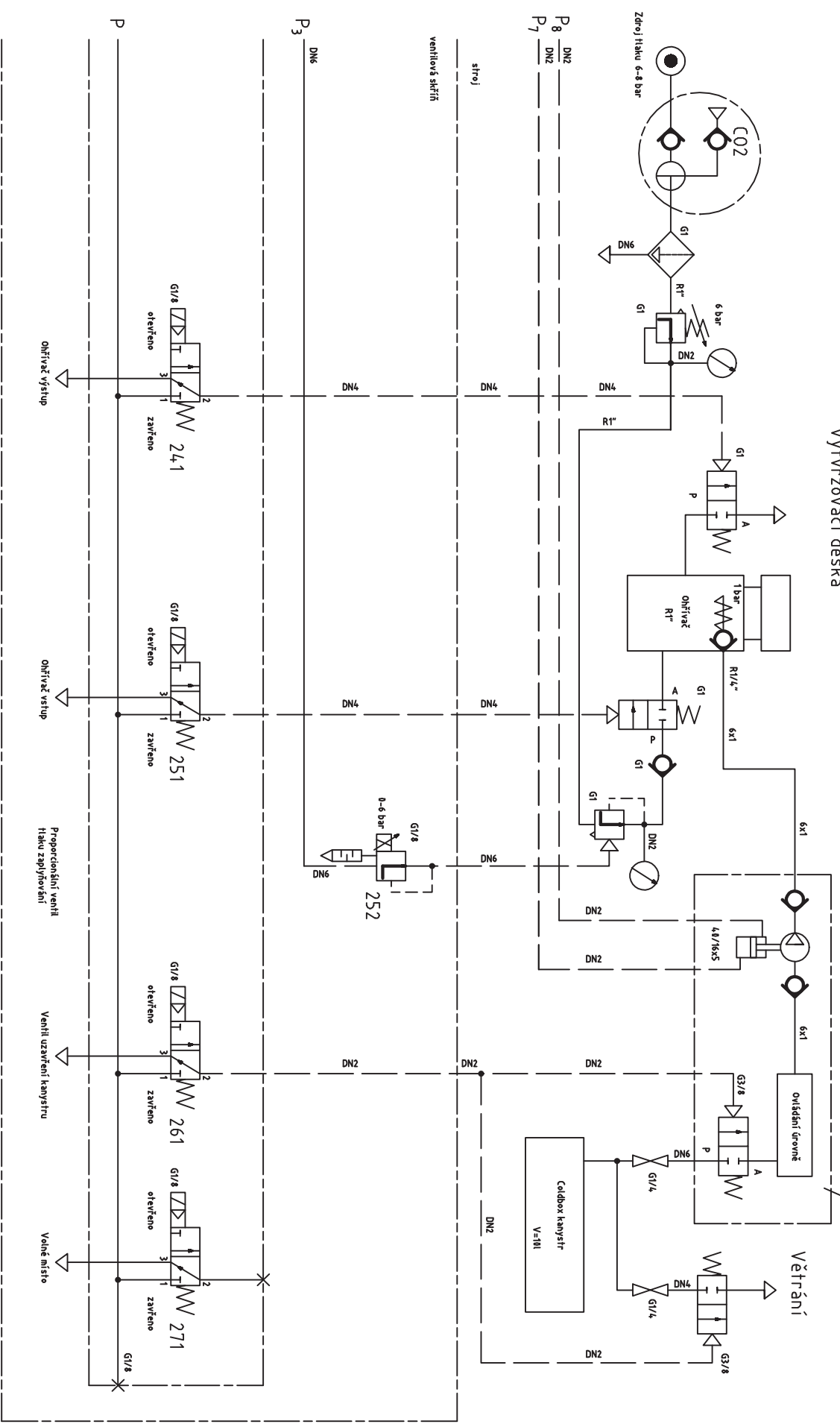
vibrátor / volný díl

Těsnění otočné
klapky



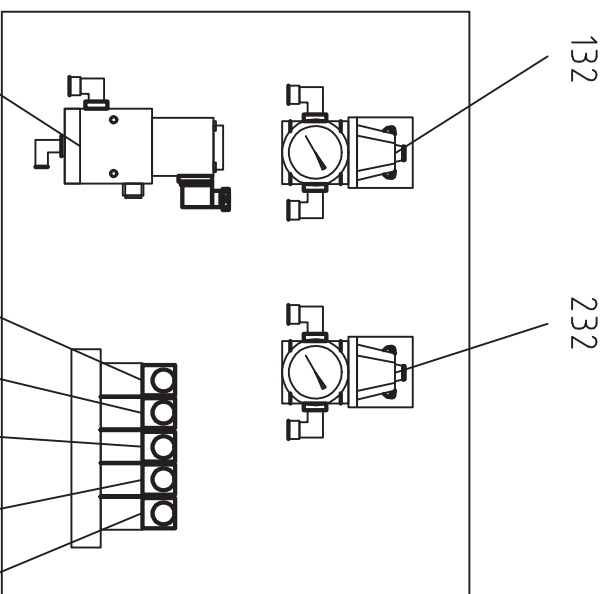
MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠKI	VYTVRŽOVACÍ DNE	15.2.2013	SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI	10030-400	Líst 4	Líst 6
	SCHVÁLIL							
TYP		Vstřelovací stroj VGI 30.0		ZMĚNA DNE				
NÁZEV Pneumatické schéma								

