

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T013 Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Optimalizace výměny lisovního nářadí a kontejneru lisu CXB 12,5 MN

Autor: **Bc. Bohumil JEŽEK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan HLAVÁČ, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Bohumil JEŽEK**
Osobní číslo: **S14N0081K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Optimalizace výměny lisovního náradí a kontejneru lisu CXB
12,5MN**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

V úvodu práce bude provedena rešerše na téma vytlačovací lisy. V práci budou vypracovány varianty konstrukčních řešení. Pro vybranou variantu bude zpracováno konstrukční řešení včetně jeho ověření. Na závěr práce bude vypracována výkresová dokumentace vybraných dílů.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Provedení rešerše na téma vytlačovací lisy
2. Návrh konstrukčních variant
3. Konstrukční návrh zvoleného řešení
4. Vypracování zadané výkresové dokumentace

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

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

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

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

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

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

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**

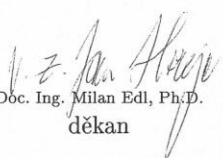
Katedra konstruování strojů

Konzultant diplomové práce: **Ing. Roman Švantner**


TS Plzeň, a. s.

Datum zadání diplomové práce: **21. září 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Ježek	Jméno Bohumil	
STUDIJNÍ OBOR	2302T013 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	Jméno Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Optimalizace výměny lisovního nářadí a kontejneru na lisu CXB 12,5 MN		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	76	TEXTOVÁ ČÁST	69	GRAFICKÁ ČÁST	4xA2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	------

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>V úvodu práce je provedena rešerše na téma vytlačovací lis. V další části práce jsou vypracovány varianty možných konstrukčních řešení. Pro vybranou variantu je vypracováno konstrukční řešení, včetně jeho ověření.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Hydraulický lis, výměna, vytlačování, MKP</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Ježek	Name Bohumil	
FIELD OF STUDY	2302T013 „Design of Power Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hlaváč, Ph.D.	Name Jan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Optimization of the exchange of pressing tools and of press' container CXB 12,5MN		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	76	TEXT PART	69	GRAPHICAL PART	4xA2
----------------	----	------------------	----	-----------------------	------

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	In the introduction, is report about extruder presses. In the next section are developed variants possible design solutions. For a selected option is elaborated design solutions, including check by finite element method.
KEY WORDS	Hydraulic press, exchange, extrusion, FEM

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu práce Doc. Ing. Janu Hlaváčovi Ph.D. a konzultantovi Ing. Romanu Švantnerovi za ochotu a vstřícnost při poskytování informací a rad potřebných pro vypracování diplomové práce.

Obsah

1. ÚVOD	9
2. ZADÁVACÍ ORGANIZACE – TS PLZEŇ A.S.	9
3. REŠERŠE VYTLAČOVACÍCH LISŮ	10
3.1. OBECNÉ ROZDĚLENÍ LISŮ	10
3.2. VYTLAČOVACÍ LISY	11
3.2.1. Vytlačovací lisy pro přímé vytlačování	11
3.2.2. Vytlačovací lisy pro nepřímé vytlačování	13
3.2.3. Výhody a nevýhody obou variant	13
3.3. VYTLAČOVACÍ LIS CXB 12,5 MN	15
3.3.1. Základní parametry a charakteristické údaje	16
3.3.2. Popis hlavních částí lisu	17
3.3.3. Popis funkce lisu	20
3.3.4. Popis současné výměny nástrojů	21
3.3.5. Popis výměny kontejneru a matric	27
4. NOVÉ KONSTRUKČNÍ VARIANTY	29
4.1. SHRNUTÍ POŽADAVKŮ PRO OPTIMALIZACI VÝMĚNY NÁŘADÍ	29
4.2. KONSTRUKČNÍ NÁVRH Č. 1	29
4.3. KONSTRUKČNÍ NÁVRH Č. 2	32
5. MKP VÝPOČET	38
5.1. VÝPOČTOVÝ SOFTWARE	38
5.2. VÝPOČTOVÝ MODEL	38
5.3. SÍŤ	39
5.4. NASTAVENÍ KONTAKTŮ, SPOJENÍ SÍTÍ, NÁHRADA ŠROUBŮ	40
5.4.1. Kontakty	40
5.4.2. Spojení sítí	41
5.4.3. Náhrada šroubových spojů	41
5.5. OKRAJOVÉ PODMÍNKY VÝPOČTU	42
5.5.1. Simulace č. 1 - sešroubování	43
5.5.2. Simulace č. 2 - testování	44
5.5.3. Simulace č. 3 - lisování	45
5.5.4. Simulace č. 4 - stříhání	46
5.5.5. Shrnutí jednotlivých simulací	47
5.6. VÝSLEDKY MKP ANALÝZY	48
5.6.1. Simulace předepnutí - řez sestavou	48
5.6.2. Simulace testování	49
5.6.3. Simulace lisování	53
5.6.4. Simulace stříhání	60
6. ZÁVĚR	64
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65
8. SEZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE	66
9. SEZNAM VEVÁZANÝCH PŘÍLOH	66
10. SEZNAM VOLNĚ VLOŽENÝCH PŘÍLOH	66

1. Úvod

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci výměny lisovního nářadí a kontejneru na vytlačovacím lisu CXB 12,5MN od firmy TS Plzeň.

První část práce je zaměřena na rešerši vytlačovacích lisů. V této části je i detailně popsán vytlačovací lis CXB 12,5 MN. První část práce končí analýzou současné výměny nástrojů.

Druhá část práce je věnována vlastnímu konstrukčnímu návrhu. Cílem práce je optimalizovat výměnu lisovního nářadí z důvodu urychlení této operace a většího komfortu pro obsluhu. Jsou vypracovány dvě varianty nového řešení. Vybrané řešení je poté podrobeno pevnostní kontrole metodou konečných prvků a je porovnáno se stávajícím řešením.

2. Zadávací organizace – TS Plzeň a.s.

Firma TS Plzeň a.s. dříve Škoda těžké stroje, je firma s více než 150 letou tradicí. Firma poskytuje svým zákazníkům kompletní služby, od poradenství a počátečních studií, až po výrobu, montáž a uvedení dodaného zařízení do provozu.

Výrobní program firmy je zaměřen zejména na hydraulické lisy. Zde firma nabízí kovací lisy pro volné kování s kapacitou od 6,3 MN do 200 MN v provedení CKV a CKW.

Z oblasti hydraulický lisů lze dále zmínit i vytlačovací lisy pro přímé i nepřímé vytlačování, kdy první lis firma dodala zákazníkovi již v roce 1915. Do skupiny hydraulických lisů navrhovaných a vyráběných firmou TS Plzeň patří ještě lisy montážní, speciální a lisy pro obranný průmysl.

Dále firma ve svém programu nabízí stroje pro zařízení válcoven a zařízení do třtinových cukrovarů.



Obr. 1 logo firmy

3. Rešerše vytlačovacích lisů

3.1. Obecné rozdělení lisů

Obecně lze lis ve strojírenství charakterizovat jako stroj, který působí silou na stlačované těleso a to se následkem této síly deformuje.

Lisy lze rozdělit podle několika kritérií.

Dle způsobu vyvození síly:

- Ruční
- Mechanické
- Hydraulicko-mechanické
- Hydraulické

Dle konstrukce rámu:

- Otevřené
- Uzavřené

Dle celkové dispozice:

- Horizontální
- Vertikální s horním pohonem
- Vertikální s dolním pohonem

Dle technologického využití:

- Lisy pro plošné tváření
- Lisy pro objemové tváření

Velkou skupinu lisů pro objemové tváření lze dále ještě podrobněji rozdělit na lisy pro:

- Volné kování
- Zápustkové kování
- Briketování
- **Vytlačování**
- Dílenské lisy
- Tažné lisy

Pokud zařadíme dle těchto kritérií lis CXB 12,5MN, tak se tedy jedná o: Hydraulický vytlačovací horizontální lisy uzavřené konstrukce.

3.2. Vytlačovací lisy

Tato část práce je podrobněji věnována samotným vytlačovacím lisům.

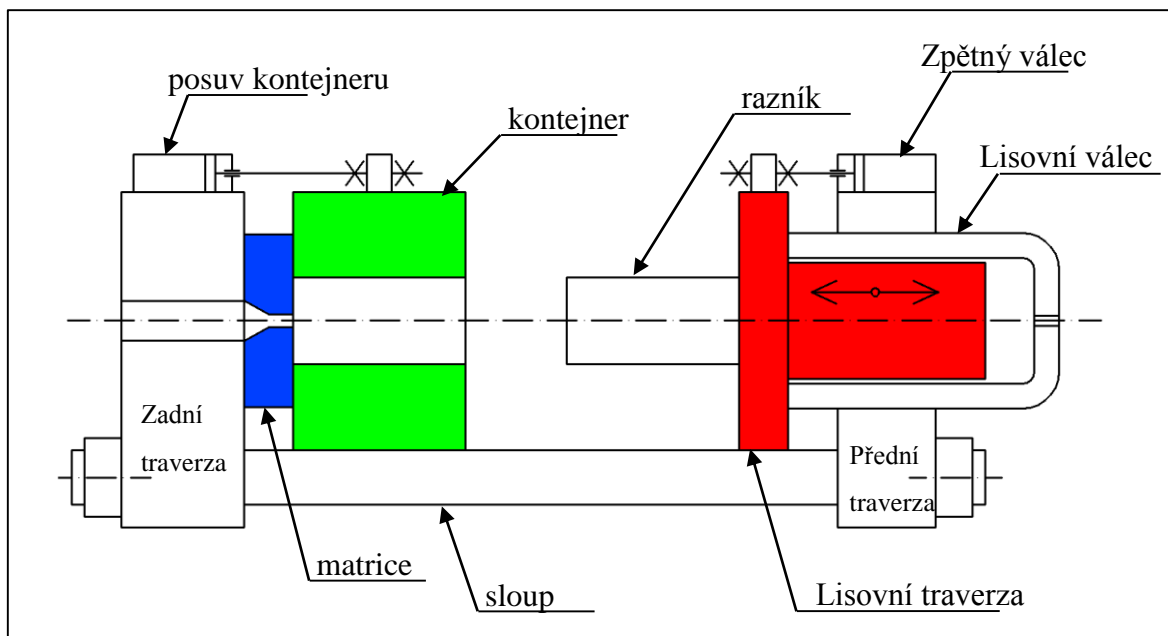
Vytlačovací lisy bývají nejčastěji značeny zkratkou CXB, kde C značí, že se jedná o hydraulický lis a X značí, že je určen pro technologickou operaci vytlačování. Vytlačovací lisy jsou určeny pro vytlačování profilů, trubek a tyčí. Materiál je dodáván ve formě plných nebo dutých kusových bloků. Z toho vyplývá, že jejich pracovní cyklus není kontinuální.

Konstrukční uspořádání lisu, je pak přizpůsobeno tomu, zda se jedná o vytlačování oceli nebo neželezných kovů. Konstrukce může být dvousloupová, třísloupová s uspořádáním do „A“, třísloupová s uspořádáním do "V" a nebo čtyřsloupová.

Vytlačovací lisy lze dále rozdělit na dvě hlavní kategorie a to zda slouží pro přímé, anebo nepřímé vytlačování.

3.2.1. Vytlačovací lisy pro přímé vytlačování

Přímé vytlačování spočívá v tom, že po vložení materiálů do kontejneru, je přiveden tlak na hlavní lisovní válec, který uvede do pohybu lisovní traverzu s razníkem. Razník nejprve materiál v kontejneru napěchuje. Při dalším pohybu razníku začne materiál vytékat přes matrici, která určuje výsledný profil. Hlavní pracovní pohyb tedy v tomto případě koná razník.

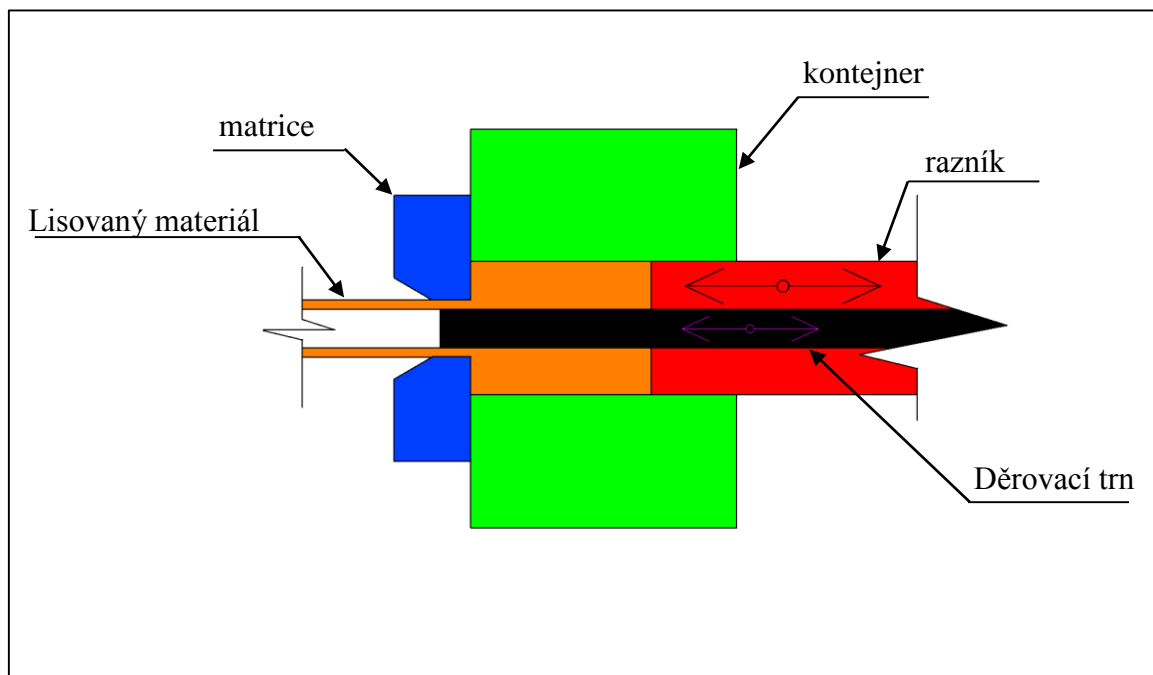


Obr. 2 schema přímé vytlačování

Konfigurace na obr. 2 může sloužit pro přímé vytlačování tyčí nebo plných profilů.

Lis, který slouží k přímému vytlačování trubek z plných nebo dutých bloků, je navíc vybaven děrovacím trnem. Děrovací trn koná relativní posuvný pohyb vůči razníku a slouží k proděravění a následnou kalibraci lisovaného dutého profilu.

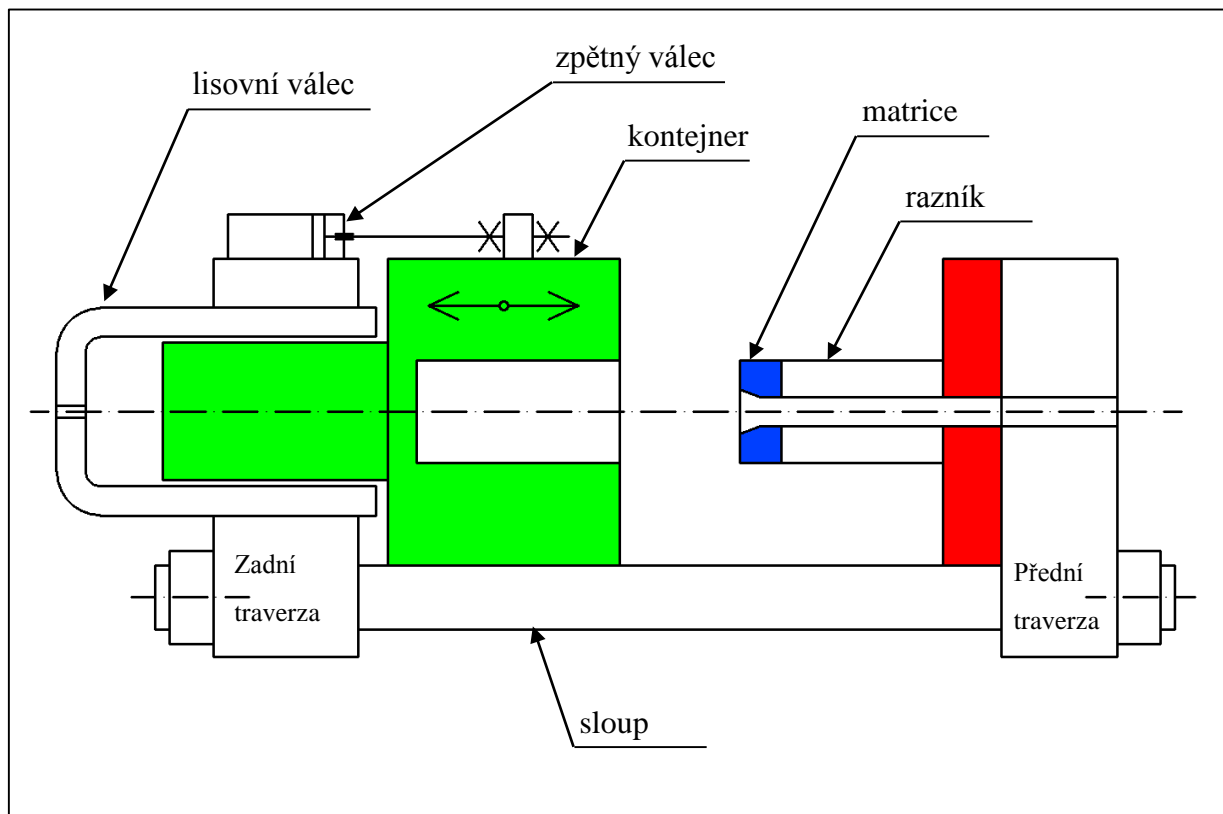
Blok je po vložení do kontejneru napěchován razníkem. Pohyb razníku poté ustane a do pohybu se dá děrovací trn, který materiál proděraví. Následně je opět přiveden tlak na hlavní lisovní válec a razník vytlačuje materiál. Výsledný dutý profil je určován maticí a děrovacím trnem.



Obr. 3 vytlačování dutého profilu

3.2.2. Vytlačovací lisy pro nepřímé vytlačování

V případě nepřímého vytlačování, je opět materiál vložen do kontejneru, ale následně je uveden do činnosti plunžr, který tlačí na dno kontejneru. Kontejner je nasouván na razník, na kterém je umístěna matrice. Matrice nabírá materiál a ten poté vytéká dutým razníkem ven. V tomto případě tedy koná hlavní lisovní pohyb kontejner.

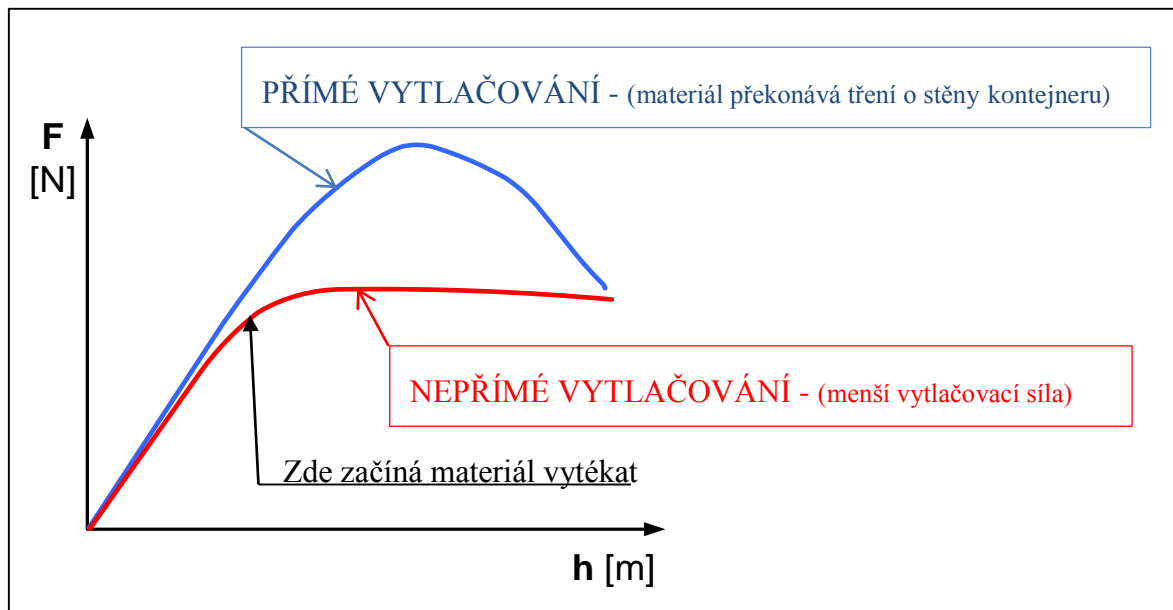


Obr. 4 schema nepřímé vytlačování

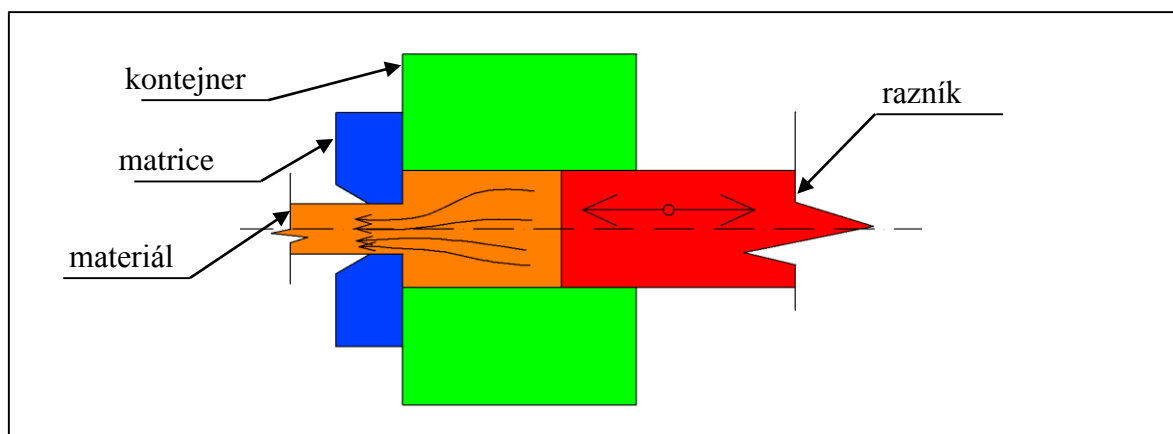
3.2.3. Výhody a nevýhody obou variant

Výhodou přímého vytlačování je fakt, že materiál výsledného profilu je kvalitnější, neboť z bloku polotovaru nejprve vytéká jádro. Vměstky společně se struskou, která je v plášti, vytéká až naposled a zůstane tak v nedolisku. U nepřímého vytlačování je matricí blok nabírán v celém svém průřezu a tím pádem se vměstky dostanou do výsledného profilu. Zároveň u nepřímého vytlačování není možné realizovat výlisky s průměrem větším, než je vnitřní průměr razníku.

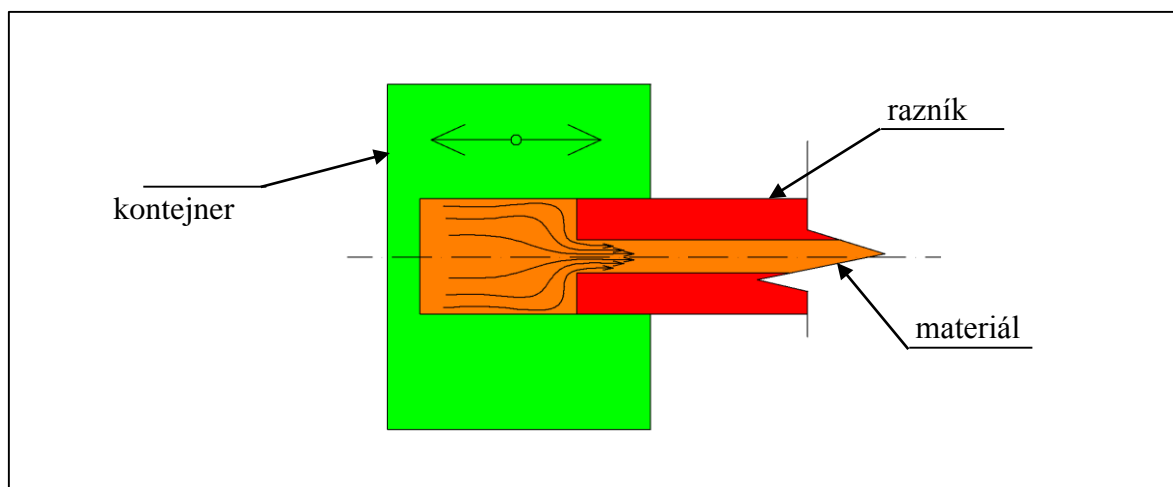
Výhodou nepřímého vytlačování je závislost tvářecí síly na pracovním zdvihu plunžru. Při stejném zdvihu stačí k protlačení menší síla než při přímém vytlačování, neboť v tomto případě vzniká pouze tření mezi blokem a čelem trnu, nikoliv mezi blokem a kontejnerem.



Obr. 5 závislost síly na vytlačovaném profilu



Obr. 6 přímé vytlačování materiálu



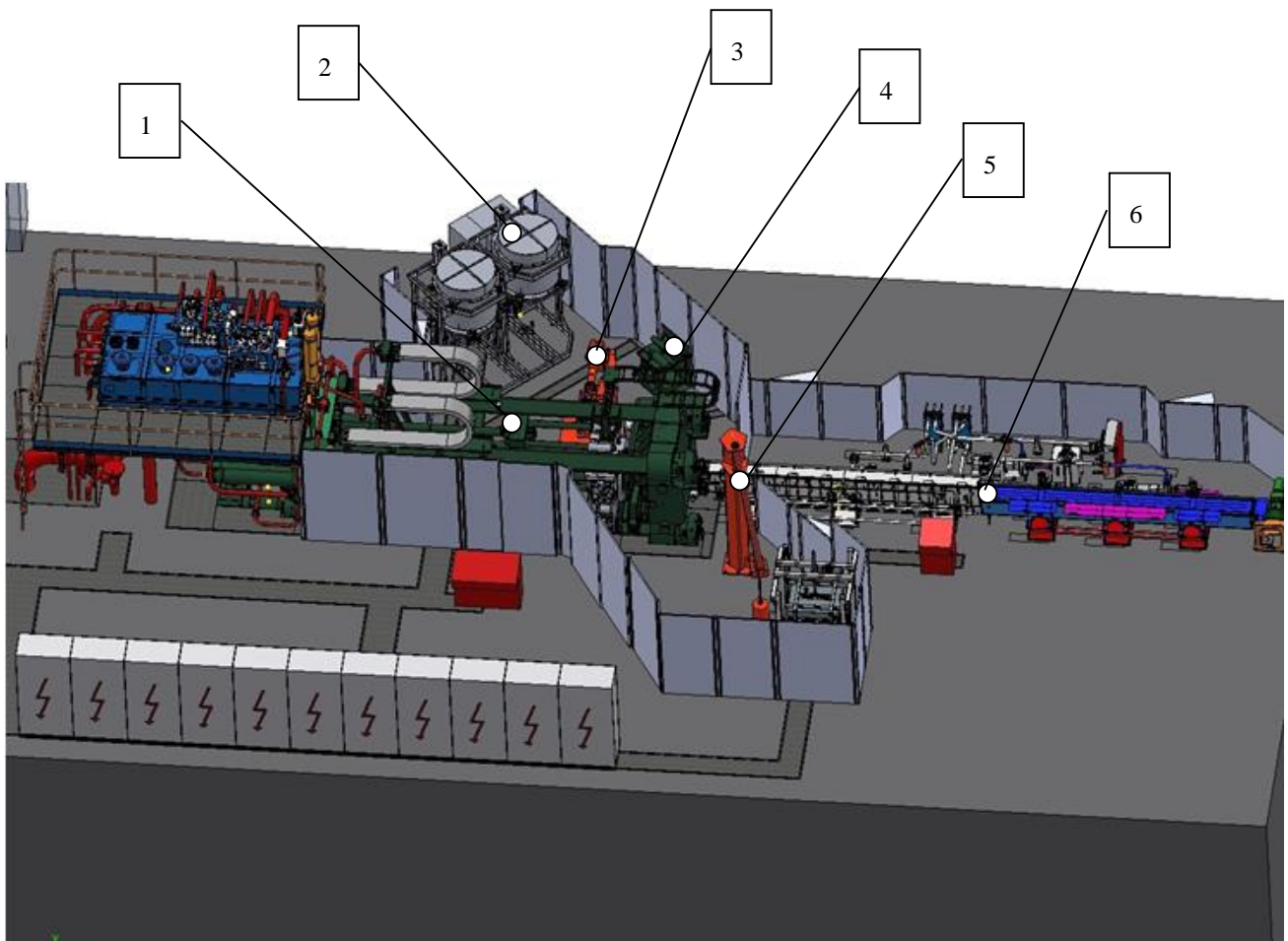
Obr. 7 nepřímé vytlačování materiálu

3.3. Vytlačovací lis CXB 12,5 MN

Výtlačný lis CXB 12,5MN je horizontální lis čtyřsloupové konstrukce pro přímé vytlačování tyčí a profilů ze zirkonia, hafnia, niklu, titanu, slitin mědi a vysoce legovaných ocelí se jmenovitou silou 12,5MN. Firma TS Plzeň jej v této konfiguraci dodávala zákazníkovi v roce 2012.

Zajímavostí je, že lis slouží k vytlačování tyčí právě ze zirkonia. Z toho lze usuzovat, že lis je součástí jaderného průmyslu. Zákazník navíc pro tento lis požadoval 3 sady lisovního nářadí ve velice atypickém rozsahu průměrů výsledných tyčí (15mm – 40mm). Dalším nestandardním požadavkem pro tento lis bylo odšťihávání nedolisku děrovacím trnem a nikoliv nůžkami.

Lis (1) je čtyřsloupový, s posuvnou plunžrovou traverzou a posuvným držákem kontejneru. Společně s muflovou pecí pro ohřev bloků (2), zakládacím robotem Fanuc (3), pece pro ohřev matric (4), otočným sloupovým jeřábem (5) a chladicí vanou (6), je součástí celého lisovacího komplexu CXB 12,5 MN.

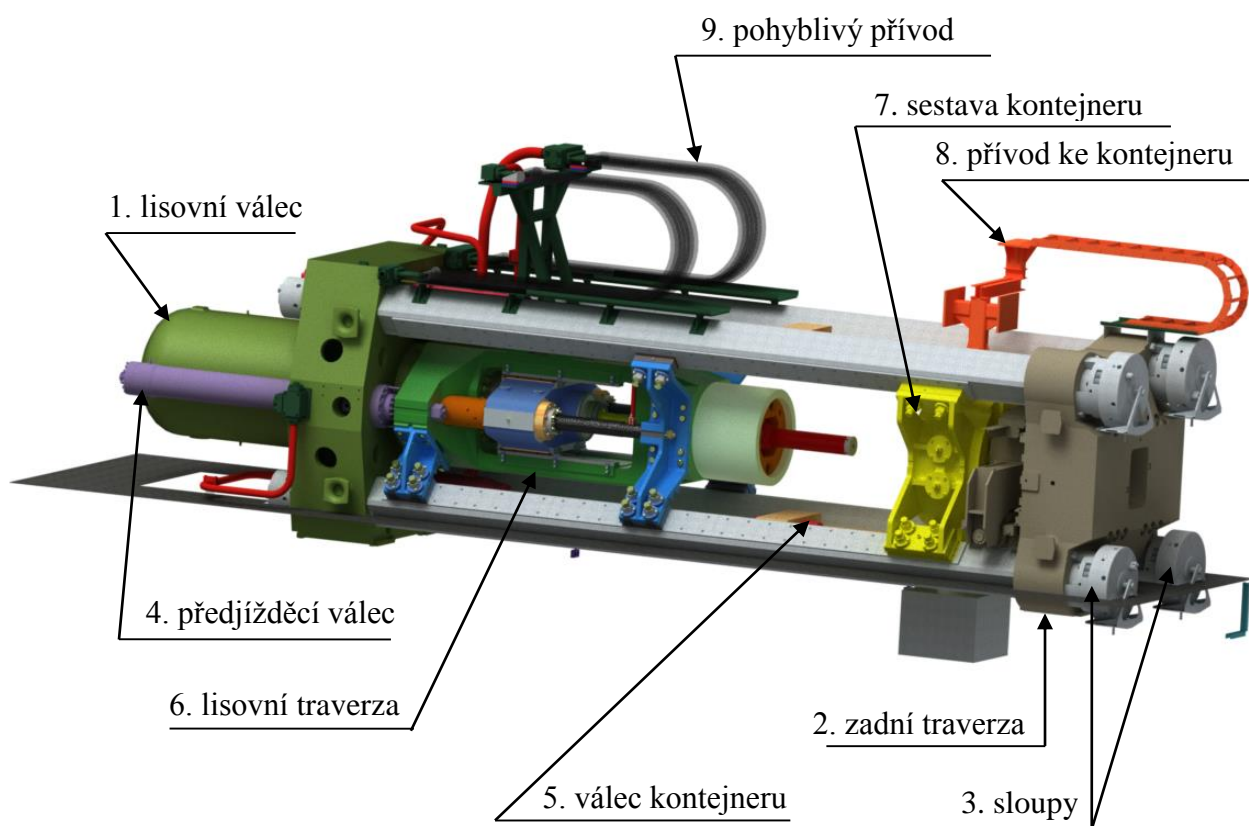


Obr. 8 Lisovací komplex CXB 12,5 MN

3.3.1 Základní parametry a charakteristické údaje

Pracovní tlak oleje		25	[MPa]
Pracovní kapalina - olej ISO VG 46		6 000	[L]
Lisovací síla	blok Ø 155mm	12,5	[MN]
	blok Ø 125mm	7,6	
	blok Ø 95mm	4	
Předjížděcí síla		1,57	[MN]
Maximální síla lisování		12,6	[MN]
Zdvih lisovního válce		1 500	[mm]
Síla děrovače	Ø trnu 40mm	1,2	[MN]
	Ø trnu 32mm	0,5	
	Ø trnu 15mm	0,009	
Síla zpětných válců děrovače		0,61	[MN]
Rychlost lisování – plynule regulovatelná		0÷112	[mm.s ⁻¹]
Rychlost děrovače		250	[mm.s ⁻¹]
Průměrný výkon lisu		cca 1 700	[Kg.hod ⁻¹]
Kontejner		Ø100, Ø130, Ø160	[mm]
Délka kontejneru		630	[mm]
Zdvih kontejneru		900	[mm]
Tyč (výlisek)		Ø 15÷40	[mm]
Průměr / délka bloku		Ø95÷Ø155/100÷400	[mm]
Počet hlavních motorů (200kW)		7	[ks]

3.3.2 Popis hlavních částí lisu



Obr. 9 lis

Poz.	NÁZEV	Ks
1	Lisovní válec	1
2	Zadní traverza	1
3	Sloupy předejzaté	4
4	Předjížděcí válec	2
5	Válec kontejneru	2
6	Lisovní (plunžrová) traverza	1
7	Sestava kontejneru	1
8	Přívod k držáku kontejneru	1
9	Pohyblivý přívod	1

Tabulka 1 lis

1. Lisovní válec

Lisovní válec se skládá z odlitého pláště, v němž je umístěn kovaný plunžr, jehož povrch je opatřen nitridovanou vrstvou. Plunžr je uchycen do plunžrové traverzy (6). Utěsněn je pomocí V –manžet. Plunžr je veden v bronzovém vodícím pouzdrě. Do límce lisovacího válce jsou vloženy předjížděcí válce (4), válce kontejneru (5) a jedny konce předepjatých sloupů (3). Límec lisovacího válce je tedy zároveň i přední traverza lisu.

