

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2008

Bc. Ondřej Bělohlávek



Studijní program: M2301 Strojní inženýrství

Obor: 2302T010 Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Kolové dopravní a manipulační stroje

**Rekonstrukce tuhosti systému, forma - nosič,
pro výrobu automobilových sedáků**

Bc. Ondřej Bělohlávek

KVM – DP – 573

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Brabec

Konzultant diplomové práce: doc. Ing. Vojtěch Pražma, CSc., Modelárna LIAZ

Rozsah práce a příloh:

Počet stran : 75

Počet obrázků : 56

Počet grafů : 42

Počet tabulek : 1

Počet příloh : 4

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146089569

V Liberci, květen 2008



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Bc. Ondřej B Ě L O H L Á V E K**
studijní program **M2301 Strojní inženýrství**
obor **2302T010 Konstrukce strojů a zařízení**
zaměření **Kolové dopravní a manipulační stroje**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

REKONSTRUKCE TUHOSTI SYSTÉMU, FORMA - NOSIČ, PRO VÝROBU AUTOMOBILOVÝCH SEDÁKŮ

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Popište obecnou problematiku a jednotlivé varianty řešení nosičů.
2. Určete zatížení, navrhnete a vytvořte výpočtové modely.
3. Proveďte výpočet současných konstrukcí forem pro vybrané varianty nosičů a pro dvě hodnoty modulu pružnosti materiálu forem (litá a válcovaná slitina Al) (pro řešení pevnostních a deformačních problémů využijte metodu konečných prvků).
4. Proveďte vyhodnocení simulace (výpočtu) a navrhnete optimalizaci stávajících konstrukcí tak, aby výsledný průhyb v dělicí rovině formy nepřesáhl 0,02 mm.
5. Cílem je použitelnost výsledků DP ve firmě MODELÁRNA LIAZ, spol. s r.o.



Hálkova 6, 461 18 Liberec

Tel.: 485 353 130, fax: 485 353 139

ANOTACE

JMÉNO:	Bc. Ondřej Bělohlávek
OBOR:	2302T010 Konstrukce strojů a zařízení
ZAMĚŘENÍ:	Kolové dopravní a manipulační stroje
ZADÁNÍ PRÁCE:	REKOSTRUKCE TUHOSTI SYSTÉMU, FORMA - NOSIČ, PRO VÝROBU AUTOMOBILOVÝCH SEDÁKŮ
ČÍSLO PRÁCE:	KVM – DP - 573
VEDOUCÍ PROJEKTU:	Ing. Pavel Brabec
KONZULTANT:	doc. Ing. Vojtěch Pražma, CSc., Modelárna LIAZ

Předložená diplomová práce se zabývá rekonstrukcí tuhosti systému, forma – nosič, pro výrobu automobilových sedáků.

V první části je popsána obecná problematika forem na výrobu PUR sedáků a jejich nosičů.

Ve druhé části je popsána tvorba výpočtových modelů a poté navazuje část výpočtová.



Hálkova 6, 461 18 Liberec

Tel.: 48 535 3130, fax: 48 535 3139

ANNOTATION

NAME: Bc. Ondřej Bělohávek

SPECIALIZATION: 2302T010 Mechanical engineering

FOCUSING: Transport and handling machines

THEME OF BSC WORK: The reconstruction of rigidity of system, mould –
carrier, for producing of car seat cushions

NUMBER OF BSC WORK: KVM – DP – 573

LEADER OF BSC WORK: ing. Pavel Brabec

CONSULTER: doc. Ing. Vojtěch Pražma, CSc., Modelárna LIAZ

Submitted graduation thesis deals with the reconstruction of rigidity of system, mould – carrier, for producing of car seat cushions.

The general problems of moulds for producing of PUR cushions and their carriers is described in the first part.

The second part focuses to making of simulation models and after continue part of simulations.

Obsah:

Seznam symbolů a zkratek	7
1 Úvod	8
1.1 Cíle diplomové práce	8
2 Obecný popis problematiky PUR sedáků automobilů	9
2.1 Sedáky automobilů	9
2.2 Netěsnost dělicí roviny	9
2.3 Nosiče forem	11
2.3.1 Konstrukce nosičů	14
2.3.1.1 Uspořádání forem v nosiči	14
2.3.1.2 Kinematika nosiče	16
2.3.1.3 Uložení v nosiči	19
2.4 Formy	22
2.4.1 Frézovaná forma	22
2.4.1.1 Konstrukce	23
2.4.1.2 Materiál	23
2.4.2 Litá forma	24
2.4.2.1 Konstrukce	24
2.4.2.2 Materiál	27
3 Tvorba výpočtového modelu	28
3.1 Tvorba modelu pro litou formu	28
3.2 Tvorba modelu pro frézovanou formu	30
3.3 Určení okrajových podmínek	31
3.3.1 Určení tlaku uvnitř formy	31
3.3.2 Vlastnosti materiálu	34
3.3.3 Vliv teploty	34
3.3.4 Vazby a kontaktní plochy	34
3.3.5 Zatížení	35
4 Výpočtová část	36
4.1 Metoda měření	37
4.2 Výpočty	40

4.2.1 Simulace 1. Konstrukce odlévané formy podle běžných pravidel zkoušená pro nosič JC 6	40
4.2.1.1 Vyhodnocení	43
4.2.2 Simulace 2. Lepší podepření dělicí roviny č. 4	44
Díky podstatnému zlepšení tuhosti v oblasti dělicí roviny č.4 došlo i ke snížení	
4.2.2.1 Vyhodnocení	47
4.2.3 Simulace 3. Zvětšení opěrné plochy postranních úchytů víka a přidání žeber pod tuto plochu	47
4.2.3.1 Vyhodnocení	50
4.2.4 Simulace 4. Vyztužení opěrné plochy dělicí roviny č. 3.....	50
4.2.4.1 Vyhodnocení	53
4.2.5 Simulace 5. Přemístění vnějších stěn důsledně pod a nad dělicí rovinu ..	53
4.2.5.1 Vyhodnocení	56
4.2.6 Simulace 6. Podepření vnější stěny pod dělicí rovinou č.2.....	57
a vyztužení vnější stěny kavity	57
4.2.6.1 Vyhodnocení	60
4.2.7 Simulace 7. Frézovaná forma Verze 1 pro nosič JC 6	60
4.2.7.1 Vyhodnocení	63
4.2.8 Simulace 8. Frézovaná forma Verze 2 pro nosič JC 6	63
4.2.8.1 Vyhodnocení	66
4.2.9 Simulace 9. Konstrukce formy viz. simulace 1. testovaná pro nosič JC 4-5	66
4.2.9.1 Vyhodnocení	68
4.2.10 Simulace 10. Vyzkoušení výsledků optimalizace formy viz. simulace 6 v nosiči JC 4-5.....	68
4.2.10.1 Vyhodnocení	71
5 Závěr	72
5.1 Výsledná doporučení:.....	73
6 Použitá literatura:.....	74
7 Seznam příloh:	75

Seznam symbolů a zkratek

Zkratky

PUR	polyuretan
FSB	přední opěra
FSC	přední sedák
RSB	zadní opěra
RSC	zadní sedák
JC	Johnson Controls
MKP	metoda konečných prvků
A ₅	[%] nejnižší tažnost

1.1 Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je posílení povědomí o roli polyuretanových (PUR) sedáky v automobilu a popsat základních požadavků na ně.

Dalším cílem je analýza zařízení a výroby výpočtově pomocí metody konečných prvků (MKP) a následně analýzy současných a budoucích forem a tvarů, aby bylo možné navrhnout konstrukci pro výrobu sedáku, aby byl vhodný pro výrobu v továrně. Výsledky analýzy budou použity k návrhu nových forem a tvarů, aby bylo možné navrhnout konstrukci pro výrobu sedáku, aby byl vhodný pro výrobu v továrně. Výsledky analýzy budou použity k návrhu nových forem a tvarů, aby bylo možné navrhnout konstrukci pro výrobu sedáku, aby byl vhodný pro výrobu v továrně.

1 Úvod

K výrobě forem na polyuretanové sedáky pro osobní automobily se v závislosti na požadavku výrobce sedáku nebo na množství vyrobených kusů formy používá výrobní technologie obrábění z bloku materiálu nebo technologie lití do písku. Každý výrobce sedáků používá vlastní systém umístění formy do nosiče. Forma je během procesu pěnění sedáku zatížena přítlačnou silou a v důsledku nabývání PUR pěny i tlakem působícím uvnitř kavity formy. V některých případech právě v důsledku působení těchto sil dochází k deformacím formy a následnému otevírání dělící roviny formy. Důsledkem je snížení kvality produktu a zvýšené náklady na čištění pěny a formy.

1.1 Cíle diplomové práce

Cílem této diplomové práce je popsání obecné problematiky forem pro PUR sedáky automobilů a popsání základních nosičů těchto forem.

Dalším krokem je určení zatížení a vytvořit výpočtové modely. Poté provést pomocí metody konečných prvků, na základě analýzy současných konstrukcí forem (litá a frézovaná forma), optimalizaci konstrukce pro vybrané varianty nosičů tak, aby výsledný průhyb v dělící rovině formy nepřesáhl hodnotu 0,02 mm. Výsledky optimalizací budou zpracovány do formy doporučení konstruktérům pro možnost aplikace ve firmě Modelárna LIAZ, spol. s r. o.

2.1 Netěsnost dělící roviny

Netěsnost dělící roviny forem sedáků způsobují výpočtem štíhlé formy, která způsobí snížení ve výrobě produktu a zvýšené náklady na čištění formy. Vzniká to v důsledku působení tlaku PUR pěny a tlaku působícího uvnitř formy. Důsledkem je snížení kvality produktu a zvýšené náklady na čištění pěny a formy.

2 Obecný popis problematiky PUR sedáků automobilů

2.1 Sedáky automobilů

Velmi důležitou součástí automobilů jsou sedačky posádky. Zajišťují pohodlí posádky, přispívají k pasivní bezpečnosti posádky, chrání posádku před vlivem škodlivých vibrací, ale také zajišťují pro řidiče přenos některých informací o chování automobilu. Naprostá většina dnešních sedaček je dnes vybavena měkkými částmi vyrobenými z PUR pěny.

Typy sedáků a opěr pro osobní automobily



Obr.1 [7]

Typy pěny:

- Přední opěra	-	Front seat back:	FSB
- Přední sedák	-	Front seat cushion:	FSC
- Zadní opěra	-	Rear seat back	RSB
- Zadní sedák	-	Rest seat cushion	RSC

Pěny pro zadní sedačky se vyrábějí v modifikacích 40, 50, 60, a 100% v závislosti na šířce dílu.

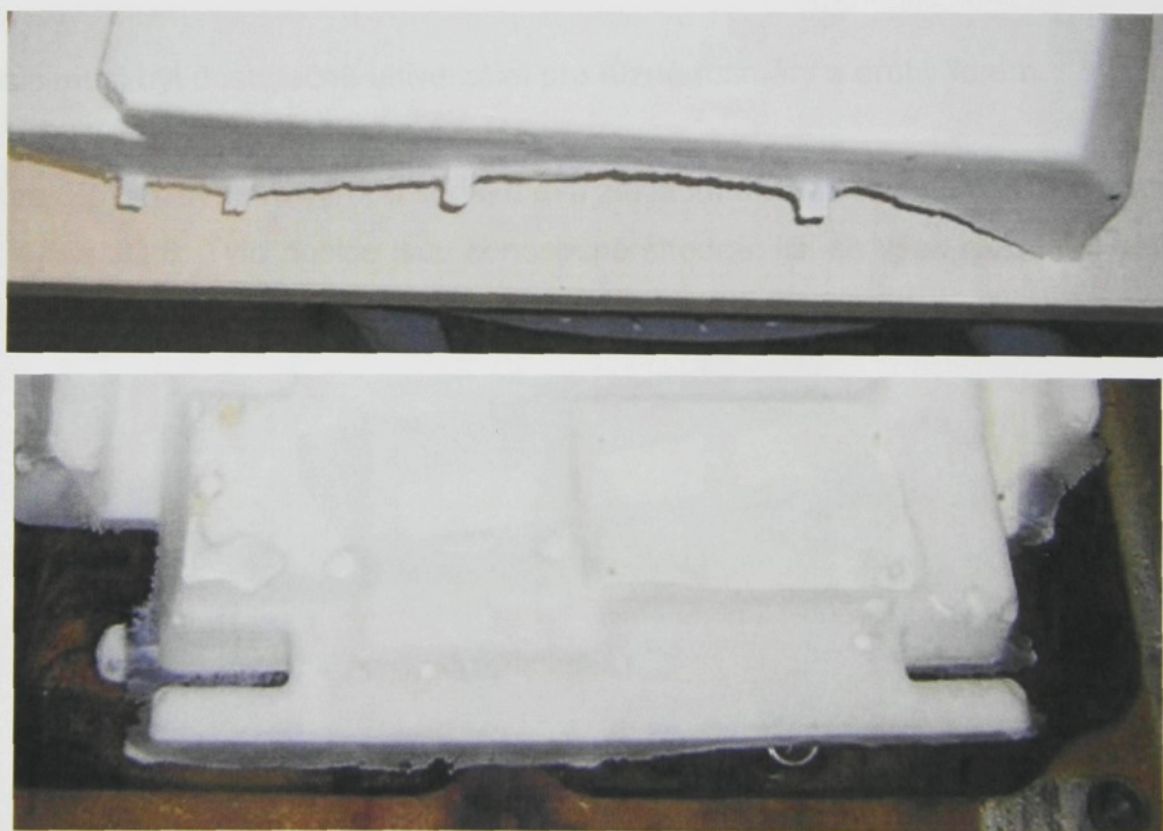
2.2 Netěsnost dělicí roviny

Netěsnosti dělicí roviny forem sedáků způsobují výrobcům PUR dílů sedaček určité ztráty ve snížení jakosti výrobku a zvýšených nákladech na výrobu. Výsledné nadměrné otěpy na sedácích je nutno ručně odstraňovat a také dochází k nadměrnému znečištění v okolí dělicí roviny formy, které je nutno před dalším

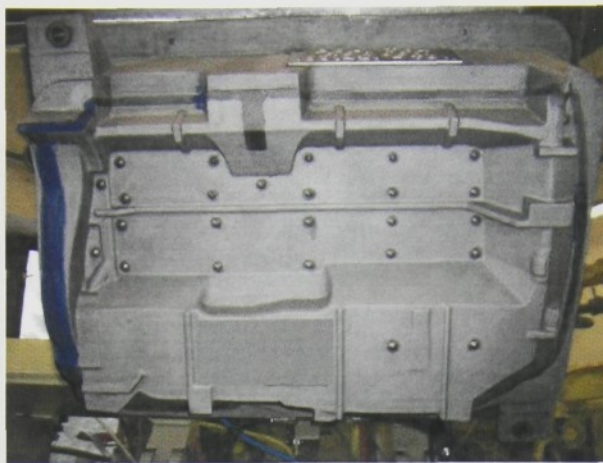
použitím odstranit což v případě výrobních linek způsobuje jejich sníženou produktivitu. K únikům PUR pěny dochází u netěsností o větší velikosti než 0,03 mm. Netěsnosti mohou být způsobeny jak v důsledku deformací formy při výrobních operacích následujících po vzájemném zajiskření dělicích ploch víka a vany a také v důsledku ohřívání formy na provozní teplotu vypěňování. Další deformace dělicí roviny formy vznikají během procesu vypěňování. Netěsnosti vzniklé v průběhu výroby a provozním ohřevem formy bývají dostatečně eliminovány v průběhu finálního ručního dopasovávání formy, které je prováděno za pracovní teploty.

Netěsnosti vzniklé deformací formy v důsledku sil vznikajících při výrobě pěny v důsledku přítlaku nosiče a vnitřního tlaku od expandující PUR pěny lze dobře řešit pouze dostatečnou tuhostí systému forma – nosič.

Diplomová práce se bude zabývat řešením tuhosti systému forma – nosič.



Obr.2, Detail pěny s otřepy způsobeným netěsností dělicí roviny.



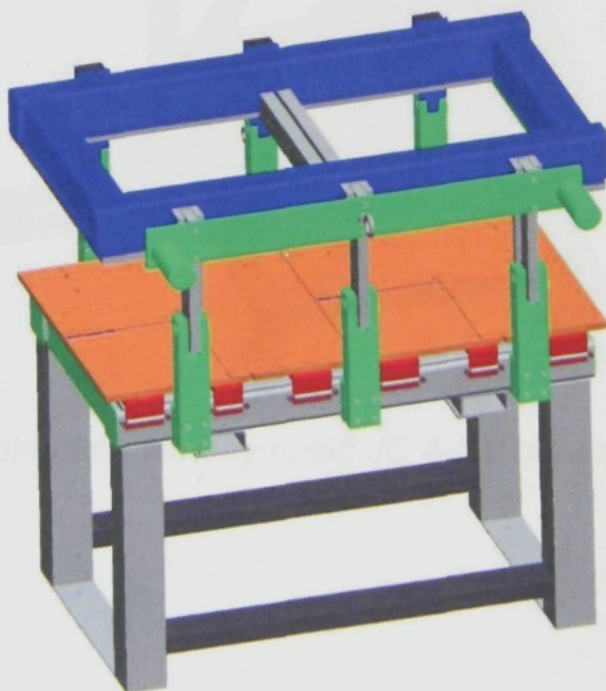
Obr.3, Finální dopasování formy tzv. „na barvu“.

2.3 Nosiče forem

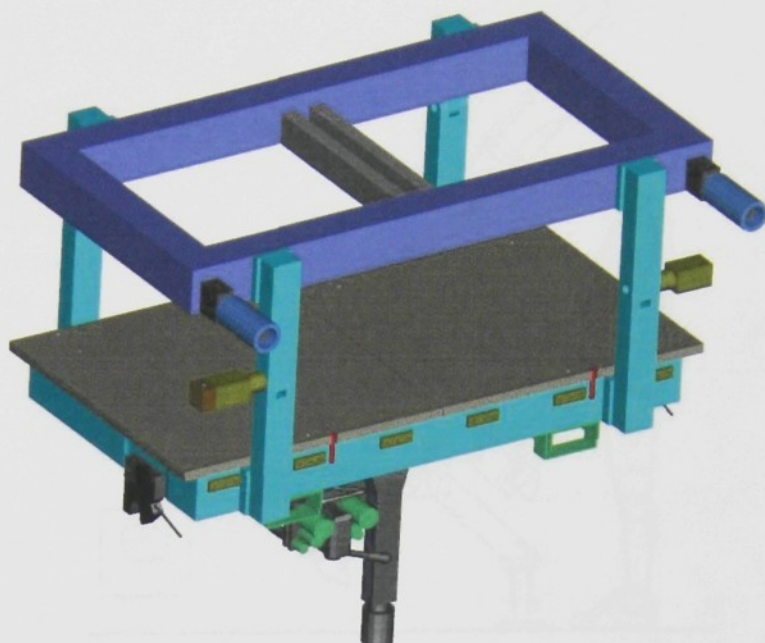
Formy pro výrobu PUR součástí sedaček se umísťují do nosičů, které zajišťují svojí kinematikou jejich uzavření a přitlak mezi vanou a víkem, opětovné otevření pro vyjmutí pěny a další výrobní operace.