Vytvářovací deska



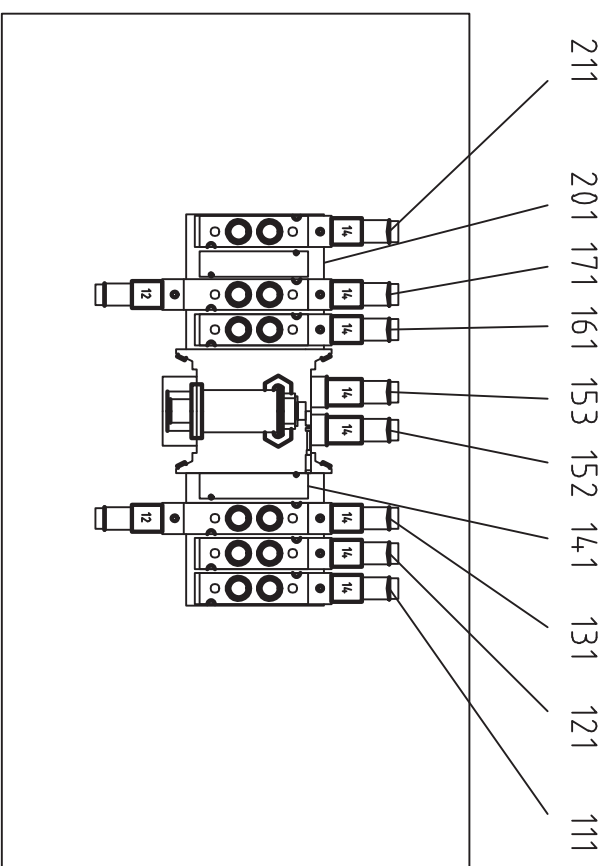
MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠKI	VYTVOŘENO DNE 15.2.2013	SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI
	SCHVÁLIL			
TYP - Vytvářovací stroj V01 3A.0		ZMĚNA DNE		
NÁZEV				10030-400
				Líst 5
				Líst 6

Pneumatické schéma



132 232
252 271 261 251 241 231

- 111-14 = Zdvih pneum. válce dávkovače –zapnuto
- 121-14 = Otočná klapka písku – otevřít
- 131-14 = Čelní dveře – otevřít
- 131-12 = Čelní dveře – zavřít
- 132 = Redukční ventil čelních dveří – zavřít
- 141 = Volné místo
- 152-14 = Nouzový ventil předních dveří
- 153-14 = Nouzový ventil stroje
- 181-14 = Vstřel – zapnuto
- 191-14 = Zaplyňovací deska – vyjet ze stroje
- 191-12 = Zaplyňovací dedka – najet do stroje



- 201 = Volné místo
- 211-14 = Funkce volný díl/vibrátor – přípojka +
- 231 = Těsnění otočné klapky písku – nafouknout
- 232 = Redukční ventil těsnění otočné klapky písku
- 241 = Ohříváč výstup – otevřít
- 251 = Ohříváč vstup – otevřít
- 252 = Proporcionální ventil tlaku zaplyňování
- 261 = Ventil uzavření kanystru – otevřít
- 271 = Volné místo

<table border="1"> <tr> <td> <table border="1"> <tr> <td>MĚŘÍTKO</td> <td>KRESLIL</td> <td>Pavel MŠKI</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>SCHVÁLIL</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ZMĚNIL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> <td></td> <td>VYTVORĚNO DNE 15.2.2013</td> <td></td> </tr> <tr> <td> <table border="1"> <tr> <td>TYP</td> <td>Vstřelovací stroj VBI 3A.0</td> <td>ZMĚNA DNE</td> <td></td> </tr> </table> </td> <td></td> <td>SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI</td> <td>10030-400</td> </tr> <tr> <td>NÁZEV</td> <td colspan="2">Pneumatické schéma</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>6</td> </tr> </table>	<table border="1"> <tr> <td>MĚŘÍTKO</td> <td>KRESLIL</td> <td>Pavel MŠKI</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>SCHVÁLIL</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ZMĚNIL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠKI			SCHVÁLIL			ZMĚNIL					VYTVORĚNO DNE 15.2.2013		<table border="1"> <tr> <td>TYP</td> <td>Vstřelovací stroj VBI 3A.0</td> <td>ZMĚNA DNE</td> <td></td> </tr> </table>	TYP	Vstřelovací stroj VBI 3A.0	ZMĚNA DNE			SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI	10030-400	NÁZEV	Pneumatické schéma						6				6
<table border="1"> <tr> <td>MĚŘÍTKO</td> <td>KRESLIL</td> <td>Pavel MŠKI</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>SCHVÁLIL</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ZMĚNIL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠKI			SCHVÁLIL			ZMĚNIL					VYTVORĚNO DNE 15.2.2013																						
MĚŘÍTKO	KRESLIL	Pavel MŠKI																																		
	SCHVÁLIL																																			
ZMĚNIL																																				
<table border="1"> <tr> <td>TYP</td> <td>Vstřelovací stroj VBI 3A.0</td> <td>ZMĚNA DNE</td> <td></td> </tr> </table>	TYP	Vstřelovací stroj VBI 3A.0	ZMĚNA DNE			SKLAD ČÍSLO SOUČÁSTI	10030-400																													
TYP	Vstřelovací stroj VBI 3A.0	ZMĚNA DNE																																		
NÁZEV	Pneumatické schéma																																			
			6																																	
			6																																	