2. Zadní traverza

Zadní traverza je ocelový odlitek, v němž je namontován posuv matric. Uprostřed je otvor pro výstup konečného výlisku. Do rohů zadní traverzy jsou ukotveny druhé konce předepjatých sloupů (3).

3. Předepjaté sloupy

Sloupy jsou kotvené mezi lisovním válcem a zadní traverzou. Na straně u lisovního válce jsou opatřeny maticí. Na vnější straně u zadní traverzy je umístěno předepínací zařízení, které každý sloup předepíná silou 19,6MN. Na sloupech jsou přišroubovány kluzné desky pro vedení plunžrové traverzy (6) a sestavy kontejneru (7).

4. Předjížděcí válec

Předjížděcí válec je složen z kovaného pláště a plunžru. Plášť je uchycen v lisovním válci a plunžr v plunžrové traverze. Zpětným chodem předjížděcího válce je možné vyvolat zpětný chod lisu.

5. Válec kontejneru

Válec kontejneru je složen z kovaného pláště a plunžru. Plášť je uchycen v lisovním válci a plunžr je uchycen v táhlech kontejneru. Táhla jsou přímo spojena s kontejnerem. Válce kontejneru zajišťují posuv kontejneru při výměně matric a při odstřihávání nedolisku.

6. Sestava kontejneru

Sestava kontejneru se skládá z ocelového držáku kontejneru a vlastního kontejneru. Kontejner je výměnný a existují 3 varianty. Kontejner $\varnothing 100$ (pro blok $\varnothing 95$), kontejner $\varnothing 130$ (pro blok 125) a kontejner $\varnothing 160$ (pro blok 155). V držáku kontejneru jsou umístěny dva odporové teploměry. Každý kontejner je vybaven 48 topnými tělesy pro ohřev kontejneru na pracovní teplotu 650°C .

7. Přívod k držákům kontejneru

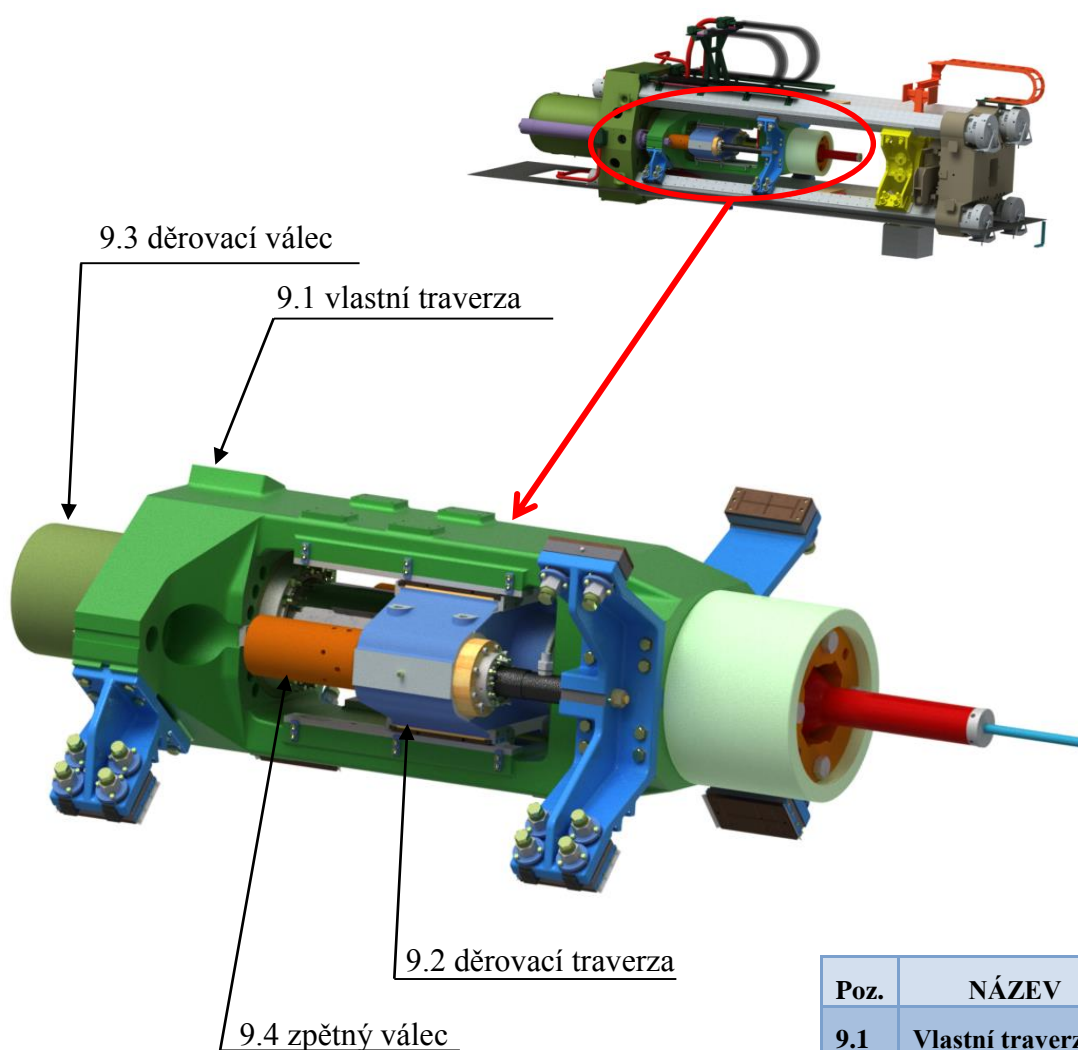
Přívod k držákům kontejneru slouží k přívodu kabelů k topným tělesům v kontejneru a pro přívod kabelů k snímačům teploty.

8. Pohyblivý přívod

Pohyblivý přívod slouží k přívodu tlakového oleje k válci děrovače, zpětného válce děrovače a rovněž k přívodu kabelů k odměřování polohy děrovací traverzy.

9. Sestava plunžrové traverzy

Hlavní sestava plunžrové traverzy je složena z vlastní traverzy (9.1), což je ocelový odlitek. Její funkce je přenést sílu z lisovního válce (1) na lisovaný blok. Na jejích bocích jsou umístěny patky pro přímočarý posuv traverzy po sloupech (3). Uvnitř traverzy je na kluzném vedení umístěna děrovací traverza (9.2). Děrovací traverza je spojena s plunžrem děrovacího válce. Děrovací válec (9.3) je za přírubu přišroubován do plunžrové traverzy (9.1). Pro zpětný pohyb děrovací traverzy jsou na jejích bocích umístěny dva zpětné válce (9.4). Děrovací traverza je spojena s děrovacím trnem. V přední části plunžrové traverzy je umístěno lisovní nářadí a díly pro rovnoměrné rozložení síly do traverzy při lisování. Funkce těchto komponent bude vysvětlena v další části práce.



Obr. 10 plunžrová traverza

Poz.	NÁZEV	ks
9.1	Vlastní traverza	1
9.2	Děrovací traverza	1
9.3	Děrovací válec	1
9.4	Zpětný válec	2

Tabulka 2 plunžrová traverza

3.3.3 Popis funkce lisu

Pracovní cyklus zpracování bloku na výlisek začíná vložením bloků o požadovaném průměru a požadované délce na paletu přejímacího místa. Odtud je pomocí robota odebrán blok a založen do muflové pece. Pec má dvě místa na ohřev. V muflové peci dojde k ohřátí bloku, dle předem nastavené křivky ohřevu. Poté je blok připraven na zpracování.

Po otevření pece robot vyjme blok a vloží ho do prostoru lisu mezi kontejner a plunžrovou traverzu tak, že osa bloku je totožná s osou stroje, a kleště robota se opřou o kontejner. V tento moment je kontejner volně opřen o matrici. Válec děrovače je plně zasunutý a předjížděcí válce jsou vysunuty tak, aby mezi čelem razníku a čelem kontejneru zůstala mezera vždy o 30 mm větší, než je délka bloku. Minimálně však 350 mm z důvodu šířky kleští robota. Poté dojde k uvolnění horních kleští robota a blok leží na spodních kleštích pouze vlastní tíhou. Nyní je uveden do chodu válec děrovače, který blok zastrčí do kontejneru. Ventil lisovního válce je uzavřený, aby při případném zaseknutí bloku v kontejneru nedošlo k poodjetí plunžrové traverzy. Po zasunutí bloku se děrovač vrátí zpět do své původní polohy, tzn. jeho čelo je zároveň s čelem razníku, a stroj je připraven k samotnému lisování.

Lisovací proces začíná vpuštěním tlaku do předjížděcích válců, kdy se plunžrová traverza začne pohybovat směrem ke kontejneru. Lisovní válec je stále bez tlaku. Současně s počátkem předjíždění, je vpuštěn tlak do válců kontejneru a kontejner je přimáčknut na matrici. Předjíždění končí v momentě, kdy je v předjížděcích válcích dosažen tlak 15 MPa. Rychlost předjíždění je možné nastavit a regulovat. Pokud je na přejímací paletě připraven další blok pro zpracování, robot ho znovu založí do uvolněného místa v muflové peci.

Po předjíždění následuje pěchování bloku v kontejneru pomocí lisovního válce, které končí dosažením určitého tlaku ve válci. Tento tlak je rovněž možné nastavit. Poté následuje samotné lisování. Razník tlačí na materiál ve válci a ten vytéká přes matrici ven. Lisování končí po dosažení koncové polohy plunžrové traverzy. Následuje dekomprese tlaku v lisovním válci a v předjížděcích válcích.

Poté dojde k odstřížení nedolisku, při kterém vyjede děrovací trn až do matrice, a tím odstříhne vylisovaný profil od zbytku materiálu v kontejneru. Děrovací trn poté zajede zpět do razníku. Tlak ve válcích kontejneru je zrušen a zároveň kontejner popojede o 60mm směrem k plunžrové traverze, kdy nejprve nedolisek narazí na razník a poté vypadne vzniklou mezerou mezi matricí a kontejnerem. Poté se kontejner vrátí do své výchozí polohy, tedy opře se o čelo matrice. Současně s ním dojde k pohybu lisovního válce a předjížděcích válců do výchozí polohy pro vložení dalšího bloku.

Tepelné zpracování výlisku probíhá ve výběhovém úseku, kdy před samotným procesem lisování obsluha navolí možnost chlazení ve vaně I nebo ve vaně II, při čemž jsou zároveň zpuštěny čerpadla pro cirkulaci chladícího okruhu. Po odstřížení nedolisku dojde k uchycení výlisku kleštěmi a jeho přetažení do příslušné vany. Ve vaně I probíhá chlazení pomocí trysek, ve vaně II je výlisek ponořen do kalící lázně. Po zchlazení je výlisek pomocí hydraulických válečků přesunut na odkapávací stůl a je připraven k dalšímu zpracování. Maximální možná délka výlisku je 5 m.

3.3.4. Popis současné výměny nástrojů

Jak již bylo zmíněno výše, vytlačovací lis CXB 12,5MN byl dodáván společně s třemi sadami lisovacího nářadí.

	Ø bloku [mm]	Ø kontejneru [mm]	Ø razníku [mm]	Ø trnu [mm]	Lisovní síla [MN]	Stříhací síla [MN]
1. sada	95	100	95	15	4	0,09
2. sada	125	130	125	32	7,6	0,5
3. sada	155	160	155	40	12,5	1,2

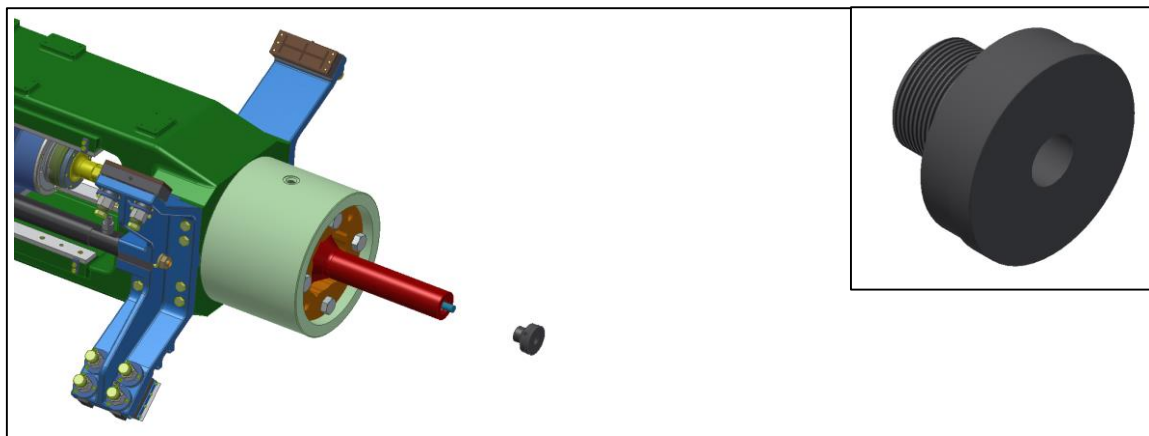
Tabulka 3 sady nářadí

Samotná výměna nástrojů probíhá na **plunžrové traverze** následujícím způsobem:

Před samotnou výměnou je třeba uvést celý lisovací komplex do režimu výměny nástrojů, včetně příslušných bezpečnostních opatření.

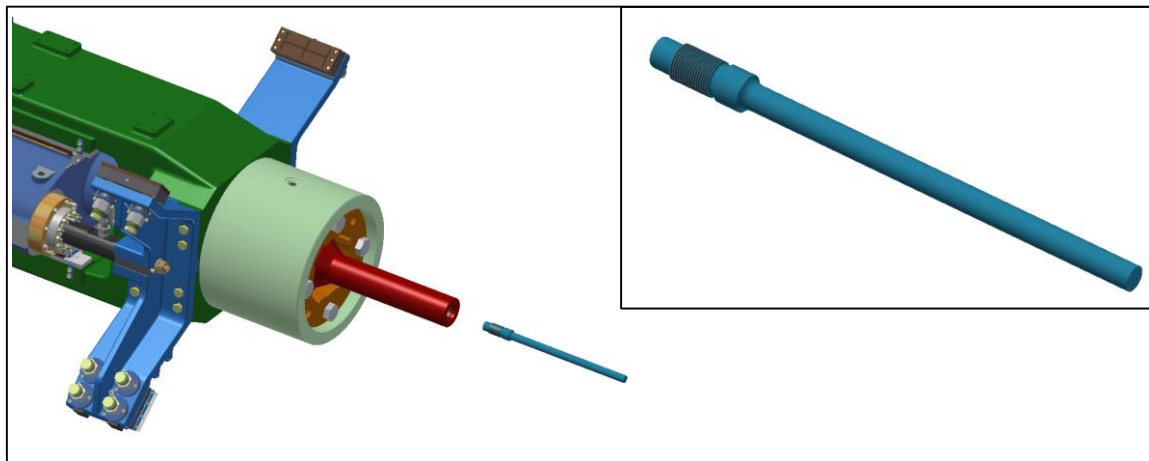
Odpojit táhla kontejneru od válců kontejneru a zasunout jejich plunžry, aby při výměně nepřekážely.

1. Při zasunutém děrovacím trnu se pomocí speciálního nářadí povolí špička, která je našroubována na razníku.



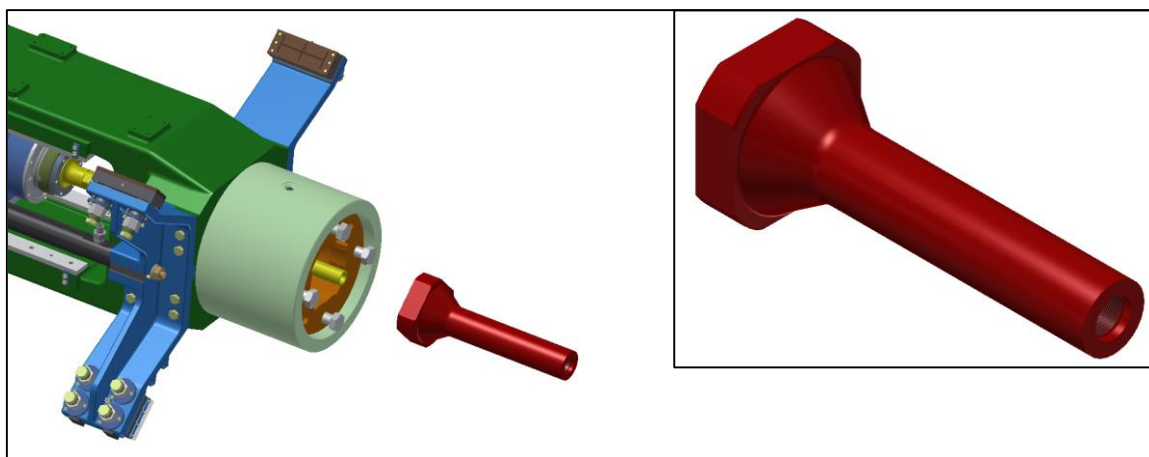
Obr. 11 demontáž špičky

2. Pomocí děrovací traverzy se vysune děrovací trn do horní úvratě. Děrovací trn se odšroubuje a děrovací traverza se vrátí zpět do dolní úvratě.



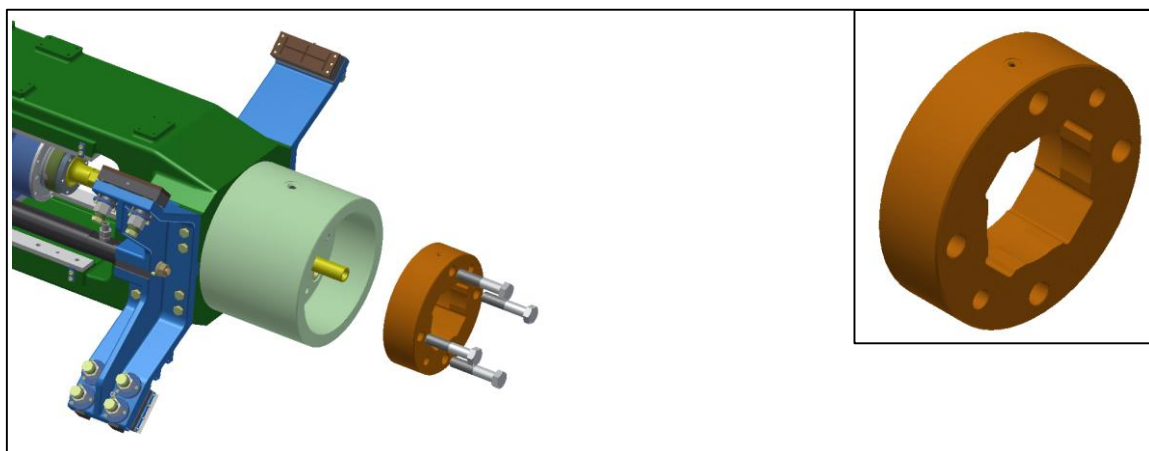
Obr. 12 demontáž děrovacího trnu

3. Poté se povolí 4 šrouby zajišťující oranžovou přírubu a pootočí se s razníkem o 90°. Tím dojde k jeho uvolnění z bajonetového zámku a je možné jej demontovat.



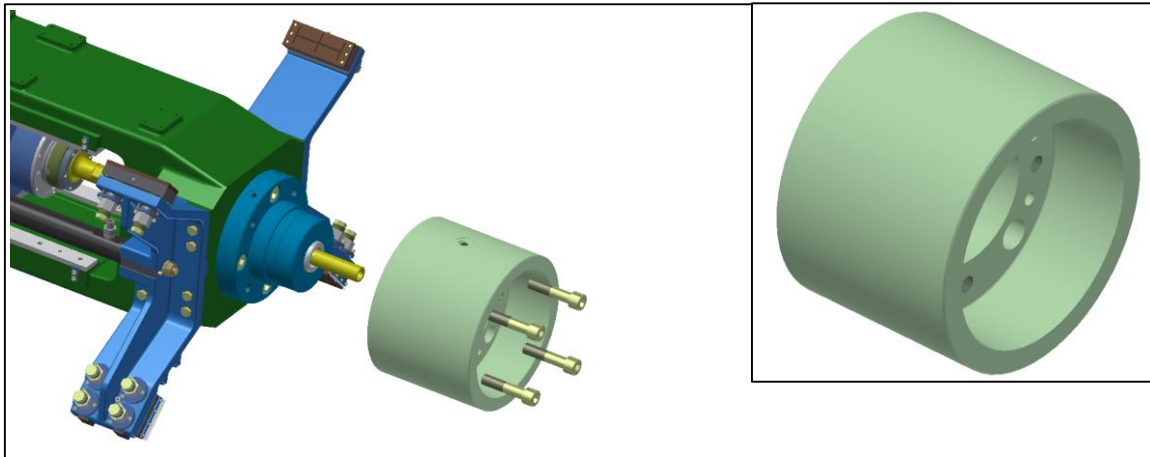
Obr. 13 demontáž razníku

4. Nyní se již úplně povolí šrouby, zajišťující přírubu a přírubu se demontuje.



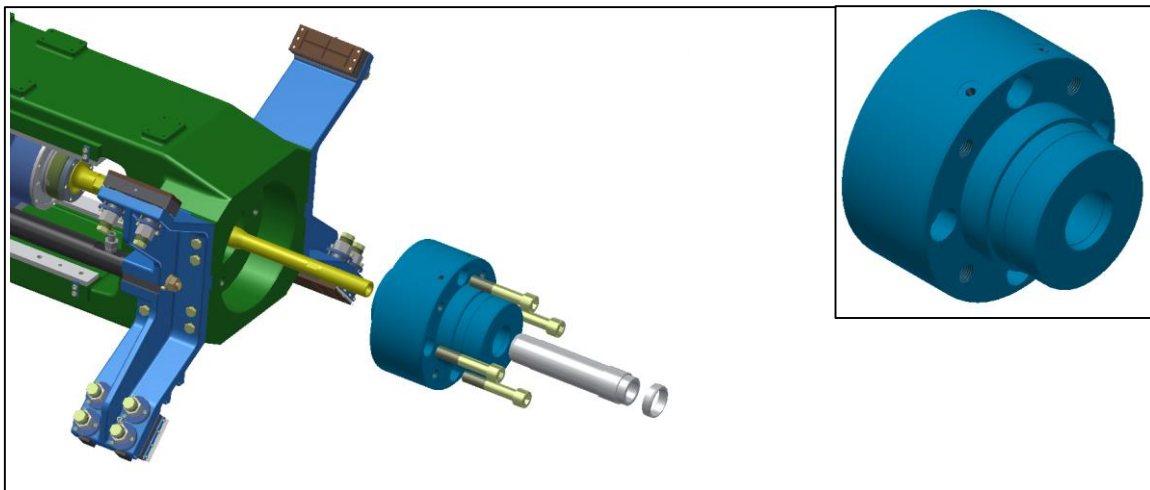
Obr. 14 demontáž příruby

5. Poté je umožněn přístup ke šroubům, zajišťující objímku lisu. Šrouby se demontují, a poté se demontuje i samotná objímka. Ta je na nástavku uložena s přesahem.



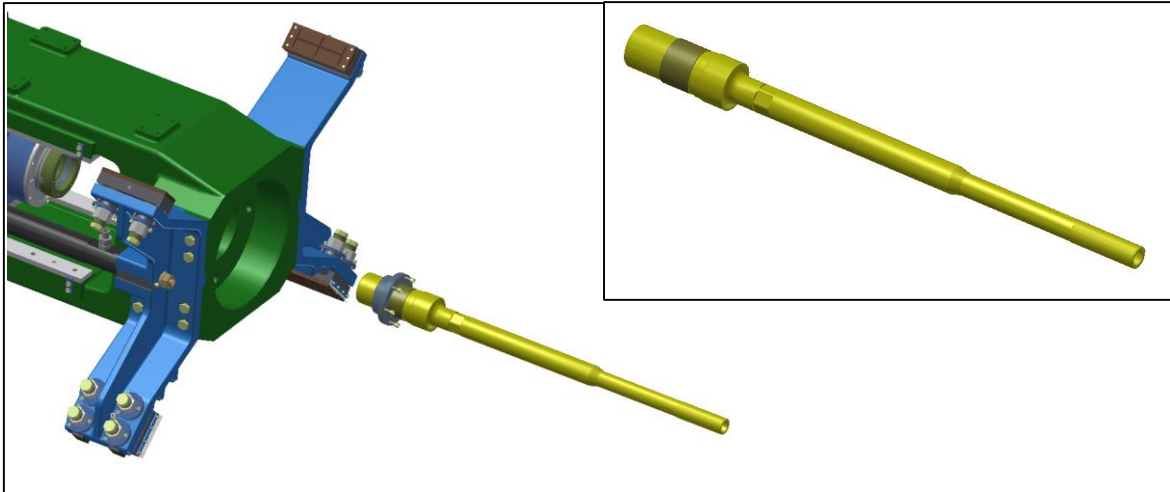
Obr. 15 demontáž objímky

6. Nyní je odkryt nástavek, který slouží k rozložení lisovní síly do traverzy. Nejprve se z něj demontuje středící kroužek a futro. Poté se povolí 4 šrouby, kterými je nástavek přichycen do lisovní traverzy a demontuje se. Nástavek je opět v traverze uložen s přesahem.







Obr. 16 demontáž nástavku

7. Demontáž končí odšroubování držáku děrovacího trnu. Nejprve je třeba povolit zajišťovací přírubu a pak se již přes šestihran povolí samotný držák trnu a demontuje se.




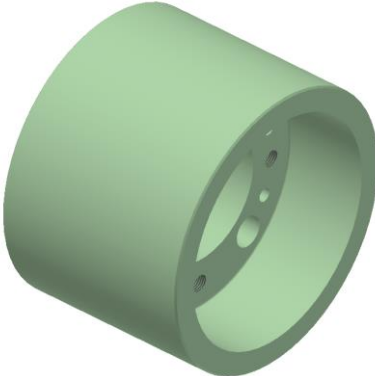
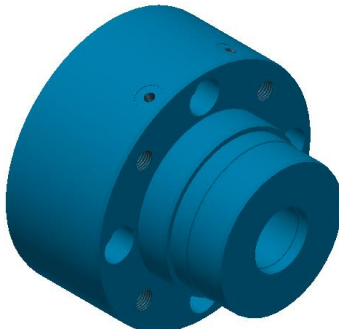
Obr. 17 demontáž držáku trnu

Tímto posledním krokem je demontáž ukončena. Vymění se lisovní nářadí za jinou velikost a poté probíhá montáž v opačném pořadí.

Špička	Razník	Děrovací trn	Držák děrovacího trnu
			
9 kg	168 kg	9,5 kg	140 kg

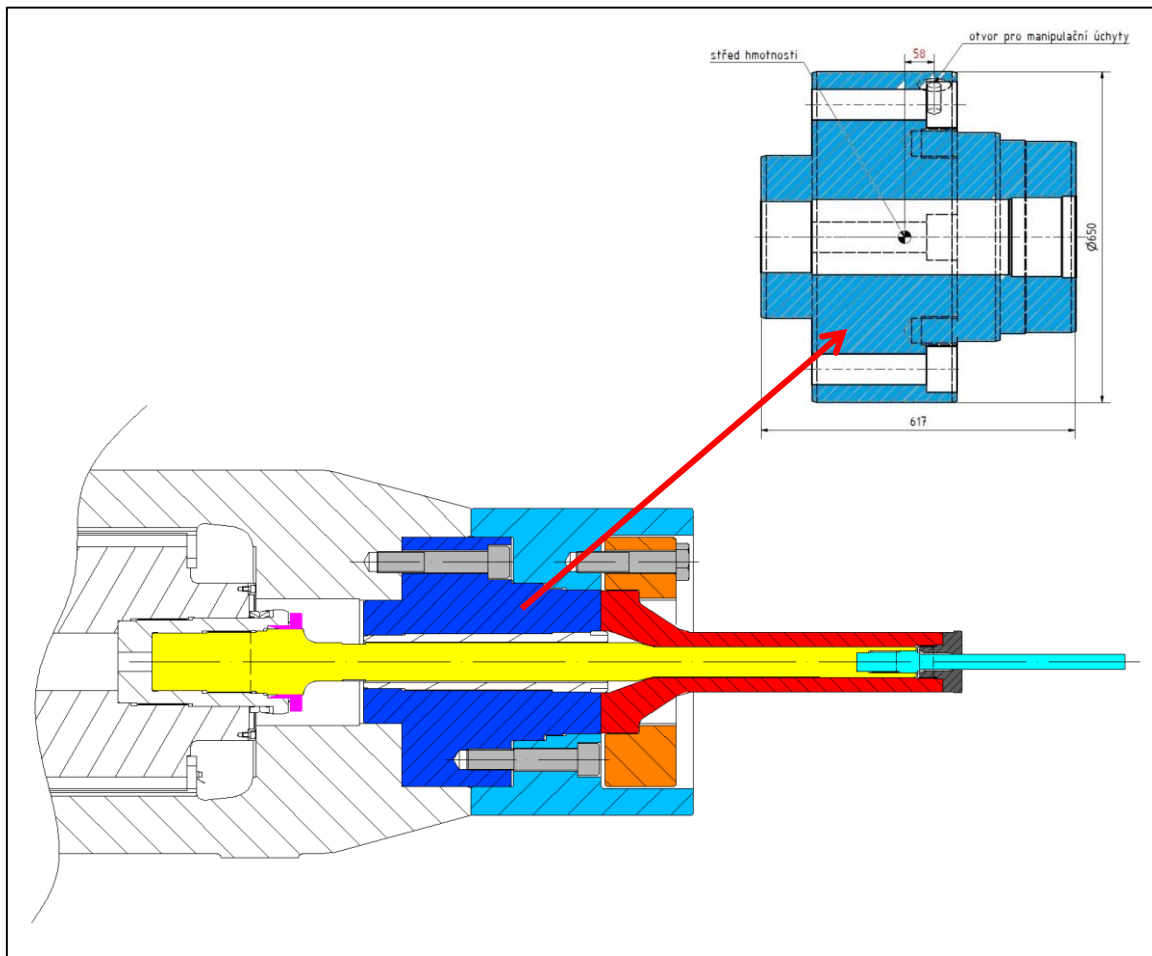
Tabulka 4 lisovní nářadí

V tabulce 4 je uveden souhrn jedné kompletní sady nářadí na lisovní traverze. Jedná se o komponenty, které jsou pro každou velikost lisovaného bloku unikátní, a je třeba je bezpodmínečně vyměnit.

Příruba	Objímka	Nástavek
		
310 kg	1097 kg	900 kg

Tabulka 5 komponenty na traverze

Tabulka 5 naopak zobrazuje komponenty, které je třeba z plunžrové traverzy lisu demontovat pouze z důvodu dostupnosti lisovního nářadí. Objímka a nástavek jsou navíc na plunžrové traverze uloženy s přesahem.



Obr. 18 řez lisovní traverzou

Obrázek 18 zobrazuje řez plunžrovou traverzou. Vybarvené jsou ty komponenty, které je třeba při výměně nástrojů demontovat. Z řezu je patrný důvod, proč je třeba při výměně nástrojů demontovat rovněž objímku a nástavek. Držák děrovacího trnu má na své zadní části zvětšený průměr, na němž je závit. Tento průměr je větší než otvor v nástavku, respektive futru, a tudíž není možné držák děrovacího trnu vysunout skrz nástavek.

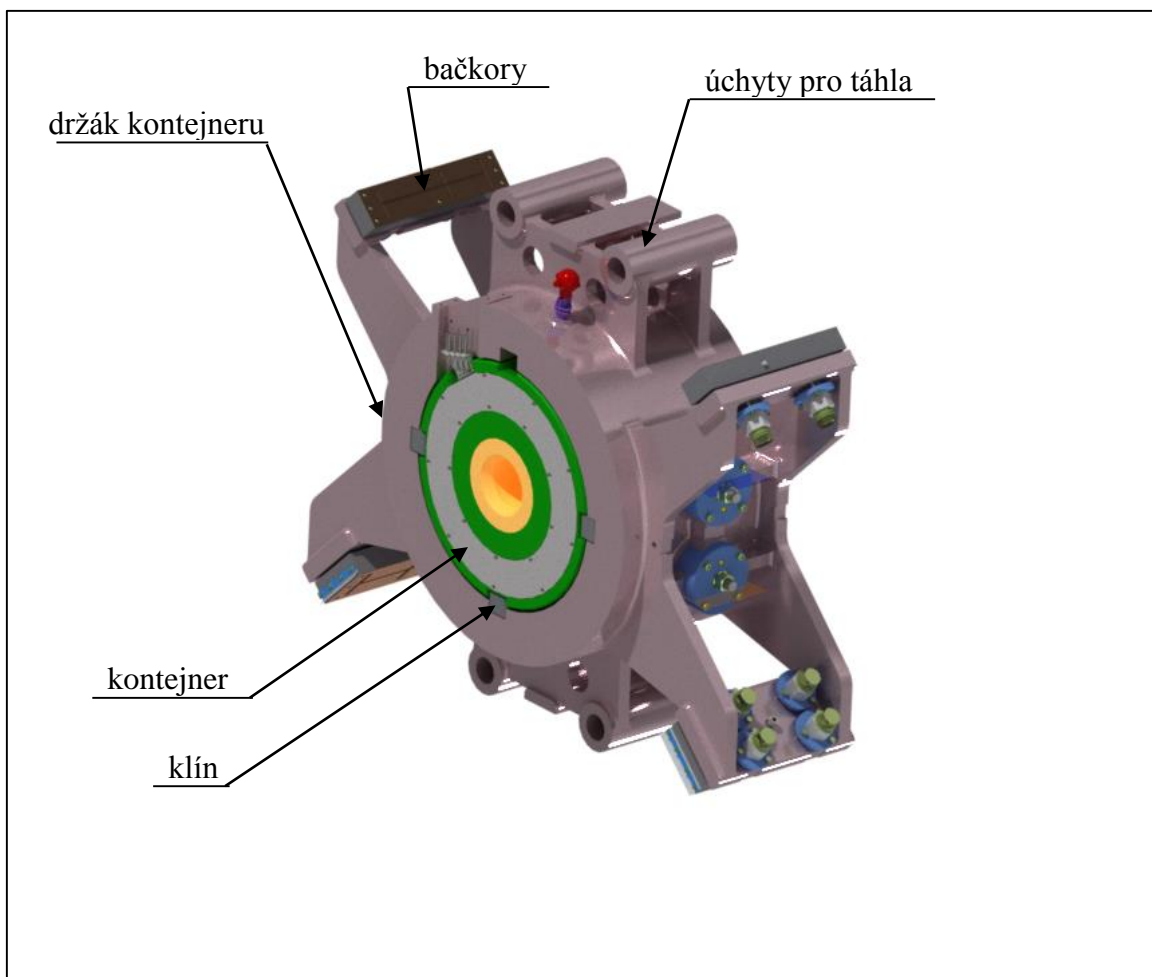
Skutečný problém při zpětné montáži nářadí však nastává ve chvíli, kdy je na své místo usazován právě nástavek. Jedná se o poměrně těžkou komponentu (900 kg), která je navíc v lisovní traverza uložena na dvou přesných průměrech. Navíc otvory pro manipulační úchyty musí být umístěny mimo osu středu hmotnosti. V okamžiku, kdy je nástavek zavěšen na jeřábu, dochází ke klopení a při nalisování zpět do traverzy se nástavek zadírá. Dle informací od zadavatele trvá zpětné usazení nástavku na své místo několik hodin.

