

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Lisovací forma pro interiérové díly

Autor: **Tadeáš KALVAS**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin Hynek Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

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:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kalvas	Jméno Tadeáš	
STUDIJNÍ OBOR	2341R001 „Konstrukce průmyslové techniky“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Martin Ph.D.	Jméno Hynek	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Lisovací forma pro interiérové díly		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	52	TEXTOVÁ ČÁST	40	GRAFICKÁ ČÁST	12
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce zprvu pojednává o podstatě a zdrojích hluku v automobilu. Dále se pak zaměřuje zejména na konstrukci konkrétního akustického dílu a také na konstrukci lisovacích forem pro akustické díly, včetně veškeré periferie potřebné pro lisování (vodící a dorazové elementy, vytápění, parní okruh, atd.).</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>automobil, akustika, akustické díly, hluk, lisování, forma, interiérové díly, CAD</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Kalvas	Name Tadeáš	
FIELD OF STUDY	2341R001 „Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Martin Ph.D.	Name Hynek	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Pressing tool for interior parts		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	52	TEXT PART	40	GRAPHICAL PART	12
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelors theses deals with matter and sources of noise in cars. Then it focuses to construction of a specific acoustic part and also to construction of pressing moulds for acoustic parts including all periphery necessary for pressing (leading and stopping elements, heating, steam circuit, etc.).
KEY WORDS	car, acoustic, acoustic parts, noise, pressing, mould, interior parts, CAD

Obsah

Zkratky a symboly	2
1. Akustické interiérové díly osobních automobilů	3
1.1. Akustika obecně	3
1.2. Vnitřní hluk automobilu	3
1.3. Použití akustických dílů	5
1.4. Materiály akustických dílů	6
2. Konstrukce interiérového dílu	7
2.1. Rozvržení práce	7
2.2. Konstrukce B - plochy	9
2.3. Konstrukce A - Plochy	12
2.4. Konstrukce ořezu	13
2.5. Lokální stlačení	14
2.5.1. Kolizní stlačení.....	14
2.5.2. Okrajové stlačení.....	15
2.6. Kontrola odformování a úpravy modelu	16
2.7. Rozevření dílu	17
3. Konstrukce lisovací formy	18
3.1. Výchěžové a odlehčovací plochy	18
3.2. Tvorba lisovací formy	20
3.3. Lícovací plošky	21
3.4. Materiálové dorazy	22
3.5. Dorazy formy	23
3.6. Vodící elementy nástroje	24
3.7. Topení a parní soustava nástroje	25
3.7.1. Topení	25
3.7.2. Parní okruh	27
3.8. Kontrolní kolík	29
3.9. Izolační a ochranné obložení	30
3.10. Transportní prvky	32
3.11. Stanovení lisovací síly	33
4. Závěr	33
Literatura.....	34
Seznam Obrázků	34

Zkratky a symboly

Atd.	a tak dále
tzn.	to znamená
La [dB]	hladina intenzity zvuku [decibely]
N [son]	subjektivní vjemu hluku (hlasitosti)
Hz	jednotka vlnění
MPa	jednotka tlaku
KKS	Katedra konstruování strojů
FST	Fakulta strojní
ZČU	Západočeská univerzita

1. Akustické interiérové díly osobních automobilů

Interiérový akustický díl je ve své podstatě netkaná textilie slisovaná do potřebného tvaru. Účel takového dílu je následující:

- Snižovat úroveň hluku v kabině automobilu
- Snižovat úroveň vibračí ve vozidle
- Zabraňovat prostupu tepla do kabiny (motor, výfukový systém)

1.1. Akustika obecně

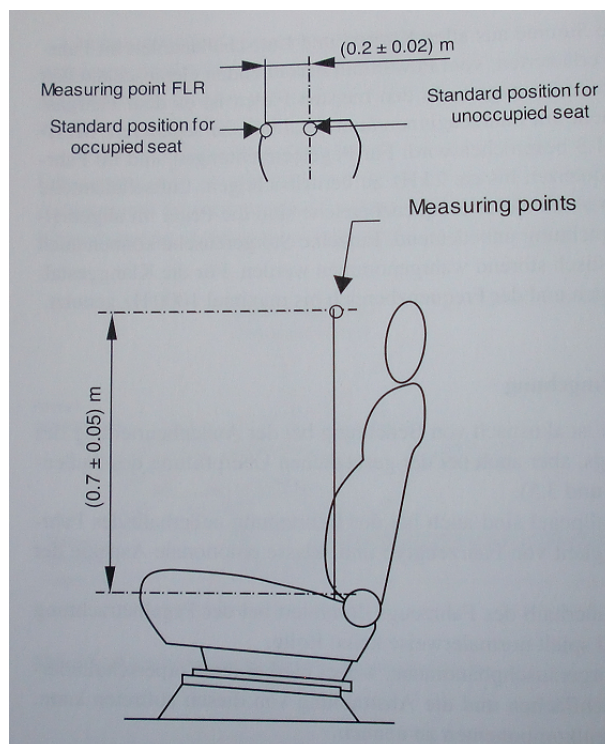
Zvuk je z fyzikálního hlediska mechanické vlnění, a je způsoben kolísáním tlaku vzduchu kolem střední hodnoty dané barometrickým tlakem vnímaným člověkem. Zvuk je vnímán především sluchovým orgánem, ale také povrchem těla, obzvláště pak lebečními kostmi [1].

Akustika se zabývá touto částí mechanického vlnění, které vyvolá sluchový vjem. Zvuk se projevuje mechanickým vlněním v kmitočtu od 17 Hz až po 20 000 Hz. Pokud je zvuk v kmitočtu pod 17 Hz nebo naopak nad 20 000 Hz, tak jej lidský sluchový orgán již neslyší. Toto ovšem neznamená, že by v takovýchto frekvenčních rozsazích zvuk nevnímal. U citlivějších osob se projevuje toto vnímání nevolnostmi jak v infrazvukovém, tak i v ultrazvukovém pásmu. Hluk je jakýkoliv zvuk, který se projevuje nepříjemně až rušivě. Akustika je fyzikální obor, který se zabývá mechanickým vlněním, jeho projevy, definováním a ochranou proti hluku. Ochrana proti hluku patří k nejdůležitějším úkolům akustiky z hlediska ekologie životního prostředí a lidského organismu [2].

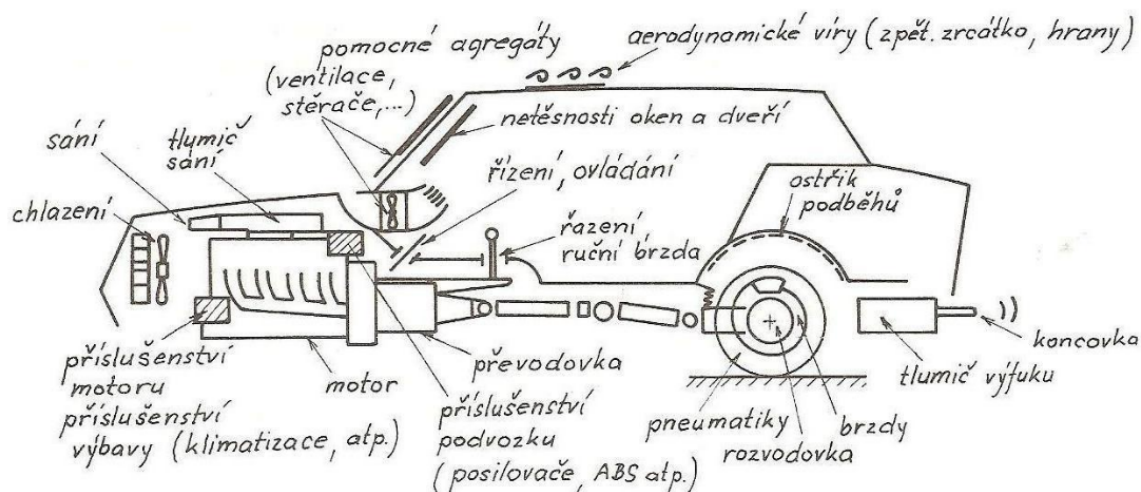
1.2. Vnitřní hluk automobilu

Tímto hlukem rozumíme hluk, který je v části vozidla určené pro posádku. Je generován dvěma mechanismy. Prvním je působení časově proměnných sil na nosnou konstrukci a karoserii automobilu, které rozvibrovávají všechny stěny automobilu, a tím pádem vzniká hluk v interiéru. Tento způsob se nazývá šíření chvěním. Druhý způsob je přestup hluku vzduchem přímo od zářičů, přes stěny automobilu. Tento způsob se nazývá šíření vzduchem. Maximální přípustný hluk v automobilu je 80 dB [1].

Při výzkumech se zkoumají akustické tlaky v okolí hlav cestujících v interiéru a počítá se s neproměnnou polohou. Vnitřní hluk automobilu je ovlivňován řadou faktorů, kterými jsou rychlost vozidla, zatížení motoru, zařazený rychlostní stupeň, valivý odpor pneumatik, kvalita vozovky, při vyšších rychlostech aerodynamika automobilu, otevřená - uzavřená okénka atd. [1].



Obr. 1 Poloha měřícího zařízení hluku v interiéru [3]



Obr. 2 Zdroje hluku automobilů [1]

Ve většině případů je snahou akustického inženýrství snížit na minimum hladinu akustického tlaku vyzařovaného strojem do okolí. Avšak nulové vyzařování strojem do okolí nelze nikdy docílit. Z toho vyplývá, že dalším úkolem akustického inženýrství je dosažení přijemnosti vyzařovaného hluku do okolí. V automobilovém průmyslu ani není žádoucí snížení hluku na možné minimum, ale spíše snížení hluku na takovou hranici, při které nebude cestování automobilem nepříjemné pro posádku, avšak bude pro řidiče možné se při jízdě orientovat podle sluchu a subjektivně vyhodnocovat situace. Hlavním úkolem akustického inženýrství je tedy přizpůsobit hluk automobilu průměrným subjektivním představám jeho uživatelů [1].

Subjektivní hodnocení zvuku	Hladina zvukového tlaku L_a [dB]
Tichý	<66
Znatelný	<73
Vtíravý	<79
Obtěžující	<84
Velmi obtěžující	<89
Obtížně snesitelný	<92
Velmi obtížně snesitelný	≥ 92

Tab. 1 Subjektivní hodnocení zvuku [1]

Pokud roste hladina akustického tlaku, dochází ke snižování psychických funkcí. Při hladině akustického tlaku v rozmezí od 60 dB do 70 dB dochází k zúžení cév s omezením krevního oběhu, což má za následek rychlejší fyzickou únavu. Při akustickém tlaku 80 dB dochází ke zvětšení zornic očí až o 40%, což má za následek snížení rozpoznávacích schopností při noční jízdě až o 20%. Lze říci, že hluk s velikostí akustického tlaku ≤ 80 dB nezpůsobuje fyzické poškození ani při trvajícím účinku, ale jeho negativní psychické účinky jsou nesporné. Pokud nastane fakt, že hladina akustického tlaku se zvyšuje nad 80 dB, dochází postupně k nevratné ztrátě ostroty sluchu. K okamžitému poškození sluchového orgánu u člověka dochází při akustickém tlaku 170 dB [1].

1.3. Použití akustických dílů

Dělení dle umístění v automobilu:

a) Motorová část

- 1) Tlumící výplň přední kapoty
- 2) Vnější tlumící stěna mezi motorem a kabinou
- 3) Obložení motorového prostoru

b) Kabinová část

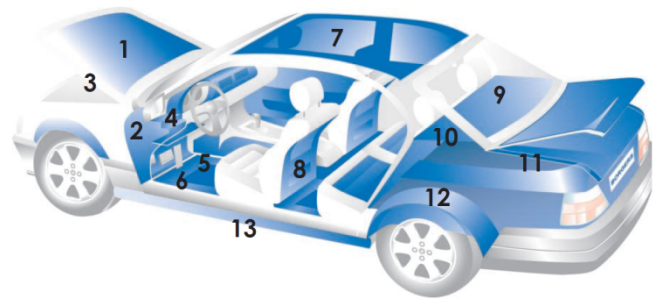
- 4) Vnitřní tlumící stěna mezi motorem a kabinou
- 5) Podlahové koberce
- 6) Podlahové absorbéry (společně s podlahovými koberci tvoří podlahový modul)
- 7) Střešní výplně
- 8) Čalounění sedaček

c) Zavazadlová část

- 9) Odkládací prostory nad zavazadlovým prostorem
- 10) Čalounění zadních sedadel
- 11) Čalounění pátých dveří, obložení zavazadlového prostoru

d) Exterierové díly

- 12) Podběhy kol
- 13) Tlumící výplně prahů



Obr. 3 Umístění dílů v automobilu [5]

Největší hlukové zdroje (motor, pneumatiky, výfukový systém) jsou odizolovány hned několika vrstvami.

Hluk z motorové části automobilu je odizolován vnější tlumící stěnou a následně ještě vnitřní tlumící stěnou.

Hluk od pneumatik je odizolován nejdříve podběhy kol a následně pak vnitřní tlumící stěnou.

Výfukový systém dělí od kabiny dvě izolační vrstvy - podlahové koberce a podlahové absorbéry.

Pro místa, pro která by bylo technologicky či ekonomicky nevhodné vyrábět díly z lisovaných netkaných vláken se využívá technologie pěnových dílů. Například u střešních sloupků, jejichž šířka je téměř stejná jako hloubka a výplň je proto obtížně vylišovatelná, se využívá technologie pěnových forem.

Na pěnové díly nejsou kladeny tak vysoké nároky na tvar jako je to u lisovaných dílů (žádná minimální tloušťka, lze konstruovat i menší podkoso, atd. - viz kapitola 2. Konstrukce interiérového dílu).

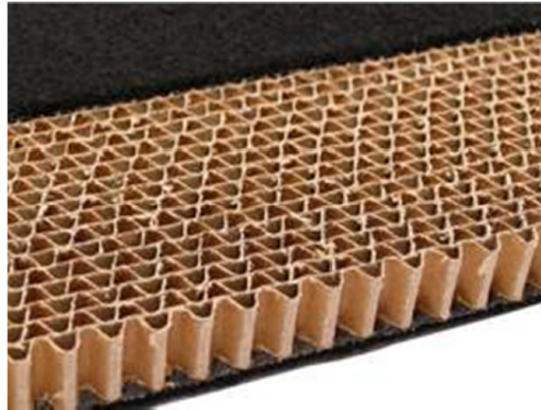
1.4. Materiály akustických dílů

Základem většiny akustických dílů jsou netkané textilie. Tyto textilie jsou vyrobeny z přírodních vláken (např. bavlna, juta, kenaf) a syntetických vláken, převážně z recyklovaných surovin. V závislosti na způsobu zpracování a složení směsi vláken, je možno dosáhnout velmi specifických vlastností výsledného materiálu a výrobků. Tyto vlastnosti lze přesně přizpůsobit konkrétní oblasti použití. [4]

Kromě netkaných textilií se používají pro interiérové díly i papírové voštiny, jako obzvláště lehké a stabilní nosiče. [4]



Obr. 4 Přírodní vlákno [4]



Obr. 5 Papírová voština [4]

2. Konstrukce interiérového dílu

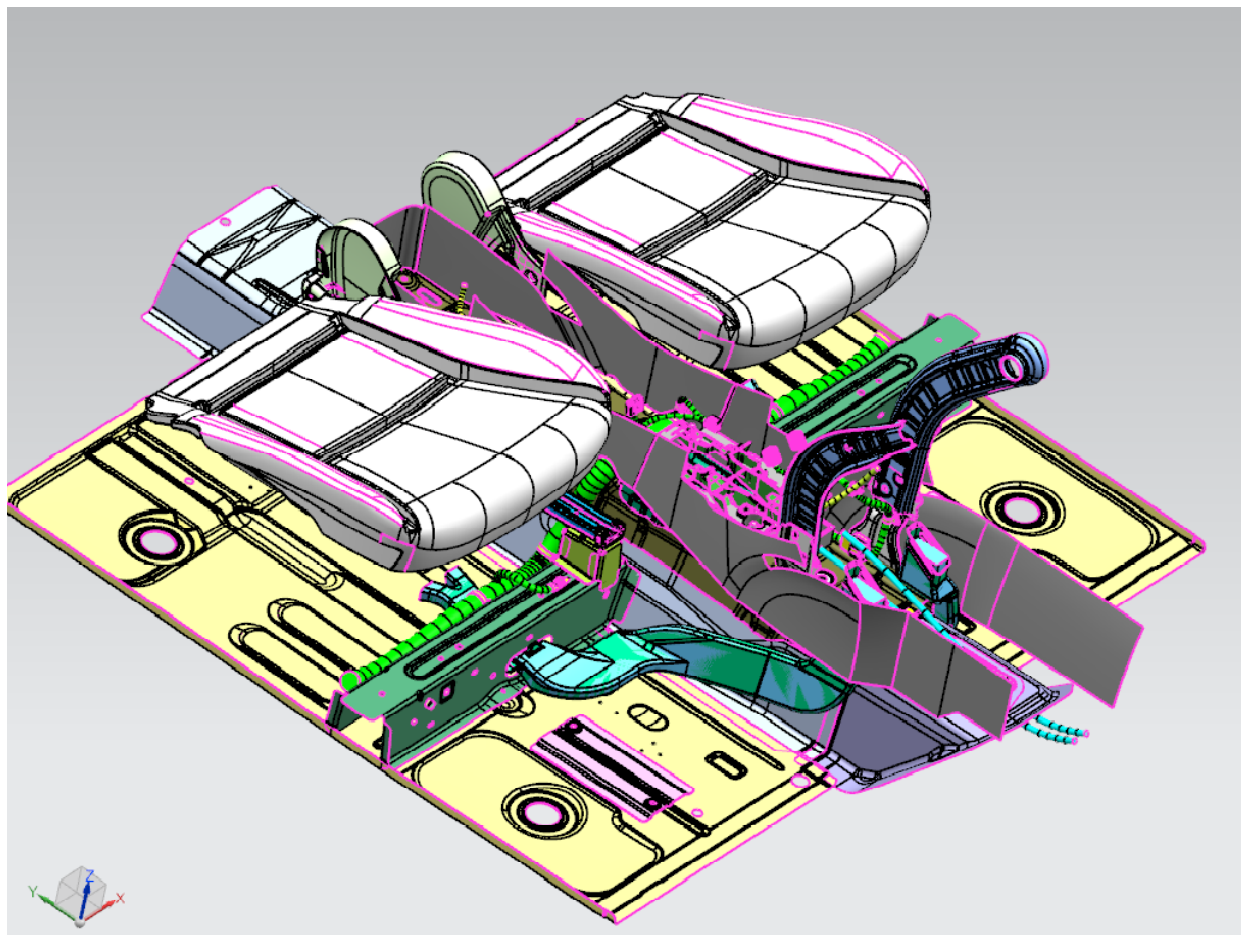
Rozhodující pro konstrukci interiérových akustických dílů je zadání automobilky. Automobilka konstrukční kanceláři určí přesnou polohu dílu, okolí které se musí respektovat, minimální a maximální tloušťku dílu, materiál, ze kterého bude díl vytvořen (textilie, pěna, atd.), v případě lisování netkané textilie musí automobilka uvést minimální úhel odformování – viz. Kapitola 2.6.

Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce bylo dohodnuto, že konstruovaný díl bude z oblasti středové konzole automobilu.

2.1. Rozvržení práce

Podstatný vliv na rozvržení práce má bezprostřední okolí konstruovaného dílu. Pro případ odhlučnění středové konzole se okolí skládá z:

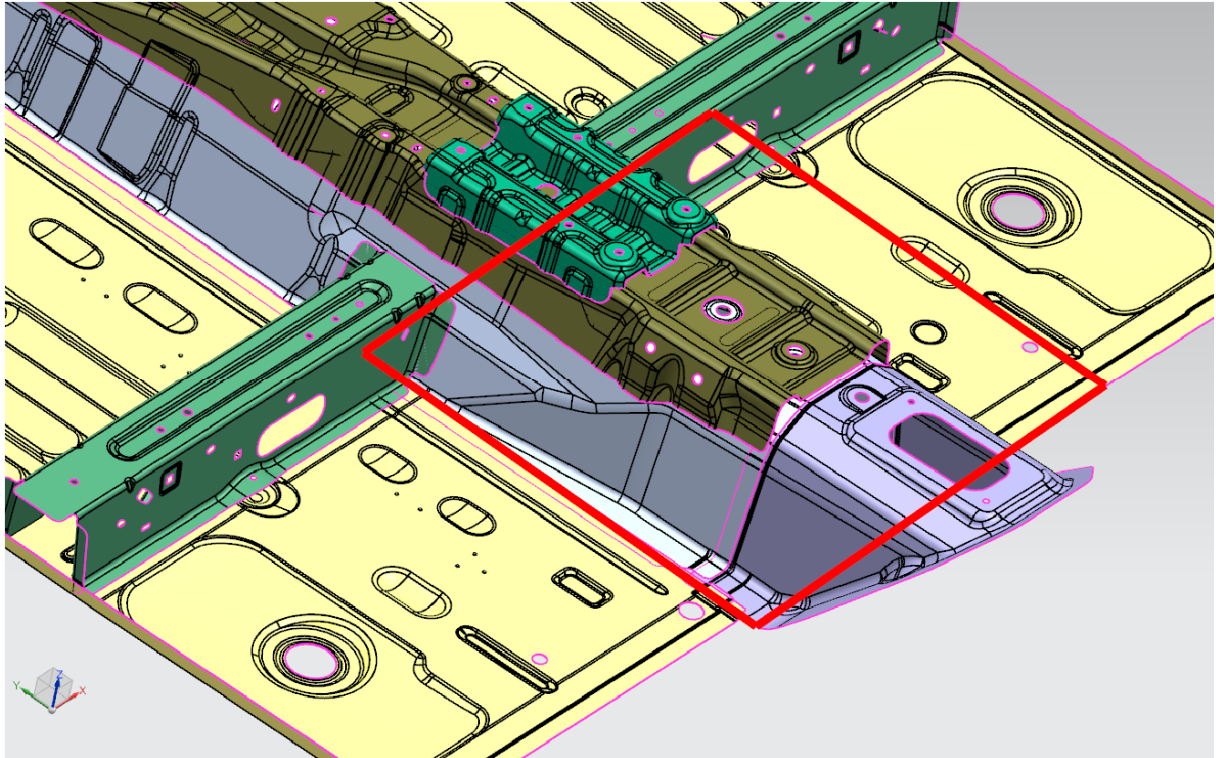
- plechů karoserie
- kabeláže
- spojovacích dílů
- interiérových dílů
- dílů klimatizace



Obr. 6 Okolí přijaté od zákazníka

Od tvaru plechů karoserie se odvozuje základní tvar spodní plochy interiérového dílu – tzv. B-plochy. Všem ostatnímu (kabeláži, spojovacím a interiérovým dílům a dílům klimatizace) je nutné se vyhnout. Akustický díl se musí zkonstruovat tak, aby přesně zapadl na své místo a nepřekážel ostatním dílům automobilu.

Dalším krokem je zjištění, přesné polohy akustického dílu. V daném případě je zapotřebí překrýt středovou konzoli automobilu v délce 500mm. Boční okraje dílu budou končit dotekem s podlahou. Hrubé umístění dílu vyznačuje červený obdélník na obr. 7.

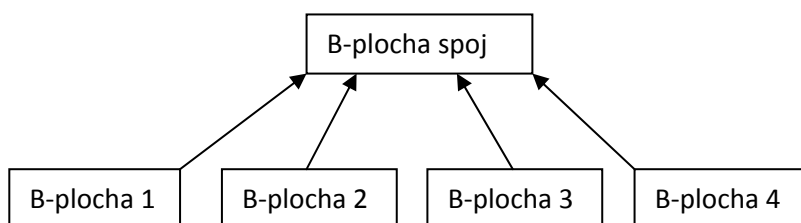


Obr. 7 Umístění dílu

2.2. Konstrukce B - plochy

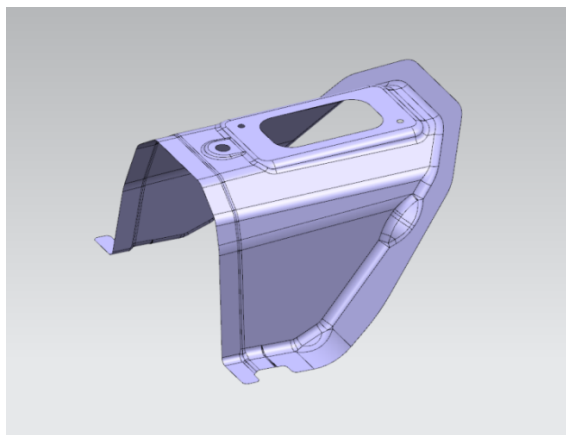
Pro konstrukci B-plochy je nutné z okolí vybrat pouze ty plechy, se kterými je díl v kontaktu. Tyto plochy se musí zrekonstruovat - tzn. vybrat veškeré rovinné plochy, zvětšit je roztažením, a znovu je spojit rádiusy správných velikostí – viz obr. 9-12.

CAD program NX 8.5, jehož použití bylo pro konstrukci tohoto dílu požadováno, se s větším množstvím ploch a příkazů začne značně zpomalovat. Konstrukce B - plochy se proto rozdělila na čtyři části. V každé části je zrekonstruován jeden ze čtyř plechů, které mají být zakryty akustickým dílem a každá část je uložena v samostatném souboru. Z těchto souborů je každá výsledná plocha převedena příkazem “link“ (zajišťujícím zpětnou vazbu) do pátého nadřazeného souboru, kde se všechny plochy nakonec spojí do výsledné B-plochy.

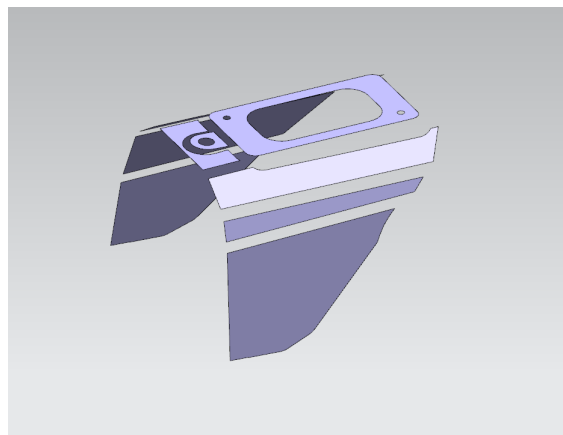


Obr. 8 Schéma konstrukce B - plochy

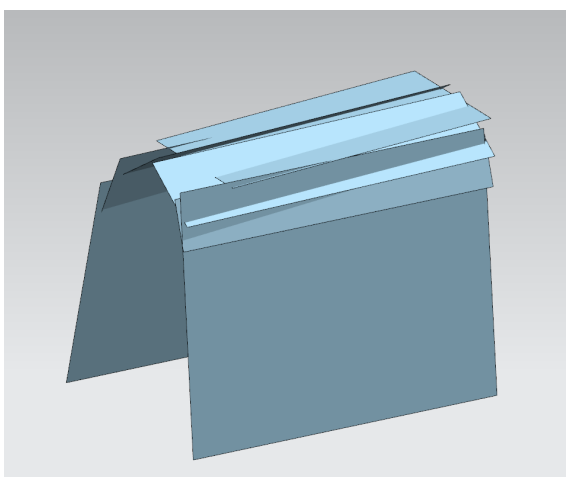
Postup rekonstrukce ploch:



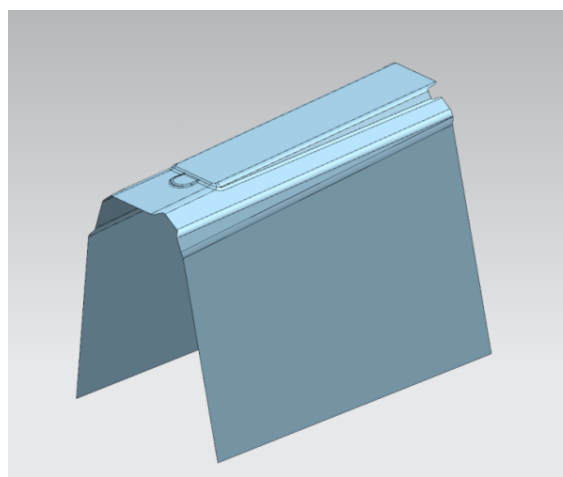
Obr. 9 Plech tunelu



Obr. 10 Vybrané rovinné plochy



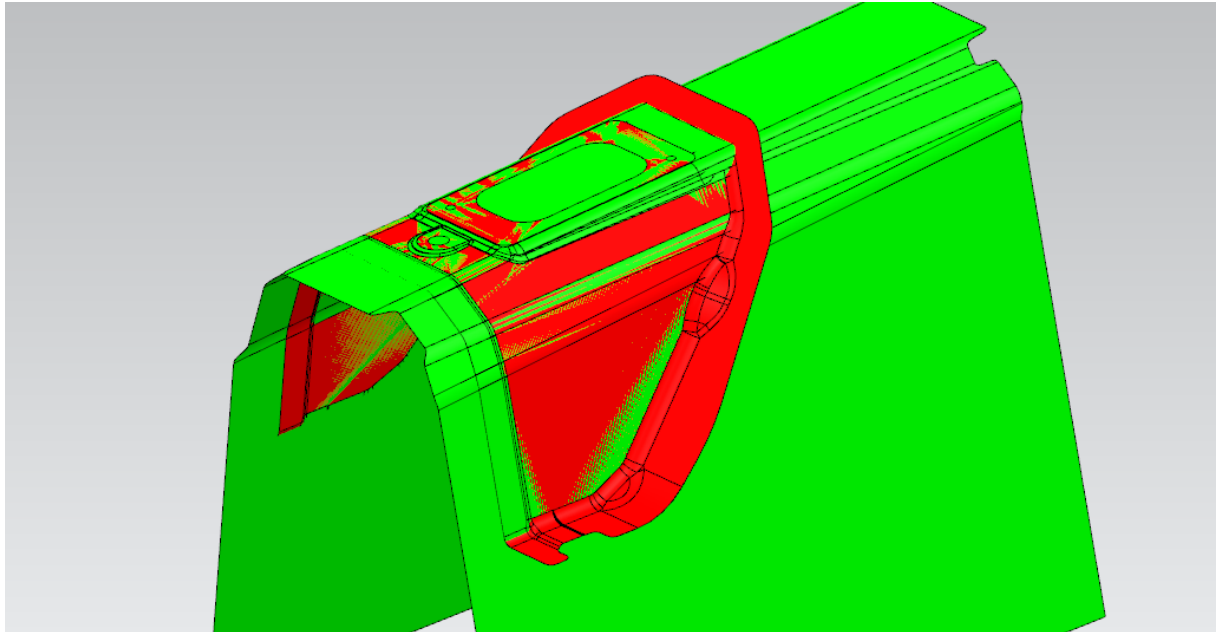
Obr. 11 Plochy zvětšené roztažením



Obr. 12 Zarádusované plochy

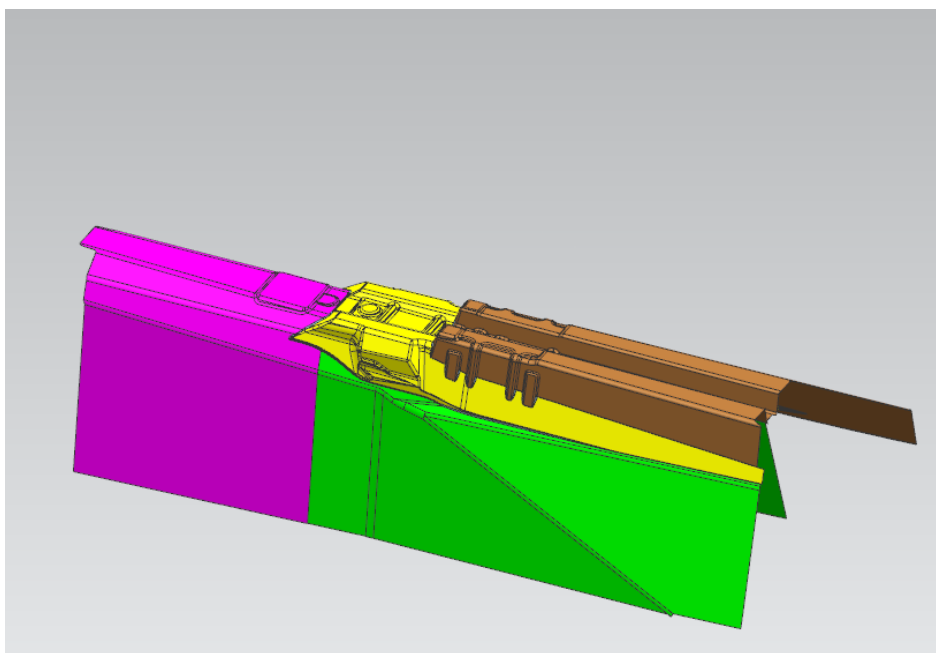
Po zrekonstruování každého plechu je vhodné zkontrolovat vytvořené plochy. Nejjednodušší způsob je nastavení vhodných kontrastních barev pro plech a pro nové plochy a vizuálně zkontrolovat správnost - viz obr. 13.

Z obrázku je patrné, že díl nebude ležet na celém plechu, ale jen na jeho horizontálních plochách, proto nemusí být zrekonstruován lem.



Obr. 13 Kontrola

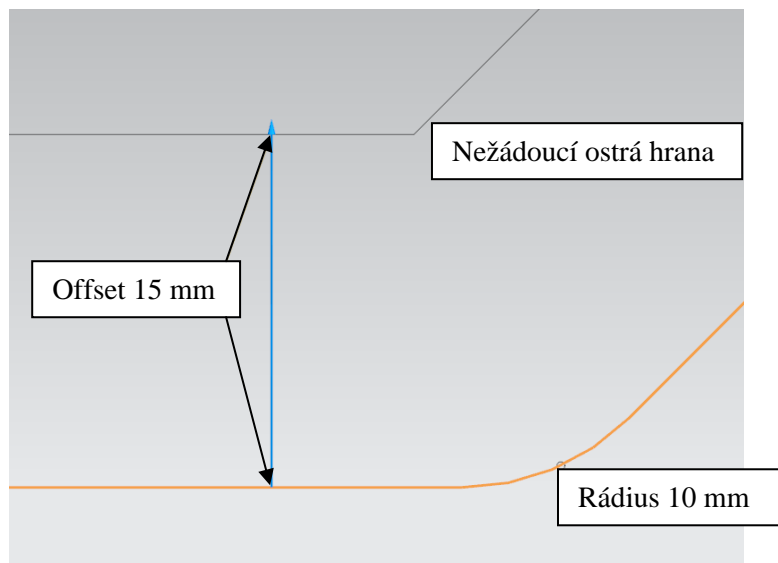
Stejným způsobem je nutno zrekonstruovat plochy ostatních tří plechů a všechny čtyři nové plochy pak spojit do jedné výsledné plochy v souboru B-plocha spoj – viz obr. 14.



Obr. 14 Spojení B-plochy

Při konstruování B-plochy je třeba kontrolovat velikosti konvexních rádiusů. B-plocha bude offsetována - odsazena od B-plochy o maximální tloušťku akustického dílu. Tím se vytvoří pohledová A-plocha, na které musí být vyhovující rádiusy.

Maximální tloušťka polotovaru akustického dílu, který se vkládá do lisu, je zadavatelem stanovena na 15mm. Pokud by byl vytvořen na B-ploše konvexní rádius o velikosti například 10mm, příkaz offsetu by buď vůbec neproběhl, nebo by vznikla nežádoucí ostrá hrana - viz obr. 15.



