

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní Inženýrství  
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh zařízení pro demontáž odvzdušňovacích ventilů TEV 5 a TEV7 firmy  
Robert Bosch spol. s r.o.

Autor: **Filip SCHNEIDER**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří Kořínek**

Akademický rok 2019/2020

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Filip SCHNEIDER**  
Osobní číslo: **S16B0138P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Téma práce: **Návrh zařízení pro demontáž odvzdušňovacích ventilů TEV5 a TEV7  
firmy Robert Bosch spol. s r.o.**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Zásady pro vypracování

#### Základní požadavky:

Provedte návrh zařízení určeného pro rozdělení plastového svařence za účelem analýzy vnitřních komponent. Při návrhu je nutné dbát na jednoduchou manuální obsluhu, kompaktní rozměry a vyměnitelnost komponent v případě opotřebení.

#### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

#### Osnova bakalářské práce:

1. Představení výrobků TEV5, TEV7, uvedení stávajícího řešení a specifikace požadavků.
2. Koncepční návrhy a jejich srovnání.
3. Konstrukce vybraného návrhu.
4. Vyhodnocení.
5. Závěr.

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran A4**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojírenské tabulky*. Úvaly: Albra, 2003

SHIGLEY, J., MISCHKE, CH., BUDYNAS, R. *Konstruování strojních součástí*. : VUTIAM, 2010

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 1*. Brno: Computer Press, 1999

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kořínek**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Dvořák, Ph.D.**  
Robert Bosch spol. s r.o.  
Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2019**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2020**



---

**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan



---

**Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 16. října 2019

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Schneider	Jméno Filip	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 „Dopravní a manipulační technika“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kořínek	Jméno Jiří	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se <b>škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh zařízení pro demontáž odvodušňovacích ventilů TEV5 a TEV7 firmy Robert Bosch spol. s r.o.		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	116	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	74	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	42
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářská práce obsahuje návrh čtyř variant zařízení pro rozdělení plastového svařence TEV5 a TEV7 firmy Robert Bosch spol. s r.o.. Návrhy včetně jejich vhodných modifikací byly analyzovány například z hlediska rozměrů, váhy, ceny, spolehlivosti dělicího nástroje atd.. Výsledkem této práce je nejlepší z uvedených návrhů včetně otestování zatíženého stavu pomocí software PTC Creo 5.0. Vítězný návrh je oproti stávajícímu řešení kompatibilní se všemi variantami výrobků TEV5 a TEV7. Pro tento návrh byla také vyhotovena částečná výkresová dokumentace.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p style="text-align: center;">odvodušňovací ventil palivové nádrže, plastový svařenec, dělení polyamidu vyztuženého skleněným vláknem, design, CAD model, počítačová simulace</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Schneider	Name Filip	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 “Transport and handling machinery“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kořínek	Name Jiří	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design of disassembly tool for TEV5 and TEV7 air valves by Robert Bosch spol. s r.o.		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2020
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	116	<b>TEXT PART</b>	74	<b>GRAPHICAL PART</b>	42
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>This bachelor sheet contains four designs of disassembly tool for TEV5 and TEV7 air valves by Robert Bosch spol. s r.o.. Each design and its modification was analyzed from few points of view – for example dimensions, weight, price, reliability of cutting tool etc.. Result of this sheet is the best design which is compatible with all designs of TEV5 and TEV7 unlike the current solution. For the best design was also made partial technical drawing.</p>
<b>KEY WORDS</b>	<p>air valve, fuel tank, tool, plastic weldment, polyamide with glass fibre cutting, design, CAD model, computer simulation</p>

## Obsah

Obsah.....	6
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	7
1. Úvod.....	8
2. Představení výrobků TEV5, TEV7, uvedení stávajícího řešení a specifikace požadavků .....	9
2.1. Představení výrobků TEV5, TEV7 .....	9
2.2. Stávající řešení a specifikace požadavků .....	11
3. Koncepční návrhy a jejich srovnání.....	21
3.1. První varianta .....	21
3.2. Druhá varianta .....	32
3.3. Třetí varianta .....	42
3.4. Čtvrtá varianta .....	47
4. Srovnání variant .....	53
5. Konstrukce vybraného návrhu.....	59
6. Závěr .....	72
Seznam použité literatury.....	73
Internetové zdroje .....	73
Literatura.....	74
Použitý software .....	74
Přílohy.....	74
Přílohy zavázané .....	74
Přílohy volně vložené .....	74

**Seznam použitých zkratk a symbolů**

Značka	Název	Rozměr/jednotky
$M_u$	Celkový utahovací moment	N*m
$M_{M/H}$	Utahovací moment hlavy šroubu/matice	N*m
$M_z$	Utahovací moment závitu	N*m
$F_{\xi}$	Síla v ose šroubu	N
$\beta$	Vrcholový úhel profilu závitu	°
$R_m$	Mez pevnosti v tahu	MPa
$R_e$	Mez kluzu (minimální)	MPa
$R_{p0,2}$	Smluvní mez kluzu	MPa
$\sigma_D$	Dovolené napětí	MPa
$\sigma_{\xi}$	Napětí ve šroubu	MPa
$p_{zD}$	Dovolený tlak v závitech	MPa
$h$	Hloubka závitové díry	mm
$\varnothing D_1$	Malý průměr závitu matice	mm
$\varnothing d$	Velký průměr závitu šroubu	mm
$\varnothing d_2$	Střední průměr závitu šroubu	mm
$\varnothing d_3$	Malý průměr závitu šroubu	mm
$\varnothing d_{min}$	Minimální průměr šroubu	mm
$P_h$	Stoupání závitu	mm
$n_z$	Počet nosných závitů	-
$f_z$	Součinitel tření v závitech	-
$s_k$	Součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu	-
$S_{\xi min}$	Nejmenší průřez šroubu	mm <sup>2</sup>



## 1. Úvod

Cílem této bakalářské práce je návrh zařízení určeného pro rozdělní plastového svařence za účelem analýzy vnitřních komponent. Hrubý konstrukční návrh zařízení má být proveden v několika variantách. Práce je rozdělena do teoretické a praktické části.

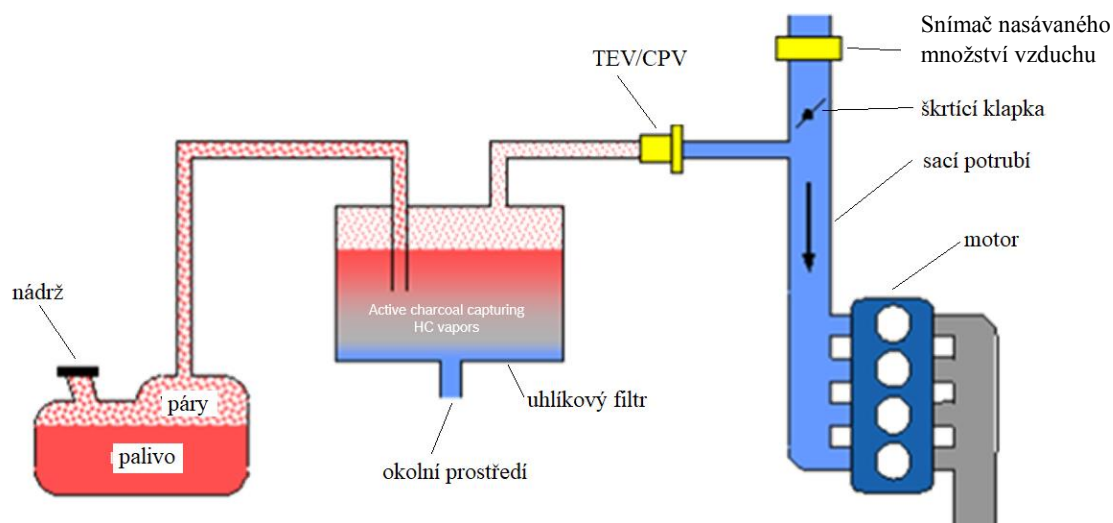
Teoretická část práce je zaměřena na rozbor stávajícího zařízení, které je schopné pojmout pouze jeden uvedený výrobek. Dále je teoretická část zaměřena na konkrétní požadavky navrhovaného zařízení a na seznámení s výrobky, se kterými by mělo být zařízení kompatibilní.

Praktická část této práce se zaměřuje na samotné návrhy jednotlivých variant s jejich možnými vhodnými modifikacemi a dále na detailní srovnání těchto variant z několika hledisek (konstrukční a ekonomické). V praktické části je dále obsažena simulace zatížení navržené konstrukce s případnou optimalizací a dále výkresová dokumentace jedné z nejlepších variant, která byla zvolena na základě váženého hodnocení.

## 2. Představení výrobků TEV5, TEV7, uvedení stávajícího řešení a specifikace požadavků

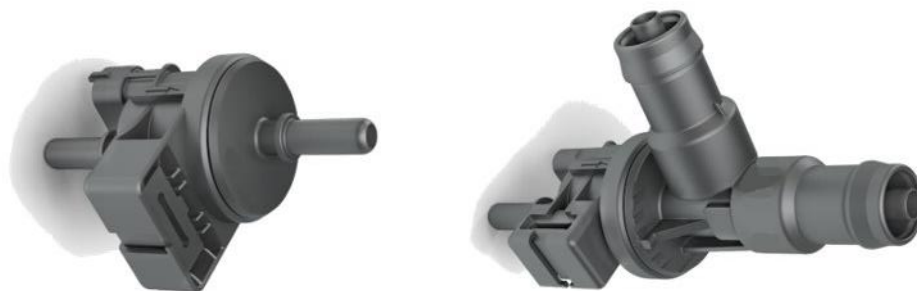
### 2.1. Představení výrobků TEV5, TEV7

TEV (nebo také CPV) je elektromagnetický ventil, využívající se v částech palivového systému dopravních prostředků se spalovacími motory. Označení výrobků TEV vychází z názvu „Tank Entlüftungs Ventil“ což v doslovném překladu znamená „Odvzdušňovací ventil nádrže“ (CPV - Canister Purge Valve). Ventil je součástí EVAP systému, jenž se zabývá snížením emisí výparů uhlovodíkových paliv. Umístění ventilu ve vozidle je mezi sacím potrubím motoru a uhlíkovým filtrem, do kterého vyúsťuje odvětrávání nádrže s uhlovodíkovými palivy. Filtr zachycuje páry paliv, aby se zabránilo jejich kontaktu s okolním prostředím. Po zachycení par je možné tyto páry využít (jako samotné palivo) spálením ve spalovacím prostoru motoru.



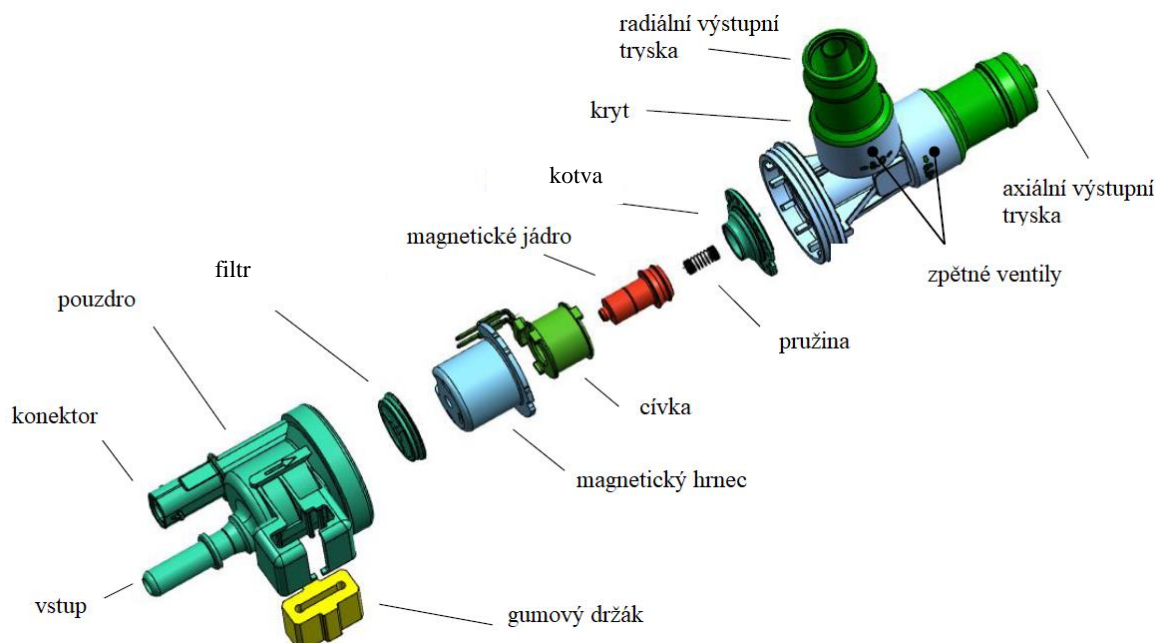
Obrázek 1 - schéma umístění ventilu

Funkce ventilu je regulace prostupnosti par, mezi uvedenými prostory (sací potrubí a uhlíkový filtr). Množství zachycených uhlovodíkových par je stanoveno kapacitou uhlíkového filtru. Po jeho naplnění musejí páry paliv odcházet do okolního prostředí.



Obrázek 2 - zleva: TEV5, TEV7

Ventil je složen z několika součástí. Mezi součásti patří tělo ventilu (tvořeno pouzdem a krytem), cívka, která společně s magnetickým jádrem tvoří elektromagnet, kotva a magnetický hrnec. Princip funkce ventilu je založen na elektromagnetu. Aktivací ventilu je kotva přitáhuta k elektromagnetu a tím je ventil otevřen. Pro uzavření ventilu slouží tlačná šroubovitá pružina, která se nachází mezi magnetickým jádrem a kotvou. Těsnicí plochu pro uzavření ventilu tvoří dlouho vyvíjený výkonnostní silikon.



Obrázek 3 – pohled na rozložené komponenty produktu TEV7

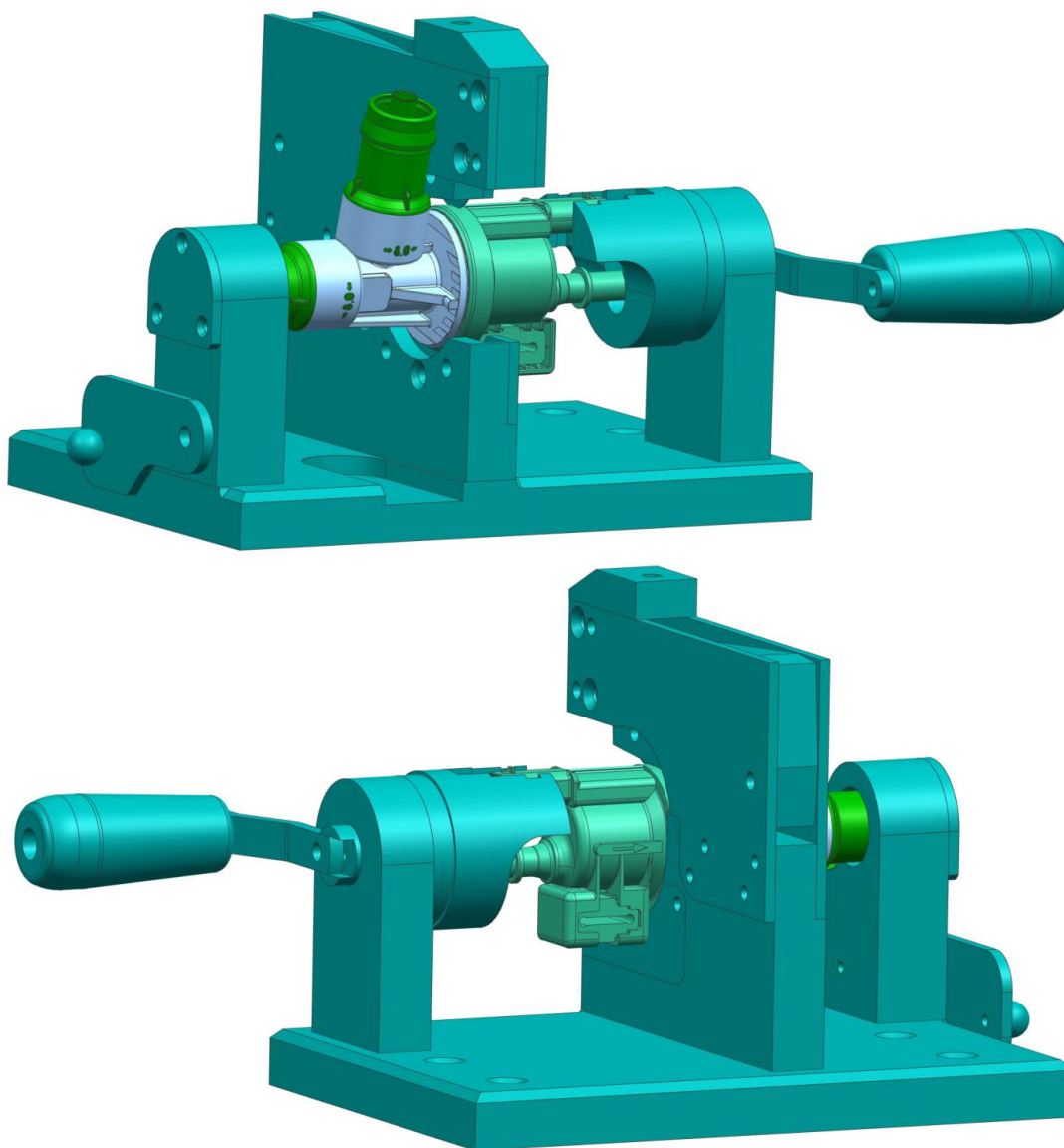
Novější produkt (TEV7) disponuje oproti staršímu (TEV5) filtrem a rozšířenými možnostmi výstupních otvorů. Díky upravené vnitřní geometrii a zpětným ventilům se TEV7 hodí i pro přepřňované motory. U přepřňovaných motorů je z důvodu proměnných podtlaků a přetlaků v různých částech sacího potrubí potřeba více výstupních trysek ventilu (pro zajištění přívodu podtlaku). V situaci, kdy není v sacím potrubí podtlak, je potřeba, aby byl ventil uzavřen. Pokud by uzavřen nebyl, mohlo by dojít k prostupu plynů ze sacího potrubí do filtru. Takový stav je samozřejmě nežádoucí.

Pro oba produkty existuje mnoho variant, které se liší typem a polohou držáku, typem či polohou konektoru a v neposlední řadě typem vstupního nebo výstupního otvoru a to vše na základě požadavku zákazníka.

Ventily jsou řízeny pomocí řídicí jednotky dopravního prostředku, která může regulovat jak frekvenci otevírání ventilu, tak i dobu jeho otevření. Zároveň při potencionální poruše ventilu a deaktivaci EVAP systému je řídicí jednotka schopna problém rozpoznat a o tomto problému informovat. Ventily TEV se vyrábějí již od roku 1985 a za tuto dobu bylo vyvinuto mnoho verzí tohoto produktu. Výrobky nesoucí označení TEV5 a TEV7 dnes zastupují nemalou část trhu pro vozidla se spalovacími motory.

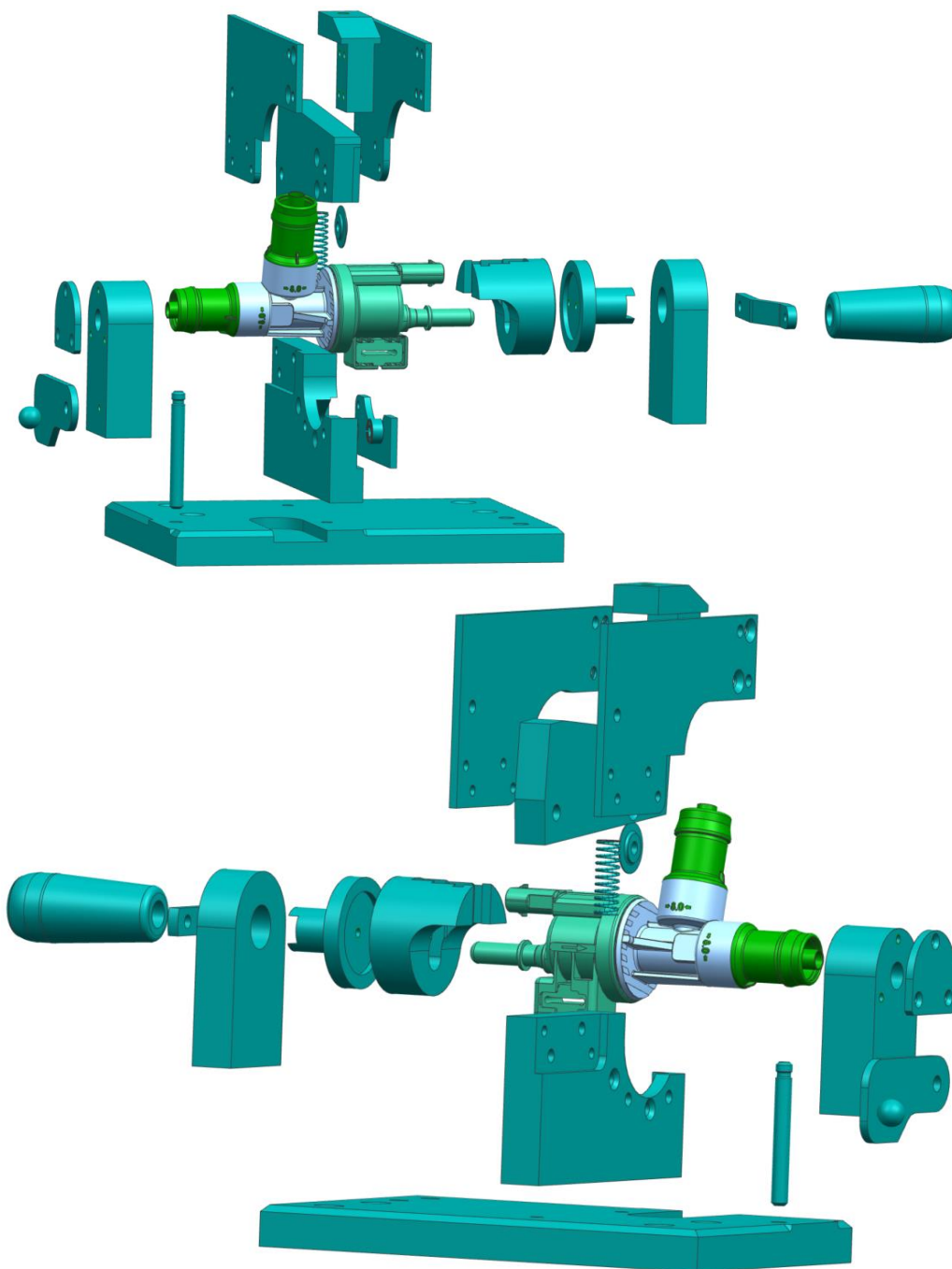
## 2.2. Stávající řešení a specifikace požadavků

V současnosti je stávající zařízení pro rozdělení plastového svařence schopné pojmout pouze ventil ve dvou konkrétních variantách (h-K + LCK-A a h-K + LCK-B – označení variant pouzder a krytů s rozšířenými výstupními otvory LCK je uvedeno v dokumentu níže). Do podstavce je přichyceno vedení otočného segmentu, které se nachází na pravé straně (z pohledu zepředu – vkládání výrobku). Otočný segment s výřezem, má za úkol vedení výrobku při otáčení a také přenos krouticího momentu od otočné ruční páky na tělo ventilu. Na levé straně se nachází uložení pro axiální výstupní trysku LCK, které není k podstavci pevně přichyceno. Uložení je přichyceno k podstavci otočně, z důvodu lepší přístupnosti a zakládání výrobku do dělicího zařízení. V případě, kdy by uložení bylo uchyceno taktéž pevně, nebylo by možné při stávající geometrii výrobek do zařízení vložit.



Obrázek 4 - pohled na zjednodušený 3D model stávajícího řešení

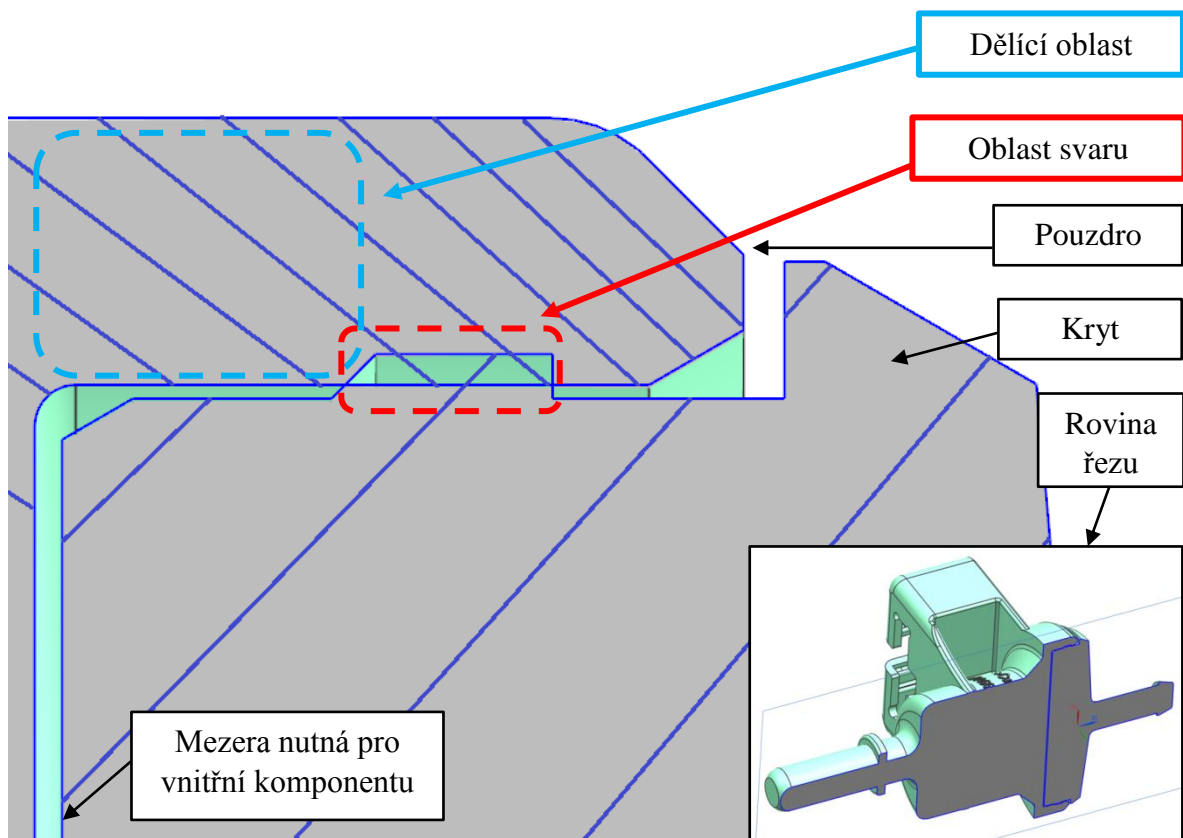
Dělení ventilu zajišťuje kruhový nůž, který je do ventilu vtlačován na válcové ploše, pomocí nastavitelného šroubu. Uložení otočných segmentů, do kterých se ventil zasazuje, je řešeno na úrovni třecích ploch, a proto může při otáčení docházet k zadrhnutí, nebo nepravidelnosti chodu otáčení. K zadrhávání může dojít zejména v místě, kde se přenáší síly z otočné kliky na tělo ventilu. Také není ničím zabráněno pootočení jedné z polovin svařence v momentu rozdělení vůči druhé, což je pro analýzu potenciálně nevhodné.



Obrázek 5 - rozpad komponent stávajícího řešení

Další nevýhodou stávajícího zařízení je absence ukotvení. Samotná základní deska potencionálně nabízí možnost ukotvení pomocí šroubů, ale při využití na libovolném kancelářském stole by byla vhodná například stolová svěrka. Ve stávajícím řešení tento aspekt není zohledněn, a při procesu dělení je za potřeby obou rukou. Síla vyvozená člověkem na páku musí být relativně vysoká a i při výskytu gumové rohože pro zamezení posuvu tato rohož posuv zařízení po pracovní desce nezamezí.

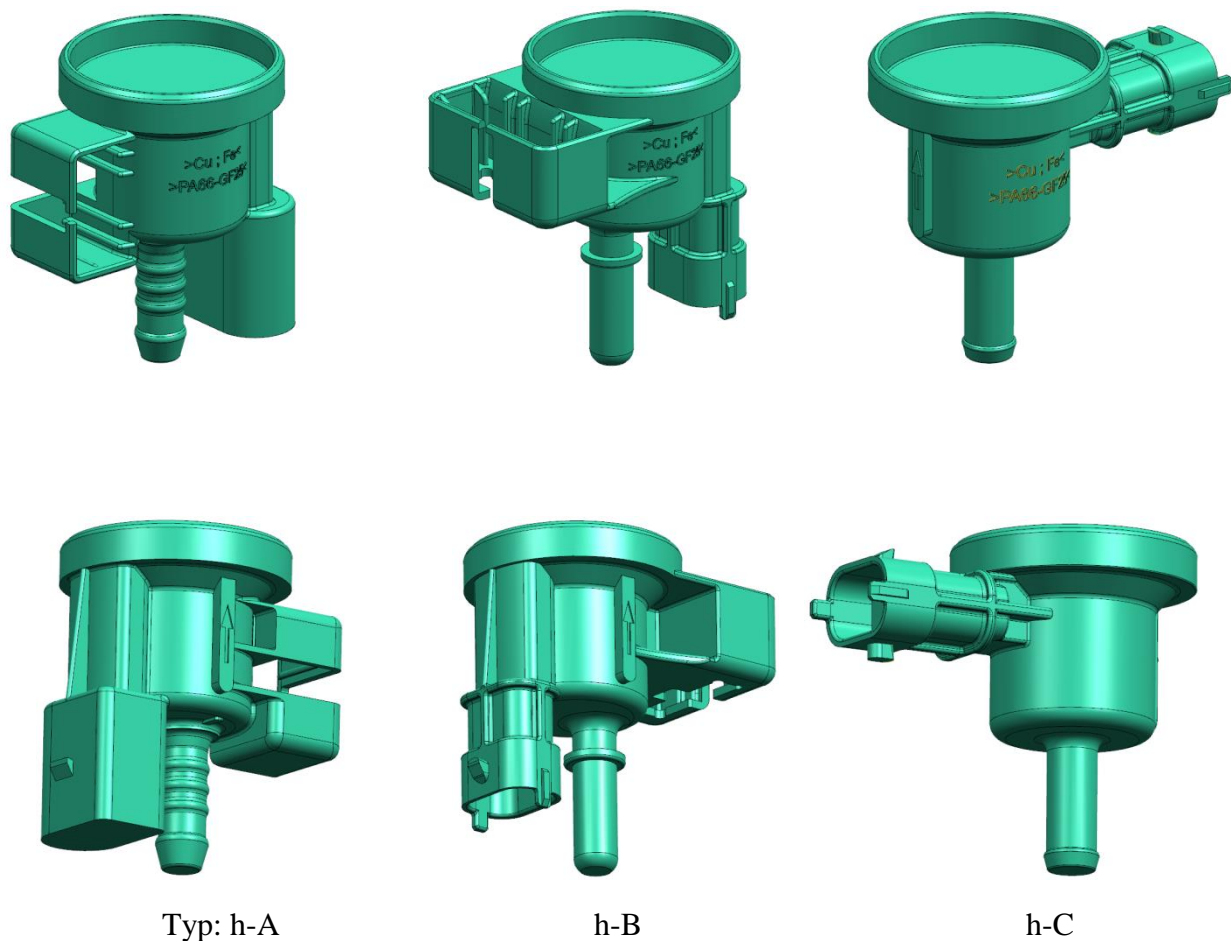
Ve stávajícím řešení byl svařenec dělen na válcové ploše, pod kterou jsou obě části k sobě svařené. Místo pro rozdělení svařence je preferováno až za oblastí svaru z důvodu možného proříznutí pouze pouzdra bez zásahu do krytu výrobku. Po proříznutí vnější vrstvy (pouzdra) je vnitřní prostor výrobku částečně chráněn stěnou krytu před nečistotami. Svar je v místě uložení s přesahem, kde jsou na sebe části nalisovány. Oblast pro dělení na válcové ploše se z hlediska geometrie jeví jako nejpříznivější (je nejpřístupnější pro nejvíce variant výrobků) a proto bude místo/oblast zachováno/a. Kdyby bylo dělení provedeno například v mezeře mezi pouzdem a krytem, řez by byl v přímém kontaktu s vnitřním prostorem. Přímým kontaktem řezu a vnitřního prostoru narůstá riziko kontaminace vnitřních prostor nečistotami při dělení, což není žádoucí. Kryt je uvnitř dutý, v této práci jsou 3D modely zaslepeny, aby nebyla čitelná vnitřní geometrie výrobku. Tloušťka stěny krytu je podobně velká, jako tloušťka stěny pouzdra (která je viditelná na následujícím obrázku).