3.3.5. Popis výměny kontejneru a matric

Kontejner je uložen v držáku kontejneru, který se pohybuje po 4 kluzných lištách umístěných na sloupech lisu. Držák kontejneru je pomocí táhel spojen s válci kontejneru, které jsou vsazené do límce lisovního válce. Tyto válce zajišťují poodjetí kontejneru v případě, že dochází k odpadnutí nedolisku z prostoru mezi kontejnerem a matricí, anebo v případě kdy dochází k jeho výměně. Vzhledem k tomu, že pohyb držáku kontejneru se překrývá s pohybem plunžrové (lisovní) traverzy, je zamezeno jejich vzájemnému dotyku pomocí koncového spínače.

Kontejner je v držáku kontejneru zajištěn pomocí 4 přítlačných klínů. Samotný kontejner lze namontovat do držáku pouze v jednom směru.

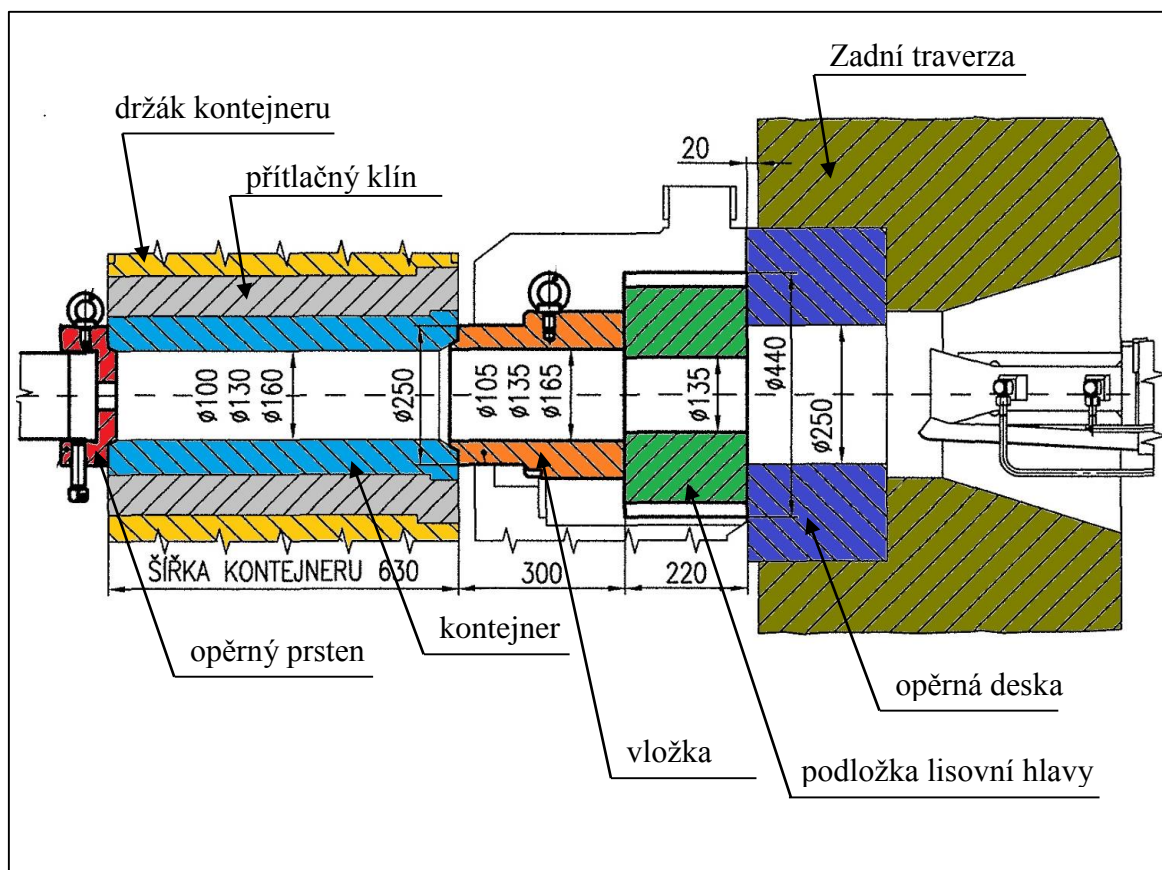
Výměna matrice probíhá tak, že pomocí posuvu matric je matrice vysunuta z osy lisu. Tímto posunem se zároveň do osy lisu dostane druhá pozice posuvu matric, kde je umístěna další matrice. V sekci pro umístění matrice může být rovněž umístěna vložka pro vyjmutí zamrzlého bloku anebo čistící razník. Pokud je matrice vysunuta mimo osu lisu, je možné ji namazat případně vyměnit.



Obr. 19 sestava držáku kontejneru

Výměna kontejneru probíhá následujícím způsobem:

1. Držák kontejneru poobjede od zadní traverzy.
2. Odpojí se vývody pro ohřev kontejneru.
3. Na místo držáku matrice je umístěna vložka (oranžová).
4. Do přední části kontejneru je vložen opěrný prsten.
5. Držák kontejneru je vysunut směrem k lisovní traverze, a tím dojde k uvolnění kontejneru, který je držen pouze opěrným prstenem a vložkou.
6. Kontejner je pomocí otočného jeřábu přemístěn z lisu a na jeho místo je umístěn kontejner o jiné velikosti.
7. Poté následuje jeho montáž, která probíhá stejně jako demontáž, akorát v opačném pořadí.



Obr. 20 řez zadní částí lisu při výměně kontejneru

Vzhledem k tomu, že výměna kontejneru i matrice probíhá dostatečně rychlým způsobem a bez vysokých nároků na obsluhu lisu, bylo po konzultaci se zadavatelem rozhodnuto, že zbylá část práce bude věnována pouze výměně lisovního náradí na plunžrové traverze.

4. Nové konstrukční varianty

4.1. Shrnutí požadavků pro optimalizaci výměny nářadí

Jak již bylo zmíněno v úvodu, optimalizace výměny lisovního nářadí je prováděna za účelem urychlení této operace. V kapitole 3.3.4. – popis současné výměny nástrojů, jsou uvedeny slabá místa konstrukce, které zapříčiňují zdlouhavou výměnu nástrojů na lise.

Hlavním cílem nových konstrukčních variant je tedy zjednodušit konstrukci tak, aby výměna probíhala rychleji.

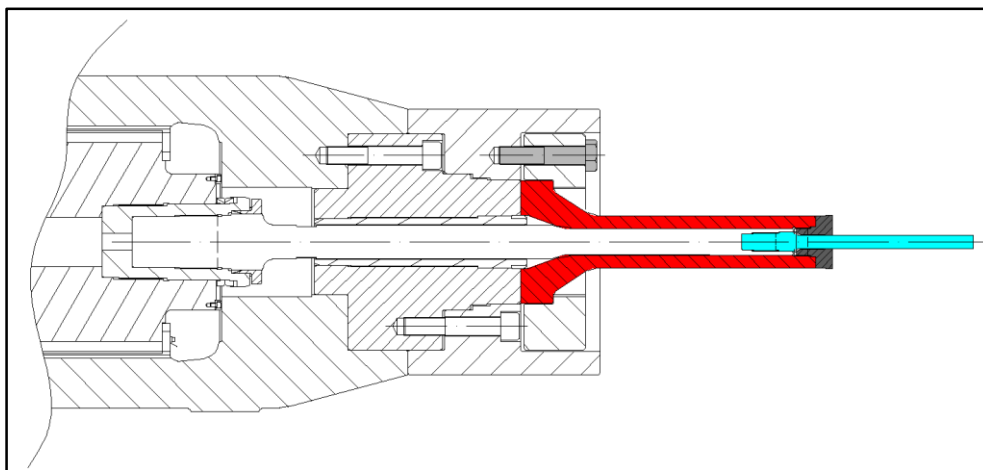
Po konzultaci se zadavatelem, byly stanoveny další dílčí požadavky pro nové konstrukční řešení lisu.

1. Cena nového řešení nesmí být vyšší než je cena stávajícího řešení.
2. Konstrukční změny provedené na lisu nesmí změnit celkovou koncepci lisu. Změny by měly proběhnout pouze na plunžrové traverze.
3. Zachovat co možná nejvíce shodných dílů se stávajícím řešením lisu.

4.2. Konstrukční návrh č. 1

Cílem prvního návrhu je přepracovat lisovní nářadí tak, aby bylo možné použít univerzální držák děrovacího trnu pro všechny tři sady nářadí. V tomto případě by již při výměně nebylo zapotřebí demontovat z lisovní traverzy objímku a nástavek a celá operace by se velice urychlila.

Klíčovým prvkem této konstrukce je tedy zajistit kompatibilitu mezi univerzálním držákem děrovacího trnu a razníkem ve všech třech provedeních.



Obr. 21 řez traverzou dle návrhu 1

Obrázek 21 zobrazuje řez plunžrovou traverzou, kdy vybarvené jsou opět ty komponenty, které je třeba při výměně demontovat. Je zřejmé, že v této konstrukční variantě by se jednalo pouze o samotné nářadí, a tím pádem by byla výměna velice rychlá.

Držák děrovacího trnu má profil tyče s několika odsazeními, a na jeho konci je zašroubován děrovací trn. Právě umístění největšího děrovacího trnu je z hlediska oslabení průměru držáku limitní, a proto bylo navrženo, že průměr děrovacího trnu bude zmenšen o 7,5 mm.

Držák děrovacího trnu je namáhán převážně na tlak. Proto byla provedena analytická kontrola bezpečnosti a konfrontována s původním řešením.

Držák je z materiálu ČSN 15 241. $R_e=550$ MPa.

	děrovací síla [MN]	nejmenší průměr [mm]	plocha [mm ²]	napětí v tlaku [MPa]	bezpečnost [-]
držák děrovacího trnu 40 mm	1,2	78,5	4839,8	247,9	2,2
univerzální držák	1,2	70,5	3903,6	307,4	1,8

Tabulka 6 analytická kontrola držáku

Z tabulky 6 vyplývá, že koeficient bezpečnosti je v případě univerzálního držáku snížen o hodnotu 0,4.

Další změny byly provedeny na raznících. Byl změněn jejich vnitřní průměr tak, aby je bylo možné použít společně s univerzálním držákem. Razníky jsou opět namáhány převážně na tlak, a proto byla provedena jejich analytická kontrola bezpečnosti.

Razník je z materiálu ČSN 19 552, který má mez kluzu $R_e = 1100$ MPa.

	Lisovní síla [MN]	vnitřní průměr razníku [mm]	vnější průměr razníku [mm]	plocha mezikruží [mm ²]	Napětí v tlaku [MPa]	bezpečnost [-]
razník 155	12,4	80	155	13842,6	895,8	1,2
razník 125	7,6	65	125	8953,5	848,8	1,3
razník 95	4	50	90	4398,2	909,5	1,2
razník 155 po úpravě	12,4	72,5	155	14740,9	841,2	1,3
razník 125 po úpravě	7,6	72,5	125	8143,6	933,2	1,2
razník 95 po úpravě	4	72,5	90	2233,5	1790,9	0,6

Tabulka 7 analytická kontrola razníku

Tabulka č. 7 zobrazuje napětí a koeficient bezpečnosti na stávajících a nových typech razníků. Je zřejmé, že tato konstrukční úprava není možná pro razník o průměru 95 mm, kdy napětí od tlaku je téměř dvojnásobné, než mez kluzu materiálu. Koeficient bezpečnosti na zbylých dvou raznících se naopak pohybuje ve stejných mezích, jako při původním řešení.

Tuto konstrukční variantu by tedy bylo možné použít pouze pro dvě největší, a dle zadavatele nejvytěžovanější sady náradí.

Výhodou tohoto řešení je skutečnost, že konstrukční změny byly provedeny pouze na lisovním nářadí a sestava plunžrové traverzy zůstala naprosto beze změn. Výměna nářadí, by bez nutnosti demontáže držáku děrovacího trnu byla velice rychlá.

Mezi nevýhody patří hlavně to, že toto řešení není možné použít pro všechny 3 sady lisovního nářadí. Navíc byl snížen koeficient bezpečnosti univerzálního držáku děrovacího trnu o hodnotu 0,4.

Razníky a držák trnu patří k velice namáhaným součástem. Bezporuchovost stávajícího řešení byla již navíc ozkoušena v praxi. Zadavatel si proto nepřál urychlit výměnu nástrojů na úkor snížené pevnosti těchto dvou komponent, a proto bylo toto konstrukční řešení zamítnuto.

4.3. Konstrukční návrh č. 2

Tento návrh je zaměřen na přepracování držáků děrovacích trnů takovým způsobem, aby je bylo možné demontovat bez nutnosti demontáže nástavku. Toho lze docílit pouze tak, že držák bude vysunut skrz nástavek.

Držák děrovacího trnu ve stávajícím provedení má na konci odsazení, na kterém je závit M 160 x 4. Tímto závitem je upevněn do děrovací traverzy. Držák je dále ještě zajištěn přírubou, pod kterou je svěrný spoj.

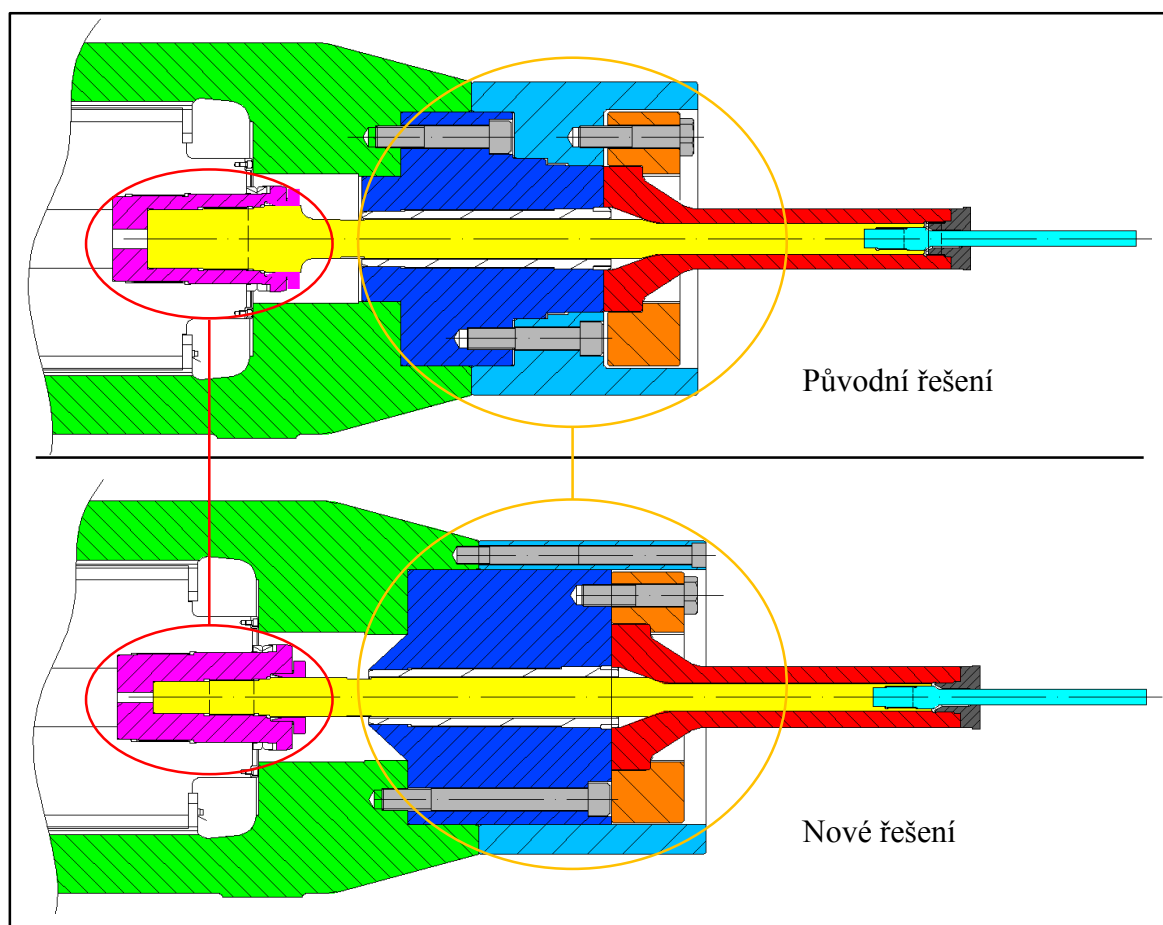
Odsazení na konci držáku bylo změněno na průměr 100 mm, což je stejný průměr jako má držák ve své střední části. Na tomto průměru je závit M 90 x 4, který je z hlediska pevnosti spojení stále dostačující.

Dále byl přepracován i samotný nástavek. V této konstrukční variantě bude uložen v lisovní traverze pouze přes jeden lícovaný průměr. Délka nástavku však zůstala nezměněna.

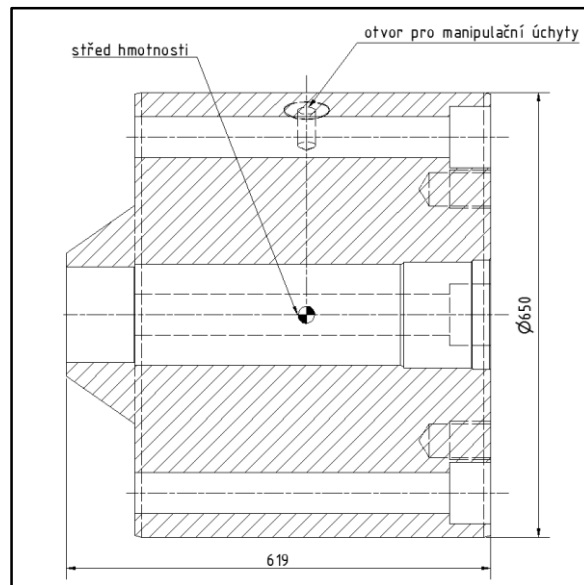
Objímka je v této variantě řešena pouze jako trubka s jedním odsazením na lícovaný průměr, přes který je uložena na nástavku. Zajištěna je pomocí osmi šroubů s válcovou hlavou, které jsou uchyceny přímo do odlitku lisovní traverzy.

Tato úprava navyšuje hmotnost nástavku směrem k razníku. Díky tomu je možné umístit otvory pro manipulační úchyty přímo do osy těžiště nástavku.

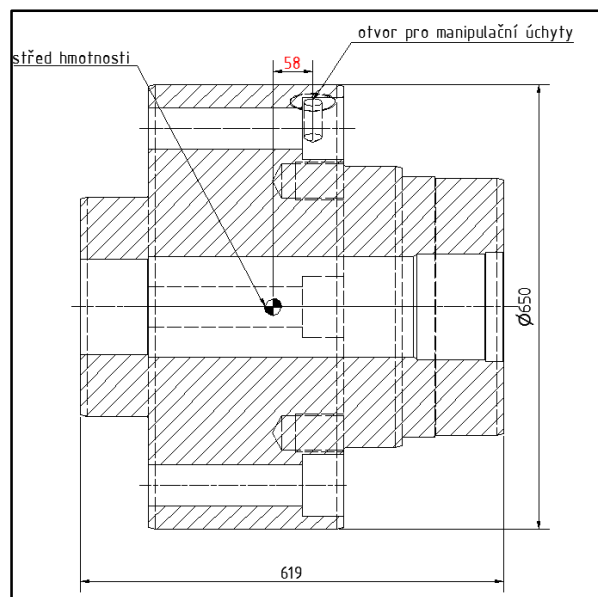
Konstrukční změny v řešení č. 2 jsou patrné z obrázku 22, kde je možné toto řešení konfrontovat se stávajícím řešením.



Obr. 22 varianta č. 2 v porovnání se stávajícím řešením



Obr. 23 řez původním nástavkem



Obr. 24 řez novým nástavkem

Na obrázcích číslo 23 a 24 je výkres nástavků v řezu.

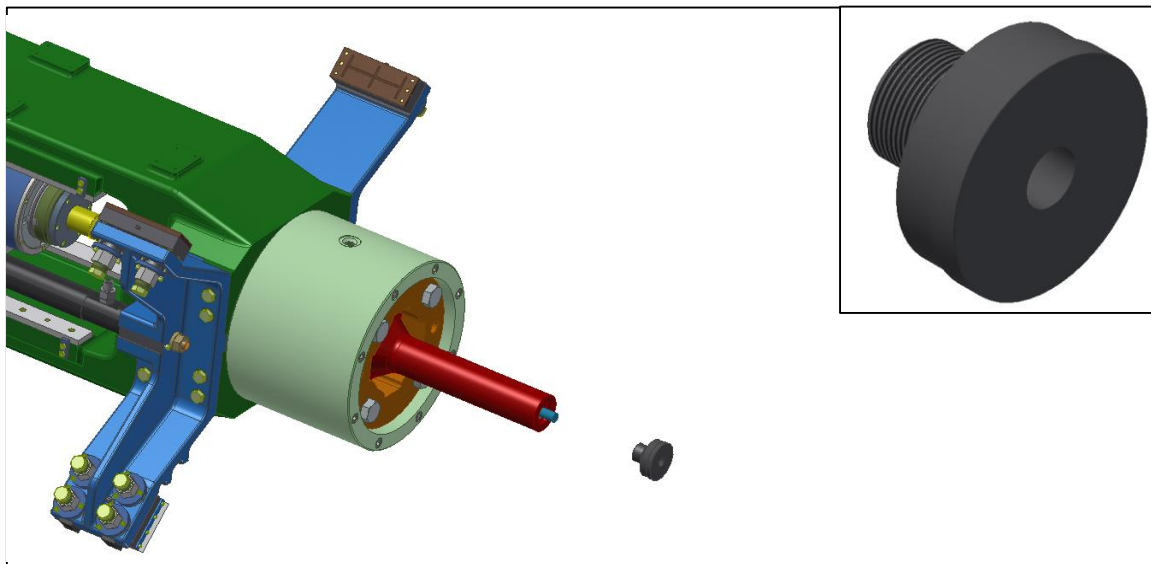
Hmotnost původního provedení – 900 kg byla u nového řešení navýšena na 1248 kg. Materiál, který přibyl na nástavku, byl však současně odebrán z objímky. Celková hmotnost sestavy plunžrové traverze je tedy nezměněna.

Výměna nástrojů bude nyní na lisovní traverze probíhat následujícím způsobem:

Před samotnou výměnou je opět zapotřebí uvést celý lisovací komplex do režimu seřizování. Poté je zapotřebí opět odpojit táhla kontejneru a zasunout plunžry válců kontejneru, tak aby nepřekážely.

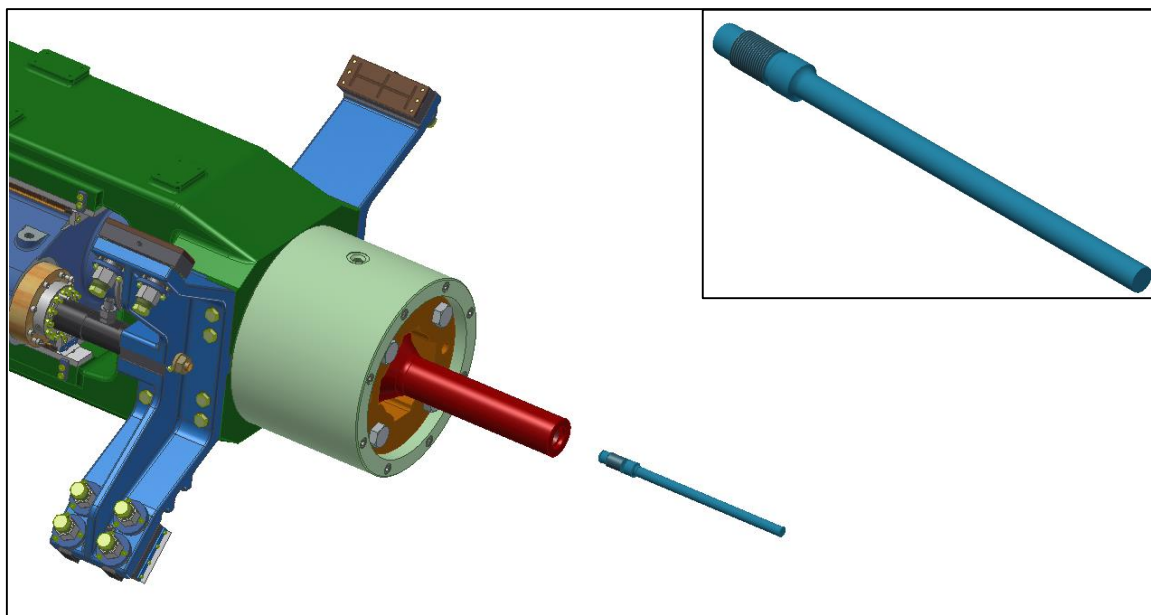
Následují již kroky samotné výměny:

1. Při zasunutém děrovacím trnu demontovat špičku z razníku.



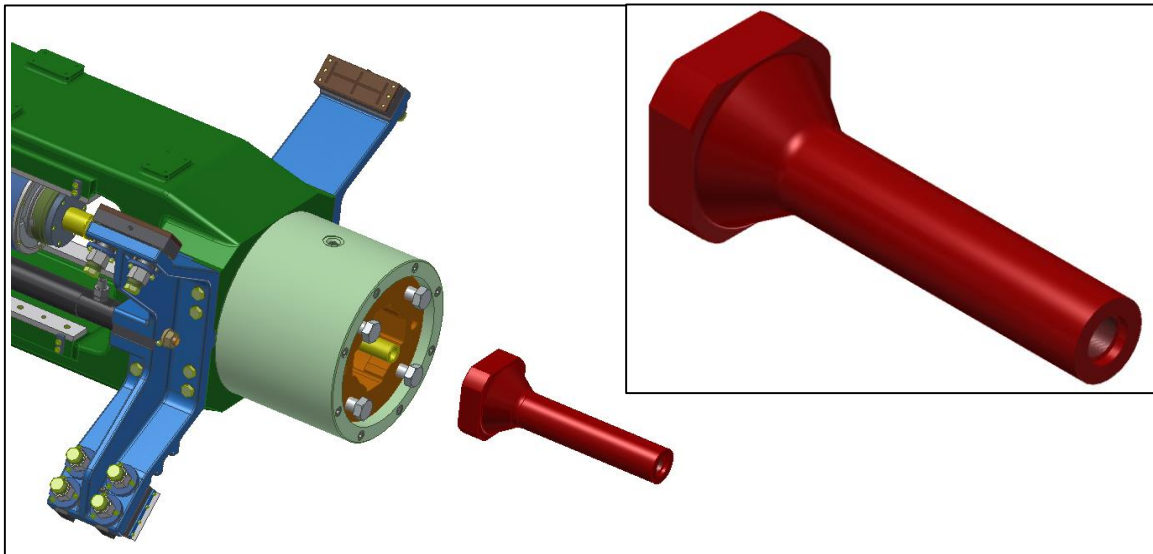
Obr. 25 demontáž špičky

2. Vysunout děrovací trn a povolit jej. Poté vrátit děrovací traverzu zpět do spodní úvratě.



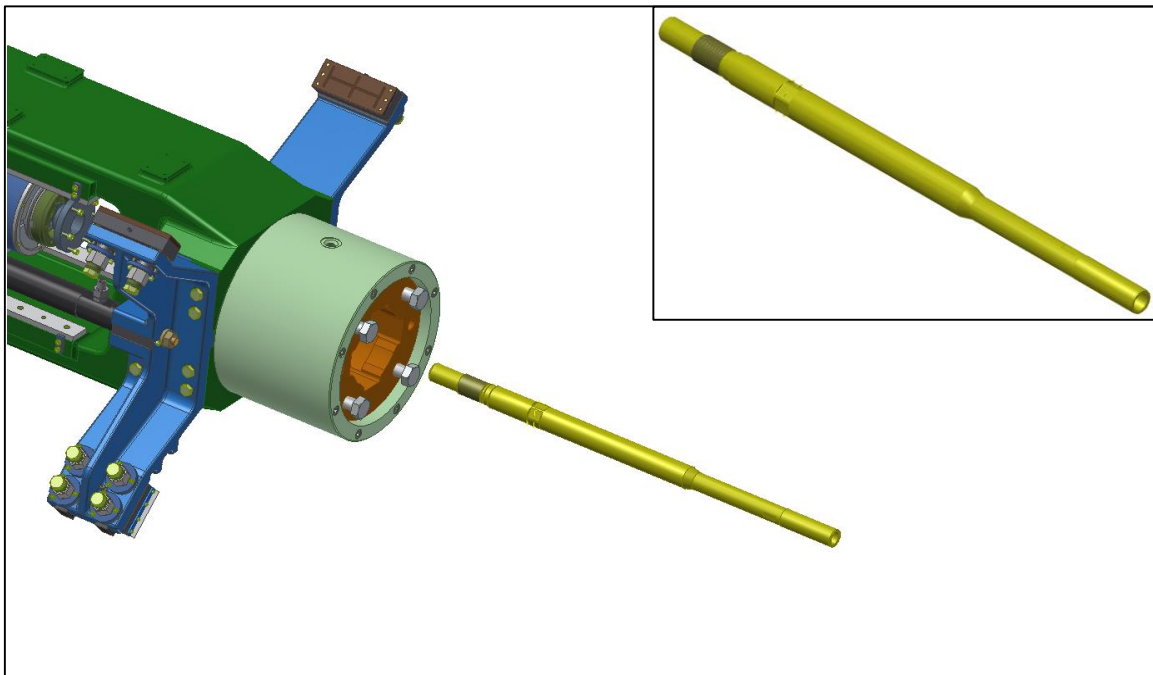
Obr. 26 demontáž děrovacího trnu

3. Povolit šrouby na objímce. Pootočit s razníkem o 90° a demontovat jej.



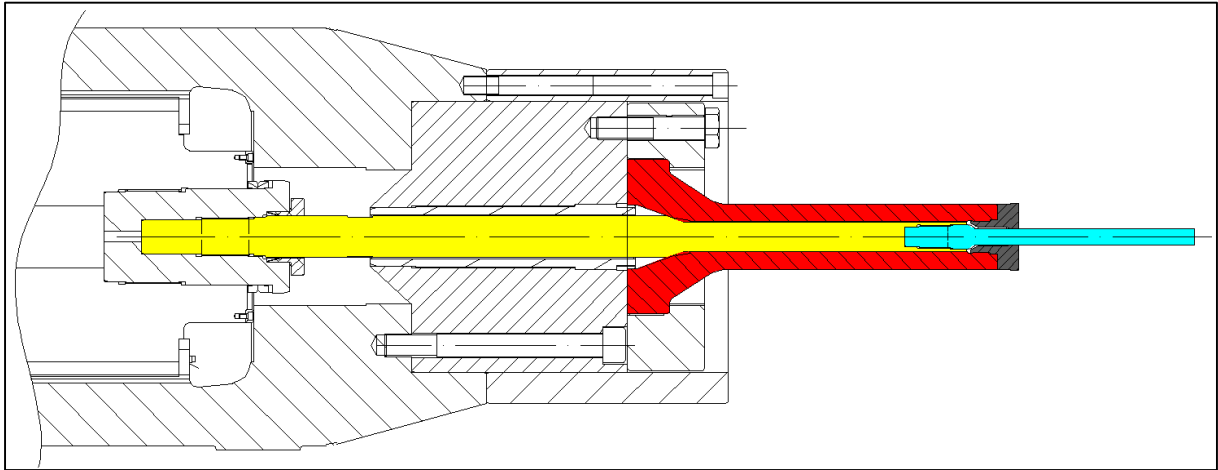
Obr. 27 demontáž razníku

4. Po demontáži středícího kroužku a futra z nástavku, povolit a demontovat přírubu zajišťující držák děrovacího trnu. Ten poté povolit přes šestihran a vysunout ven skrz nástavek a objímku.



Obr. 28 demontáž držáku děrovacího trnu

Po kroku čtyři již může následovat výměna náradí za jinou velikost a zpětná montáž.



Obr. 29 řez traverzou dle návrhu 2

Obrázek 29 zobrazuje řez traverzou po konstrukční úpravě č. 2. Vybarvené jsou opět ty části, které je při výměně nutno demontovat. Z obrázku je zřejmé, že se opět jedná pouze o komponenty, které mají rozdílné velikosti pro každou sadu nářadí.

Vzhledem k tomu, že při této konstrukční úpravě je možné demontovat držák děrovacího trnu bez demontáže objímky, bylo nutné ověřit, zda trn při vysunutí před lisovní hlavu již nenarazí na zadní traverzu respektive držák matric.

Délka trnu – 1990 mm.

Vzdálenost mezi čelem objímky a čelem držáku kontejneru – 1465 mm.

Hloubka kontejneru – 630 mm.

Vůle mezi vytaženým držákem děrovacího trnu a držákem matric je tedy 105 mm.

Vzhledem k tomu, že držák trnu je poté nutno mírně vyklonit, musí jeho výměna probíhat až po demontování kontejneru z jeho držáku. Kontejnery jsou opět pro všechny tři sady nářadí unikátní, a proto tato podmínka nijak nenavysuže čas strávený při kompletní výměně nářadí a kontejneru.

Hodnocení varianty č.2:

Výhody:

1. Lisovní nářadí kromě držáku děrovacího trnu zůstalo beze změn.
2. Změny na držáku děrovacího trnu jsou provedeny pouze v zadní části a neoslabují jeho nejmenší průřez.
3. Výměna nářadí na lisovní traverze je možná bez demontáže ostatní dílů, které není třeba měnit.
4. Pokud by nastala situace, kdy je třeba demontovat z lisovní traverzy i objímku a nástavek, tak i tato operace bude urychlena. Objímka i nástavek jsou nyní uloženy pouze na jednom lícovaném průměru a obě komponenty je možné zavěsit na jeřáb v ose jejich těžiště.
5. V případě dodatečného dovtání otvorů pro šrouby zajišťující objímku, je možné tuto změnu aplikovat na již vyrobené lisovní traverze.
6. Při výrobě překonstruovaných dílů, je možné vycházet ze stejných polotovarů, jako při výrobě původních. Zároveň ubyly některé technologické operace. Cena výroby by tedy měla zůstat zachována.

Nevýhody:

Při výměně nářadí musí být určen jednoznačný postup, kdy je nejprve nutno demontovat kontejner, a až poté držák děrovacího trnu.

5. MKP výpočet

Odsouhlasená konstrukční varianta č. 2 byla dále podrobena numerickému pevnostnímu výpočtu metodou konečných prvků. Aby bylo možné vysledovat případné změny v namáhání jednotlivých komponent, byla numerickému výpočtu podrobena i stávající varianta. Nová a stávající varianta byla ve výpočtu použita v konfiguraci s razníkem o průměru 155 mm. Nová varianta byla poté ověřena i v konfiguraci razníku 125 mm a 95 mm.

5.1. Výpočtový software

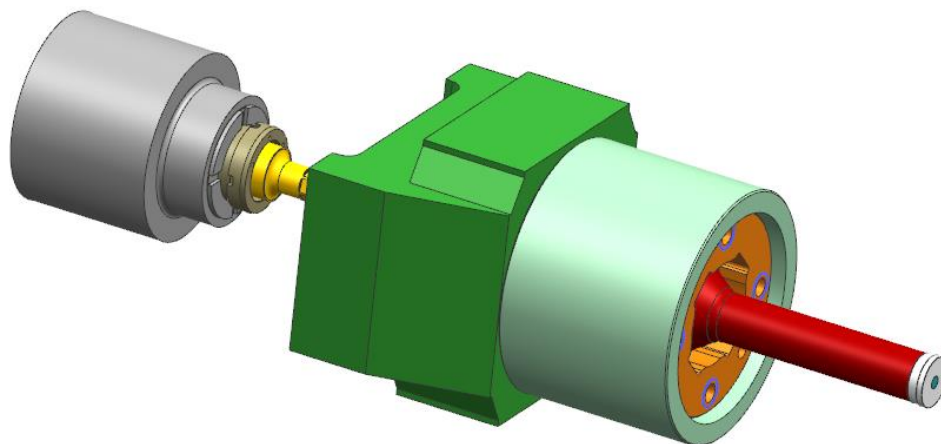
Úloha byla realizována v programu Siemens NX 10 s nadstavbovým řešičem Nastran.