Obr. 15 Offset konvexního rádiusu

Také u konkávních rádiusů je z technologických důvodů předepsána minimální velikost. Konstruovaný díl je negativem plochy lisovací formy. Formy se z ekonomických důvodů vyrábí nejčastěji frézováním. Pokud by byl na dílu vytvořen konkávní rádius o velikosti například 1mm, vznikne stejný rádius i na formě, ale bude konvexní. Na vyfrézování takového rádiusu by byla potřeba fréza o poloměru 1mm. Formy jsou vyráběny i z vysokopevnostních ocelí a takto malé frézy by se velice rychle opotřebovávaly a lámaly. Rádius musí být nejméně 3mm.

Z předešlého odstavce vyplývá, že pokud má být konstrukce A-plochy bezproblémová, musí být minimální konkávní rádius B-plochy 18mm (15mm offset + 3mm minimální rádius).

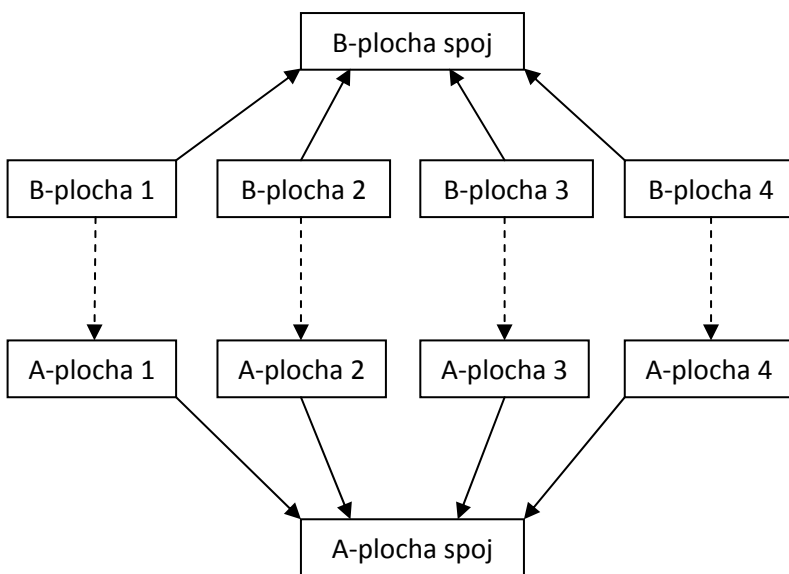
2.3. Konstrukce A - Plochy

Konstrukce A-plochy je velmi podobná konstrukci B-plochy. Nejjednodušší způsob jejího vytvoření je prosté offsetování celé B-plochy dílu. Tento způsob není ale ve většině případů možný, neboť B-plocha je často tvarově složitá a není možné se na A-ploše vyhnout nežádoucím ostrým hranám.

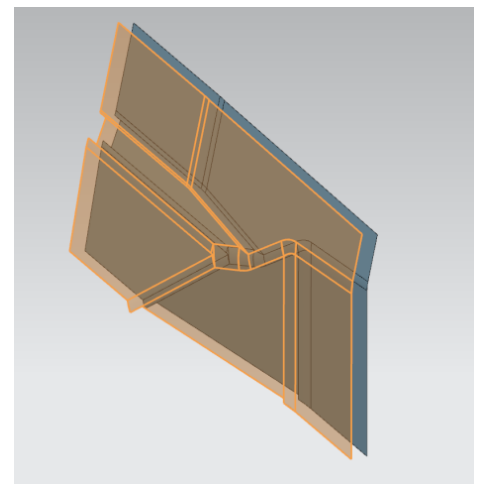
To byl i případ zadané konstrukce lisovací formy. Bylo třeba postupovat následujícím způsobem: Vytvořit pět souborů pro konstrukci A-plochy (podobně jako u B-plochy). Z každého souboru rekonstruované B-plochy (soubory B-plocha 1,2,3,4) zkopírovat zrekonstruované plochy do souborů A-plochy (A-plocha 1,2,3,4). V těchto souborech se dá postupovat dvěma způsoby:

- Jednoduchou cestou - offsetování všech ploch najednou (obr. 17)
- Kombinovanou cestou - offsetování základních rovinných ploch, jejich zvětšení a následné zarádusování (obdobně jako u rekonstrukce B-plochy z plechů karoserie - obr. 18, 19, 20).

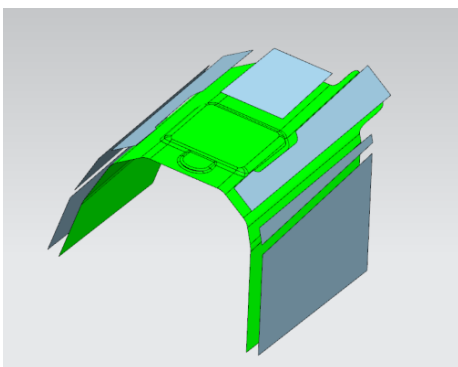
Z těchto čtyř souborů pak vedou linky, obdobně jako u B-plochy, do pátého souboru "A-plocha spoj" kde se všechno spojí do výsledné horní tvarové plochy dílu.



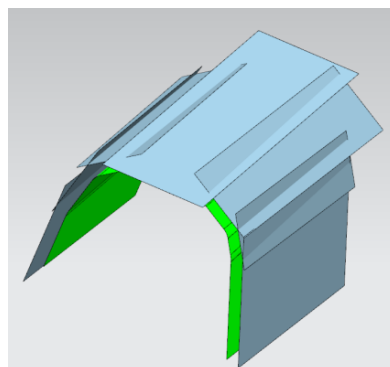
Obr. 16 Schéma konstrukce A-plochy



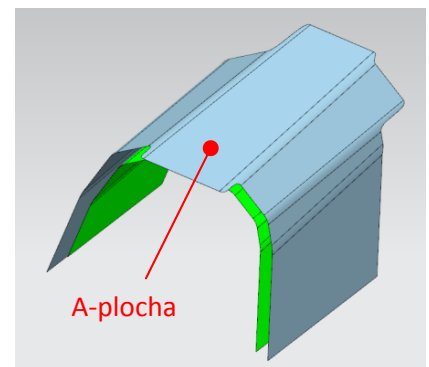
Obr. 17 Offset celé B-plochy



Obr. 18 Offset B-plochy



Obr. 19 Zvětšení ploch



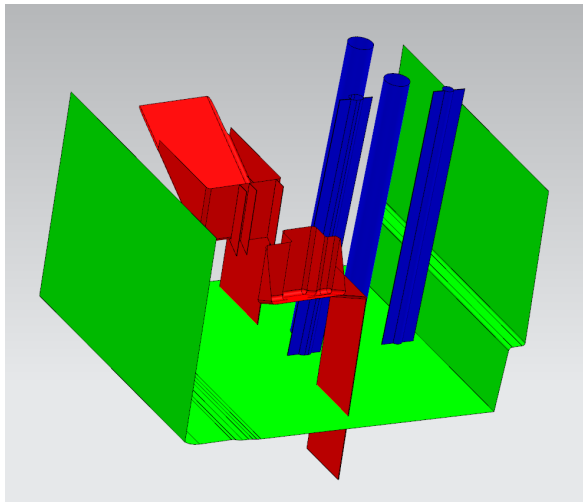
Obr. 20 Zarádusování

2.4. Konstrukce ořezu

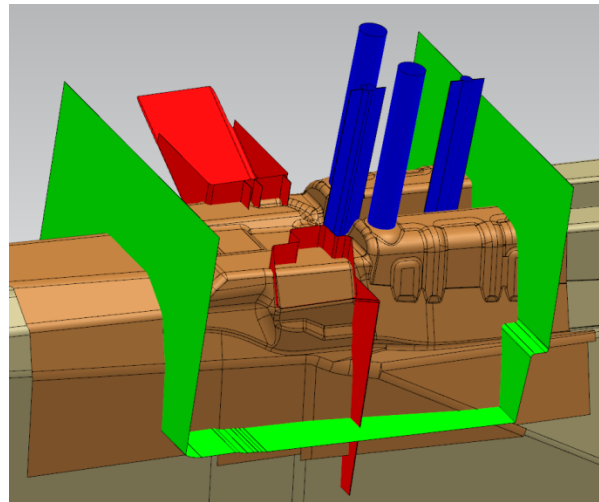
Ořezové plochy stanovují hranice dílu. Skládají se nejčastěji z obvodové hranice dílu, výřezů děr a montážních prořezů.

I na takto jednoduché plochy se vztahují určitá pravidla. Ořezové plochy by měly mít jednotný směr a to směr lisování. U složitých dílů, kde toto pravidlo není možné dodržet, je někdy požadováno vytvořit ořezové plochy bočním proseknutím. Tento způsob značně zesložituje lisovací formu. Z toho důvodu zadavatel požadoval vytvoření nestandardních ořezových ploch prolisováním na úkor jejich tvaru.

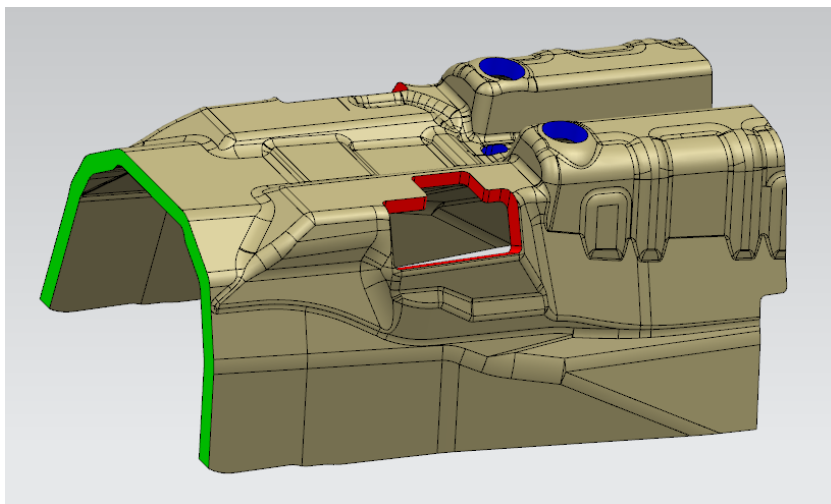
Díky ořezovým plochám je možné spojit A-plochu a B-plochu a vytvořit tak objemové těleso.



Obr. 21 Ořezové plochy



Obr. 22 Ořezové plochy + tvarové plochy

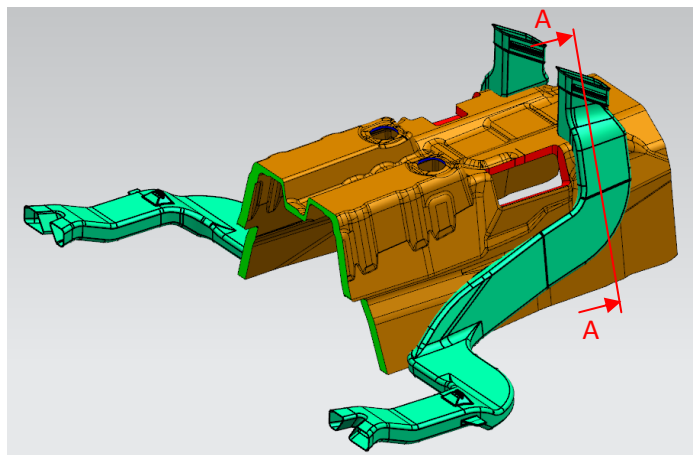


Obr. 23 Objemové těleso

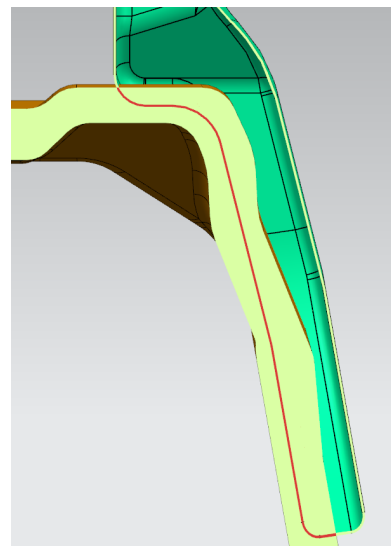
2.5. Lokální stlačení

2.5.1. Kolizní stlačení

Po vytvoření prvotního objemového modelu můžeme začít řešit kolizní stavy. Za kolizi považujeme místo, kde se vzájemně překrývají dva díly. Jako příklad je ukázáno řešení kolize akustického dílu s klimatizačními průduchy.



Obr. 24 Klimatizační průduchy

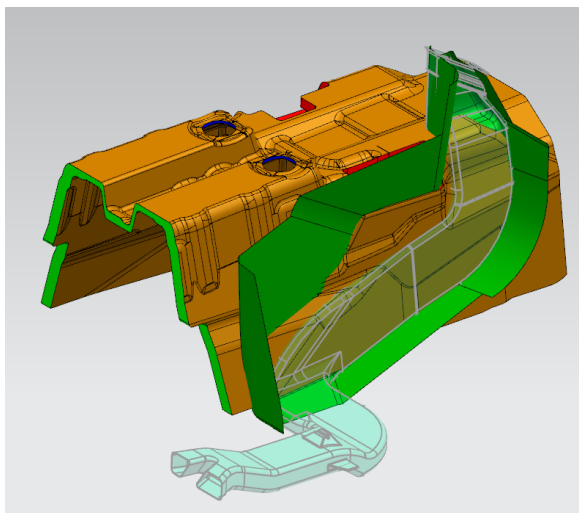


Obr. 25 Řez A-A

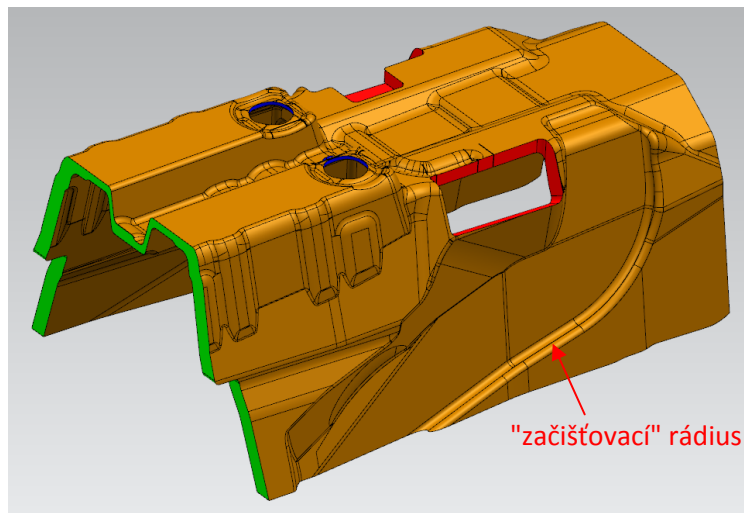
Z obrázků 24 a 25 je patrné, že pokud by akustický díl v místech, kudy vedou klimatizační průduchy, nebyl stlačen, jejich montáž by byla téměř nemožná.

Při lokálním stlačení se postupuje tak, že okolo průduchu je vytvořena pomocná skořepina (viz. obr. 26), která se použije k odebrání potřebného objemu z akustického dílu.

Po odebrání potřebného objemu už zbývá pouze "začistit" vzniklé plochy rádiusem. Ten samý postup je následně aplikován jak na druhý průduch na levé straně dílu, tak na všechny ostatní kolize.



Obr. 26 Pomocná skořepina okolo průduchu



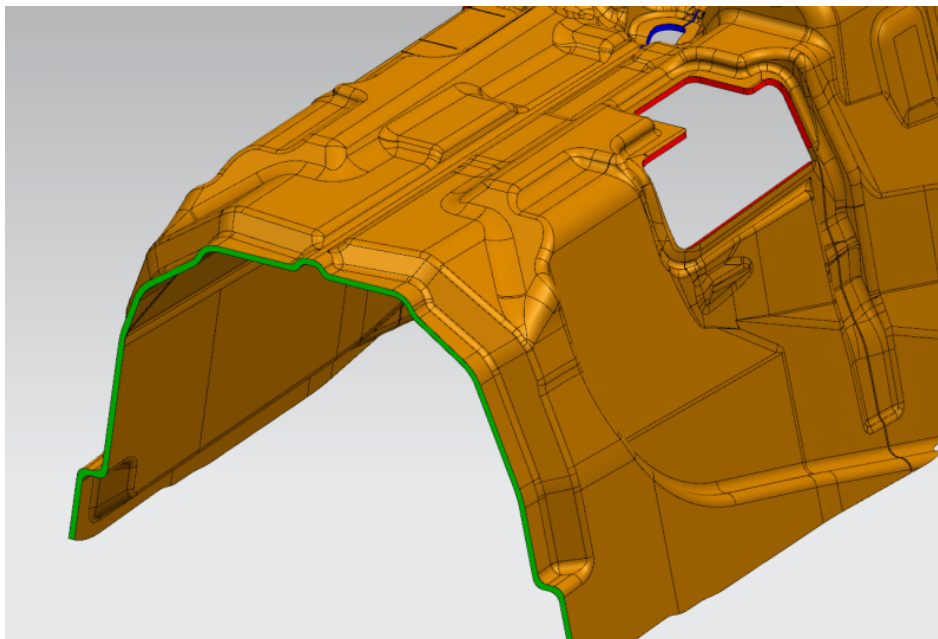
Obr. 27 Stlačení klimatizačního průduchu

Při odstraňování kolizí není nejjednodušší řešení vždy nejvhodnější. Pokud se kvůli kolizi musí díl lokálně stlačit, musí být stlačení co možná nejmenší. Pokud by byl díl enormně stlačen, mohl by ztvrdnout a stát se tak akusticky nevyhovujícím. Pokud se netkaná textilie stlačí na příliš malou tloušťku, stává se z ní materiál podobný tvrdému plastru, který nemá prakticky žádné zvuk pohlcující vlastnosti.