Nosič musí být dostatečně univerzální pro různé rozměry a druhy forem.

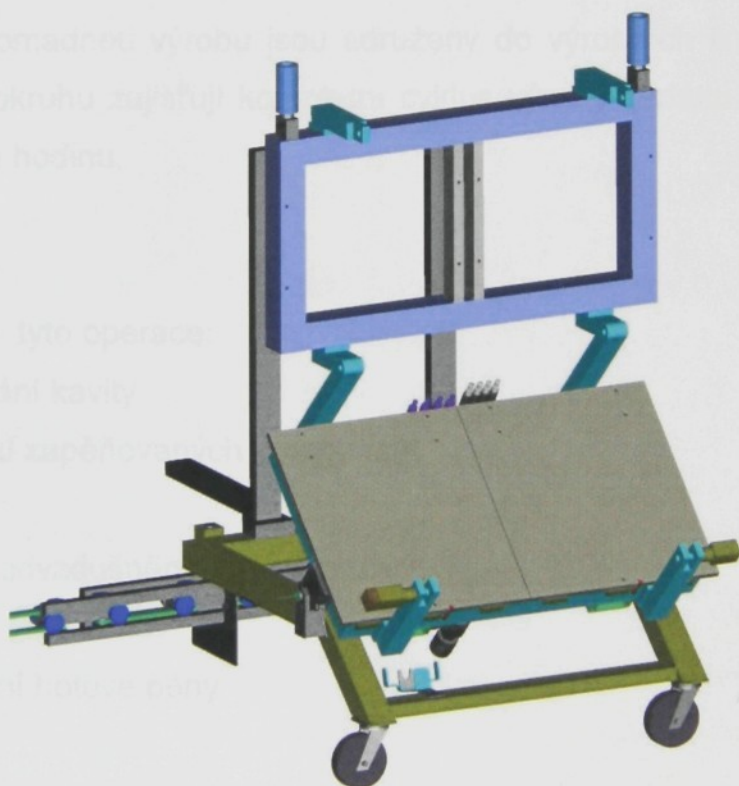
Firma JC Používá pro výrobu sedáků dva základní druhy nosičů. Jedná se o modely JC 4-5 a JC 6. Tyto nosiče jsou koncepčně shodné, liší se však rozdílnou velikostí zdvihu, silou přitlaku nosné desky a rozdílnou hloubkou.



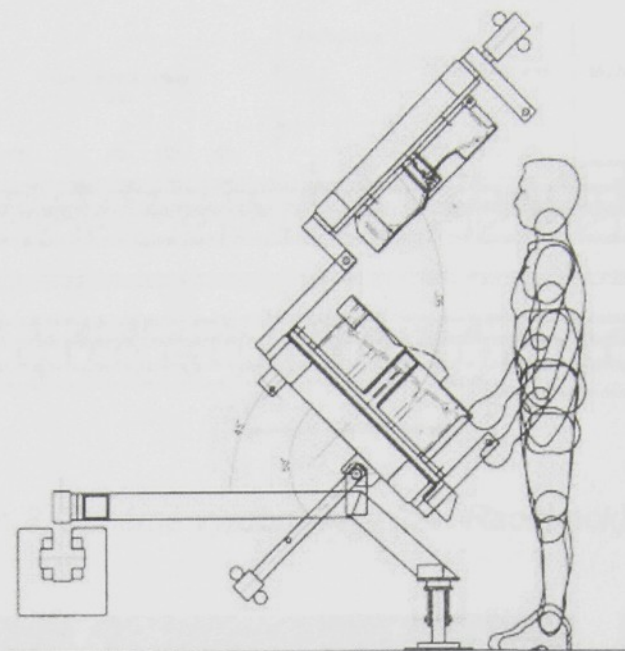
Obr. 4, Pohled na testovací nosič JC6.



Obr.5, Pohled na uzavřený sériový nosič JC 4-5.



Obr.6, Pohled na sériový nosič JC 4-5 v otevřené poloze.

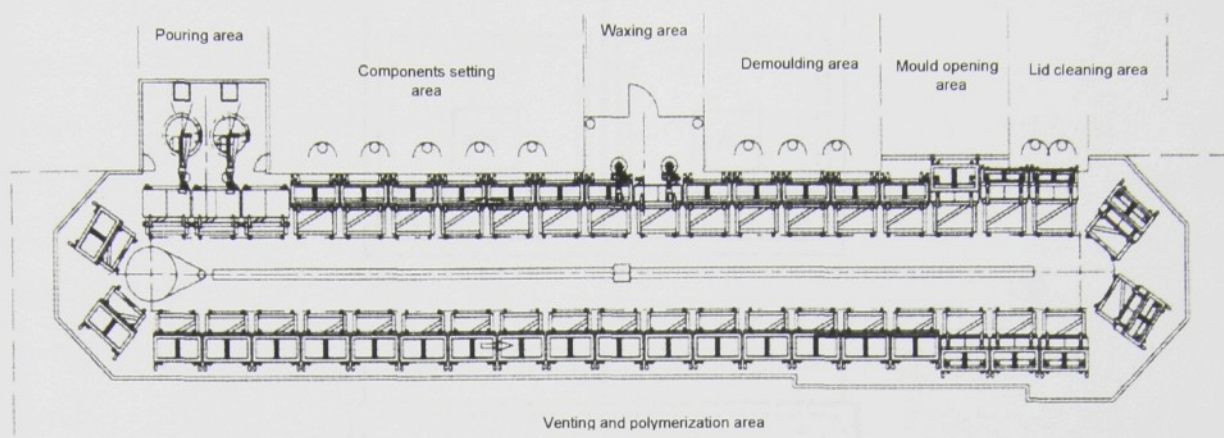


Obr. 7, Pozice obsluhy u sériového nosiče.[6]

Nosiče pro hromadnou výrobu jsou sdruženy do výrobních linek (racetrack), které v uzavřeném okruhu zajišťují kompletní cyklus výroby sedáku. Produktivita linky je asi 300 pěn za hodinu.

Linka zajišťuje tyto operace:

- Voskování kavity
- Vkládání zapěňovaných komponent
- Plnění
- Proces odvzdušnění a polymerizace
- Čištění
- Odebrání hotové pěny



Obr. 8, Schéma výrobní linky (tzv. Racetrack).[7]

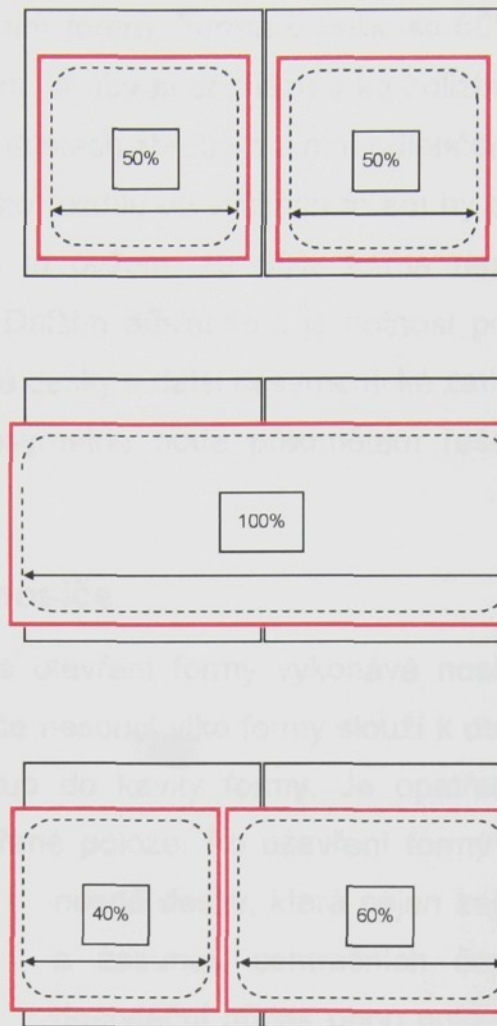


Obr.9, Pohled na obsluhu linky.[6]

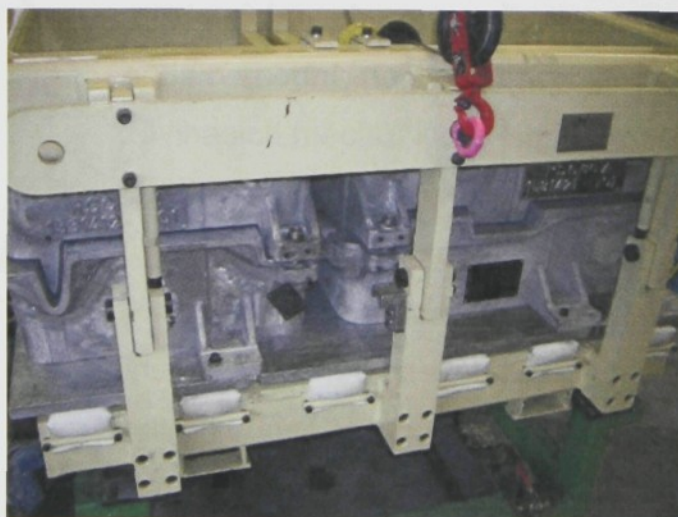
2.3.1 Konstrukce nosičů

2.3.1.1 Uspořádání forem v nosiči

Nosič je konstruován tak, aby umožnil společnou montáž dvou forem v takovém uspořádání, jak jsou umístěny v automobilu. Tj. kombinace například dle následujícího obrázku. Z důvodů nemožnosti zajištění absolutně stejné výšky forem jsou spodní nosné desky dvě, každá pro jednu formu. 100% forma se umísťuje na obě desky najednou.



Obr.10, Rozložení forem závislosti na velikosti pěny.



Obr.11, Ukázka umístění forem pro 40% a 60% sedák.

Uspořádání forem v párech nese jednoznačné výhody z hlediska párování pěn a využití kapacity linky, ale v případě kombinace 40% a 60% nese komplikace

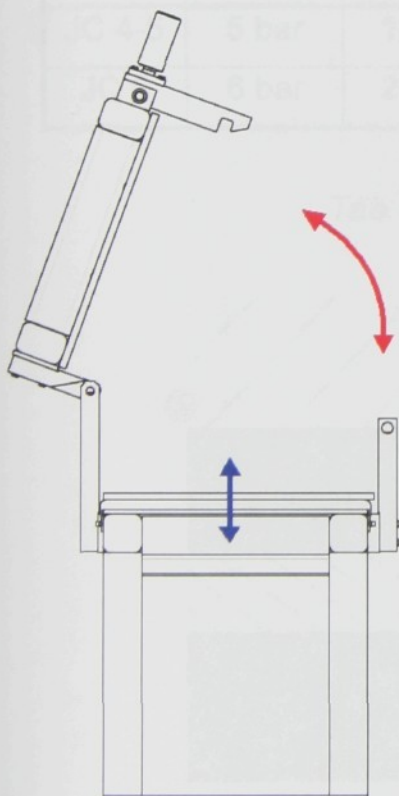
s nesymetrickým zatížením forem. Forma o velikosti 60% zpravidla přesahuje i na vedlejší nezávislou desku a aby nedocházelo ke kolizím s touto deskou, je spodní základna formy v těchto místech zhruba o 2 mm odlehčena. Toto odlehčení je nutné, neboť v případě i mírného rozdílu ve výškách forem by docházelo vždy k odlehčení jedné z nich. Znamená to ovšem, že 60% forma nemusí být v těchto místech dostatečně podepřena. Dalším důsledkem je nutnost posunutí druhé formy (40%) mimo střed spodní nosné desky a další nesymetrické zatížení.

Z důvodů zkoumání nesymetrie bude předmětem řešení diplomové práce 60% forma.

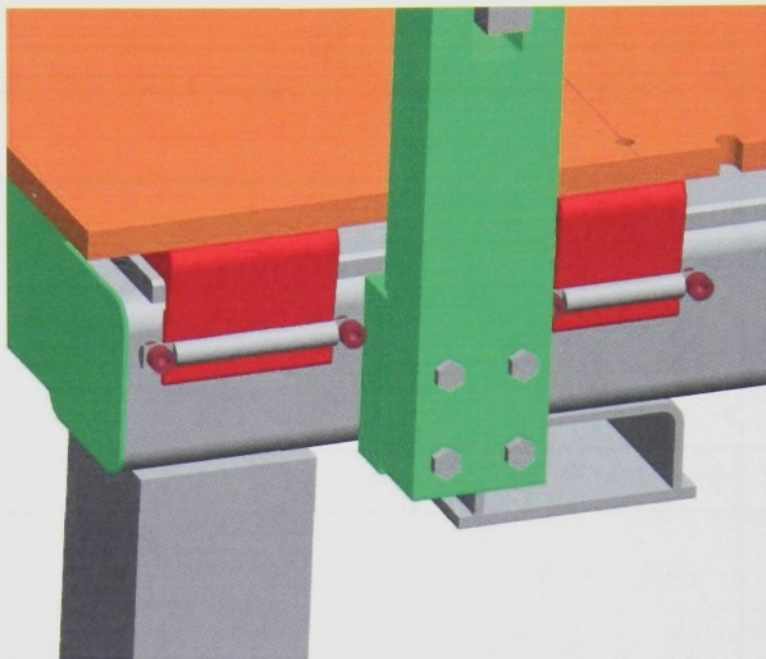
2.3.1.2 Kinematika nosiče

Pro zajištění uzavření a otevření formy vykonává nosič dva na sebe navazující pohyby. Horní víko nosiče nesoucí víko formy slouží k otevření formy okolo zadního čepu a umožňuje přístup do kavity formy. Je opatřeno mechanickým zámkem k zajištění formy v uzavřené poloze. Po uzavření formy dochází ke zdvihu spodní

nosné desky, která nejen zajišťuje dovření dělící roviny a zasunutí centračních čepů formy, ale zajišťuje i dostatečný přitlak obou polovin formy, aby nedocházelo k jejímu otevření tlakem expandující PUR pěny. Pohyb víka nosiče je zajištěn podle vybavení linky buď mechanicky nebo pomocí pneumatického válce. Zdvih a přitlak spodní nosné desky je zajištěn vždy pomocí zdvihacích měchů, které jsou rovnoměrně rozloženy pod deskou a jsou nafukovány tlakovým vzduchem. Tlak v měchu je podle verze nosiče 5 – 6 Barů. Výsledná přitlačná síla je dána součinem kontaktních ploch mezi měchy a nosnou deskou a tlaku v měších. Od této síly je potřeba odečíst hmotnost vany cca. 30-80 kg.



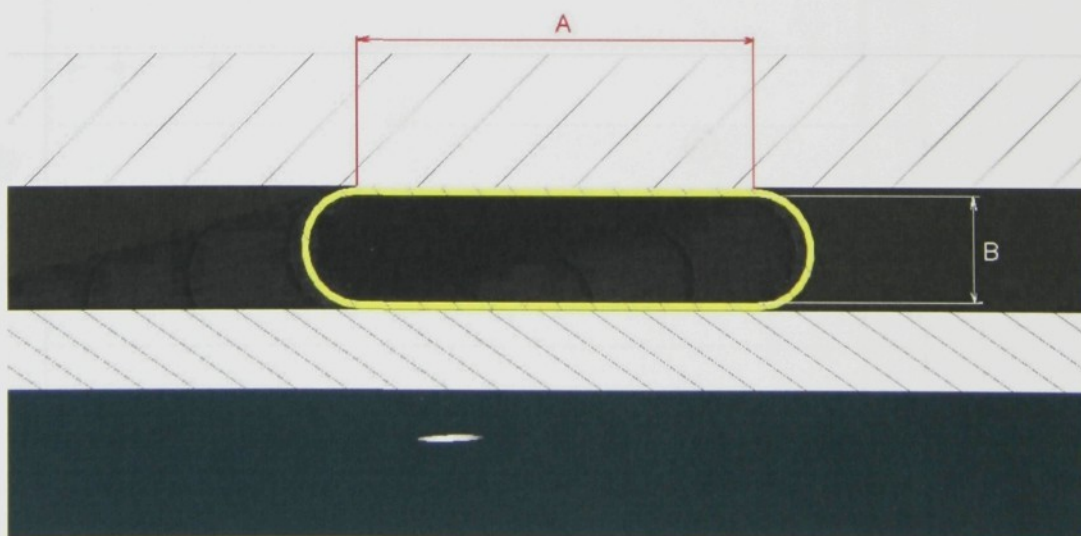
Obr. 12 Kinematika nosiče.



Obr. 13, Detail zdvihacích měchů nosiče JC 6.

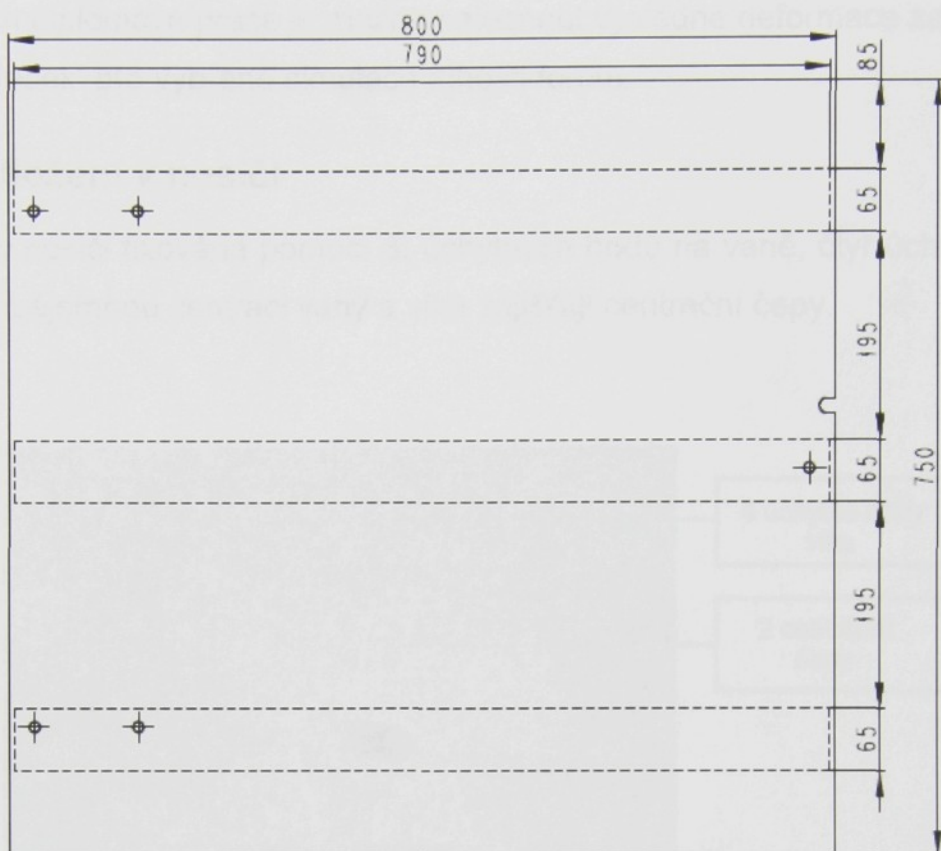
Typ nosiče	Tlak	Zdvih (A)	Šířka kontaktní plochy měchu (B)	Délka měchu	Počet	Vypočtená síla
JC 4-5	5 bar	10 mm	65 mm	790 mm	3	77025 N
JC 6	6 bar	20 mm	80 mm	840 mm	3	120960 N

Tab. 1, Tabulka parametrů přitlačných měchů.