Výpočet byl proveden pro oblast lineárně elastických deformací. Veškeré komponenty na lisu jsou vyrobeny z oceli. Do výpočtového programu byly proto zadány následující materiálové charakteristiky:

Youngův modul pružnosti v tahu:	$E = 206\,940$	[MPa]
Poassonovo číslo:	$\mu = 0,288$	[-]
Hustota:	$\rho = 7\,800$	[kg/m ³]

5.2. Výpočtový model

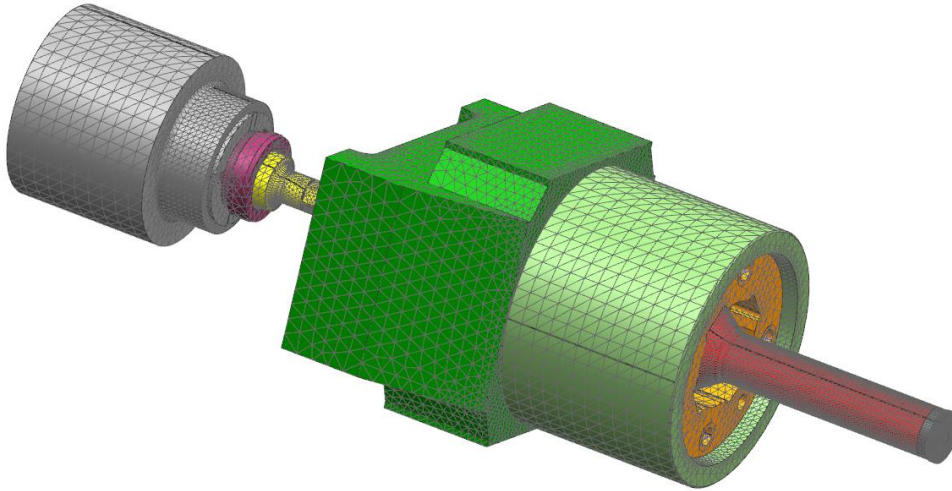
Pro výpočet bylo nutné uvažovat celou sestavu lisovní traverzy. Její zadní část však není z hlediska průběhu napětí v traverze natolik zajímavá, a proto byla do výpočtu zahrnuta pouze přední část. Rovněž děrovací traverza byla zjednodušena na válec, ve kterém je umístěn držák děrovacího trnu. Zpětné válce a ostatní prvky, které nemají praktický žádný vliv na pevnost konstrukce, rovněž nebyly zahrnuty do výpočtu. Model nemá rovinu symetrie, a proto nebylo možné jej pomocí této roviny zjednodušit.



Obr. 30 idealizovaný model

5.3. Síť

Všechny komponenty byly zasníťovány pomocí 3D CETRA (10) elementů. Velikost elementů byla určena pro každou komponentu různě. Na kontaktních plochách a místech zájmu byla navíc síť zjemněna. V některých případech až na velikost 3 mm.



Obr. 31 vysíťovaný model

	velikost elementu [mm]
držák děrovacího trnu	24
Děrovací traverza	48
Špička	12
Razník	36
Příruba	48
Středící kroužek	12
Futro	24
Nástavek	24
Objímka	48
Trn	12
Lisovní traverza	48
Držák držáku trnu	36

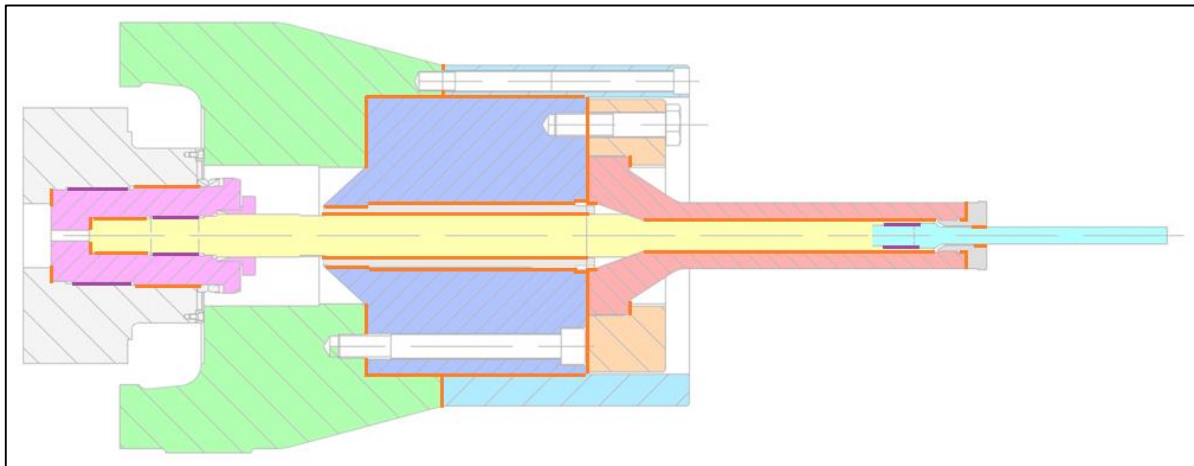
Tabulka 8 velikost 3D elementů

5.4. Nastavení kontaktů, spojení sítí, náhrada šroubů

5.4.1. Kontakty

Pomocí funkce face to face – contact, byly mezi jednotlivými komponenty, které jsou v kontaktu, nastaveny kontaktní parametry. Kontaktní plochy jsou zobrazeny na obrázku 32 oranžovou barvou. Kompletní seznam kontaktních páru v simulaci je poté uvede v tabulce 9.

Koeficient tření byl ve všech případech nastaven na hodnotu $f = 0,1$.



Obr. 32 kontakty

kontakty	
razník	příruba
razník	nástavek
razník	středící kroužek
futro	nástavek
nástavek	traverza
držák trnu	děrovací traverza
nástavek	objímka
objímka	traverza
razník	špička
držák trnu	razník
špička	trn
držák trnu	držák držáku trnu

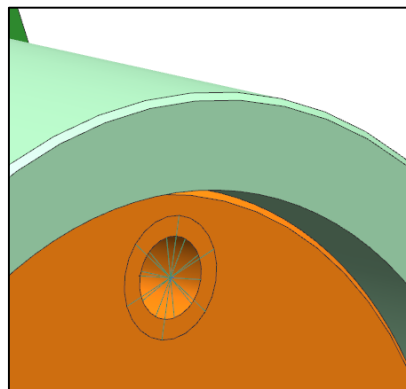
Tabulka 9 kontaktní páry

5.4.2. Spojení sítí

Spojení sítí bylo použito pro nahrazení závitů ve výpočtovém modelu. Realizováno bylo pomocí funkce Mesh Mating Condition. Na obrázku 32 je propojení sítí zobrazeno fialovými úsečkami.

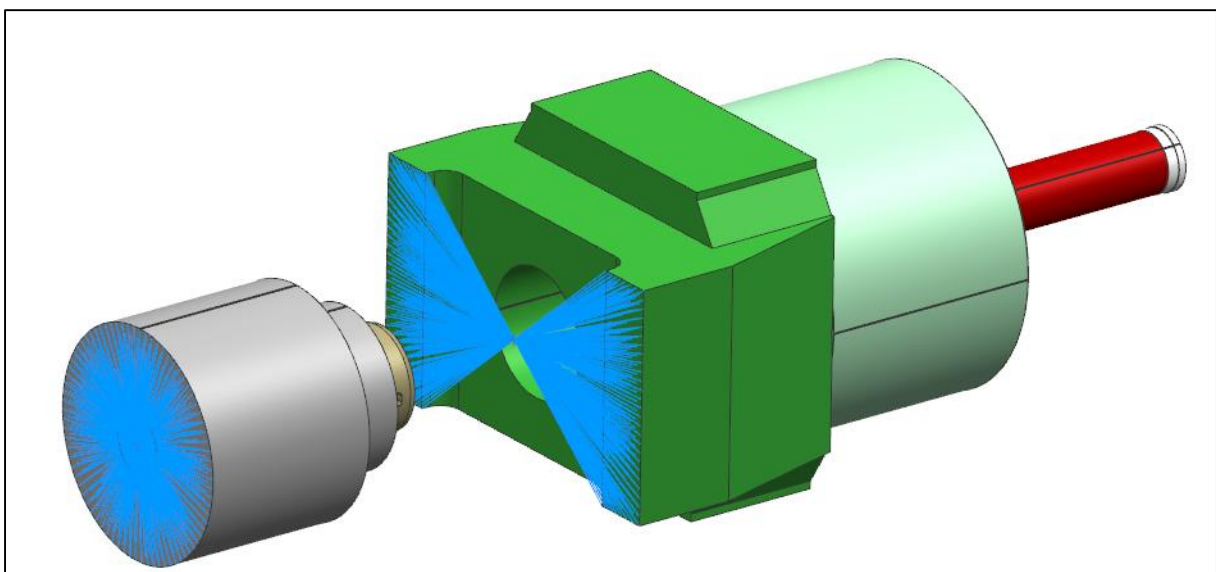
5.4.3. Náhrada šroubových spojů

Všechny předepnuté šroubové spoje byly v idealizovaném výpočtovém modelu provedeny pomocí funkce Bolt connection. Tato funkce nahrazuje tělo šroubu pouze jedním 1D prvkem typu CBEAM, který má v sobě definovaný průměr a materiál. Do těchto prvků bylo následně v prostředí simulace vneseno předem určené předepnutí. Hlavy šroubu jsou nahrazeny Rigidovou růžicí z RBE3 dokonale tuhých prvků.



Obr. 33 detail šroubového spoje

Pomocí RBE3 prvků byla dále spojena zadní plocha lisovné traverzy v imaginární bod, který leží v ose lisu. Tento bod bude dále sloužit k vetknutí traverzy, jež bude vysvětleno v další části. Stejný princip byl aplikován i na zadní plochu idealizované děrovací traverzy.



Obr. 34 pomocná síť

5.5. Okrajové podmínky výpočtu

Vzhledem k povaze úlohy bylo třeba provést 4 rozdílné simulace s rozdílnými okrajovými podmínkami.

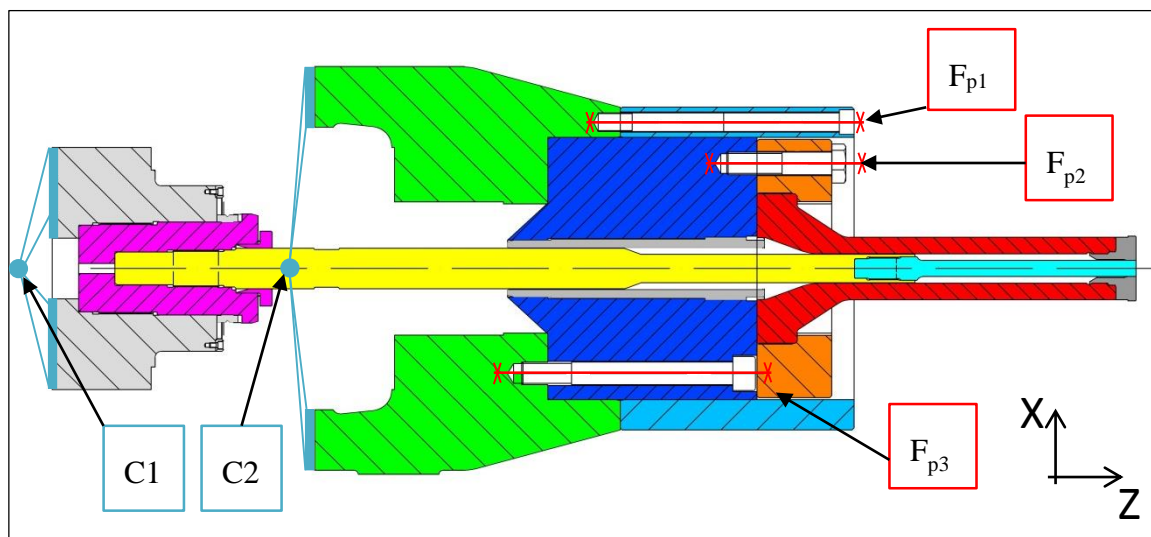
Simulace č.1 - předepnutí slouží pro počáteční kontrolu úlohy především z důvodu ověření správnosti nastavených parametrů v kontaktních plochách.

Simulace č.2 - testování má za cíl ověřit průběh napětí především v objímce a lisovní traverze.

Simulace č.3 - lisování je zaměřena na stav, kdy dochází k samotnému lisování materiálu.

Simulace č.4 - stříhání představuje situaci, kdy dochází k odstříhnutí nedolisku pomocí děrovacího trnu.

5.5.1. Simulace č. 1 - sešroubování



Obr. 35 okrajové podmínky simulace 1

Vetknutí děrovací a lisovní traverzy je provedeno přes bod, který je propojený s jejich zadními plochami.

Zatížení je provedenou pouze předepnutím šroubů a gravitací.

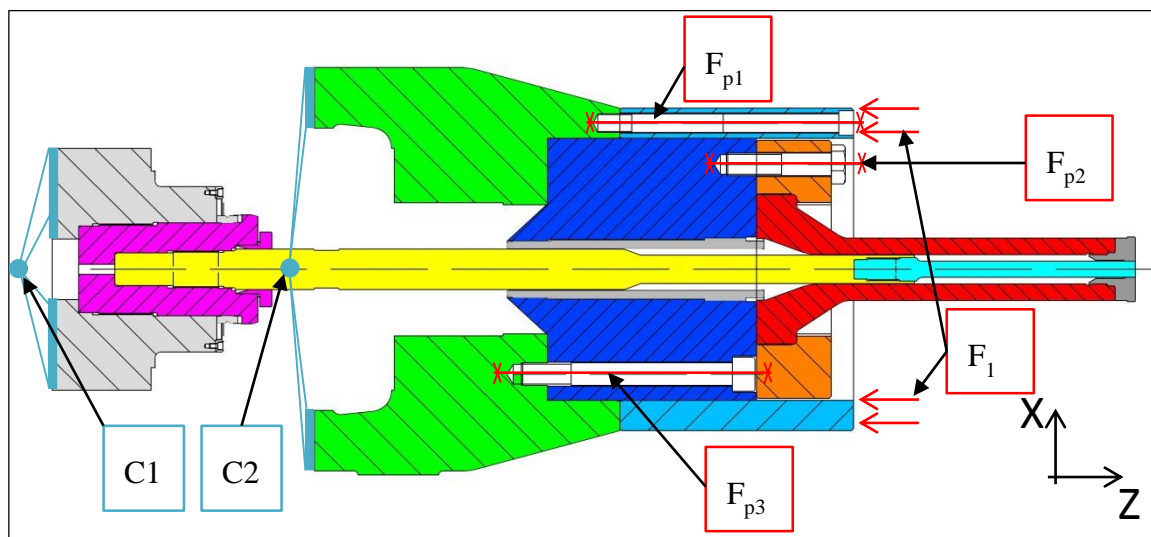
	Posuv X	Posuv Y	Posuv Z	Rotace X	Rotace Y	Rotace Z
C1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C1	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Tabulka 10 vetknutí při simulaci 1

	Typ zatížení	Velikost	Směr zatížení	Typ místa zatížení
F _{p1}	Síla	100 kN	osa šroubu	Šroub – 8x
F _{p2}	síla	200 kN	osa šroubu	Šroub – 4x
F _{p3}	síla	200 kN	osa šroubu	Šroub – 4x
G	gravitace	-	-X	-

Tabulka 11 zatížení při simulaci 1

5.5.2. Simulace č. 2 - testování



Obr. 36 okrajové podmínky simulace 2

Tato simulace má za účel ověřit stav, kdy se čelo objímky opře o kontejner, a do hlavního lisovního válce je vpuštěn plný tlak. Za běžných podmínek tomuto stavu zabrání koncový spínač. Při uvádění lisu do provozu se však právě tento stav testuje a seřizuje se při tom hydraulický systém.

Vetknutí je provedeno stejně jako v simulaci č. 1.

K zatížení od šroubů a gravitace navíc přibyla síla F_1 na čelní plochu objímky.

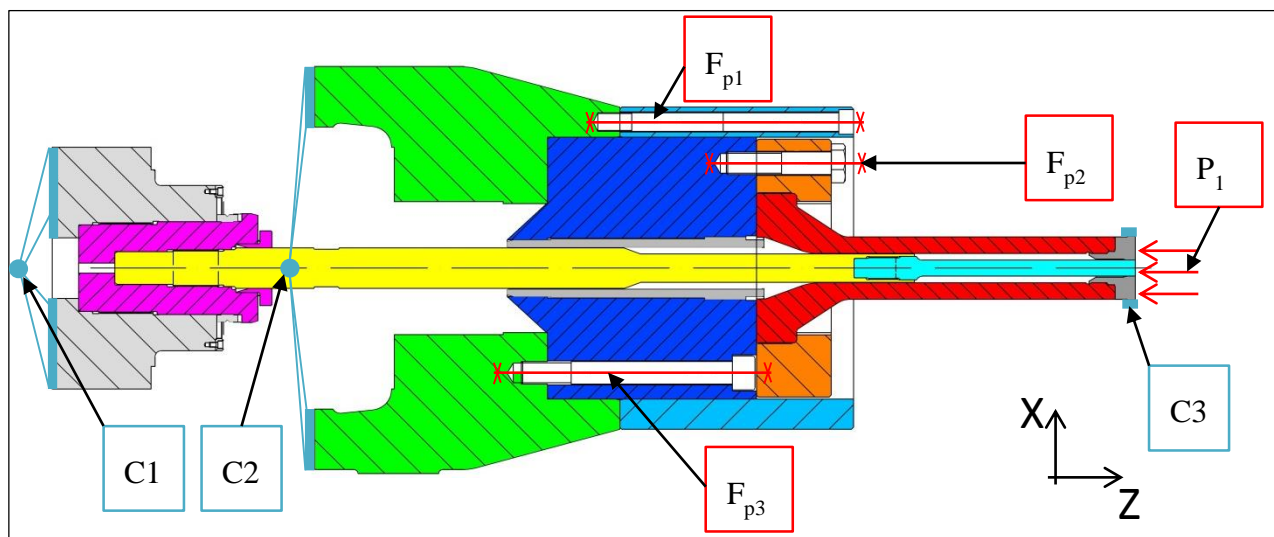
	Posuv X	Posuv Y	Posuv Z	Rotace X	Rotace Y	Rotace Z
C1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C1	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Tabulka 12 vetknutí při simulaci 2

	Typ zatížení	Velikost	Směr zatížení	Typ místa zatížení
F_{p1}	síla	100 kN	osa šroubu	šroub – 8x
F_{p2}	síla	200 kN	osa šroubu	šroub – 4x
F_{p3}	síla	200 kN	osa šroubu	šroub – 4x
G	gravitace	-	-X	-
F_1	síla	12,5MN	-Z	plocha

Tabulka 13 zatížení při simulaci 2

5.5.3. Simulace č. 3 - lisování



Obr. 37 okrajové podmínky při simulaci 3

Simulace č. 3 – lisování znázorňuje stav, kdy razník přes špičku tlačí na lisovaný materiál.

Vetknutí traverz je opět provedeno jako v předchozích dvou případech, s tím rozdílem, že navíc přibyl Constrain C3, který je umístěný na válcové ploše špičky a simuluje vedení razníku v kontejneru.

Zatížení hlavní lisovní silou je provedeno tlakem na čelní plochu špičky a čelní plochu děrovače. Rovněž je ponecháno zatížení od předepnutí šroubů a vliv gravitace.

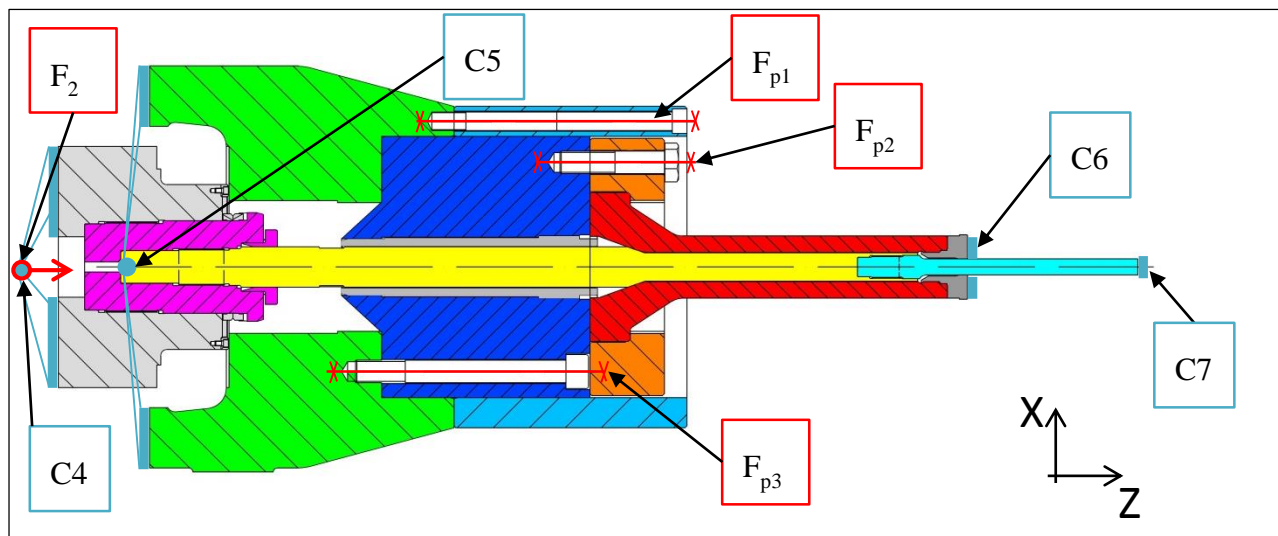
	Posuv X	Posuv Y	Posuv Z	Rotace X	Rotace Y	Rotace Z
C1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C3	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO

Tabulka 14 vetknutí při simulaci 3

	Typ zatížení	Velikost	Směr zatížení	Typ místa zatížení
F _{p1}	síla	100 kN	osa šroubu	šroub – 8x
F _{p2}	síla	200 kN	osa šroubu	šroub – 4x
F _{p3}	síla	200 kN	osa šroubu	šroub – 4x
G	gravitace	-	-X	-
P ₁	tlak	639 MPa	-Z	dvě plochy

Tabulka 15 zatížení při simulaci 3

5.5.4. Simulace č. 4 - stříhání



Obr. 38 okrajové podmínky při simulaci 4

Simulace č. 4 – stříhání znázorňuje stav, kdy děrovací trn vyjede z razníku, a po kontaktu s lisovaným materiálem dojde přes matici k jeho odstříhnutí. Je testován nejnepříznivější stav, to znamená trn je zatížen při plném vysunutí – 470mm. V praxi dochází k odstřížení nedolisku již při vysunutí trnu o 300 mm.

Vetknutí traverz je opět provedeno přes body. V tomto případě je však povolen jejich posuv do osy Z. Navíc je přidána vazba na čelní plochu špičky a na čelní plochu děrovače.

Model je opět zatížen silou od předepnutí šroubů a gravitací. Navíc je přidána stříhací síla F_2 , která působí na děrovací traverzu.

	Posuv X	Posuv Y	Posuv Z	Rotace X	Rotace Y	Rotace Z
C4	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
C5	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
C6	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C7	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Tabulka 16 vetknutí při simulaci 3

	Typ zatížení	Velikost	Směr zatížení	Typ místa zatížení
F_{p1}	síla	100 kN	osa šroubu	šroub – 8x
F_{p2}	síla	200 kN	osa šroubu	šroub – 4x
F_{p3}	síla	200 kN	osa šroubu	šroub – 4x
G	gravitace	-	-X	-
F₂	síla	1,2MN	Z	bod

Tabulka 17 zatížení při simulaci 3

5.5.5. Shrnutí jednotlivých simulací

Jak již bylo zmíněno výše, stejným způsobem byla provedena i MKP analýza stávajícího řešení. Ekvivalentně byla pouze změněna předepínací síla na šroubech. Počet kontaktních párů definovaných v tabulce 9 je v obou úlohách zachován.

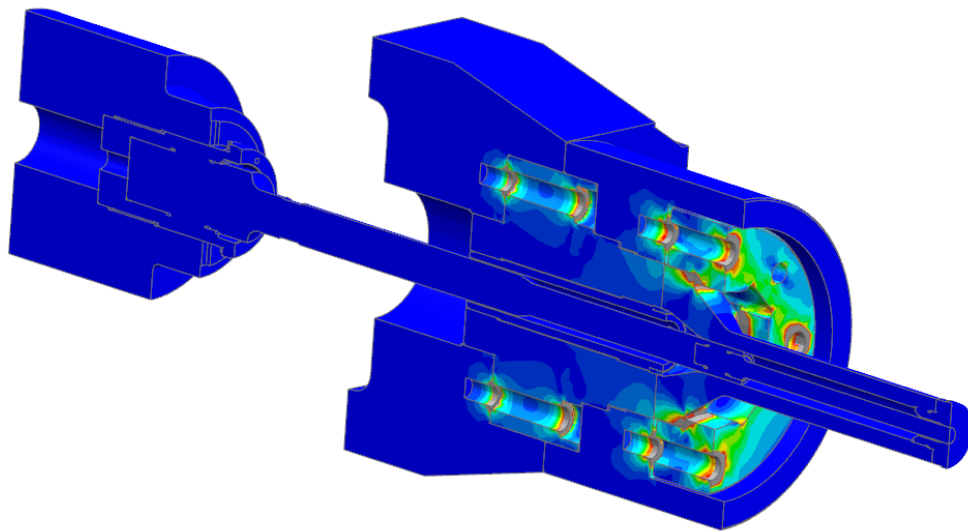
Rovněž ověřovací výpočet nového řešení v konfiguraci s razníkem 125 mm a 95 mm vychází ze stejného výpočtového modelu. Změněny jsou pouze zatěžovací síly dle tabulky v kapitole 3.3.4. Výsledky těchto dvou analýz jsou uvedeny v příloze.

5.6. Výsledky MKP analýzy

V této části práce jsou graficky zobrazeny výsledky MKP analýzy. Namáhání je zobrazeno pomocí ekvivalentních napětí podle von-Misesa. U každého výsledku (nebo výsledků) je uveden rozsah zobrazovaného napětí. Oblasti, které leží mimo tento zvolený rozsah, jsou zobrazeny šedou barvou. Všechny výsledky jsou uvedeny ve zprůměrovaných hodnotách. Pokud nad obrázkem komponenty není uvedeno, zda se jedná o výsledek z analýzy původního nebo nového řešení, jedná se vždy o výsledek z výpočtového modelu nového řešení.

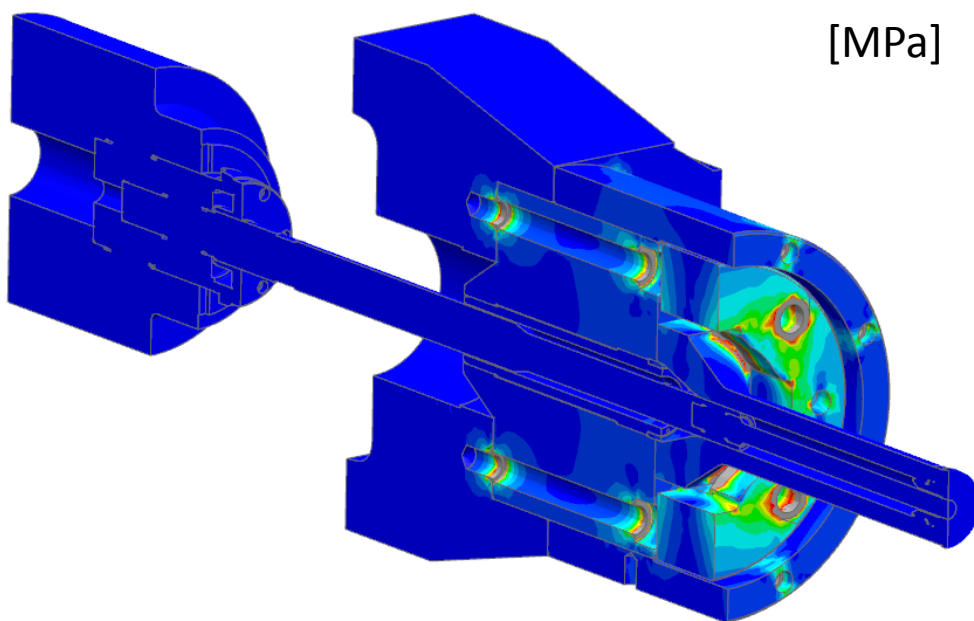
5.6.1. Simulace předeprnutí - řez sestavou

Stávající řešení



Obr. 39

Nové řešení



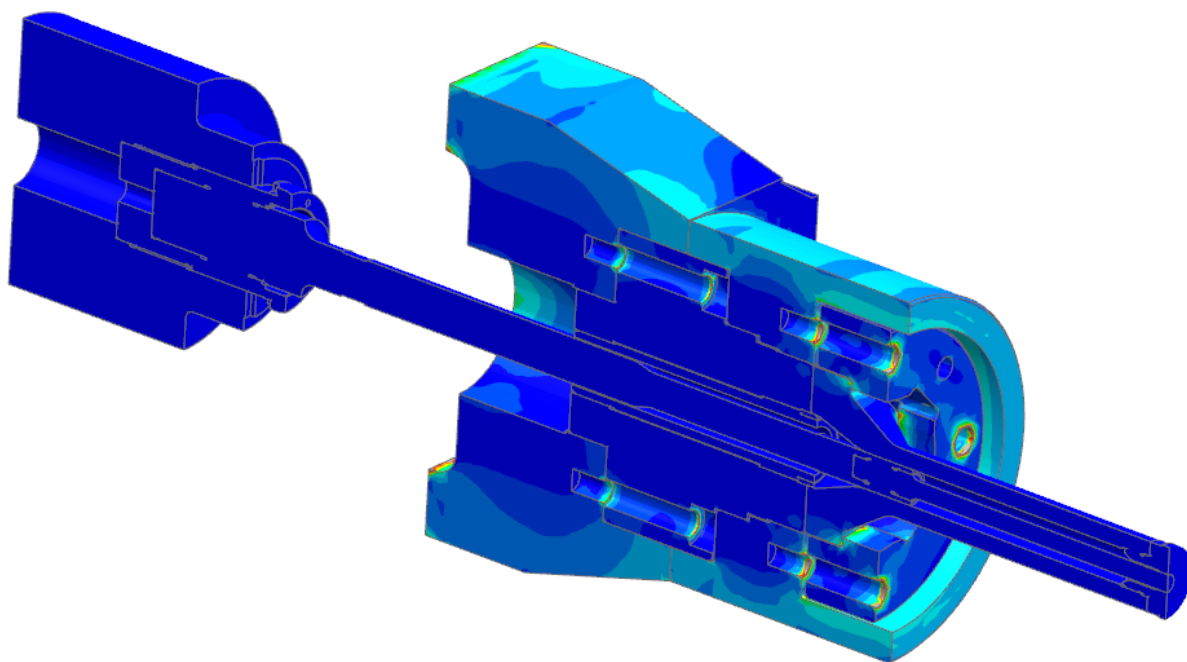
Obr. 40

V obou případech napětí vzniklé od předepnutí šroubů a vlastní tíhy nikde na konstrukci nepřekračuje 50 MPa. Špičky napětí v místech hlavy šroubu jsou zapříčiněny náhradou hlavy šroubu 1D elementy, které jsou připojené na 3D elementy objemových těles a tahají za ně.