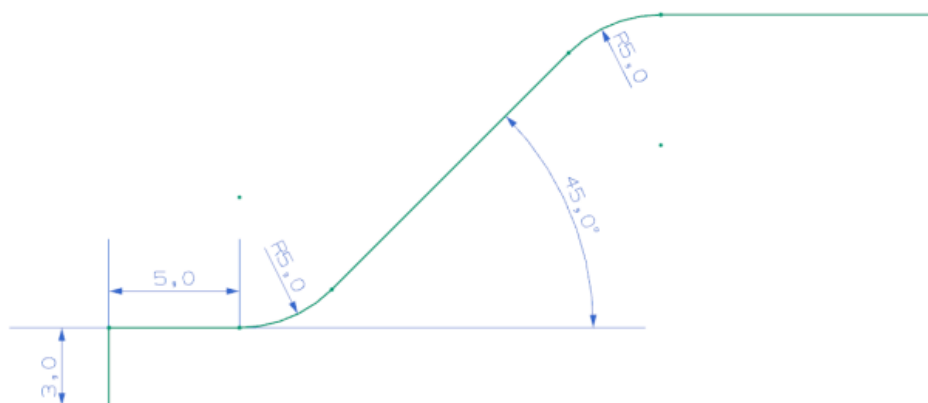
2.5.2. Okrajové stlačení

Všichni výrobci automobilů dnes požadují okrajové stlačení akustických dílů. Jedná se o stlačení materiálu podél okraje dílu, ale i děr a prořezů, na zadanou tloušťku. V našem případě máme zadáno stlačení na 3 mm v šířce min. 5 mm.

Okrajové stlačení se provádí z důvodu zabránění třepení materiálu.



Obr. 28 Okrajové stlačení



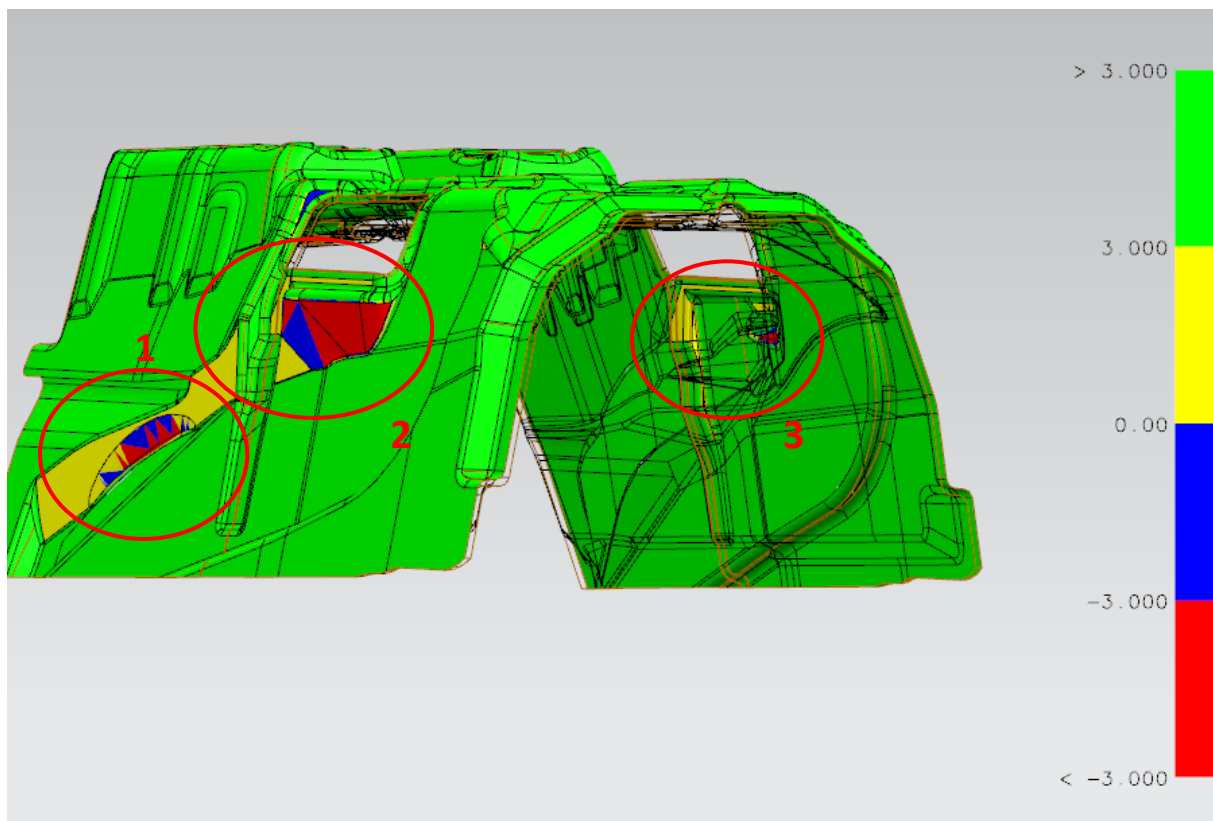
Obr. 29 Předepsaný tvar okrajového stlačení

2.6. Kontrola odformování a úpravy modelu

Odformováním se rozumí vyjmutí akustického dílu z lisovací formy.

Kontrola odformování se provádí kvůli odhalení příliš ostrých, případně záporných úhlů ploch modelu. Pokud jsou na vertikálních plochách příliš ostré úhly, materiál se při lisování trhá. Pokud jsou na formě plochy záporných úhlů, může dojít i ke kolizi horní a spodní poloviny nástroje.

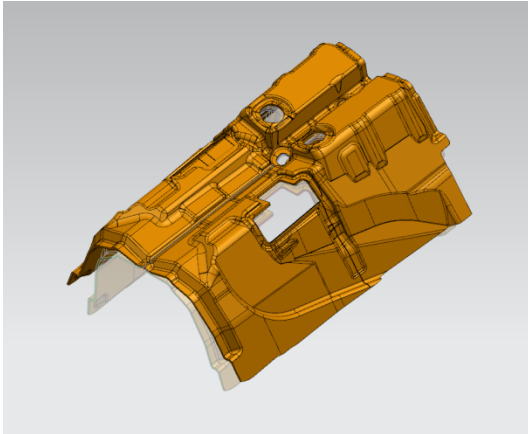
Pro konstrukci lisovací formy byl zadán minimální úhel odformování $+3^\circ$. Jak lze vyčíst z obr. 30, na modelu jsou tři místa se zápornými úhly. Takový problém se dá vyřešit dvěma způsoby. Prvním z nich je seříznutí těchto ploch pod minimálním úhlem $+3^\circ$. Tato metoda je sice efektivní, ale zejména v oblastech 2 a 3 – viz obr. 30, by došlo k tak velkému úběru materiálu, že by v těchto místech, a hlavně za nimi, vznikly velké díry. S tím by samozřejmě zadavatel nesouhlasil, protože se tím výrazně snižuje akustická funkce dílu. Proto bylo v tomto případě využito druhé možnosti řešení problému a to tzv. rozevření dílu.



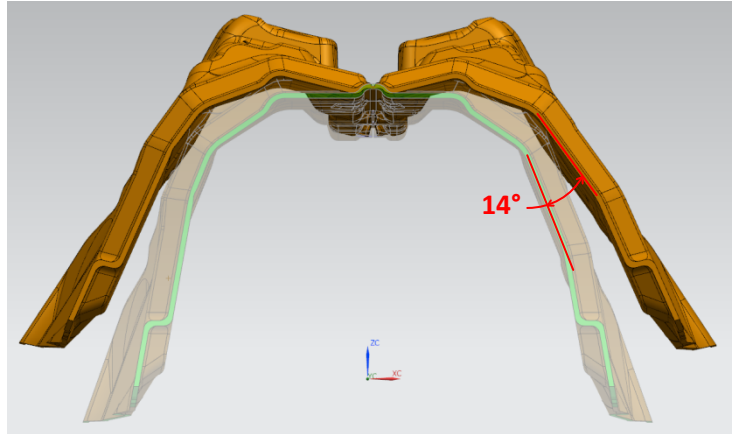
Obr. 30 Kontrola odformování

2.7. Rozevření dílu

Pokud je potřeba kvůli lepším formovacím podmínkám rozevřít díl, musí se zvolit linie, okolo které se budou obě poloviny dílu otevírat. V zadaném případě je to linie rovnoběžná s osou Y, viz obr 31 a 32.

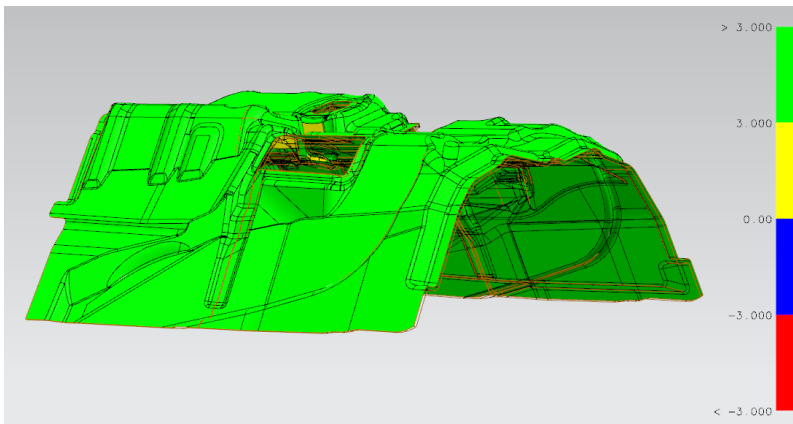


Obr. 31 Rozevření (1)

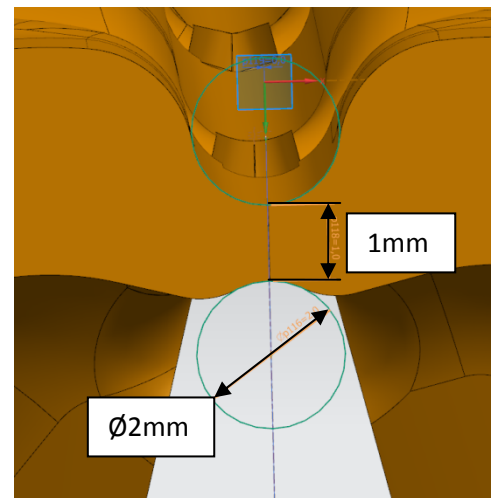


Obr. 32 Rozevření (2)

Rozevřením dílu o 28° byl vyřešen problém ve všech třech oblastech s nevhodnými úhly pro odformování:



Obr. 33 Kontrola odformování - otevřený díl



Obr. 34 Lokální stlačení okolo linie otáčení

Aby se díl ohýbal přesně v místech, které jsou k tomu určeny, vytvoří se podél linie otáčení lokální stlačení na tloušťku 1mm - viz obr. 34.

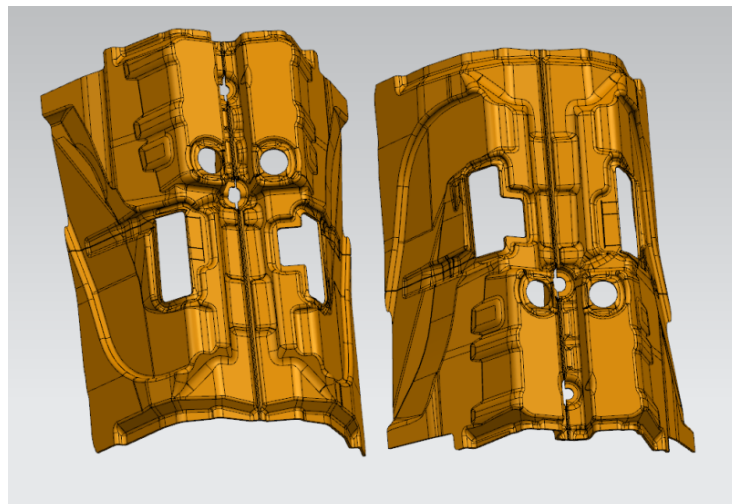
3. Konstrukce lisovací formy

Poté co je zkonstruován akustický díl a zadavatel takto vypadající díl schválí, je možné přejít ke konstrukci lisovací formy.

Nejprve je nutné zvážit, kolik hnízd bude nástroj obsahovat - tzn. kolik dílů se vylisuje na jedno stlačení lisu. V tomto rozhodování hraje hlavní roli ekonomika. Pokud by byl zvolen příliš malý počet hnízd, výroba by probíhala pomalu. Naopak pokud by byla zkonstruována forma s příliš mnoha hnízdy, její velikost by byla neúměrná a lis pro takovou formu příliš drahý.

Byla zvolena forma o dvou hnízdech, přičemž hnízda jsou vůči sobě v nástroji otočena o 180° okolo osy Z.

Z těchto dílů se použije spodní plocha (B-plochu) pro spodní nástroj a obdobně pak horní plocha (A-plochu) pro horní nástroj. Plochy se ale nedají použít ve stavu, v jakém byly vytvořeny. Je nutné je spojit, zacelit díry, vytvořit výběhové a odlehčovací plochy a pinchovací hranu.



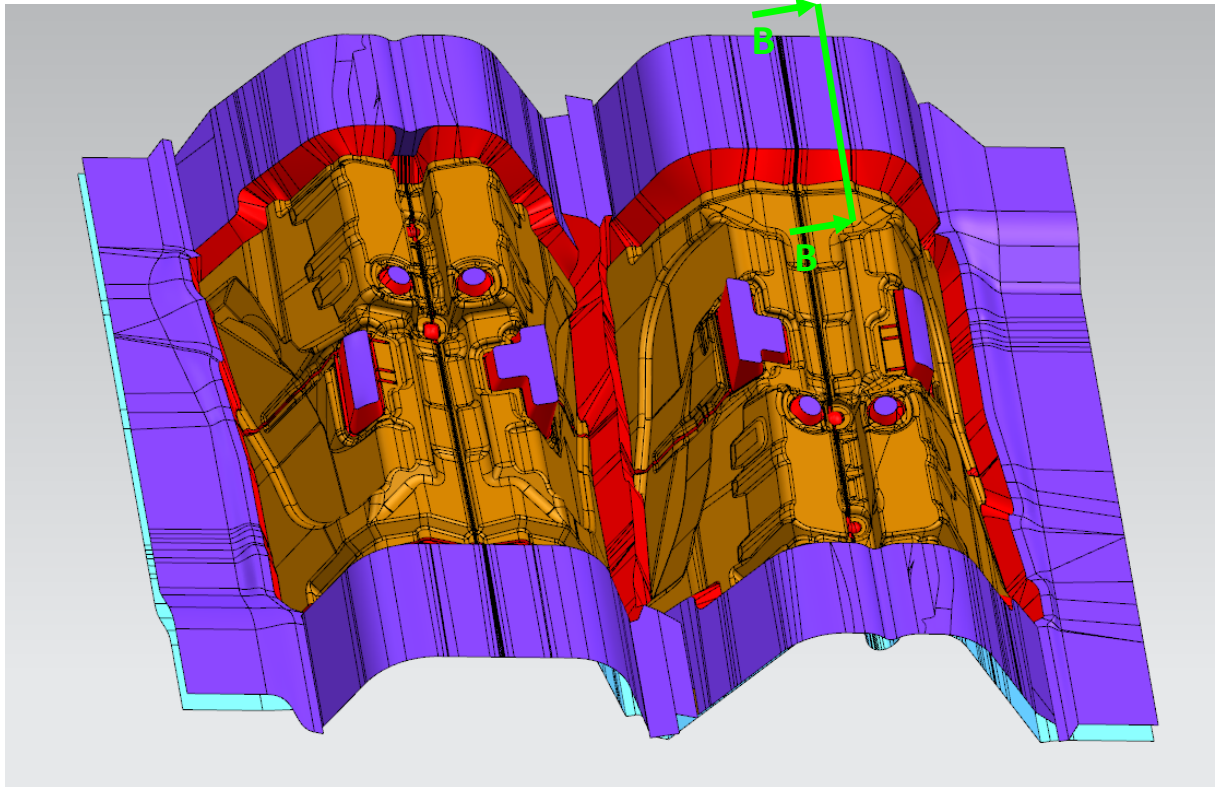
Obr. 35 Poloha dílů v nástroji

3.1. Výběhové a odlehčovací plochy

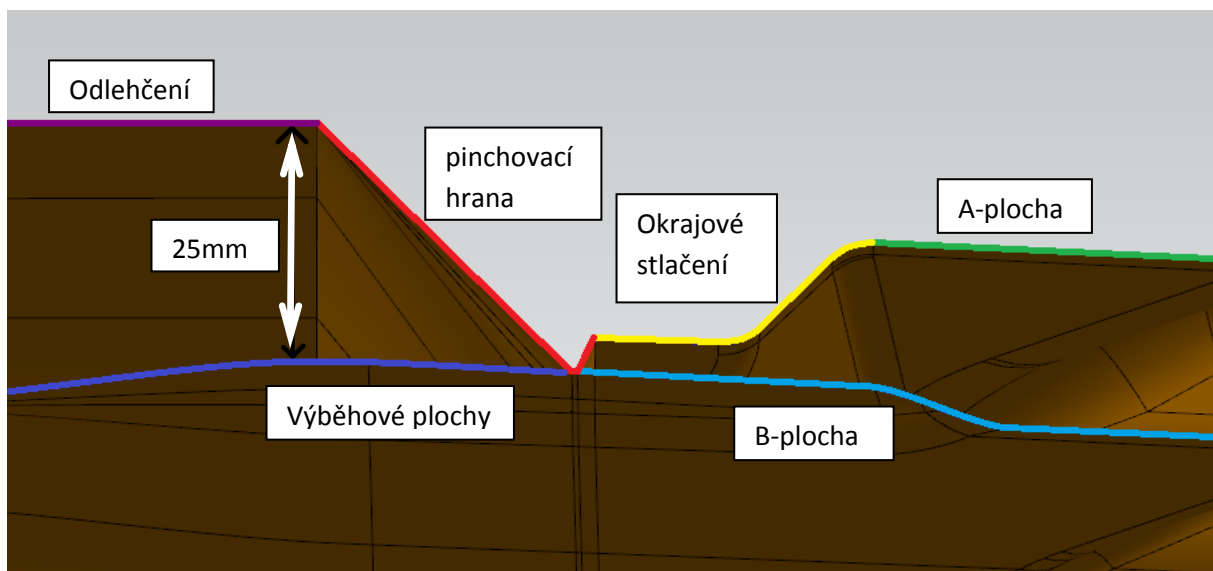
Výběhové plochy se nachází pouze na spodním nástroji a jsou konstruované tak, aby tangentsně navazovaly na okraje B-plochy do vzdálenosti minimálně 10mm - viz obr. 37. Pokud by v pozdější fázi vývoje nástroje přišel požadavek od zadavatele na zvětšení (prodloužení) dílu, stačí pouze modifikovat pinchovací hranu, která slouží k odstřížení dílu od zbytku materiálu vloženého do lisu. Existují i lisovací formy bez pinchovací hrany, kde se díl po vylisování odřezává například pomocí vodního paprsku. Zde se pak výběhové plochy nachází i na horní polovině nástroje, jako prodloužení A-plochy.