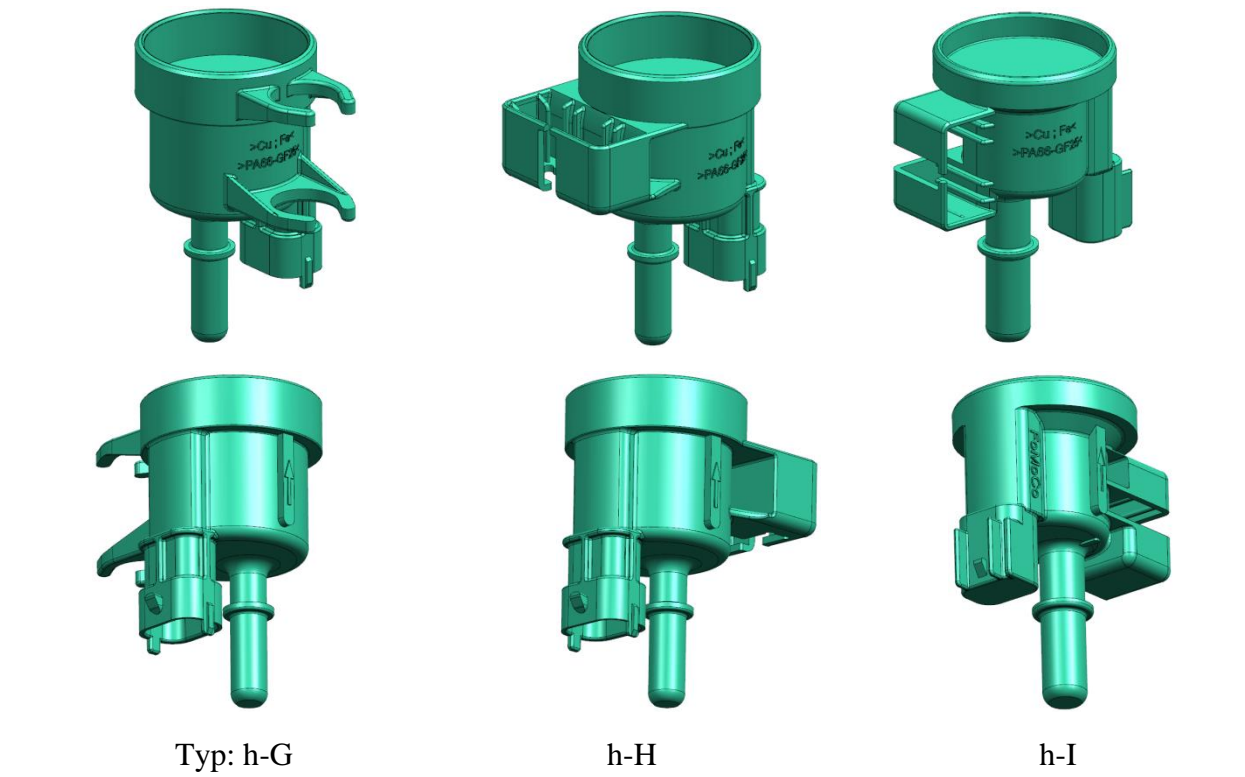
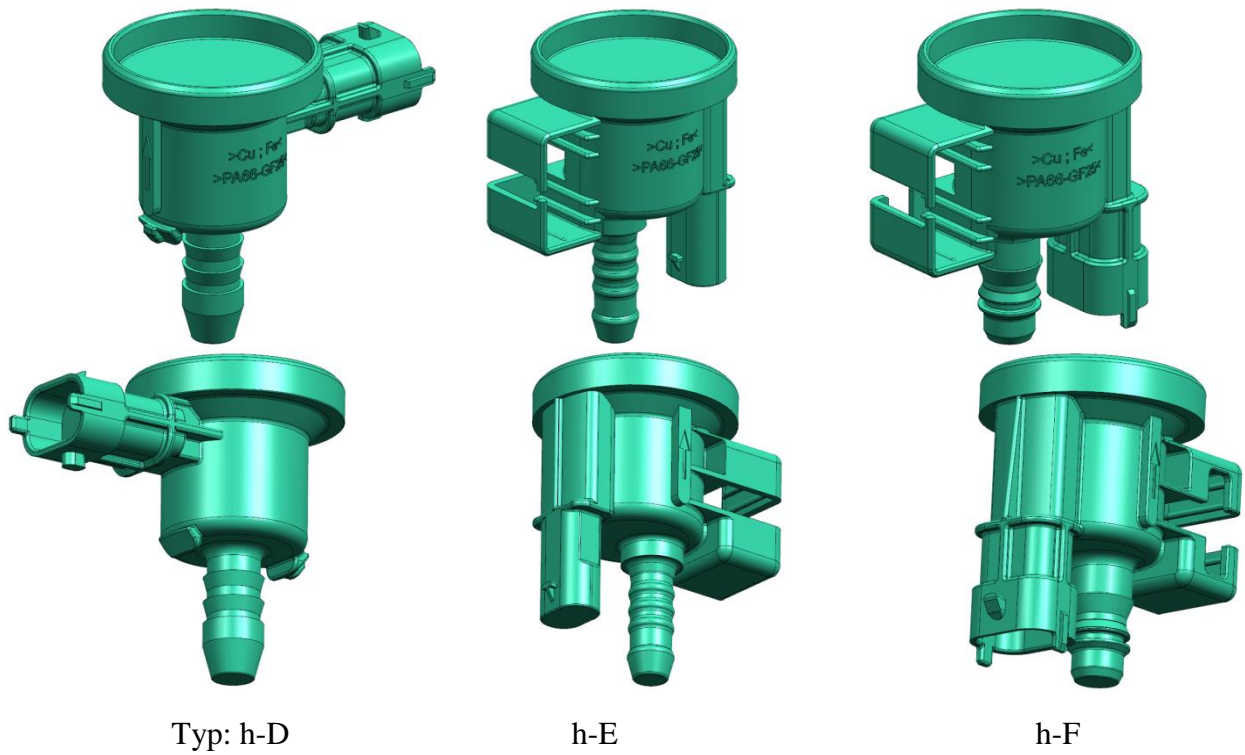
Obrázek 6 - řez pouzdem a krytem, označení místa svaru a naznačení dělicí oblasti



Jak již bylo uvedeno, pro oba produkty TEV 5 a TEV 7 existuje mnoho variant (modifikací). Je tedy nutné se zaměřit na pestrou škálu úprav dle specifických požadavků od jednotlivých zákazníků. Pestrou škálou úprav je rozuměno typově stejného výrobku (stejného označení – TEV5 nebo TEV7), který má však specifický konektor, typ a polohu držáku, či jiný druh vstupní a výstupní trysky. Tyto parametry se mohou výrazně lišit. V této práci je zavedeno fiktivní označení všech požadovaných variant, jak lze vidět na následujících obrázcích:

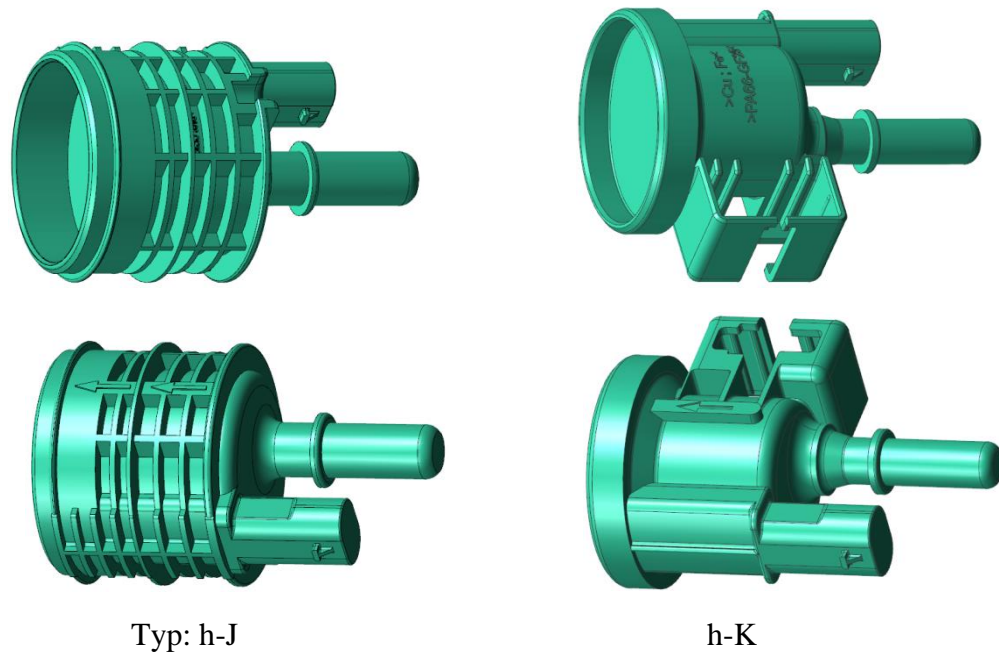


Obrázek 7 - zjednodušené 3D modely pouzder

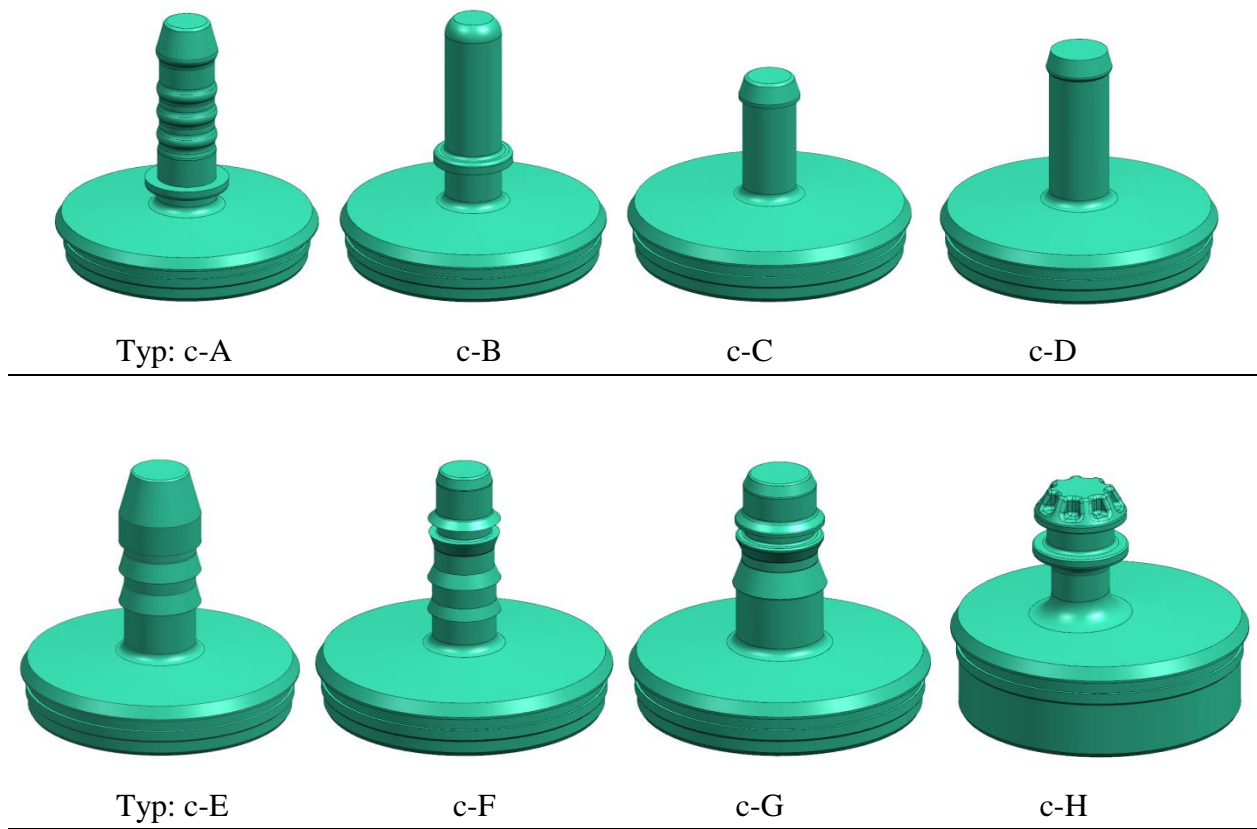


Obrázek 8 - zjednodušené 3D modely pouzder

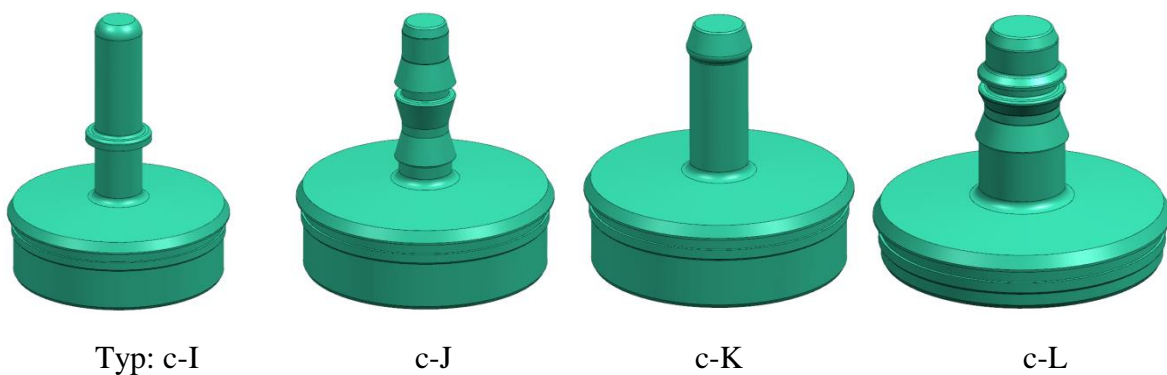




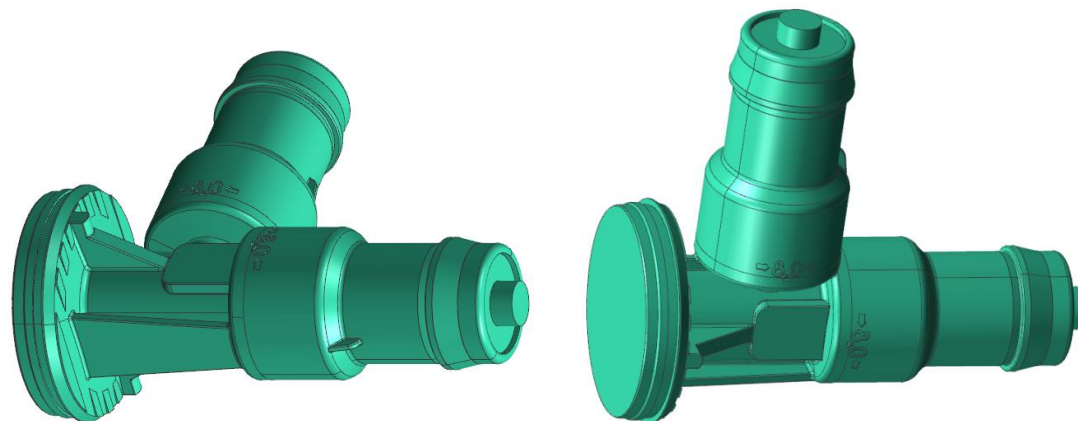
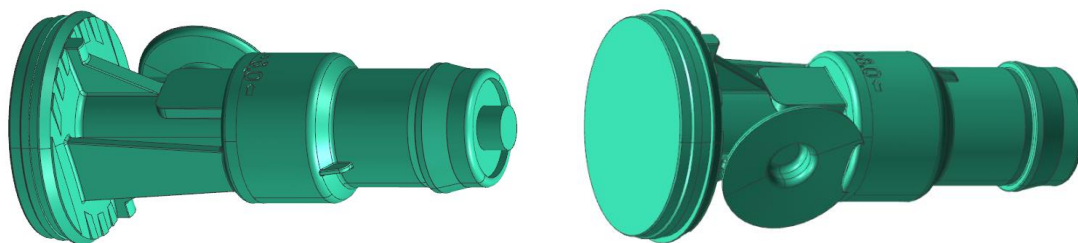
Obrázek 9 - TEV 5, zjednodušené 3D modely pouzder



Obrázek 10 - zjednodušené 3D modely krytů

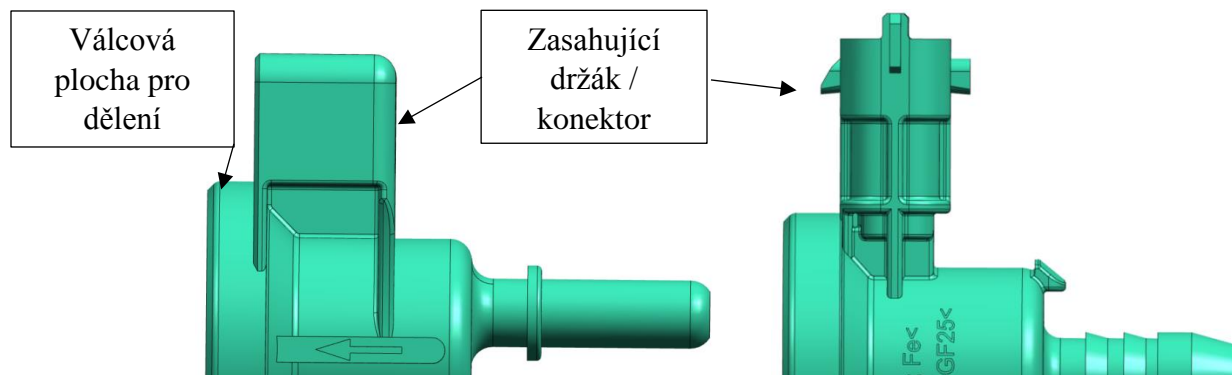


Obrázek 11 - zjednodušené 3D modely krytů



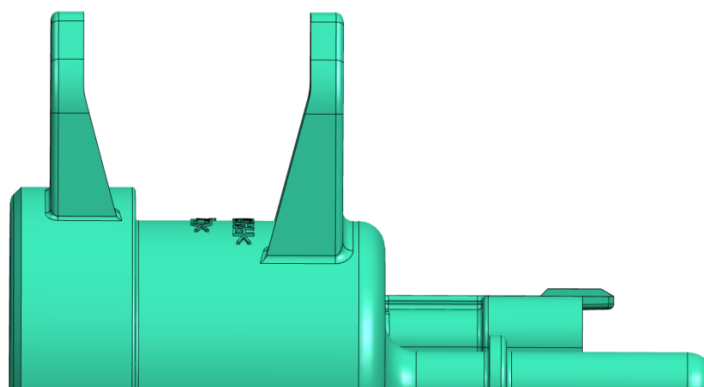
Obrázek 12 - zjednodušené 3D modely LCK (Lid Construction Kit) – kryty s rozšířenými výstupními otvory

Z uvedených zjednodušených modelů si lze povšimnout, že některé z modifikací nemají válcovou plochu určenou pro dělení hladkou – pouzdra typu h-C, h-D, h-B a h-H. V několika případech se nachází překážka na její hraně, což lze vhodným konstrukčním řešením stále pro zařízení akceptovat.



Obrázek 13 – zleva: pohled z boku na 3D model pouzdra h-B, h-D (obdobně h-C)

V jednom případě, typu h-G se překážka (držák) nachází přímo uprostřed válcové plochy. U tohoto řešení tedy nelze zajistit komptabilitu bez předchozího zásahu (úpravy geometrie) – například odříznutí držáku. Pokud nelze vyhovět všem variantám v celistvém zařízení, kvůli jejich rozdílnému tvaru, je vhodné zařízení vybavit segmenty, které mohou být vyměnitelné podle konkrétní varianty. Tím je možné zachovat primární dělicí funkci zařízení pro více konfigurací, což vede k jeho univerzálnosti.



Obrázek 14 - pohled z boku na 3D model pouzdrou h-G

Po stanovení oblasti vhodné pro dělení a uvedení variant výrobků je potřebné se zaměřit na technologii, kterou dělení bude provedeno. Materiál těla ventilu je PA66-GF25 (Polyamid 66 s výztuží tvořenou skleněnými vlákny [Glass Fibre]). V následující tabulce jsou vybrány některé z možných technologií, které by mohly být pro dělení tohoto materiálu vhodné. Na základě vhodnosti k rozdělení ventilu jsou i technologie ohodnoceny.

Tabulka 1 - srovnání uvedených možných technologií pro dělení plastového svařence

Technologie	Klady	Zápory	Hodnocení (0-1)	Přibližná cena (ks/systém)
Řezný plátek na kov	▶ vysoká odolnost	▶ nečistoty odebráním materiálu ▶ při fixaci nástroje opotřebitelnost v konkrétním místě (doteku s materiálem)	0,5	15 Kč
	▶ nízká cena			
	▶ bezproblémové dělení vyztuženého plastu			
Řezný drát / struna	▶ mnoho variant dle požadovaného materiálu	▶ nečistoty odebráním materiálu ▶ obtížné vedení (zejména v oblasti řezu) ▶ při fixaci nástroje opotřebitelnost v konkrétním místě (doteku s materiálem)	0,5	140 Kč
	▶ přijatelná cena			
Čepel	▶ nízká cena	▶ vysoký odpor při průniku / třením o materiál ▶ s rostoucí vzdáleností od upevnění nízká stabilita v místě špičky v kolmém směru na ostří	0,7	20 Kč
	▶ čistý řez			
	▶ vytlačování materiálu bez jeho odebrání			
Kruhový nůž	▶ přijatelná cena	▶ malý odpor při průniku / třením o materiál ▶ s rostoucím průměrem nižší stabilita v místě ostří (ohnutí/zlomení)	0,85	200 Kč
	▶ čistý řez			
	▶ vytlačování materiálu bez jeho odebrání ▶ při otáčení relativně nízká opotřebitelnost			
Laser - systém	▶ absence fyzické síly obsluhy v procesu dělení	▶ vysoká cena	0,2	45 000 Kč
		▶ nečistoty v řezu díky natavování materiálu		
		▶ potřeba elektrické energie		
		▶ nutná odborná způsobilost		
Tavný (odporový) drát - kompletní systém	▶ absence fyzické síly obsluhy v procesu dělení	▶ vysoká cena	0,05	42 000 Kč
		▶ možný zápach a kouř		
		▶ potřeba elektrické energie		
		▶ bezpečnost		
		▶ určené spíše na polystyreny (napěněný materiál), nevhodné pro masivnější plasty s vyztužovacími vlákny ▶ nutná odborná způsobilost		

Z tabulky 1 vyplývá, že pro uvedenou problematiku bude nejvhodnější technologií použitou v zařízení opět kruhový nůž kvůli jeho čistotě řezu, přijatelné ceně a relativně malému řeznému odporu. V komerčním využití se kruhové nože používají například na tzv. trubkořezy, což jsou přípravky sloužící obdobně k dělení plastových trubek. Mezi potenciálními navrženými variantami by tedy mohl být i takto komerčně prodáváný trubkořez uchycen do vhodné konstrukce, ale pouze v případě, že by vyhovoval geometrii požadovaných variant. Na trhu se vyskytují i řezná kolečka s integrovanými ložisky, avšak jejich rozměry (průměr, šířka) jsou velmi nepříznivé, protože jsou určeny pro dělení dlažby a jiných obkladů.

Při návrhu je potřeba dbát na plynulý a relativně rychlý průběh dělicí síly a s ní spojenou časovou úspornost zařízení (dělicí čas na jeden kus výrobku). V současném řešení bylo potřebné úplné uvolnění ramene nesoucí nůž (tedy vyšroubování nastavitelného šroubu) pro vložení nebo vyjmutí výrobku (po vložení bylo za potřebí mnoha otáček šroubu, alespoň pro dotyk nože s výrobkem – odhadem 8 otáček).

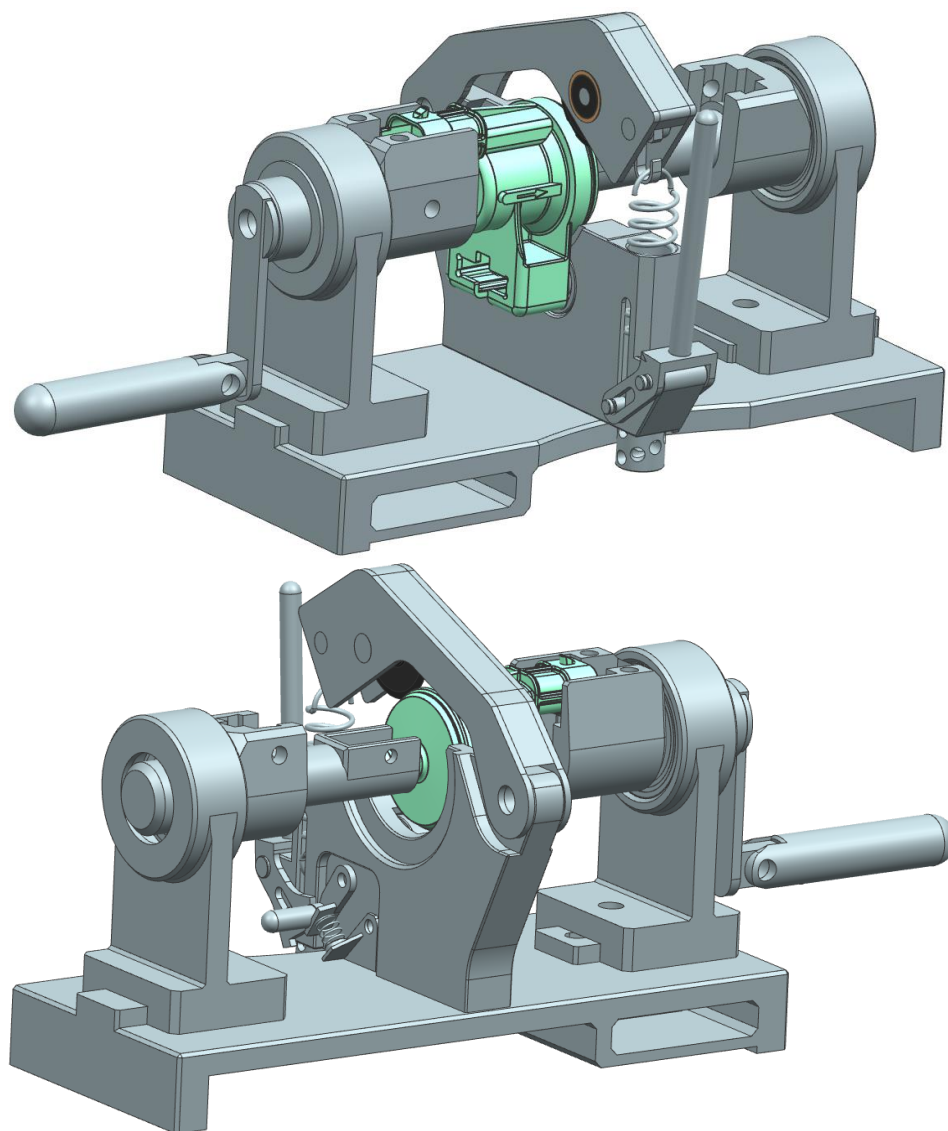
Zařízení by mělo být dále konstruováno tak, aby v případě opotřebení bylo možné vyjmout a vyměnit hlavní komponenty (u kterých se očekává jejich opotřebení), a aby výměna proběhla bez konstrukčních či geometrických úprav těchto komponent. Pokud není možné provést řešení jinak, je úprava komponent přípustná. Zároveň v situaci, kdy není možné výrobek do zařízení založit i v případě (například) výměnných segmentů, je žádoucí navrhnout zařízení tak, aby musel být samotný výrobek co nejméně modifikován.

Dalším aspektem, na který je při návrhu nutné se zaměřit, jsou kompaktní rozměry pro možné skladování přípravku ve skříni, nebo jiných odlehlých místech a v případě potřeby, očekávané použití na běžně se vyskytujících kancelářských stolech, bez použití specializované dílny. Z tohoto důvodu je vhodné se zaměřit i na váhu zařízení z hlediska přenášení a také ukotvení samotného zařízení na pracovním stole. Také je zařízení vhodné navrhnout tak, aby jeho obsluha (či provoz) byla jednoduchá.

### 3. Koncepční návrhy a jejich srovnání

#### 3.1. První varianta

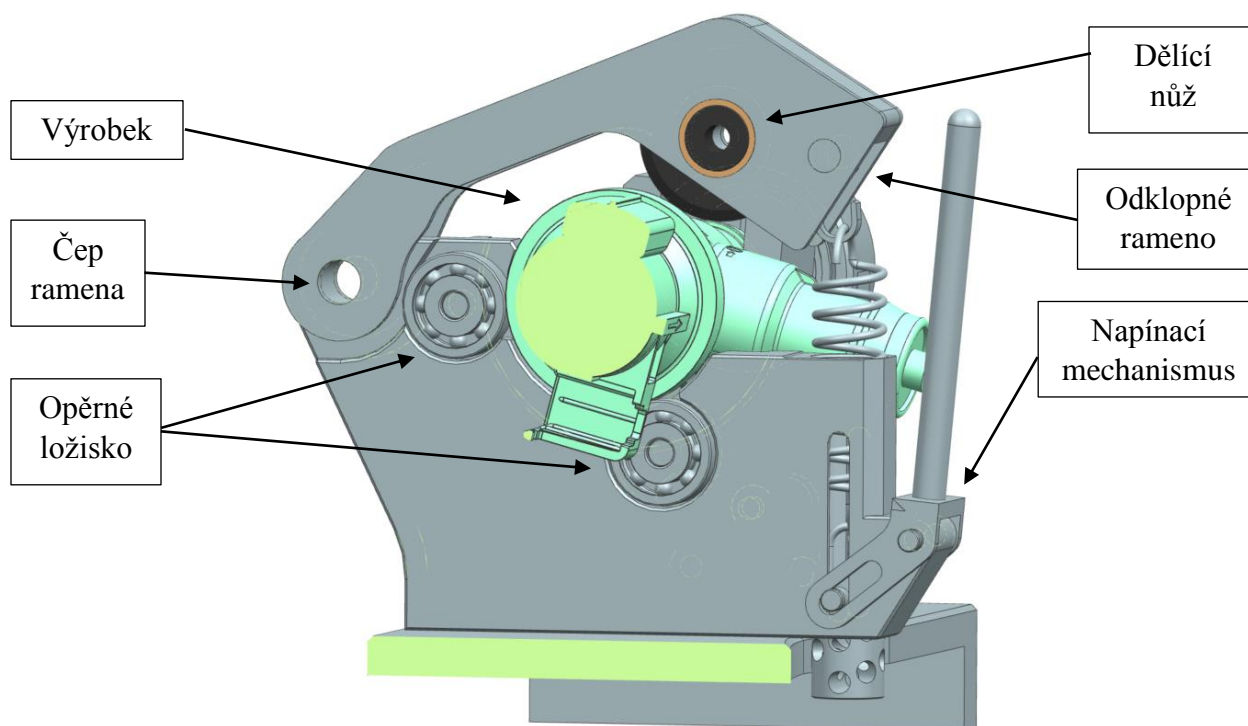
První varianta je tvořena podstavcem a většinou komponent z hliníkové slitiny pro úsporu váhy z důvodu dobré manipulativnosti. Ventil je uložen na levé straně (při pohledu zepředu) v otočném pouzdře, které je kompatibilní se všemi druhy výrobků. Uvedené pouzdro je vybaveno kuličkovým ložiskem pro zajištění plynulého otáčení při přenosu síly z ruční otočné páky na tělo ventilu. Na pravé straně je ventil vložen do otočného unášivého uložení, které je primárně určeno pro kryt LCK, ale je možné do něj přichytit nástavec, který je kompatibilní s výstupními tryskami ostatních krytů. Funkcí pravého uložení je podpora části ventilu, která by po rozdělení mohla odpadnout.



Obrázek 15 - pohled na zjednodušený 3D model první varianty

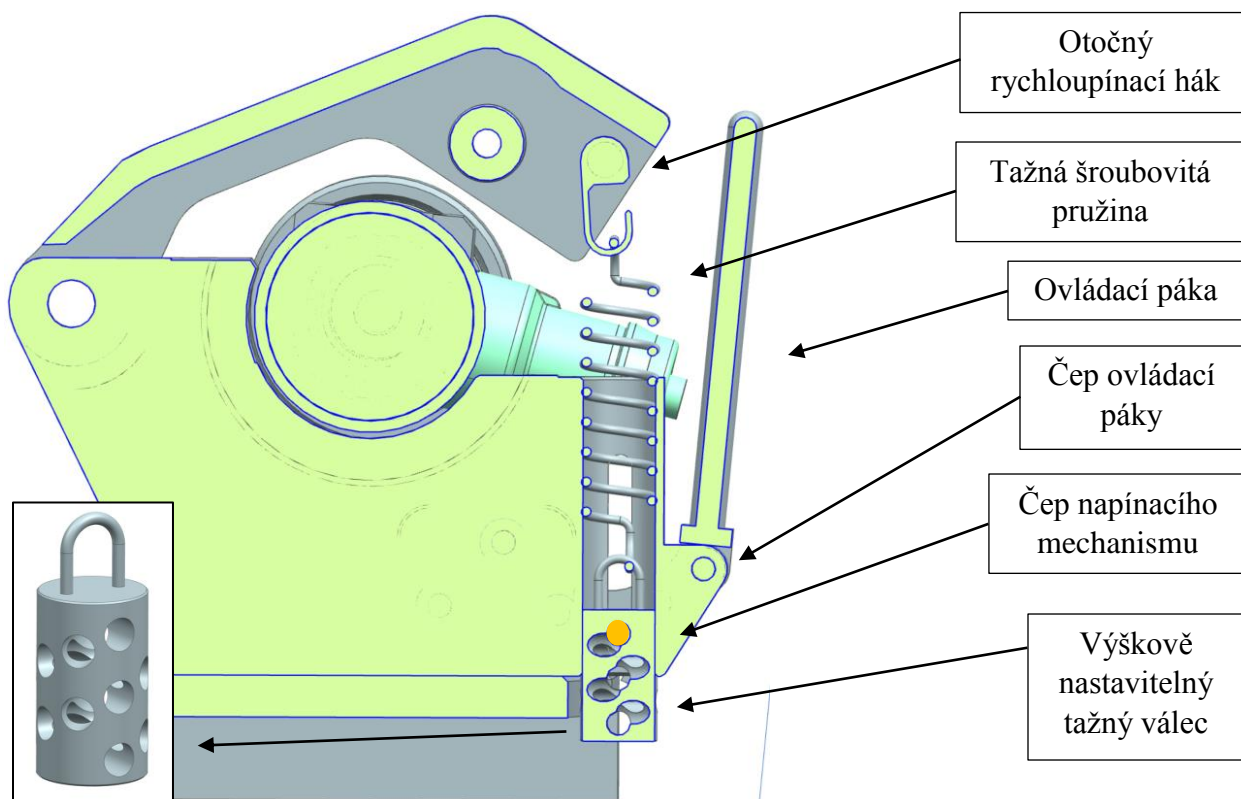


Tato varianta je svým způsobem optimalizovaná varianta původní. Je zde zachován princip otáčení výrobku mezi přitlačným nožem a opěrnými ložisky. Optimalizace oproti původnímu řešení spočívá v eliminaci zadrhávání kvůli třecím otáčecím plochám (bez valivých ložisek), dále v kompatibilitě a bezproblémovém pojetí většiny variant, v rychlosti upínání a rychlosti samotného dělení na jeden kus výrobku při zachování univerzality použití.

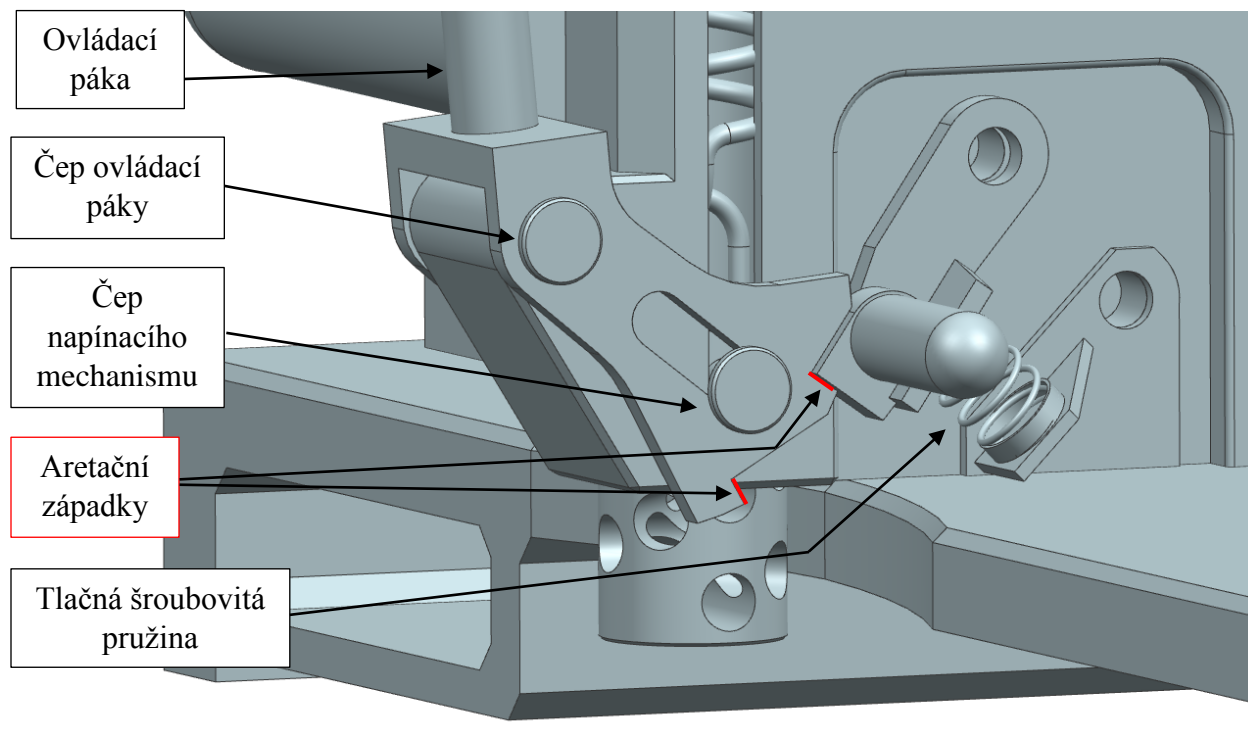


Obrázek 16 - pohled v řezu z leva a popis základních komponent

Dělení svařence zajišťuje již uvedený zvolený kruhový nůž, který však není do výrobku vtlačován nastavitelným šroubem (na rozdíl od původní varianty), ale je vtlačován šroubovitou pružinou, u které je možné zajišťovací polohou tažného segmentu (do kterého je pružina uchycena) měnit výšku a tím i její natažení. Pružinu lze případně vyjmout a nahradit ji buďto měkčí (s menší tuhostí) nebo naopak tvrdší (s větší tuhostí) pro regulaci a optimalizaci přitlačné síly. Sílu lze také měnit pozicemi ruční páky, nebo polohou čepu napínacího mechanismu v tažném segmentu. Aretace napínání pružiny je možná ve dvou polohách, které jsou určeny v prvním případě pro menší přitlačnou sílu – určenou k zařiznutí nože do svařence malou silou a vytvoření trajektorie řezu. Druhá poloha je určena pro zvýšení přitlačné síly a dokončení řezu. Tímto postupem je eliminována možná destrukce nože při příliš velké přitlačné síle a možné sklouznutí z předpokládané trajektorie (nežádoucí faktory jsou možné díky deformacím a vůlím v mechanismech). V případě, kdy by byly dvě polohy nedostačující, je možné upravit geometrii napínací páky a aretační západky přidat.