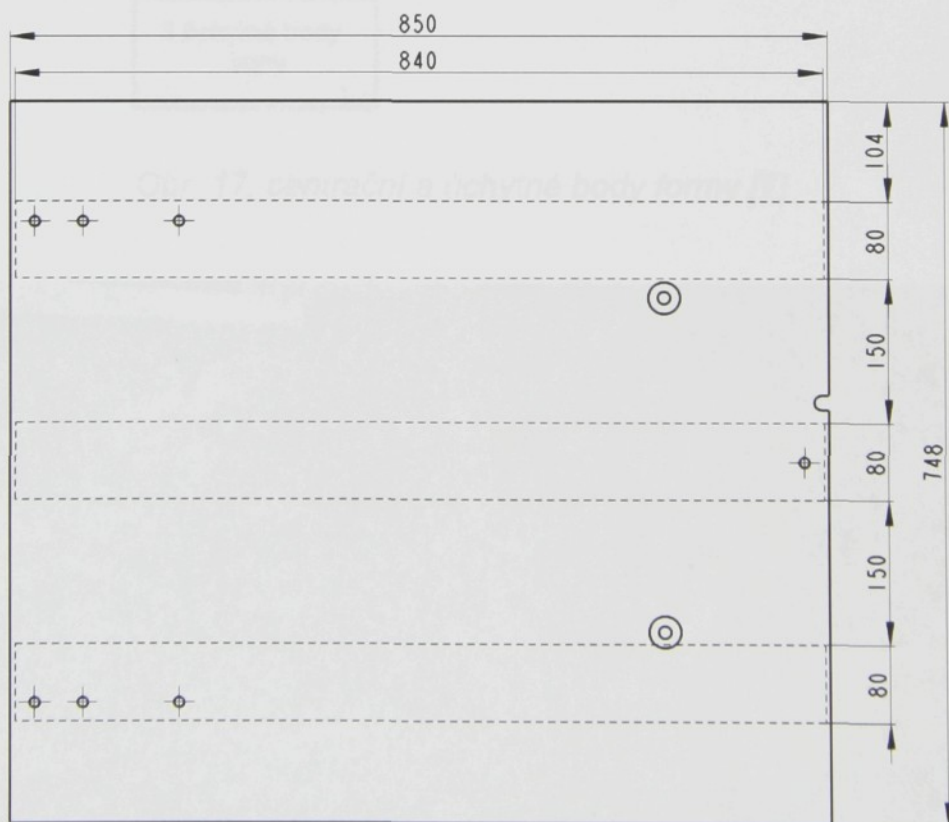


Obr.14, Řez měchem nosiče.

Obr. 14, Pohled zřezání měchů pod nosnou deskou nosiče JC 6.



Obr.15, Rozložení měchů pod nosnou deskou nosiče JC 4-5.

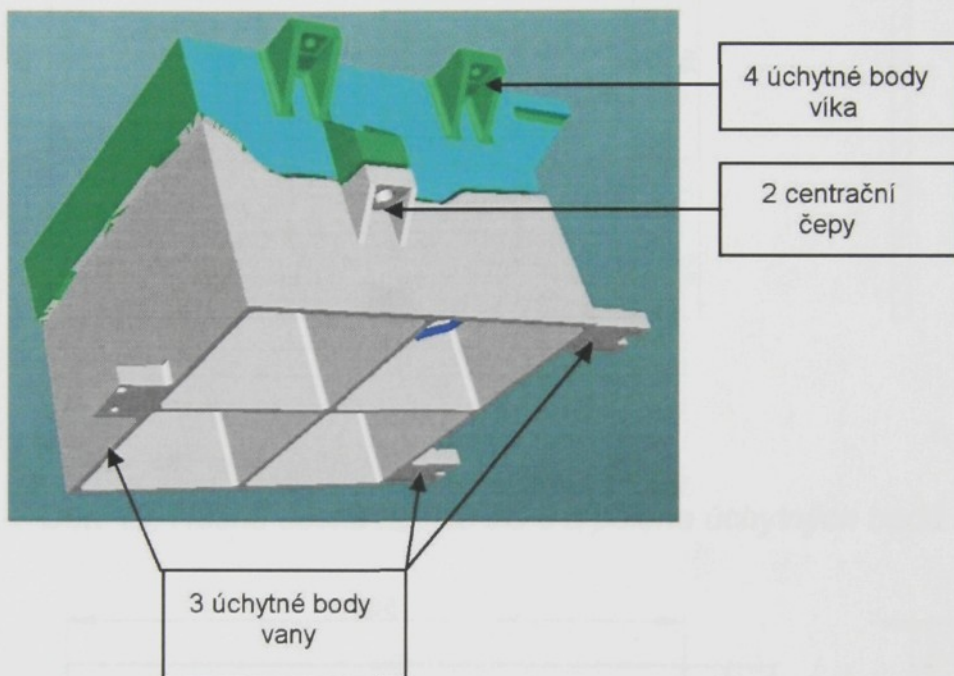


Obr.16, Rozložení měchů pod nosnou deskou nosiče JC6.

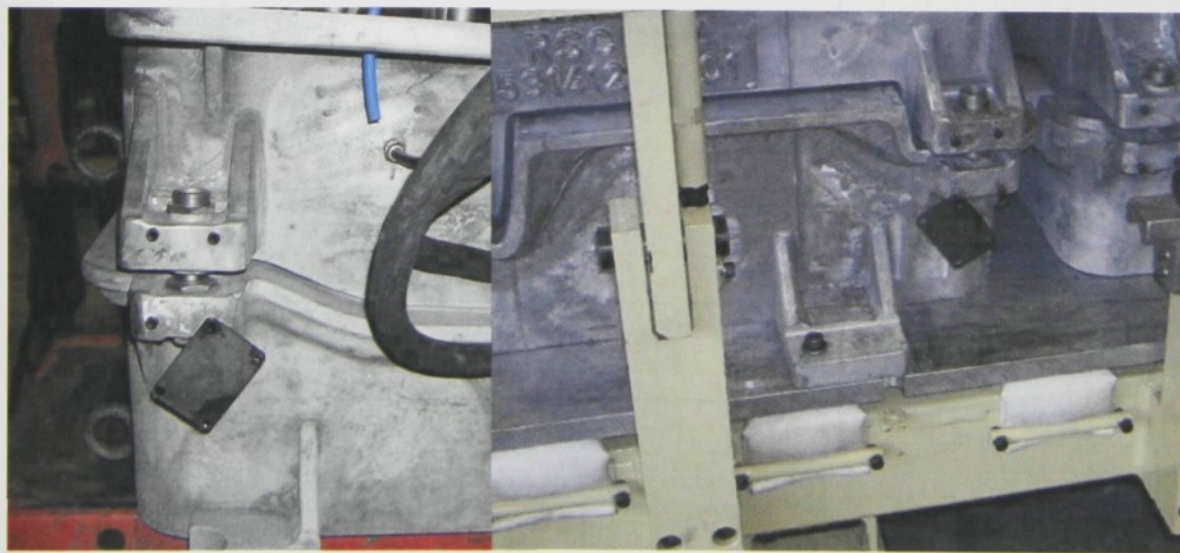
V přílohách diplomové práce je možno naléznout výsledné deformace zatížených nosných desek pro vybrané simulace tuhosti forem.

2.3.1.3 Uložení v nosiči

Forma je v nosiči fixována pomocí 3. úchytných bodů na vaně, čtyř úchytných bodů ve víku a vzájemnou centraci vany a víka zajišťují centrační čepy.

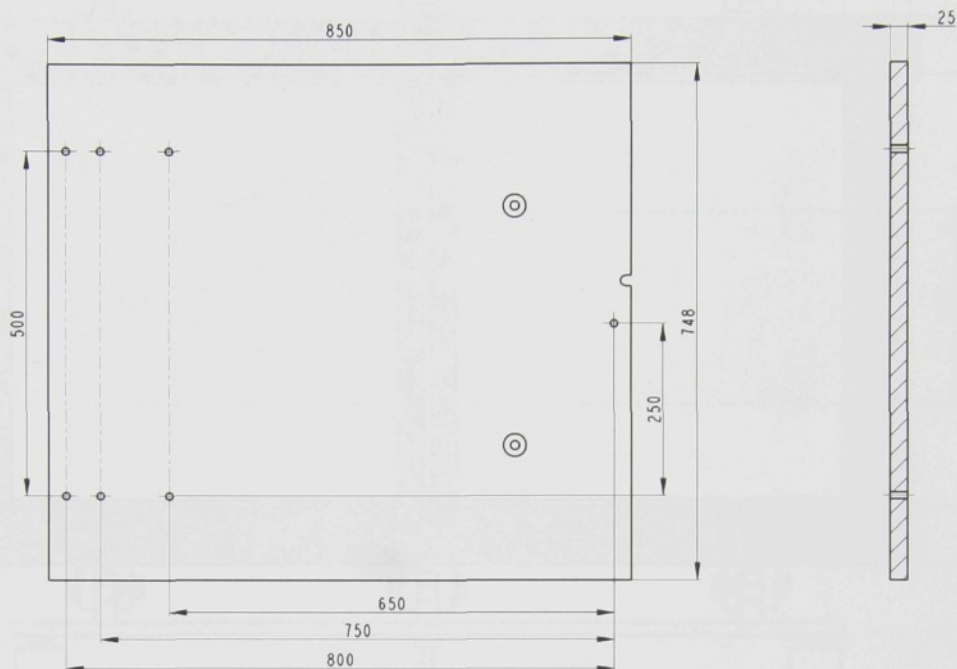


Obr. 17, centrační a úchytné body formy [7]

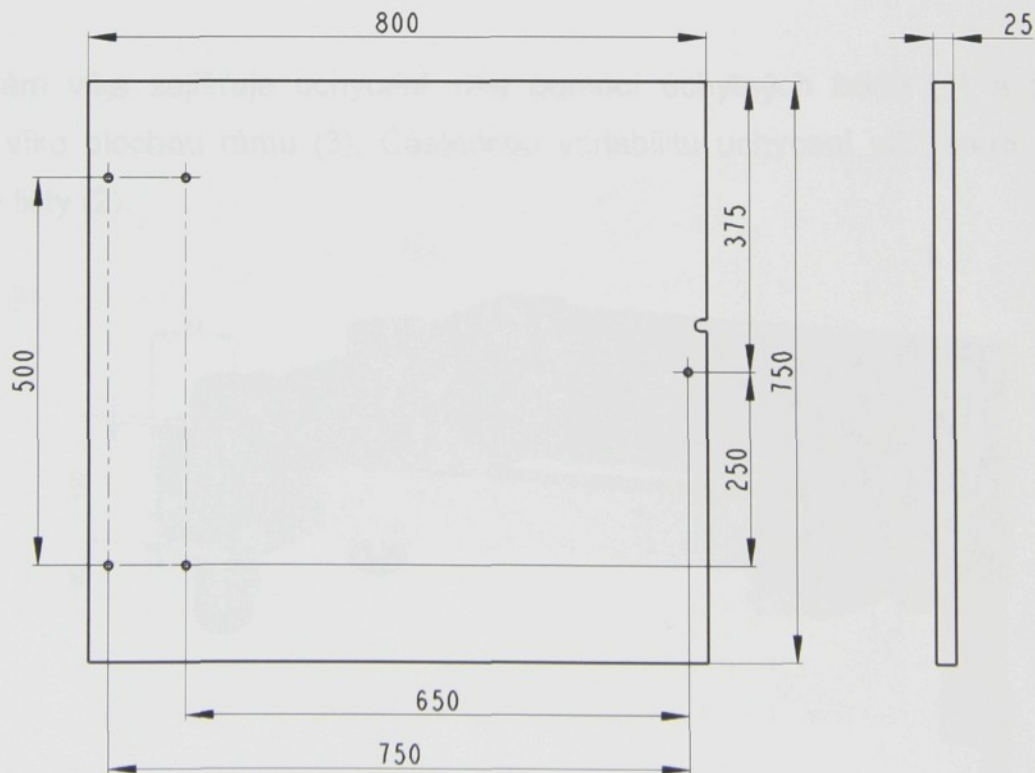


Obr. 18, Obrázky centračního čepu a spodního úchytného bodu

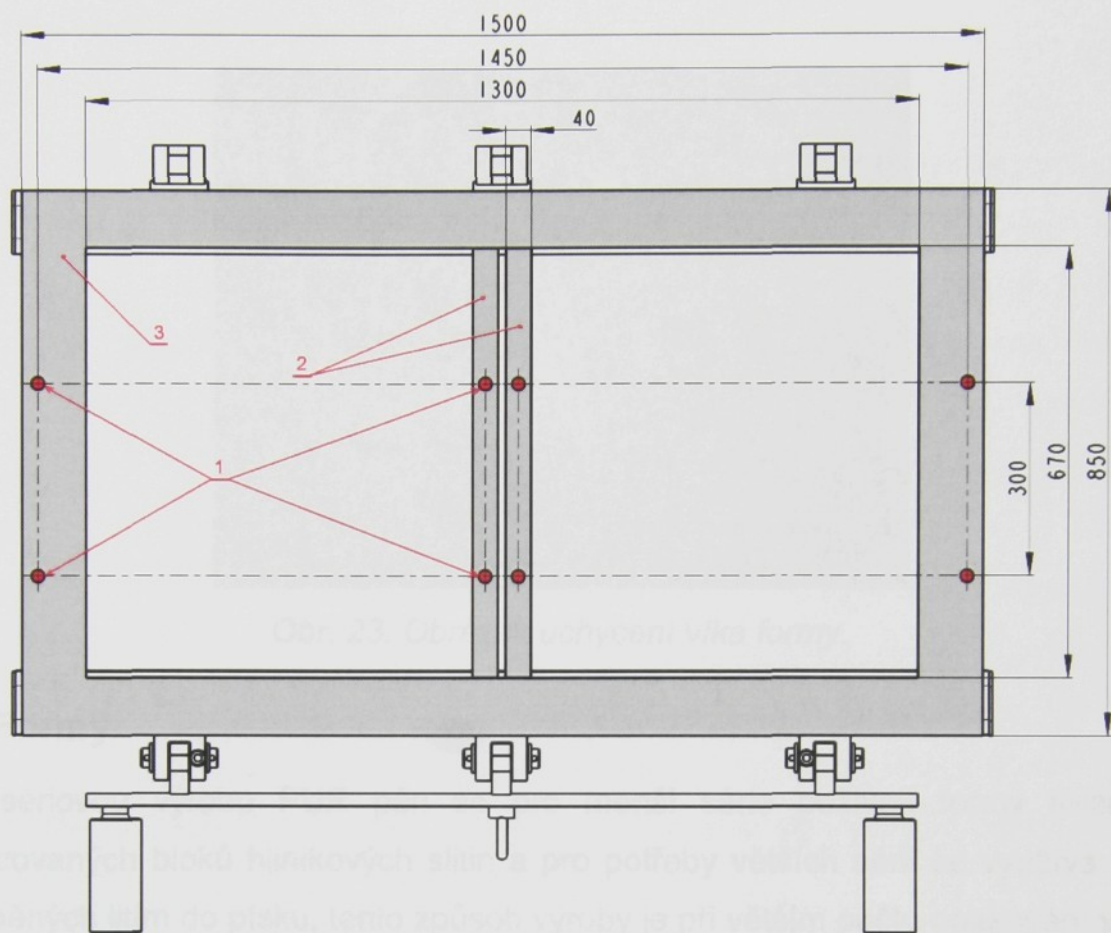
Dolní úchytné bodu slouží k přesnému uchycení vany v nosiči. Víko je s vanou vzájemně centrováno pomocí dvou centračních čepů a k víku je připevněno pomocí 4. šroubů. Tím je zajištěno dobré slícování vany a víka.



Obr. 19, Nosná deska nosiče JC 6 a poloha úchytných bodů

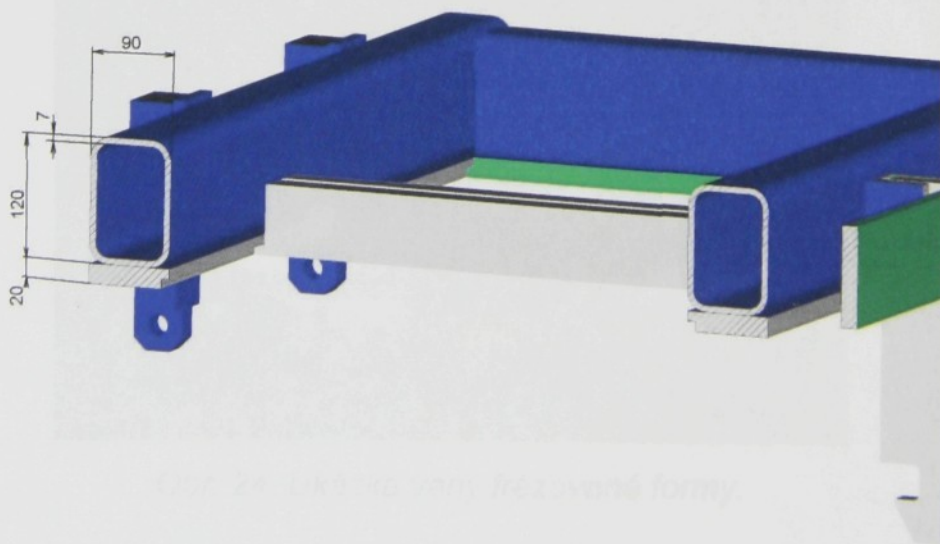


Obr. 20, Nosná deska nosiče JC 4-5.