Pinchovací hrana je na horním nástroji a ve svém hrotu je 0,5 mm široká. Před zakalením laserem na tvrdost 50 ± 2 HRC se zaškrabává, aby celá přesně dosedla na výběh B-plochy.

Odlehčovací plochy se na horní polovině nástroje nachází proto, aby nedocházelo ke stlačování materiálu, který se nachází za pinchovací hranou. Pro materiál z těchto oblastí není žádné další využití, a proto není zapotřebí ještě více zvyšovat potřebnou lisovací sílu.



Obr. 36 Odlehčení, pinchovací hrana (pohled shora)

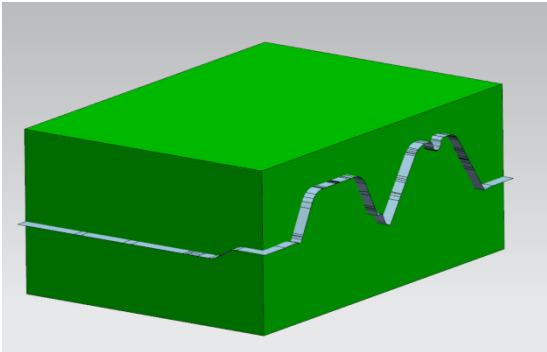


Obr. 37 Výběhové plochy, odlehčení, pinchovací hrana (řez B-B)

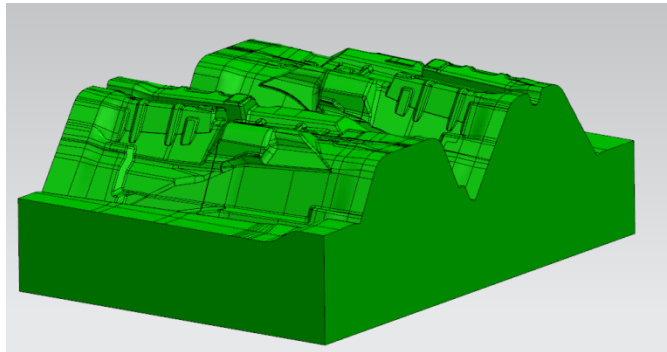
V zadaném případě byly odlehčovací plochy konstruovány ve vzdálenosti 25 mm od výběhových ploch spodního nástroje - viz obr. 37.

3.2. Tvorba lisovací formy

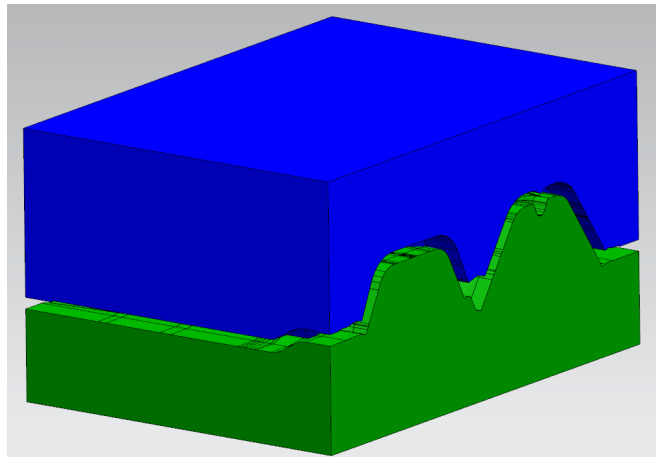
Pomocí připravených tvarových ploch je možné vytvořit objemová tělesa obou polovin lisovací formy. Je třeba vycházet z kvádrů o standardním rozměru vykovaneého bloku materiálu. Tento kvádr se pak seřízne pomocí připravených ploch - viz obr. 38-40.



Obr. 38 Blok materiálu a ořezové



Obr. 39 plochy Spodní polovina nástroje

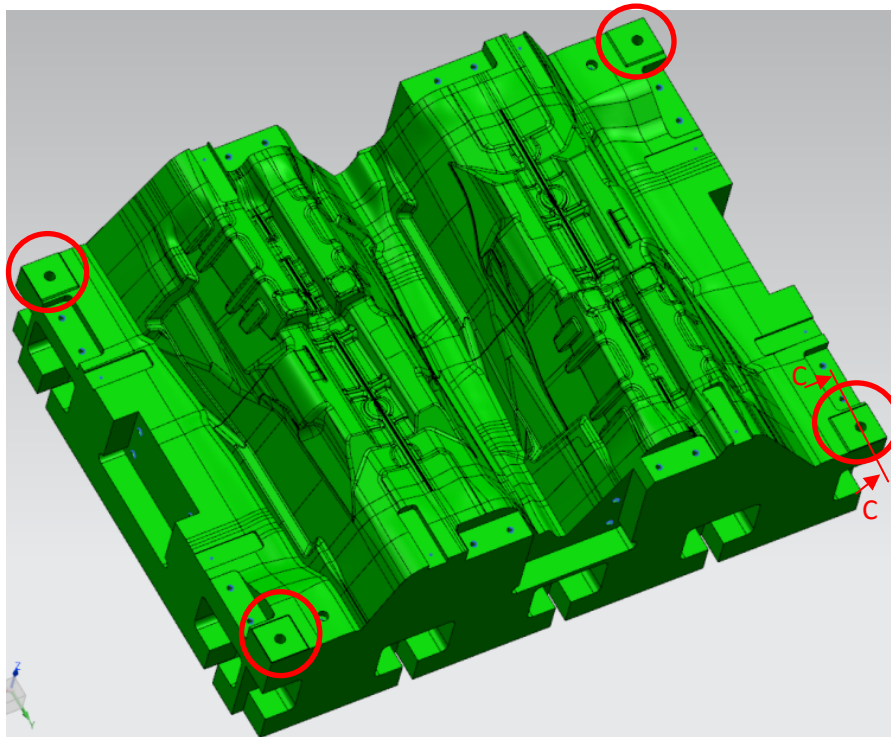


Obr. 40 Obě poloviny nástroje (zelená - spodní, modrá - horní)

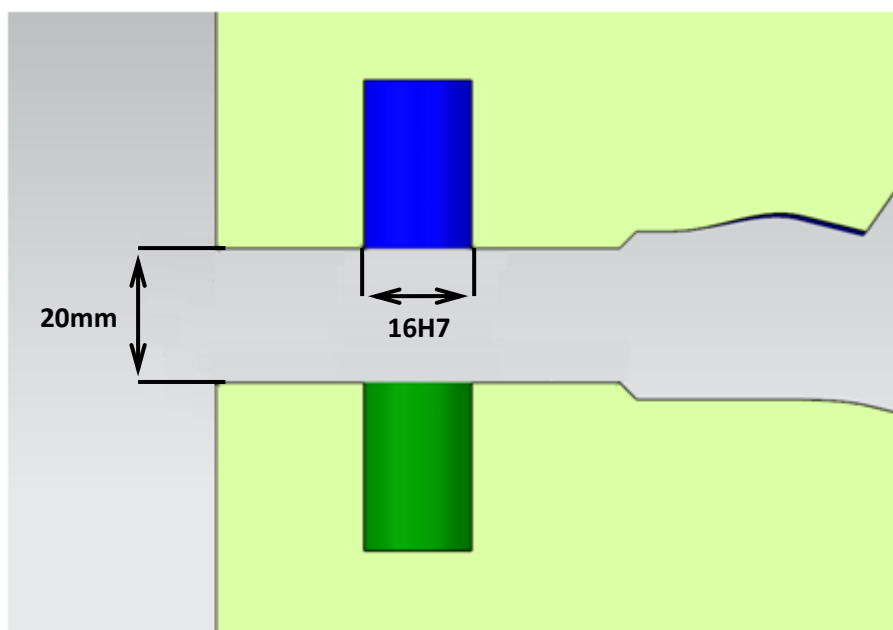
3.3. Lícovací plošky

V rozích nástroje se nachází 4 plošky o rozměrech 60x60mm. Uprostřed těchto plošek je vrtaná díra o průměru 16H7 do hloubky 25mm souose v obou polovinách nástroje. Vzdálenost lícovacích ploch horní a spodní poloviny nástroje je 20mm – viz obr. 42.

Tento prvek lisovací formy zajišťuje přesné usazení obou polovin nástroje při montáži vedení. Zároveň slouží jako referenční geometrie pro obráběče, pokud se na nástroji musí provést dodatečné opravy.



Obr. 41 Lícovací plošky - spodní polovina nástroje

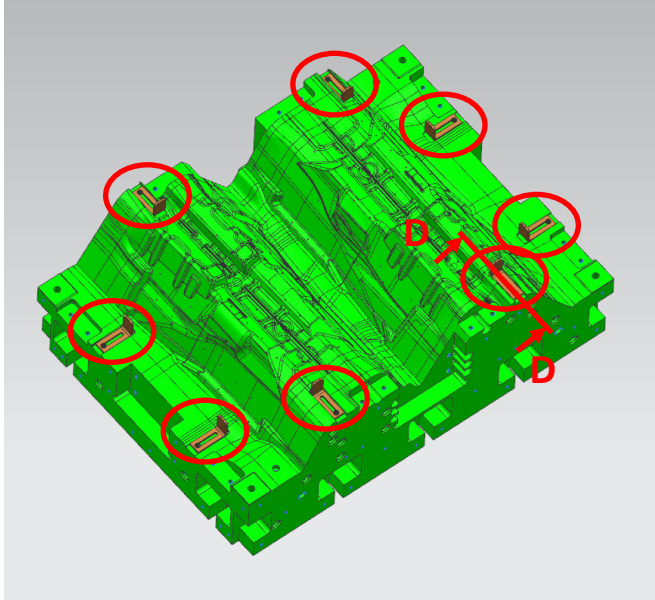


Obr. 42 Řez lícovací ploškou (řez C-C)

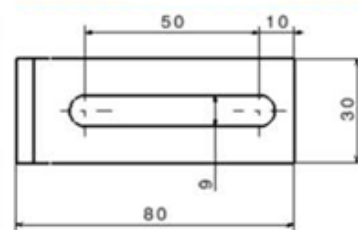
3.4. Materiálové dorazy

Slouží k přesnému ustavení přířezu výchozího materiálu akustického dílu. Doraz je tvořen páskovinou tloušťky 5mm a šířky 30mm. Na spodní (zelené) polovině nástroje je zafrézování o šířce 31mm. Na horní (modré) polovině nástroje musí být zafrézovaná kapsa, aby nedošlo ke kolizi. Kapsa je o 5 mm hlubší, než je výška dorazu.

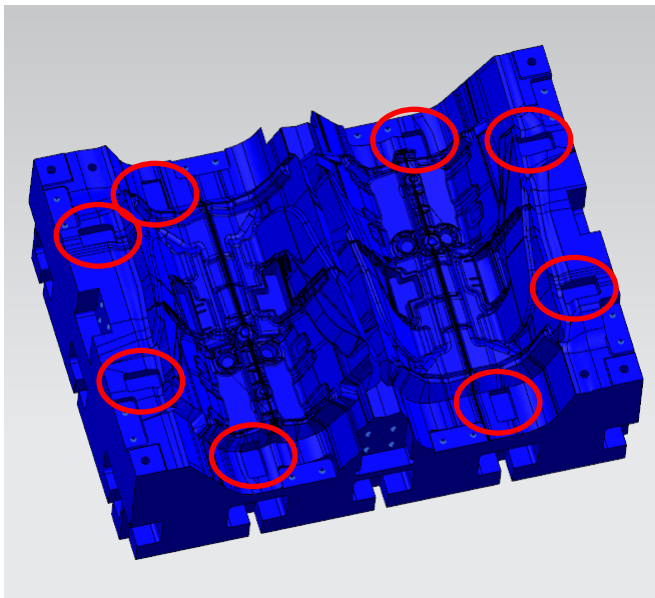
Doraz je připevněn šroubem M8 pouze na jednom místě.



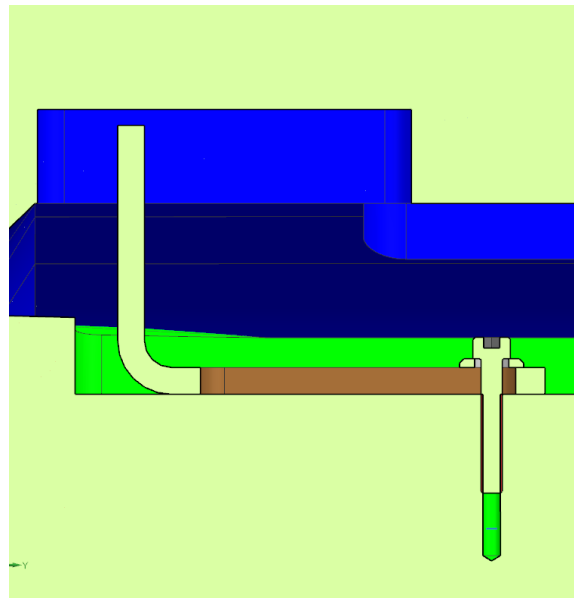
Obr. 43 Materiálové dorazy - spodní polovina nástroje



Obr. 44 Detail materiálového dorazu



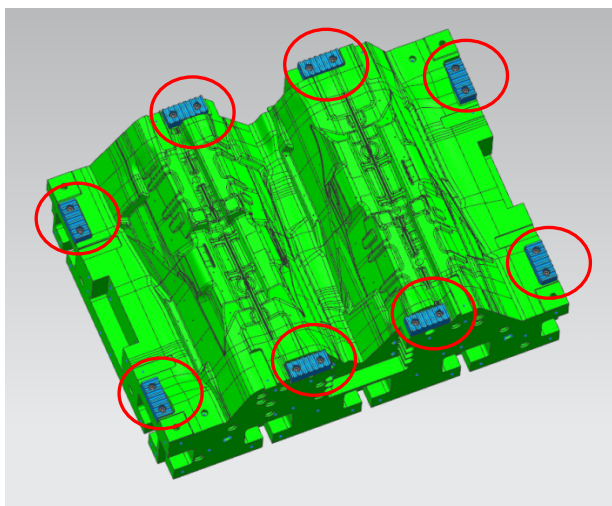
Obr. 45 Materiálové dorazy - horní polovina nástroje



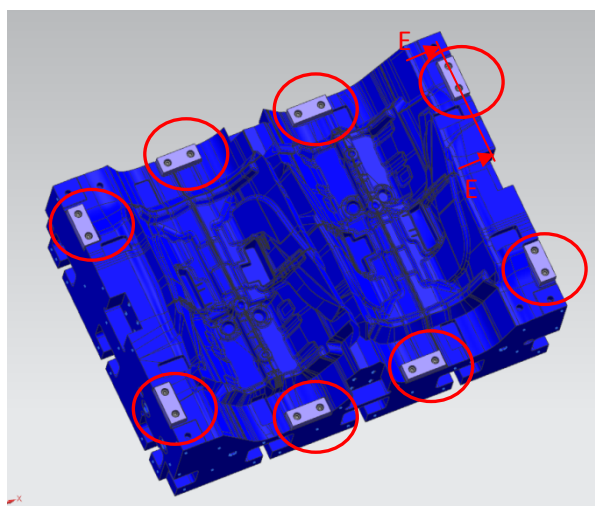
Obr. 46 Řez D-D

3.5. Dorazy formy

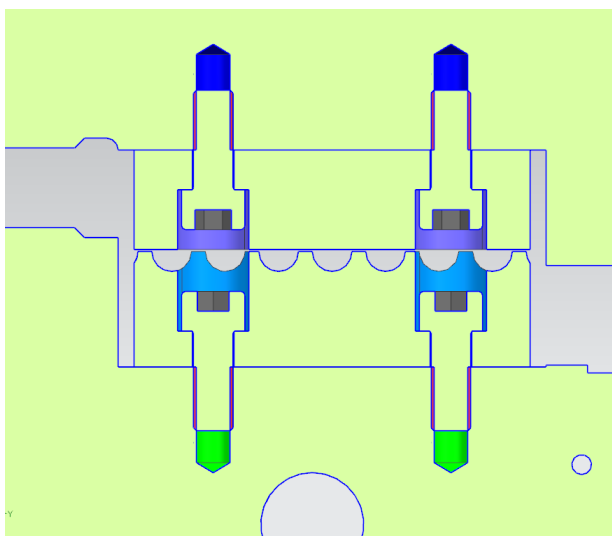
Používají se dorazy s drážkami, které jsou vytvořeny proto, aby zbytky materiálu dílu nezůstávaly "přilepené" mezi plochami dorazů. Destičky mají rozměry 100x40x29, resp. 100x40x25mm - viz obr. 50 a 51. V nástroji je pro dorazy připraveno zafrézování o celkové hloubce 55mm. Z obr. 50 a 51 je patrné, že složené dorazy mají výšku 54mm. Zbylý 1mm je určen pro distanční podložky, které zajistí přesné vymezení vůle nástroje.