Obrázek 17 - řez napínacím mechanismem a jeho popis

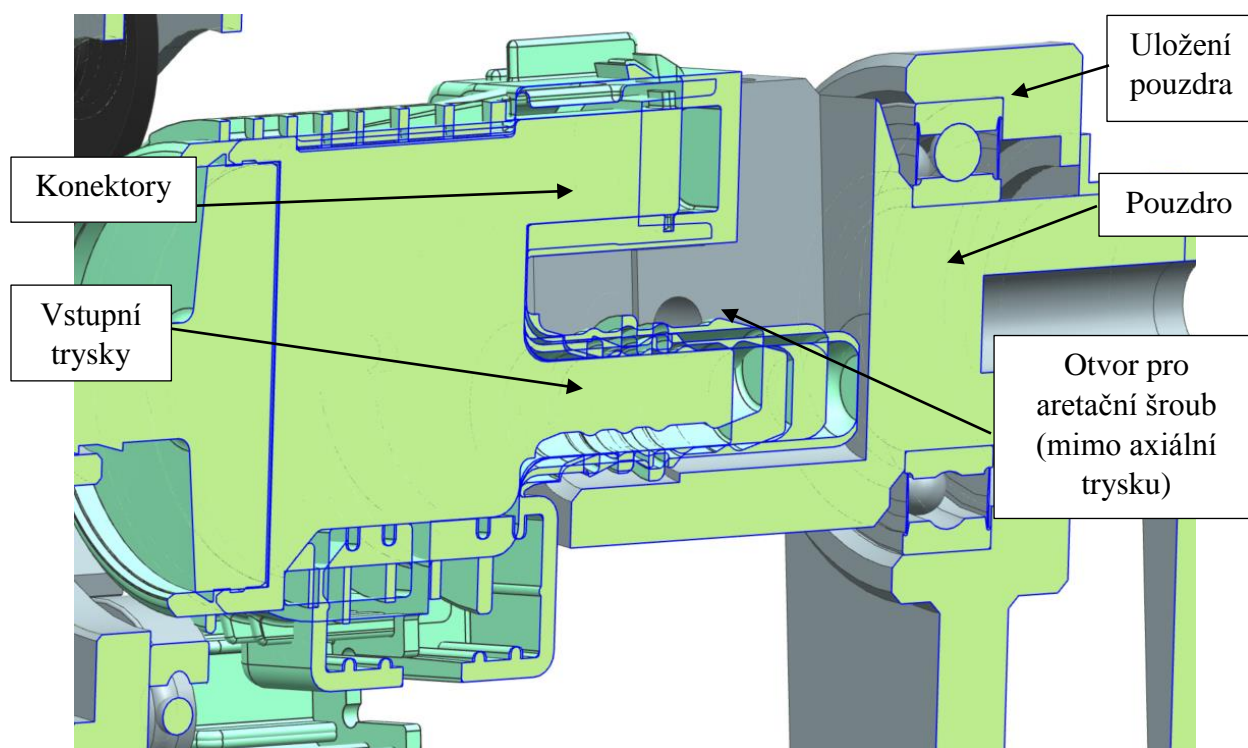


Obrázek 18 – znázornění a popis napínacího a aretačního mechanismu



Uložení pouzdra ventilu a opěra ventilu jsou na obou stranách k základní desce uloženy pohyblivě z důvodu kompatibility a nastavení optimálních vzdáleností pro konkrétní variantu výrobku (varianty mají proměnlivé délky jak vstupních i výstupních trysek, tak i proměnné délky přípojovacího konektoru). Po nastavení požadované polohy je možné uložení fixovat například šroubem zespona podstavce (šroub projde drážkou v podstavci a utáhne se do závitu v pouzdru).

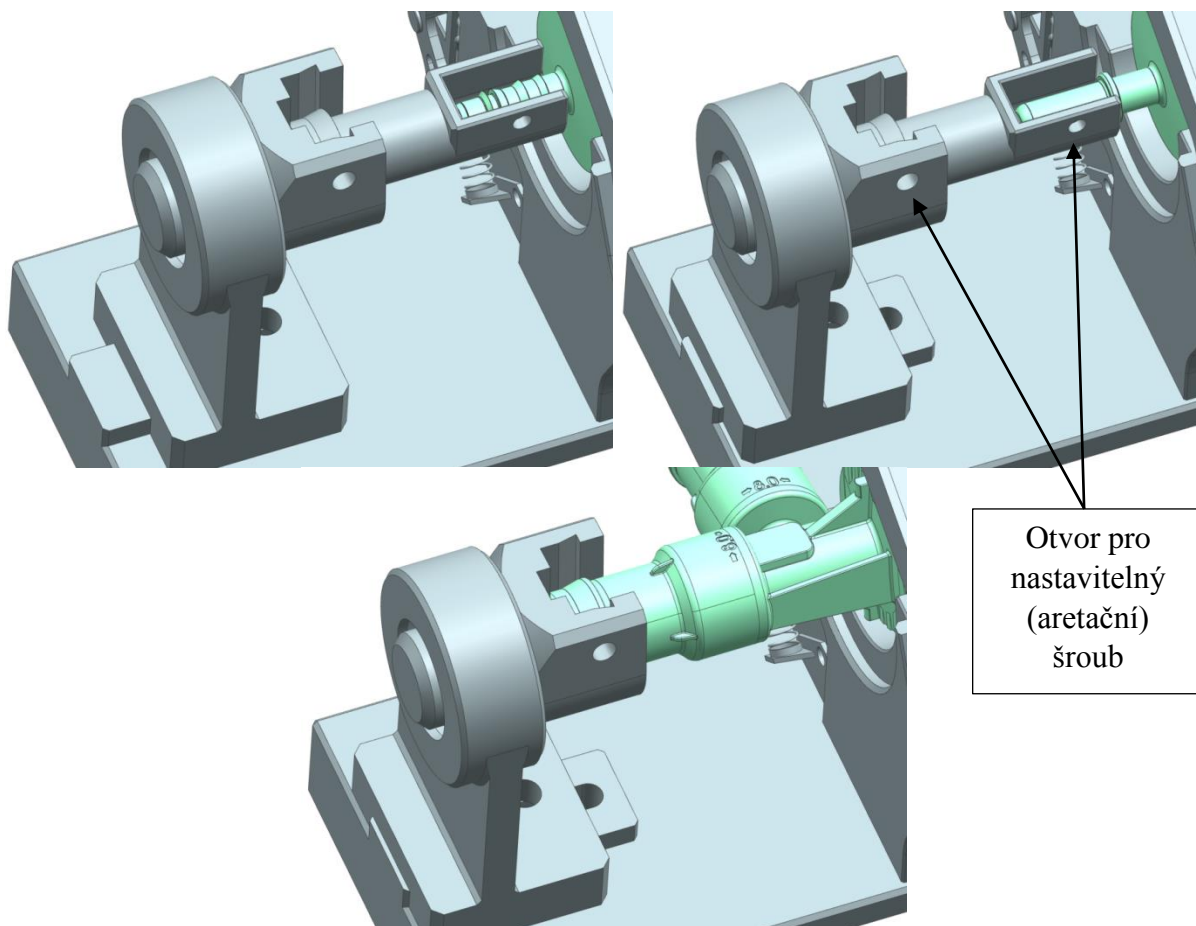
Na zařízení se vyskytují i předpřipravené otvory pro aretační šrouby či jiné aretační řešení. Aretace výrobku je vhodná v případech, kdy by se výrobek s malou tryskou a malým konektorem potenciálně vzpříčil v pouzdře, které musí pojmout i trysky a konektory největší.



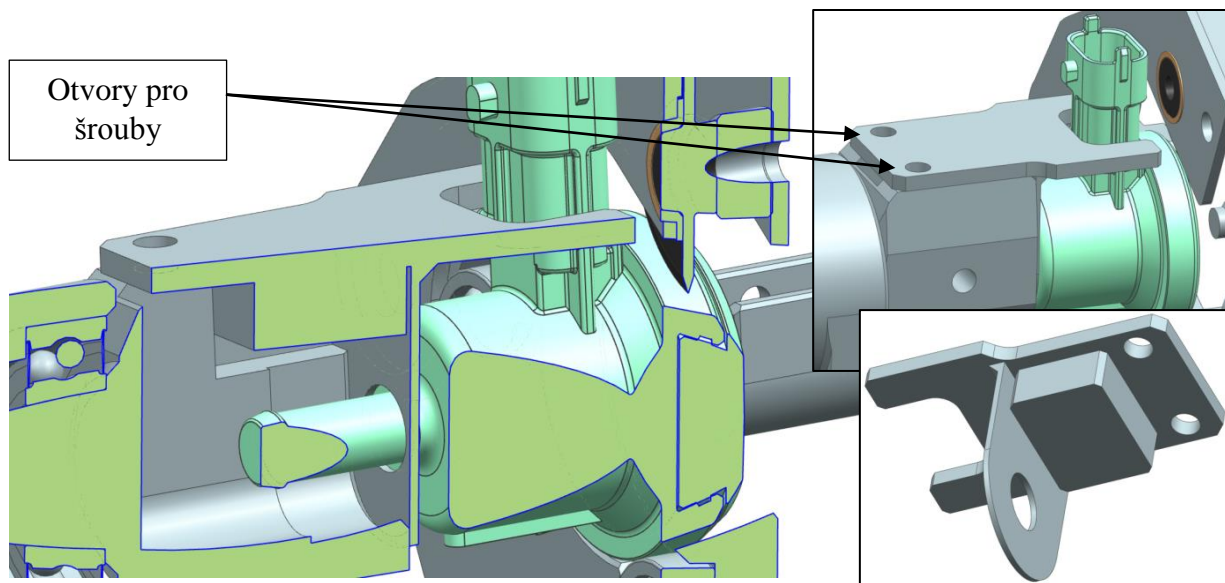
Obrázek 19 - řez všemi variantami výrobku v otočném pouzdře (mimo h-C, h-D) - rozdílná délka vstupních trysek a konektorů

Obdobně může aretace sloužit u výstupní trysky k přesnějšímu vedení a stabilizaci polohy v osové směru svařence. V případě krytu LCK je v pravé části otočného pouzdra již zajištěna fixace polohy v osové směru i bez aretačního řešení (díky geometrii výstupní axiální trysky a geometrii pravé opěry zařízení).

V případě axiální vstupní trysky a konektoru v kolmém směru na osu výrobku (varianta h-C a h-D) je zařízení dovybaveno o osový odnímatelný segment, který může být přichycen šrouby k již uvedenému otočnému pouzdru. Odnímatelný segment zajistí vedení axiální trysky a přenos síly pomocí vidlice, do které je zasazen konektor.

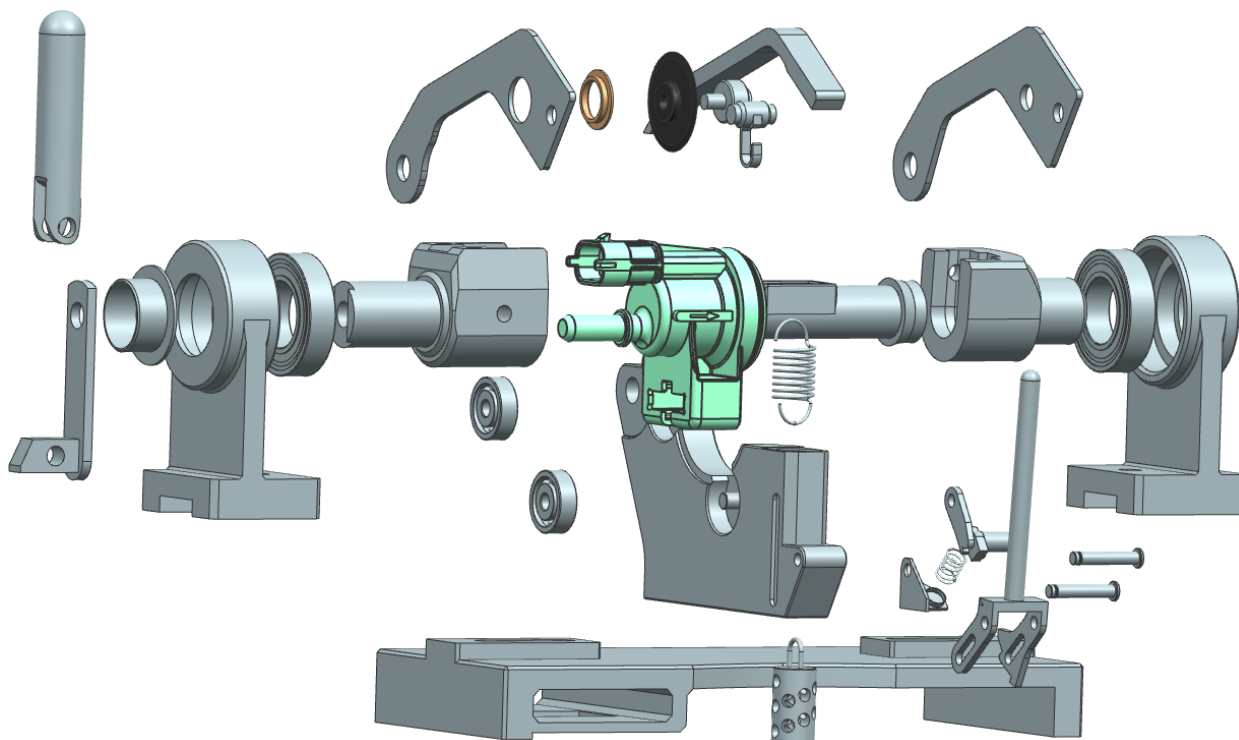


Obrázek 20 - znázornění pravé opěry a její posunutí v závislosti na vybraných variantách (seshora zleva: c-F, c-I, LCK-B)



Obrázek 21 - znázornění vedení a přenosu síly u varianty s axiální vstupní tryskou

Proces založení výrobku do zařízení je relativně jednoduchý. Pro umístění výrobku do zařízení je nutné, aby bylo rameno s kruhovým nožem odklopeno dozadu (do ramene nesmí být zaháknuta napínací pružina). Po založení výrobku do zařízení je rameno překlápáno přes výrobek dopředu. Po překlápnutí je k ramenu zaháknuta šroubovitá pružina připojena na druhé straně k napínacímu mechanismu. Překlápnutím ovládací páky napínacího mechanismu do první a následně druhé polohy je pružina napnuta a zařízení je připraveno k dělení svařence. Průběžným otáčením (v postupných dvou napínacích polohách) ruční kliky dojde k jeho rozdělení. Po rozdělení je celý proces vedoucí k vyjmutí částí výrobku opačný základnímu procesu.

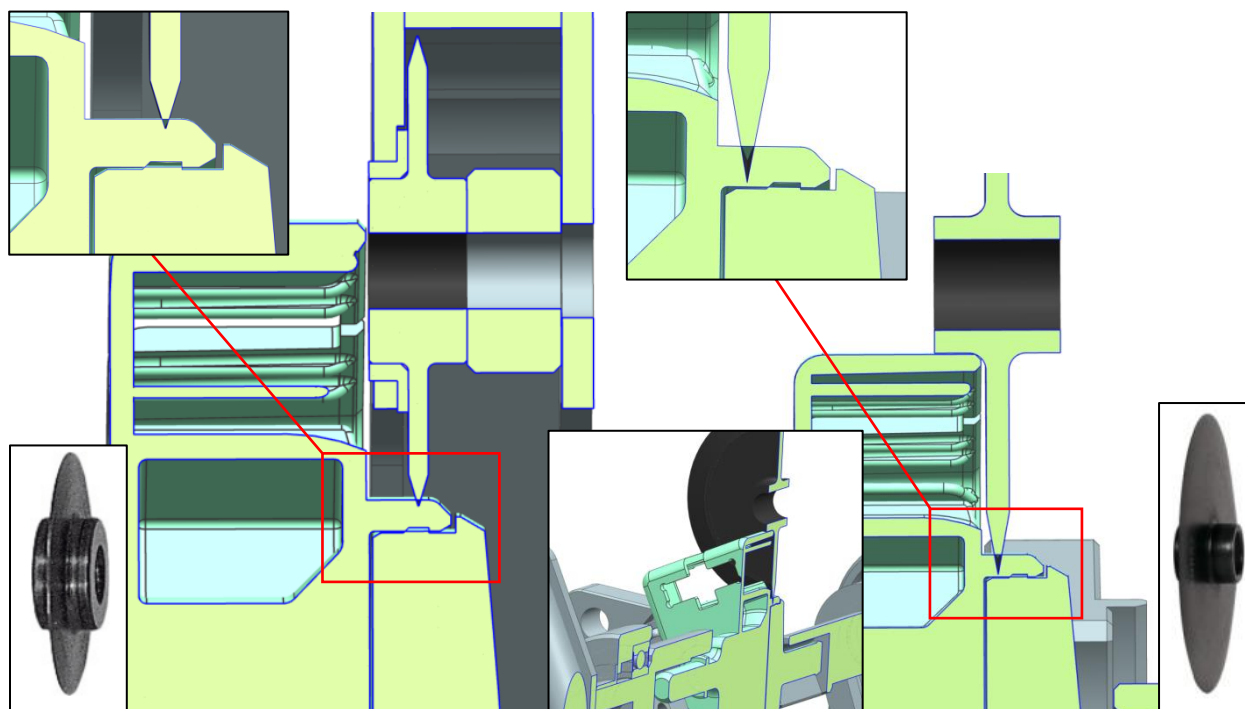


Obrázek 22 - pohled na rozložené komponenty zjednodušeného 3D modelu první varianty

Varianta byla navržena bez geometrických úprav vyměnitelných komponent. Mezi vyměnitelné komponenty lze zařadit opěrná kuličková ložiska výrobku, ložiska vedení pouzder zařízení a neposlední řadě třecí pouzdro kruhového nože, či samotný kruhový nůž.

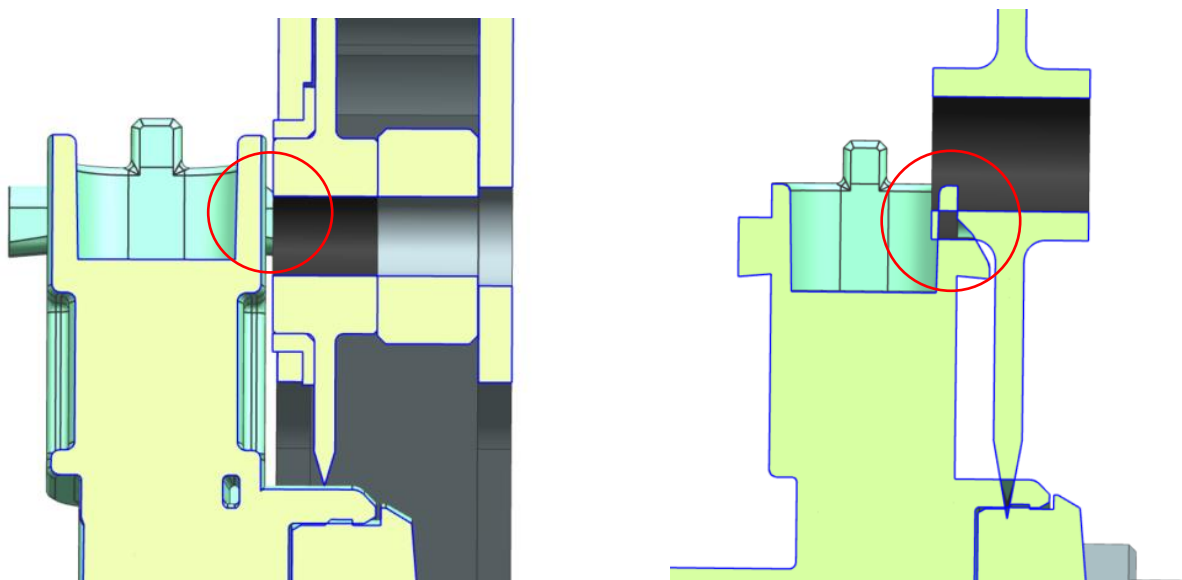
V této práci byl zvolen kruhový nůž zn. Horex od jednoho z dodavatelů zadavatele. Tento kruhový nůž je optimální střední cestou mezi velikostí průměru (který je požadován co největší pro geometrickou zástavbu výrobků, avšak s rostoucím průměrem je méně stabilní v místě řezu) a šířkou nože (jenž nesmí být moc malá, aby bylo zajištěno dostatečné vedení nože, ale nesmí být ani moc velká, aby byla zajištěna prostorová úspornost). Pro co největší prostorovou úspornost je nutné nůž vést nikoliv osou uvnitř nože, ale z jedné strany na jeho osazení a z druhé strany předpokládaným průchozím čepem. Čep nemůže vyčnívat nad nůž z důvodu kolize s výrobky (viz obrázek 24).

Z hlediska potencionálního vyhnutí se problému s uložením se nabízí varianta nože s větším průměrem (v rámci možné nabídky a očekávatelné dobré stability v místě řezu). Při větším průměru je možné uložení nože odsunout mimo problematickou oblast (kde se vyskytují části výrobku TEV). Na následujícím obrázku je demonstrováno užití kruhového nože o průměru 51 mm, který i tak není dostatečně velký, aby bylo zajištěno při jeho opotřebení dostatečného průniku výrobkem. Jedná se o nůž s průměrem 51mm zn. Garant opět od jednoho z dodavatelů zadavatele této práce.



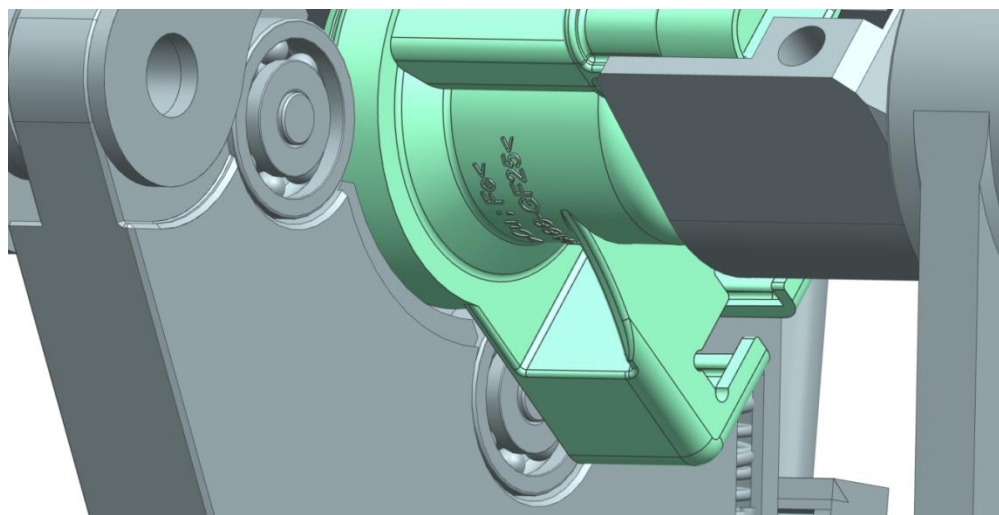
Obrázek 23 - demonstrování užití nože o vnějším průměru 30 mm (vlevo) a nože o vnějším průměru 51 mm (vpravo) při dělení varianty h-B včetně znázornění krajní situace (řezu), [1],[2]

U varianty výrobku h-B je možné nožem o průměru 30 mm výrobek stále rozdělit, ale je nutné proříznout i stěnu krytu, což není žádoucí z důvodu možného vniknutí nečistot. V případě většího nože o průměru 51 mm je za předpokladu prasknutí a neopotřebení nože možné tuto variantu rozdělit. V situaci menšího nože a varianty h-C případně h-D je po odebrání jazýčku konektoru možné výrobek bezproblémově rozdělit. Pro tuto variantu (h-C a h-D) nelze použít nůž o větším průměru, protože zde dochází ke kolizi samotného nože (a to i bez zohlednění jeho uložení) jak lze vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 24 - problematická část konektoru a kolize variant h-C / h-D při užití rozdílných nožů

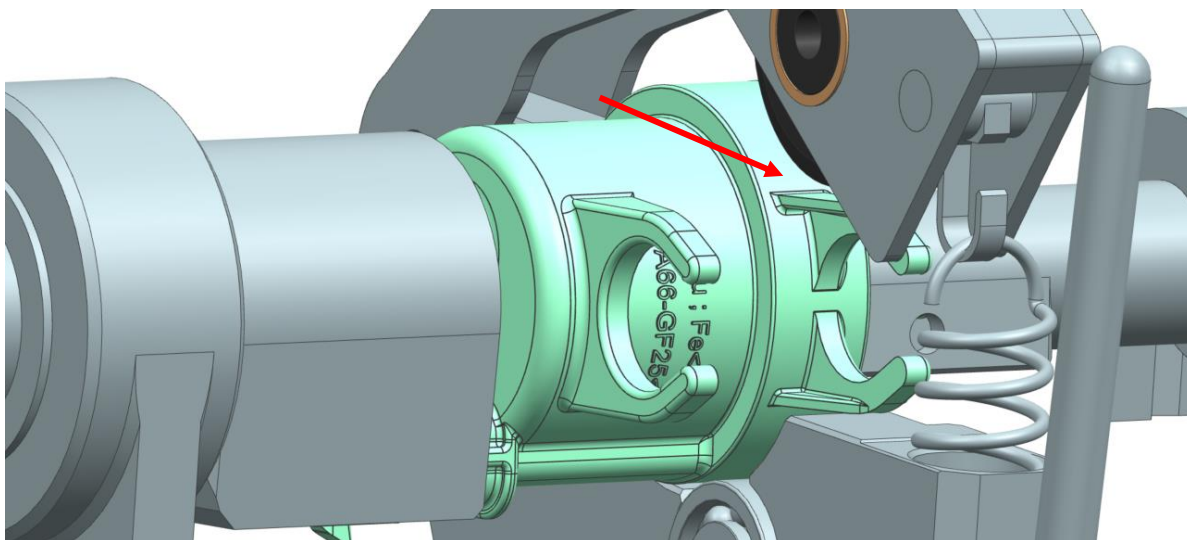
Kvůli problematické variantě h-B je potřebné zajistit uložení ložisek prostorově velmi úsporně. V této variantě je uvažováno nalisování ložisek na opěrnou desku. Z tohoto důvodu by bylo vhodné v opěrné desce vyrobít průchozí díry, aby bylo zajištěno jednoduché demontování ložisek v případě potřeby. Díky tomuto jednostrannému uložení je zajištěna potenciálně co největší styková opěrná plocha ložiska většiny variant výrobku při očekávaném větším namáhání opěrné desky (nosičů ložisek).



Obrázek 25 - jednostranné uložení ložisek první varianty

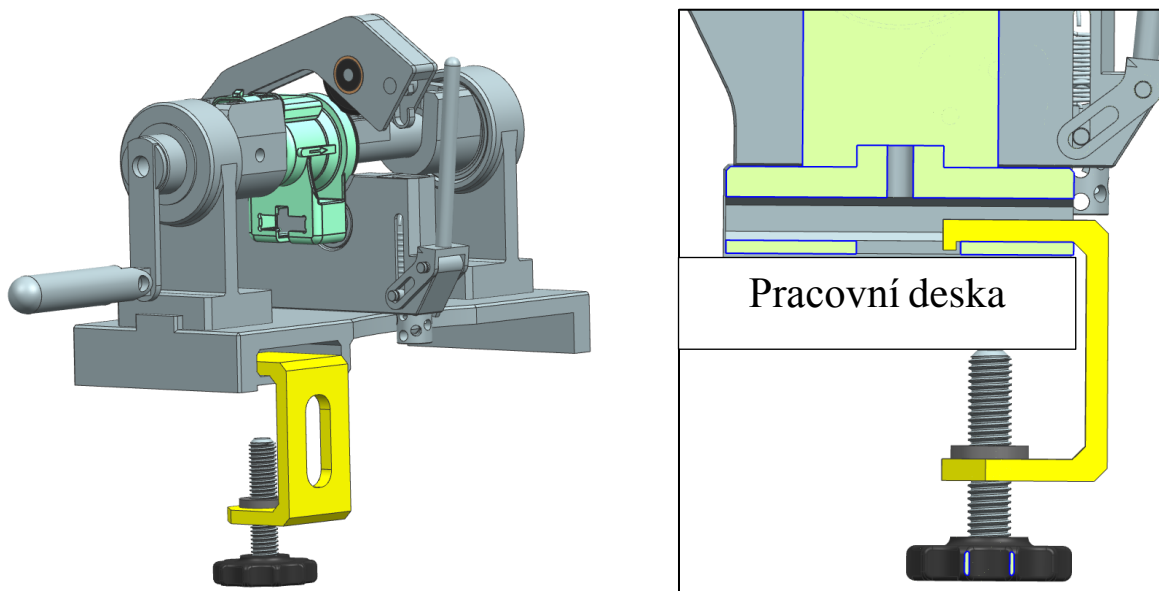
Neřešitelným problémem zůstává varianta výrobku h-G. U této varianty je po odebrání držáku na válcové ploše možné zasadit výrobek do zařízení (povrch výrobku musí být hladký, jinak by mohlo dojít k zaseknutí o jedno z ložisek, případně o válcovou plochu opěrné desky a její prohlubně).





Obrázek 26 – problematická varianta h-G

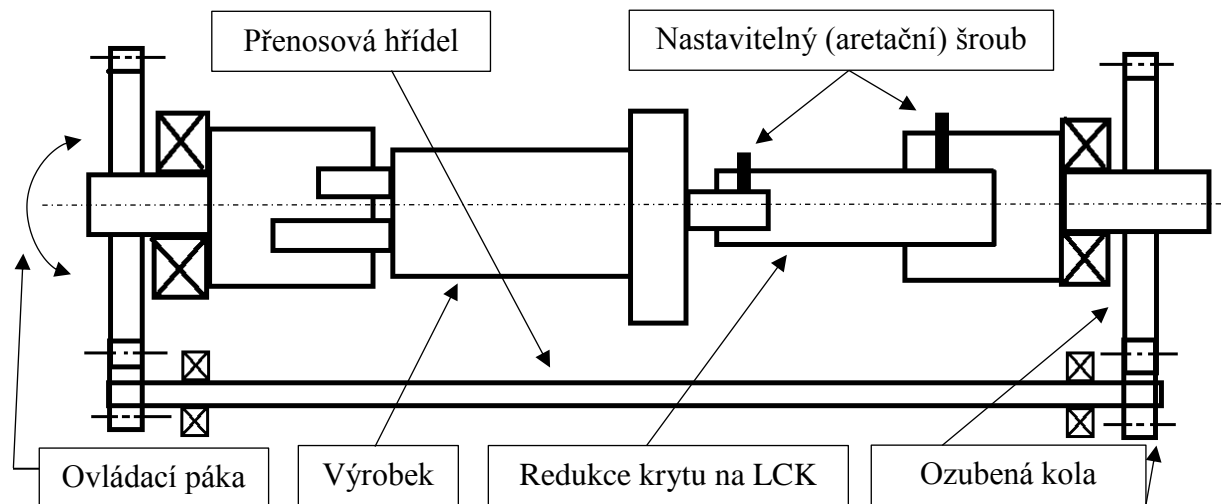
Aby bylo možné zařízení uchytit k pracovnímu stolu, je na základní desce vytvořen otvor, do kterého lze zasunout stolní svěrku, která po dotažení zajistí fixovanou polohu. Pro zabránění poškození pracovní desky při dotahování je vhodné závit opatřit na konci otočným talířkem (pro rozložení svěrné síly – není vyobrazeno na 3D modelu).



Obrázek 27 - znázornění použití stolní svěrky (zleva: na celé zařízení; v řezu základní deskou)

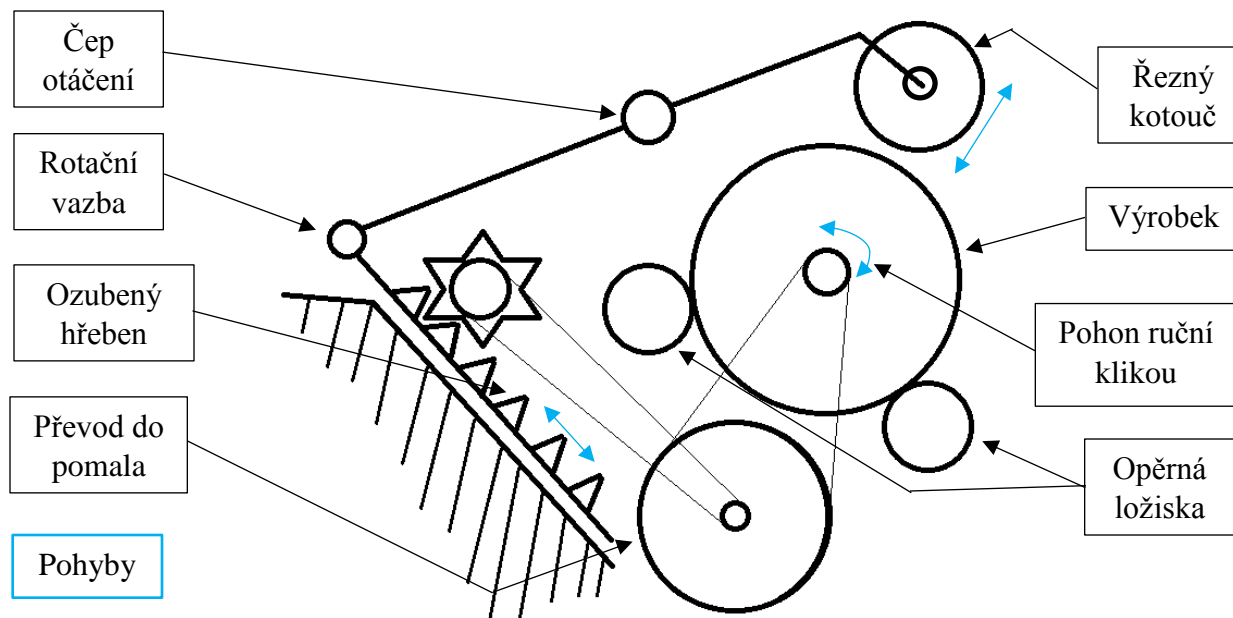
Uvedená koncepční varianta zařízení může disponovat různými modifikacemi, které se týkají částí, které by mohli funkčnost zařízení podpořit či zlepšit, ale také ztížit konstrukci nebo samotnou montáž (výrobu) zařízení. Pro následující uvedené modifikace zařízení byl zachován princip otáčení výrobku mezi pevně ukotvenými opěrnými ložisky a vtláčeným kruhovým nožem.

Modifikace A je doplněna o spojovací hřídel mezi pouzdem přenášející sílu z ruční páky a opěrným segmentem na protější straně. Díky spojovací hřídeli a ozubenému převodu lze zajistit odpovídající otáčení obou stran najednou. Při doplnění aretačních šroubů do patřičných míst lze pevně upnout i pravou (většinou kratší) část výrobku. Tímto řešením lze zabránit nechtěnému pootočení jedné části rozděleného svařence vůči druhé.



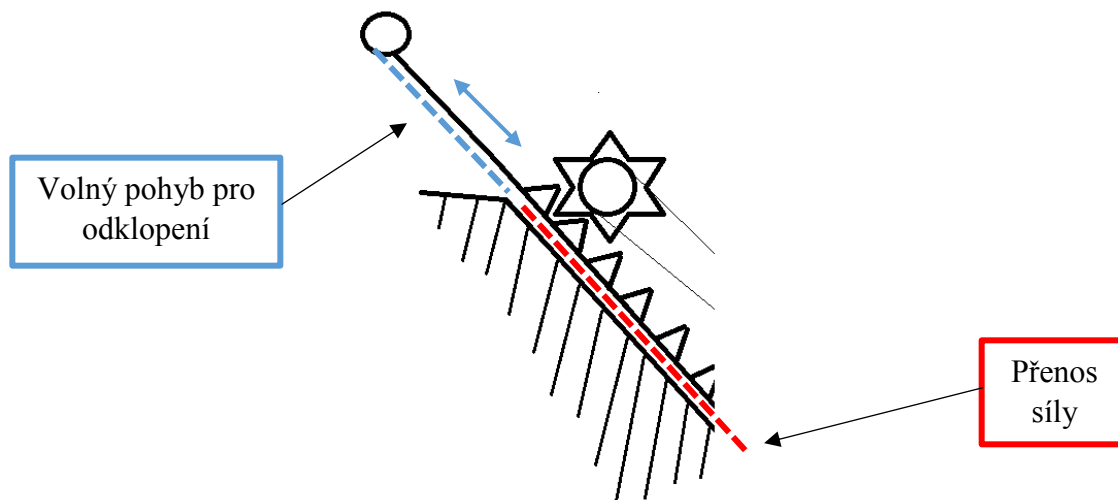
Obrázek 28 – zjednodušené schéma modifikace A první varianty – silový přenos z obou stran výrobku

Další modifikací by byla například možnost jiného mechanismu a řešení přítlačné síly nože. Mezi takové případy lze řadit převod otáčivého pohybu na posuvný pomocí ozubeného kola a ozubeného hřebenu. Posuvným pohybem a následným přepákováním lze zajistit plynulé mechanické vtlačení kruhového nože do výrobku.



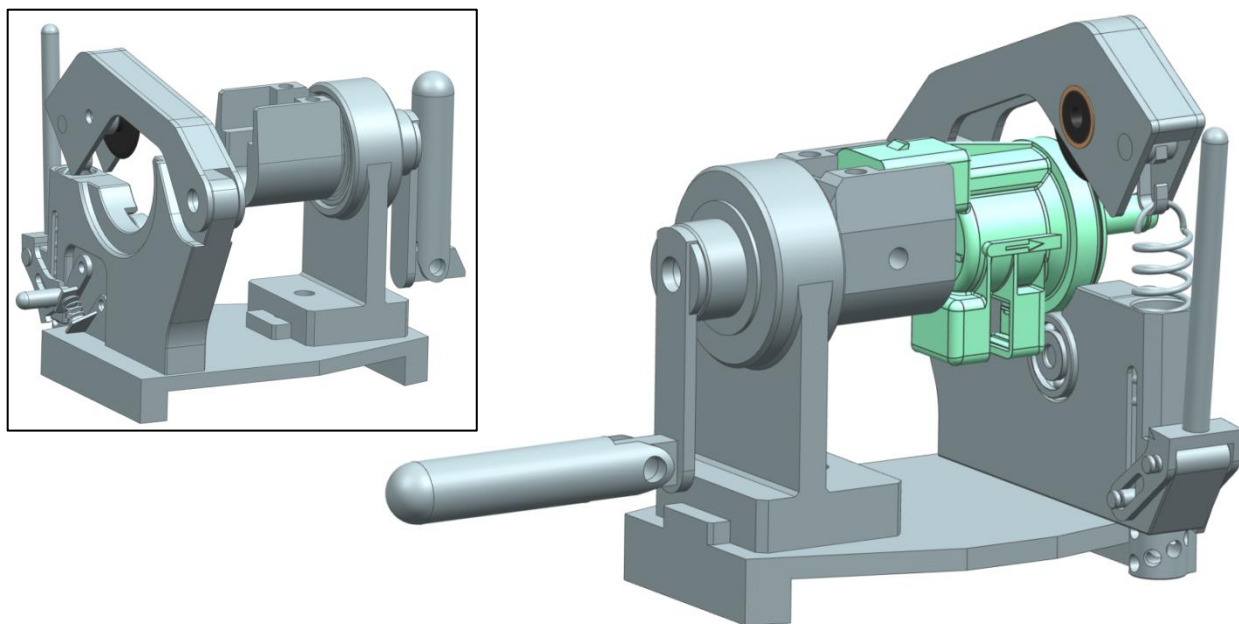
Obrázek 29 – zjednodušené schéma modifikace B první varianty

Vhodným konstrukčním řešením ozubeného hřebene lze navíc docílit podobného efektu jako u pružiny. Efektem je myšleno rychlé odklopení a volný pohyb ramene k lepšímu zakládání či vyndávání svařence. Po překročení ozubené části hřebenu ozubeným kolem lze s hřebenem libovolně pohybovat.