5.6.2. Simulace testování

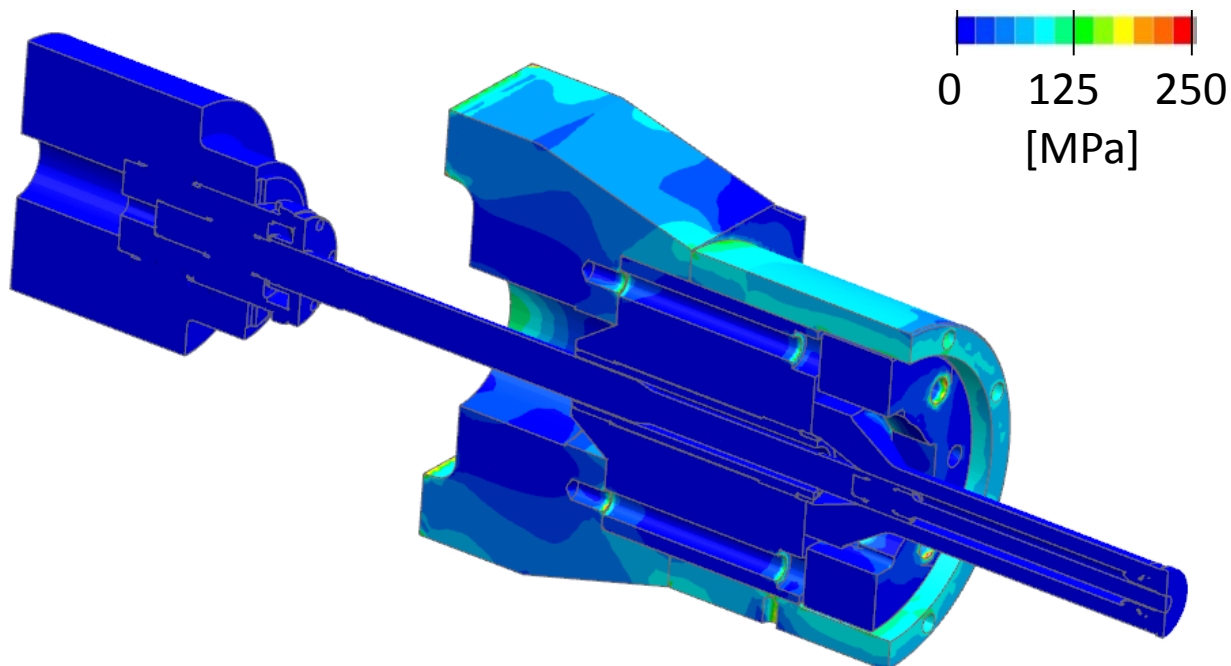
1. Řez sestavou

Stávající řešení



Obr. 41

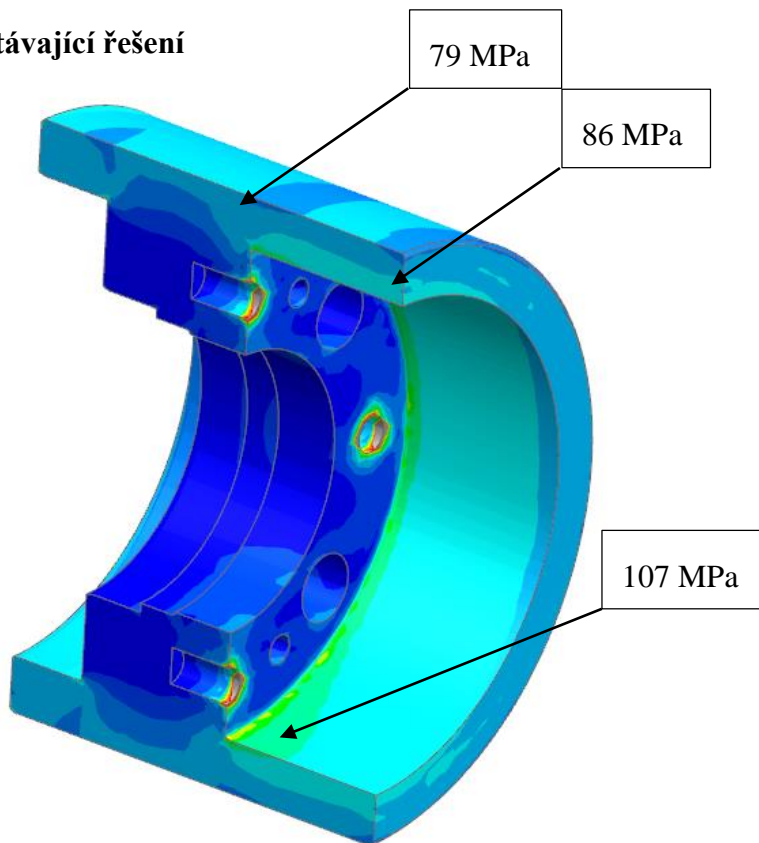
Nové řešení



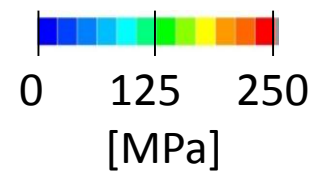
Obr. 42

2. Objímka - řez

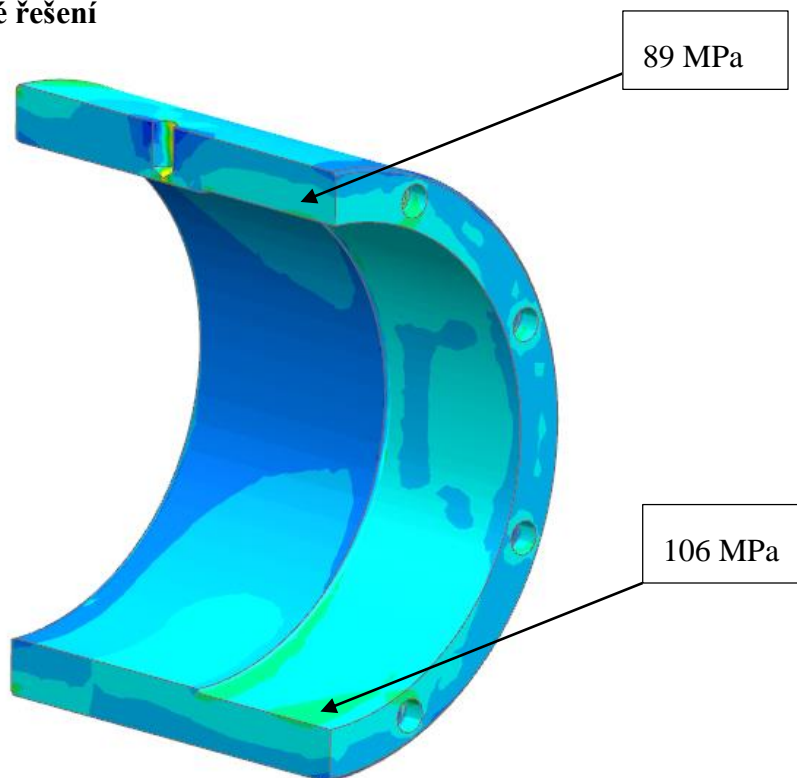
Stávající řešení



Obr. 43



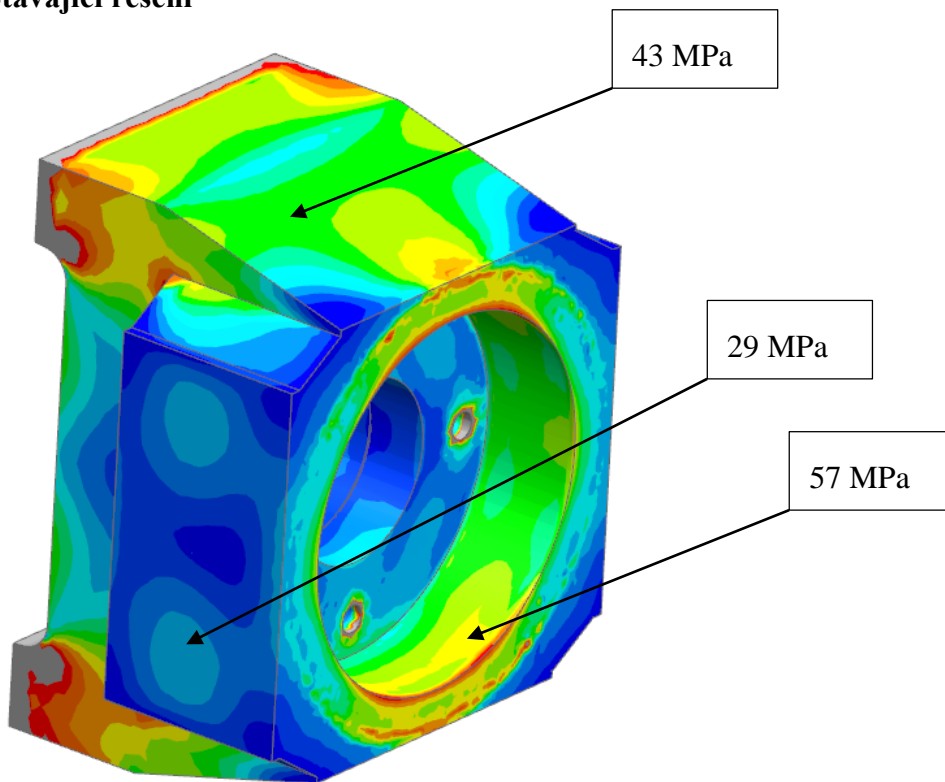
Nové řešení



Obr. 44

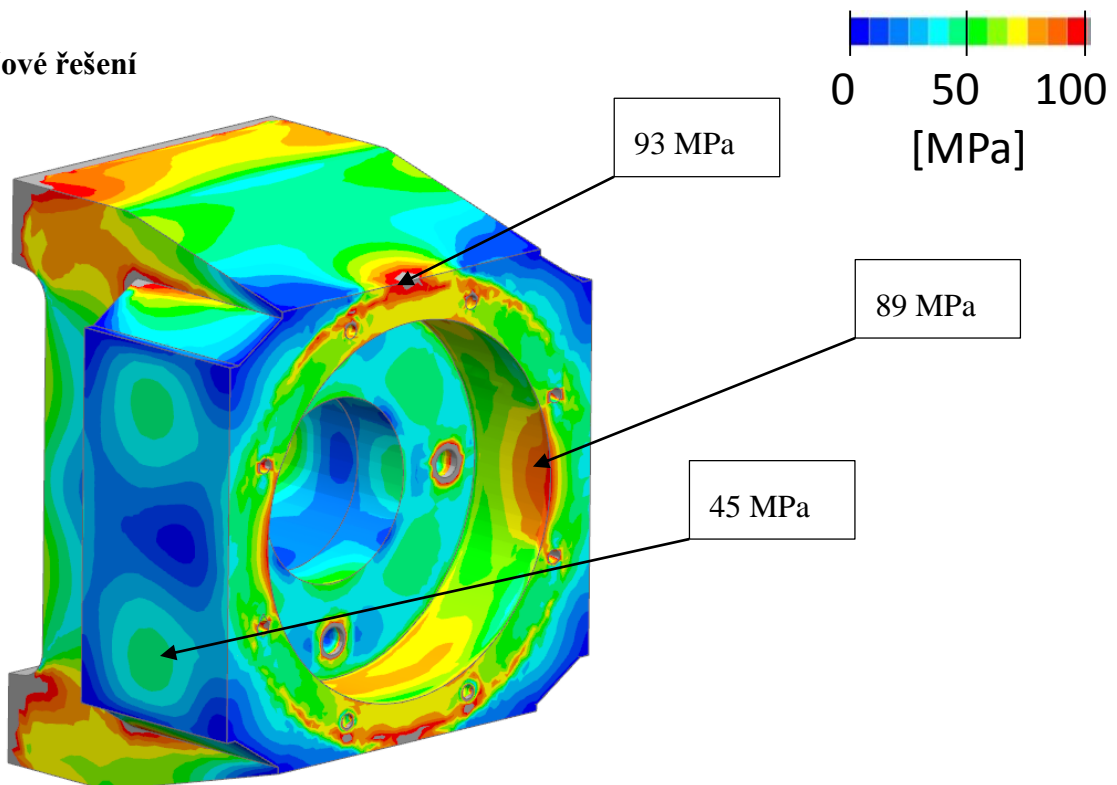
3. Lisovní traverza

Stávající řešení



Obr. 45

Nové řešení



Obr. 46

4. Hodnocení simulace testování

Z obrázku sestavy je zřejmé, že síla, která je přivedena na čelní plochu objímky, je dále přenášena přímo do lisovní traverzy. Na ostatních komponentách není patrný výrazný nárůst napětí.

Na samotné objímce stávajícího i nového řešení průběh napětí nepřekračuje hodnotu 110 MPa. Objímka je z materiálu ČSN 15 142 s $R_e = 450$ MPa. Proto lze konstatovat, že objímka nového řešení je pro tento typ zatížení v pořádku.

Lisovní traverza je odlitek, u něhož se předpokládá stejná životnost, jako je životnost lisu. Proto v ní nesmí vznikat napětí, které by výrazně překračovalo hodnotu 100 MPa. Z obrázku původního řešení je zřejmé, že hodnoty napětí v traverze se průměrně pohybují okolo 50 MPa.

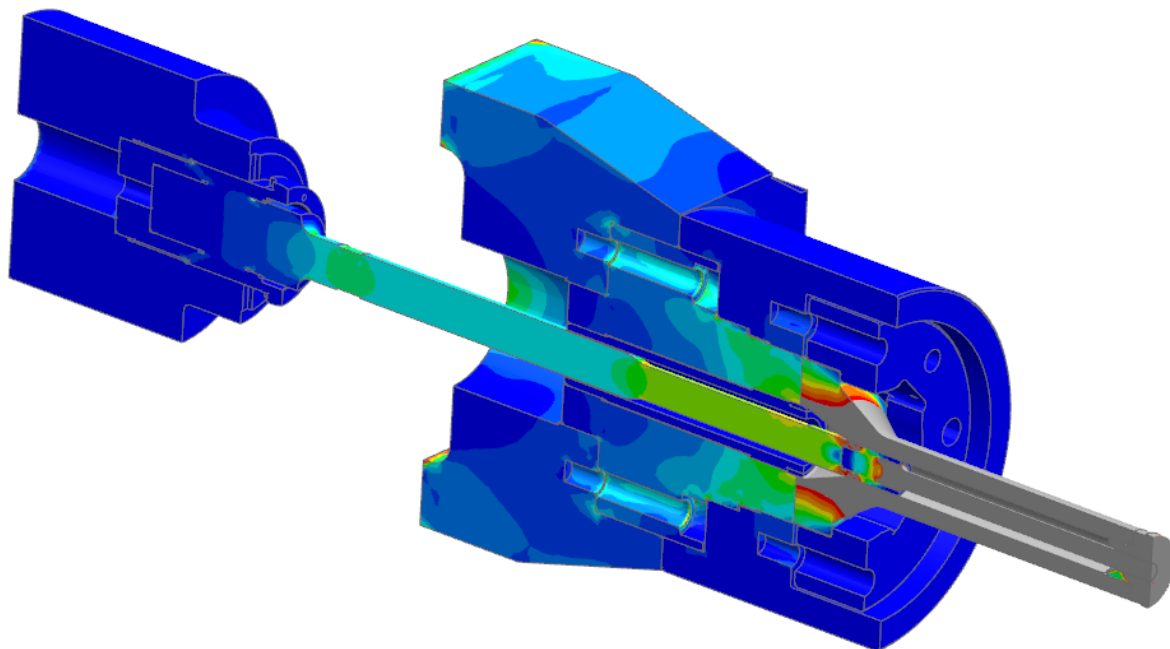
U obrázku nového řešení je patrný vliv zmenšení kontaktní plochy, kterou je objímka ve styku s traverzou. Napětí se v několika malých místech blíží hodnotě 100 MPa. Z globálního hlediska se však hodnota napětí pohybuje průměrně okolo 50 MPa. Proto lze i v tomto případě konstatovat, že lisovní traverza je vyhovující.

Šedá místa vznikající při obou simulacích v zadní části traverzy, jsou opět způsobeny tím, že na tyto plochy jsou přivedeny 1D prvky typu RBE3, které slouží k propojení s imaginárním bodem, přes který je traverza vetknuta.

5.6.3. Simulace lisování

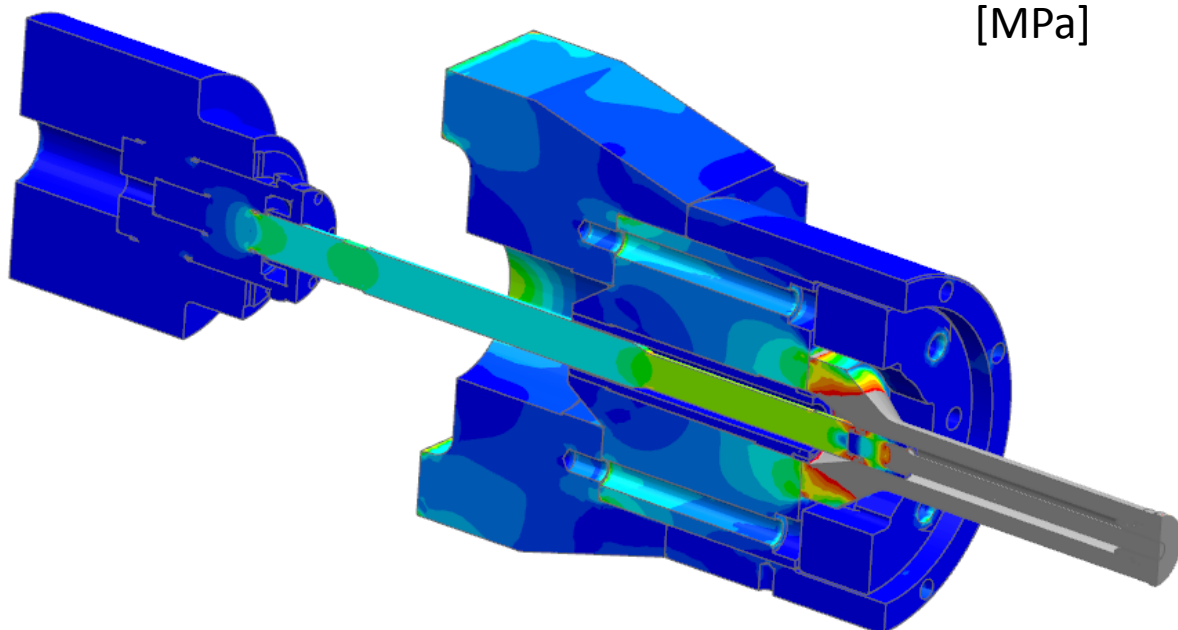
1. Řez sestavou

Stávající řešení



Obr. 47

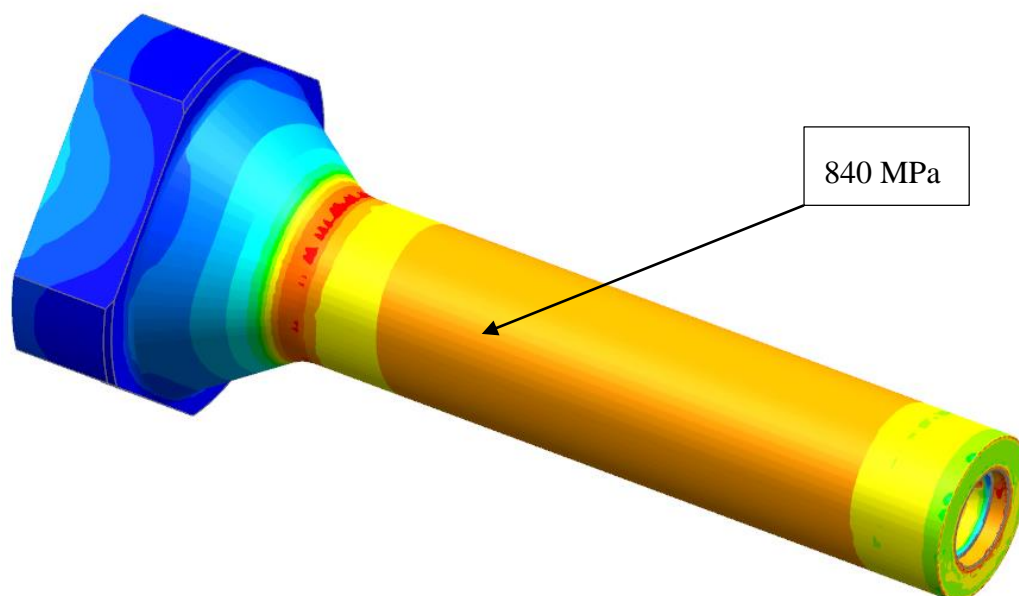
Nové řešení



Obr. 48

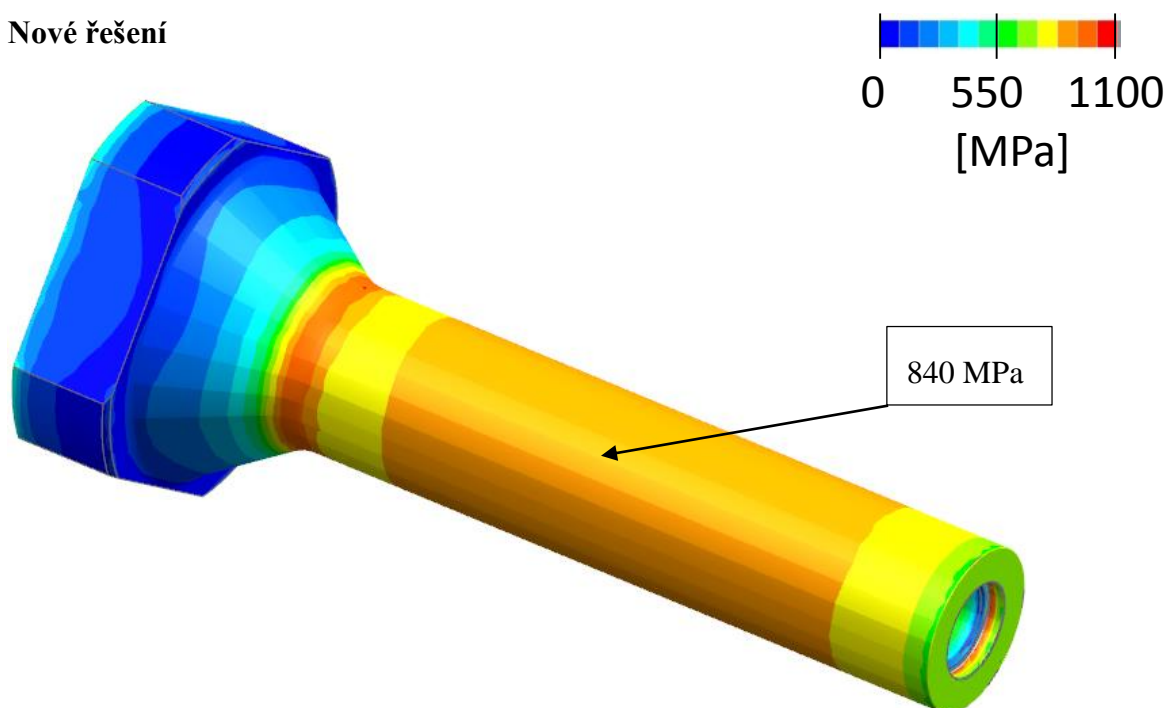
2. Razník

Stávající řešení



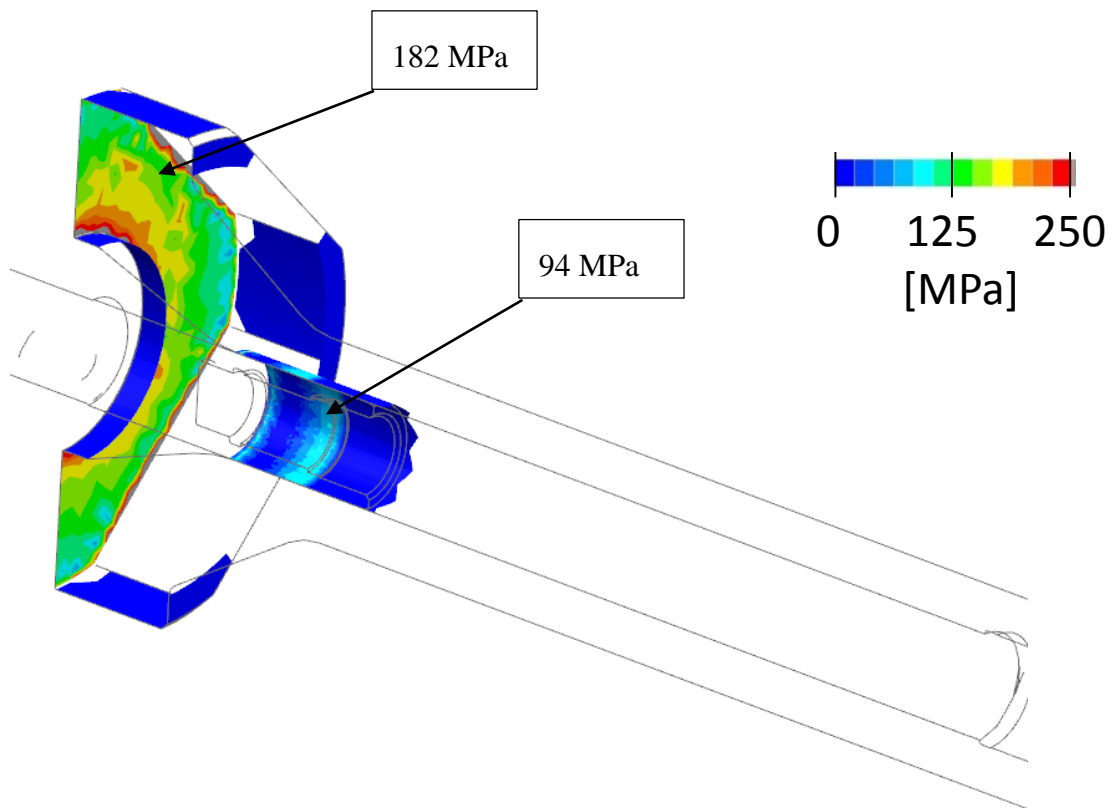
Obr. 49

Nové řešení



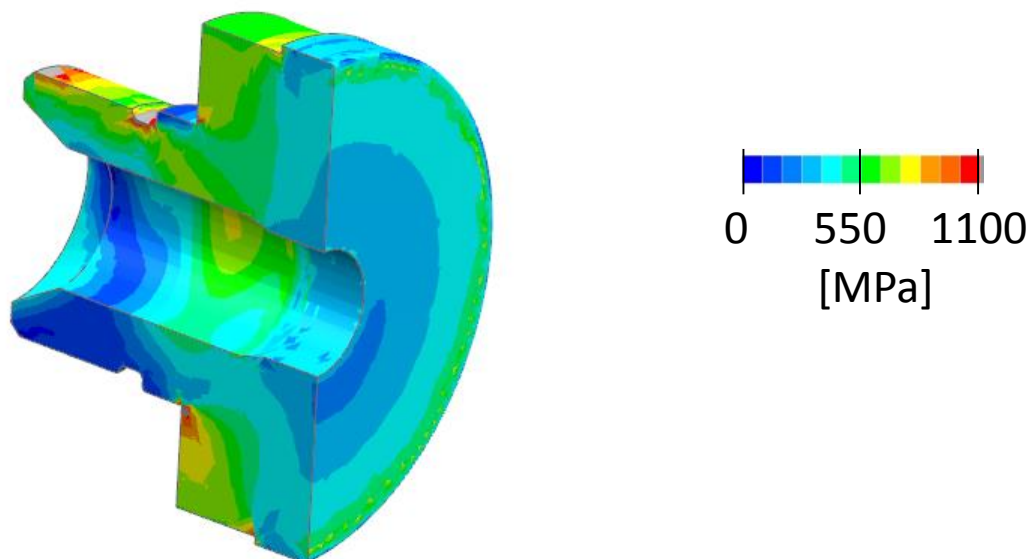
Obr. 50

3. Kontaktní tlak na razníku a přední části držáku děrovacího trnu



Obr. 51

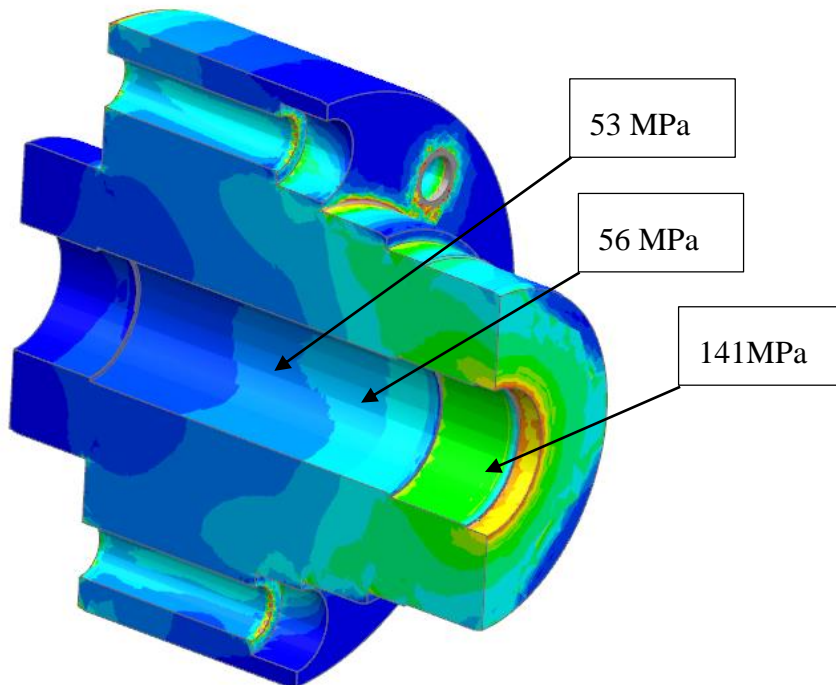
4. Špička – řez



Obr. 52

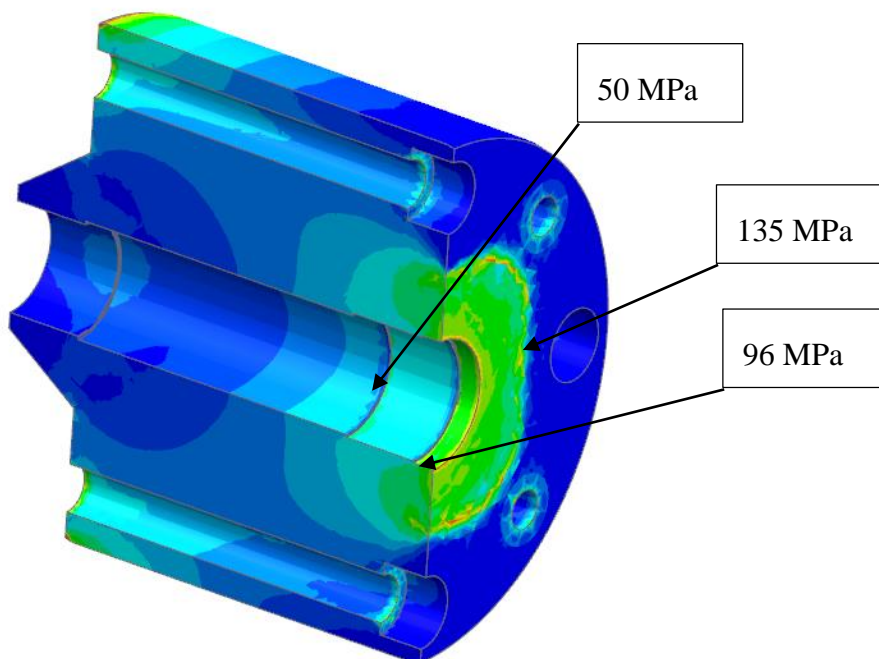
5. Nástavek - řez

Stávající řešení



Obr. 53

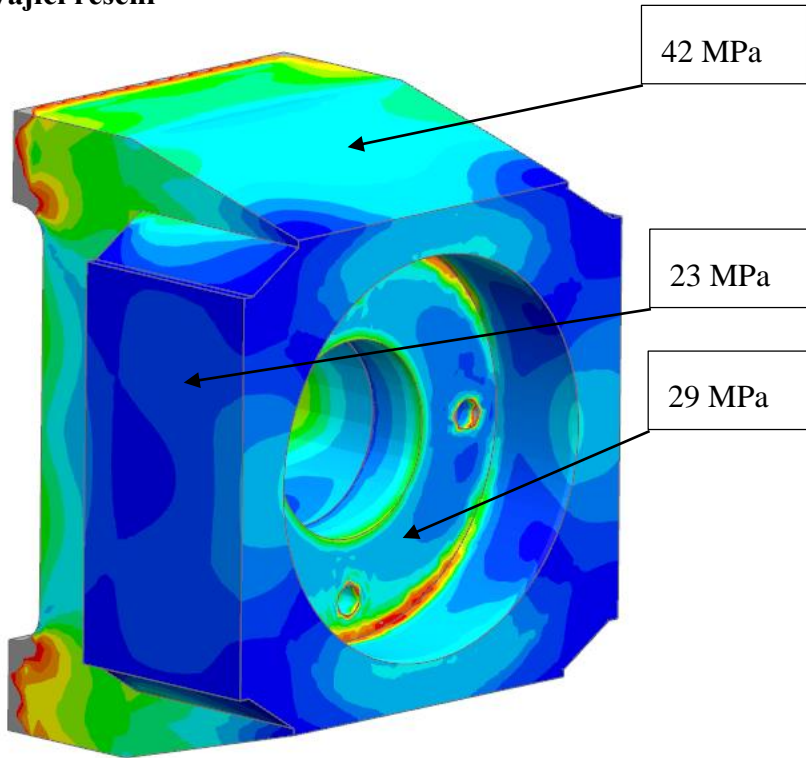
Nové řešení



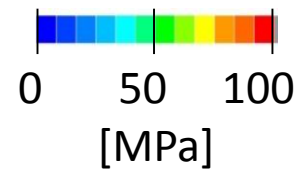
Obr. 54

6. Lisovní traverza – řez

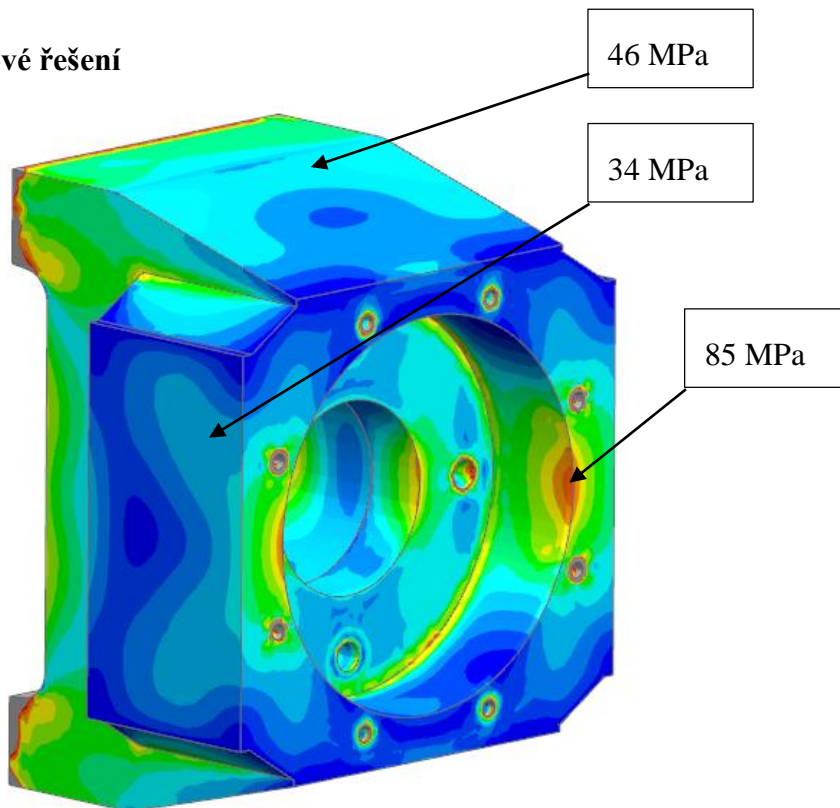
Stávající řešení



Obr. 55



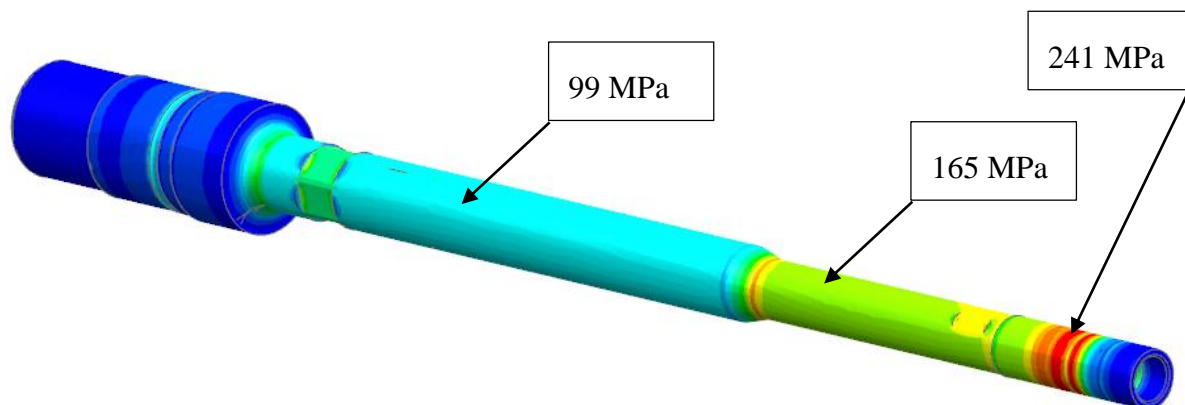
Nové řešení



Obr. 56

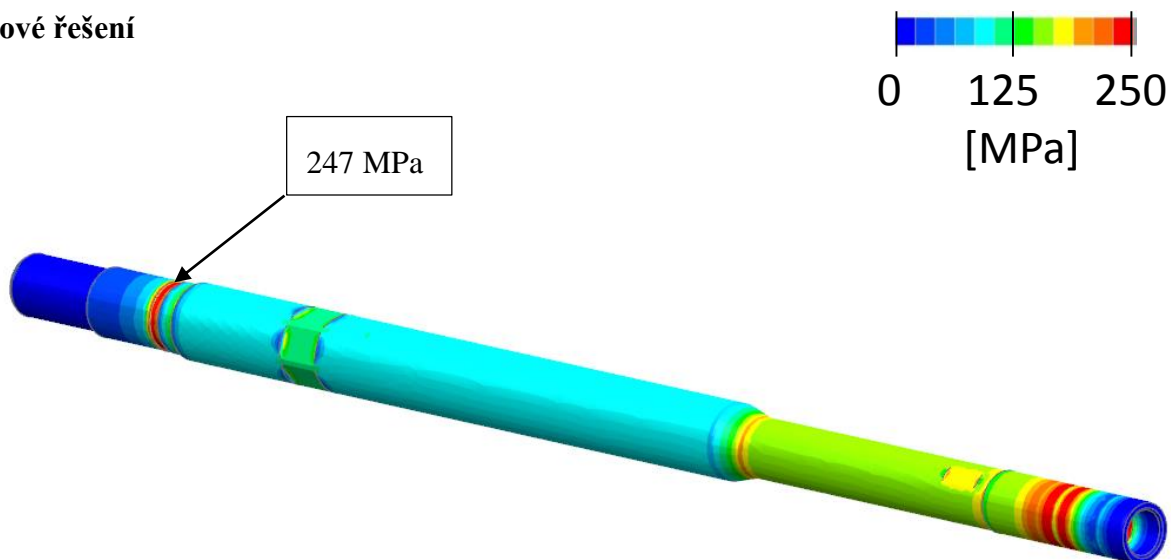
7. Držák děrovače

Stávající řešení



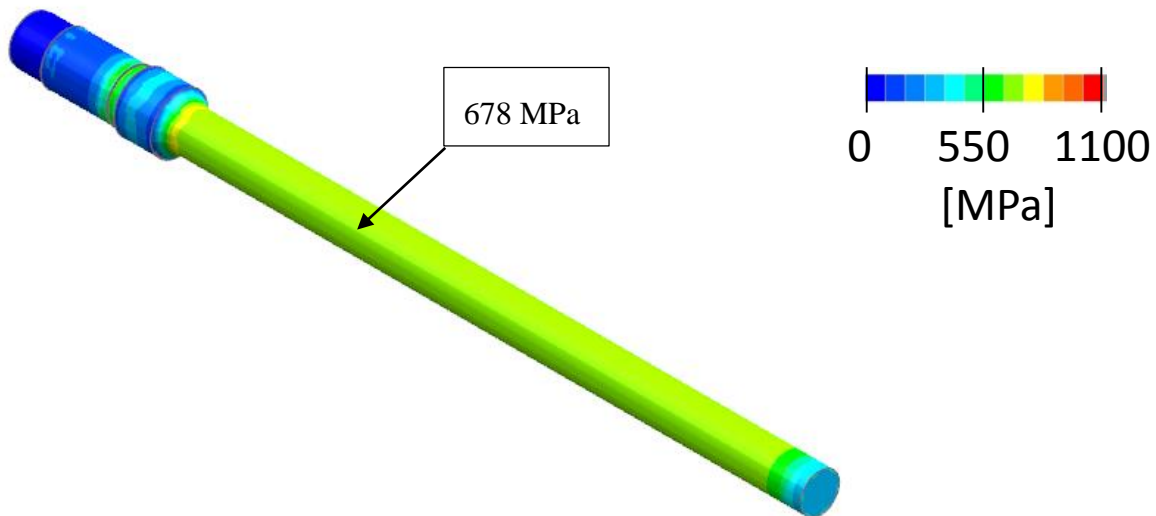
Obr. 57

Nové řešení



Obr. 58

8. Děrovací trn



Obr. 59

9. Hodnocení simulace lisování

Z obrázku č. 45 a 46 - řez hlavní sestavou je patrné, že v obou případech je tlak od lisovaného materiálu přenášen přes razník do nástavku, a poté do lisovní traverzy. Částečně je však přenášen i přes děrovací trn do držáku trnu a dále do děrovací traverzy, kde už je ale jeho vliv zanedbatelný.