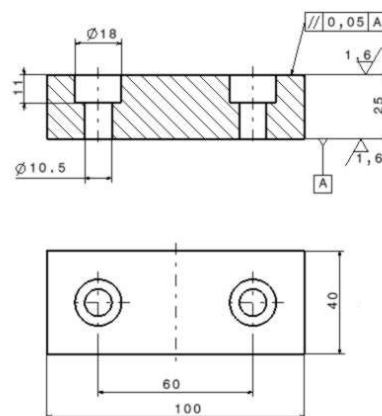
Obr. 47 Drážkované dorazy spodní poloviny nástroje



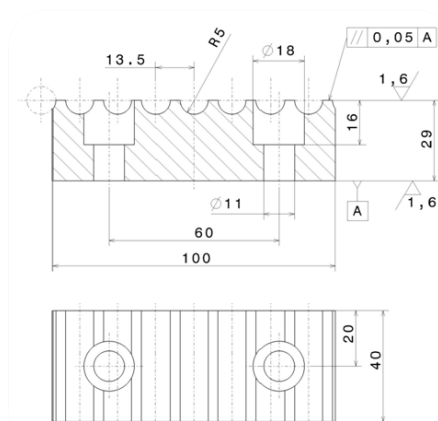
Obr. 48 Dorazy horní poloviny nástroje



Obr. 49 Řez E-E



Obr. 50 Detail horního dorazu



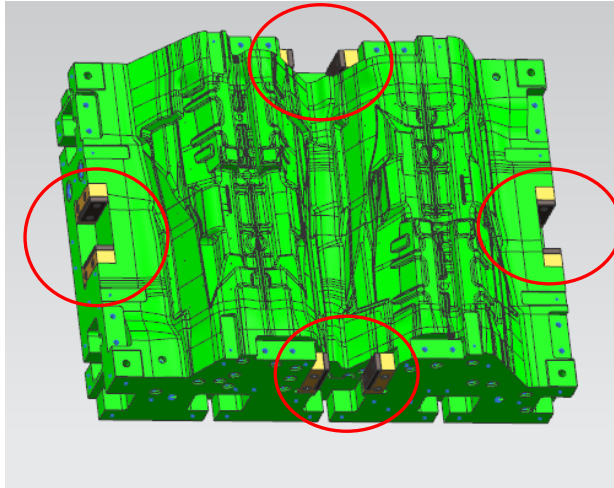
Obr. 51 Detail spodního dorazu

Pokud by na nástroji dorazy nebyly, tvrdá pinchovací hrana by velice rychle vytlačila drážku do měkčího spodního bloku nástroje. Tím by se zmenšila celková tloušťka dílu a vylisovaný díl by už nebyl použitelný.

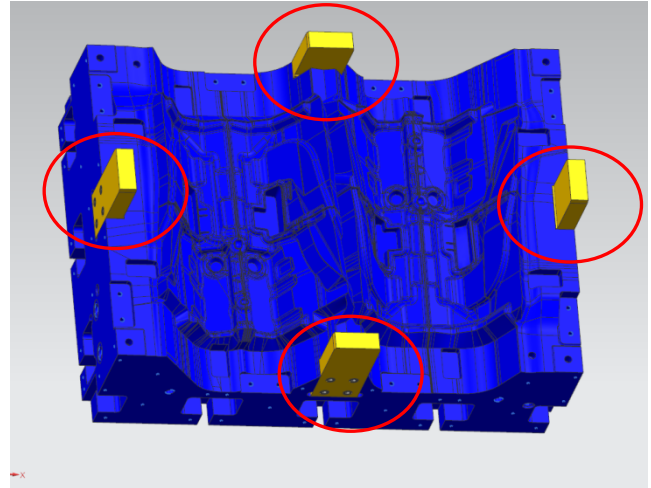
3.6. Vodící elementy nástroje

Aby se při lisování obě poloviny formy vždy pohybovaly po přesně stanovené vertikální dráze, je nutné do nástroje zakomponovat vedení.

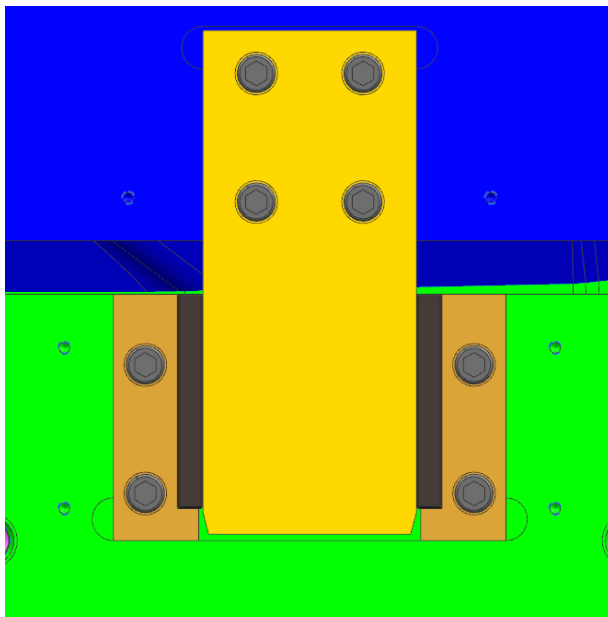
Nejčastěji se používá systém vodících mečů a kluzných kamenů. Meče jsou vyrobeny z kalené oceli, kluzné kameny pak z bronzu, nebo šedé litiny.



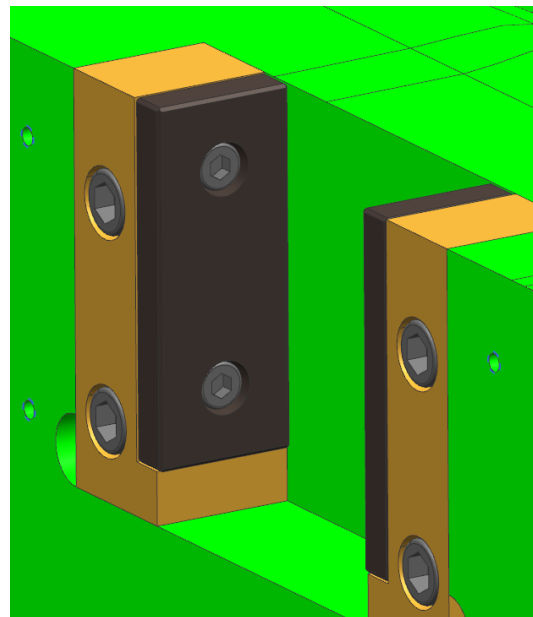
Obr. 52 Kluzné kameny na spodním nástroji



Obr. 53 Vodící meče na horním nástroji



Obr. 54 Detail vedení



Obr. 55 Detail upevnění kluzných kamenů

3.7. Topení a parní soustava nástroje

3.7.1. Topení

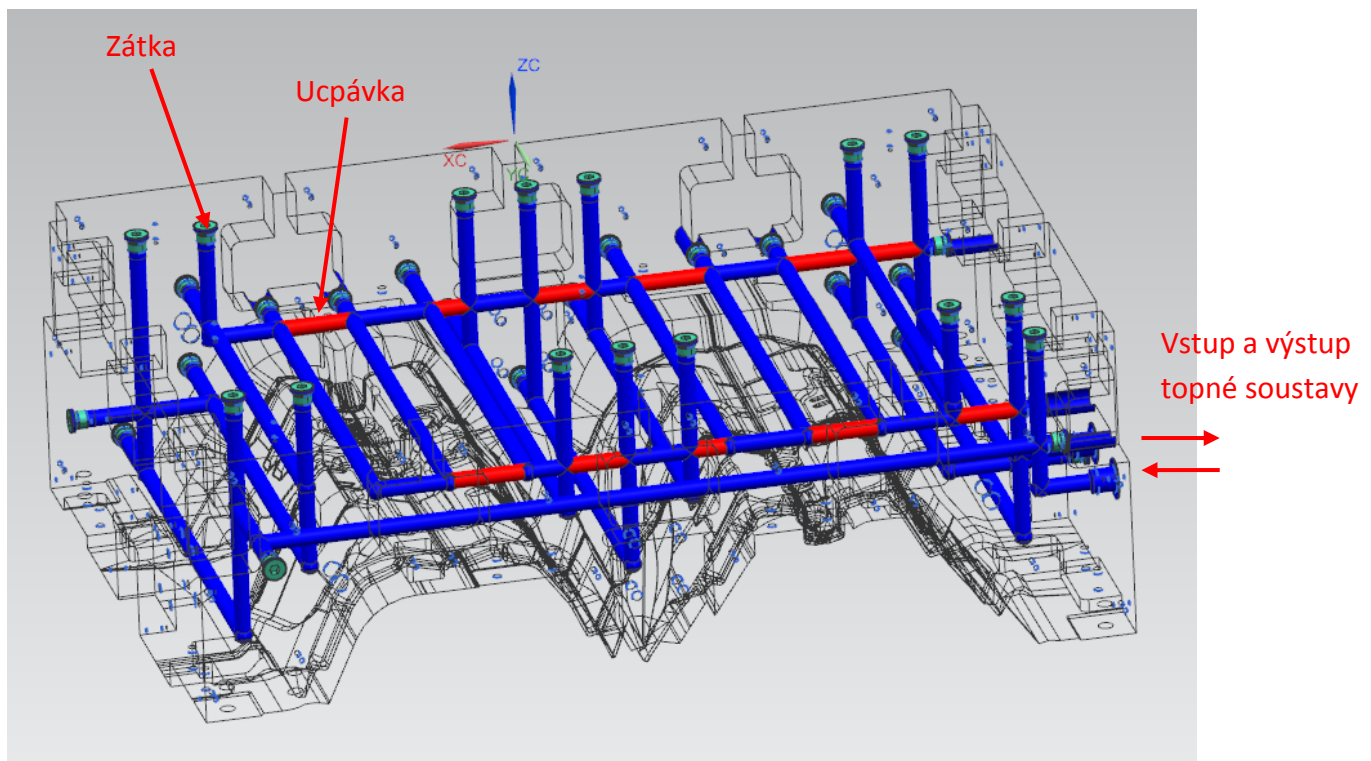
Aby se materiál po slisování nevracel zpět do svého původního tvaru je nutné jej zahřát. Teplo do materiálu přestupuje z přehřáté formy. Vytápění formy je zajištěno topnou soustavou. Přehřátý olej obíhá labyrintem skrz celou polovinu nástroje. Labyrint je tvořen soustavou vrtání o průměru 16mm, zátkami a ucpávkami. Ucpávky jsou našroubovány na niklovou závitovou tyč M6. Na obr.57, 58 a 59 jsou ucpané úseky znázorněny červenou barvou.

Obě poloviny nástroje mají vlastní okruh topení.

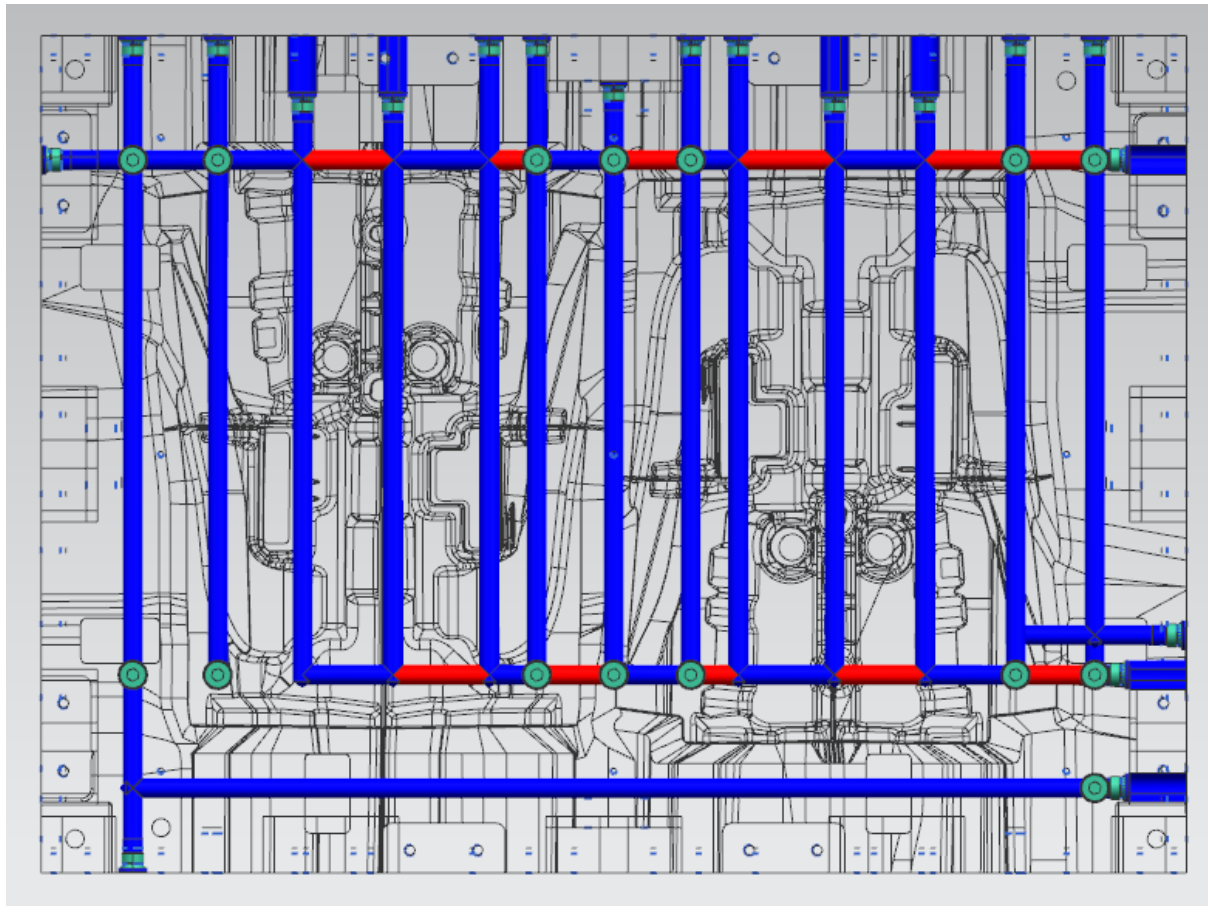
Teplota nástroje se pohybuje kolem 200 °C.



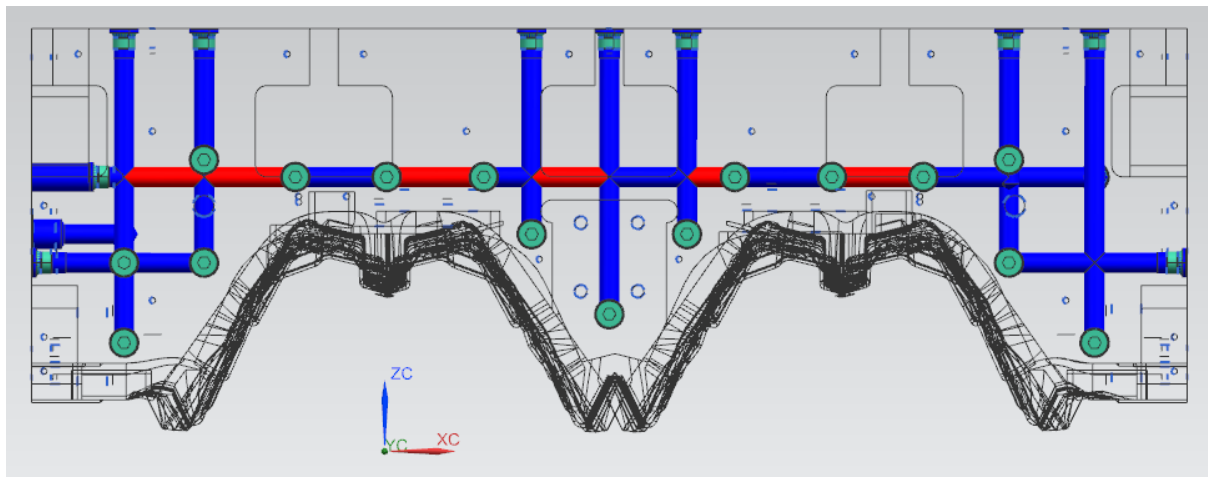
Obr. 56 Závitová tyč s ucpávkami [4]



Obr. 57 Soustava topení horní poloviny nástroje



Obr. 58 Topná soustava - půdorys



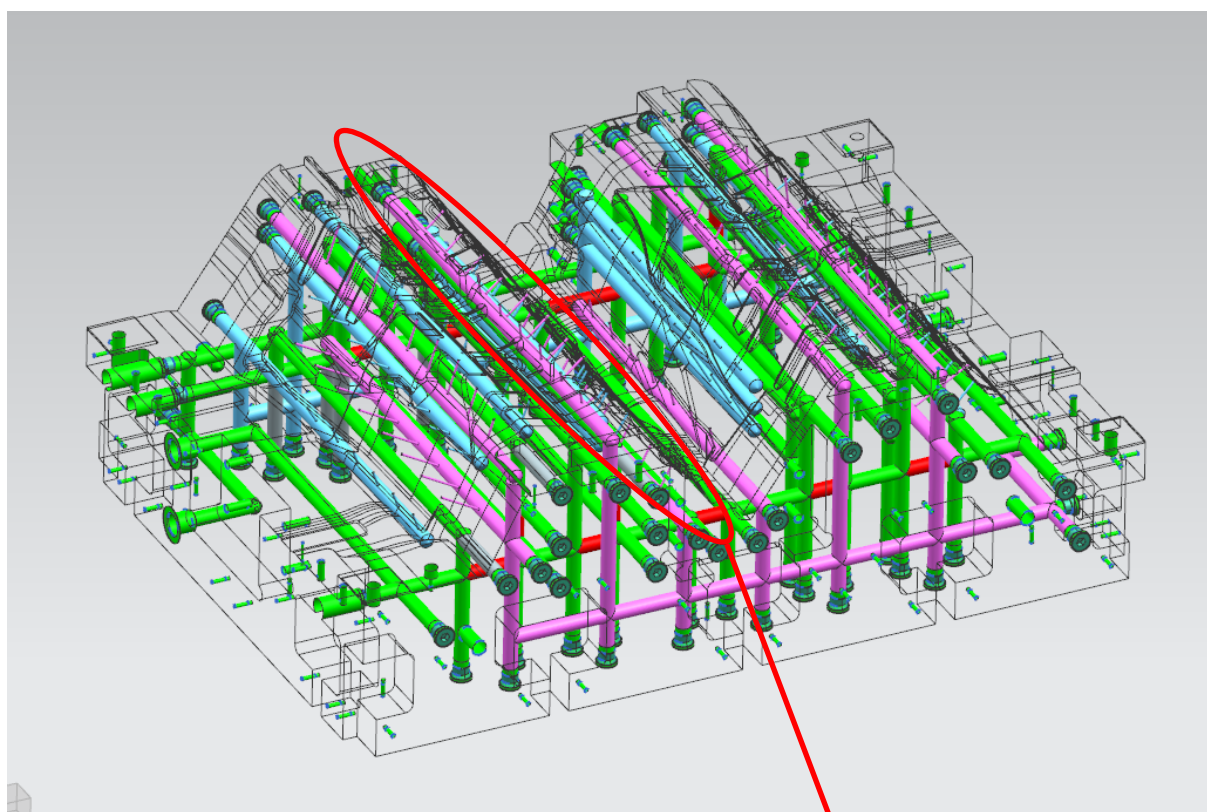
Obr. 59 Topná soustava - bokorys

3.7.2. Parní okruh

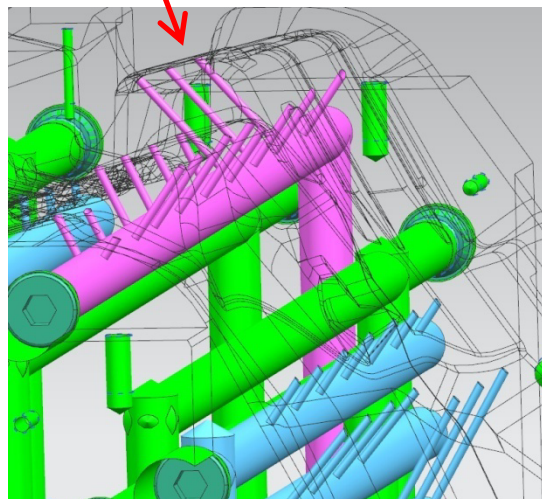
Ve spodní polovině nástroje je labyrint mnohem složitější než u horní poloviny. Je to proto, že ve spodní polovině nástroje se vyjma topné olejové soustavy (zelený labyrint) nachází i parní okruh.