Obrázek 30 – znázornění úseků přenosu přítláčné síly u modifikace B

V případě, že není potřeba vedení výstupních trysek, je možné v rámci modifikace celou pravou část odebrat a dosáhnout tak kompaktnějšího řešení. Tuto úpravu lze také zahrnout do modifikace B (bez znázornění zmíněného přítláčného mechanismu v následujícím 3D modelu).

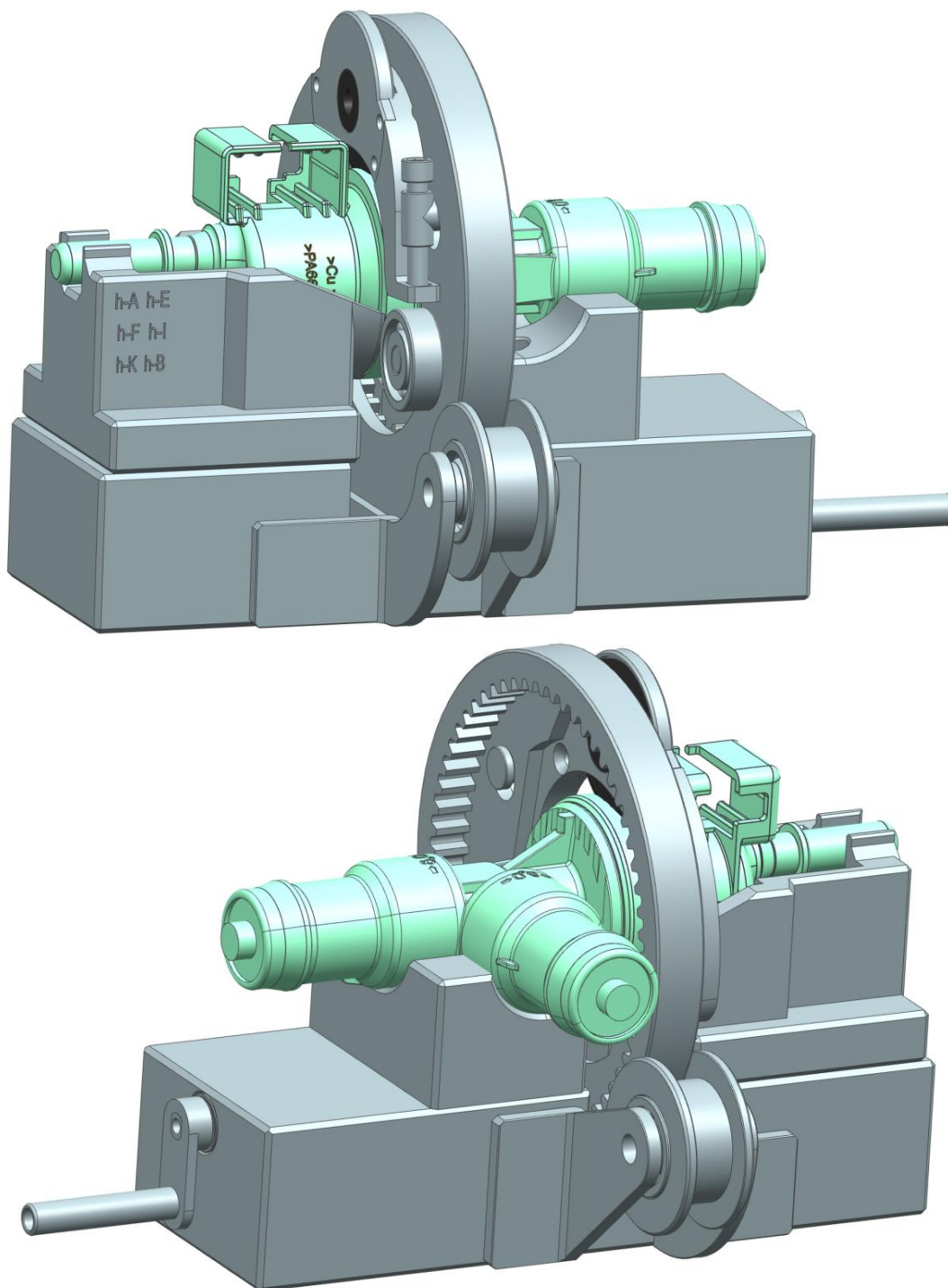


Obrázek 31 – pohled na zjednodušený 3D model kompaktnější verze první varianty při užití kombinace h-H a c-I a jeho kompaktnost pro skladování



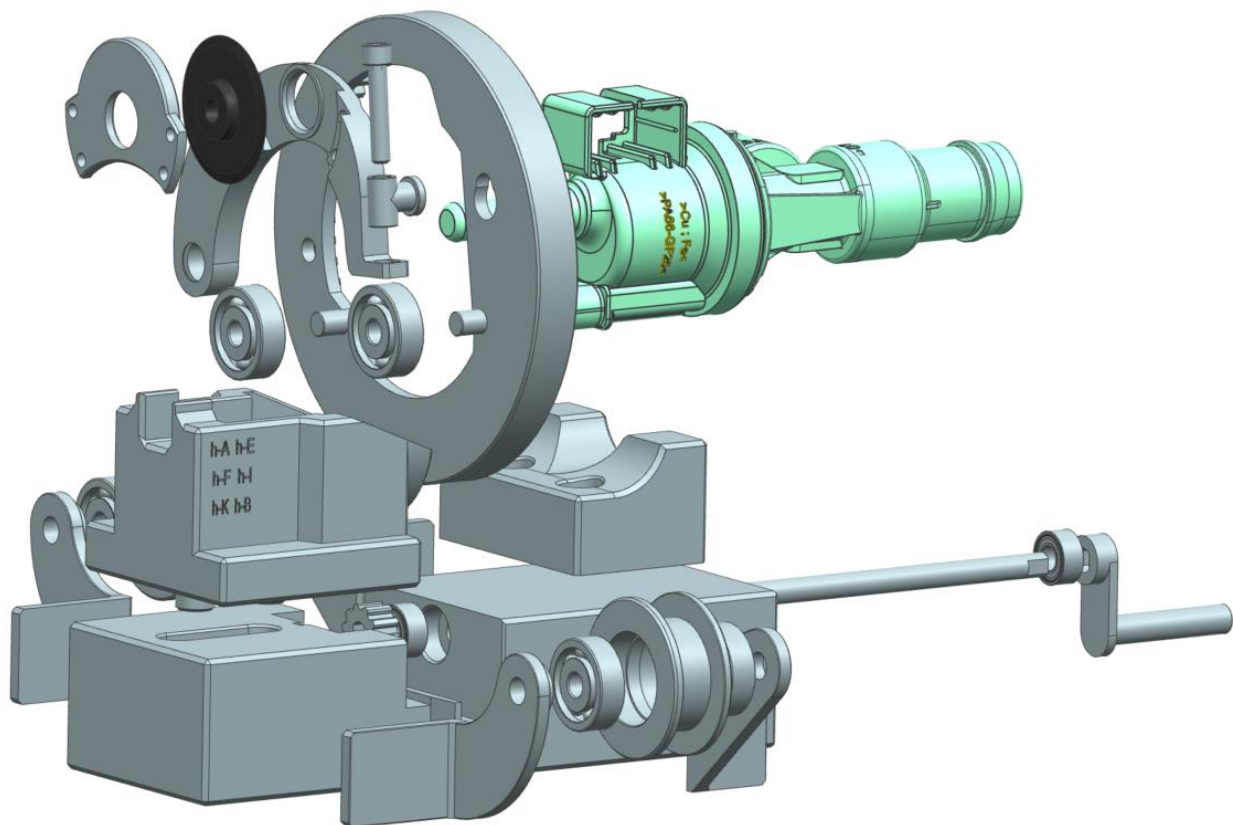
### 3.2. Druhá varianta

Druhá varianta je tvořena podstavcem a většinou komponent taktěž z hliníkové slitiny, opět pro úsporu váhy. Tato varianta disponuje pevným uložením výrobku do výměnných segmentů v levé části a otočným kolem nesoucím přítláčný dělicí nůž a opěrná ložiska.



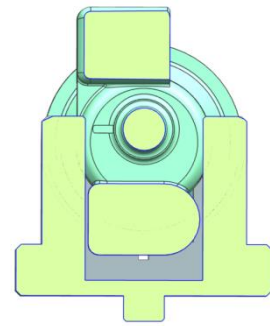
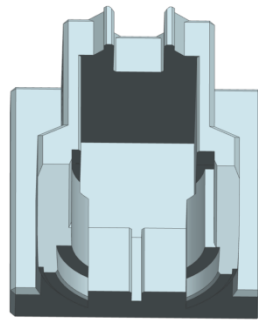
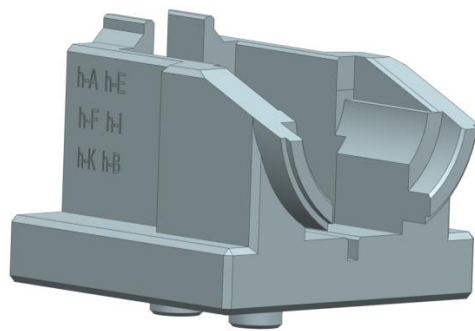
Obrázek 32 - pohled na zjednodušený 3D model druhé varianty

Otočné kolo se skládá ze dvou částí z důvodu potencionální jednodušší výroby. První část je deska, ve které jsou všechny otvory a díry. Tato část je nosná pro přítlačný dělicí nůž a oporu ventilu tvořenou kuličkovými ložisky, které jsou z prostorových důvodů opět jednostranně nalisovány. Druhá část je tlustší a disponuje vnitřním ozubením. Předpokládané spojení těchto dvou částí je šrouby (na 3D modelu jsou tyto dvě části zobrazeny dohromady).



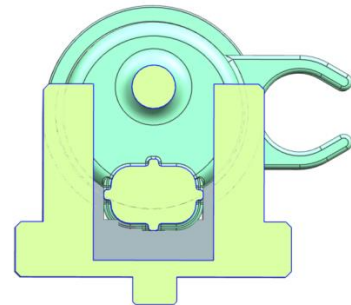
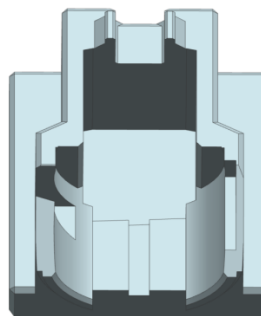
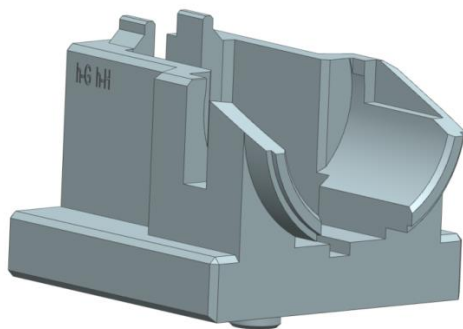
Obrázek 33 – pohled na rozložené komponenty zjednodušeného 3D modelu druhé varianty

Ventil je uložen ve výměnných segmentech, které jsou uzpůsobeny vždy největšímu možnému počtu výrobků. Segmenty jsou ve většině vystředěny na podstavec dvěma kolíky. V jednom případě (pro nejvíce) variant, tyto kolíky musí umožňovat posunutí ve směru osy výrobku z důvodu možného nastavení vzdálenosti od otočného kola a zároveň kvůli optimálnímu založení do zařízení (obdobně jako v první variantě). Pro jejich aretaci by bylo možné opět umístit do jednoho z kolíků zespoda desky (viz obrázek 35) šroub s podložkou, který by po dotážení pevně nastavil pozici segmentu a navíc zamezil jeho přizvednutí. Na pravé straně v případech krytů není opora výstupní trysky. V případě krytu LCK je zde odnímatelná ložná plocha pro radiální i axiální trysku. Výměnné segmenty včetně jejich možného využití pro uvedené varianty jsou znázorněny na následujícím obrázku.



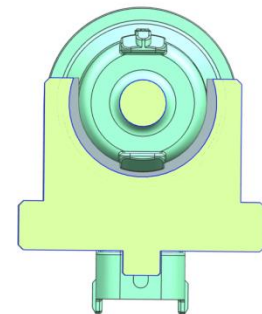
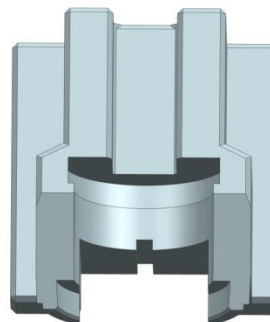
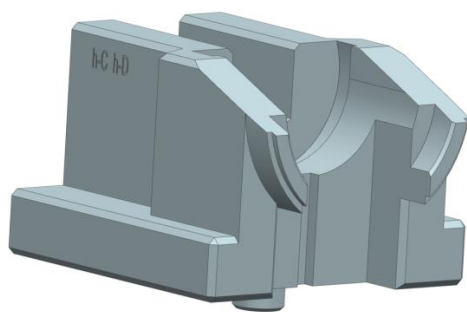
Vhodné pro: h-A, h-B, h-E, h-F, h-I, h-K

---



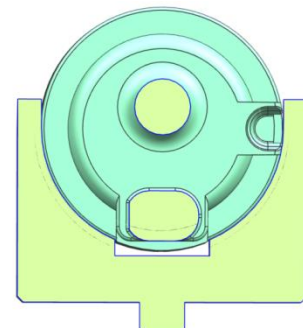
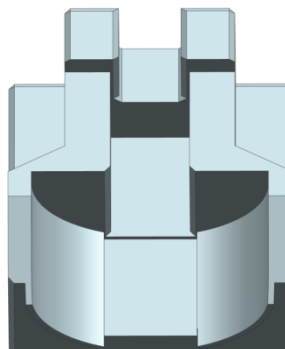
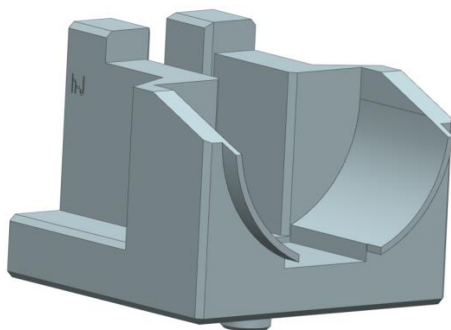
Vhodné pro: h-G, h-H

---



Vhodné pro: h-C, h-D

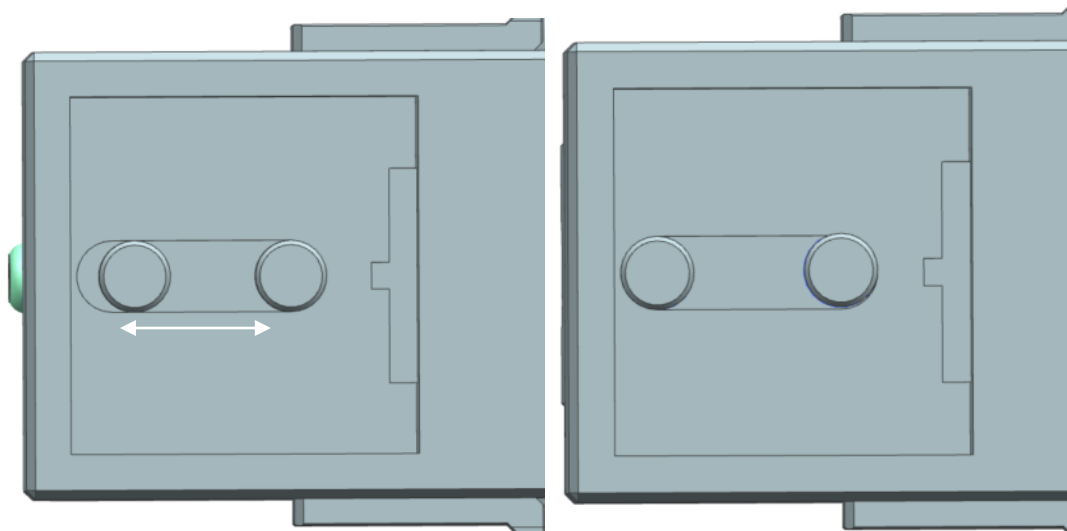
---



Vhodné pro: h-J

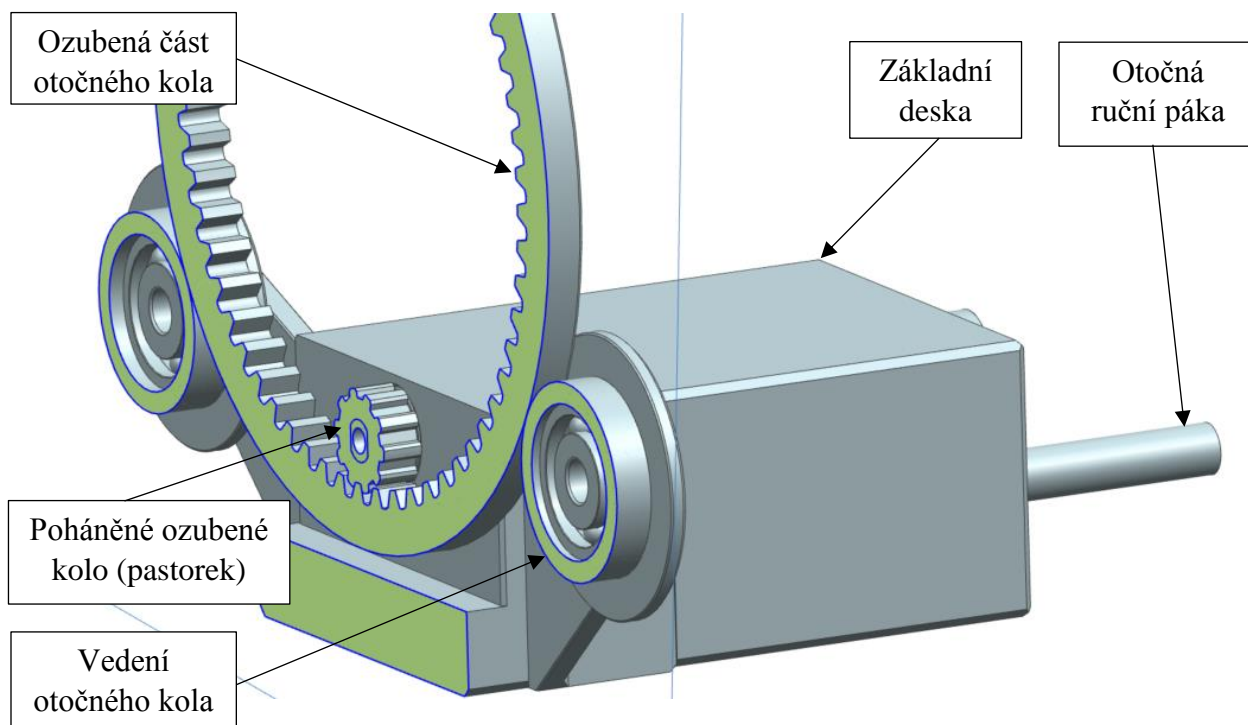
---

Obrázek 34 - znázornění možných upinacích segmentů druhé varianty



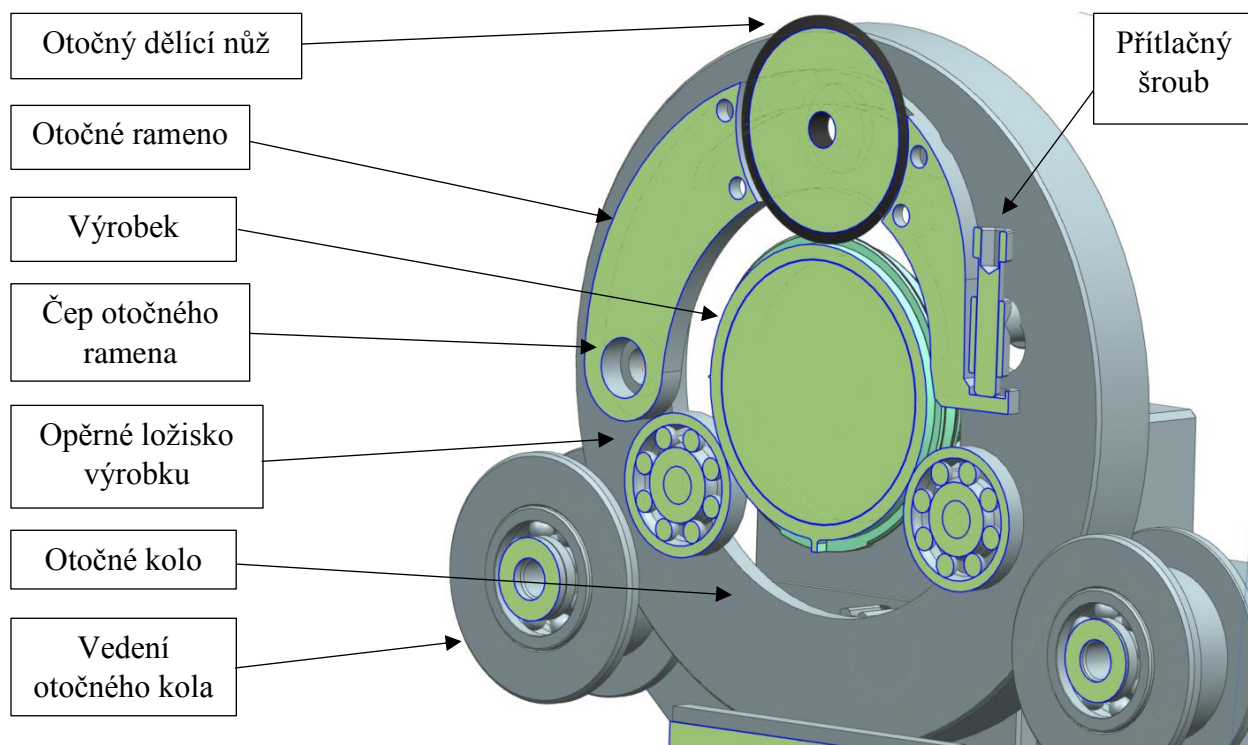
Obrázek 35 - pohled zespoda na otvor v základní desce a středící kolíky segmentů v pohyblivé a nepohyblivé variantě (vlevo: pohyblivá)

Dělené otočné kolo je vedeno dvěma osazenými válci opět s kuličkovými ložisky. Samotné středy kuličkových ložisek jsou pevně spojeny pomocí držáků se základní deskou. Jako třetí místo vedení a zároveň zajištění otáčení otočného kola, je pastorek. Pastorek doléhá na vnitřní ozubení otočného kola a je pevně spojen hřídelí s otočnou ruční pákou. Při otáčení pákou se otáčí pastorek a ten otáčí celým kolem, na kterém je unášen i přitlačovaný kruhový nůž.



Obrázek 36 – řez uložením otočného kola

Kruhový nůž je do výrobku vtlačén pomocí otočného ramene, které má na jedné straně uvažovaný čep zajišťující otáčení a na druhé straně je přitlačován přitlačným šroubem. Na tomto rameni je také umístěn kryt nože, proti případnému poranění, nebo špatnému vedení nože při otáčení ve spodní části zařízení.

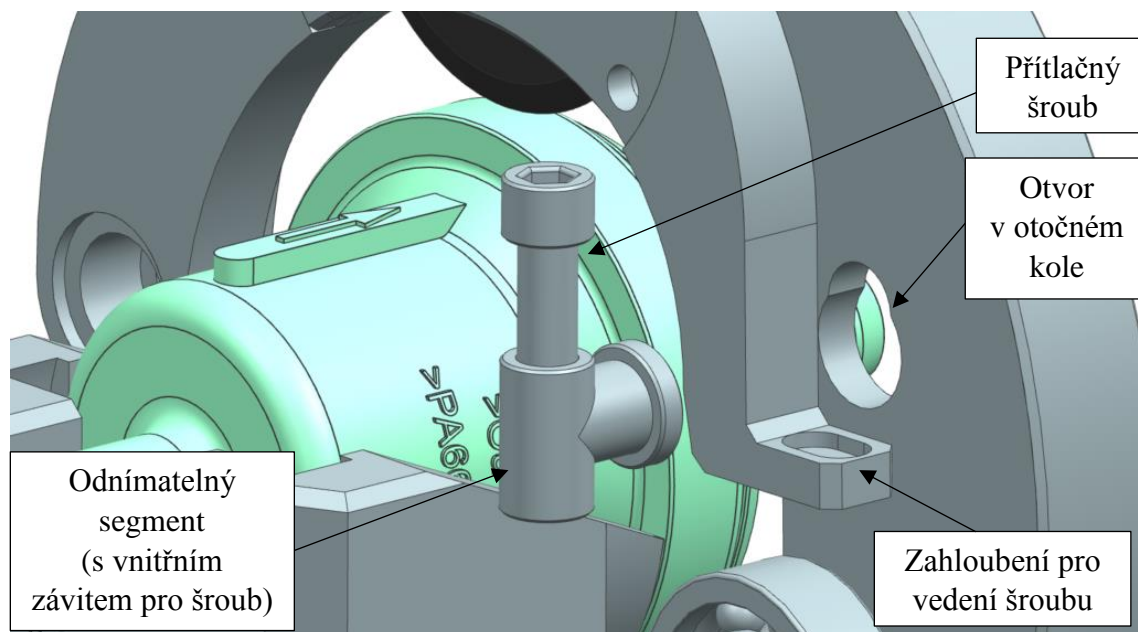


Obrázek 37 - řez druhou variantou včetně popisu hlavních součástí

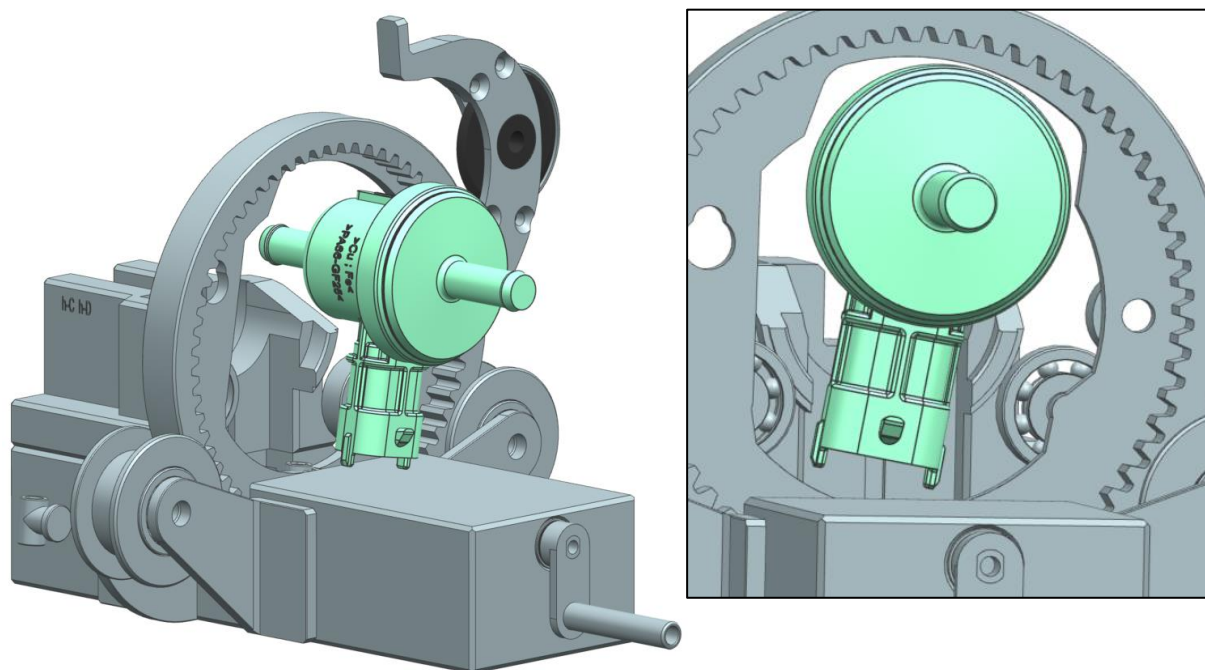
Kvůli velkému rozdílu počtu zubů na pastorku a na otočném kole se jedná o převod do pomala. Pro jednu otáčku otočným kolem by bylo potřeba velkého množství otáček ruční kliky. Samozřejmě, že díky tomuto převodu je potenciálně otáčení klikou velmi jednoduché, ale je časově velmi zdlouhavé, což není žádoucí. Vhodnou optimalizací by byla převodovka na hřídeli, která by tento poměr přiblížila alespoň 1:2 (otáčka kola:otáčka kliky).

Pro založení výrobku musí být povolen přitlačný šroub, aby bylo možné ho společně s odnímatelným segmentem vyjmout z otočného kola a tím se uvolnilo rameno. Pro povolení, nebo utahení je nutné použít konkrétní kompatibilní, nejlépe ruční šroubovák. Poté může být rameno odklopeno a skrz otočné kolo, nebo nad vyměnitelným segmentem může být výrobek založen, nebo vyjmut. Po založení je postup opačný. Postupným utahováním šroubu dochází k vtlačení kruhového nože. Tento přenos síly má výhodu plynulé regulace hloubky proříznutí, avšak v případě nerovnosti neumožní noži kopírování povrchu (využitelné u varianty h-J, kde se nacházejí na válcové ploše žebra, viz obrázek 38). Nevýhodou je nutnost používání ručního šroubováku a to několikrát na rozdělení jednoho výrobku.



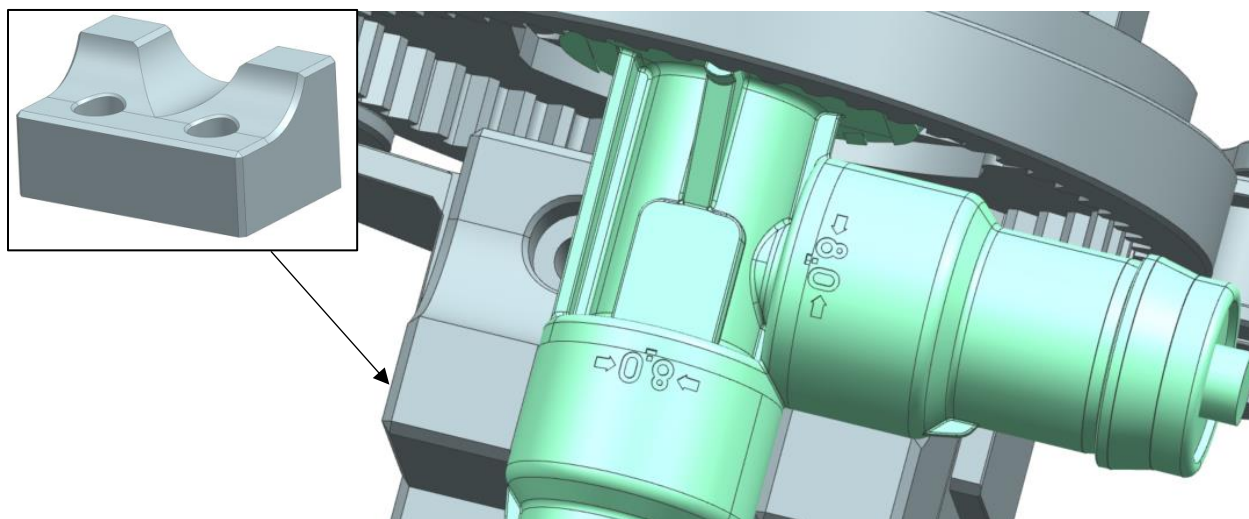


Obrázek 38 - znázornění odnímatelného segmentu s přítlačným šroubem pro možné odklopení ramena



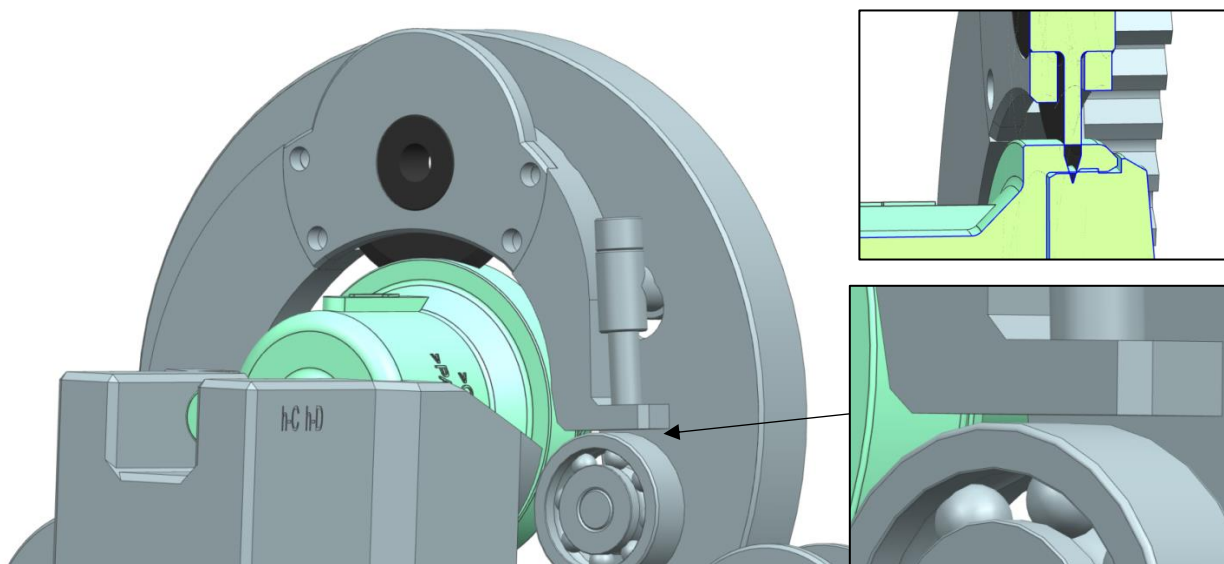
Obrázek 39 - znázornění odklopení ramena a zakládání/vyjímání kombinace h-C a c-D skrz otvor v otočném kole

Kromě zakládání skrze otočné kolo, jak je znázorněno na obrázku více, lze většinu výrobků založit seshora nad výměnnými segmenty. Skrz otočné kolo musí být založeny také výrobky s krytem LCK. U tohoto výrobku je možné doplnit již zmíněnou opěrnou část v pravé straně. Opěrná část zajistí fixaci polohy po rozdělení svařence a zabrání pootočení jedné strany rozděleného výrobku vůči druhé.



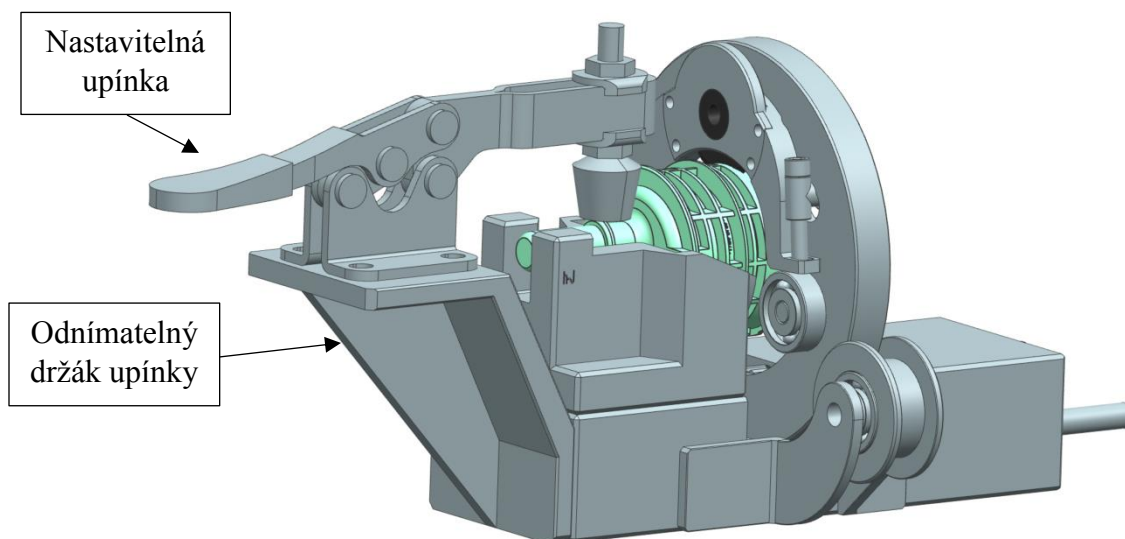
Obrázek 40 - znázornění odnímatelné podpory pro kryty LCK (na obrázku LCK-B)

Při úplném zašroubování přitlačného šroubu je hloubka průniku skrz výrobek dostatečná (jak lze vidět na následujícím obrázku). V této krajní poloze je zajištěna i nepatrná vůle mezi otočným ramenem a opěrným ložiskem výrobku, aby nedošlo k dotyku a zablokování ložiska (neočekává se tak velká hloubka proříznutí jako je zobrazena – z tohoto důvodu je předpokládána vůle u ložiska větší).