Průběh napětí v razníku je pro oba případy téměř totožný. Je to způsobeno tím, že razník zůstal i v novém provedení beze změn. Napětí v nejužší části mezikruží je 840 MPa. To je o necelých 60 MPa méně než bylo předpokládáno po analytickém výpočtu v kapitole 4.2.

Na obr. 49 je zobrazen kontaktní tlak mezi razníkem a držákem děrovacího trnu. Razník prakticky svírá držák a vnáší do něj další přidružené napětí v rovině kolmé na osu lisu.

Nástavek je v obou případech nejvíce namáhán v místě, kde je do něj opřený razník. Zde se napětí pohybuje okolo 135 MPa. V novém provedení je v tomto místě nástavek zesílen. Nástavek je z materiálu ČSN 12 050 s mezí kluzu $R_e = 350$ MPa.

Napětí v lisovní traverze nového provedení je opět v několika místech vyšší než na stávajícím řešení. Nikde však nepřekračuje hodnotu 100 MPa.

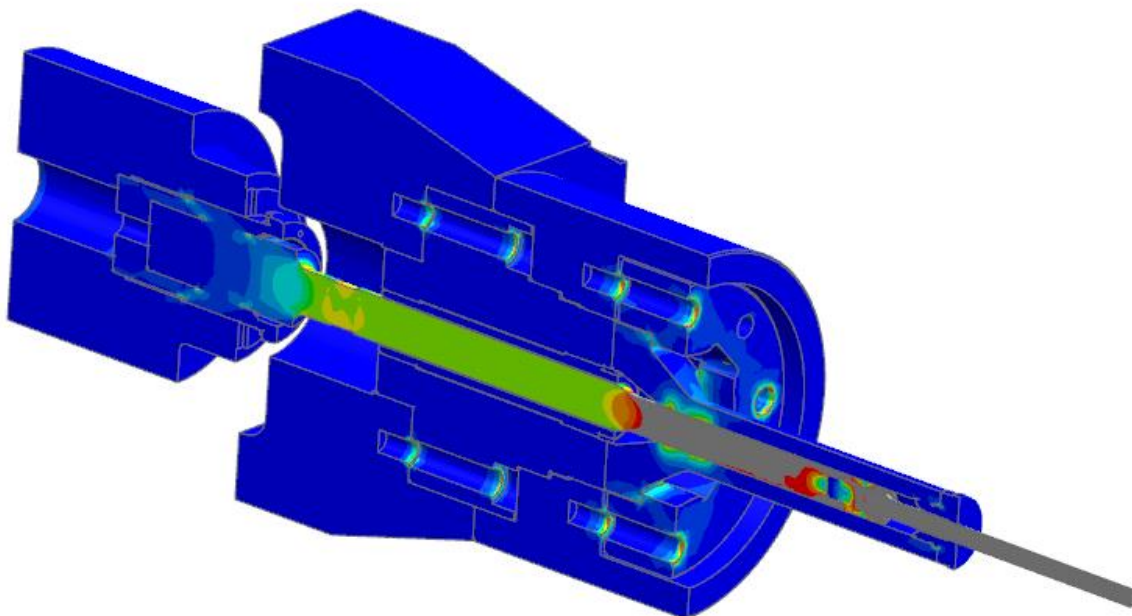
Průběh napětí v držáku děrovače je v obou případech téměř totožný. Maximální hodnota 241 MPa je v místě, kde je držák sevřen razníkem. V novém provedení je navíc patrný nárůst napětí v místě odsazení pro závit – 247 MPa. Držák děrovacího trnu je vyroben z materiálu ČSN 15 241, $R_e = 550$ MPa.

Děrovací trn je pro obě varianty totožný. Napětí v jeho nejužší části je 678 MPa. Trn je vyroben ze stejného materiálu jako razník. Jeho mez kluzu je tedy $R_e = 1100$ MPa.

5.6.4. Simulace stříhání

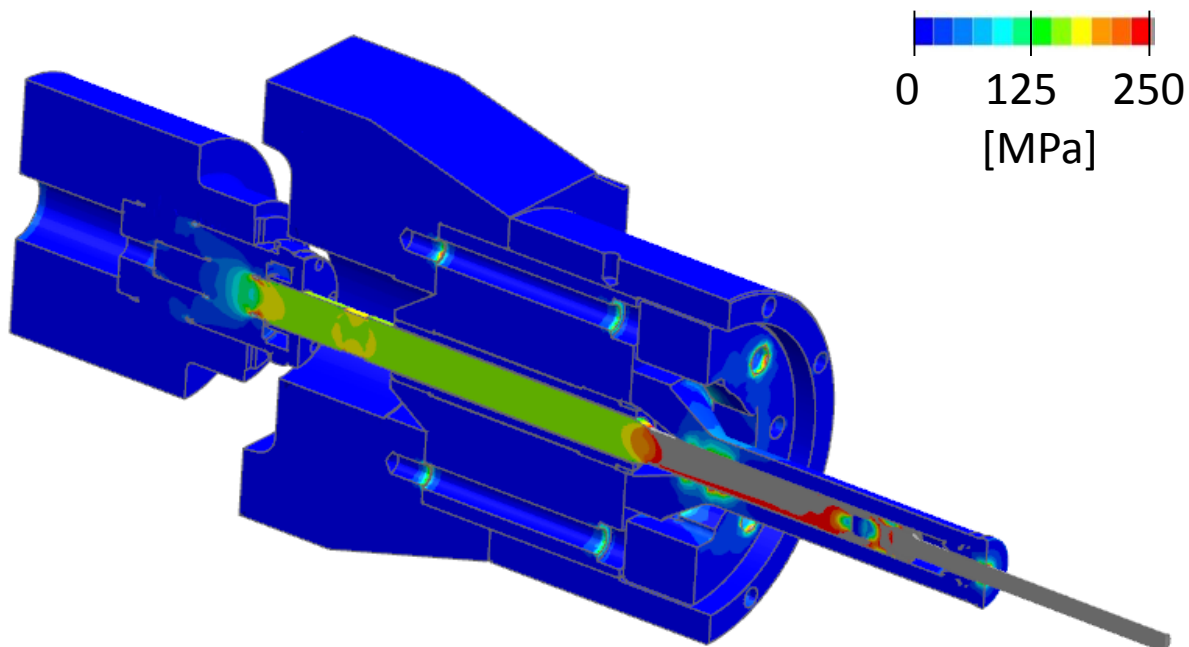
1. Řez sestavou

Stávající řešení



Obr. 60

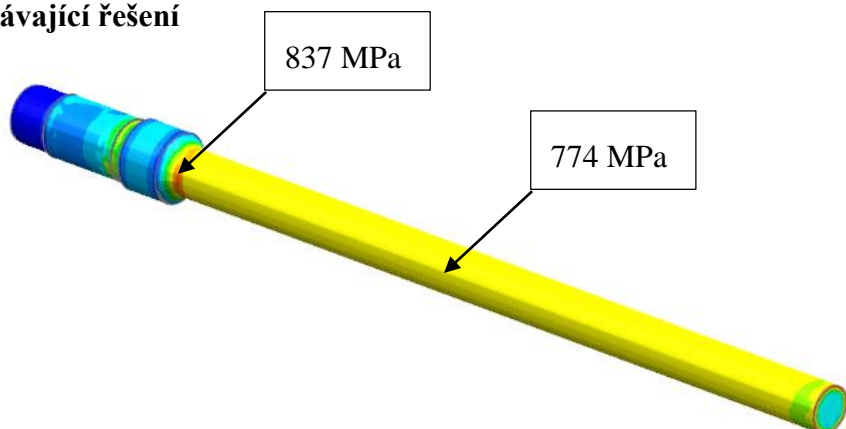
Nové řešení



Obr. 61

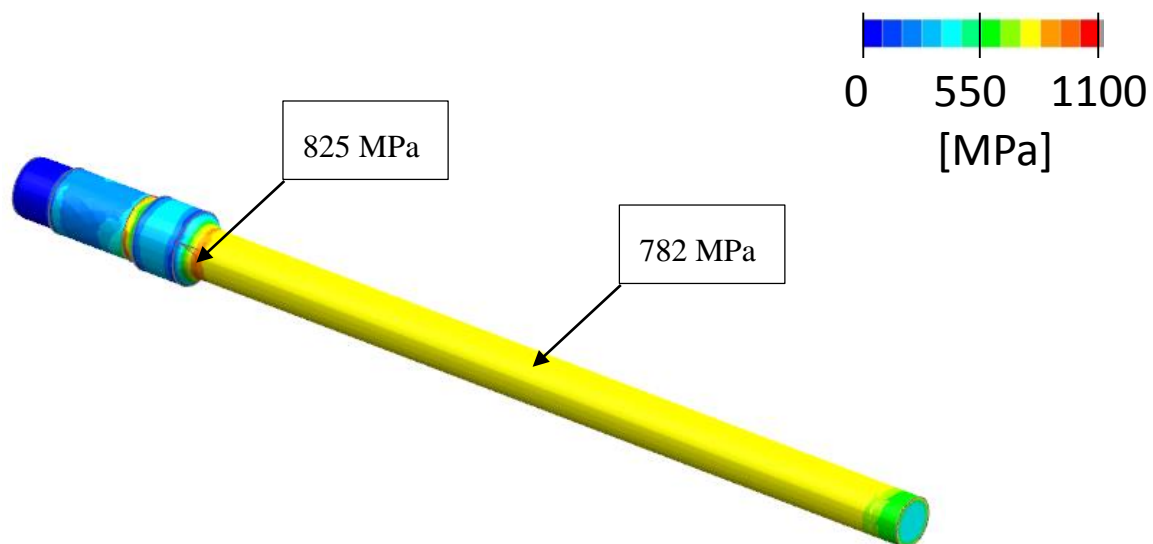
2. Děrovací trn

Stávající řešení



Obr. 62

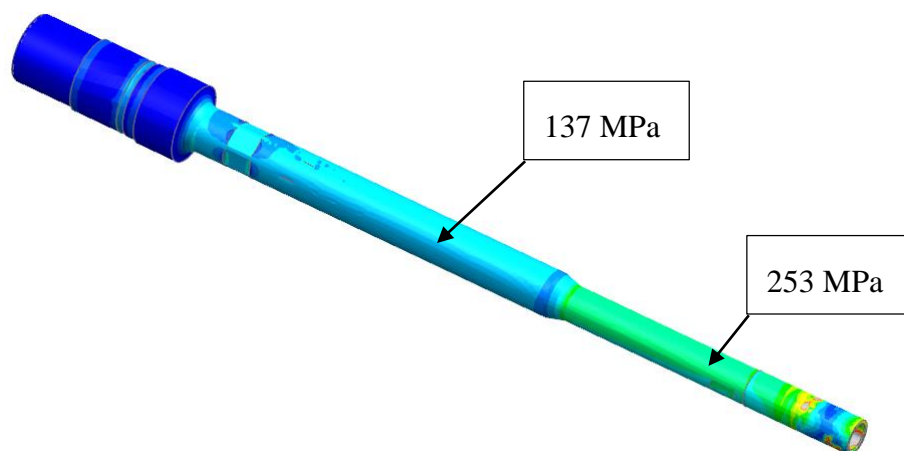
Nové řešení



Obr. 63

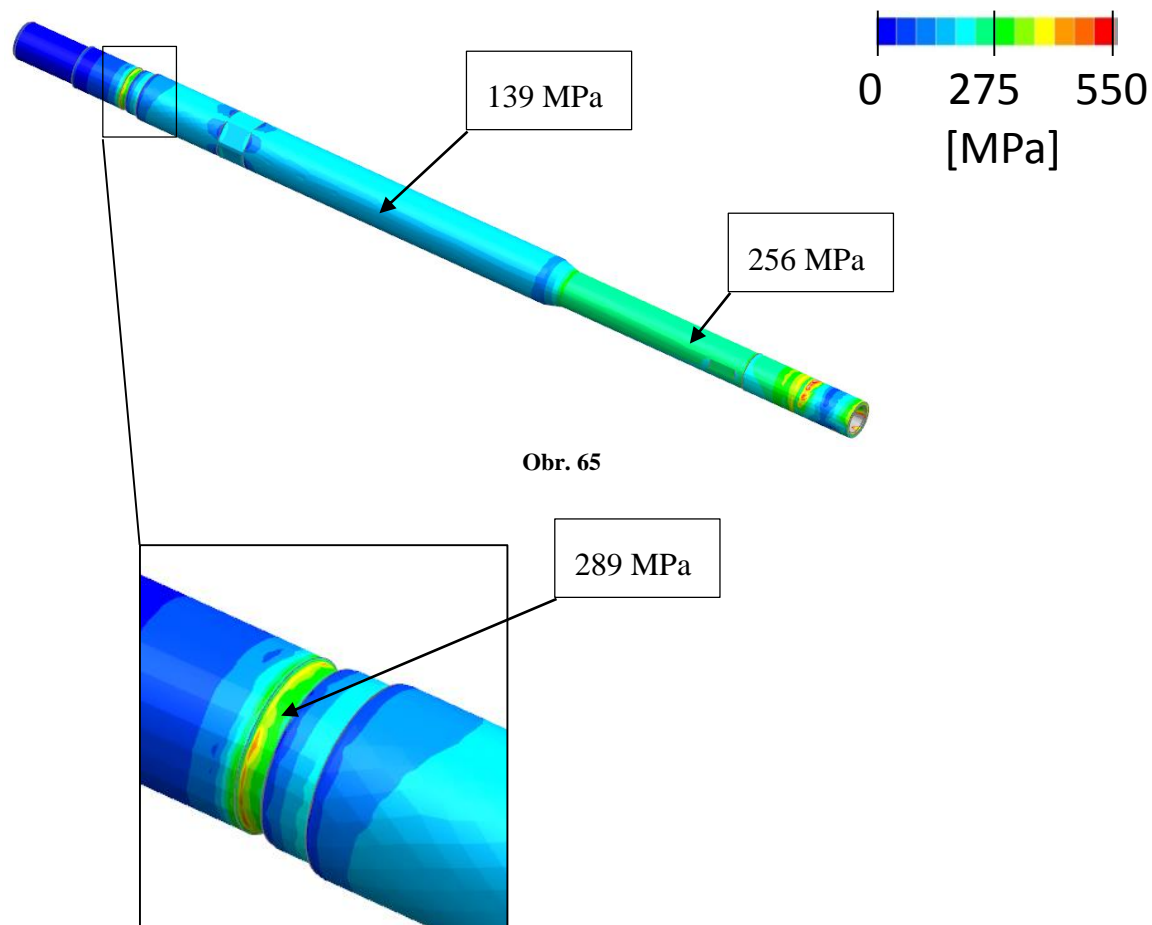
3. Držák děrovacího trnu

Stávající řešení



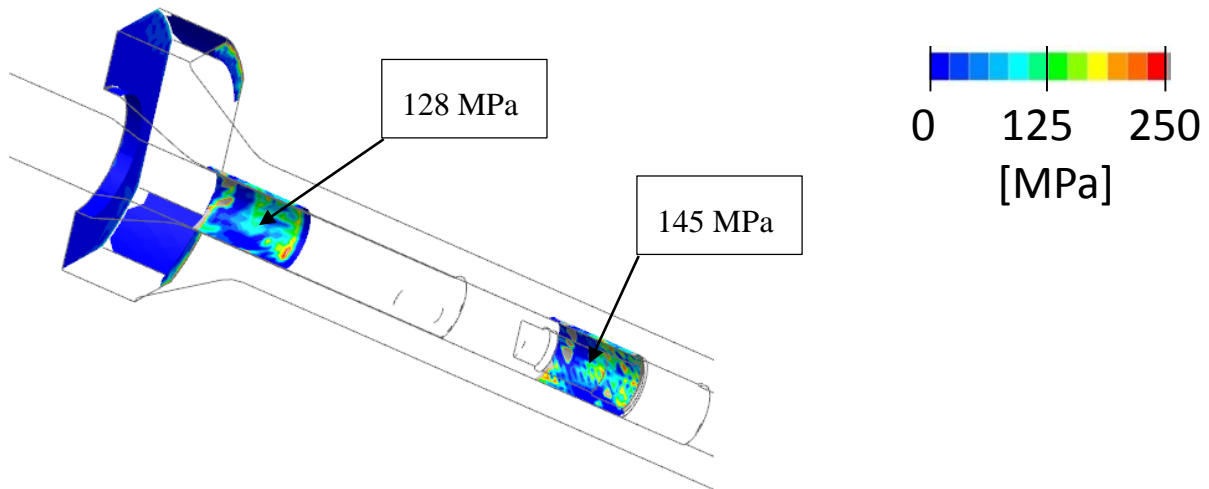
Obr. 64

Nové řešení



Obr. 65

4. Kontaktní tlak mezi držákem trnu a razníkem



Obr. 66

5. Hodnocení simulace stříhání

Zatížení je přenášeno z děrovacího trnu do držáku děrovacího trnu a následně do děrovací traverzy, kde už je ale rozloženo do velkého průřezu, a jeho vliv zde je tedy minimální.

Průběh napětí na děrovacím trnu je v případě původního i nového řešení téměř totožný, neboť se jedná o stejné komponenty.

Napětí v přední části se pohybuje okolo hodnoty 780 MPa. V přechodovém rádiu je patrný nárůst napětí na hodnotu 830 MPa. Děrovací trn je z materiálu o mezi kluzu $R_e = 1100$ MPa.

Průběh napětí na držáku děrovacího trnu je opět téměř shodný. V jeho nejužší části se hodnota napětí pohybuje okolo 250 MPa. U optimalizované varianty byl stejně jako při simulaci lisování zaznamenán nárůst napětí v jeho zadní části. Držák je z materiálu o mezi kluzu $R_e = 550$ MPa, a proto i v tomto případě lze konstatovat, že to místo není hrozbou. V obou případech byly objeveny v místě závitů pro děrovací trn malé úseky, kde napětí překračuje stanovenou mez. Na vině je zřejmě nevhodně zvolená velikost elementu v místě spojený sítě. Tato nepřesnost se projevila i na obrázku 66 - kontaktní tlak, kde je patrné nehomogenní rozložení napětí.

6. Závěr

V první části práce byla provedena rešerše na téma vytlačovací lisy. Další část byla věnována již samotnému vytlačovacímu lisu CXB 12,5 MN firmy TS Plzeň a.s. Byly popsány jednotlivé části lisu. Část práce byla rovněž věnována popisu funkce lisu a celého lisovacího komplexu. Dále byla analyzována výměna nástrojů a kontejneru a odhaleno slabé místo konstrukce při této výměně. V této části byly rovněž definovány dílčí požadavky na novou konstrukci.

Poté byly vypracovány dvě konstrukční varianty pro optimalizaci výměny nástrojů. Tyto varianty jsou popsány v kapitole 4. Po konzultaci se zadavatelem byla zvolená varianta podrobena numerickému výpočtu v programu Siemens NX. Tato varianta byla dále konfrontována s numerickým výpočtem původního řešení. K ověření nového i stávajícího řešení byly použity 4 zátěžové stavy.

Dále byly provedeny i výpočty pro novou variantu v konfiguraci s razníkem 125 mm a 95 mm. Výsledky z této analýzy jsou uvedeny v příloze. Ze všech numerických výpočtů vyplynulo, že nové konstrukční řešení nikde výrazně nevykazuje zvýšené hodnoty napětí, a proto lze konstatovat, že nové řešení je v pořádku.

Nové řešení urychluje výměnu nástrojů na vytlačovacím lisu a zároveň byl i zachován maximální počet shodných dílů. Z úprav, které byly provedeny, lze konstatovat, že výroba těchto dílů nebude dražší než výroba stávajících dílů.

V příloze práce je vypracovaná výrobní dokumentace nových částí lisu.

Z výše uvedeného lze konstatovat, že cíle práce uvedené v úvodu a požadavky na novou konstrukci definované v kapitole 4. 1. byly splněny.

7. Seznam použitých zdrojů

Knižní publikace:

- [1] KOVÁČ, A., JENKUT, M.: *Tvárníacie stroje*. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1978
- [2] KAMELANDER, I.: *Tvářecí stroje I*. Brno: VUT, 1989
- [3] STANĚK, J.: *Základy stavby výrobních strojů - Tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU v Plzni, 2001
- [4] RUDOLF, B., KOPECKÝ, M.: *Tvářecí stroje*. Praha: SNTL, 1985
- [5] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.: *Průručka strojního inženýra 1*. Praha: ComputerPress, 1999
- [6] LEINVEBER, J. VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 2.vyd. Úvaly: Albra, 2005

Internetové zdroje:

- [7] <http://www.tsplzen.cz/>
- [8] <http://petr-janda.eu/numericke-analyzy/numericcka-analyza-nx-postup>

Ostatní zdroje:

- [9] TS Plzeň a.s.: *Technické podmínky lisovacího komplexu CXB 12,5 M*. Plzeň: 2012
- [10] Výkresy lisu CXB 12,5 MN poskytnuté firmou TS Plzeň a.s.

8. Seznam použitého software

Siemens NX 10

Autodesk Inventor Professional 2014

Autocad Mechanical 2010

Microsoft Office

Gimp 2

9. Seznam vevázaných příloh

Příloha č. 1 – výsledky numerické analýzy nového řešení při použití razníku 125 mm

Příloha č. 2 – výsledky numerické analýzy nového řešení při použití razníku 95 mm

10. Seznam volně vložených příloh

Výkres sestavy plunžrové traverzy

Výrobní výkres držáku děrovacího trnu

Výrobní výkres nástavku

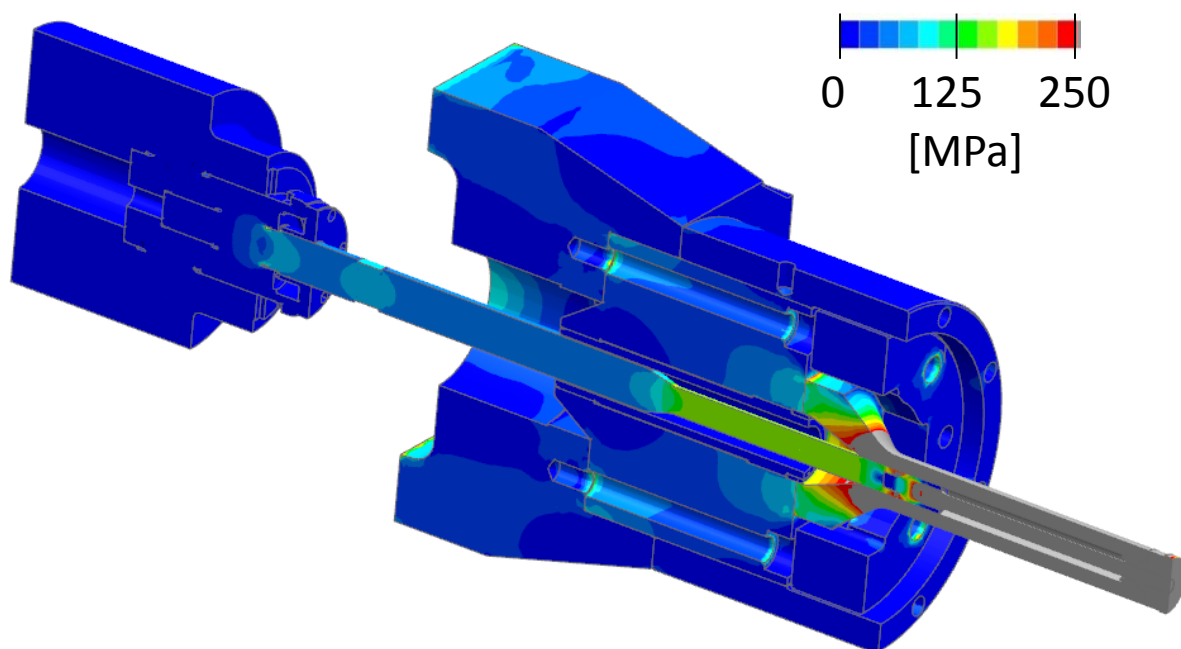
Výrobní výkres objímky

Příloha č. 1

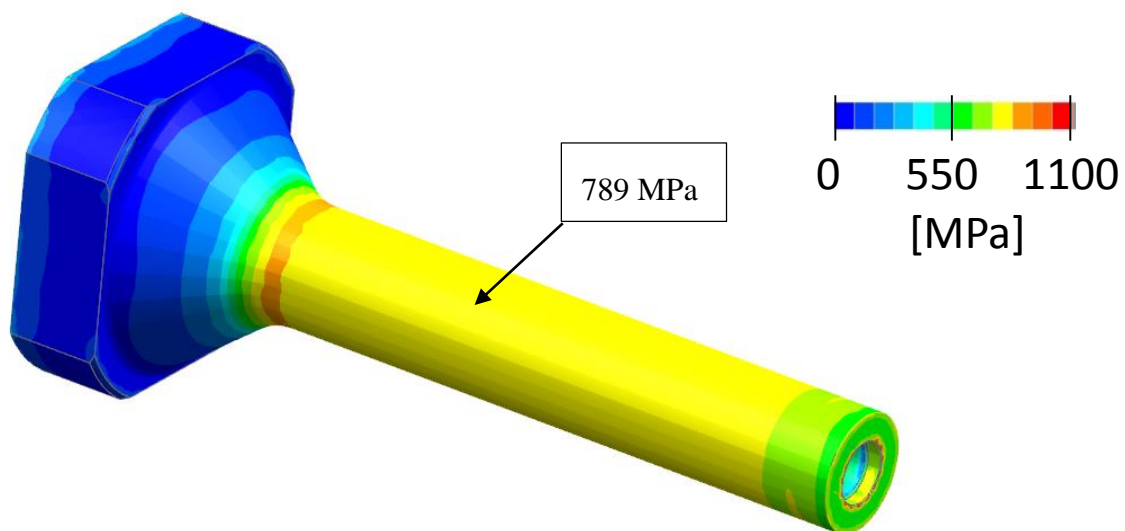
Výsledky MKP nového řešení při použití razníku 125 mm