Obr. 21, Nosný rám víka formy JC 6.

Nosný rám víka zajišťuje uchycení víka pomocí úchytných bodů (1) a zároveň podpírá víko plochou rámu (3). Částečnou variabilitu uchycení vík forem zajišťují posuvné lišty (2).



Obr. 22, Řez nosným rámem víka.JC6

2.4.1 Konstrukce

Víko

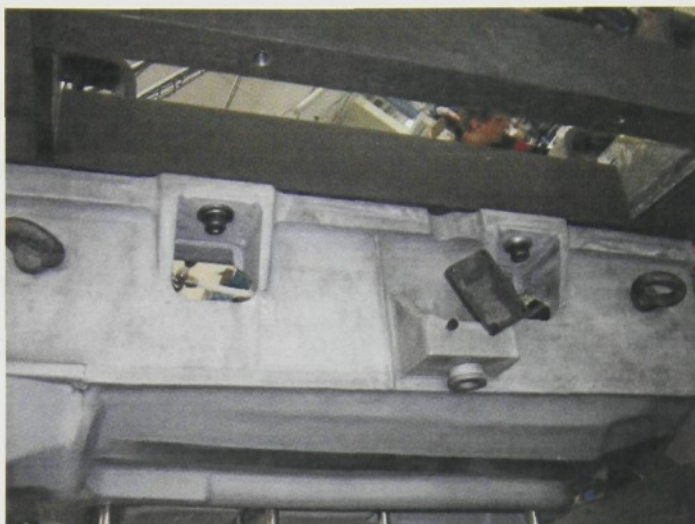
Víko formy je navrhováno

tak, aby bylo možné

formy a její části

zdrženosti vzhledem

kanálů. Uchytění



Obr. 23, Obrázek uchycení víka formy.

2.4 Formy

Pro sériovou výrobu PUR pěn se pro menší série používají formy frézované z válcovaných bloků hliníkových slitin a pro potřeby větších sérií se využívá forem vyráběných litím do písku, tento způsob výroby je při větším počtu opakování výroby forem levnější.

2.4.1 Frézovaná forma



Obr. 24, Ukázka vany frézované formy.

2.4.1.1 Konstrukce

Víko

Víko formy je navrhováno s ohledem na úsporu materiálu a minimalizaci obráběcího času. Proto je možno drobnější části formy přivařit pokud to nenarušuje těsnost formy a její tuhost. Zadní strana víka je odlehčena s ohledem na minimální vzdálenost odlehčení od kavity 15mm a s ohledem na konstrukci vrtaných topných kanálů. Úchytné body víka formy jsou zpravidla přivařeny z menších bloků materiálu.

Vana

Vana formy je navrhována s ohledem na úsporu materiálu a minimalizaci strojového času. Výšku vany je možno dosáhnout i za pomoci navaření bloku materiálu. Střed vany je zpravidla vyztužen žebrem. Zadní strana vany je zpravidla odlehčena s ohledem na minimální vzdálenost odlehčení od kavity 15 mm a s ohledem na konstrukci topných kanálů. Úchytné body vany jsou přivařeny z menších bloků materiálu nebo montované.

2.4.1.2 Materiál

Válcovaná slitina hliníku

Ve firmě Modelárna – LIAZ je standardně pro výrobu frézovaných forem používán materiál:

EN AW 5083 / DIN 3.3547

Slitina:

Al Mg4,5 Mn0,7

Mechanické vlastnosti

Mez kluzu :	110 MPa
Pevnost v tahu:	230-250 MPa
Tažnost A ₅ :	10%
Tvrdost :	70 HB

Fyzikální vlastnosti

Hustota:	2,66 kg/dm ³
Modul pružnosti:	0,7x10 ⁵ MPa
Poissonova konstanta:	0,33
Koeficient teplotní roztažnosti:	23,33x 10 ⁻⁶ K ⁻¹

Zpracování

Obrobitelnost: velmi dobrá

Svařitelnost: velmi dobrá

Vhodnost k erozivnímu obrábění : velmi dobrá

2.4.2 Litá forma

Forma je vyráběna litím hliníku do formy na bázi modelu, nebo na bázi obrábění do písku (speed casting system).



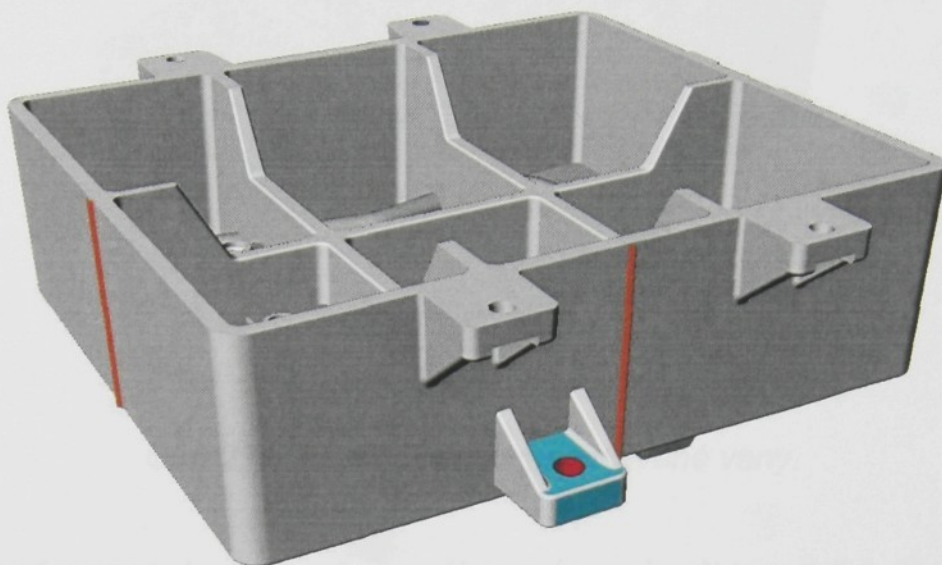
Obr. 25, Ukázka lité formy RSB 40 v nosiči JC6.

2.4.2.1 Konstrukce

Víko

Víko formy je navrhováno pro formování na přirozený model s minimálním úkosem větších ploch $1,5^\circ$. Využívá se volných dílů a spalitelných dílů. Vnější stěny víka jsou umístěny vně dělicí roviny tak, aby tvořily pokud možno pravidelný obdélníkový půdorys. Zadní hrana formy je vybavena opěrnou plochou pro zajištění opření zadní

stěny (3) o vrchní rám nosiče. Opěrná plocha je vybavena výztuhami. Boční úchytné body pro uchycení víka do nosiče jsou rozměrově částečně standardizovány a jsou též vybaveny výztuhami.

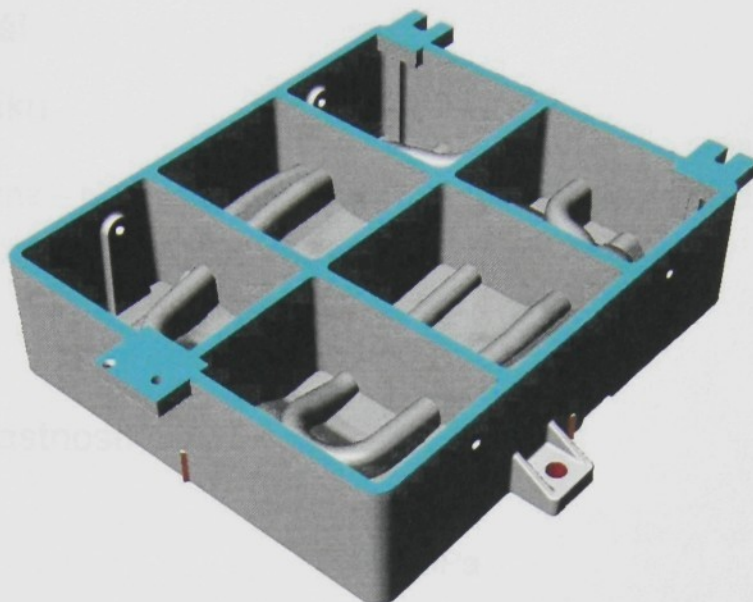


Obr. 26, Ukázka konstrukce odlévaného víka.

Zadní strana víka je vyztužena žebry, která jsou ve střední části vysoká maximálně 40mm a musí respektovat uspořádání topných kanálů a odvzdušňovacích ventilů umístěných ve víku (odvzdušnění a vytápění je na výpočtovém modelu zanedbáno). Stěny a tloušťka formy nad kavitou jsou konstruovány na tloušťku materiálu 15mm a žebra na tloušťku 12 mm.

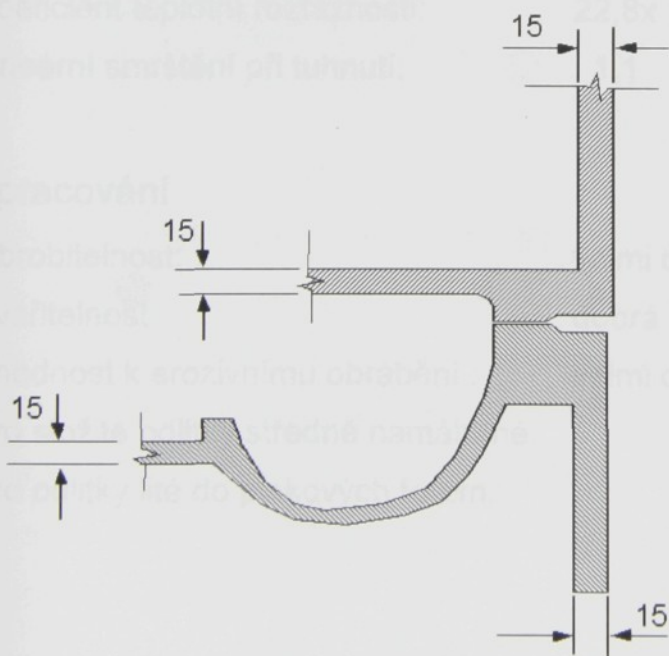
Vana

Vana formy je navrhována pro formování spodní části přirozeným formováním a kavita formy je kvůli komplikovanějším tvarům a velkému množství podkosů formována pomocí vkládaného jádra tvořeného ve speciálním jaderníku.



Obr. 27, Ukázka konstrukce odlévané vany.

Větší plochy formované přirozeně jsou úkosovány min. úhlem $1,5^\circ$. Úchytné body vany jsou částečně standardizovány, Na výpočtovém modelu jsou zanedbány. Zadní (nepohledová) strana vany je vybavena žebry o stejné výšce jako jsou stěny vany. Stěny a tloušťka formy pod kavitou jsou konstruovány na tloušťku materiálu 15mm a žebra na tloušťku 12 mm.



Obr. 28, Tloušťka stěn odlitku.

2.4.2.2 Materiál

Litá slitina hliníku

Ve firmě Modelárna – LIAZ je standardně pro odlévání forem používán

materiál: ČSN 42 4331.00

Slitina: AlSi10MgMn

Mechanické vlastnosti

Mez kluzu : 70 MPa

Pevnost v tahu: 140 MPa

Tažnost A_5 : 1,5%

Tvrdost : 45 HB

Fyzikální vlastnosti

Hustota: 2,65 – 2.5 kg/dm³

Modul pružnosti: 0,7 až 0,75 × 10⁵ MPa

Poissonova konstanta: 0,33

Koeficient teplotní roztažnosti: 22,8 × 10⁻⁶ K⁻¹

Lineární smrštění při tuhnutí: 1,1

Zpracování

Obrobitelnost: velmi dobrá

Svařitelnost: dobrá

Vhodnost k erozivnímu obrábění : velmi dobrá

Pro složité odlitky středně namáhané.

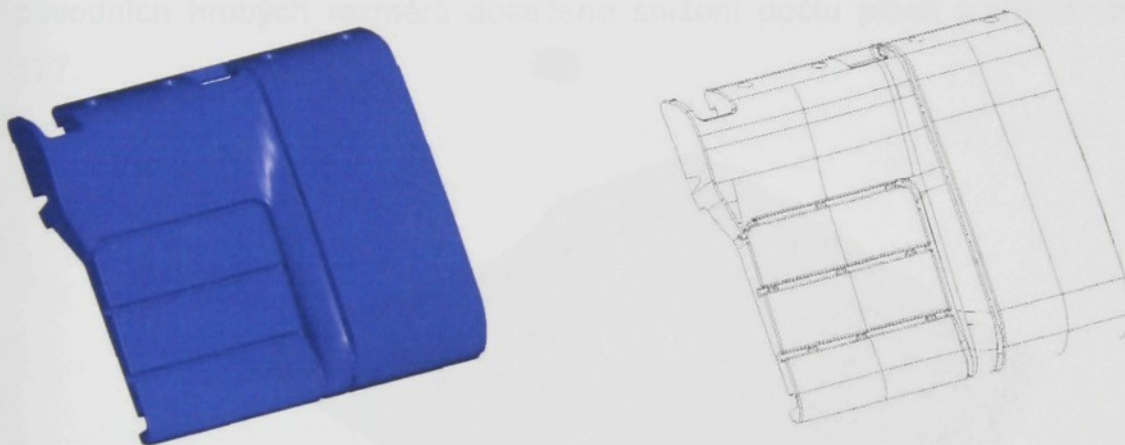
Pro odlitky lité do pískových forem.

3 Tvorba výpočtového modelu

Pro zjednodušení a urychlení výpočtů jsem se rozhodl nejprve vytvořit velmi zjednodušený model formy, který je ovšem vybaven všemi základními prvky formy tj 12mm širokou dělicí rovinou a základním žebrováním. Na tomto modelu pak bylo jednodušší a časově i softwarově a hardwarově realizovatelné ověřování základních koncepcí úprav.

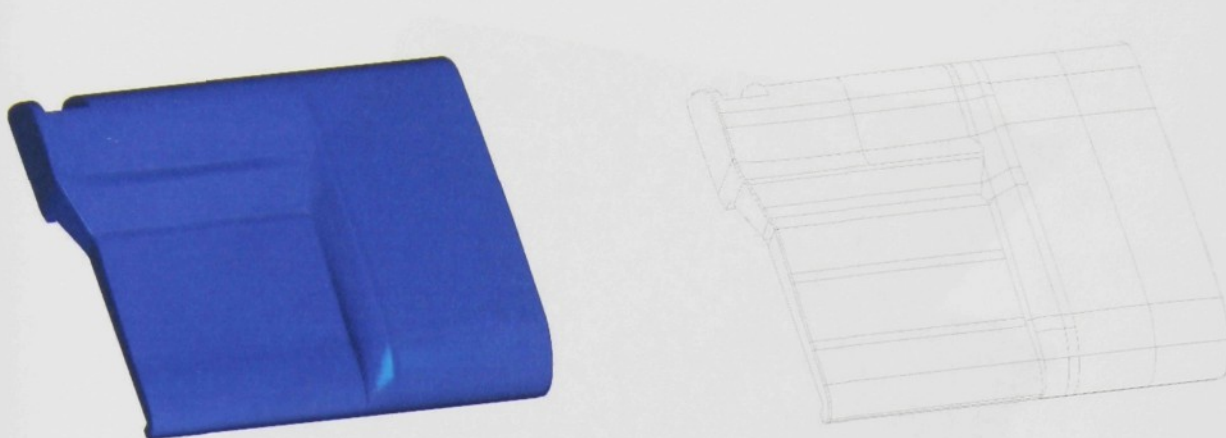
3.1 Tvorba modelu pro litou formu

Pro tvorbu pokusného modelu pěny jsem vybral model pěny zadní opěry 60% pro automobil A5. Vybraná pěna má tu výhodu, že obsahuje nejširší záběr možných problematických partií.



Obr. 29, Původní Pěna vozu A5

Jelikož model pěny je od zákazníka zpravidla dodávám v podobě nezávislé geometrie v neutrálních formátech IGS nebo STP, dochází během exportu z vývojového prostředí (z pravidla Catia V4 nebo V5) do neutrálního formátu a během následného importu do prostředí Proengineer Wildfire 3 ke vzniku velkého množství poruch geometrie jednotlivých ploch. Z tohoto důvodu i z důvodu zjednodušení výsledného matematického modelu pro výpočet MKP jsem přistoupil k opravám a zjednodušení vybrané pěny v modulu Pro /Import data doctor.



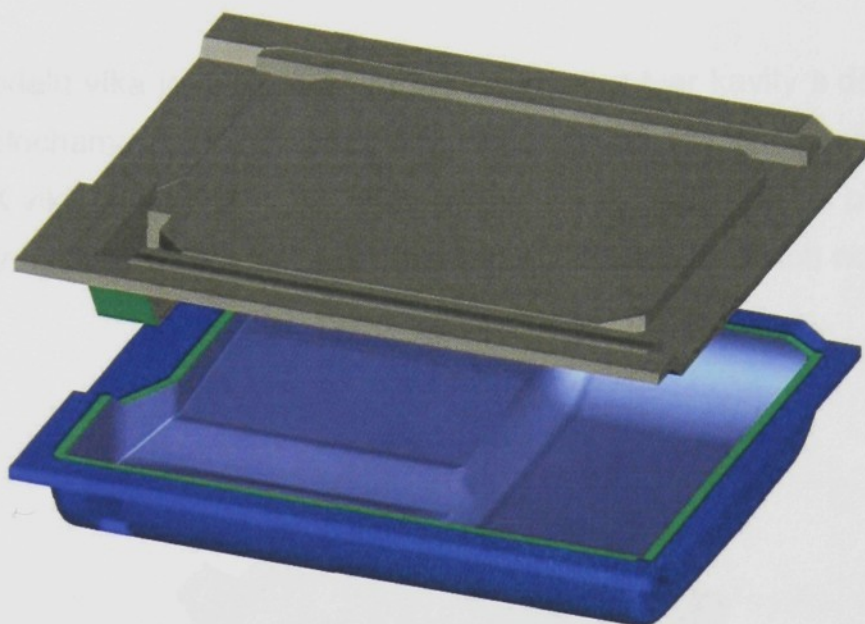
Obr. 30, Upravená pěna vozu.

Sloučením, zjednodušením a odstraněním ploch modelu bylo při zachování původních hrubých rozměrů dosaženo snížení počtu ploch z původních 1565 na 177.



Obr. 31, Na pěně byla provedena potřebná smrštění a je zkonstruována dělicí rovina.