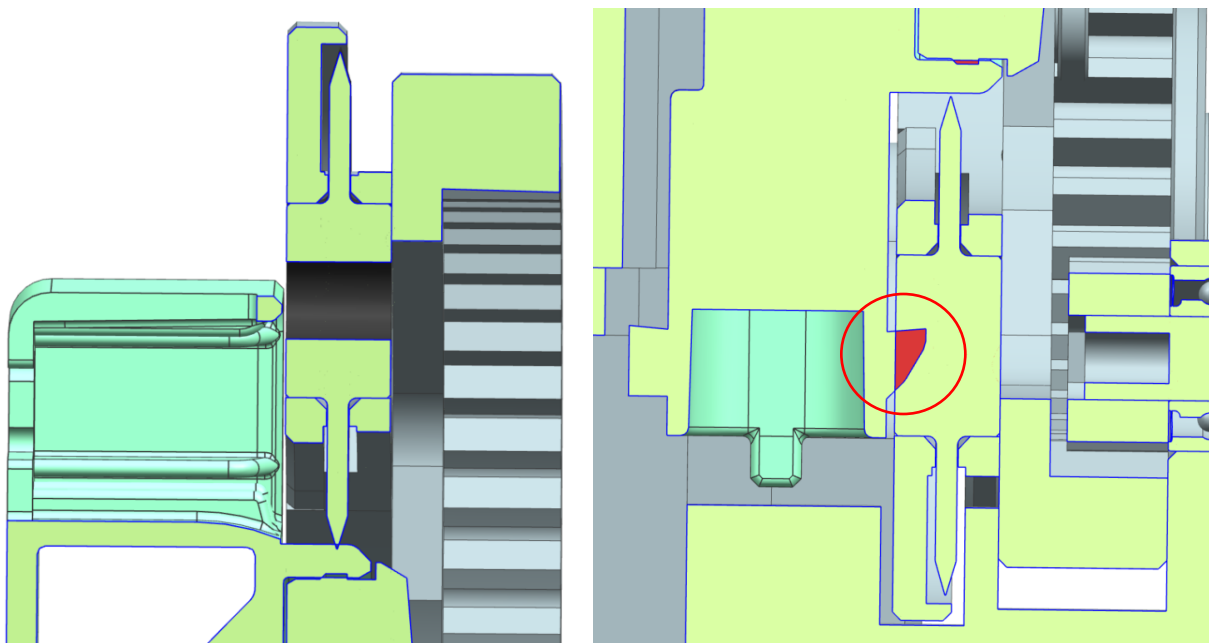
Obrázek 41 – znázornění krajní koncové polohy přitlačného šroubu pro proříznutí výrobku včetně detailu a zobrazení hloubky řezu

Pokud by došlo při otáčení kola k přizvednutí nebo jinému nežádoucímu pohybu výrobku vlivem nedostatečné opěrné geometrie v segmentu, je potencionálně nutné doplnit k zařízení upínku (nejlépe nastavitelnou, aby se mohla přizpůsobit kterékoliv variantě výrobku). Upínka zajistí pevnou pozici výrobku v segmentu, čímž zabrání poškození, nebo destrukci komponent zařízení v případě vyosení výrobku a nepozornosti obsluhy.



Obrázek 42 – znázornění použití nastavitelné upínky

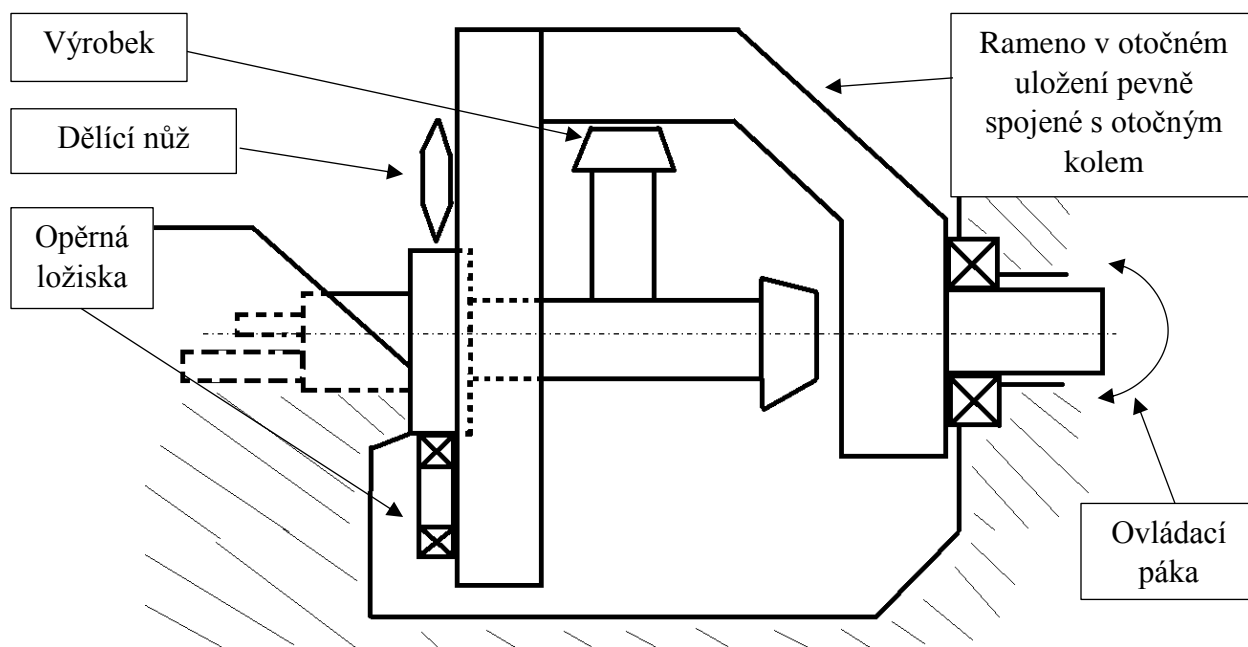
Z hlediska kompatibility s variantami výrobku se zde vyskytuje stejný problém u typu h-B. Lze ho opět rozdělit nejdále v místě svaru po proříznutí obou stěn výrobku. Pro eliminaci problému s použitým nožem by byla nutná jeho úprava – zmenšení jeho šířky, čímž by došlo ke zmenšení vodící plochy nože, která už v tomto případě je velmi malá. V případě menšího nože s menším průměrem je tento problém totožný. Vedení nože by bylo nejlepší pomocí vnitřní osy a opěr ze stran nože, jako je tomu u komerčního trubkořezu, což není z důvodu zástavbových rozměrů v tomto případě (stejně jako použití trubkořezu) možné. U variant h-C a h-D postačí opět odebrat jazýček konektoru.



Obrázek 43 - řez druhé varianty při použití varianty h-B (vlevo) a h-C/h-D (vpravo)

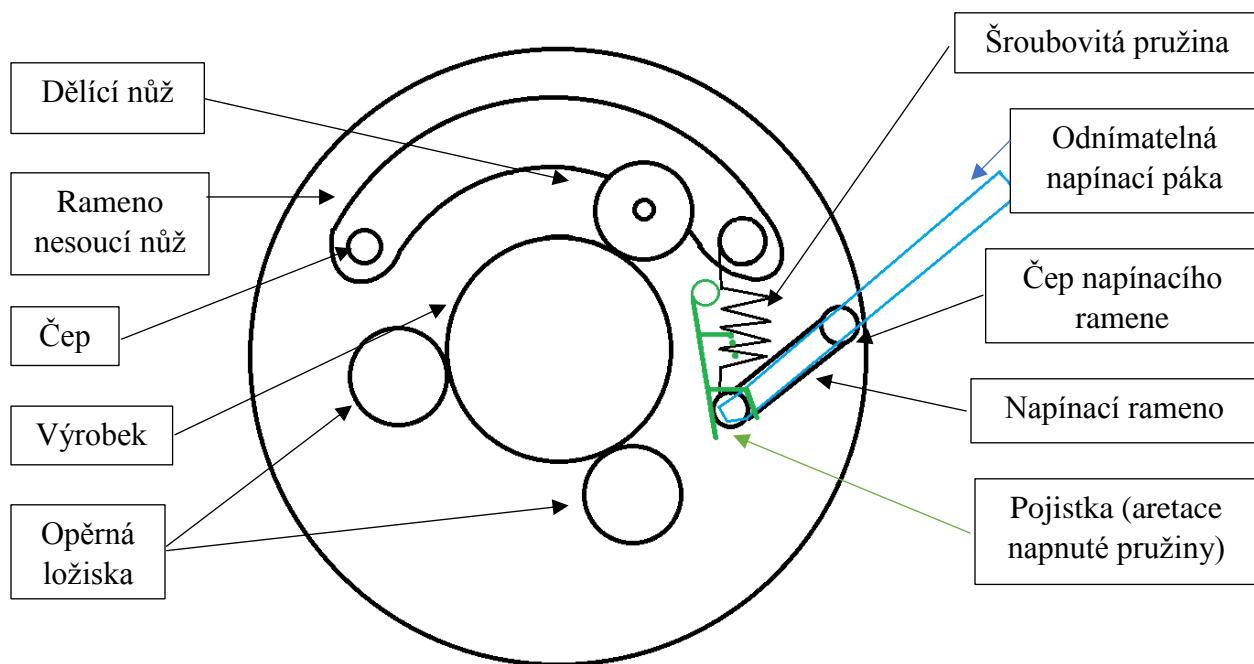


I tato varianta může disponovat několika modifikacemi. Nejvíce znatelná z hlediska obtížnosti na výrobu a chod zařízení může být modifikace přenosu síly z ovládací kliky na otočné kolo. Ve variantě byla tato problematika řešena ozubeným převodem. Jednou z vhodných modifikací by byla náhrada ozubeného ústrojí dlouhým ramenem, které by bylo pevně spojeno s otočným kolem (již bez vnitřního ozubení) a mělo otočné uložení v pravé části základní desky. Zároveň je nutné zajistit průchodný prostor pod ramenem pro delší části svařenců - kryty LCK (nebo v opačném směru výrobku - variant h-A, h-B, atd.). Nevýhodou této modifikace je rostoucí vzdálenost funkčních součástí (nůž, ložiska) od uložení ramene. Vůle v uložení se projeví při nárůstu této vzdálenosti více, a proto je nutné počítat i s většími vůlemi u opěrného segmentu výrobku, aby nedošlo ke kontaktu opěrného segmentu s ramenem.



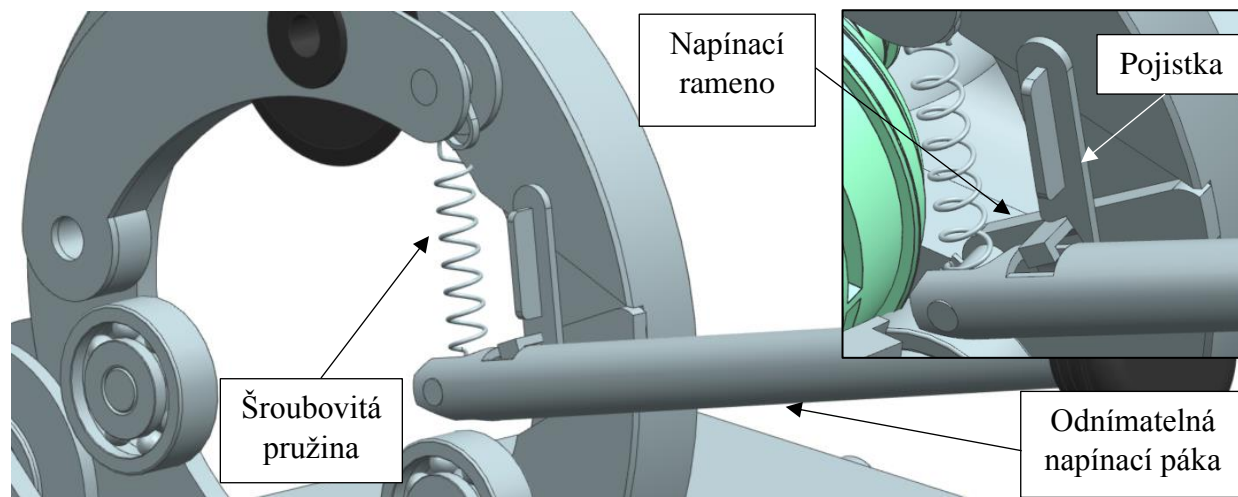
Obrázek 44 – schéma modifikace A druhé varianty

Další možnou modifikací by byla změna způsobu přítlačné síly dělicího nože. Mezi možné způsoby lze zařadit opět šroubovitou pružinu s několika aretačními stupni. Do modifikace lze také zařadit změnu počtu otočných kol. Při užití dvou kol dále od sebe a nožem umístěným mezi nimi je možno zajistit větší stabilitu nože. Zároveň je s tím spojen nárůst průměrů kol, protože musí být zajištěna průchodnost celého svařence (při zakládání) a všech ostatních potřebných komponent.



Obrázek 45 – zjednodušené schéma modifikace B druhé varianty

V uvedené variantě není kvůli požadavkům a problematickému pouzdru h-B příliš místa v okolí kruhového nože a tím i pro potencionální pružinu. Z tohoto důvodu by nemuselo být toto řešení vhodné v případě potřeby výměny pružiny za pružinu s větším průměrem či jinou délkou.

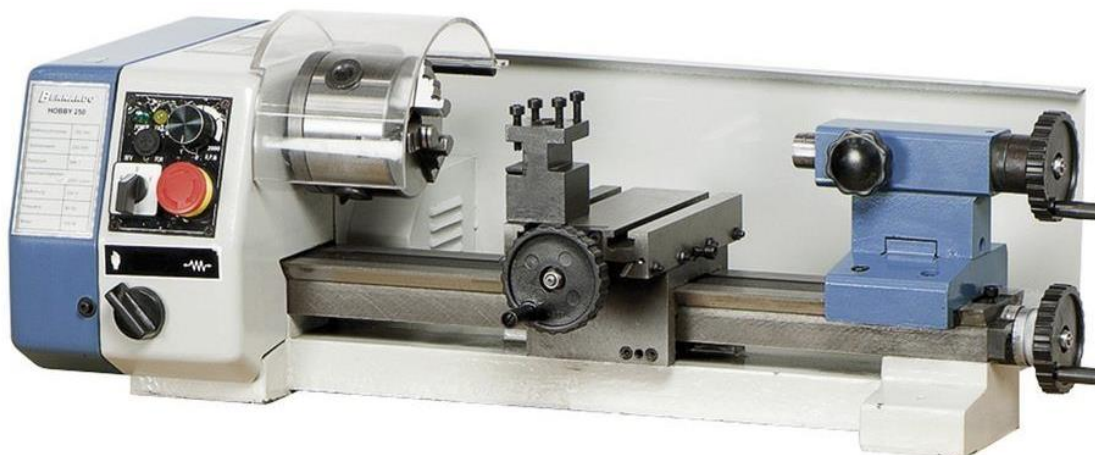


Obrázek 46 - možné provedení jiného přitlačného mechanismu modifikace B

U tohoto koncepčního řešení pevně umístěného výrobku a otočného dělicího nástroje se nabízí užití čepele v místě ramena (a kruhového nože) s jakýmkoliv provedením přitlačné síly. Nicméně tento aspekt (technologie dělení) byl zvolen již v kapitole 2.2, a proto je zde uveden pouze jako možný návrh (ne jako potencionální možná modifikace varianty).

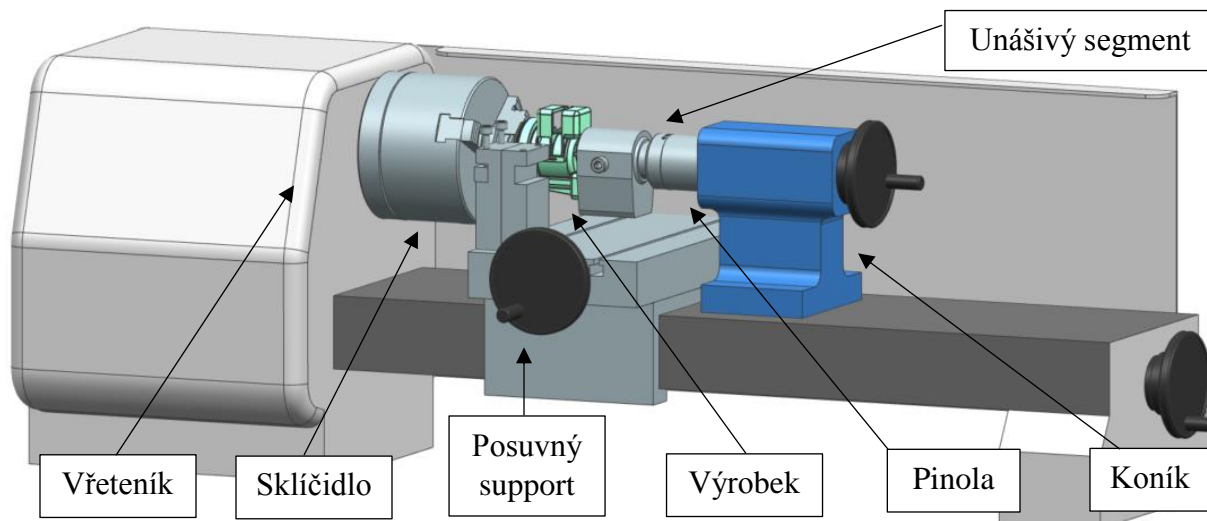
### 3.3. Třetí varianta

Třetí varianta je tvořena z hlavní části modelářským soustruhem z důvodu jeho relativně malých zástavbových rozměrů (oproti jiným profesionálním soustruhům) a předpokládaného dostatečného výkonu soustruhu. V této práci je znázorněno použití soustruhu Bernardo Hobby 250. Základní údaje soustruhu jsou uvedeny v příloze č. 2. Mezi nejdůležitější specifikace patří točný průměr nad ložem 150 mm a kužel pinoly MK1.



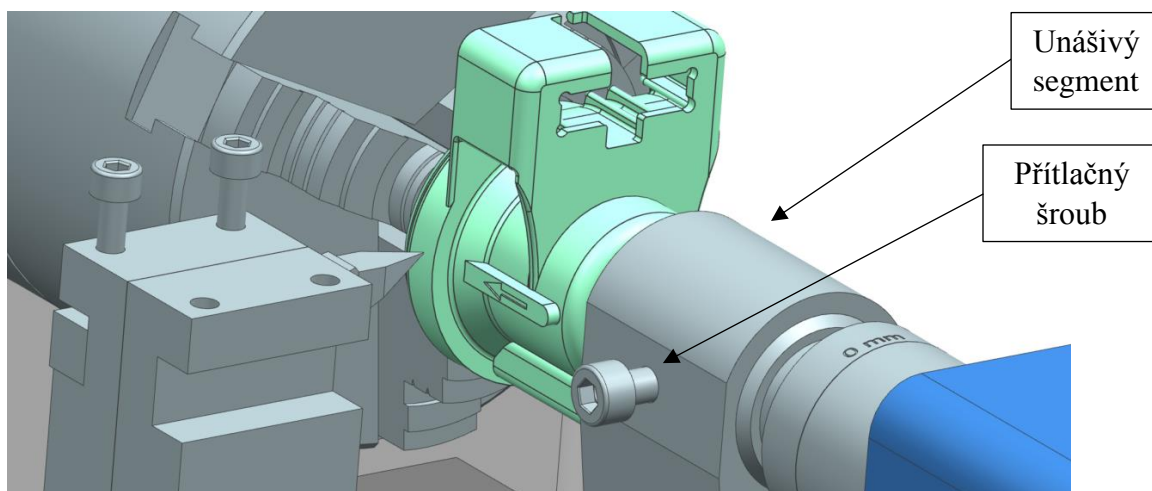
Obrázek 47 - modelářský soustruh Bernardo Hobby 250, [3]

Pro upnutí velkého množství variant postačí sklíčidlo, které je součástí soustruhu, avšak nelze ho využít pro všechny varianty z důvodu absence trysky či konektoru v ose daného výrobku. Proto musí být soustruh dovybaven segmentem, vhodným pro mimo axiální upnutí trysky, které musí zajistit velmi tuhé a bezpečné upnutí výrobku, aby při roztočení a silovém působení nožem nedošlo k jeho uvolnění, či jiné nežádoucí situaci. Roztočením výrobku a případně jeho nesouměrností zde vznikají odstředivé síly, které uvolnění výrobku bohužel podporují. Pro vyjasnění pojmů je uveden základní popis soustruhu v následujícím obrázku.



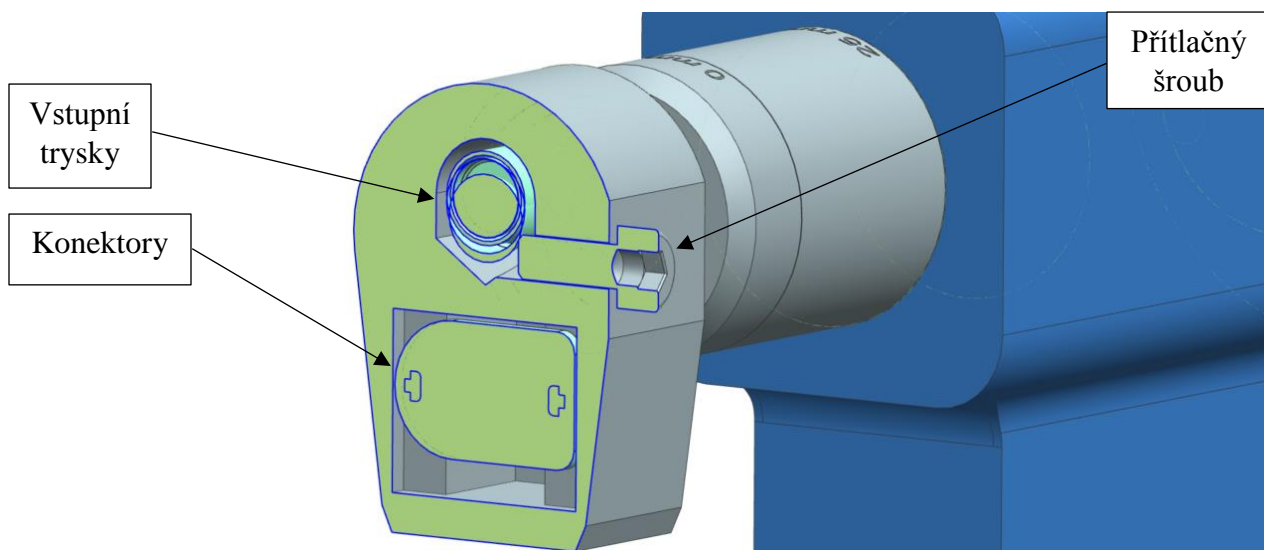
Obrázek 48 - pohled na zjednodušený 3D model třetí varianty se znázorněním základních pojmů

Teoreticky může dojít k odpadnutí neupevněné oddělené části po samotném řezném procesu – v takovém případě je vhodné využít unášivého segmentu, který odpadnutí zabrání. Segment musí být opatřen upínacím kuželem MK1, či být upnut do přidavného sklíčidla koníku (které není součástí soustruhu). Zároveň musí být unášivý segment vyvážený, aby při jeho roztočení nevíbroval s výrobkem (finální geometrie by tedy vypadala rozdílně než na 3D modelu). Při užití opěrného segmentu vzniká riziko pootočení rozdělených částí svařence z důvodu odporových sil v uložení koníku (třecí odpor v ložiscích). Pro zajištění neprotocení by muselo být mechanicky spojeno vřetenem s otočným uložením v koníku soustruhu, což by v tomto případě bylo složité a potenciálně nebezpečné.



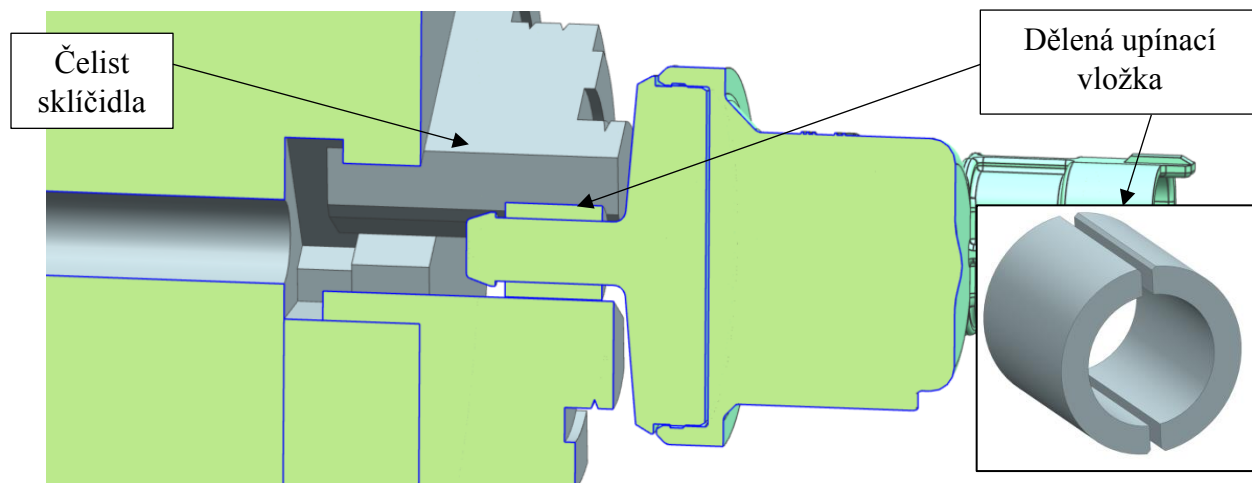
Obrázek 49 - znázornění užití unášivého segmentu třetí varianty

Fixaci polohy výrobku v segmentu zajišťuje přítlačný šroub na jeho boku, který přitlačí trysku pouzdra na vnitřní část segmentu. Bohužel tato fixace může zapříčinit nepatrné vyosení výrobku, což může být při roztočení velmi znatelné, může dojít k házení a to je nežádoucí.



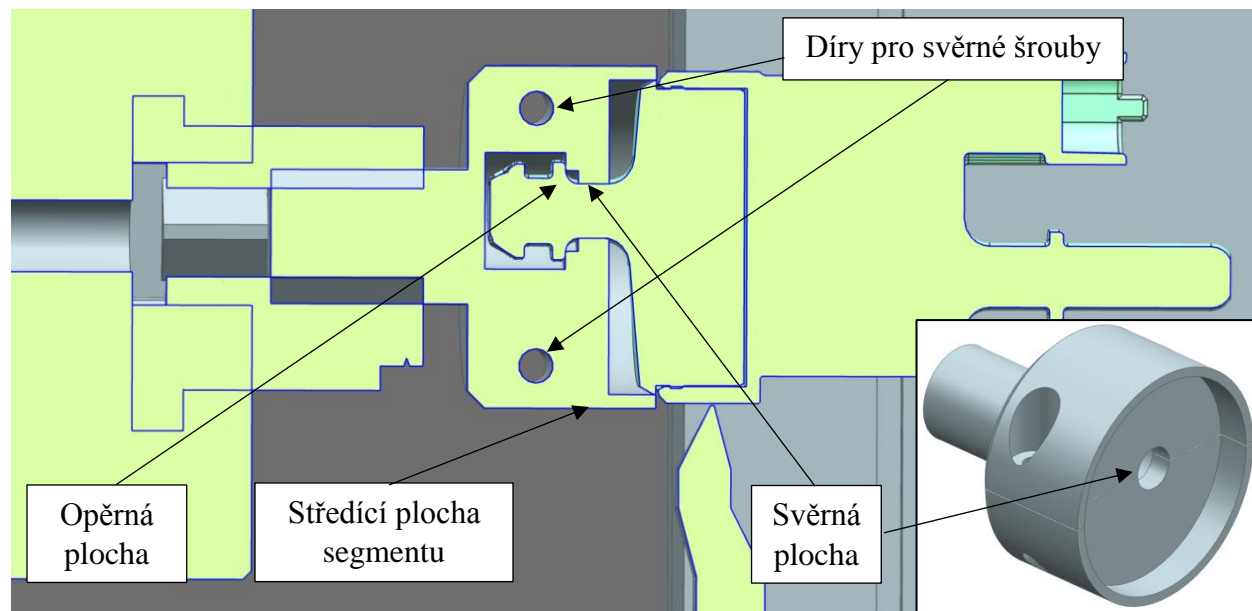
Obrázek 50 – řez unášivým segmentem a znázornění všech variant pouzder s přítlačným šroubem

Zakládání výrobku je v této variantě relativně jednoduché. Jak bylo možné si povšimnout, geometrie axiální trysky krytu není pro upnutí příznivá, protože se na ní nachází různé výstupky, či je velmi členitá. Z tohoto důvodu je možné použít dělené upínací vložky, které jsou pro konkrétní geometrii vhodné. Dělené musí být z důvodu možného nandání, či sundání ze složité geometrie trysky. Je žádoucí, aby měla vložka s tryskou co největší stykovou plochu pro přenos upínací (svěrné) síly.



Obrázek 51 – řez upnutím pro znázornění příkladu jednoduché dělené upínací vložky třetí varianty

Kvůli krytu s mimo axiálním výstupem je nutné uvažovat pro tuto variantu mimo axiální segment, který je pro mimo osový výstup uzpůsoben. Kryt je vystředěn pomocí osazení a pevně sevřen dvěma šrouby, které drží dělený segment dohromady.

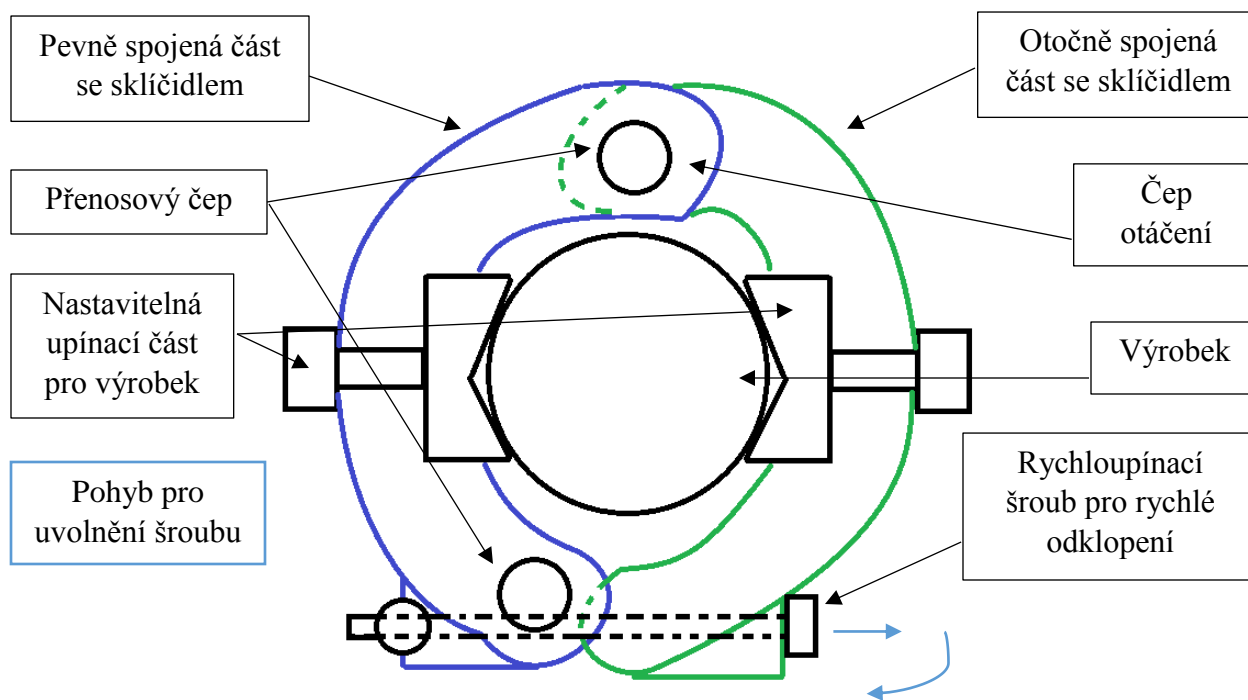


Obrázek 52 - řez dělicí rovinou mimo axiálním segmentem



V případě krytu LCK se opět nabízí možnost dělené upínací vložky ve sklíčidle s potencionální oporou unášivého segmentu pouzdra v pinole.

Jedna z možných modifikací této varianty je zaměřena na konstrukci upínání výrobku do segmentu. V modifikaci A je upnutí řešeno jako svěrné na největší válcové ploše pouzdra. Jeden z dvou polovin segmentu musí být přichycen k unášivé desce na pevno – pro přenos krouticího momentu (od sklíčidla) a tato část je s druhou částí spojena otočným čepem. Obě z částí mají naproti čepu otáčení osazení pro rychloupínací šroub. Schematicky je modifikace uvedena na následujícím obrázku.



Obrázek 53 - pohled na schéma modifikace A třetí varianty

Obě z uvedených polovin musí mít nastavitelné svěrné plochy, pro možné uzpůsobení upínaného průměru výrobku. Zde vzniká potencionální problém při nesouměrném nastavení svěrných ploch a následném vyosení výrobku. Ve schématu nejsou navíc znázorněny držáky, ani jiné překážky, které se v této oblasti nacházejí. Výhodou této modifikace je rychlejší upínání v případě stejného typu výrobku (při nepotřebě nastavování upínacích částí) – rychloupínací šroub může být proveden podobně jako na jízdním kole pro nastavení výšky sedáku, musí však být zajištěna dostatečná bezpečnost při jeho roztočení.

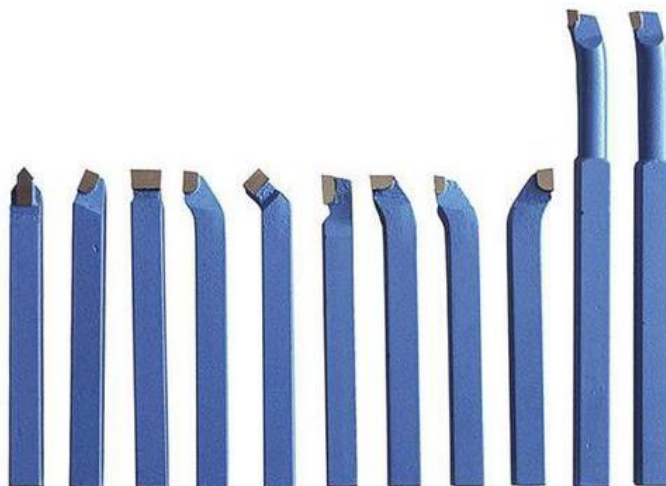
Z hlediska bezpečnosti je tato varianta nejméně vhodná, protože je zde elektrické zařízení, které má navíc svou setrvačnost a nelze ho v případě potřeby okamžitě na místě zastavit (jako je tomu u ručních nástrojů). To může mít za důsledek vážné poškození stroje (soustruhu), samotného výrobku (což také není žádoucí - v některých případech může jít o jediný důležitý



vzorek specifikovaného testování či problému), nebo v neposlední řadě ohrožení či dokonce zranění samotné obsluhy zařízení. Díky zmíněné setrvačnosti stroje není zároveň možné zajistit neprotočení oddělených částí, a to v kritickém případě i o několik desítek otáček vůči sobě. Soustruh má plynulou regulaci otáček, která je minimálně 100 otáček za minutu (to odpovídá zhruba 1,67 otáčky za sekundu). Velmi důležitým aspektem je nutné proškolení obsluhy a dodržování používání předepsaných bezpečnostních pomůcek.

Jediným omezením této varianty je schopnost dělení výrobku dle použitého soustružnického nože. Díky pestré nabídce nožů v dnešní době by tento aspekt problémem být neměl. Dalším potenciaálně limitujícím parametrem je točný průměr nad posuvným supportem – kde je umístěn soustružnický nůž. V mnoha případech je výrobek TEV přímo nad supportem a v tom případě nás zajímá tento průměr, nikoliv točný průměr nad ložem (výrobce ho neudává). V případě malého průměru nad supportem (zejména u variant h-C, h-D) je nutné zvolit soustruh takový, aby nebyla nutná úprava geometrie výrobku a byl točný průměr nad posuvným supportem větší, než průměr výrobku při roztočení.