Parní okruhy se používají při výrobě akustických dílů ze speciálních dvouvrstvých materiálů oddělených od sebe fólií. Vrstva, která je v kontaktu se spodním nástrojem, se působením páry vytvrzuje, druhá vrstva zůstává nevytvrzena. Pokud na takto upravený materiál začne působit zvukové vlnění, začne se chovat jako pružina, která se rozkmitá ve stejné frekvenci ale s opačnou fází a tím hluk vyruší.

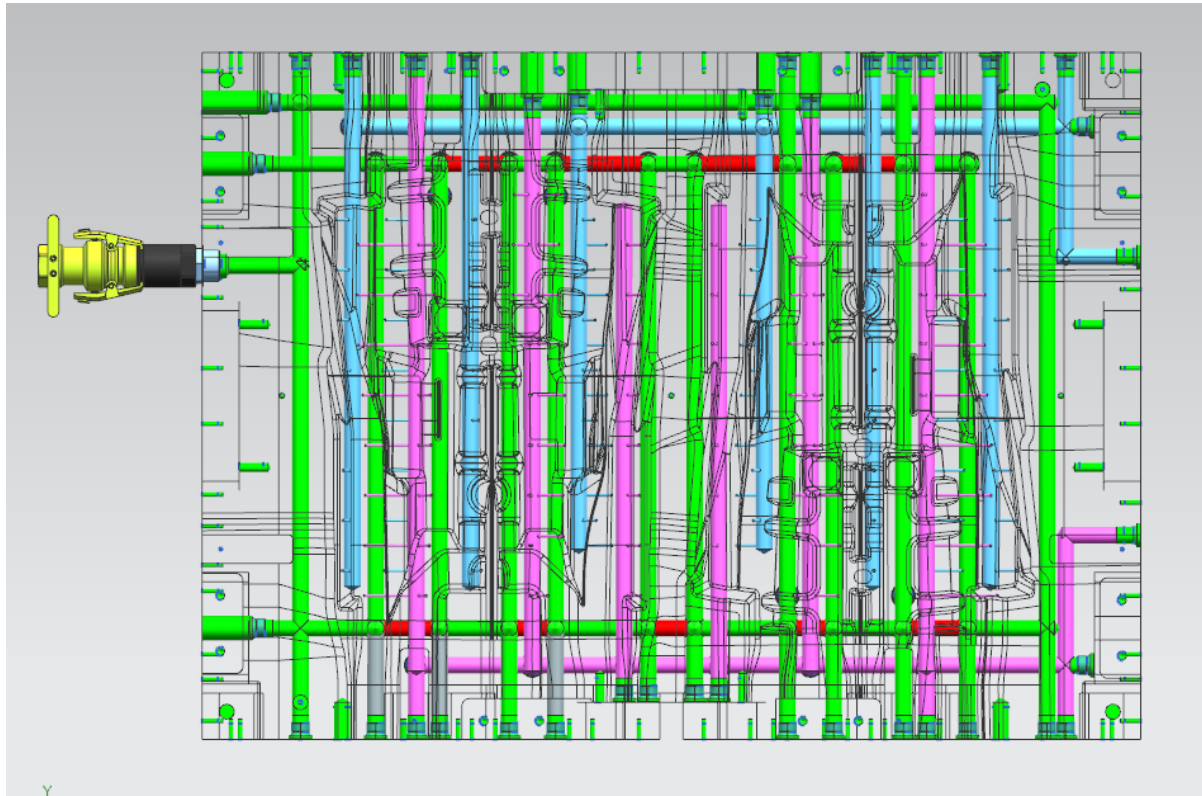
Parní okruh dále konstrukčně dělíme na "pára-vstup" (modrý labyrint) a "pára-výstup" (růžový labyrint). Vrtání je stejně jako u olejového okruhu o průměru 16mm. Parní trysky jsou pak vrtané kolmo k tvarové ploše nástroje a jsou o průměru 1mm.



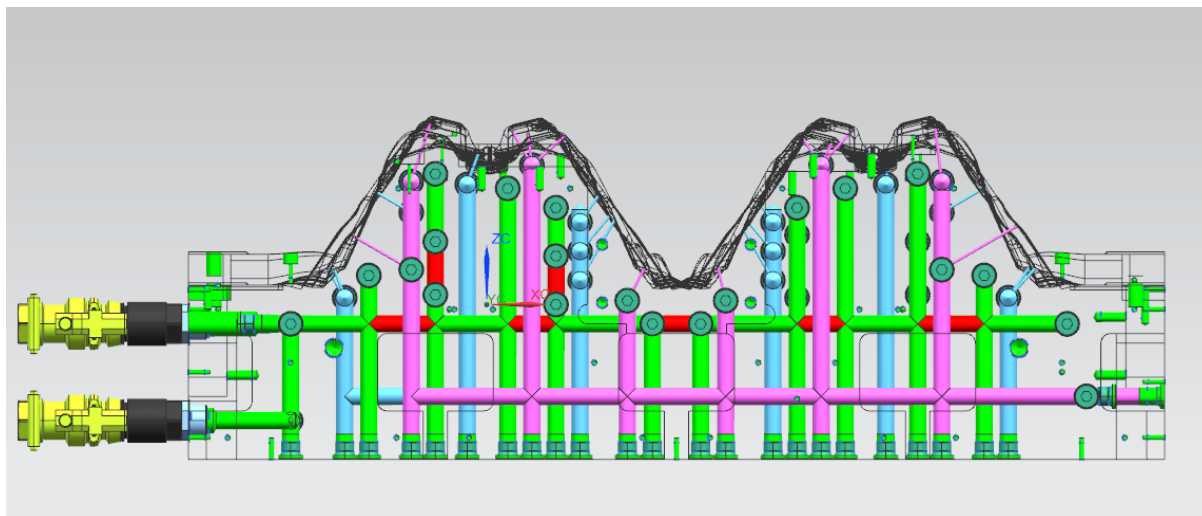
Obr. 60 Olejový a parní okruh spodní poloviny nástroje



Obr. 61 Detail parních trysek



Obr. 62 Olejový a parní okruh spodní poloviny nástroje - půdorys

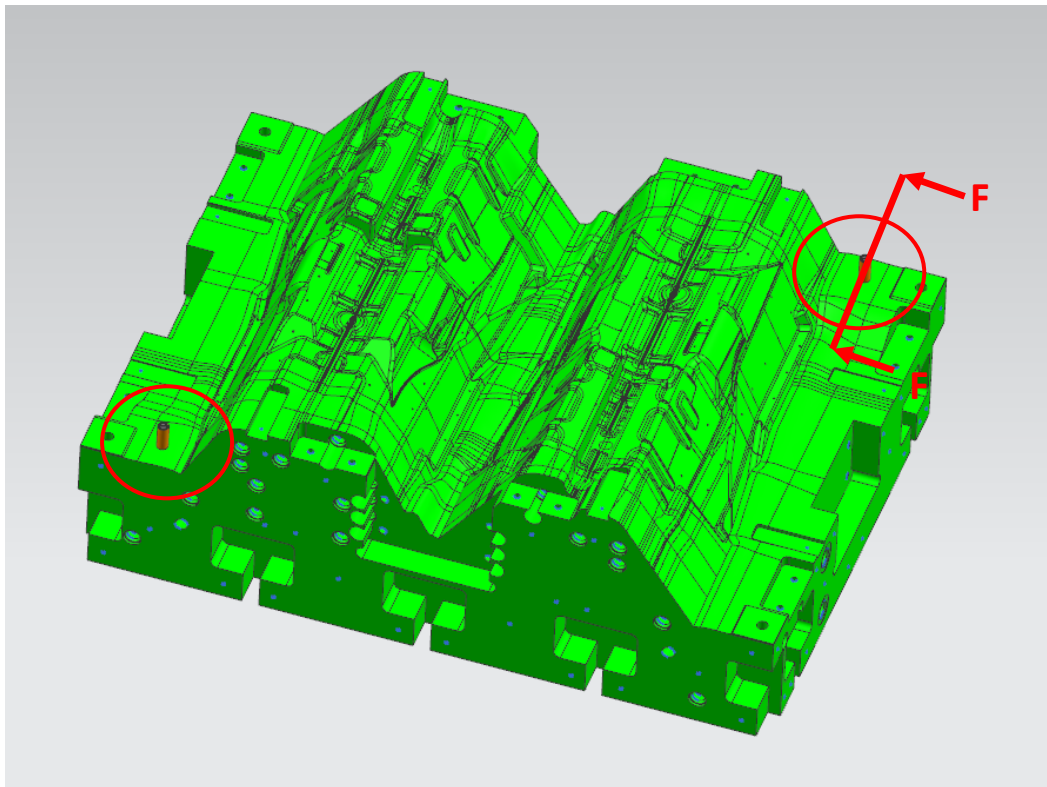


Obr. 63 Olejový a parní okruh spodní poloviny nástroje - bokorys

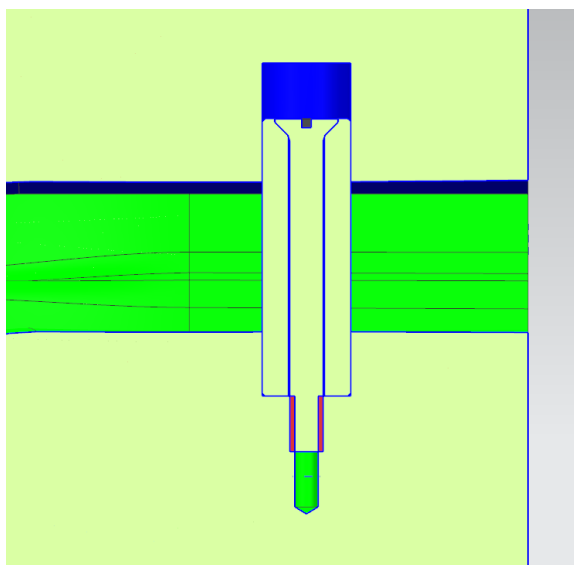
3.8. Kontrolní kolík

Kontrolní kolíky se umísťují do dvou rohů napříč nástrojem. Jsou vyrobené z hliníku s velkou tvarovou přesností. Stejně tak jsou kladeny velké nároky hlavně na souosost děr, ve kterých jsou kolíky usazeny.

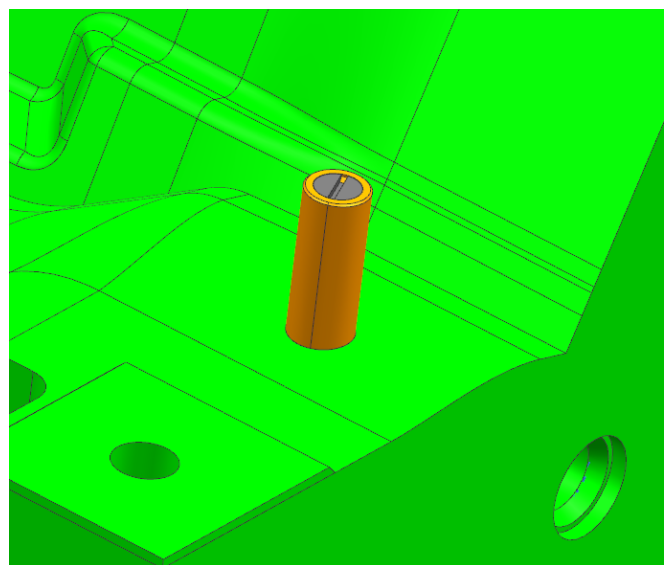
Pokud by jedna část formy byla přehřátá na jinou teplotu než ta druhá, díry nebudou osově nad sebou a kolík se poškodí, což obsluhu upozorní na nesprávné nahřátí formy



Obr. 64 Kontrolní kolíky - spodní polovina nástroje



Obr. 65 Řez F - F



Obr. 66 Detail kolíku

3.9. Izolační a ochranné obložení

- Izolace má několik odůvodnění:
- ochrana obsluhy před popálením
 - snížení nákladů na vyhřívání nástroje (nástroj chladne pomaleji)
 - ochrana lisovacího stroje před vysokými teplotami nástroje

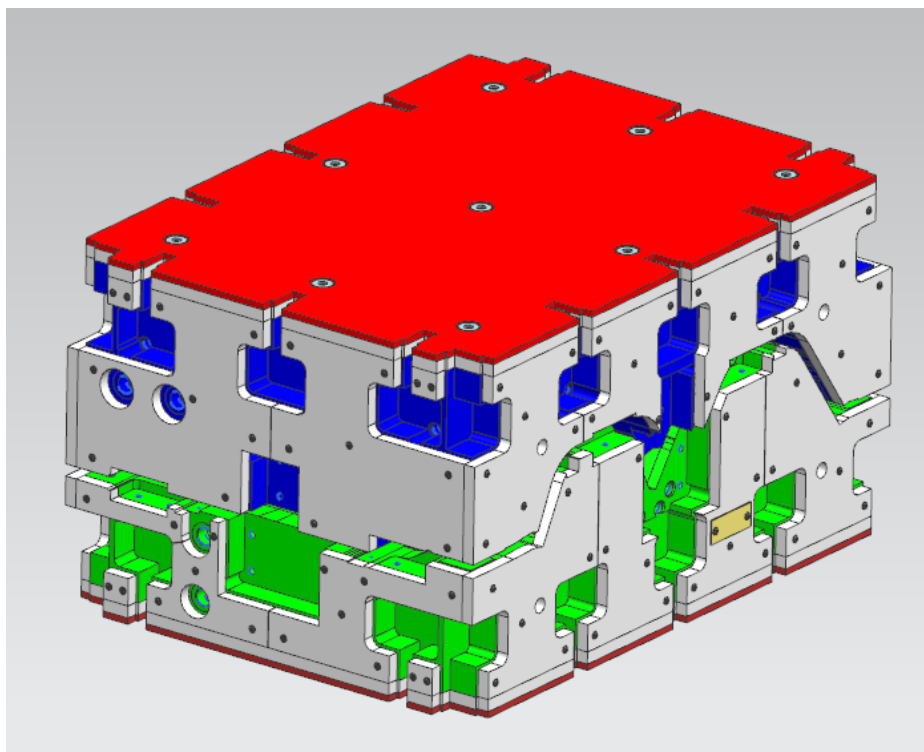
Izolační desky jsou vyrobeny z materiálu pod obchodním názvem cosTherm® 4000.