Na výsledné pěně byla v modulu Pro/Standart zkonstruována dělicí rovina, pomocí které, byla pěna rozdělena na dvě quilty, které byly následně použity ke konstrukci jednotlivých „tloušťek“ vany a víka formy. Ty se staly, po důkladné kontrole v prostředí Pro/Mechanika a několika drobných úpravách, platformou pro konstrukci modelů formy.



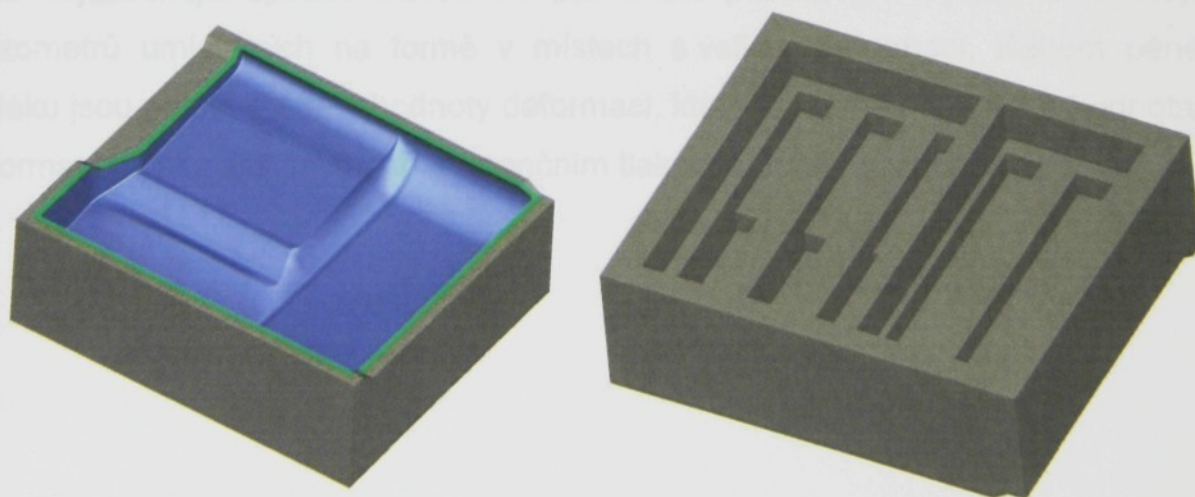
Obr. 32, Tloušťka formy vytvořená z modelu pěny.

Další tvorba modelu lité formy je vždy popsána v kapitole měření jednotlivých variant formy.

3.2 Tvorba modelu pro frézovanou formu

Vana

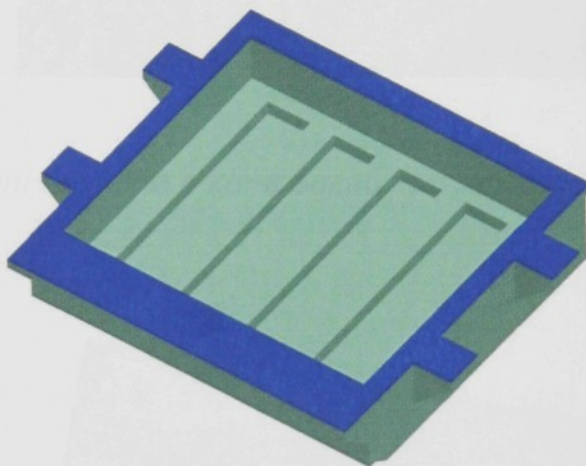
Základem pro tvorbu modelu vany je kvádr, od kterého je odříznut tvar kavity s dělicí rovinou a výběhovými plochami. Je zkonstruováno odlehčení odpovídající běžným pravidlům a handbooku. Střed formy je podepřen žebrem. Úchytné body vany a centračních čepů jsou zanedbány.



Obr. 33, Ukázka výpočtového modelu vany frézované formy.

Víko

Základem modelu víka je kvádr od kterého je odříznut tvar kavity s dělicí rovinou a výběhovými plochami. Je zkonstruováno odlehčení odpovídající běžným pravidlům a handbooku. K víku jsou přidány boční úchytné body a zadní opěrné plochy s žebry. Úchytné body centračních čepů jsou zanedbány. Tloušťka vnějších nosných stěn je cca. 40 mm

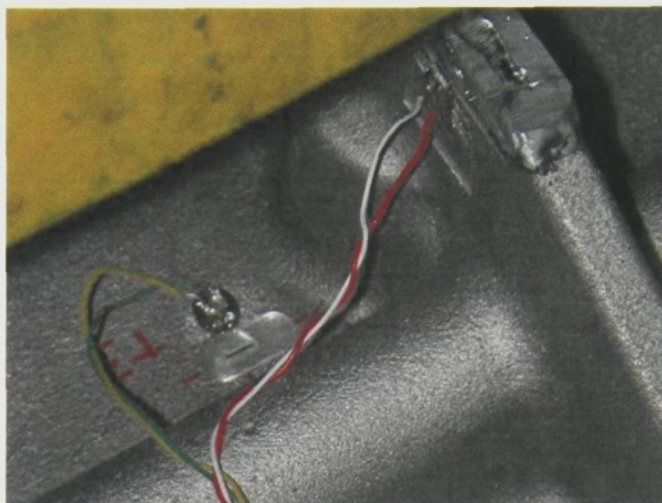


Obr. 34, Ukázka výpočtového modelu frézované formy.

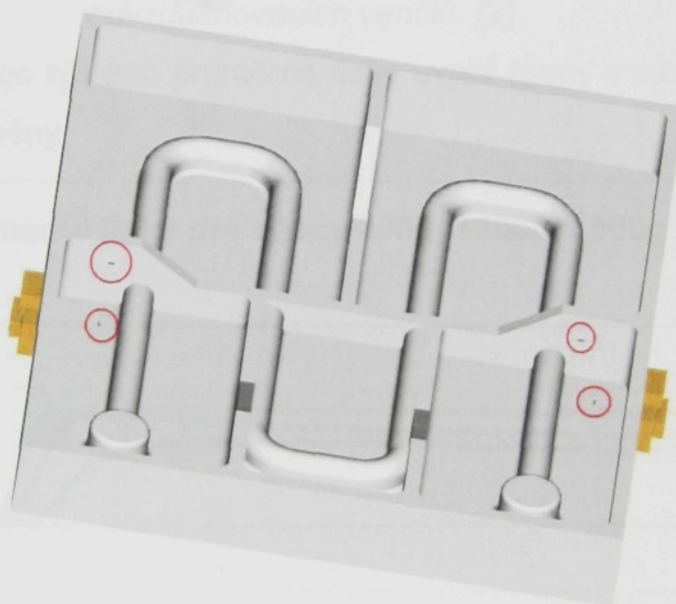
3.3 Určení okrajových podmínek

3.3.1 Určení tlaku uvnitř formy

Pro stanovení tlaku uvnitř formy jsem použil výsledků experimentálního měření z [2]. Jako nejvhodnější způsob měření se dle tohoto pokusu jeví využití křemíkových tenzometrů umístěných na formě v místech s velkou deformací. Během pění sedáku jsou potom měřeny hodnoty deformací, které můžeme porovnat s hodnotami deformací a tlaku zjištěnými při referenčním tlakování formy vzduchem.

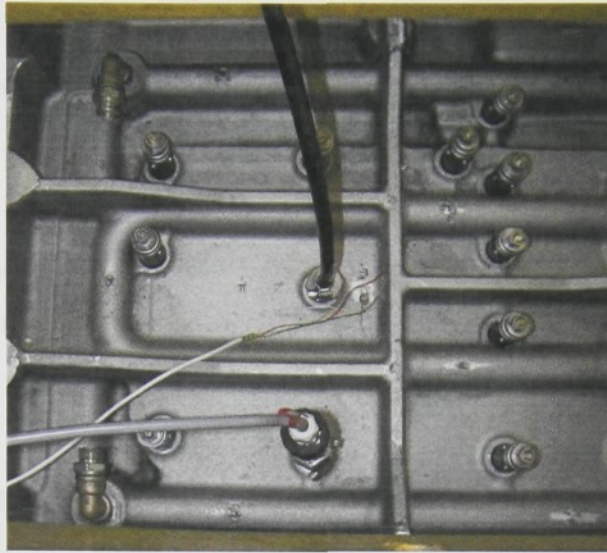


Obr. 35, Umístění měřicího a kompenzačního tenzometru na formě. [2]



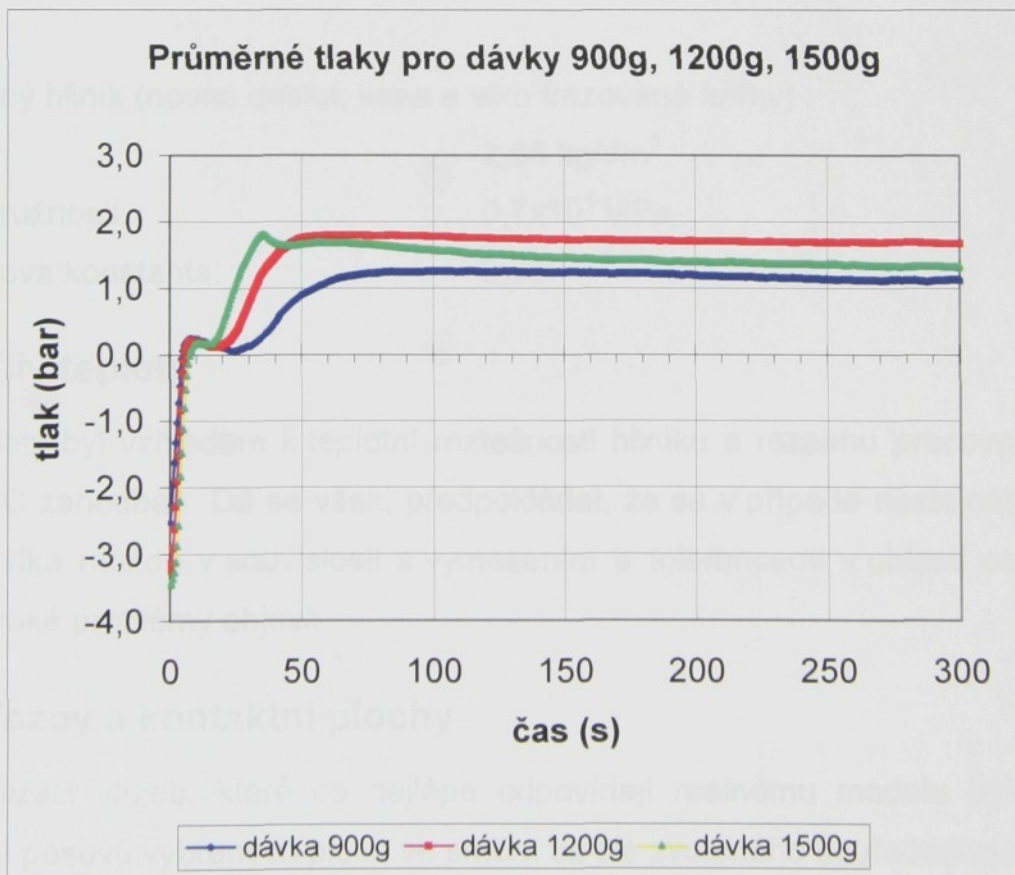
Obr. 36, Polohy tenzometrů na formě. [2]

Tenzometrická čidla je nutno umístit na místa s pokud možno největší deformací.



Obr. 37, Porovnávací měření napětí ve formě zatížené tlakem vzduchu. Při srovnávacím měření je nutné zajistit absolutní těsnost dělicí roviny a odvzdušňovacích ventilů. [2]

Následující graf ukazuje zjištěné průměrné tlaky uvnitř formy v závislosti na čase a velikosti náplně PUR pěny.



Graf 1, Závislost průběhu tlaku na čase a velikosti náplně formy. [2]
Měření probíhalo na zahřáté formě a objem kavity byl 19,8 litru.

Průběh grafu pro tři různě veliké náplně ukazuje průběh deformace formy v důsledku uzavření formy a náběhu uzavírací síly (0 - 7 s). V oblasti nad nulovou čarou je zobrazen průběh tlaku při vlastní expanzi PUR pěny (10-300 s). Je patrné, že tlak uvnitř kavity dosahuje největších hodnot v úseku prvních 50. sekund pění. Výsledný maximální tlak není u větších náplní úměrný velikosti náplně. Hodnota tlaku nepřesáhla 1,8 baru.

3.3.2 Vlastnosti materiálu

viz. kapitoly 2.4.1.2 a 2.4.2.2

Pro simulace byly použity následující hodnoty materiálů:

Litý hliník (vana a víko lité formy) :

Hustota:	2.5 kg/dm ³
Modul pružnosti:	0,73x10 ⁵ MPa
Poissonova konstanta:	0,33

Válcovaný hliník (nosná deska, vana a víko frézované formy) :

Hustota:	2,66 kg/dm ³
Modul pružnosti:	0,7x10 ⁵ MPa
Poissonova konstanta:	0,33

3.3.3 Vliv teploty

Vliv teploty byl vzhledem k teplotní roztažnosti hliníku a rozsahu pracovních teplot 20 - 80°C zanedbán. Dá se však, předpokládat, že se v případě nestejného ohřevu vany a víka můžou v souvislosti s vymezením a tolerancemi v oblasti centračních čepů nějaké problémy objevit.

3.3.4 Vazby a kontaktní plochy

Pro realizaci vazeb, které co nejlépe odpovídají reálnému modelu bylo použito odebrání posuvů vybraných ploch ve směru os dle zvoleného souřadného systému.

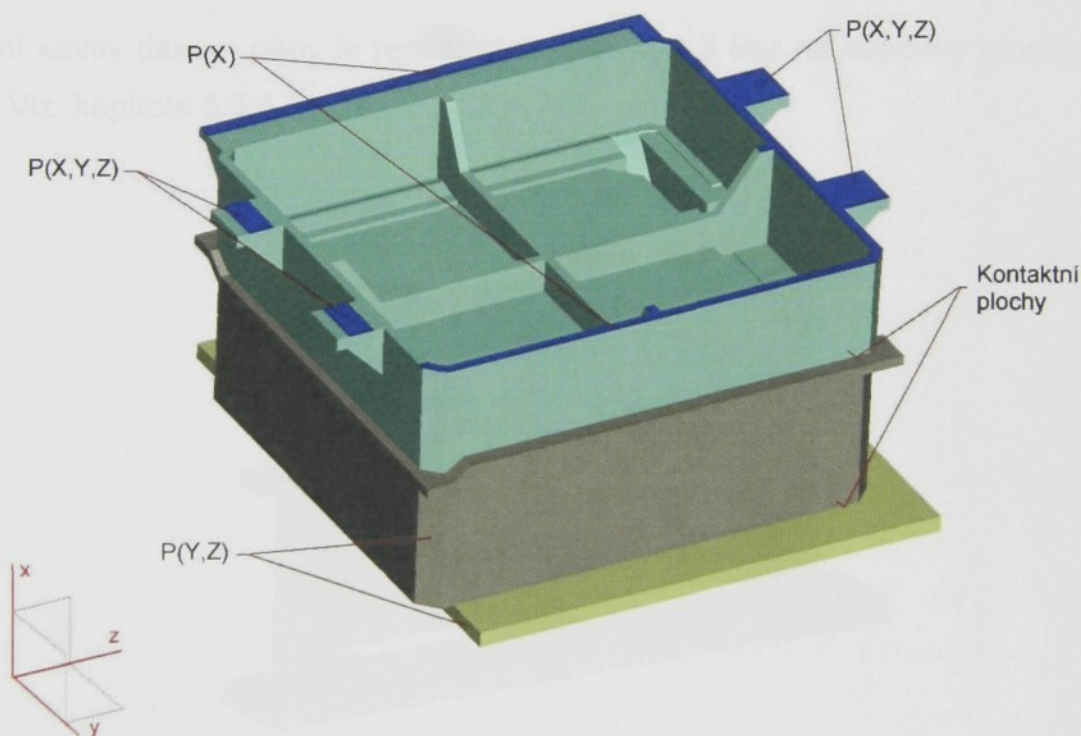
Mezi jednotlivými díly sestavy byla přidána kontaktní vazba pro zajištění přenosu zatížení mezi jednotlivými díly sestavy.

Na víku byla vybrána kombinace vazeb pro odběr posuvu ve všech směrech v oblasti úchytných bodů. Opěr stěn víka o horní rám je realizováno odebrání posuvu v ose X. Pro potřeby simulací byl vzhledem k masivnosti rámu nosiče předpokládán horní rám nosiče jako absolutně tuhý.

Vana nosiče je zavazbena proti posuvu v osách Z a Y na základně formy pro zajištění volného posuvu v ose X.

Nosná deska je stejně jako vana zavazena na spodní ploše v osách Y a Z pro zajištění volného posuvu v ose X

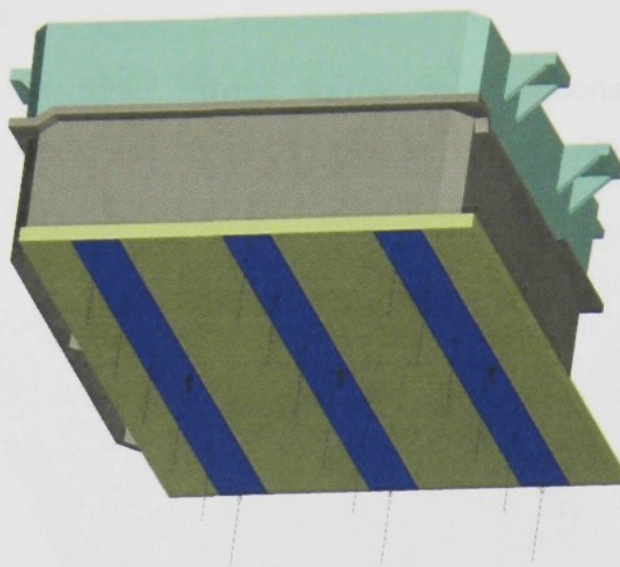
Mezi víkem a vanou je stejně jako mezi vanou a nosnou deskou vložena kontaktní vazba.