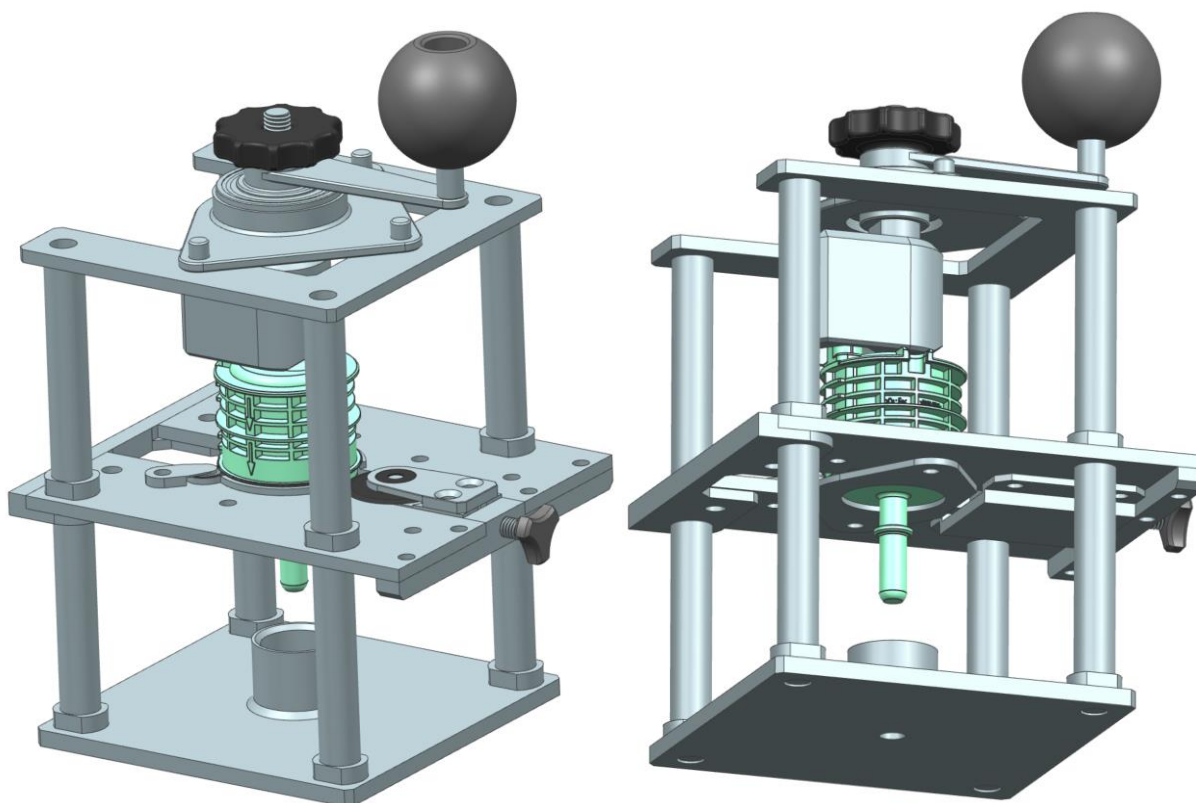
Problematickou variantou zůstává h-G a její držák na válcové ploše. Tento držák lze na soustruhu odstranit. Při zohlednění této skutečnosti vzniká potenciaální výhoda nepotřeby dalších zařízení pro úpravu vnější geometrie uvedeného výrobku h-G.



Obrázek 54 – názorná ukázka tvarů běžně prodávaných soustružnických nožů, [10]

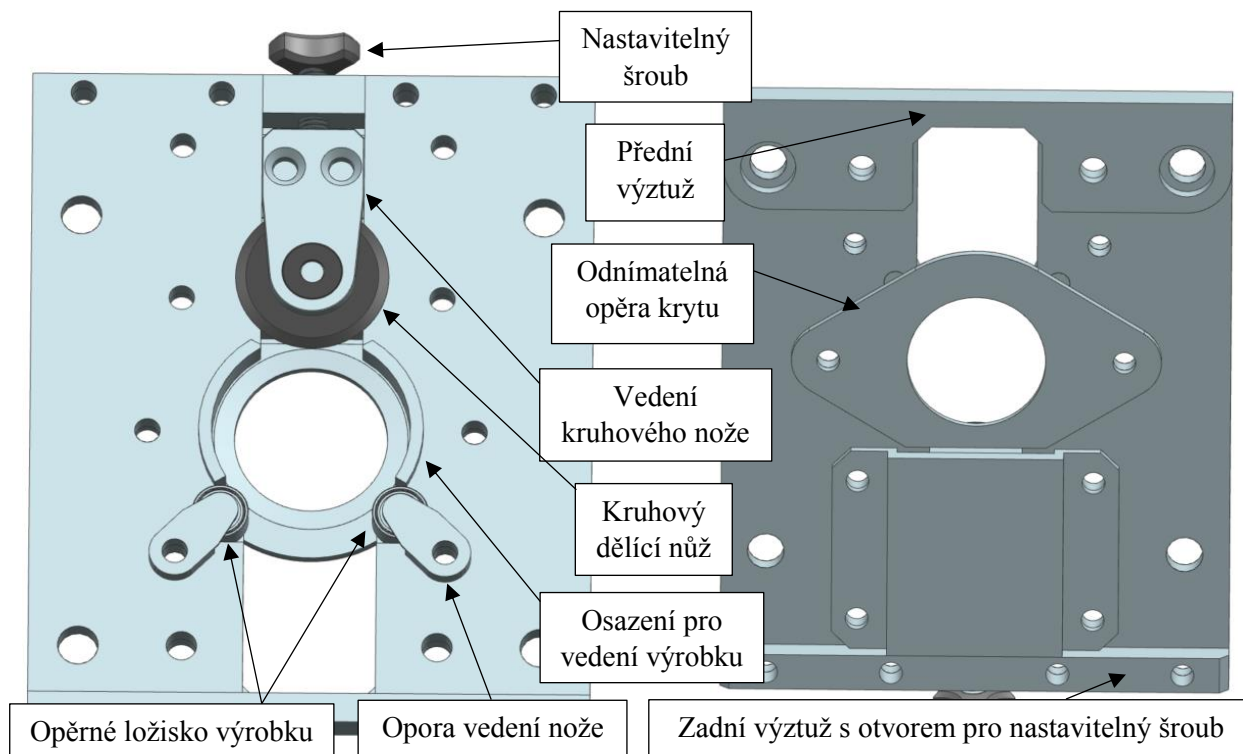
### 3.4. Čtvrtá varianta

Čtvrtá varianta je navržena jako vertikální (na rozdíl od všech předchozích – horizontálních). Skládá se z třech rovnoběžných desek, které jsou pevně spojeny tyčemi (pomocí závitů na jejich koncích, nebo šrouby). Spodní deska slouží k vedení krytu LCK. Střední deska je vybavena prvky pro samotné dělení svařence a v horní části se nachází otočná páka, která je spojena s výměnným unášecím prvkem, který zajišťuje přenos síly z páky na výrobek. Páka, společně s ložiskem pro plynulé otáčení a zmíněným prvkem je součástí horní desky, která ke konstrukci není pevně uchycena a je pouze vystředěna třemi kolíky.

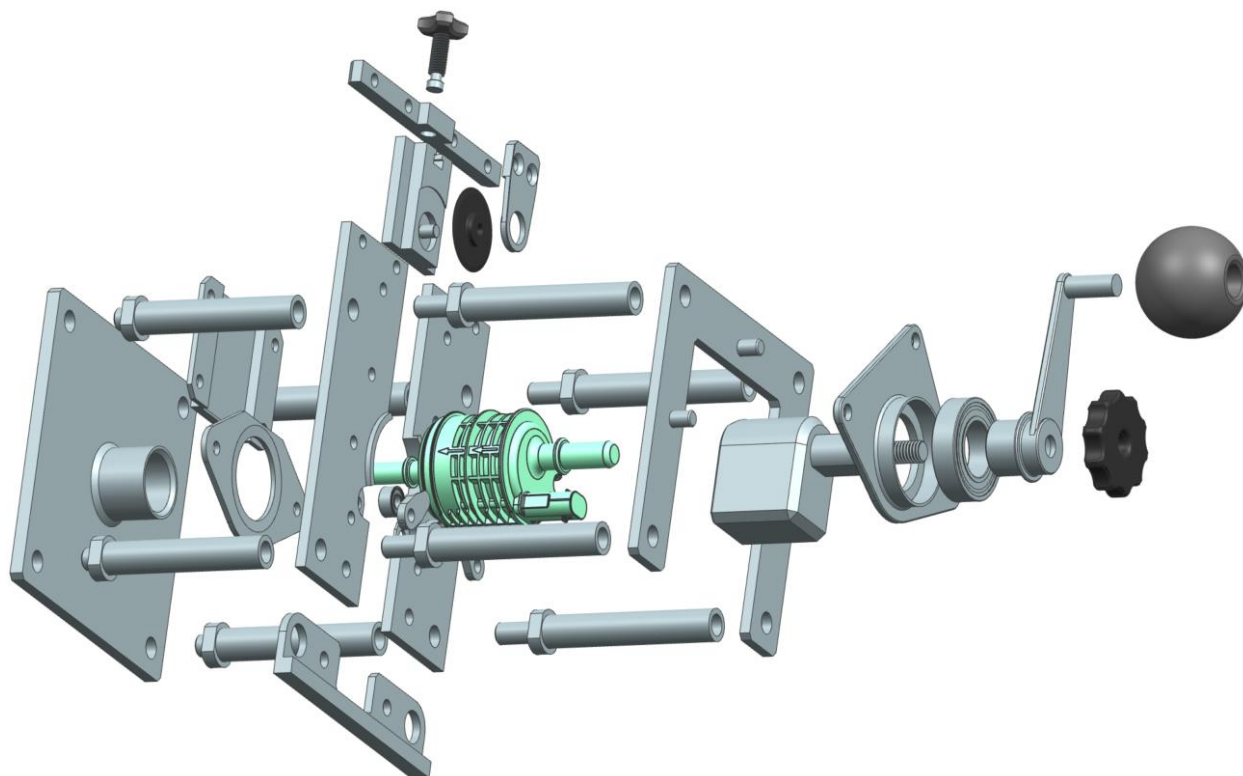


Obrázek 55 - pohled na zjednodušený 3D pohled čtvrté varianty

Horní deska není ke konstrukci pevně uchycena z důvodu pohodlného zakládání či vyndávání výrobku. Segment, který slouží k přenosu síly, lze plynule výškově nastavit (vůči výrobku) pomocí otočného kola lokalizovaného nad ramenem ruční páky. V případě potřeby dělení krytu (tedy variant bez krytu LCK) disponuje zařízení ve střední části opěrou pro kryt, na kterou se výrobek umístí. Zároveň je výrobek veden osazením pro válcovou část a také dvěma kuličkovými ložisky umístěnými symetricky proti dělicímu kruhovému noži. Střední část se konkrétněji skládá z dvou rozdělených bočních desek. Jednoduchý popis střední části uvádí následující obrázek.



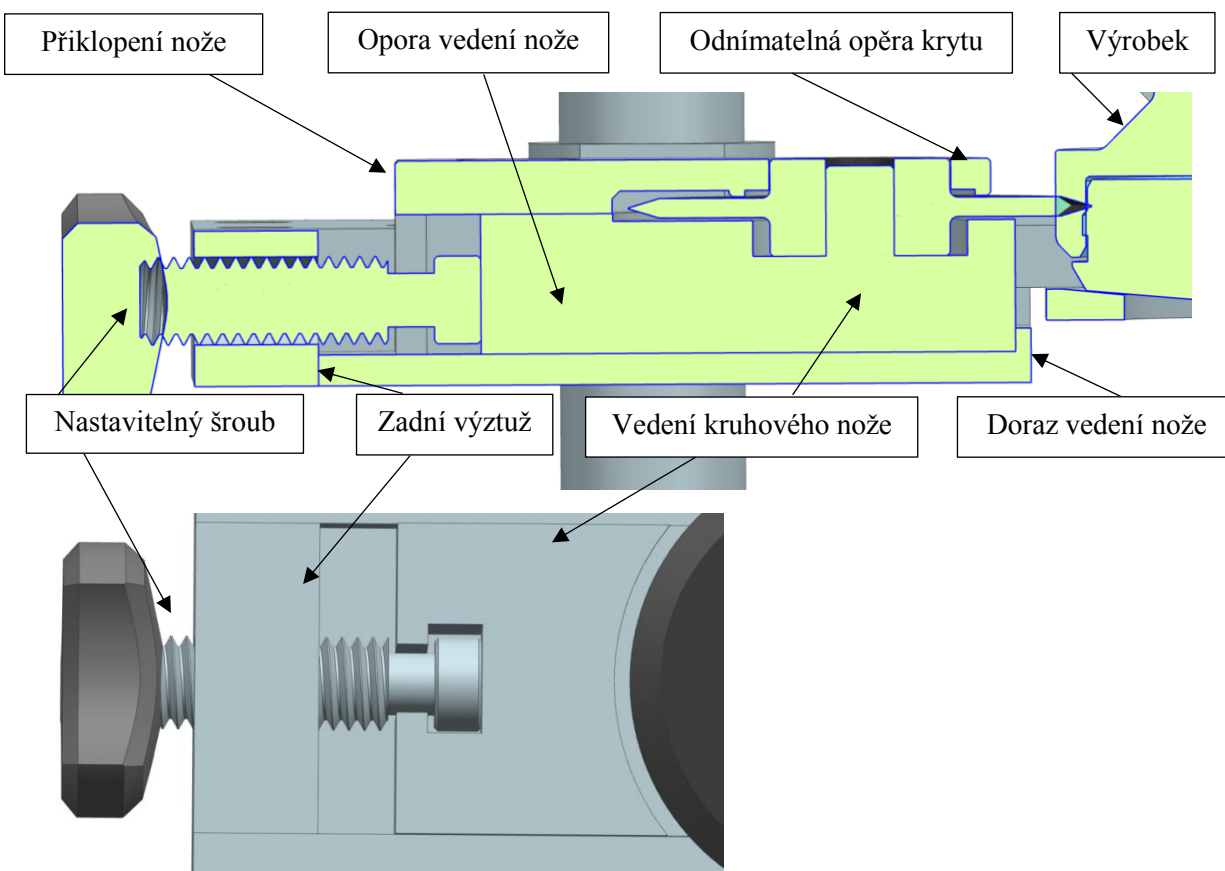
Obrázek 56 - znázornění střední části čtvrté varianty včetně jejího popisu (vlevo: seshora, vpravo: zezdola)



Obrázek 57 - rozpad komponent zjednodušeného 3D modelu čtvrté varianty

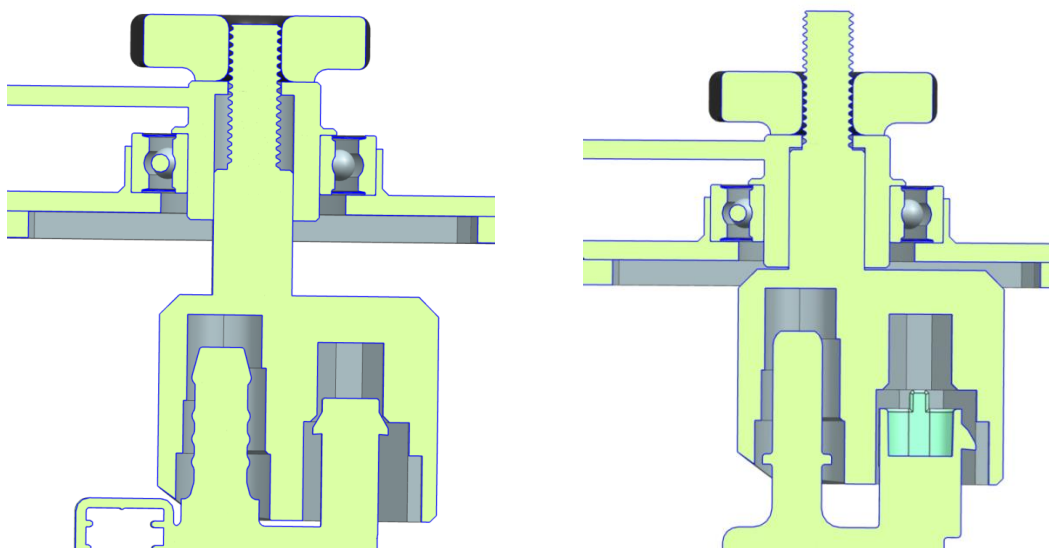
Aby při působení síly od nože nedošlo k rozšíření vzdálenosti mezi ložisky a tím k deformaci konstrukce, je ke zvýšení tuhosti navržena přední výztuž. Výztuží prochází spojovací tyče a je s bočními deskami spojena pomocí šroubů. V zadní části se nachází analogická výztuž, která však neprochází spojovacími tyčemi, a je v ní umístěn otvor pro nastavitelný šroub dělicího nože.

Díky vertikální konstrukci a opěrám standartního krytu, případně krytu LCK, je vždy docíleno optimální výšky výrobku vůči rovině dělicího nože. To má za následek dělení výrobku v požadované oblasti. Dělicí nůž je umístěn do tvarové desky, která je vedena zespona boční desky pomocí opory. Opora navíc zajišťuje polohu bočních desek v oblasti nože (společně se zadní výztuhou). Vtláčení nože do výrobku je řešeno pomocí nastavitelného šroubu v zadní výztuži. Díky geometrii šroubu a tvarové desky nemůže dojít k zaseknutí nože vlivem sevření výrobkem. Potencionálně se místo této geometrie nabízí užití pružiny, která by mohla také zajišťovat zpětný pohyb segmentu (do vysunuté – nedělicí polohy), avšak mohlo by dojít při nedostatečné síle pružiny k zaseknutí nože ve výrobku. Při zaseknutí nože by byl nutný zásah obsluhy k jeho odjištění, což se u stávajícího řešení byť zřídka, ale stávalo. Kdyby byla síla vyvozená pružinou větší, byl by zajištěn zpětný pohyb nože, ale na úkor zvýšeného odporu nastavitelného šroubu.



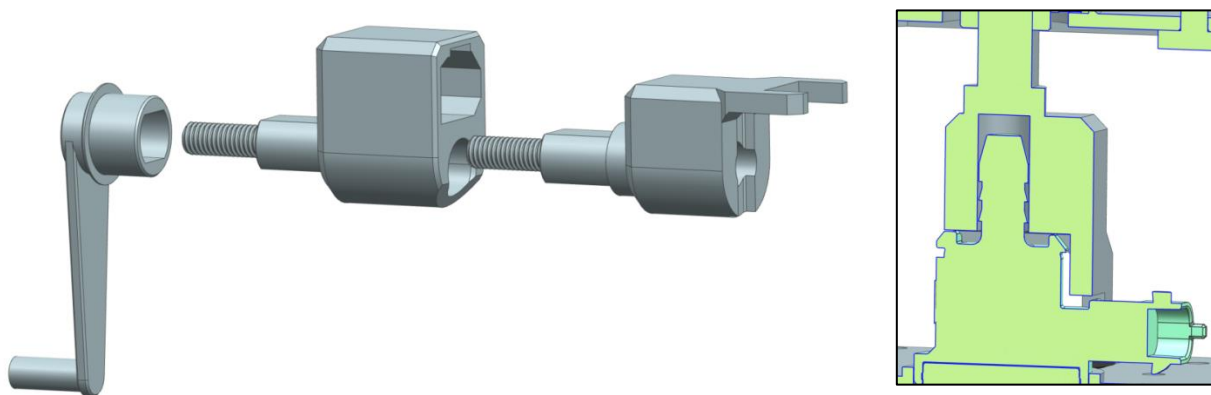
Obrázek 58 - pohled v řezu a seshora (bez přiklopení nože) na vedení nože a jeho nastavitelný šroub

Jak již bylo uvedeno, v horní části je umístěno v ose ložiska nastavitelné kolo. Toto kolo má vnitřní závit a prochází jím závit výměnného segmentu pro přenos síly z ruční páky na výrobek. Segment má na průměru dvě frézované plochy, které umožní axiální posuv a zároveň přenos síly. Výškové nastavení segmentu je nutné opět z důvodu rozdílných délek trysek a konektorů a také z důvodu rozdílných výšek válcové plochy pro dělení. Znázornění výškového nastavení pro různé varianty je demonstrováno na následujícím obrázku.



Obrázek 59 – řez pro znázornění rozdílného výškového nastavení přenosového segmentu (vlevo: vysunutý, vpravo: zasunutý)

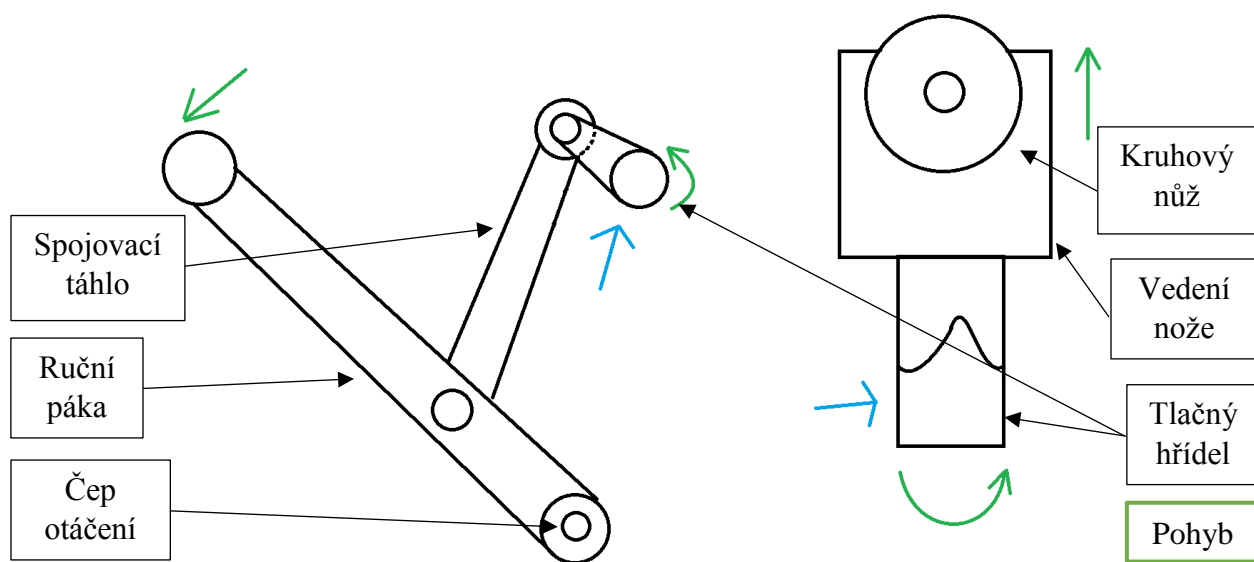
Pokud se jedná o variantu výrobku s osovým výstupem a absencí konektoru v osovém směru výrobku (h-C a h-D) je díky jednoduchosti přenosové plochy segmentu vhodné, použití jiného, výměnného segmentu. Pomocí rozdílných výměnných segmentů pro různé výrobky lze i zabezpečit větší stabilitu přenosu síly bez případného vyosení výrobku. Do ložiska je zasazena ze shora pouze otočná páka, nikoliv segment. Segment lze tedy vyměnit pouze uvolněním nastavitelného kola.



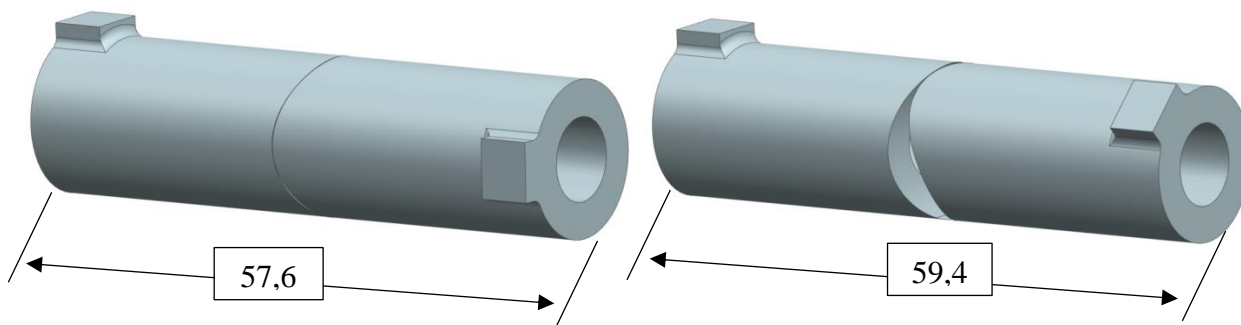
Obrázek 60 - páka s výměnnými segmenty čtvrté varianty a demonstrování použití osového segmentu

V případech, kdy je žádoucí do zařízení vložit svařenec v kombinaci s krytem LCK, je podpěra krytu ve střední části odstraněna, čímž je umožněno svařenec zařízením prosadit a zasadit trysku LCK do vedení na podstavci. Po zasunutí do tohoto vedení je svařenec veden dole ve středění trysky, dále v řezné (střední) části osazením a ložisky a v neposlední řadě má i oporu v horní části přenosového segmentu, který s výrobkem otáčí. Zároveň je v tomto návrhu zajištěna průchodnost všech částí LCK při vkládání výrobku.

Modifikací této varianty by mohla být změna přítlačného mechanismu. Potencionálně vhodným a doposud neuvedeným mechanismem je ruční páka, mechanicky spojená s kruhovým nožem. Toto řešení má výhodu v okamžité odezvě nože na polohu páky, rychlost změny přítlačné síly a i potencionální cit pro velikost přítlačné síly. Nevýhodami toto řešení je nutnost použití obou rukou pro ovládání takového zařízení – což může být nepříjemné a nevhodné. Ve schématu modifikace A je uvažovaná ruční páka v zadní části – tlačný hřídel je myšlený ve stejné pozici jako tlačný šroub čtvrté varianty. Tlačný hřídel je uvažován na základě modelované stykové plochy, která se po otočení jedné z částí hřídelů posouvá po ploše protější. Zároveň musí být držena stejná osa obou hřídelů.



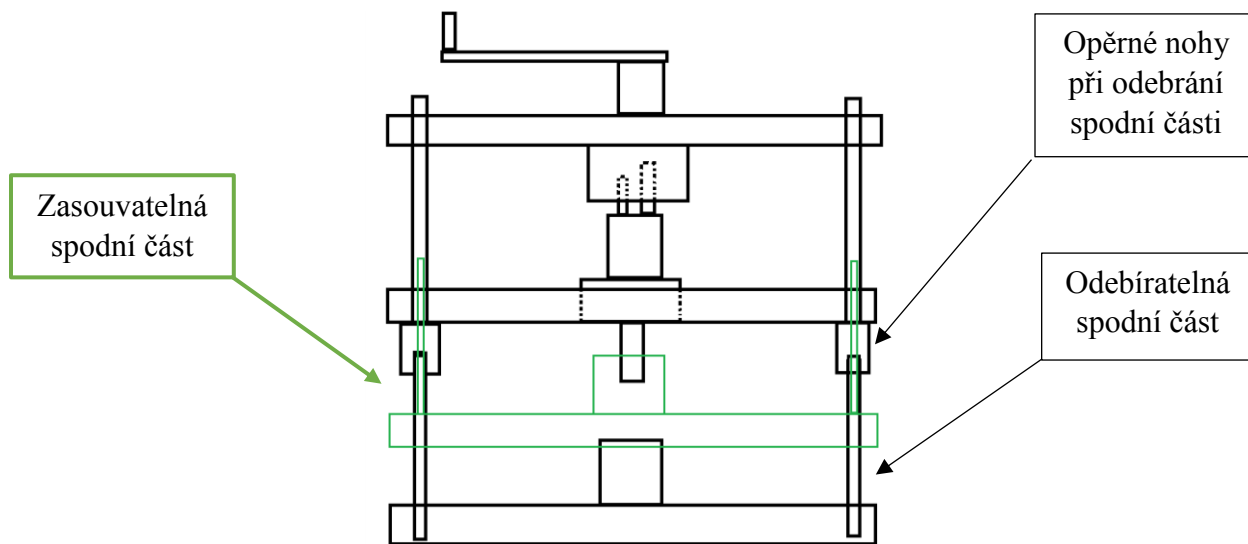
Obrázek 61 - schéma modifikace A čtvrté varianty



Obrázek 62 - znázornění možného tlačného hřídele při natočení 0° a 45°, rozměry uvedeny v mm

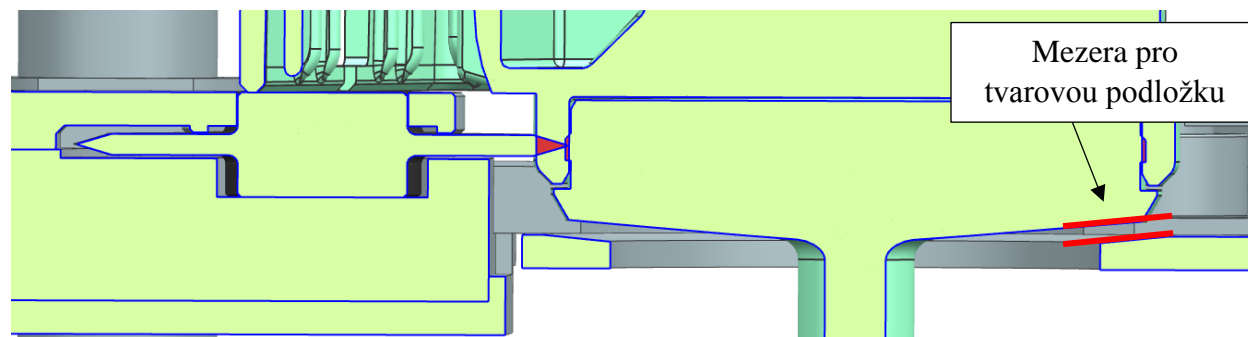


K dalším potencionálním modifikacím lze zařadit změnu přítlačného mechanismu například na hydraulický válec. Tlačný hydraulický válec v místech tlačného šroubu by byl hydraulicky spojen s ovládacím pístem se zpětným ventilem (obdobně jako funguje hydraulický zvedák vozidla - kvůli zabránění zpětného úniku tlaku) umístěným ve spodní části konstrukce. Toto řešení by bylo velmi podobné tlačnému šroubu, ale značně komplikovanější kvůli hydraulickému přenosu. Výhodou hydraulického přenosu by mohlo být díky rozdílnému průměru pístů jednodušší ovládání (menší působící síla na ovládaný píst – viz Pascalův zákon). K přínosnější modifikaci lze zařadit možné odjímání, nebo zasouvání spodní části do ostatních částí konstrukce za účelem lepší kompaktnosti pro skladování, či stavu, kdy spodní část není potřebná.



Obrázek 63 - schéma modifikace B čtvrté varianty

Jedinou problematickou konfigurací výrobku zůstává h-G. Ostatní konfigurace do zařízení lze umístit po drobném uzpůsobení nastavitelných částí. U varianty h-B je potřeba na podpěrnou desku krytu umístit tvarovou podložku o tloušťce 1mm. Pokud je potřeba upravit výšku dosedající plochy (opěra krytu) lze tuto plochu posunout směrem níže pomocí povolení šroubů, kterými je tato zarážka přichycena. Mezi podpěrnou desku a boční desky lze také umístit podložky.

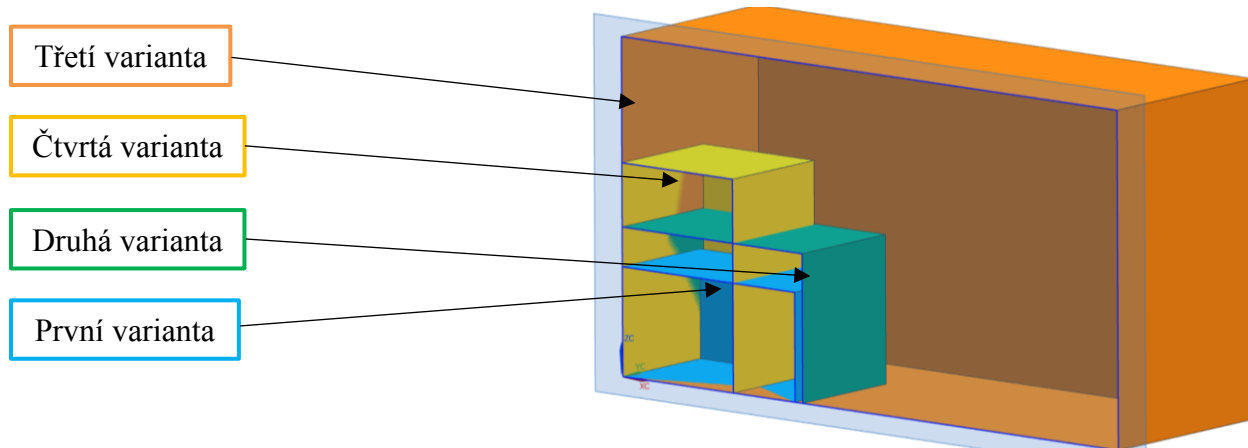


Obrázek 64 - řez čtvrtou variantou a zázornění mezery u varianty výrobku h-B

## 4. Srovnání variant

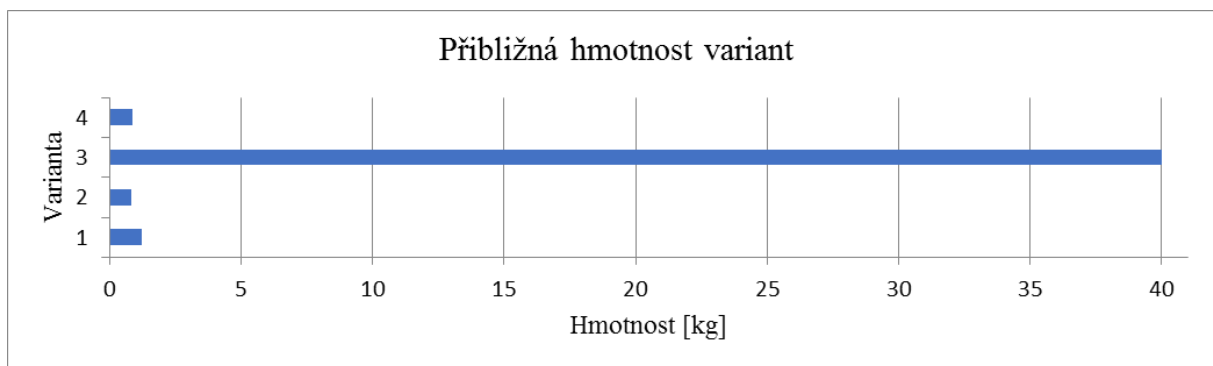
Vyměnitelné segmenty jsou vhodné pro univerzálnost zařízení, avšak jejich složitá geometrie značně prodražuje výrobu. Čím podobnější je geometrie určeným výrobkům, tím lepší oporu (stabilitu) výrobku poskytuje. Na druhou stranu, čím je geometrie podobnější, tím je v mnoha případech složitější a z hlediska výroby výrazně dražší.

Jedním z požadavků byla kompaktnost zařízení pro skladování v případě, že není potřeba ho využívat. Zástavbové rozměry navržených variant znázorňuje následující obrázek.



Obrázek 65 - znázornění zástavbových rozměrů uvedených variant (bez modifikací)

Kompaktnost zařízení byla pouze jedno z mnoha kritérií, podle kterých se varianty hodnotí. V rámci skladování a potencionálního přenášení je vhodné uvést i srovnání hmotností navržených variant.



Obrázek 66 - graf znázorňující hmotnosti jednotlivých návrhů

Z hlediska ergonomie je pro přenos většiny variant zařízení ze skladovacího prostoru na pracovní desku potřeba jedné osoby. Toto neplatí v případě přenášení třetí varianty ženou. Muž může krátkodobě přenášet maximálně 50 kg, žena může však krátkodobě přenášet maximálně 20 kg. Tato skutečnost vyplývá z hygienických limitů definovaných pro občasné přenášení břemen. [5]

Komplexnější hodnocení, včetně zjednodušeného popisu a přiřazení důležitosti (váhy kritéria) uvádí následující tabulky. Ve spodní části tabulek je uvedené celkové vážené hodnocení konkrétní varianty a její modifikace.