11. Simulace lisování

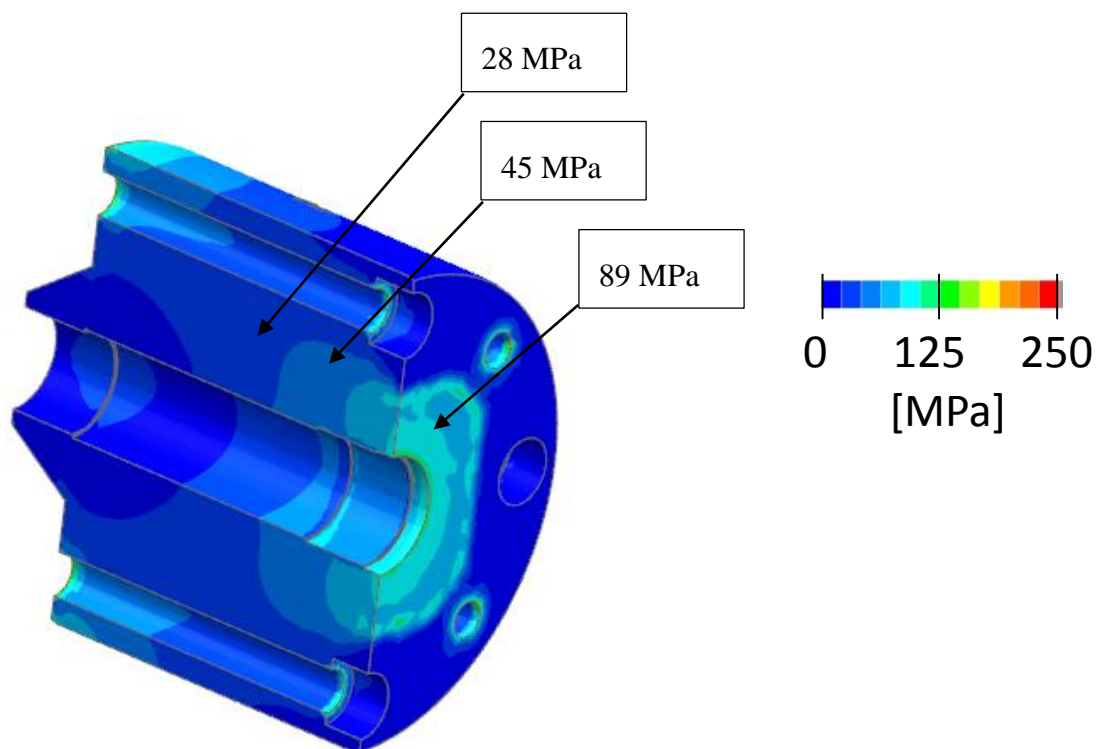
1.1. Řez sestavou



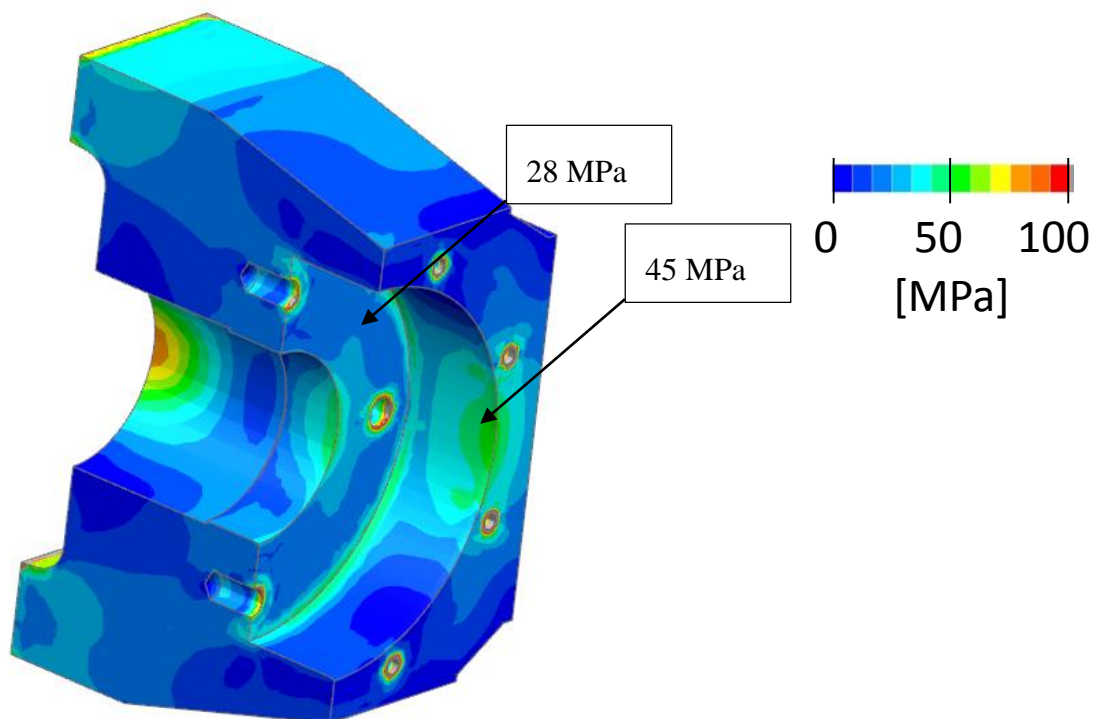
1.2. Razník



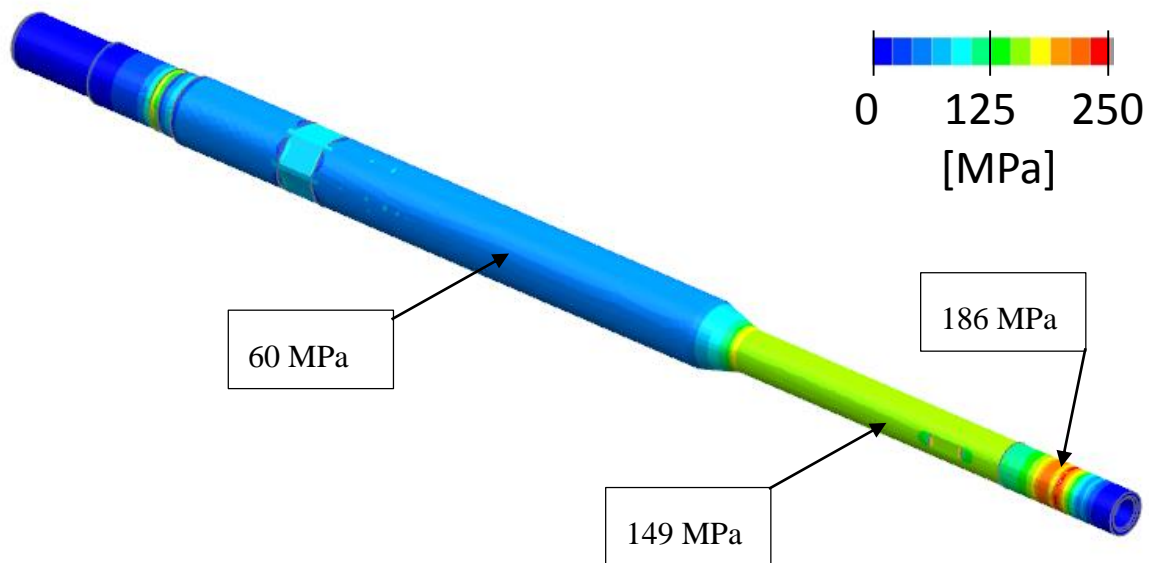
1.3. Nástavek



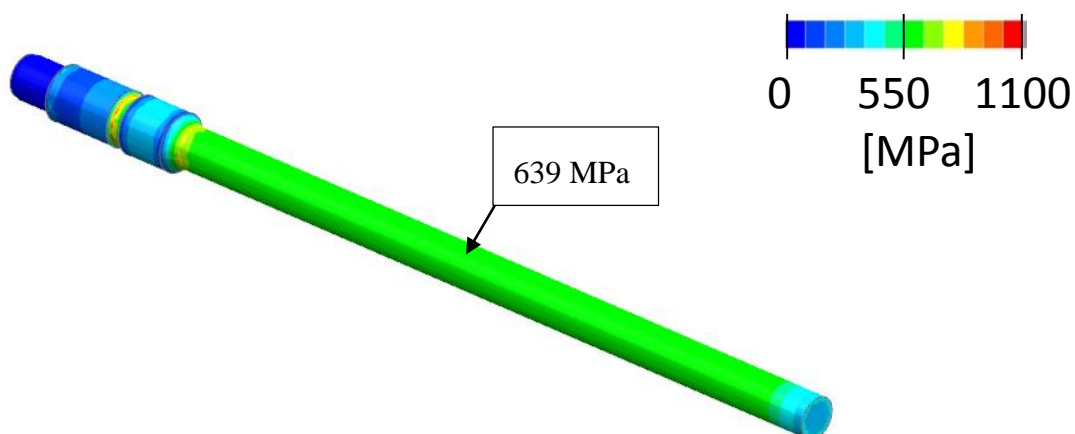
1.4. Traverza



1.5. Držák děrovacího trnu

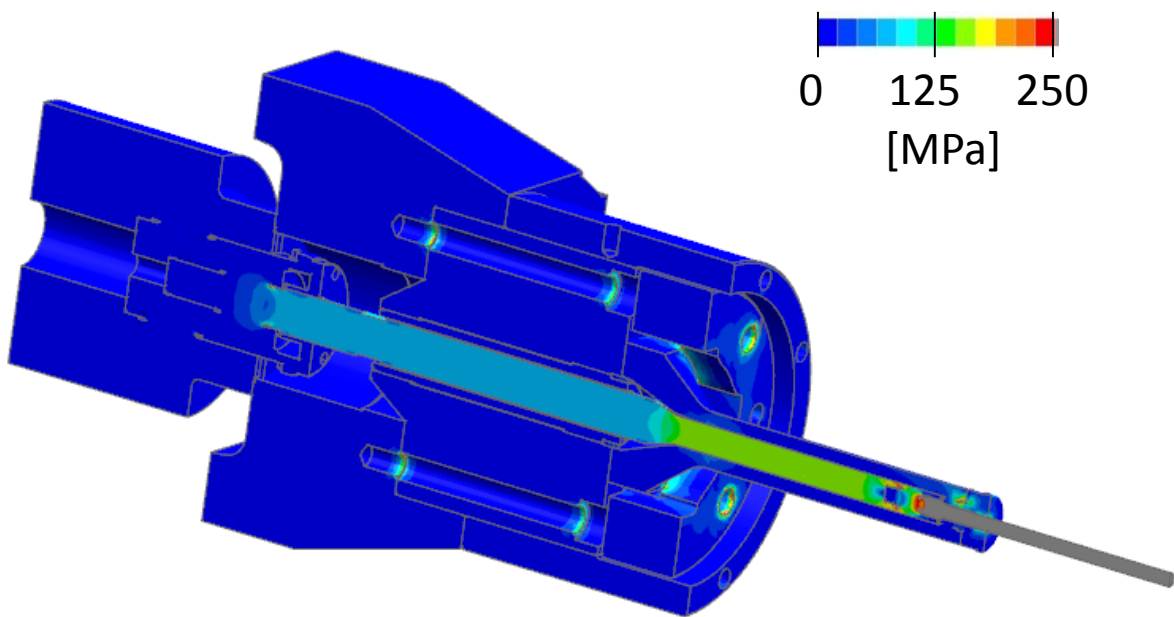


1.6. Děrovací trn

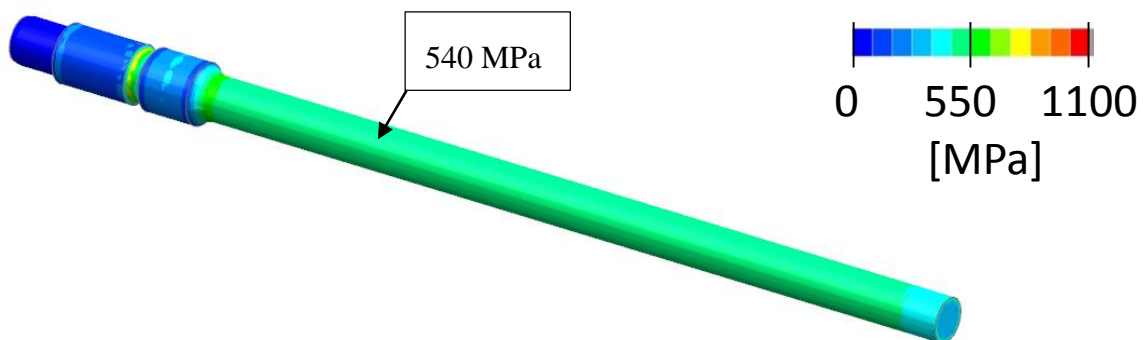


12. Simulace stříhání

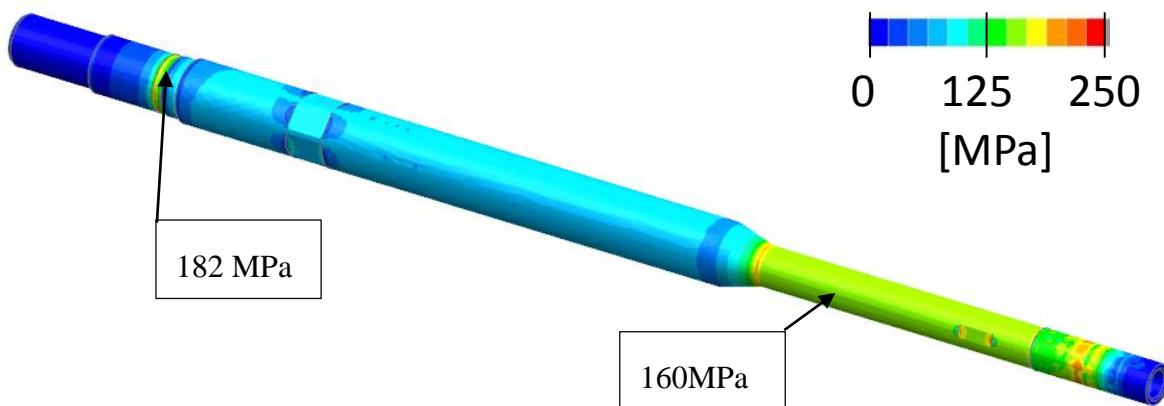
1.7. Řez sestavou



1.8. Děrovací trn



1.9. Držák děrovacího trnu

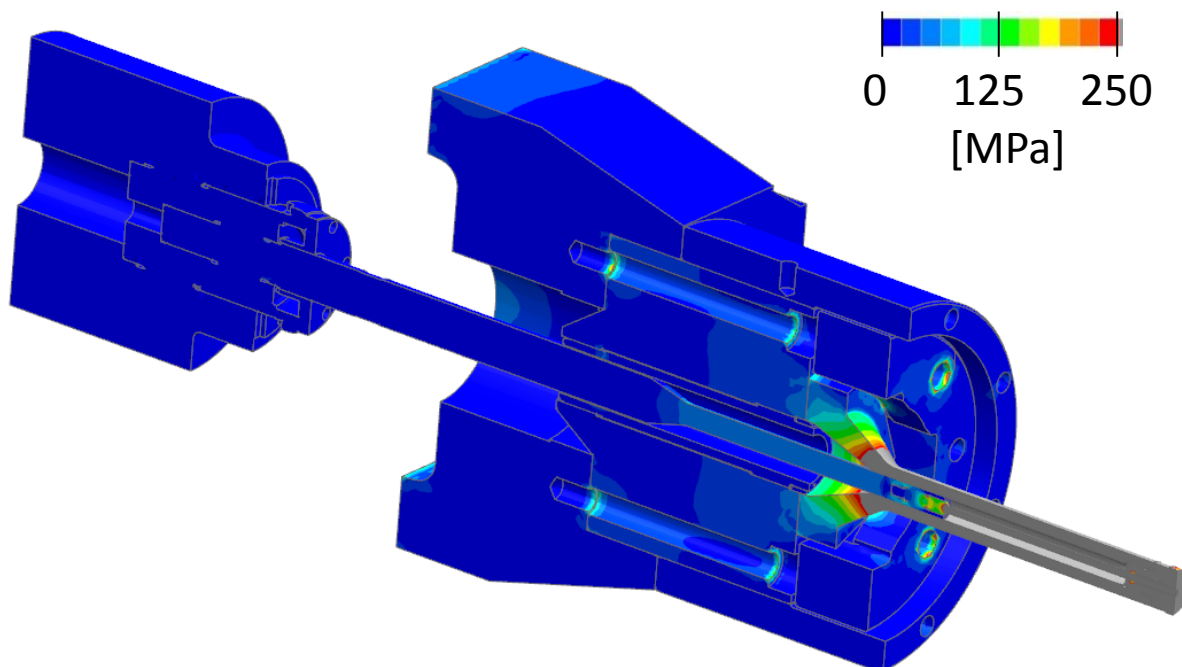


Příloha č. 2

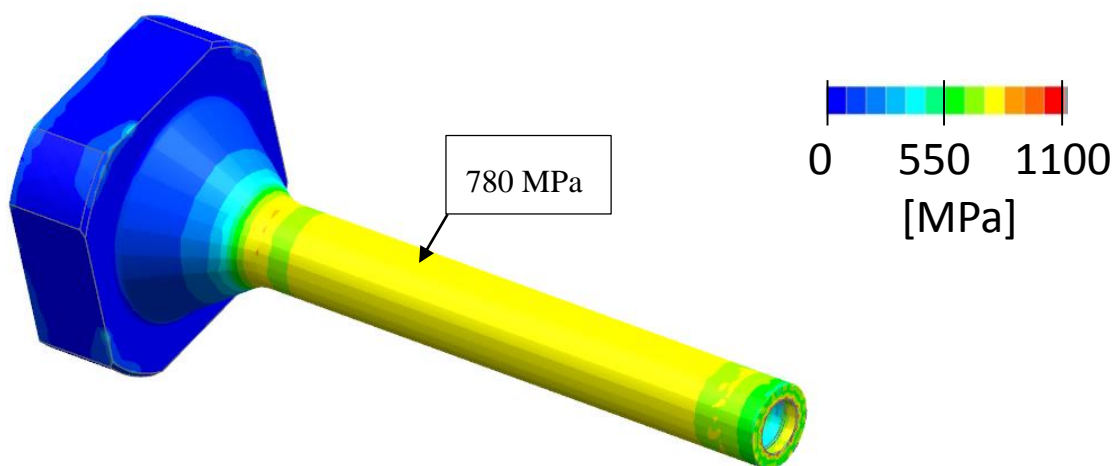
Výsledky MKP nového řešení při použití razníku 95 mm