Obr. 38, Zobrazení umístění vazeb a kontaktních ploch

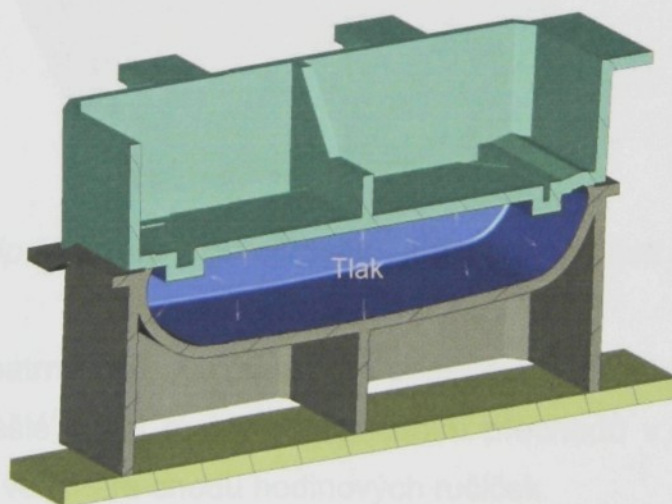
3.3.5 Zatížení

Zatížení sestavy od nosiče je realizováno pomocí zavedení tlaku na plochy korespondující s kontaktními plochami zdvihacích měchů viz. tabulka č.1.



Obr. 39, Zatížení kontaktních ploch spodní nosné desky tlakem od měchů.

Zatíženíavity tlakem pěny je realizováno tlakem 1,8 Bar na všechny plochyavity formy. Viz. kapitola 3.3.1.



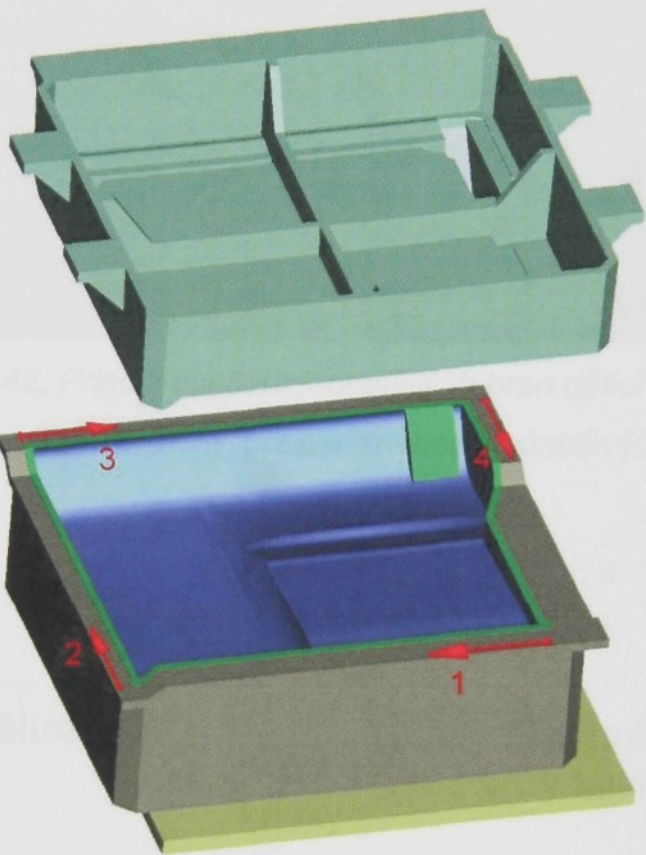
Obr.40, Tlak zavedený doavity modelu formy.

4 Výpočtová část

Pro simulace byl použit program Pro/Mechanika. Pro tvorbu elementů byla použita automatická funkce AutoGem . Počet elementů se zpravidla pohyboval okolo 12 000 a časy simulace okolo 60 minut.

4.1 Metoda měření

Pro měření deformace dělicí roviny formy byla zvolena metoda měření a porovnávání posunu bodů na křivkách vytvořených na vnější a vnitřní hranici dělicích rovin víka a vany.

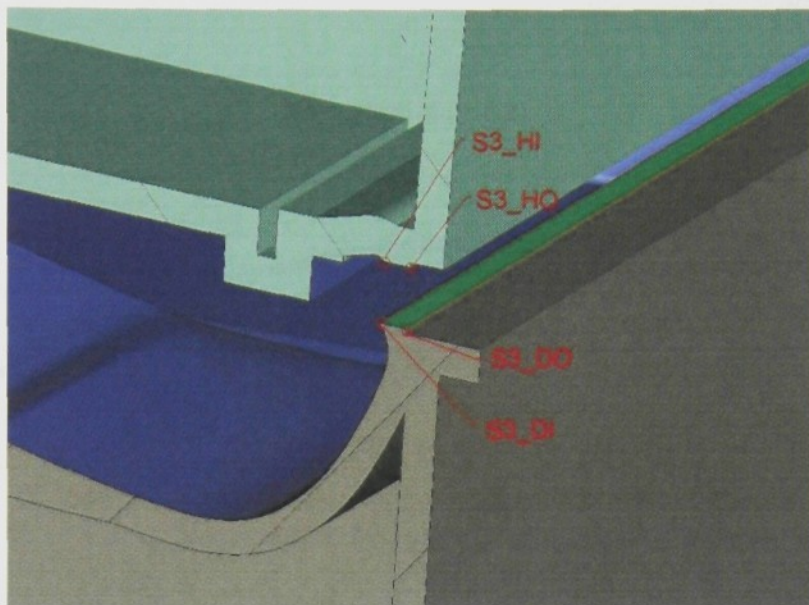


Obr. 41, Princip číslování a odměřování jednotlivých částí dělicí roviny.

Na obrázku č.41 je patrný způsob číslování a odměřování dělicích rovin. Počátek je vždy na konci předešlé dělicí roviny s vyloučením přechodů v oblasti rohu formy. Směr odměřování je ve směru chodu hodinových ručiček.



Obr. 44, Volba souřadného systému.



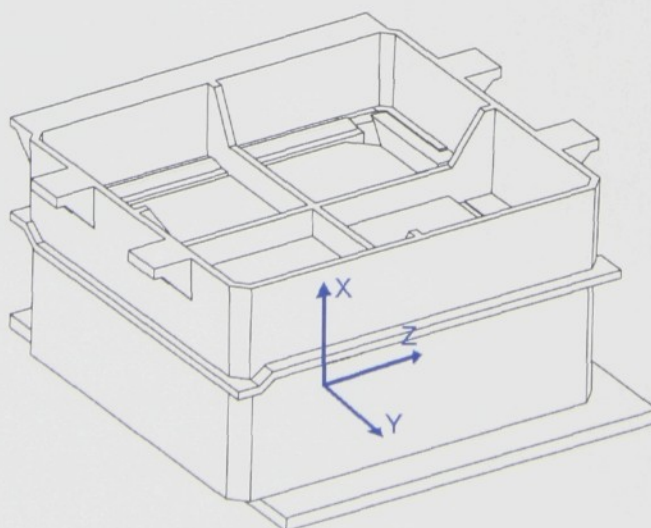
Obr.42, Princip značení jednotlivých hran dělicí roviny.

Na obrázku č.42 je vidět zvolený princip značení jednotlivých křivek na hranicích dělicí roviny.

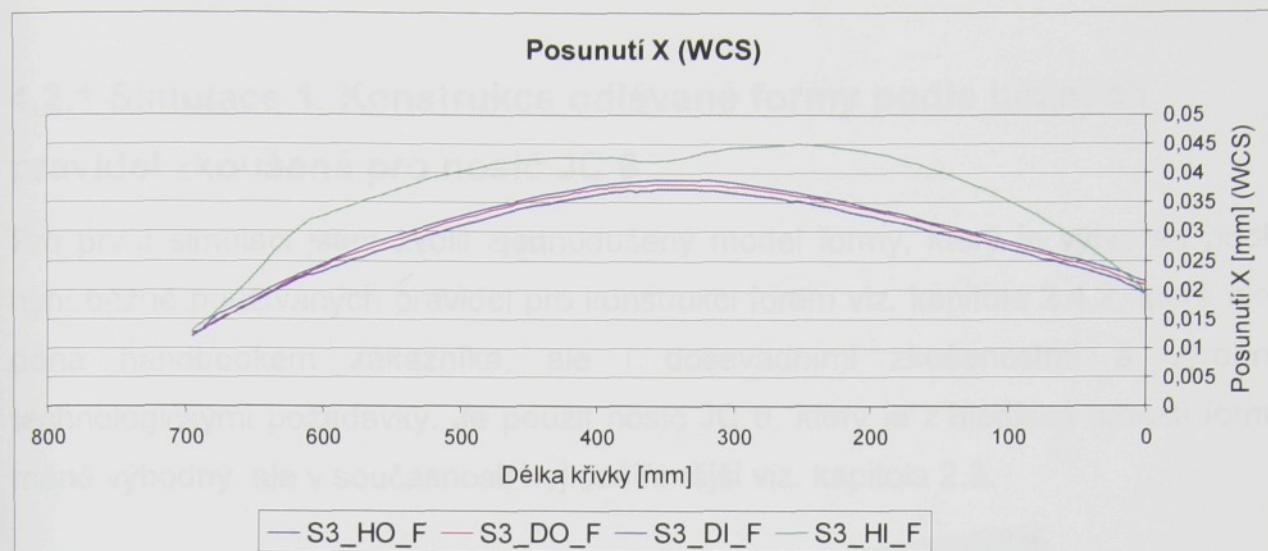


Obr. 43, Značené křivky.

Jako nejprůkaznější pro sledování průhybu dělicí roviny bylo zvoleno odměřování deformace dělicí roviny ve směru osy X.



Obr.44, Volba souřadného systému.



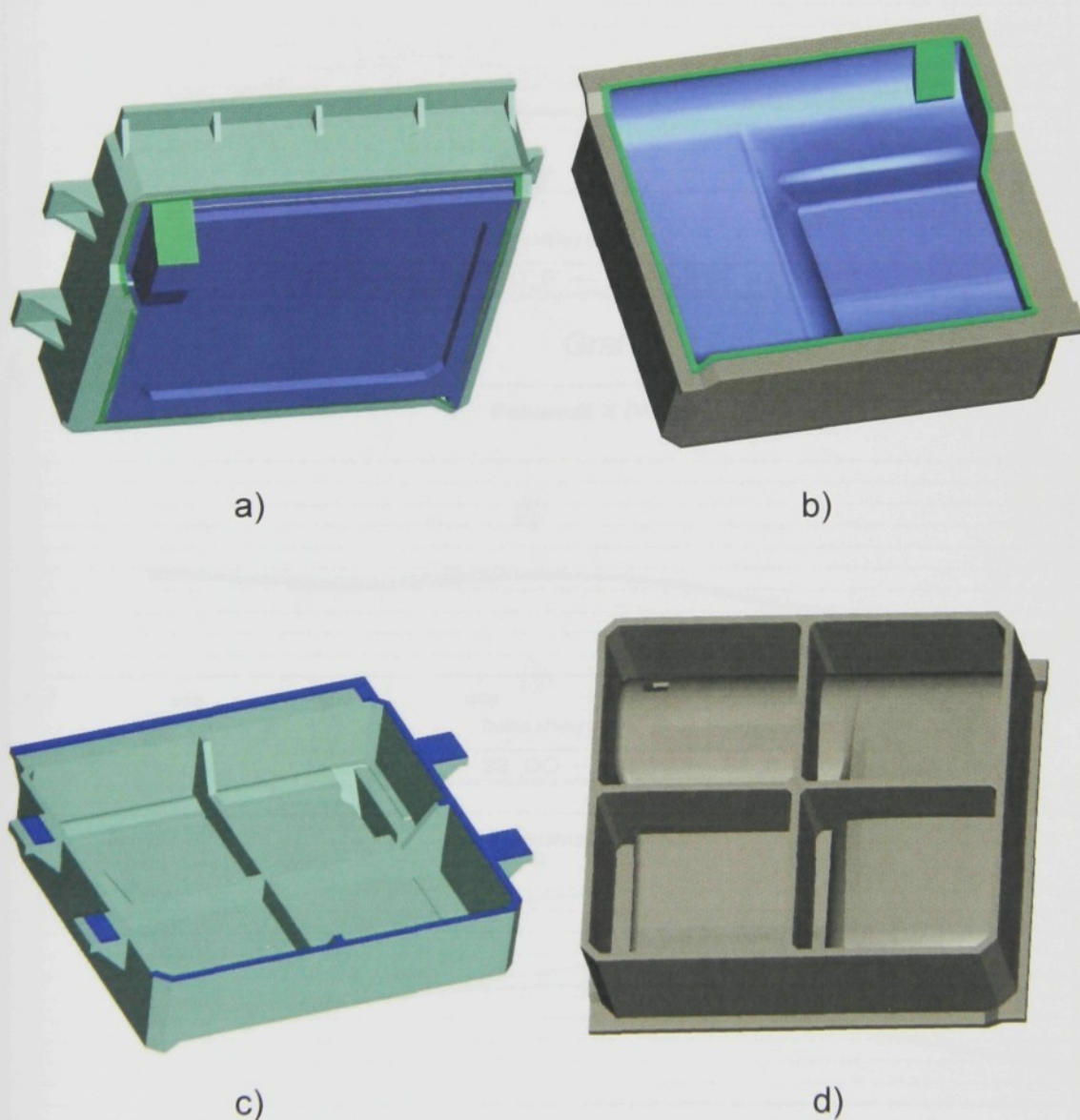
Graf 2, Zadní dělicí rovina (3). písmeno „F“ znamená že se jedná o data naměřená v konfiguraci s vnitřním tlakem od expandované PUR pěny.

Výsledné grafy vždy v páru pro stejnou dělicí rovinu srovnávají průhyb dělicí roviny formy zatížené pouze tlakem od nosiče (horní graf) a Formy zatížené tlakem od nosiče a tlakem expandující pěny v kavitě.

4.2 Výpočty

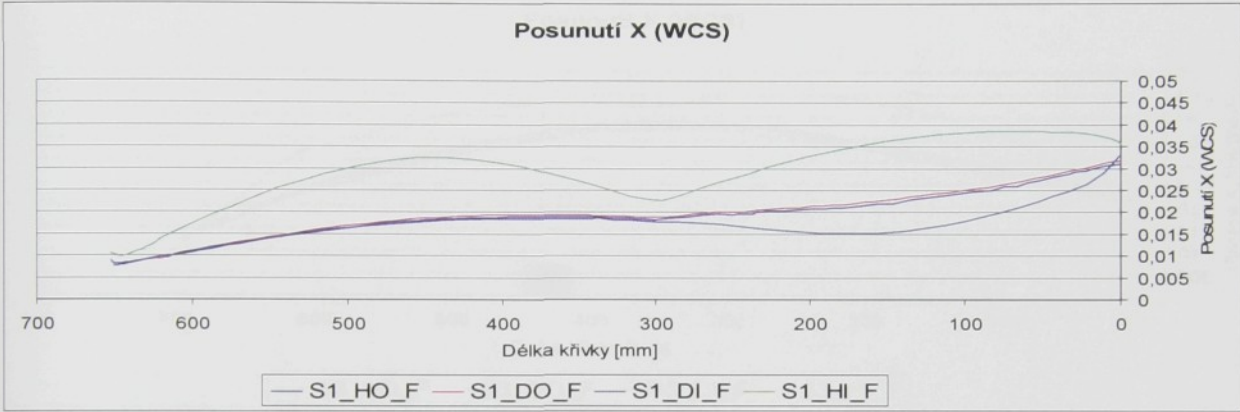
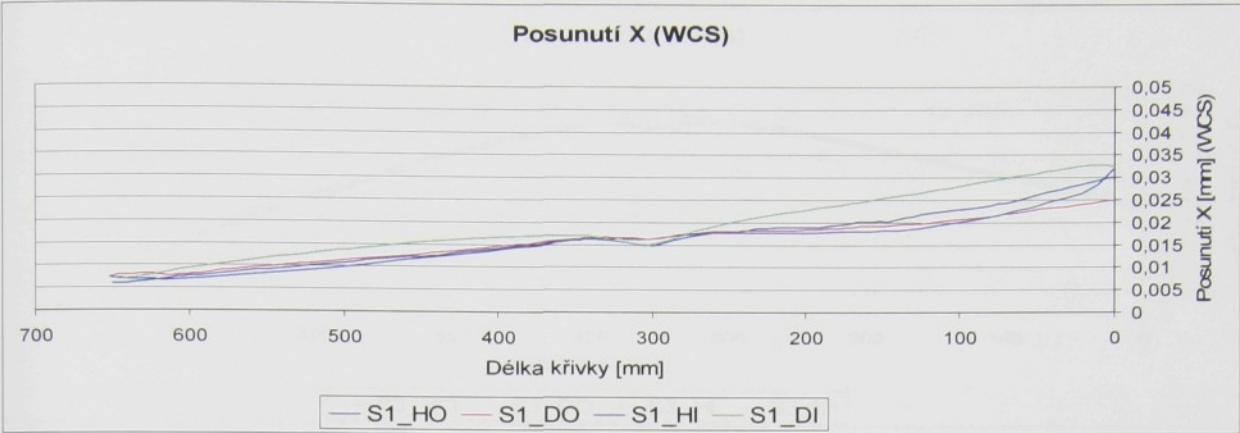
4.2.1 Simulace 1. Konstrukce odlévané formy podle běžných pravidel zkoušená pro nosič JC 6

Pro první simulaci jsem zvolil zjednodušený model formy, který je vytvořen podle nyní běžně používaných pravidel pro konstrukci forem viz. kapitola 2.4.2, která jsou daná handbookem zákazníka, ale i dosavadními zkušenostmi a výrobně technologickými požadavky. Je použit nosič JC 6, který je z hlediska tuhosti formy méně výhodný, ale v současnosti nejrozšířenější viz. kapitola 2.3.