Tabulka 2 – hodnocení první varianty a její modifikaci

Kritérium	Hodnota			Hodnocení (0-1)			Váha kritéria (1-4)	Vážené hodnocení		
	Varianta - modifikace			Varianta				Varianta		
	1	1 - A	1 - B	1	1 - A	1 - B		1	1 - A	1 - B
Zabránění vniknutí nečistot do vnitřních prostor	ano (technologie), h-B ne			0,9	0,9	0,9	4	3,6	3,6	3,6
Ovladatelnost mechanismu	jednoduchá	nepatrně větší odpor	větší odpor	0,8	0,6	0,5	4	3,2	2,4	2,0
Stabilita upnutí výrobku	uspokojivá	vysoká	uspokojivá	0,6	0,9	0,6	4	2,4	3,6	2,4
Stabilita dělicího nástroje/břítu	dobrá		díky kratšímu rameni větší	0,7	0,7	0,8	4	2,8	2,8	3,2
Spolehlivost napínacího mechanismu	pružina - stabilní přitlačná síla, při přetížení je pružina deformačním členem		přímý převod otočného pohybu na přitlačnou sílu - bez deformačního členu	0,8	0,8	0,7	4	3,2	3,2	2,8
Regulace přitlačné síly	2 stupně napnutí + nastavitelný tažný válec		změna převodového poměru výměnou komponent	0,6	0,6	0,2	3	1,8	1,8	0,6
Obtížnost a rychlost upnutí/vyjmutí výrobku	jednoduché, rychlé	jednoduché, časově náročné	jednoduché, časově mírně náročné	1	0,7	0,9	3	3,0	2,1	2,7
Výměna komponent	jednoduchá	složitější		1	0,7	0,7	3	3,0	2,1	2,1
Vyměnitelné segmenty pro výroby	v pravé části podpěra pro TEV 5, přídavný osový segment		osový segment	0,9	0,9	0,9	3	2,7	2,7	2,7
Odhadovaná cena	střední (20 000 Kč)	vysoká (30 000 Kč)	vysoká (30 000 Kč)	0,8	0,5	0,5	3	2,4	1,5	1,5
Zabránění pootočení rozdělených částí svařence	ne	ano	ne	0,1	1	0,1	3	0,3	3,0	0,3
Vnější maximální rozměry (délka x šířka x výška) [mm]	226 x 126 x 113		přibližně stejná jako kompaktní model - 145 x 126 x 113	0,6	0,6	0,9	2	1,2	1,2	1,8
Přibližná hmotnost [kg]	1,2	odhad 2	1,0 (kompaktní verze modelu 0,7 + mechanismus)	0,85	0,8	0,9	2	1,7	1,6	1,8
Počet vyměnitelných komponent	6 (4x ložisko, 1x nůž, 1x pružina)	10 (6x ložisko, 1x nůž, 1x pružina, 2x řemen)	6 (3x ložisko, 1x nůž, 2x řemen, 3x ozubené kolo, 1x ozubený hřeben)	0,8	0,4	0,8	1	0,8	0,4	0,8
Náročnost výroby	jednoduchá	náročnější	náročnější	0,8	0,5	0,3	1	0,8	0,5	0,3
<b>Celkem</b>								<b>32,9</b>	<b>32,5</b>	<b>28,6</b>

Tabulka 3 - hodnocení druhé varianty a její modifikací

Kritérium	Hodnota			Hodnocení (0-1)			Váha kritéria (1-4)	Vážené hodnocení		
	Varianta - modifikace			Varianta				Varianta		
	2	2 - A	2 - B	2	2 - A	2 - B		2	2 - A	2 - B
Zabránění vniknutí	ano (technologie) , h-B ne			0,9	0,9	0,9	4	3,6	3,6	3,6
Ovladatelnost mechanismu	složitější - nutnost ručního šroubováku		složitější - nutnost odjímatelné páky	0,4	0,4	0,4	4	1,6	1,6	1,6
Stabilita upnutí výrobku	vysoká, v případě doplnění upínky - výborná			0,9	0,9	0,9	4	3,6	3,6	3,6
Stabilita dělicího nástroje/břítu	nižší (očekávané vůle mezi kolem a podstavcem ve vazbách)			0,5	0,4	0,5	4	2	1,6	2
Spolehlivost napínacího mechanismu	nastavitelný šroub - stabilní poloha řezného nože, při přetížení bez deformačního členu		pružina - stab. přít. síla, def. člen	0,8	0,8	0,8	4	3,2	3,2	3,2
Regulace přítlačné síly	plynulá regulace polohy, síla uměrná tloušťce aktuálního řezu		2 stupně napnutí	0,85	0,85	0,4	3	2,55	2,55	1,2
Obtížnost a rychlost upnutí/vyjmutí výrobku	v případě bez upínky - rychlé, při nastavování upínky - zdlouhavá			0,85	0,85	0,85	3	2,55	2,55	2,55
Výměna komponent	složitější			0,6	0,8	0,6	3	1,8	2,4	1,8
Vyměnitelné segmenty pro výrobky	4			0,4	0,4	0,4	3	1,2	1,2	1,2
Odhadovaná cena	vysoká (33 000 Kč)	střední (25 000 Kč)	vysoká (32 000 Kč)	0,3	0,7	0,4	3	0,9	2,1	1,2
Zabránění pootočení rozdělených částí svařence	ne, LCK-B ano	ne	ne, LCK-B ano	0,2	0,1	0,2	3	0,6	0,3	0,6
Vnější maximální rozměry (délka x šířka x výška) [mm]	bez upínky - 176 x 135 x 100, s upínkou - 236 x 135 x 154	odhad 200 x 120 x 120	bez upínky - 176 x 135 x 100, s upínkou - 236 x 135 x 154	0,6	0,6	0,6	2	1,2	1,2	1,2
Přibližná hmotnost [kg]	0,8 bez upínky; 1,1 s upínkou	odhad 1,3	odhad 1	0,9	0,85	0,9	2	1,8	1,7	1,8
Počet vyměnitelných komponent	10 (8x ložisko, 1x nůž, 1x šroub)	5 (3x ložisko, 1x nůž, 1x šroub)	10 (8x ložisko, 1x nůž, 1x pružina)	0,4	0,9	0,4	1	0,4	0,9	0,4
Náročnost výroby	náročnější	střední	náročnější	0,3	0,5	0,3	1	0,3	0,5	0,3
<b>Celkem</b>								<b>27,3</b>	<b>29</b>	<b>26,25</b>

Tabulka 4 - hodnocení třetí varianty a její modifikací

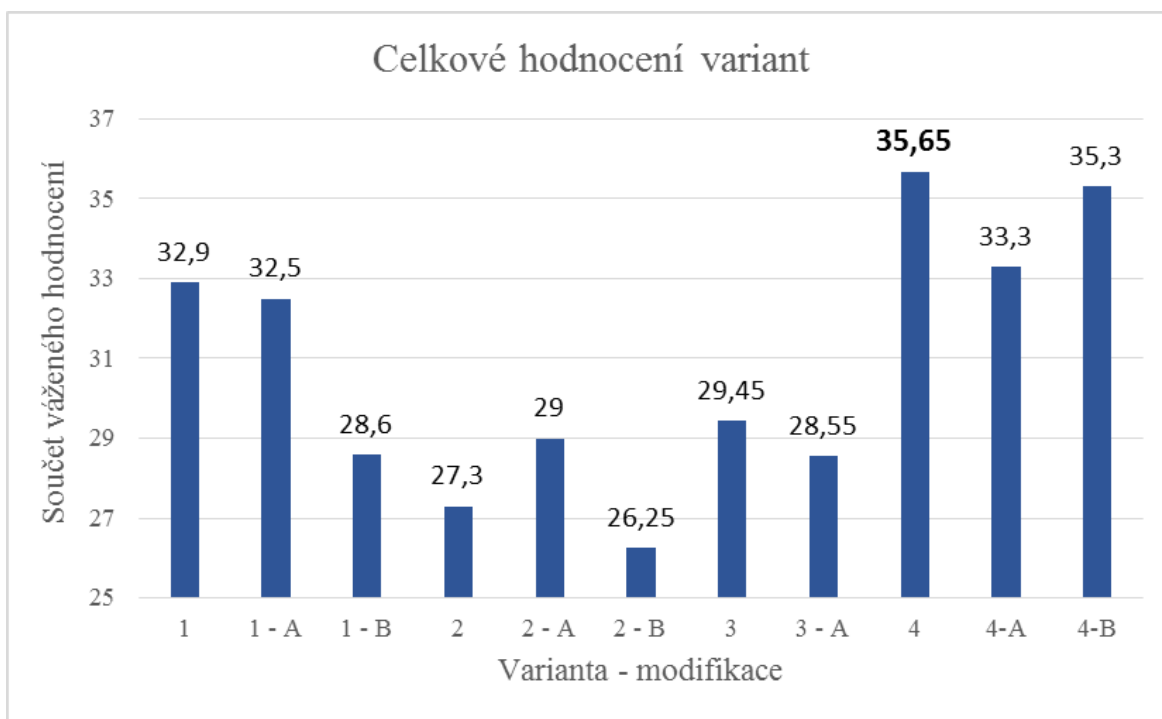
Kritérium	Hodnota		Hodnocení (0-1)		Váha kritéria (1-4)	Vážené hodnocení	
	Varianta - modifikace		Varianta			Varianta	
	3	3 - A	3	3 - A		3	3 - A
Zabránění vniknutí nečistot do vnitřních prostor	ano (technologie)		1	1	4	4	4
Ovladatelnost mechanismu	nutné proškolení obsluhy a použití bezpečnostních pomůcek		0,3	0,3	4	1,2	1,2
Stabilita upnutí výrobku	vysoká	v případě správného vystředění vysoká	0,9	0,8	4	3,6	3,2
Stabilita děličího nástroje/břítu	vysoká		0,9	0,9	4	3,6	3,6
Spolehlivost napínacího mechanismu	posuvný support - stab. poloha, bez deformačního členu		0,8	0,8	4	3,2	3,2
Regulace přitlačné síly	plynulá - ovládací šroub posuvného supportu		0,85	0,85	3	2,55	2,55
Obtížnost a rychlost upnutí/vyjmutí výrobku	dělené vložky - rychlé, mimo osový segment, případně opěrný - zdlouhavá		0,8	0,8	3	2,4	2,4
Výměna komponent	jednoduchá		0,9	0,9	3	2,7	2,7
Vyměnitelné segmenty pro výrobky	odhad 4 dělených vložek, 1 mimo osový segment		0,6	0,6	3	1,8	1,8
Odhadovaná cena	střední (25 000 Kč - 17 000 Kč soustruh + vložky a segmenty)		0,7	0,7	3	2,1	2,1
Zabránění pootočení rozdělených částí svařence	ne		0,1	0,1	3	0,3	0,3
Vnější maximální rozměry (délka x šířka x výška) [mm]	650 x 350 x 220		0,1	0,1	2	0,2	0,2
Přibližná hmotnost [kg]	40	40	0,1	0,1	2	0,2	0,2
Počet vyměnitelných komponent	6 (4 vložky, mimo osový a unášivý segment)		0,8	0,8	1	0,8	0,8
Náročnost výroby	jednoduchá	náročnější	0,8	0,3	1	0,8	0,3
<b>Celkem</b>						<b>29,45</b>	<b>28,55</b>

Tabulka 5 - hodnocení čtvrté varianty a její modifikací

Kritérium	Hodnota			Hodnocení (0-1)			Váha kritéria (1-4)	Vážené hodnocení		
	Varianta - modifikace			Varianta				Varianta		
	4	4 - A	4 - B	4	4 - A	4 - B		4	4 - A	4 - B
Zabránění vniknutí nečistot do vnitřních prostor	ano, h-B ne			0,9	0,9	0,9	4	3,6	3,6	3,6
Ovladatelnost mechanismu	jednoduchá	složitější - potřeba obou rukou	jednoduchá	0,8	0,7	0,8	4	3,2	2,8	3,2
Stabilita upnutí výrobku	uspokojivá, v případě užití fixačních matic výborná			0,85	0,85	0,85	4	3,4	3,4	3,4
Stabilita dělicího nástroje/břítu	vysoká			0,9	0,9	0,9	4	3,6	3,6	3,6
Spolehlivost napínacího mechanismu	šroub - stab. poloha, bez def. členu	ruční páka - poloha i přítlačná síla úměrná silovému působení na páku	šroub - stab. poloha, bez def. členu	0,8	0,8	0,8	4	3,2	3,2	3,2
Regulace přítlačné síly	plynulá regulace polohy	plynulá - síla působící na ruční páku	plynulá regulace polohy	0,85	0,9	0,85	3	2,55	2,7	2,55
Obtížnost a rychlost upnutí/vyjmutí výrobku	jednoduché, rychlé, v případě odebrání či montáže podpěry TEV5, tvarové podložky nebo fixačních matic nepatrně delší			0,9	0,9	0,9	3	2,7	2,7	2,7
Výměna komponent	jednoduchá			1	0,8	1	3	3	2,4	3
Vyměnitelné segmenty pro výrobky	2			0,9	0,9	0,9	3	2,7	2,7	2,7
Odhadovaná cena	střední (20 000 Kč)	vysoká (30 000 Kč)	střední (22 000 Kč)	0,8	0,5	0,75	3	2,4	1,5	2,25
Zabránění pootočení rozdělených částí svařence	ne			0,1	0,1	0,1	3	0,3	0,3	0,3
Vnější maximální rozměry (délka x šířka x výška) [mm]	145 x 132 x 220	odhad 180 x 140 x 220	145 x 132 x 180	0,6	0,5	0,6	2	1,2	1	1,2
Přibližná hmotnost [kg]	0,85	odhad 1,1	odhad 0,95	0,9	0,9	0,8	2	1,8	1,8	1,6
Počet vyměnitelných komponent	4 (2x ložisko, 1x nůž, 1x šroub)	4 (3x ložisko, 1x nůž)	4 (2x ložisko, 1x nůž, 1x šroub)	1	1	1	1	1	1	1
Náročnost výroby	jednoduchá	složitější	jednoduchá	1	0,6	1	1	1	0,6	1
<b>Celkem</b>								<b>35,65</b>	<b>33,3</b>	<b>35,3</b>



V uvedených tabulkách je deformačním členem při přetížení myšlen takový člen, který se dokáže deformovat za účelem konstantní přitlačné síly – například, jak již bylo uvedeno, u varianty h-J se nacházejí na řezné ploše vyztužující žebra. Tento člen umožní proříznutí výrobku teoreticky plynule, ale s následkem proměnné hloubky řezu od osy výrobku. V případě, kdy se deformační člen ve variantě nevyskytuje, je pevně nastavena vzdálenost osy nože od osy výrobku, což v případě varianty h-J může zapříčinit znatelný nárůst odporu ruční otočné páky v průřezu těchto žebor. Přibližnou hmotností je myšlena hmotnost koncepčně navrženého 3D modelu. Srovnání celkového váženého hodnocení uvádí následující graf.



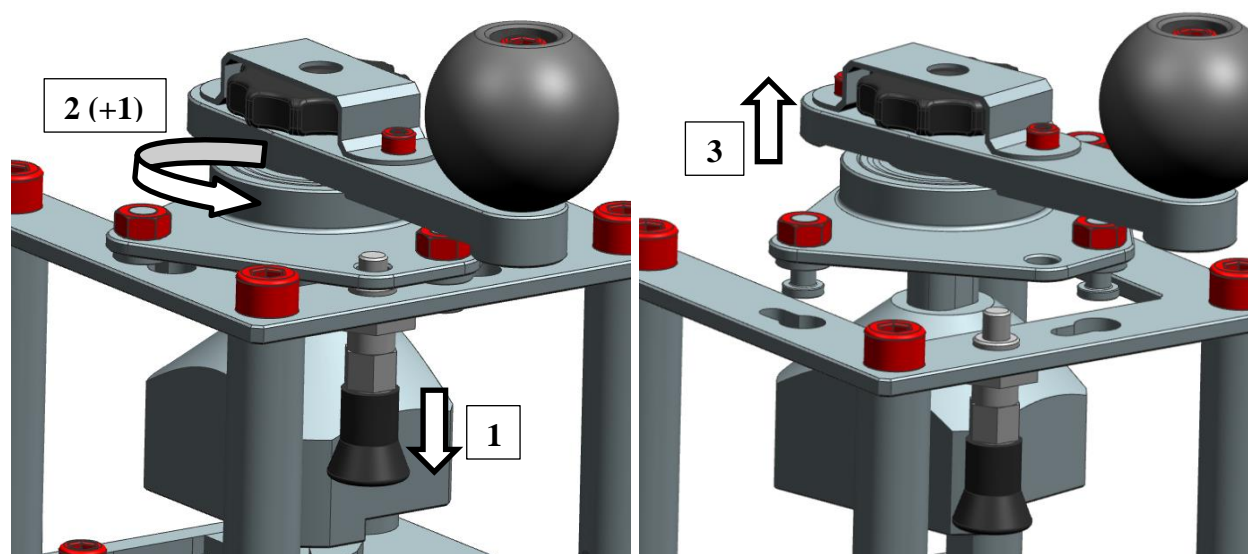
Obrázek 67 - graf srovnání váženého hodnocení variant

Na základě uvedených srovnávacích tabulek a hodnocení dle vážených kritérií je nejoptimálnější varianta čtvrtá a to v základním stavu (bez modifikace). Vítěznou variantu následuje opět čtvrtá varianta a to v druhé modifikaci – prostorově úspornější. Dále následuje první modifikace také čtvrté varianty – s upraveným přenosem přitlačné síly nože. Nejmenším součtem váženého hodnocení disponuje varianta druhá a to kvůli složitosti konstrukce, velkému počtu výměnných segmentů a hlavně nutnosti používání ručního nástroje několikrát při dělení jednoho výrobku.

## 5. Konstrukce vybraného návrhu

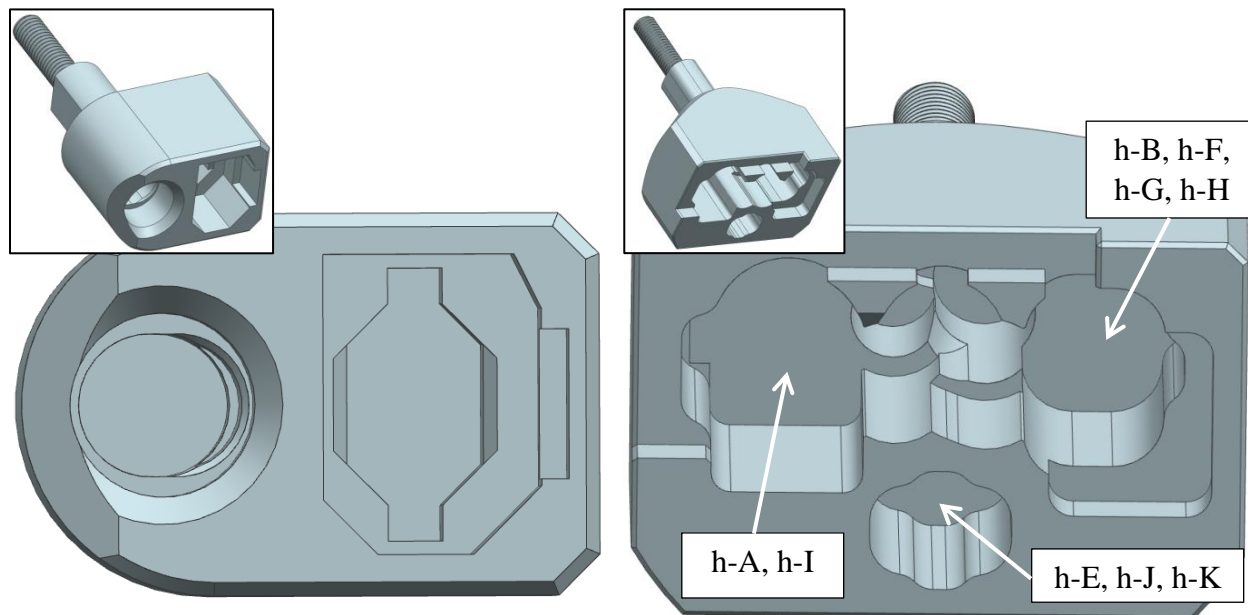
Nejoptimálnější varianta, tedy varianta čtvrtá a její komponenty byly uzpůsobeny možné výrobě v obráběcím centru CNC za použití konvenčních nástrojů (soustružnické nože, či frézy atd.). To mělo za následek úpravu některých tvarů, jako například přenosové plochy mezi ruční klikou a segmentem, do kterého se zakládá výrobek. Vnitřní přenosové plochy kliky byly zaobleny, aby je bylo možné vyrobít čelní frézou o maximálním průměru 5 mm.

Aretace odnímatelné (horní) části byla zajištěna pomocí jednoduchých výměnných aretačních kolíků a nakupované komponenty - aretační západky. Tyto kolíky se západkou umožní zasunutí horní části do rámu zařízení a po otočení dojde (díky pružině v aretační západce) k automatickému zajištění polohy určené pro provoz zařízení. K odebrání horní části je potřeba vytáhnout aretační západku směrem dolů, následně pootočit horní část do druhé krajní polohy a poté lze horní část odejmout.



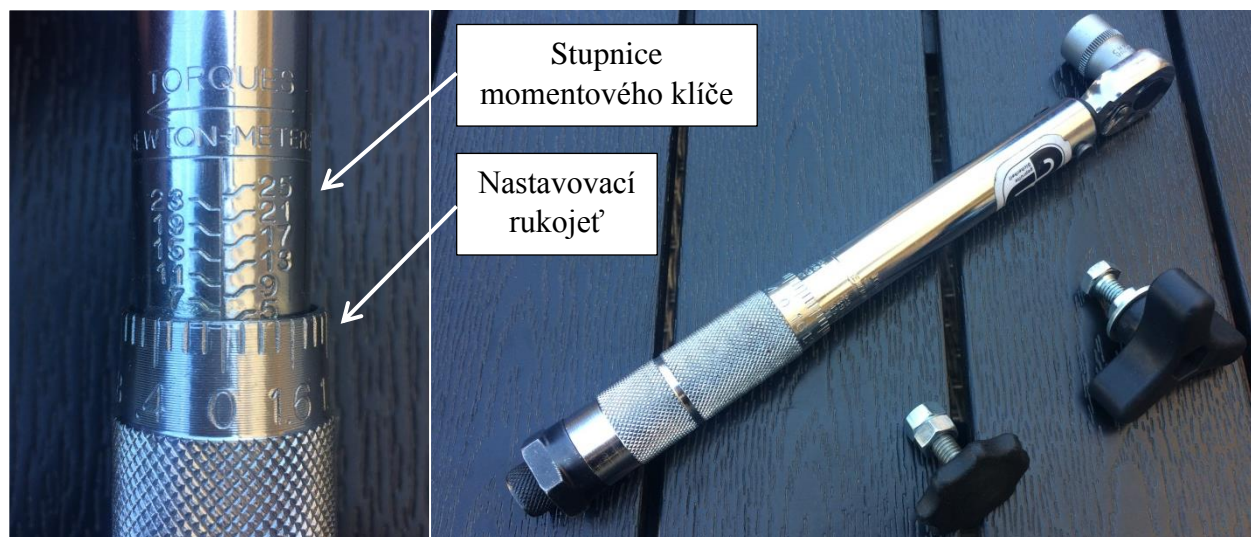
Obrázek 68 - znázornění aretační západky, kolíků a postup odejmutí horní části (zleva: zajištěno; odejmuto)

Od koncepčního návrhu se konstrukční návrh také liší mimoosovým segmentem pro přenos síly a vedení výrobku. V koncepčním návrhu byl tento segment prostorově úspornější, ale poskytoval většinou výrobku pouze malou opěrnou plochu pro vedení či přenos síly. Z tohoto důvodu byl navržen prostorově větší segment, který dle druhu konektoru rozlišuje 3 polohy, do kterých se vybraná konfigurace výrobku zasouvá. Každá z těchto poloh vytváří co největší opěrnou plochu pro varianty s uvedeným konektorem. Hlavním benefitem většího segmentu je jeho konstrukce, která umožňuje vymezit polohu výrobku TEV v jeho ose. Vymezení polohy výrobku je možné díky dotyku segmentu na jeho čele s výrobkem. Nad výškově nastavitelné kolo segmentu byla přidána opěra, aby bylo možné „zafixovat“ polohu výrobku a samotný výrobek nemohl toto kolo nadzvednout (z tohoto důvodu byla zavedena i uvedená aretace horní části). Kompatibilita včetně podrobnějšího popisu segmentu je uvedena v příloze č. 1.



Obrázek 69 - znázornění koncepčního (vlevo) a konstrukčního (vpravo) řešení mimoosového přenosového segmentu včetně označení jednotlivých částí pro uvedené varianty

Z hlediska pevnostní kontroly návrhu je vhodné otestovat a případně optimalizovat jeho kritické části. Mezi kritické části lze řadit zejména čep, nebo jiné uložení kruhového nože a čep nebo uchycení opěrných ložisek výrobku. Pro možné simulování zatížení je potřeba stanovit utahovací moment, který je člověk schopen vyvinout na přitlačný šroub nože. Ke stanovení utahovacího momentu šroubu nože, byly experimentálně otestovány dva vzorky o přibližném průměru 40 a 60 mm pomocí momentového klíče zn. Extol s rozsahem 5 až 25 N\*m.



Obrázek 70 - znázornění experimentu pro stanovení utahovacího momentu nastavitelného šroubu

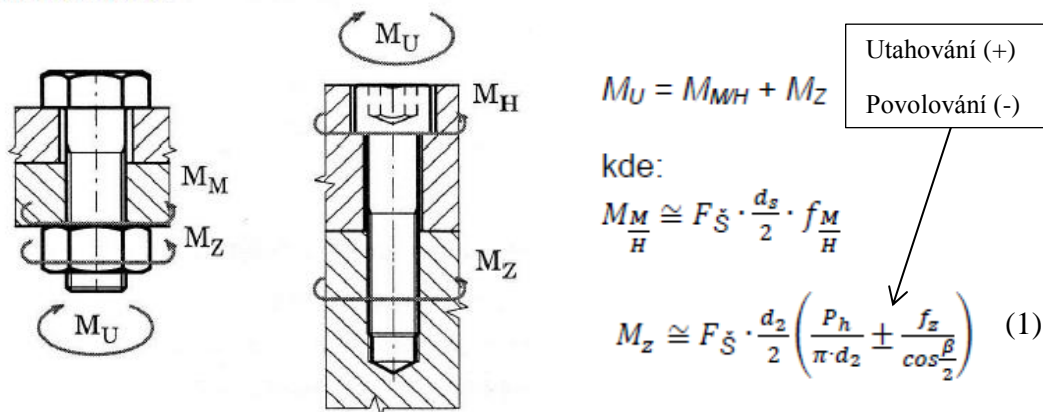
Momentový klíč byl nastaven na požadovanou testovanou hodnotu, přichycen k pracovnímu stolu a následně byl mechanicky spojen s testovaným vzorkem. Experimentem bylo zjištěno, že pro menší vzorek o průměru 40 mm nebylo možné dosáhnout 5 N\*m utahovacího momentu a pro větší vzorek (díky lepšímu ergonomickému úchopu) bylo uvedené hodnoty 5 N\*m dosaženo. Ve stávajícím řešení byl průměr znatelně menší (odhadem 20 mm, provedení - vroubkovaný válec), než uvedený testovaný vzorek s průměrem 40 mm. Při provozu zařízení se nepředpokládá velmi obtížné dotažení šroubu obshluhou. Po zohlednění bezproblémové funkčnosti stávajícího řešení a výsledků experimentu byla hodnota utahovacího momentu na šroub stanovena 2 N\*m.



Obrázek 71 - pohled na testované vzorky

Ze stanovené hodnoty utahovacího momentu je možné vypočítat maximální sílu, která je v ose šroubu uvedeným utahovacím momentem vyvozena a to pomocí následujícího vzorce:

**Utahovací / povolovací moment**



Obrázek 72 - výpočet utahovacího / povolovacího momentu, [4]

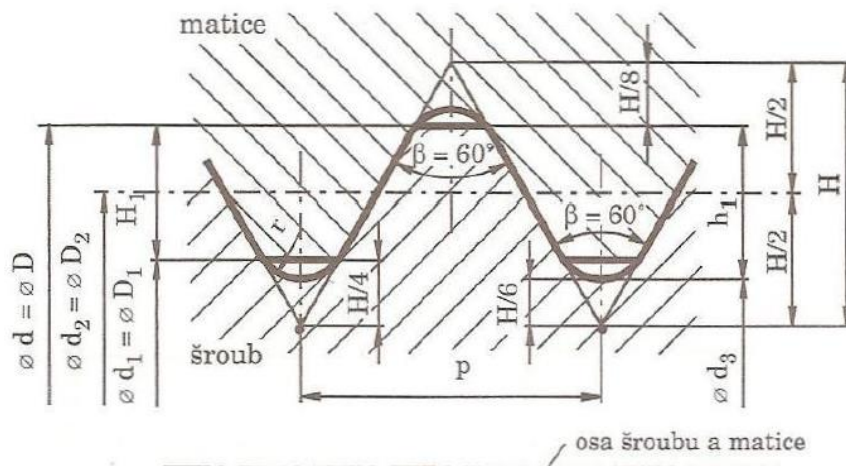
Kde:  $M_{M/H}$  = utahovací moment hlavy šroubu/matice (v tomto případě se rovná 0, protože hlava přitlačného šroubu se o materiál neopírá),  $f_z$  = součinitel tření v závitech (voleno 0,4)



Navržený šroub M8 x 1 má následující parametry:

Tabulka 6 - vlastnosti navrhnutého tlačného šroubu, [4],[8],[12]

Ocel S235JR			
Parametr	Značení	Hodnota	Jednotky
Mez pevnosti v tahu	$R_m$	360	MPa
Mez kluzu (minimální)	$R_e$	235	
Dovolené napětí $\sigma_D = R_e / s_k$	$\sigma_D$	157	
Dovolené napětí ve šroubu $\sigma_{D\check{s}} = 0,5 * \sigma_D$	$\sigma_{D\check{s}}$	78,33	
Napětí ve šroubu	$\sigma_{\check{s}}$	-	
Velký průměr závitu šroubu	$\varnothing d$	8,000	mm
Střední průměr závitu šroubu	$\varnothing d_2$	7,350	
Malý průměr závitu šroubu	$\varnothing d_3$	6,773	
Součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu	$s_k$	1,5	-



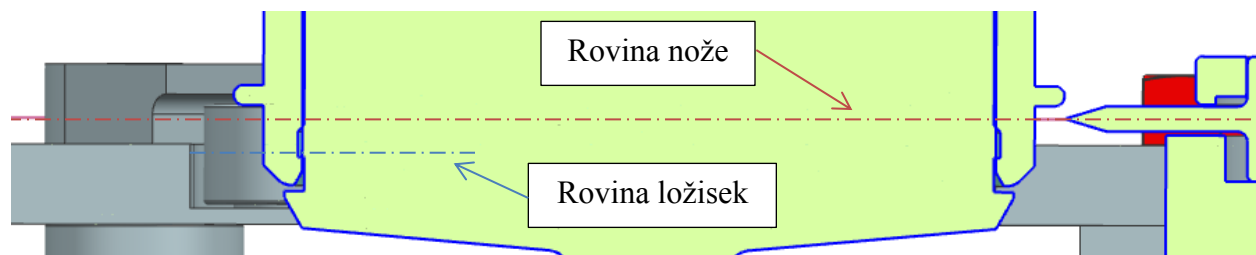
Obrázek 73 - zobrazení osového řezu závitem a definování uvedených průměrů, [4]

Po úpravě a dosazení do rovnice (1) dostáváme následující rovnici:

$$F_{\check{s}} = \frac{2000 * 2}{7,35 * \left( \frac{1}{\pi * 7,35} + \frac{0,4}{\cos(30)} \right)} \doteq 1077,5 \text{ N}$$

Šroubem jsme tedy schopni vyvinout osovou sílu 1077,5 N při působení utahovacím momentem 2 N\*m. Tuto sílu můžeme použít jako vstupní parametr pro výpočty kritických míst či pro analýzu zatížení konstrukce pomocí metodou konečných prvků (detailní popis analýz je uveden v příloze č. 3).

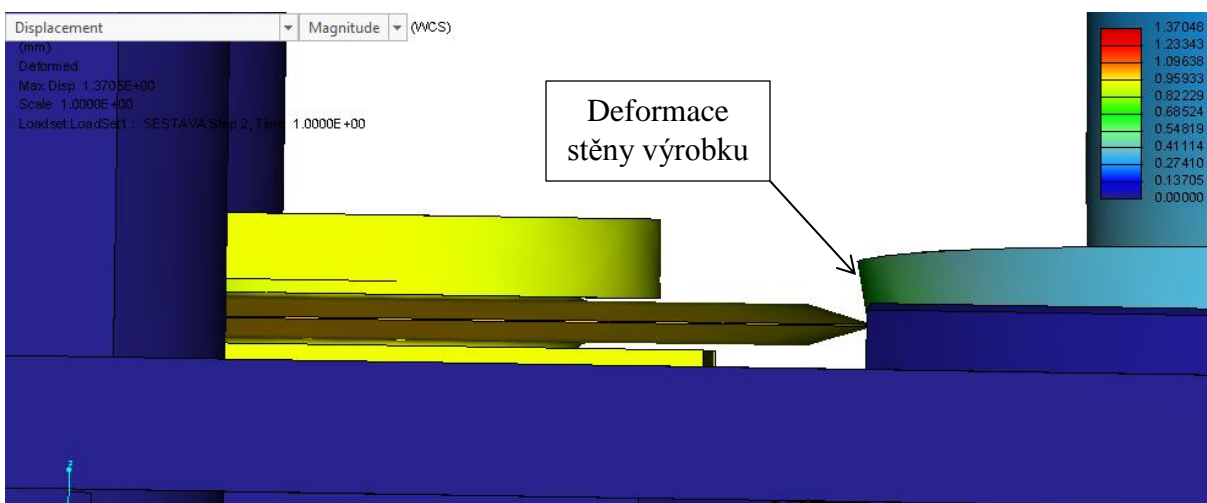
Vedení opěrných ložisek výrobku bylo z pevnostních důvodů navrženo z obou stran. Držák ložiska je zespoda boční desky přichycen dvěma šrouby, a čep držáku prochází jak samotným ložiskem, tak i boční deskou. Aby bylo možné zajistit uložení ložisek z obou stran, nenacházejí se s řezným nožem v jedné rovině, ale ložiska jsou pod nůž podsazena. Při působící síle nože na výrobek dojde k rozkladu síly mimo ložisek i do osy výrobku směrem nahoru (do přenosového segmentu). Při zanedbání rozkladu síly a uvažování rozložení síly mezi dvě opěrná ložiska lze stanovit lehce předdimenzovaný požadavek statické únosnosti použitých ložisek.



Obrázek 74 - řez nožem a výrobkem se znázorněním řezné a opěrné roviny ložisek

Polovina síly vyvinuta nožem na výrobek je 539 N. Ložiska navrhnutá v koncepční variantě jsou SKF 638/5-2RZ. Tyto ložiska mají statickou únosnost pouze 143 N [6]. Ložiska původně navrhnutá nevyhovují a z tohoto důvodu jsou volena jiná ložiska o stejné výšce 5 mm – SKF 61802-2Z, která disponují statickou únosností až 1 100N [7]. Obě z uvedených ložisek jsou ložiska kuličková. Tento typ ložisek umožňuje zachytit jak radiální, tak i axiální síly.

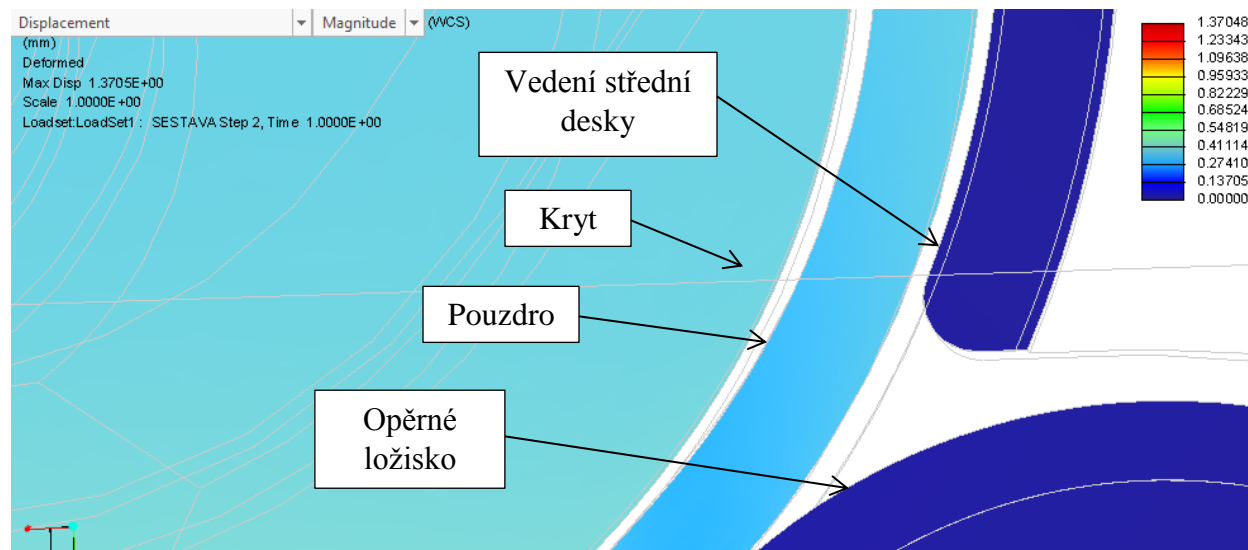
Analýzou zatížení střední části pomocí metody konečných prvků bylo zjištěno, že definovaná síla byla z pohledu výrobku velmi vysoká, protože docházelo k výrazné deformaci jeho stěn. Pro správnou funkčnost zařízení je tedy nutné dodržet již zmíněné postupné zařezávání nože mírnou silou v průběhu otáčení výrobku a výrazným deformacím se vyvarovat. Touto analýzou byl ověřen nejkritičtější případ možné působící síly.