CosTherm® 4000 je speciální vysoce izolační materiál, jehož základem je pryskyřice vyztužená skelným vláknem. Optimální kombinace vysoce kvalitních surovin dává cosTherm® 4000 vynikající izolační vlastnosti a současně velmi dobrou tlakovou odolnost. [6]

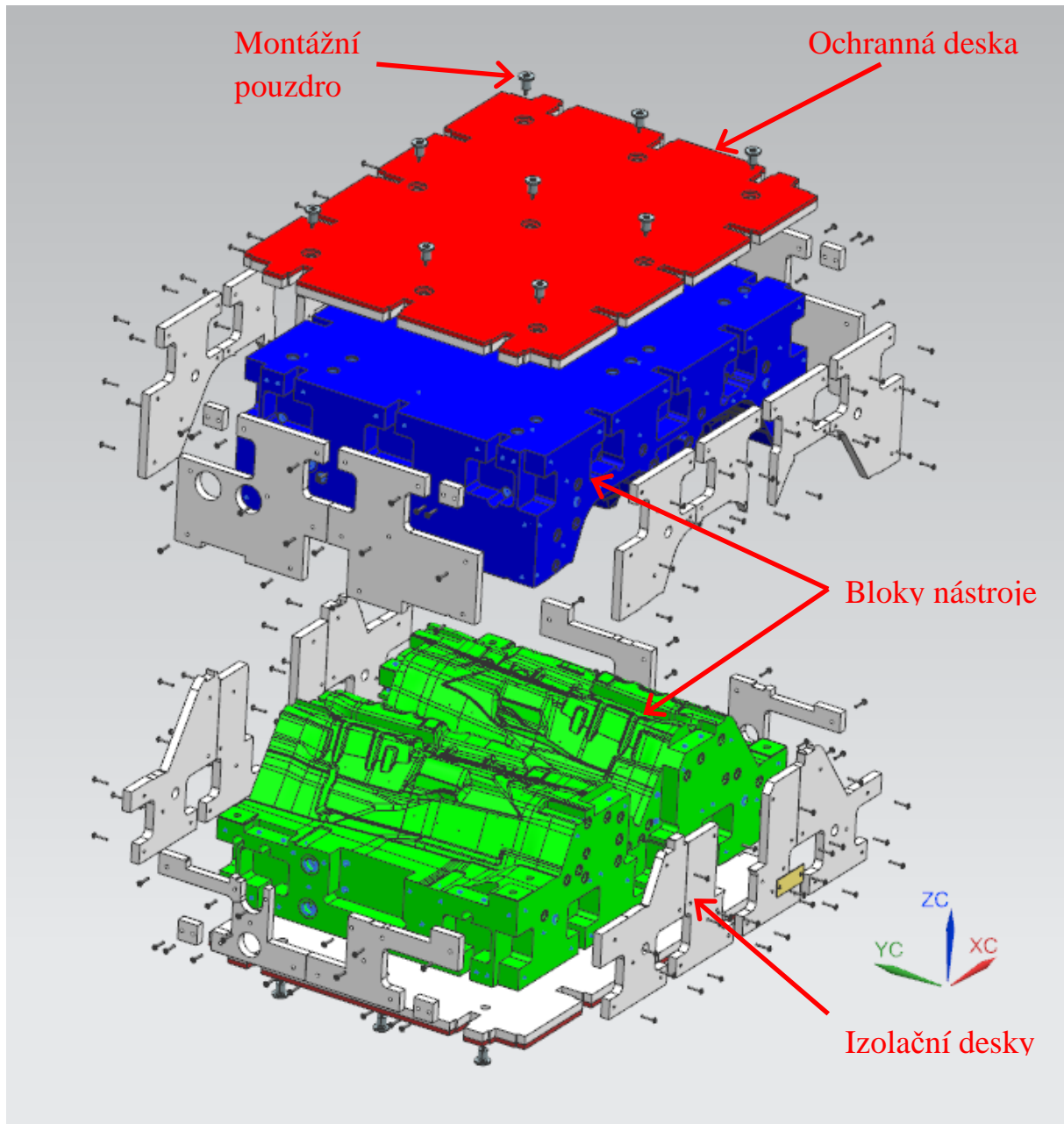
Technická data

Teplota použití		krátkodobě	250	°C
		dlouhodobě	200	°C
Tepelná vodivost	DIN EN ISO 56 612		0,12	W / mK
Koeficient délkové roztažnosti (podélně a příčně)	DIN EN ISO 53 752		$28 \cdot 10^{-6}$	1 / K
Pevnost v tlaku	DIN EN ISO 604	při 23 °C	320	N / mm ²
		při 200 °C	110	N / mm ²
Pevnost v ohybu	DIN EN ISO 178	při 23 °C	200	N / mm ²
Hustota			1,35	g / cm ³

Obr. 67 Technická data izolačního materiálu cosTherm® 4000 [6]



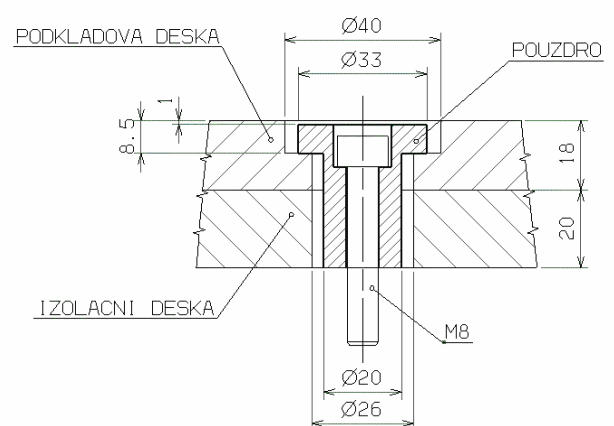
Obr. 68 Zaizolovaný nástroj



Obr. 69 Izolace, ochranné desky a bloky nástroje

Izolační desky mají tloušťku 20mm. Protože jsou velice křehké a velmi snadno poškoditelné (hlavně při manipulaci s nástrojem), přidává se ještě na spodní a horní stranu ocelová ochranná deska o tloušťce 10mm.

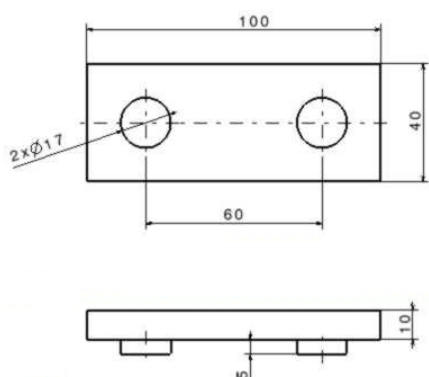
Aby se předešlo k poškození desek při nahřívání formy (kdy se blok nástroje rozpíná), jsou tyto rozměrné izolační a ochranné desky připevněny speciálním montážním pouzdem, které zajišťuje dostatečnou vůli - viz obr. 70.



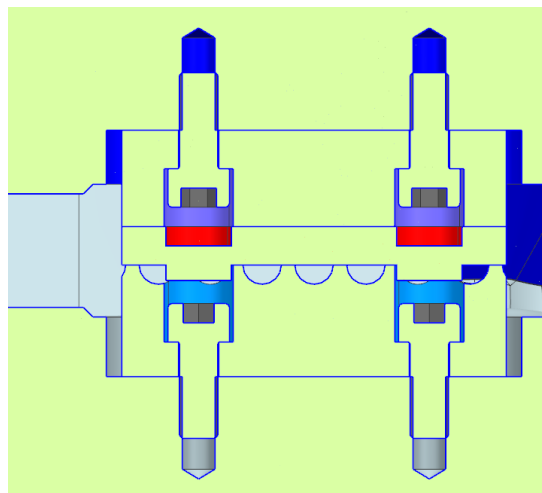
Obr. 70 Řez montážním pouzdem

3.10. Transportní prvky

Protože pinchovací hrana horního nástroje kopíruje povrch spodního nástroje s přesností několik setin, mohlo by při transportu nástroje dojít k poškození této 0,5 mm široké hrany. Proto se mezi dorazy nástroje vkládají tzv. transportní destičky. Tyto destičky jsou 10mm silné, a díky 5mm výstupkům které zapadnou do děr pro šrouby na spodním dorazu jsou během transportu zajištěny proti vypadnutí. Aby nedošlo k jejich ztrátě během běžného provozu, jsou připevněny řetízkem k boku nástroje.

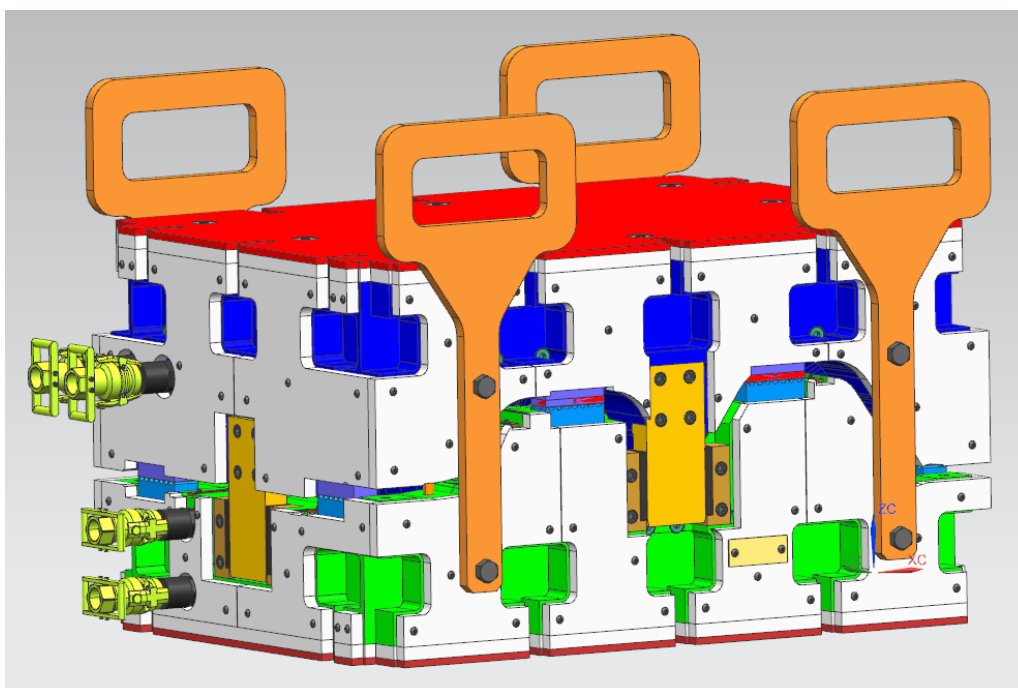


Obr. 71 Detail transportní destičky



Obr. 72 Řez sestavou dorazů s transportní destičkou

Finálním prvkem celé sestavy nástroje jsou pak transportní pásy. Tyto pásy spojují obě poloviny nástroje k sobě a zároveň slouží jako závěsná oka pro připevnění transportních lan, nebo pro zasunutí vidlic vysokozdvíhacího vozíku.



Obr. 73 Celkový pohled na sestavu nástroje vč. transportních prvků

3.11. Stanovení lisovací síly

Vypočíst přesně lisovací sílu pro lisovací formu je prakticky nemožné, zejména kvůli tvarové složitosti lisovacích ploch a nehomogenosti lisovaného materiálu.

U pinchovacích nástrojů bylo experimentálně zjištěno, že je potřeba zhruba 300 N lisovací síly na 1mm pinchovací hrany a že síla potřebná na slisování tvaru akustického dílu je 20% ze síly potřebné pro pinchovací hranu.

Pro zadaný případ je délka pinchovací hrany 7104 mm. Z toho vyplývá, že potřebná lisovací síla je 2557440 N tj. zhruba 255 tun. S ohledem na nepřesnost výpočtu by pro zadaný případ bylo vhodné použít lis o síle 300 tun.

4. Závěr

Akustický díl středové konzole automobilu se lisuje v lisovací formě. K vytvoření lisovací formy je nutné nejprve znát přesný tvar akustického dílu a z něj pak při konstrukci formy vycházet.

K tomuto účelu mi byla zadavatelem poskytnuta část 3D dat automobilu z oblasti středové konzole. Při konstrukci dílu jsem postupoval dle zásad konstrukce akustických dílů. Nejprve jsem přebral základní plochy z plechů karoserie, které jsem poté spojil do B-plochy. Tato plocha pak byla offsetována o 15mm, čímž vznikla A-plocha a vše bylo nakonec spojeno do objemového tělesa ořezovými plochami

Takto připravený díl byl v kolizních místech s okolními částmi automobilu (klimatizační průduchy, elektrické a elektronické kabely, šrouby, matice) stlačen tak, aby jeho montáž probíhala bez problémů. Zároveň bylo provedeno okrajové stlačení, aby nedocházelo k roztřepení dílu na okrajích.

Z dílu byly sejmuté spodní a horní tvarové plochy, které byly doplněny o výběhy, pinchovací hrany, odlehčení a veškeré díry a přežvy byly zaslepeny. Těmito plochami pak byly seříznuty kvádry polotovarů a vznikly tak bloky nástroje.

Tyto bloky byly osazeny vedením nástroje, materiálými a lisovacími dorazy a kontrolními kolíky. Dále bylo do těchto bloků vyvrtáno labyrintové vytápění a parní okruh. Celý nástroj byl nakonec obložen izolačními deskami a doplněn o transportní prvky.

Veškerou konstrukci i tvorbu výkresů jsem prováděl v CAD programu NX 8.5. Sestava se skládá zhruba z 500 dílů a práce na formě a akustickém dílu mi zabrala cca 260 hodin.

Literatura

- [1] APETAUR, Milan – RÁFL, Jan. Konstrukce automobilů. Díl 1, Hluk motorových vozidel. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1994.149 s. ISBN 80-01-01224-7.
- [2] ZWIKKER, C – KOSTEN C.W. Sound absorbing materials. New York: Elsevier Pub, 1949. 174 s. ISSN: 0365-7140.
- [3] PFLÜGER, Martin – BRANDL, Franz – BERNHARD, Ulrich – FEITZELMAYER, Karl. Fahrzeugakustik. SpringerWienNewYork, 2010. 214 s. ISSN: 1617-8920. ISBN: 978-3-211-76740-5
- [4] Jitka Bezděková. Lisovací formy pro interiérové díly. Plzeň, 2011. Západočeská fakulta v Plzni, Katedra konstruování strojů. Doc. Ing. Martin Hynek, PhD.
- [5] <http://www.borgers.de/> 14.1.2014
- [6] <http://www.fibotrading.cz/izolace/vyroba-forem-a-nastroju> 2.4.2014

Seznam Obrázků

Obr. 1 Poloha měřícího zařízení hluku v interiéru [3]	3
Obr. 2 Zdroje hluku automobilů [1]	4
Obr. 3 Umístění dílů v automobilu [5].....	5
Obr. 4 Přírodní vlákno [4].....	6
Obr. 5 Papírová voština [4]	6
Obr. 6 Okolí přijaté od zákazníka	7
Obr. 7 Umístění dílu	8
Obr. 8 Schéma konstrukce B - plochy.....	9
Obr. 9 Plech tunelu	9
Obr. 10 Vybrané rovinné plochy	9
Obr. 11 Plochy zvětšené roztažením	9
Obr. 12 Zarádusované plochy	9
Obr. 13 Kontrola	10
Obr. 14 Spojení B-plochy.....	10
Obr. 15 Offset konvexního rádiusu	11
Obr. 16 Schéma konstrukce A-plochy	12
Obr. 17 Offset celé B-plochy	12
Obr. 18 Offset B-plochy.....	12
Obr. 19 Zvětšení ploch	12
Obr. 20 Zarádusování	12
Obr. 21 Ořezové plochy	13
Obr. 22 Ořezové plochy + tvarové plochy	13
Obr. 23 Objemové těleso	13

Obr. 24 Klimatizační průduchy	14
Obr. 25 Řez A-A	14
Obr. 26 Pomocná skořepina okolo průduchu.....	14
Obr. 27 Stlačení klimatizačního průduchu	14
Obr. 28 Okrajové stlačení.....	15
Obr. 29 Předepsaný tvar okrajového stlačení	15
Obr. 30 Kontrola odformování	16
Obr. 31 Rozevření (1)	17
Obr. 32 Rozevření (2)	17
Obr. 33 Kontrola odformování - otevřený díl.....	17
Obr. 34 Lokální stlačení okolo linie otáčení.....	17
Obr. 35 Poloha dílů v nástroji.....	18
Obr. 36 Odlehčení, pinchovací hrana (pohled shora).....	19
Obr. 37 Výběhové plochy, odlehčení, pinchovací hrana (řez B-B).....	19
Obr. 38 Blok materiálu a ořezové.....	20
Obr. 39 plochy Spodní polovina nástroje	20
Obr. 40 Obě poloviny nástroje (zelená - spodní, modrá - horní).....	20
Obr. 41 Lícovací plošky - spodní polovina nástroje	21
Obr. 42 Řez lícovací ploškou (řez C-C)	21
Obr. 43 Materiálové dorazy - spodní polovina nástroje.....	22
Obr. 44 Detail materiálového dorazu.....	22
Obr. 45 Materiálové dorazy - horní polovina nástroje	22
Obr. 46 Řez D-D.....	22
Obr. 47 Drážkované dorazy spodní poloviny nástroje.....	23
Obr. 48 Dorazy horní poloviny nástroje	23
Obr. 49 Řez E-E.....	23
Obr. 50 Detail horního dorazu	23
Obr. 51 Detail spodního dorazu	23
Obr. 52 Kluzné kameny na spodním nástroji	24
Obr. 53 Vodící meče na horním nástroji	24
Obr. 54 Detail vedení	24
Obr. 55 Detail upevnění kluzných kamenů	24
Obr. 56 Závitová tyč s ucpávkami [4]	25
Obr. 57 Soustava topení horní poloviny nástroje.....	25
Obr. 58 Topná soustava - půdorys	26
Obr. 59 Topná soustava - bokorys.....	26
Obr. 60 Olejový a parní okruh spodní poloviny nástroje.....	27
Obr. 61 Detail parních trysek	27
Obr. 62 Olejový a parní okruh spodní poloviny nástroje - půdorys.....	28
Obr. 63 Olejový a parní okruh spodní poloviny nástroje - bokorys	28
Obr. 64 Kontrolní kolíky - spodní polovina nástroje.....	29
Obr. 65 Řez F - F	29
Obr. 66 Detail kolíku	29
Obr. 67 Technická data izolačního materiálu cosTherm [®] 4000 [6]	30
Obr. 68 Zaizolovaný nástroj	30

Obr. 69 Izolace, ochranné desky a bloky nástroje.....	31
Obr. 70 Řez montážním pouzdem	31
Obr. 71 Detail transportní destičky	32
Obr. 72 Řez sestavou dorazů s transportní destičkou	32
Obr. 73 Celkový pohled na sestavu nástroje vč. transportních prvků	32