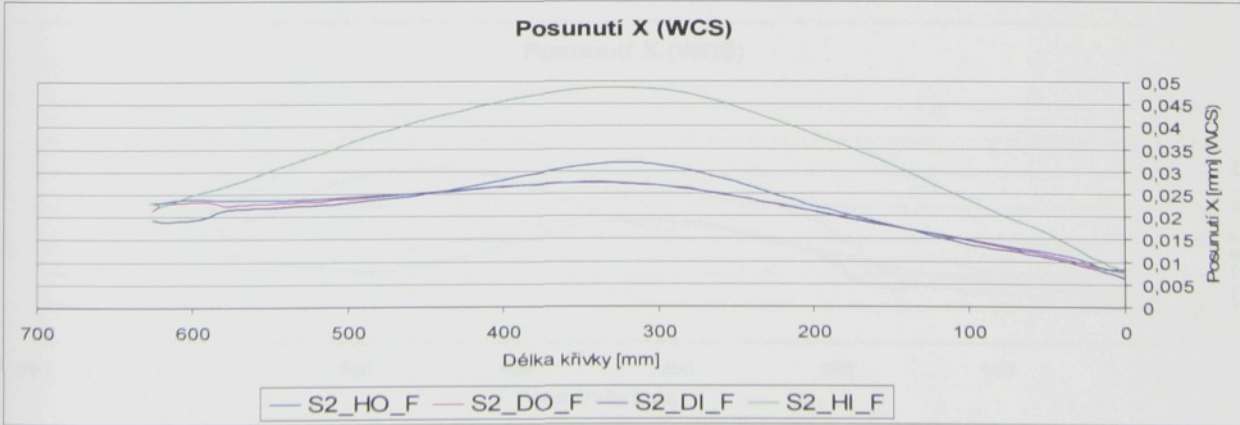
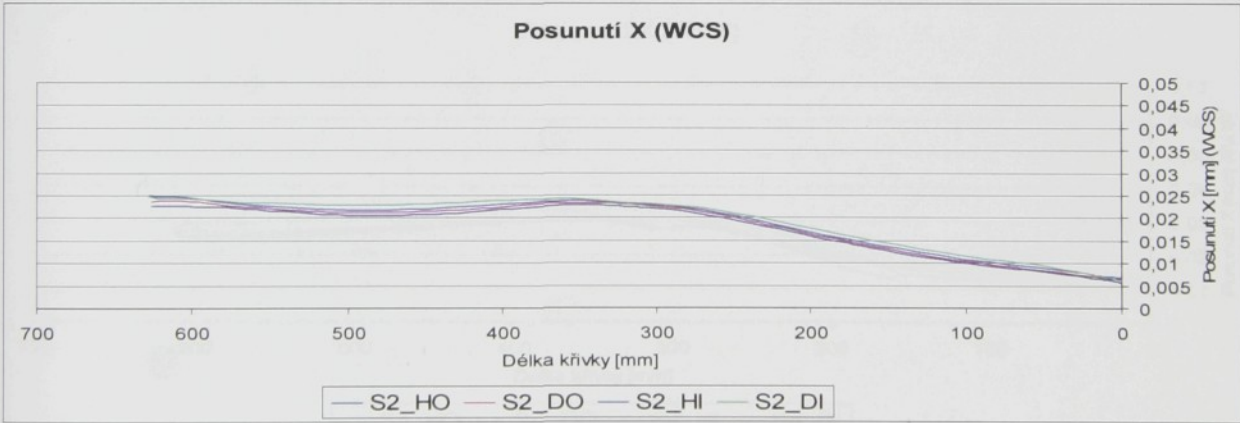


Obr. 45, Pohled na konstrukci formy verze 1.

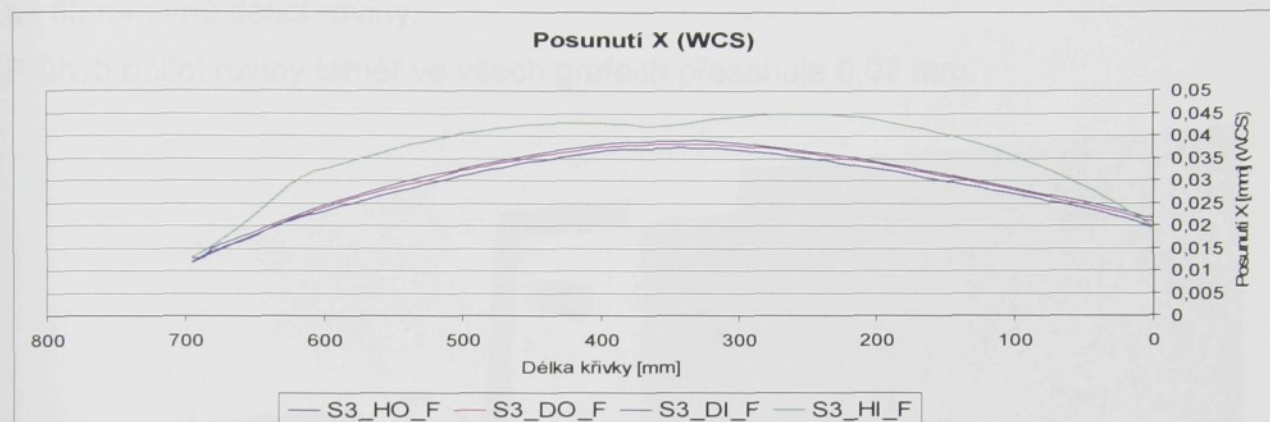
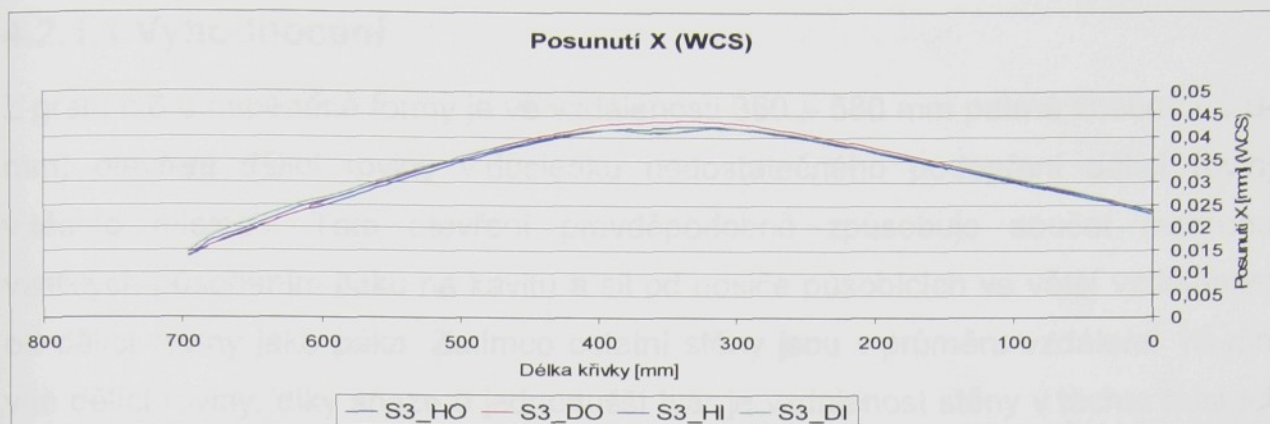
c) modrá barva zobrazuje opěrné plochy horního rámu nosiče



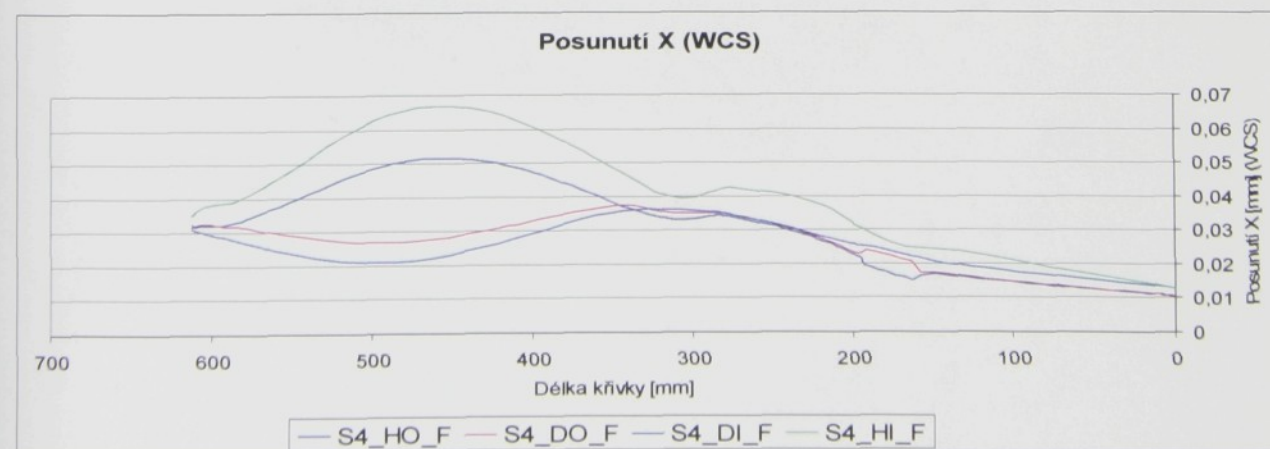
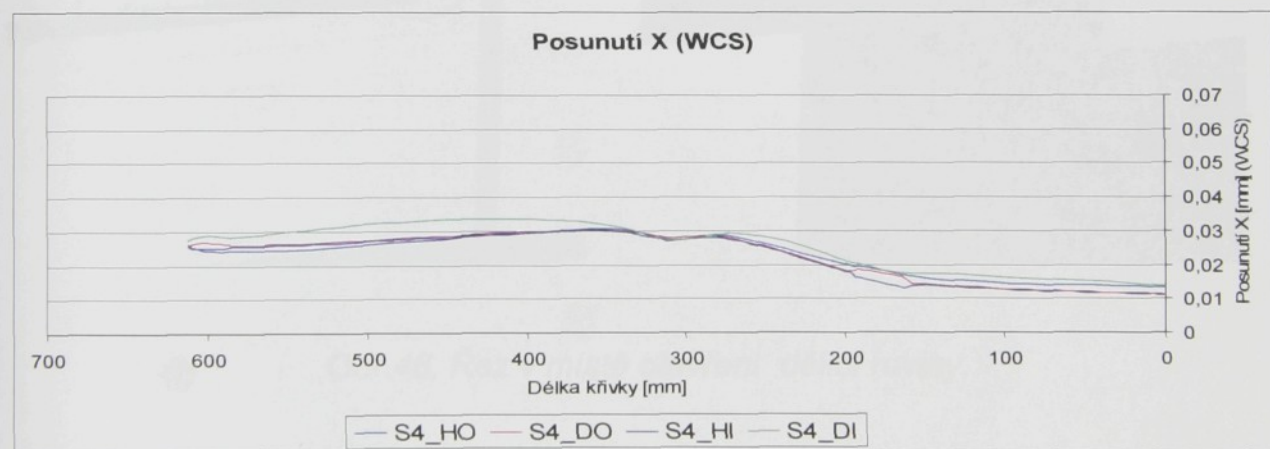
Graf 3



Graf 4



Graf 5

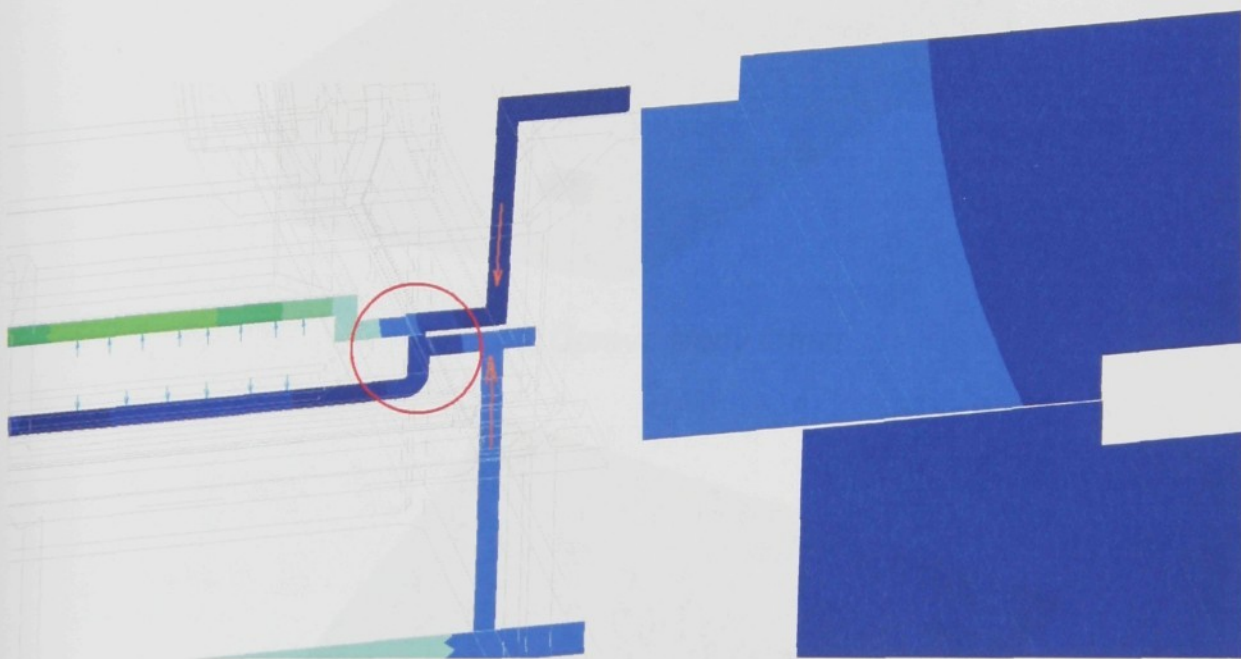


Graf 6

4.2.1.1 Vyhodnocení

Z grafu č.6 u napěněné formy je ve vzdálenosti 350 – 580 mm patrné značné (0,04 mm) otevření dělicí roviny v důsledku nedostatečného podepření dělicí roviny v těchto místech. Toto otevření pravděpodobně způsobuje součet momentů vzniklých působením tlaku na kavitu a sil od nosiče působících ve větší vzdálenosti od dělicí roviny jako páka. Zatímco ostatní stěny jsou v průměru vzdálené 15 mm vně dělicí roviny, díky snaze o jednodušší tvar je vzdálenost stěny v těchto místech až 55 mm vně dělicí roviny.

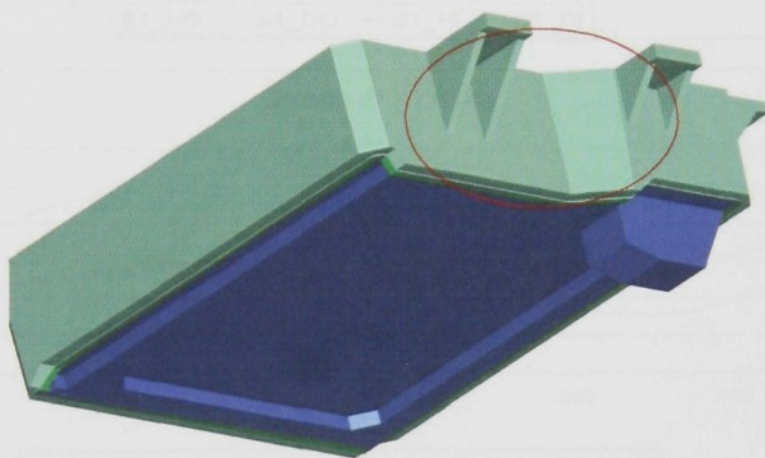
Průhyb dělicí roviny téměř ve všech grafech přesahuje 0,02 mm.



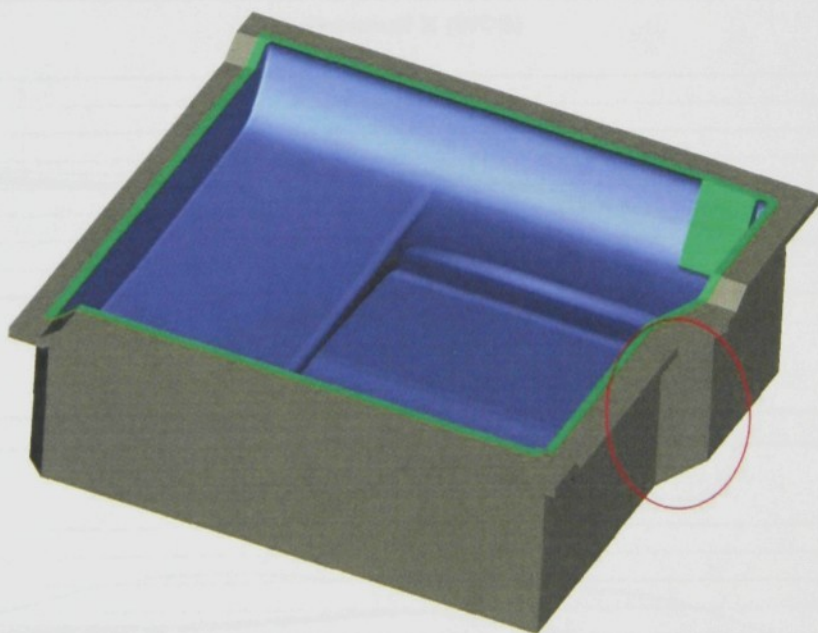
Obr.46, Řez v místě otevření dělící roviny.

4.2.2 Simulace 2. Lepší podepření dělicí roviny č. 4

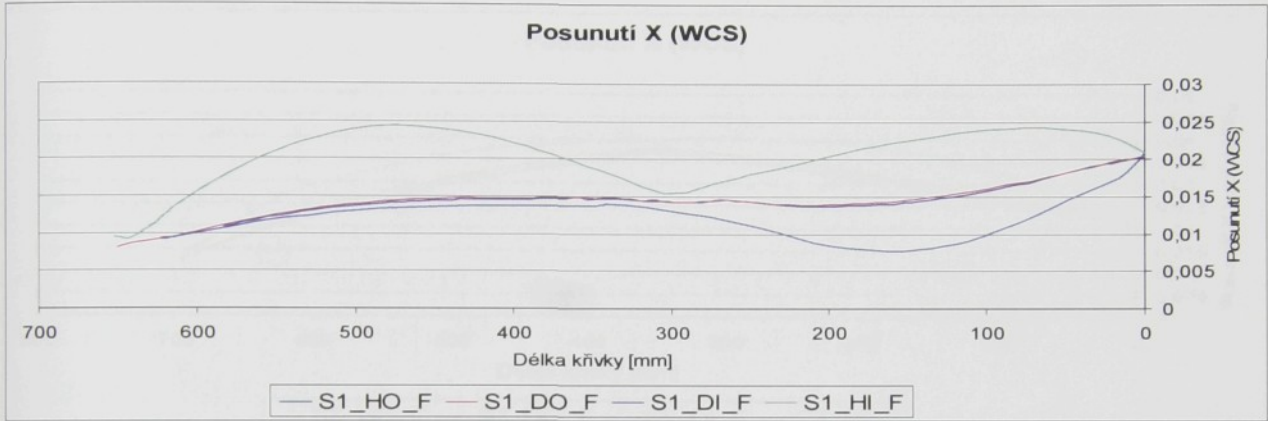
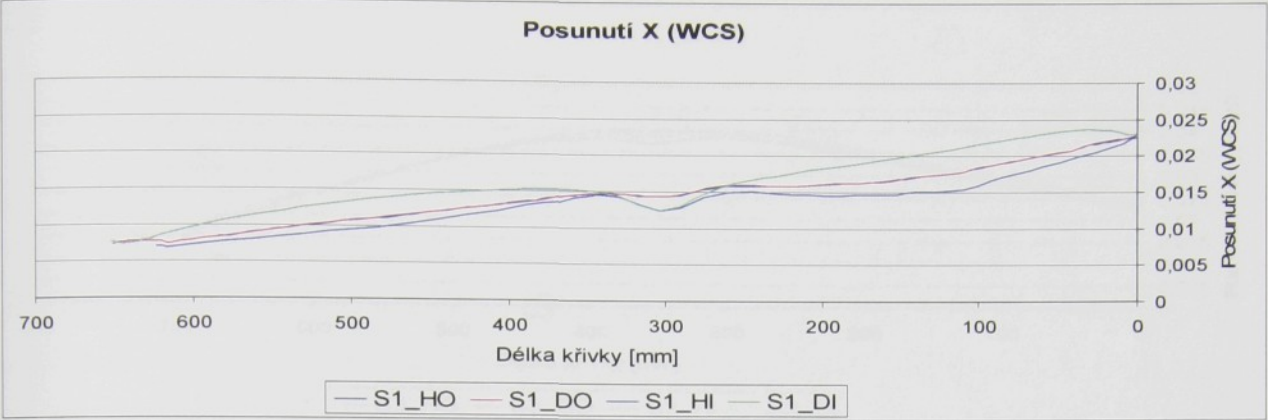
První úpravou je lepší podepření dělicí roviny č.4 provedené posunutím vnějších stěn vany a víka pod a nad touto rovinou tak, aby lépe kopírovala dělicí rovinu ve vzdálenosti cca. 15 mm. V důsledku těchto úprav bylo zapotřebí upravit též úchytný bod víka v tomto místě.