Obrázek 75 - celkové posunutí kruhového nože (uvedeno v mm) a zobrazení deformace stěny výrobku

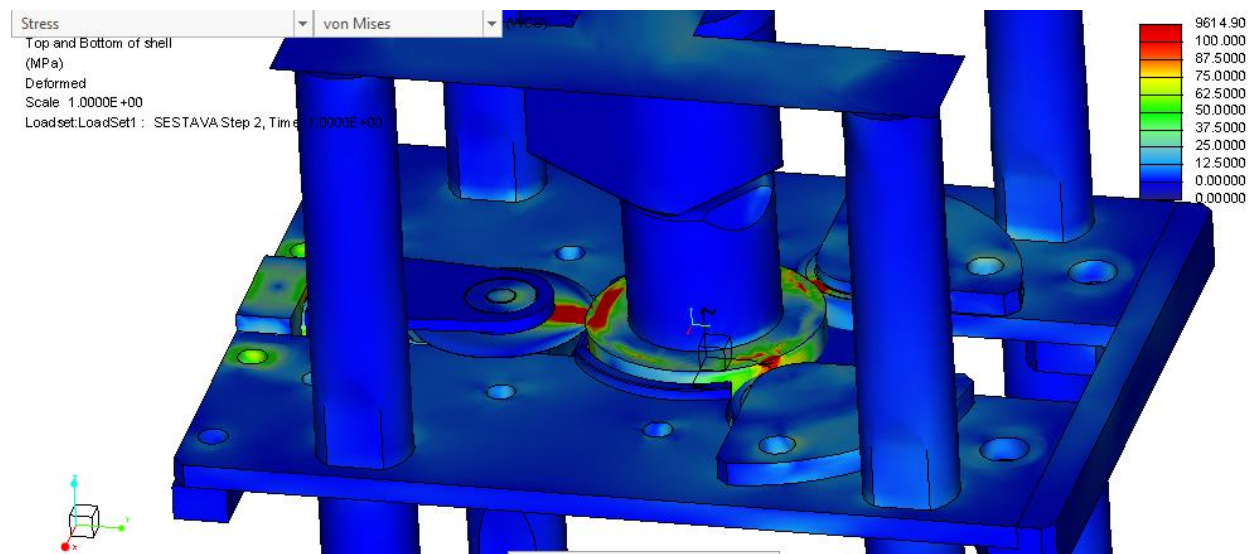


I přes výraznou deformaci výrobku bylo zjištěno, že při působící osové síle ve šroubu 1077,5 N nedojde k vymezení navržené vůle mezi výrobkem a zařízením (nedojde k zablokování výrobku).



Obrázek 76 - řez výrobkem, střední deskou a ložiskem pro znázornění celkového posunutí a mezery mezi výrobkem a opěrnými plochami výrobku, uvedeno v mm

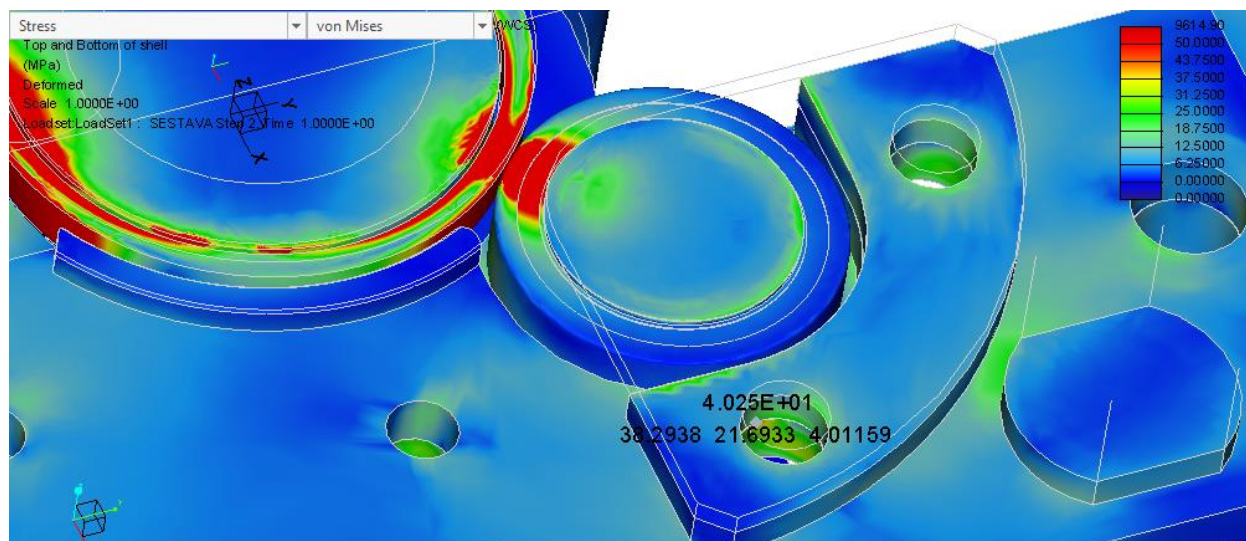
Z hlediska redukovaného napětí dle hypotézy HMM byla zjištěna maximální hodnota 9614 MPa v místě dotyku kruhového nože a plastového svařence.



Obrázek 77 - zobrazení redukovaného napětí dle hypotézy HMM v MPa po úpravě měřítka

Toto napětí nabývá velmi vysoké hodnoty z důvodu dotyku jednoho konkrétního bodu zjednodušeného modelu kruhu nože s výrobkem. V reálném případě lze očekávat větší utažení šroubu až po mírném zaříznutí nože do výrobku. Po zaříznutí se opěrná plocha ostří nože zvýší,

což má za následek snížení kritického (nejvyššího) napětí. Při zohlednění rozložení napětí se lze zaměřit na ostatní důležitá místa.



Obrázek 78 - řez držákem ložiska a výrobkem, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedené v MPa (maximum 40,25 na rozhraní držáku ložiska a středové desky)

Mezi držákem opěrných ložisek a boční deskou bylo nalezeno lokální maximum redukovaného napětí dle hypotézy HMH 40,25 MPa. Boční deska je navržena z hliníkové slitiny EN AW 6082. Základní vlastnosti slitiny uvádí následující tabulka.

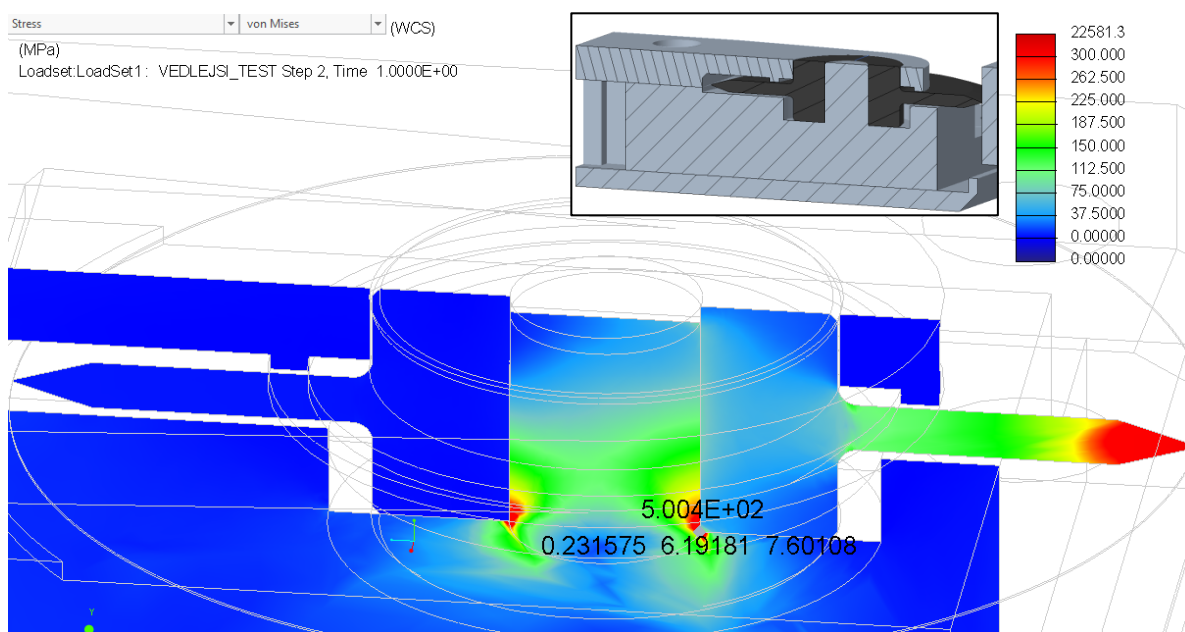
Tabulka 7 - základní vlastnosti hliníkové slitiny EN AW 6082, [9]

<b>Hliníková slitina EN AW 6082</b>			
Parametr	Značení	Hodnota	Jednotky
Mez pevnosti v tahu	$R_m$	205	MPa
Smluvní mez kluzu	$R_{p0,2}$	110	

Součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu boční desky střední části má hodnotu 2,73. Z hlediska ložisek i jejich uložení je tedy zatížení bez problému akceptovatelné.

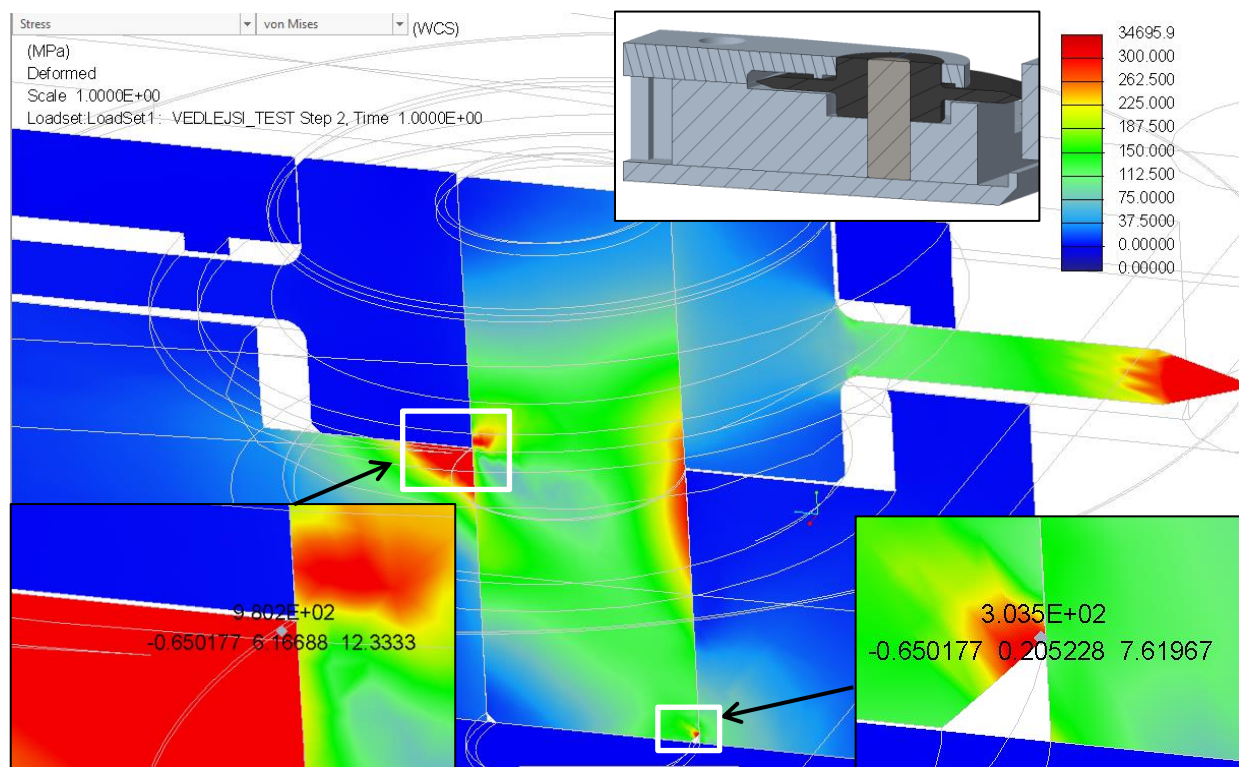
Dalším velmi důležitým místem z pevnostního hlediska je čep nesoucí kruhový nůž. V uvedené simulaci celkového zařízení byl nůž veden přímo ve tvarové desce, do které je zasazen. Nosný čep byl tedy ze stejného materiálu jako nosná deska. Maximum redukovaného napětí bylo nalezeno na ostrém rohu pod nožem – 323 MPa (viz příloha č. 3).

Z důvodu relativně vysoké hodnoty napětí na čepu nože, vyskytujícího se ostrého rohu a nutnosti výměny celé komponenty při poškození byla vytvořena zjednodušená simulace sledované části, kde byly otestovány jiné vhodné typy uložení. Kvůli zjednodušení simulace došlo k nárůstu napětí u již testovaného typu uložení (při téměř stejné síle) – tím lze stanovit, že doplňující zjednodušená simulace typů uložení je lehce předdimenzovaná. Nižší hodnoty napětí v simulaci celého zařízení jsou také z důvodu pohlcení působící síly některými komponenty (a jejich deformacemi).



Obrázek 79 - řez jednoduchým uložením nože ve vodící tvarové desce včetně znázornění řezu, zjednodušená simulace uložení nože, lokální maximální redukované napětí von Mises 500 MPa

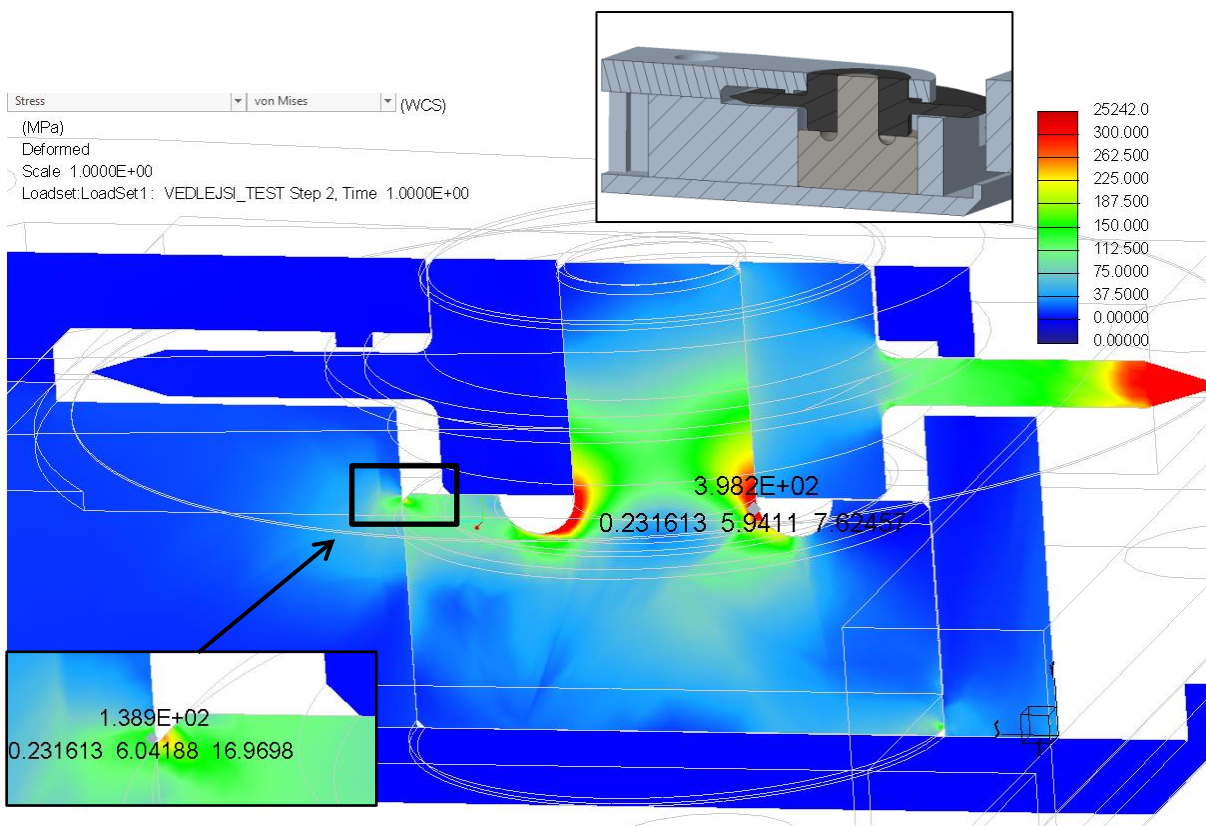
V druhém případě uložení byl uvažován otvor ve vodící tvarové desce. Kruhový nůž s vodící deskou byl spojen nalisovaným čepem do tvarové desky.



Obrázek 80 - řez uložením nože s jednoduchým čepem včetně znázornění řezu, zjednodušená simulace uložení nože, lokální maximální redukované napětí 304 – čep a 980 – deska, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

Třetím typem uložení byl opět vložený čep z důvodu jeho možné výměny. Tento čep však disponuje dvěma průměry – menší pro vnitřní otvor nože, a větší pro lepší rozložení napětí do tvarové desky. Mezi těmito průměry je navržen i rádius eliminující ostrý roh (koncentrátor napětí). Zároveň je tento čep relativně jednoduchý a lze ho bez problému vyrobit na soustruhu.



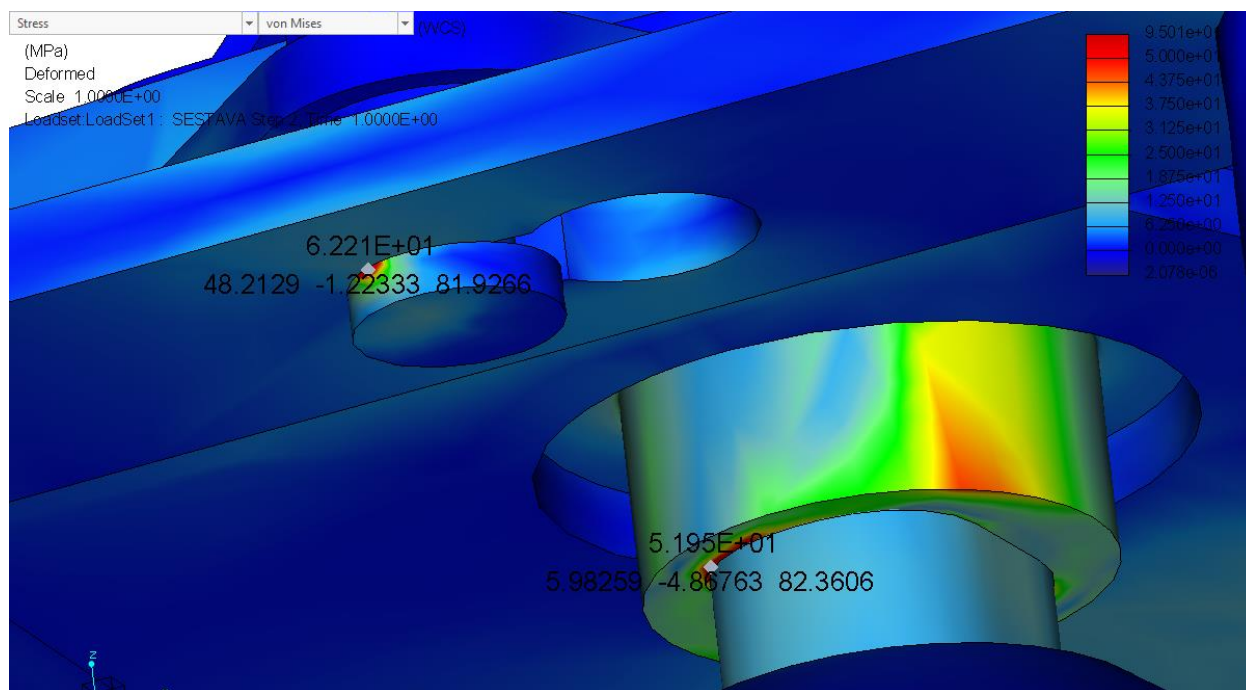


Obrázek 81 - řez uložením nože se složitějším čepem včetně znázornění řezu, zjednodušená simulace uložení nože, lokální maximální redukované napětí 139 - deska a 398 – čep, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

Analýzou různých typů uložení bylo zjištěno, že nejvhodnějším uložení je typ třetí. Tento typ disponuje největším rozložením napětí do tvarové desky a navíc je možné v případě potřeby vyměnit pouze kritickou komponentu – čep, bez nutnosti výměny celé desky, jako je tomu u typu prvního. Uložení druhého typu vykazuje v opěrných místech příliš vysoké hodnoty napětí, a proto pro tento případ není vhodné.

Jelikož je napětí čepu vyšší než mez kluzu materiálu, ze kterého je navrhována vodící tvarová deska (ocel S235JR) je nutné navrhnout pro čep materiál pevnější. Materiálem vhodným pro výrobu čepu je například ocel ČSN 11 140 ( $R_e = \min. 520 \text{ MPa}$ ) [11]. U tohoto materiálu součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu při zatížení 398 MPa odpovídá hodnotě 1,3 (podmínka  $s_k > 1$  splněna).

Po optimalizaci uložení nože je vhodné otestovat tuhost celé konstrukce a to z pohledu jakéhokoliv možného zaseknutí výrobku ve střední části a působící síle na otočnou ruční páku. Tímto ověřením lze sledovat napětí v jednotlivých částech zařízení a hlavně posun jednotlivých komponent. Ověřením lze zjistit, zdali v takovémto krajním případě dojde ke kolizi a nefunkčnosti zařízení. Pro simulaci byla volena síla 50 N na ruční páku a výrobek byl pevně upnut mezi opěrná ložiska a zjednodušený útvar reprezentující vedení kruhového nože (zjednodušení bylo zavedeno z důvodu jednoduššího výpočtu simulace).



Obrázek 82 - pohled na spoj přenosového segmentu s ruční pákou (51,95) a aretační kolík odnímatelné části (62,21), hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

Analýzou zatížení bylo zjištěno maximum redukovaného napětí von Mises (dle hypotézy HMM) 51,95 MPa v místě přechodu ruční páky na otočný segment a 62,21 MPa na povrchu aretačního kolíku. Aretační kolík, ruční klika a přenosový segment jsou uvažovány již ze zmíněné oceli (tabulka 6).

Součinitel bezpečnosti vůči kluzu materiálu mezi klikou a segmentem je  $s_k = 2,11$ ; u kolíku 3,79. Po kontrole kritických míst pomocí analýzy metody konečných prvků následuje kontrola navrženého tlačného šroubu.

#### Pevnostní kontrola šroubu:

$$\sigma_{\xi} = \frac{F_{\xi}}{S_{\xi min}} = \frac{1077,5}{\frac{\pi * d_{min}^2}{4}} = \frac{1077,5 * 4}{\pi * 4,5^2} \doteq 67,75 \text{ MPa}$$

S již dříve zvoleným koeficientem bezpečnosti vůči mezi kluzu (tabulka 6 –  $s_k = 1,5$ ) je podmínka  $\sigma_{\xi} < \sigma_{D\xi}$  splněna.



Kontrola měrného tlaku v závitech:

Pro tento výpočet musíme znát i parametry závitové díry pro šroub, které jsou následující:

Tabulka 8 - vlastnosti závitové díry (ostatní materiálové vlastnosti viz tabulka 6 a příloha č. 2), [8]

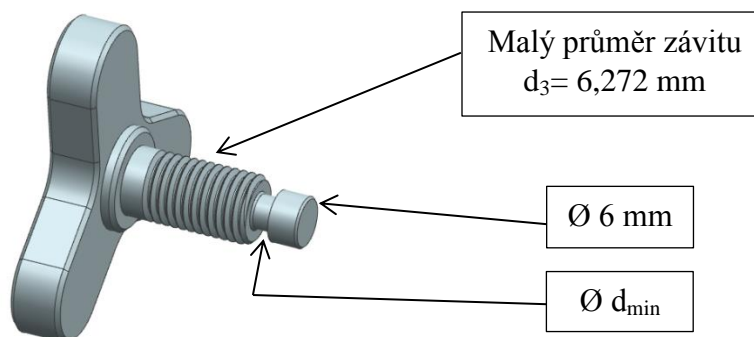
Ocel S235JR			
Parametr	Značení	Hodnota	Jednotky
Dovolené napětí $\sigma_D = R_e / s_k$	$\sigma_D$	168	MPa
Dovolený tlak v závitech $p_{zD} = 0,2 * \sigma_D$	$p_{zD}$	33,57	
Hloubka závitové díry	h	9	mm
Malý průměr závitu matice	$\varnothing D_1$	6,917	
Počet nosných závitů $n_z = (h / P_h) * 0,6$	$n_z$	5,4	-
Součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu	$s_k$	1,4	

Kde: 0,6 = koeficient rozložení tlaku v závitech (voleno 60% závitu nosných)

Měrný tlak v závitech  $p_z$ :

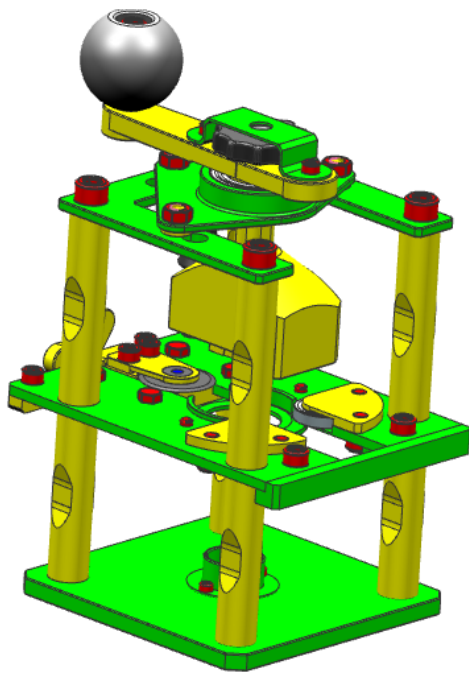
$$p_z = \frac{F_s}{n_z * S_z} = \frac{F_s}{n_z * \frac{\pi * (d^2 - D_1^2)}{4}} = \frac{1077,5 * 4}{5,4 * \pi * (8^2 - 6,917^2)} \doteq 15,7 \text{ MPa}$$

Z výpočtů je patrné, že pro zvolenou hodnotu (v tabulce 8) součinitele bezpečnosti vůči mezi kluzu  $s_k = 1,4$  je podmínka  $p_z < p_{zD}$  splněna. Po tomto ověření lze šroub se závitem M8x1 v návrhu ponechat. Dále je díky navrhnutému závitu možné uplatnit využití tlačné části šroubu i pro opačný směr (viz kapitola 3.4.).



Obrázek 83 - tlačný šroub se znázorněním důležitých průměrů

Ve finálním konstrukčním řešení jsou použity tři materiály. První z nich - ocel S235JR, je použita u funkčních částí, ve kterých se očekává zvýšené zatížení. Druhým materiálem je ocel ČSN 11 140 použitá pro velmi namáhaný přenosový čep kruhového nože. Rozměrnější součásti (u kterých není potřebná vysoká pevnost) jsou navrženy z hliníkové slitiny EN AW 6082 v přirozeně vystárlém stavu (hliníková slitina je lehčí než ocel – redukce hmotnosti). Jako povrchová úprava ocelových komponent pro zamezení koroze atp. je doporučeno galvanické zinkování. U komponent z hliníkové slitiny není povrchová úprava potřebná.



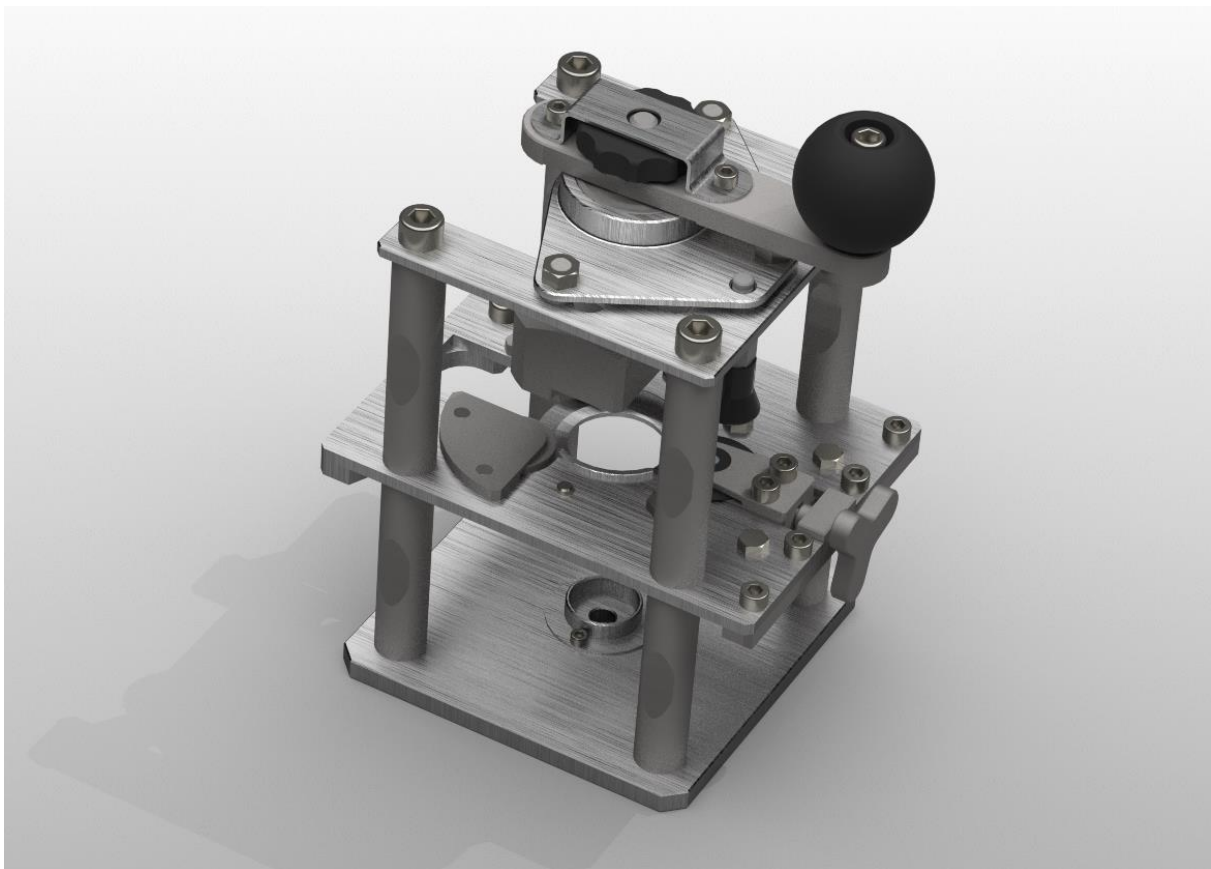
Hliníková slitina EN  
AW 6082

Ocel S235JR

Ocel ČSN 11 140

Spojovací materiál

Obrázek 84 - finální 3D model včetně barevného rozlišení použitých materiálů



Obrázek 85 - render finálního konstrukčního návrhu

## 6. Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh zařízení pro demontáž ventilů TEV. Nejprve bylo uvedeno stávající zařízení, které bylo schopné pojmout pouze několik konkrétních variant výrobků TEV. Dále bylo v rámci požadavků uvedeno několik variant výrobků, které by zařízení mělo pojmout. Kromě variant výrobků bylo dále specifikováno několik požadavků na konstrukci, mezi které lze zařadit například kompaktní rozměry pro skladování a jednoduchou obsluhu zařízení.

Na základě variant výrobků a specifikovaných požadavků byly provedeny celkem čtyři návrhy zařízení. V rámci jednotlivých variant zařízení byly uvedeny i možné modifikace, které ovlivňují jak potencionální funkčnost zařízení, tak i jeho konstrukci, cenu, složitost obsluhy, a v neposlední řadě i hmotnost.

V první variantě zařízení je ponechána koncepce posuvného nože s opěrnými ložisky v pevném rámu a otočného výrobku. Optimalizace oproti původní variantě spočívá v eliminaci zasekávání a v rychlém systému nastavení přitlačné síly. Koncepce varianty druhé je velmi odlišná. V druhé variantě je výrobek pevně upnutý do zařízení a pohyb kolem výrobku dělají opěrná ložiska s dělicím nožem. Třetí varianta je tvořena nakupovaným modelářským soustruhem včetně konceptu rychloupínacího zařízení. Po samotných návrzích byly varianty včetně modifikací porovnány na základě stanovených kritérií, kterým byla přiřazena i svoje důležitost (váha). Na základě tohoto porovnání byla zvolena nejoptimálnější varianta.

Zvolenou variantou byla varianta čtvrtá. Tato varianta byla na rozdíl od všech ostatních navržena s vertikální konstrukcí. Dělení výrobku zajišťuje kruhový nůž, jehož poloha je pevně nastavena tlačným šroubem. Šroub lze použít i v opačném směru – vytáhnutí z výrobku při sevření nože výrobkem. Další částí, kterou lze nastavit je přenosový segment. Tento segment přenáší sílu z otočné páky na výrobek pro zajištění jeho otáčení a z hlediska geometrie je nejvíce uzpůsoben požadovaným variantám ventilů TEV. Z hlediska nákladů na výrobu byla čtvrtá varianta navržena z jednoduchých součástí oproti variantám jiným. Jedinou výjimkou jednoduchých tvarů je přenosový segment, který je tvořen relativně složitými plochami pro co nejlepší oporu všech variant výrobků. Uvedený segment disponuje třemi polohami pro základní rozlišení vkládaného výrobku dle jeho konektoru. Kvůli relativně jednoduchému připojení přenosového segmentu do zařízení je součástí návrhu ještě osový segment, který je uzpůsoben pro specifickou variantu výrobku TEV s výstupní tryskou v jeho ose a konektorem kolmým na tuto osu. Dále je k zařízení doplněna tvarová podložka pro jednu z variant výrobku TEV z důvodu její možné kompatibility se zařízením.

Finální konstrukční návrh byl z pevnostního hlediska ověřen několika výpočty a také metodou konečných prvků, kdy ve dvou případech (uložení ložisek a vedení kruhového nože) byl návrh optimalizován.

Výsledkem této práce je kompletní 3D model navrženého zařízení včetně výkresu sestavy a třech výrobních výkresů zvolených komponent.

## Seznam použité literatury

### Internetové zdroje

- [1] Řezné kolečko zn. Horex na plastové a kompozitní trubky [online], Dostupný z:  
[https://www.hoffmann-group.com/pdf/CS/K49/pdf/dsh\\_cs-cz\\_104483.pdf](https://www.hoffmann-group.com/pdf/CS/K49/pdf/dsh_cs-cz_104483.pdf)
- [2] Řezné kolečko zn. Garant na plastové a kompozitní trubky [online], Dostupný z:  
[https://www.hoffmann-group.com/pdf/CS/K49/pdf/dsh\\_cs-cz\\_61920.pdf](https://www.hoffmann-group.com/pdf/CS/K49/pdf/dsh_cs-cz_61920.pdf)
- [3] Hobby soustruh Bernardo 250 [online], Dostupný z:  
<https://www.boukal.cz/stolni-soustruh-bernardo-hobby-250/534/produkt#gallery-1>
- [4] HOSNEDL, Stanislav. *Obecné strojní části 1.* [online], Dostupný z:  
<https://old.zcu.cz/export/sites/zcu/pracoviste/vyd/online/Obecne-strojni-casti-1.pdf>
- [5] Výzkumný ústav bezpečnosti práce - přenášení břemen [online], Dostupný z:  
<https://www.bozpinfo.cz/manipulace-s-bremen>
- [6] Kuličkové ložisko SKF 638/5 – 2Z [online], Dostupný z:  
<https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-W%20638%2F5-2Z>
- [7] Kuličkové ložisko SKF 61802 – 2Z [online], Dostupný z:  
<https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-61802-2Z>
- [8] Mechanické vlastnosti - ocel S235JR [online], Dostupný z:  
<http://www.alfun.cz/ocel>
- [9] Mechanické vlastnosti – hliníková slitina EN AW 6082 [online], Dostupný z:  
<http://www.alfun.cz/hlinik>
- [10] Tvary běžně prodávaných soustružnických nožů [online], Dostupný z:  
[https://www.manutan.cz/cs/mcz/soustruznicke-noze-hm-16-mm-11-ks-553292?gclid=EA1aIQobChMIqLHL1KPt6QIVSuR3Ch0jrQiZEAQYBSABEgINCvD\\_BwE](https://www.manutan.cz/cs/mcz/soustruznicke-noze-hm-16-mm-11-ks-553292?gclid=EA1aIQobChMIqLHL1KPt6QIVSuR3Ch0jrQiZEAQYBSABEgINCvD_BwE)
- [11] Mechanické vlastnosti – ocel 11140 ČSN [online], Dostupný z:  
<http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-11140.pdf>

## Literatura

[12] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia spol. s r.o. 1999

## Použitý software

Siemens NX 11

PTC Creo Parametric 5.0

PTC Creo Simulate 5.0

## Přílohy

### Přílohy zavázané

- Příloha č. 1 – Kompatibilita přenosového segmentu
- Příloha č. 2 – Vlastnosti nakupovaných součástí a materiálů
- Příloha č. 3 – Simulace zatížení navrženého 3D modelu

### Přílohy volně vložené

- Výkresová dokumentace
  - 20\_BP\_FS\_01
  - 20\_BP\_FS\_02
  - 20\_BP\_FS\_03
  - 20\_BP\_FS\_04