1. Simulace lisování

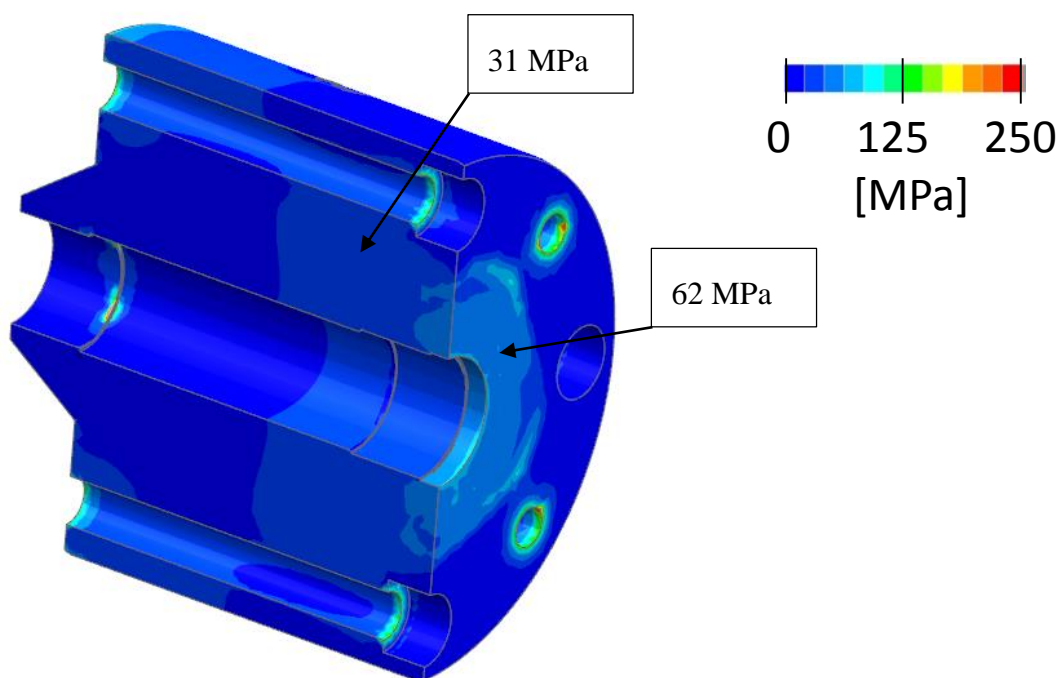
1.1. Řez traverzou



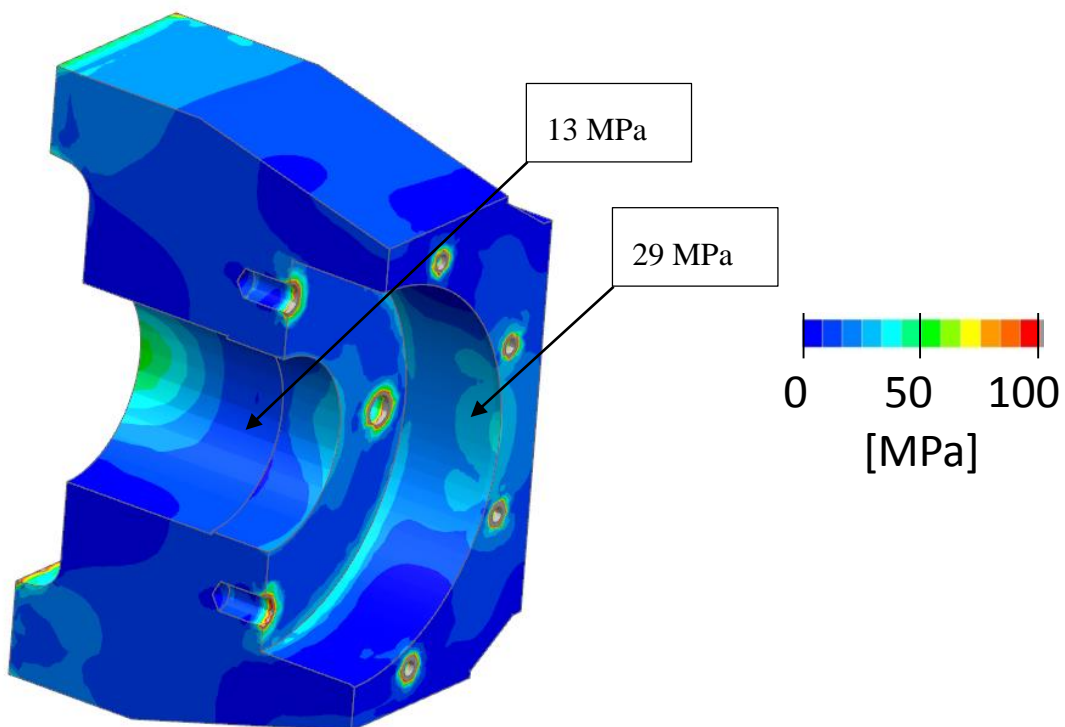
1.2. Razník



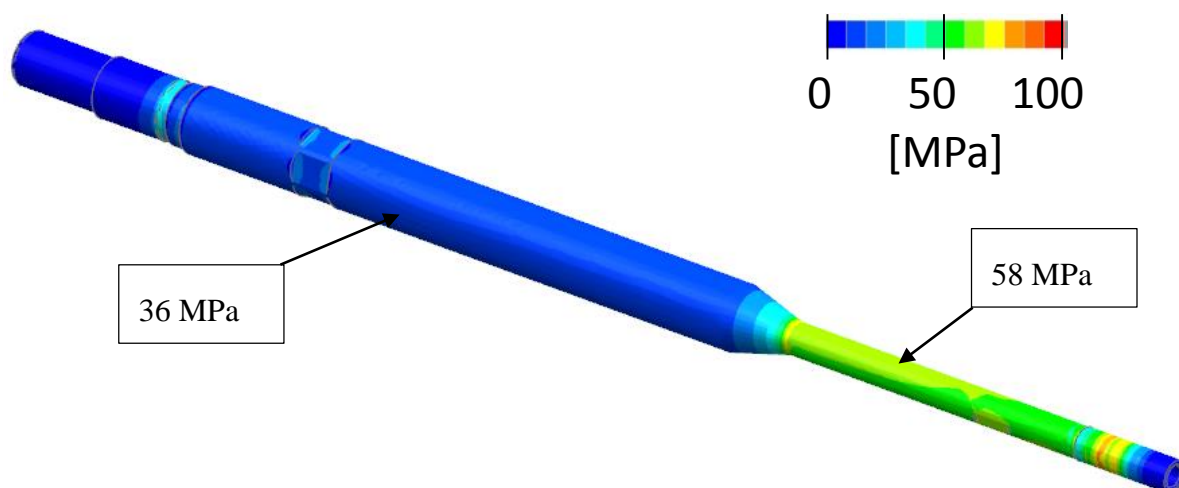
1.3. Nástavek



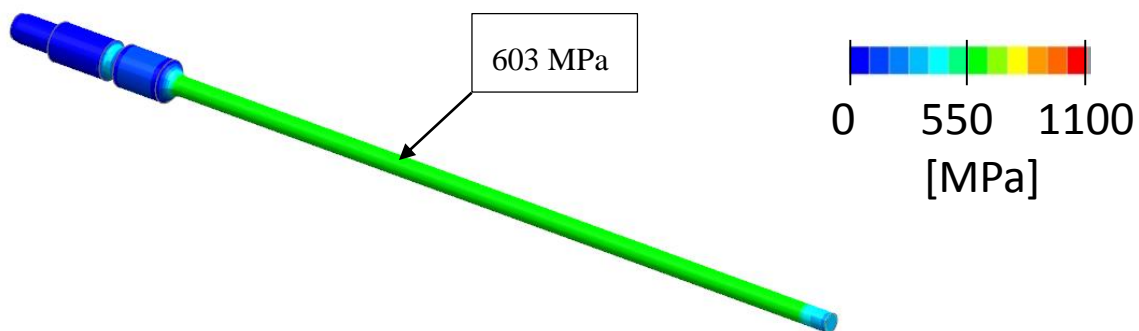
1.4. Traverza



1.5. Držák děrovacího trnu

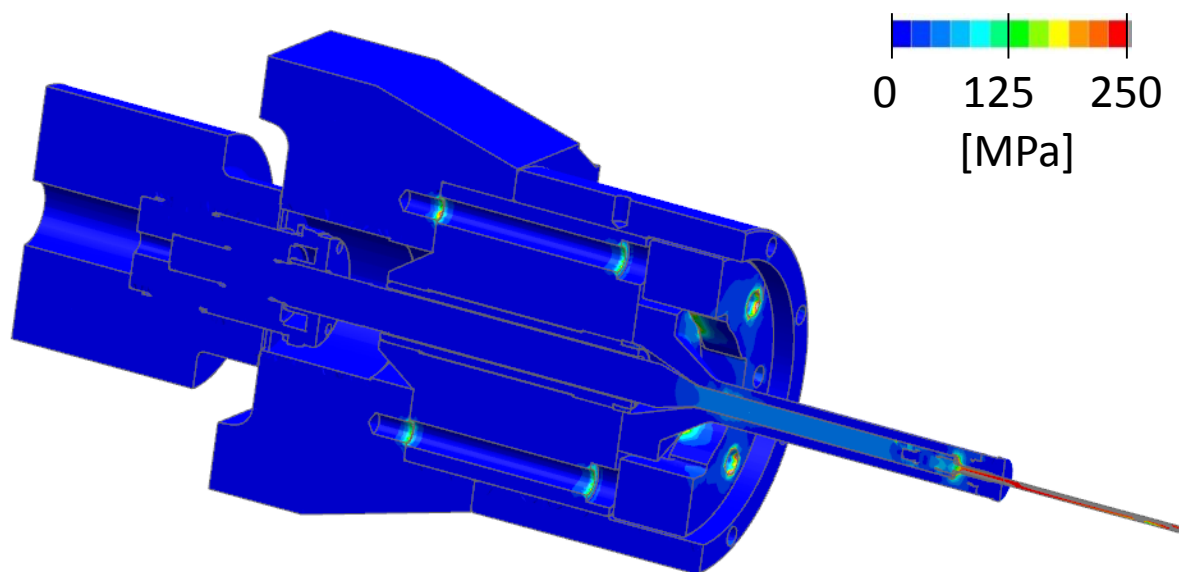


1.6. Děrovací trn

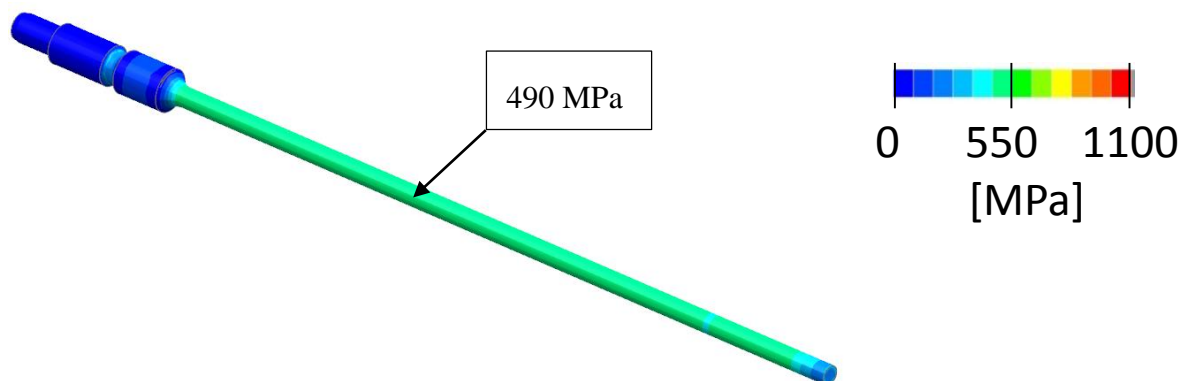


2. Simulace stříhání

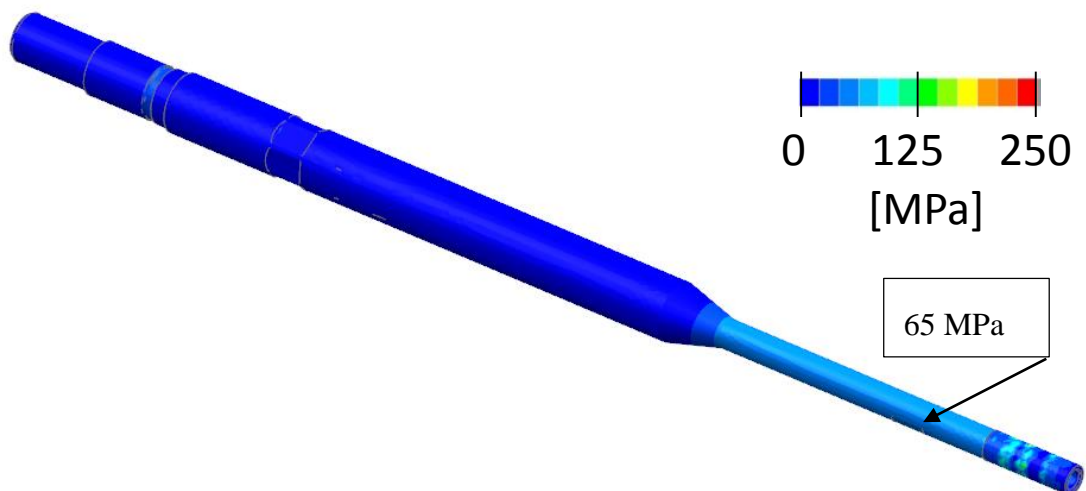
2.1. Řez sestavou

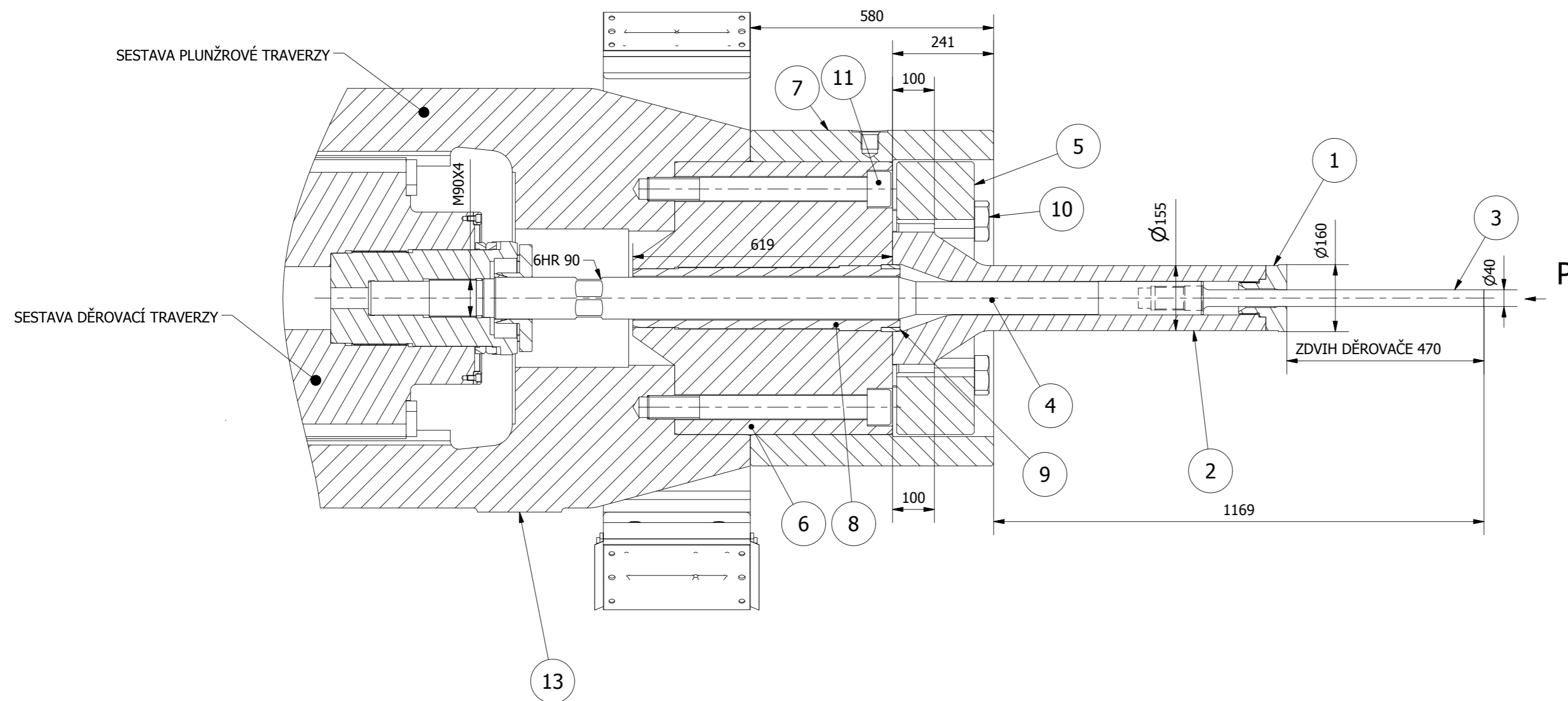


2.2. Děrovací trn

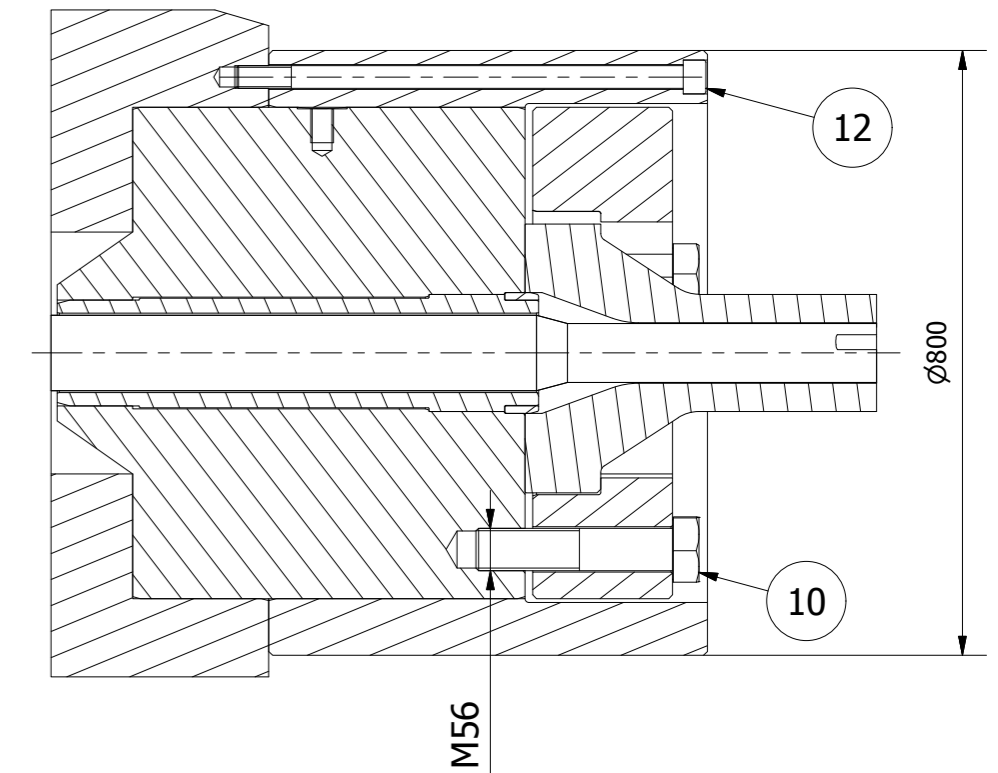


2.3. Držák děrovacího trnu

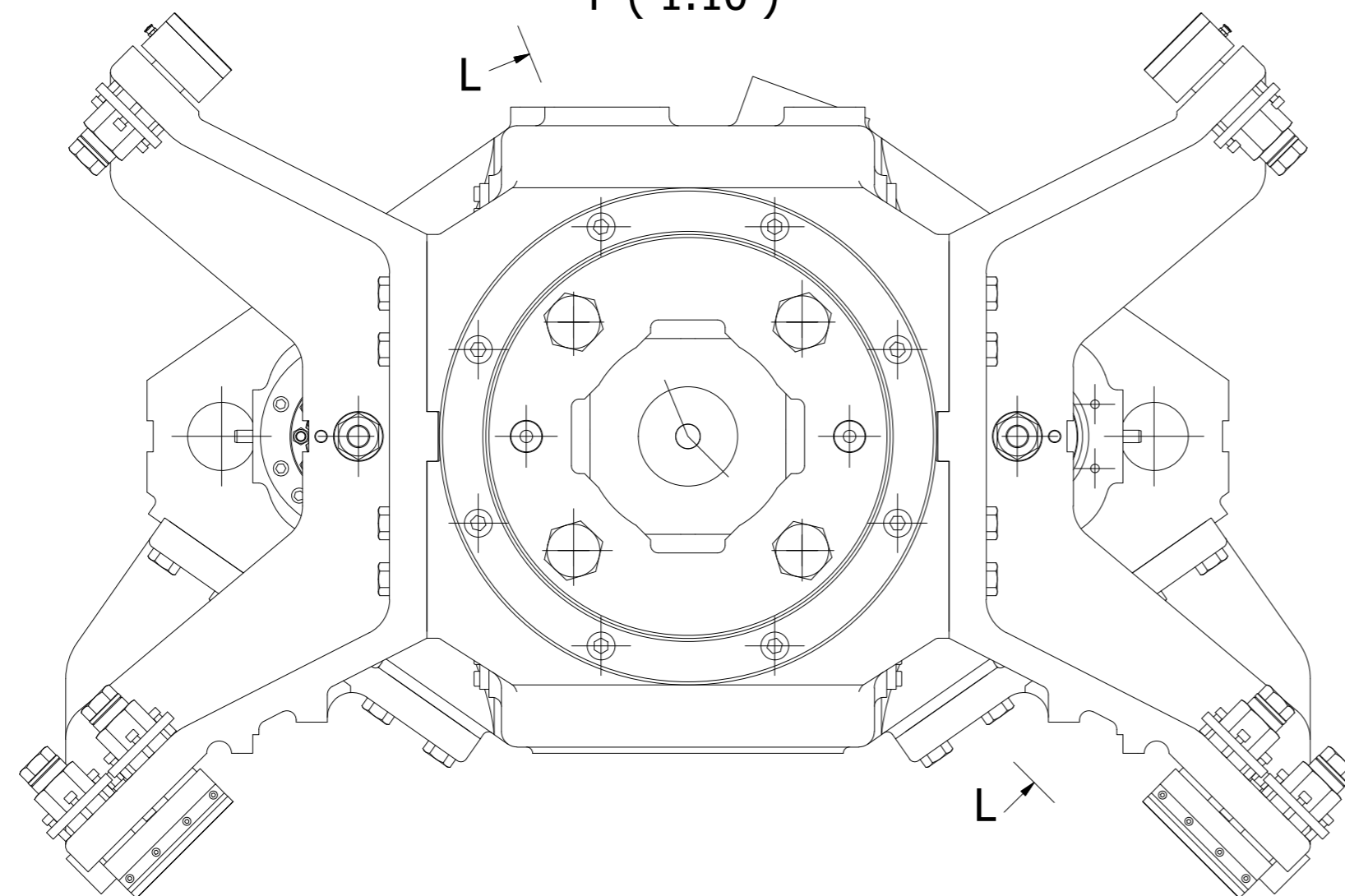




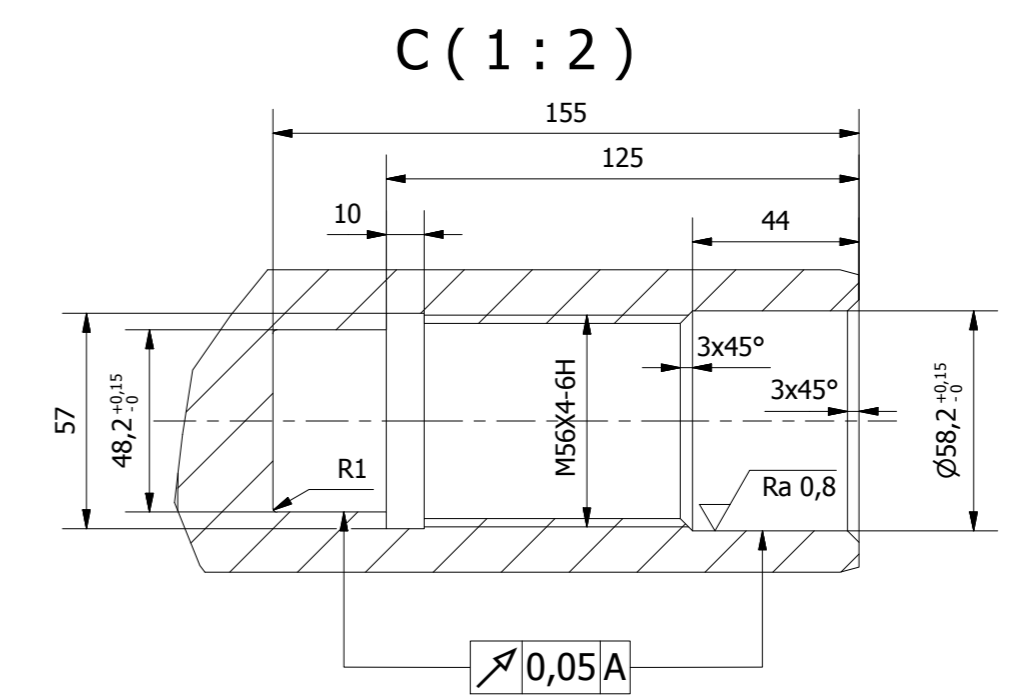
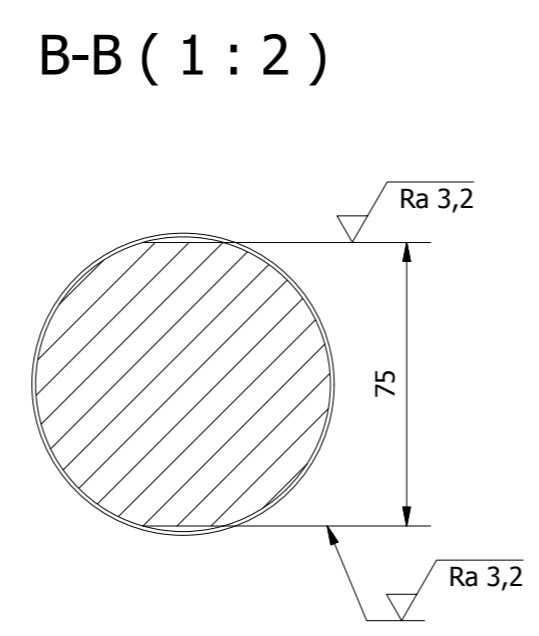
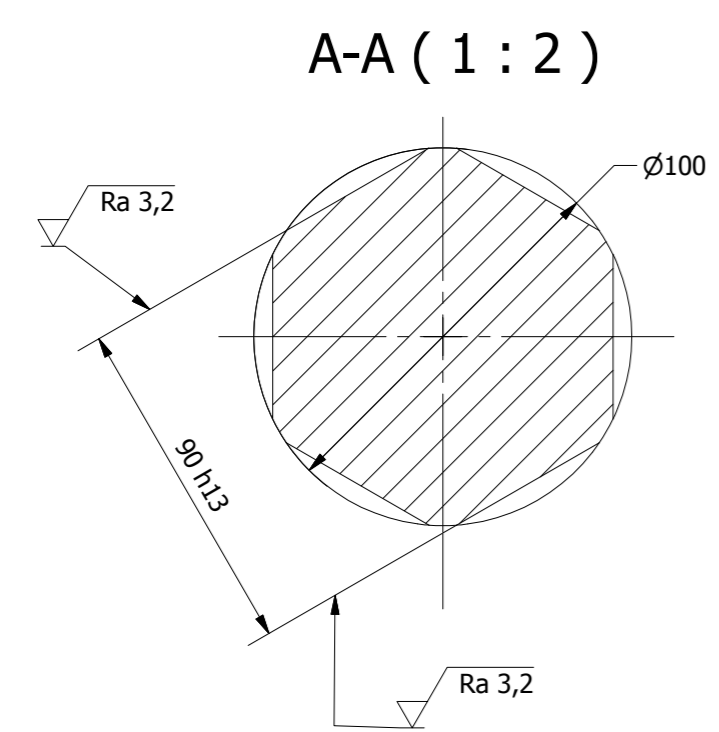
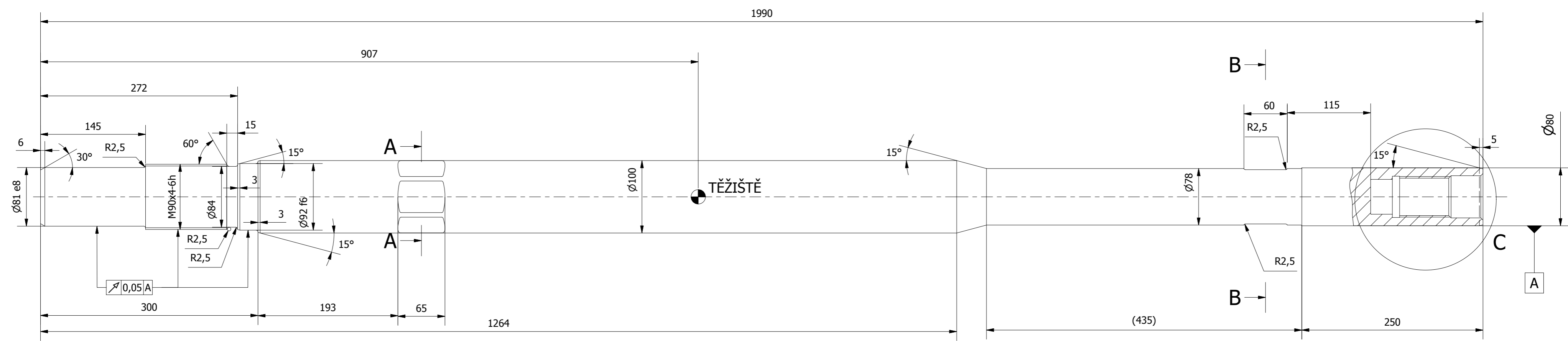
L-L (1:10)



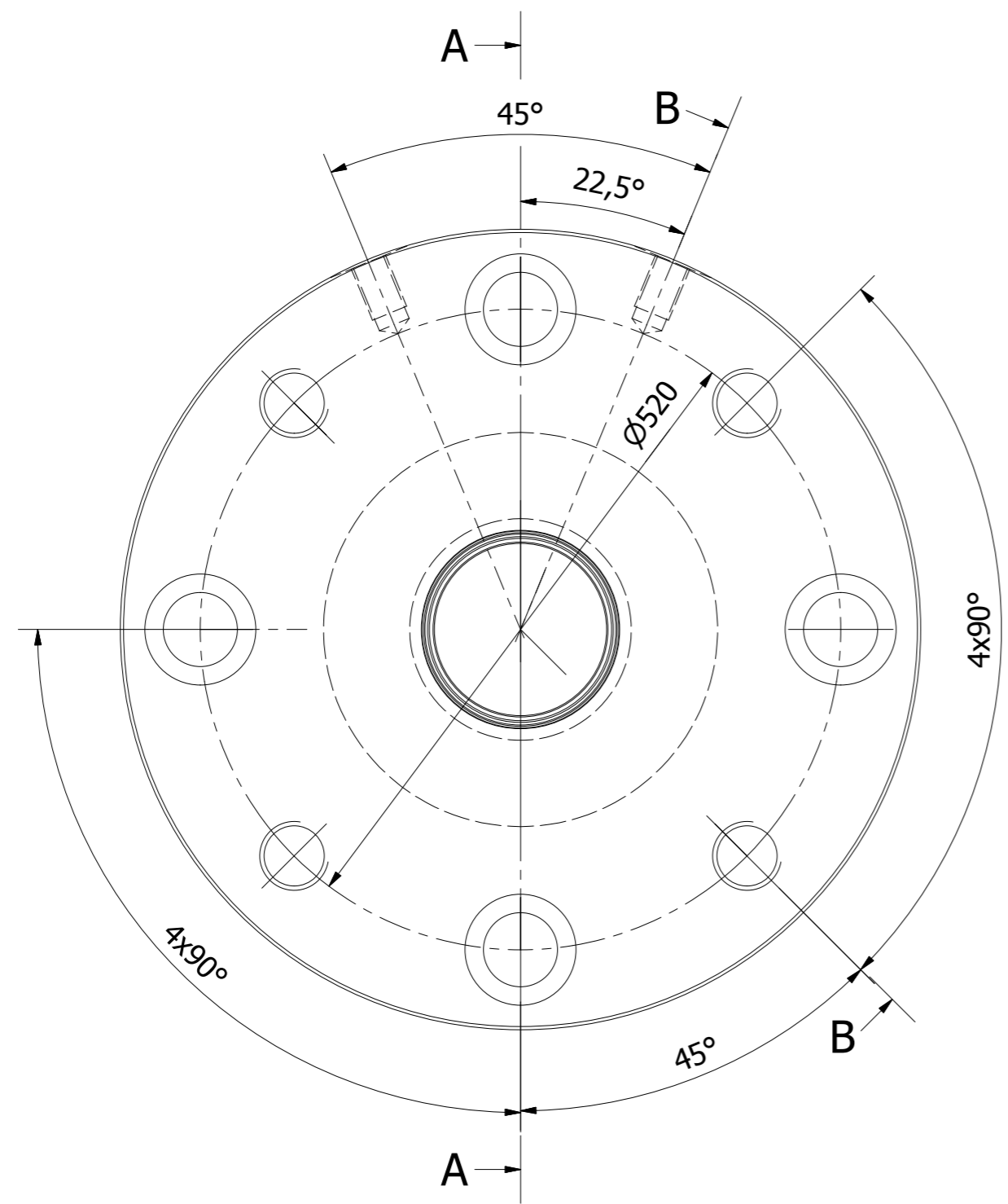
P (1:10)



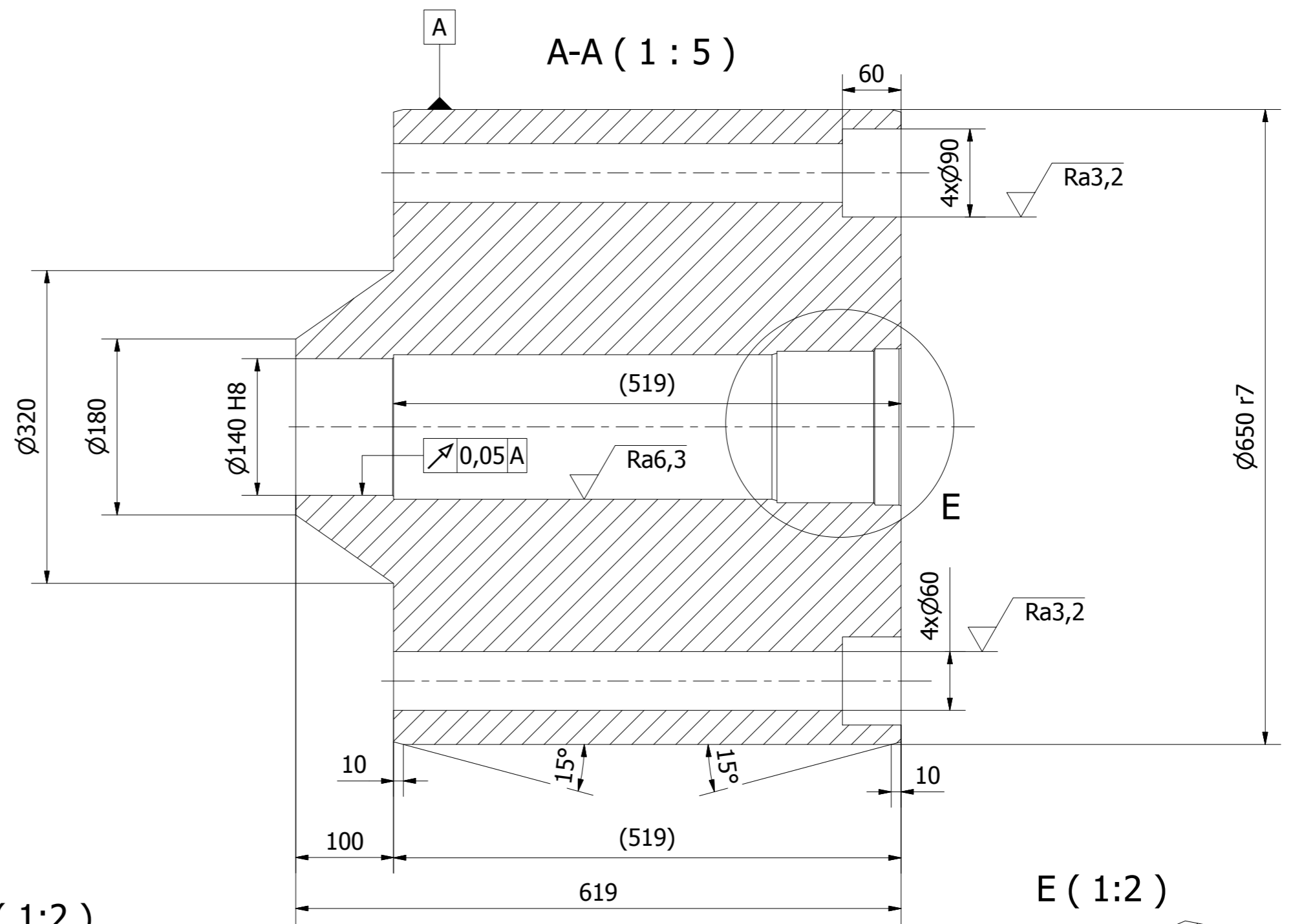
KUSOVNÍK					
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS		
1	1	špička 160 nova			
2	1	razník 155 nový			
3	1	trn děrovací 44			
4	1	držák děrovacího trnu Ø 40			
5	1	přítlačná příruba			
6	1	nástavek			
7	1	objímka			
8	1	vodicí pouzdro			
9	1	centrační pouzdro			
10	4	ISO 4014 - M56 x 260	Šrouby se šestihrannou hlavou		
11	4	ISO 4762 - M56 x 300	Šroub s válcovou hlavou		
12	8	ISO 4762 - M30 x 590	Šroub s válcovou hlavou		
PROMĚTÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA
	1:10	TOLEROVÁNÍ ISO 8015			
MATERIÁL			ROZMĚR - POLOTOVAR		
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI			KRESLIL Bohumil Ježek	DATUM 29.4.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY
			TECH. REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
			SCHVÁLIL	DATUM	TYP DOKUMENTU
			NÁZEV	ISO 16016	výkres sestavy
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			VÝKRES SESTAVY LISOVNÍHO NÁŘADÍ 155		Číslo výkresu DP_CXB_00
					LIST/LISTŮ 1 / 1



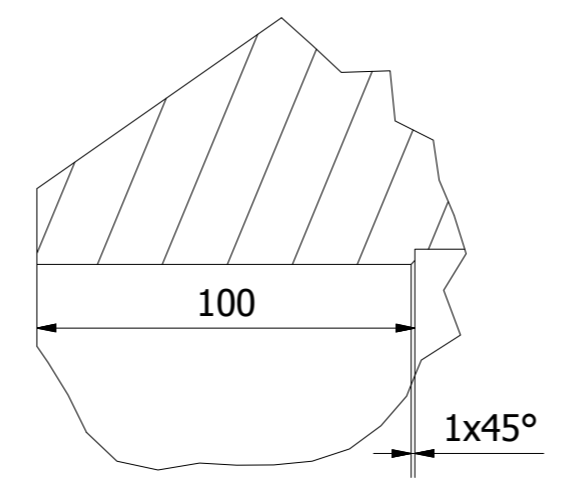
PROMĚTÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA	
	1:4	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	27,2 kg			
<p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p> <p>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>		MATERIÁL				
		ČSN 15 241				
		KRESLIL	Bohumil Ježek	DATUM	2.5.2016	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY
		TECH. REFERENT		DATUM		ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
		SCHVÁLIL		DATUM		
NÁZEV		Držák děrovacího trnu nový - Ø 40 mm		ISO 16016	TYP DOKUMENTU výrobní výkres	
				Číslo výkresu	DP_CXB_01	
					LIST/LISTŮ 1/1	



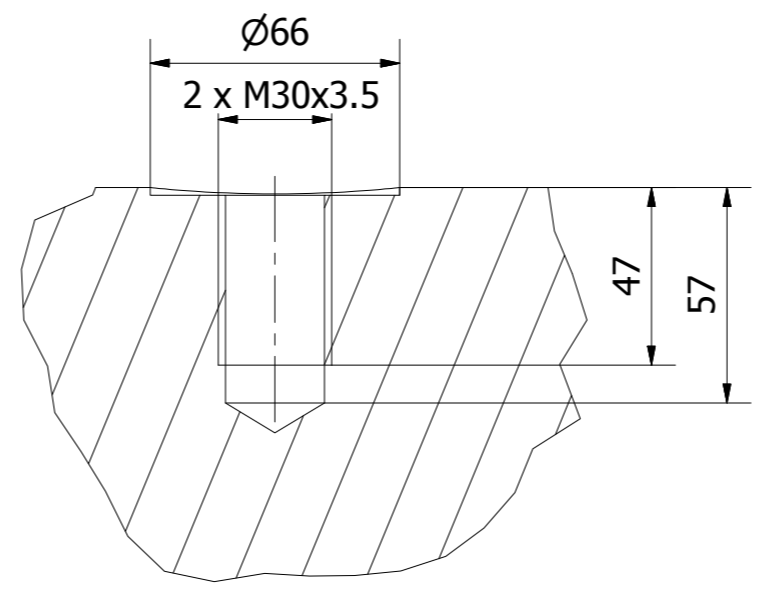
Ra1,6



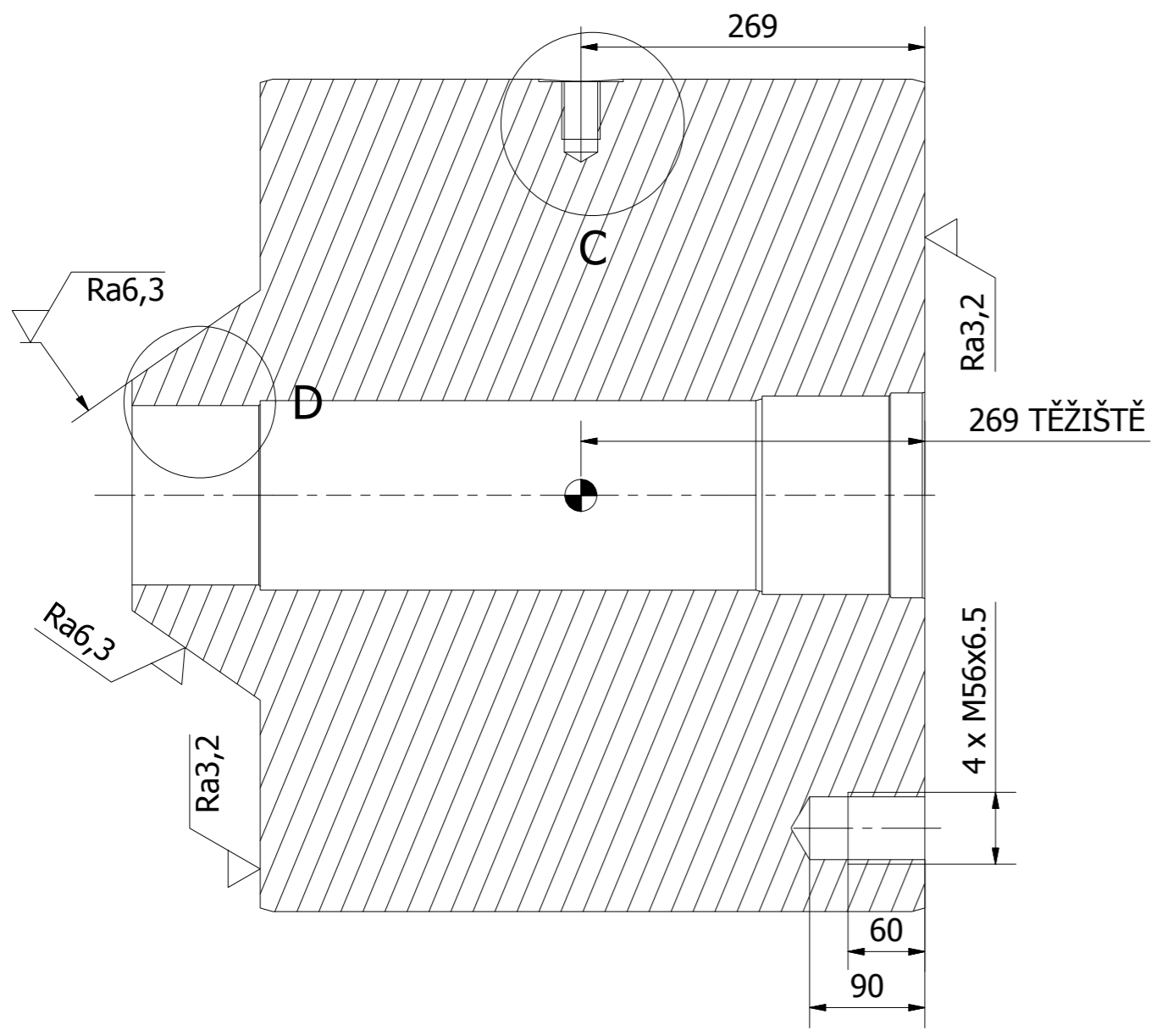
D (1:2)



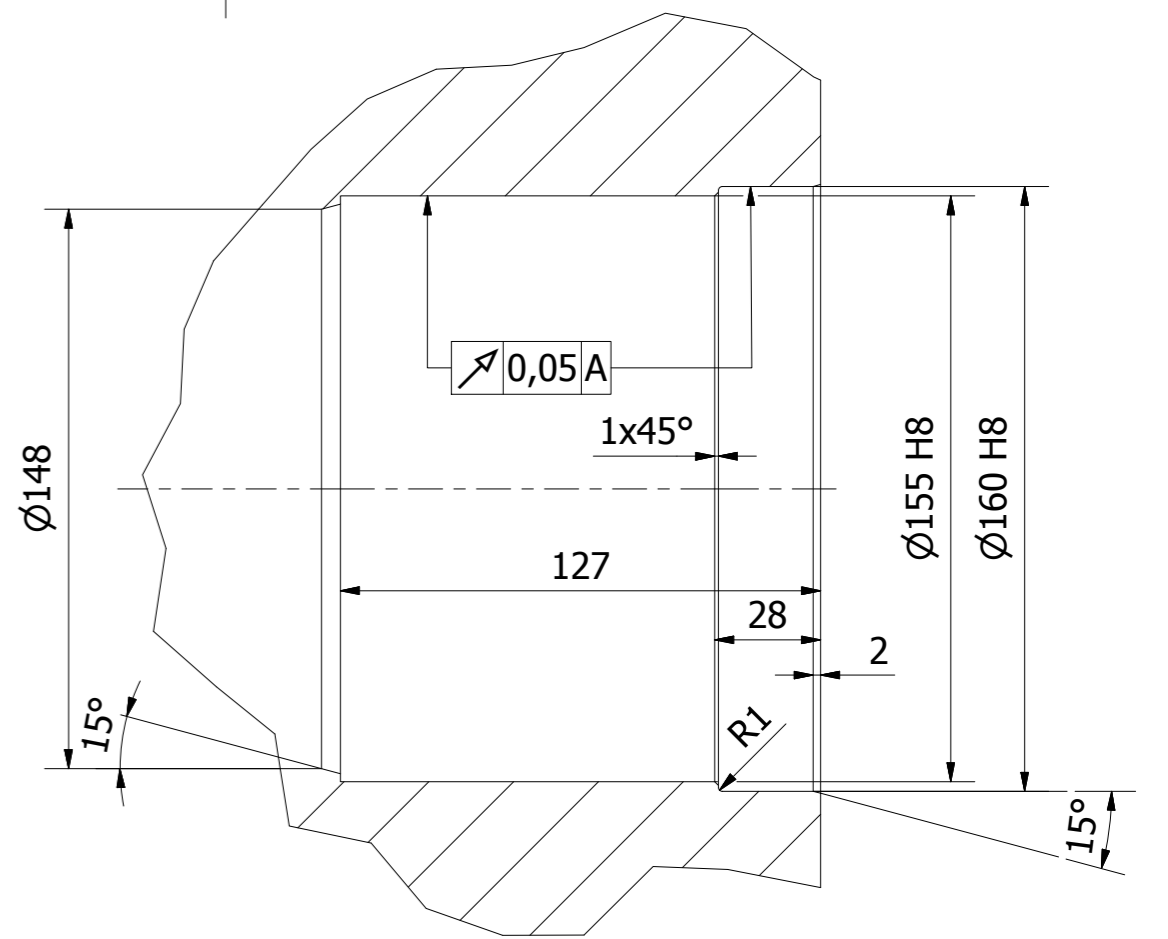
C (1:2)



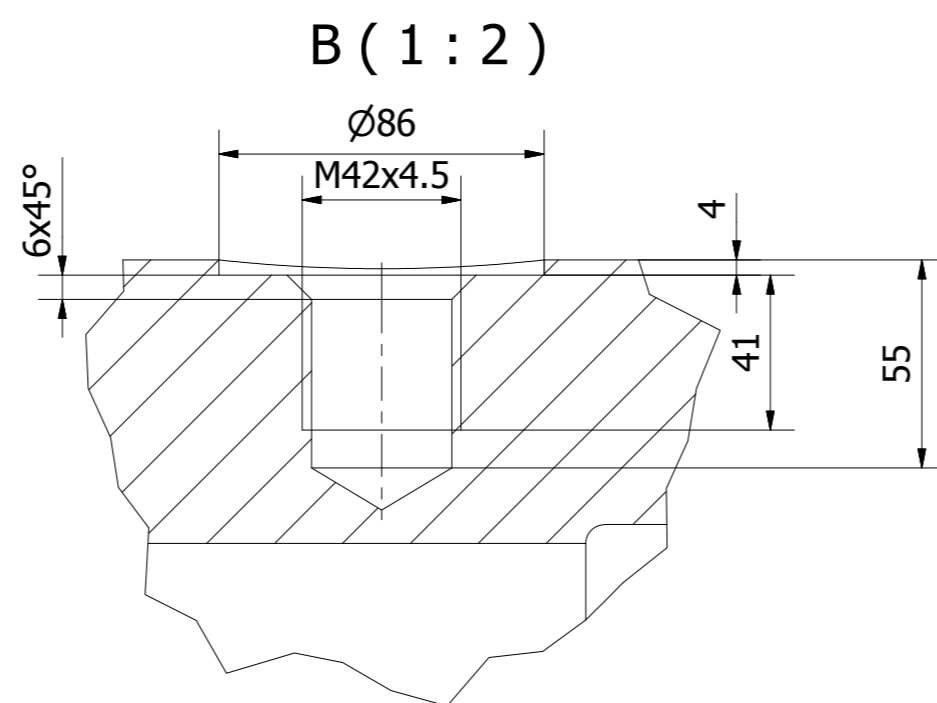
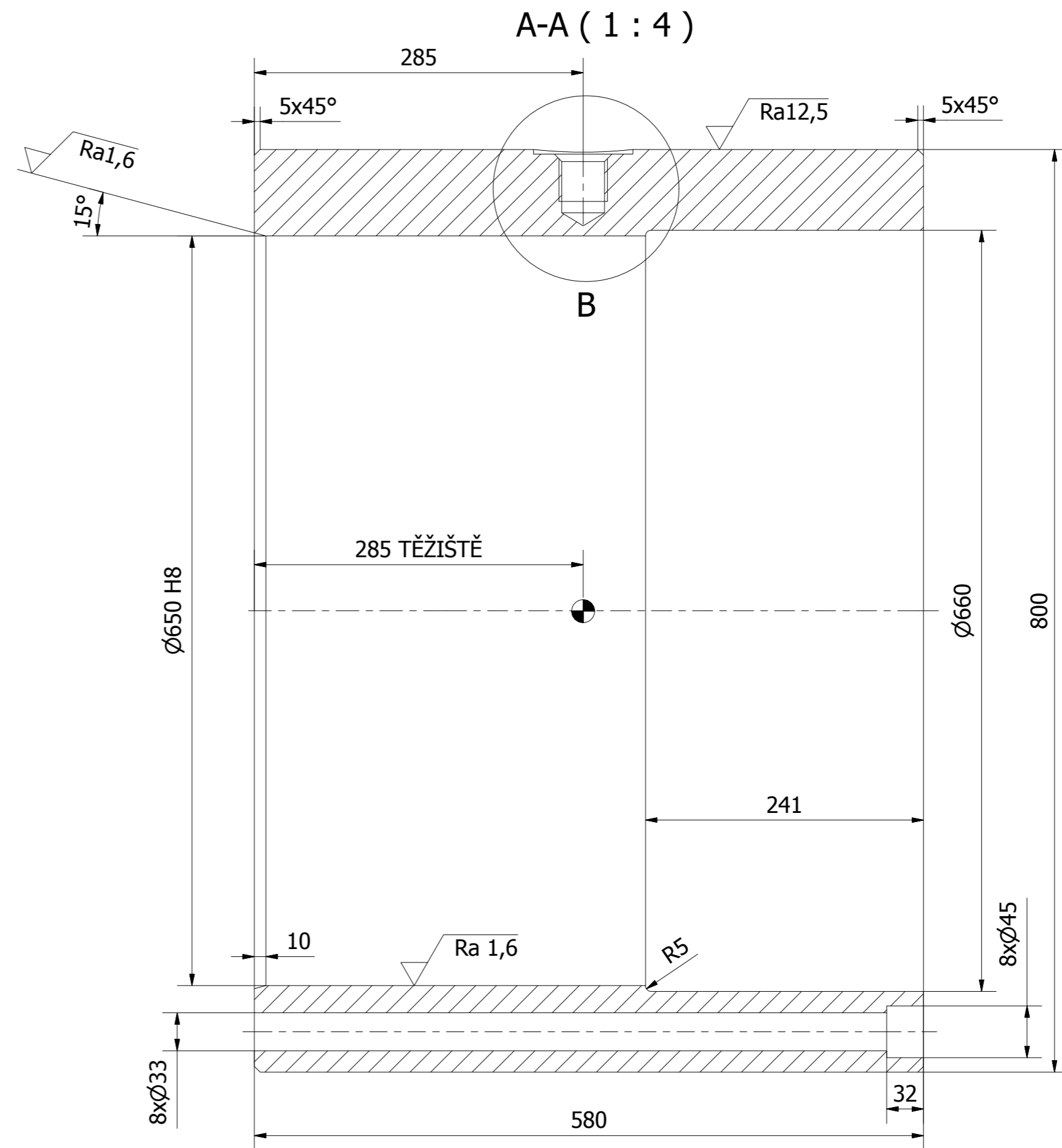
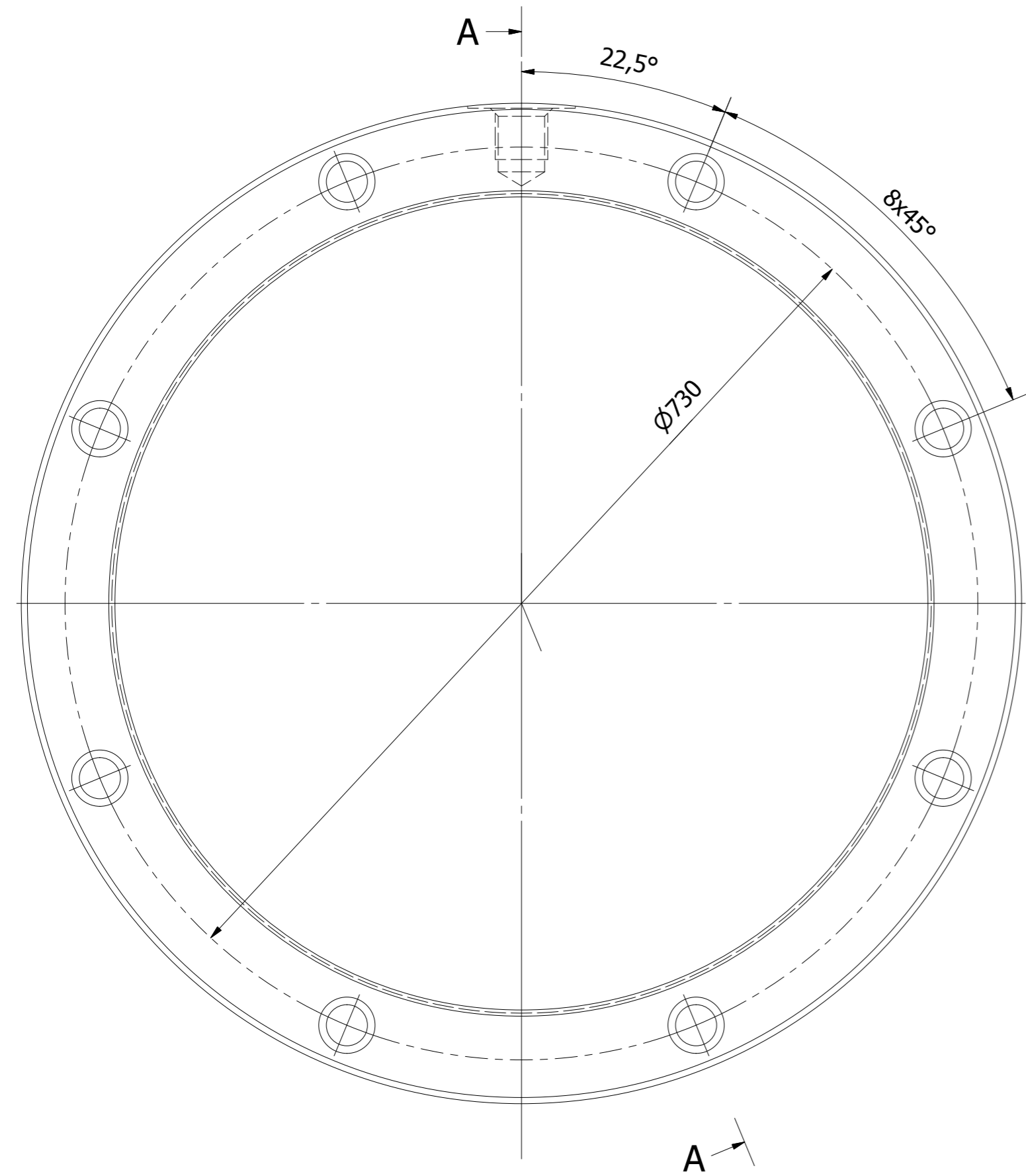
B-B (1:5)

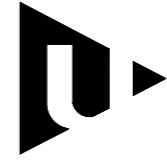


E (1:2)



PROMÍTÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA
	1:5	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	1248,0 kg		
MATERIÁL		ROZMĚR - POLOTOVAR			
ČSN 12 050					
KRESLIL	Bohumil Ježek	DATUM	13.5.2016	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY	
TECH. REFERENT		DATUM		ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK	
SCHVÁLIL		DATUM		TYP DOKUMENTU	
NÁZEV	Nástavek	ISO 16016		výrobní výkres	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			Číslo výkresu	DP_CXB_02	
			LIST/LISTŮ	1/1	



PROMÍTÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA
	1:4	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	724,4 kg		
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		MATERIÁL ČSN 15 142 ROZMĚR - POLOTOVAR		KRESLIL Bohumil Ježek DATUM 13.5.2016 ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY	
		TECH. REFERENT SCHVÁLIL		DATUM DATUM ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK	
NÁZEV Objímka		ISO 16016 TYP DOKUMENTU výrobní výkres		Číslo výkresu DP_CXB_03	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ				LIST/LISTŮ 1/1	