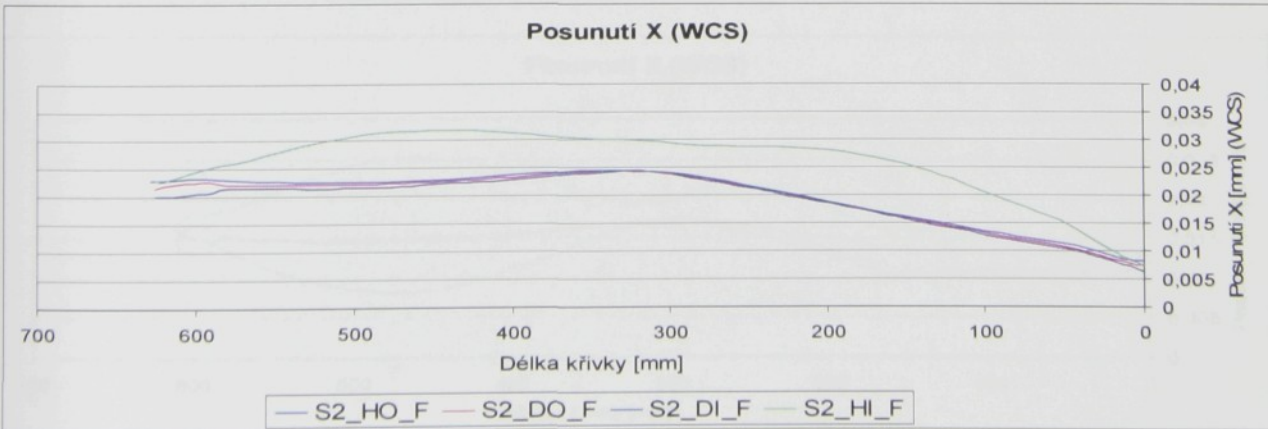
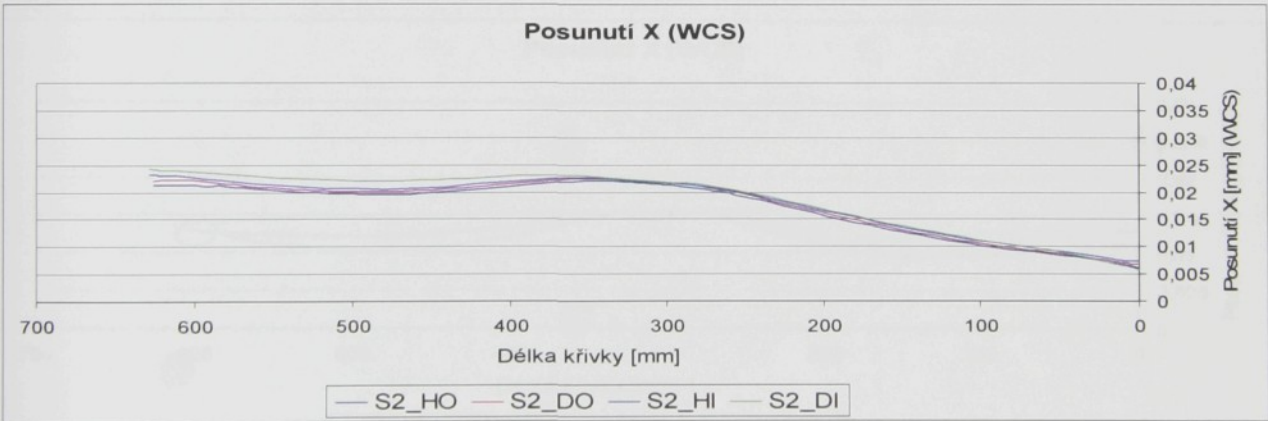
Obr. 47, Úprava stěny formy....



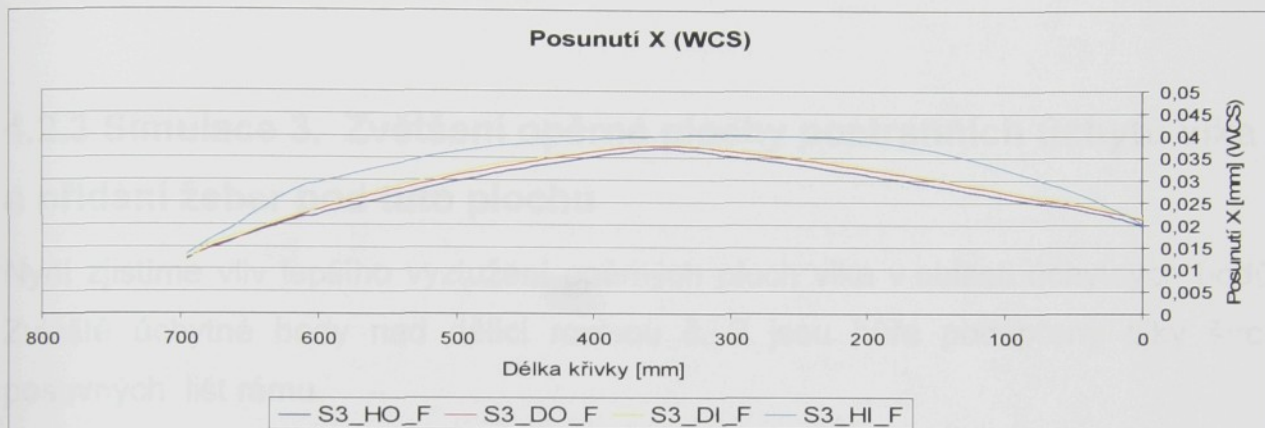
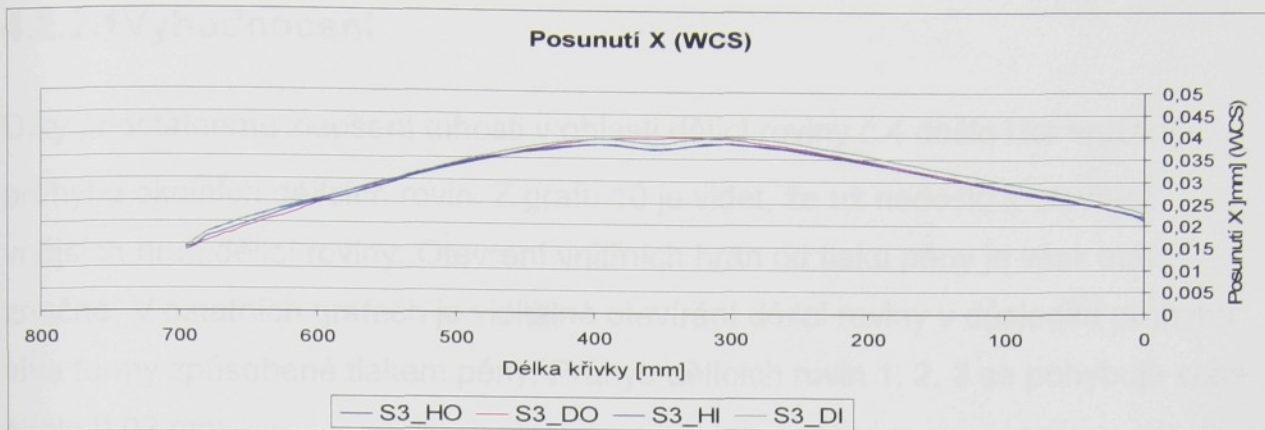
Obr. 48, Úprava stěny formy...



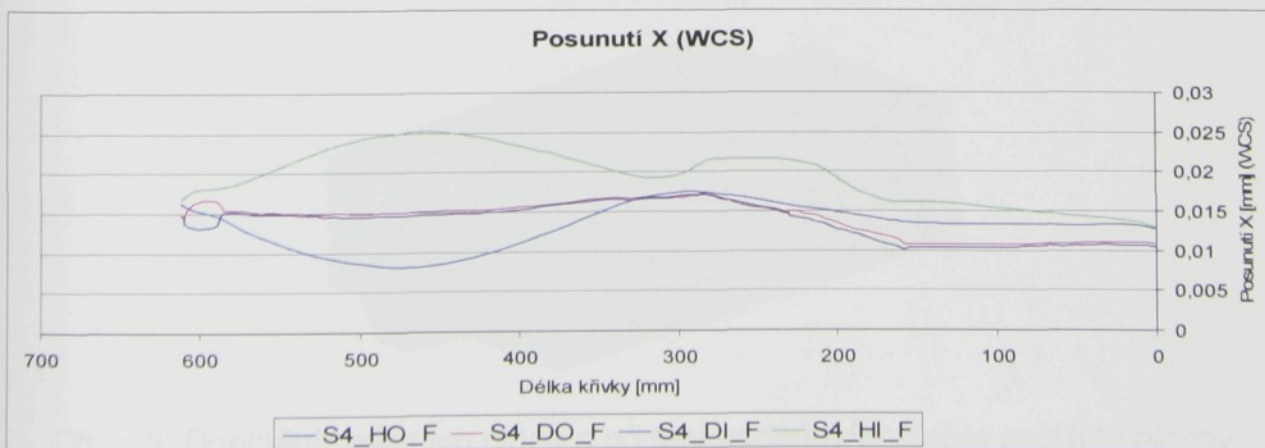
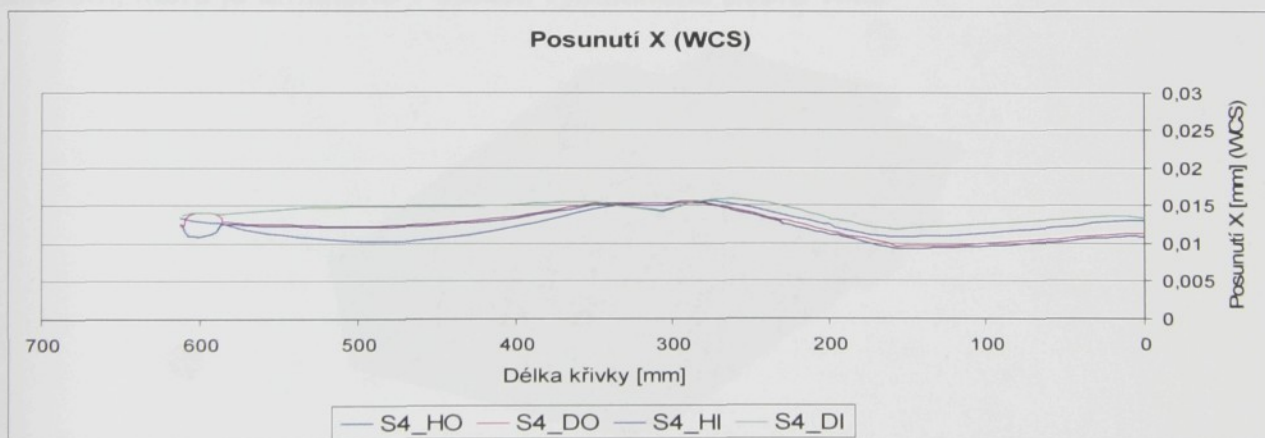
Graf 7



Graf 8



Graf 9



Graf 10

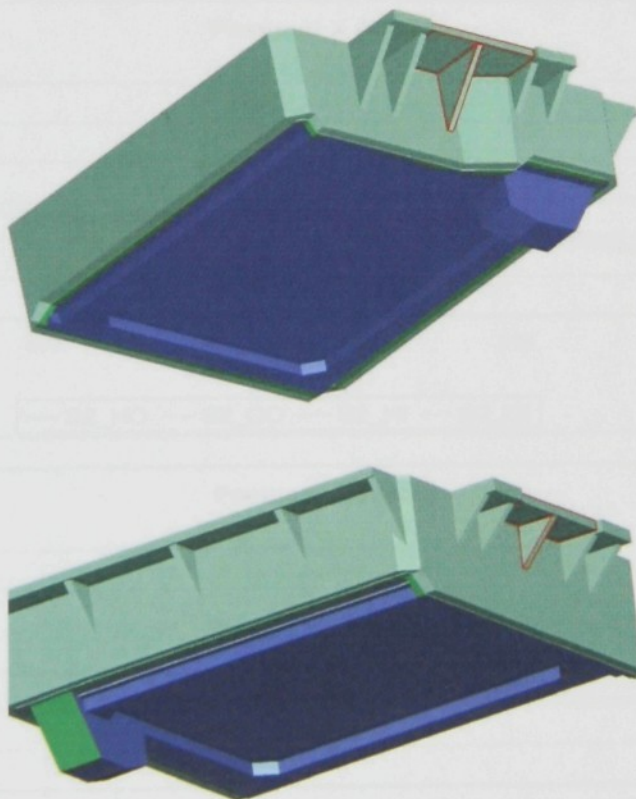
4.2.2.1 Vyhodnocení

Díky podstatnému zlepšení tuhosti v oblasti dělicí roviny č.4 došlo i ke snížení průhybu okolních dělicích rovin. Z grafu 10 je vidět, že už nedošlo k otevření vnějších hran dělicí roviny. Otevření vnitřních hran od tlaku pěny je však stále značné. V ostatních grafech je viditelné otevírání dělicí roviny v důsledku průhybu víka formy způsobené tlakem pěny. Průhyb dělicích rovin 1, 2, 3 se pohybuje stále okolo 0,02 mm.

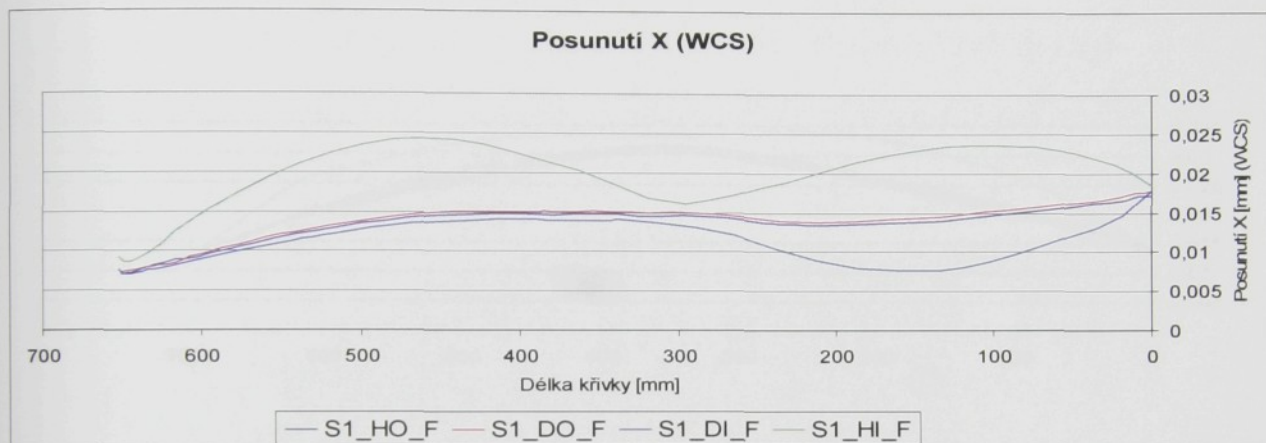
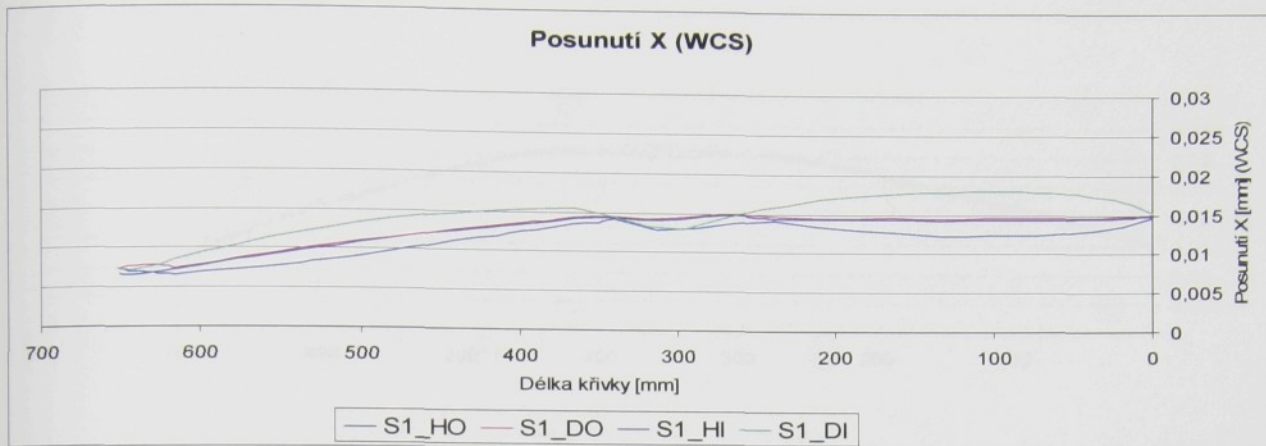
4.2.3 Simulace 3. Zvětšení opěrné plochy postranních úchyťů víka a přidání žeber pod tuto plochu

Nyní zjistíme vliv lepšího vyztužení opěrných ploch víka v oblasti úchytných bodů. Zvláště úchytné body nad dělicí rovinou č. 2 jsou hůře podepřeny díky šířce posuvných lišt rámu.

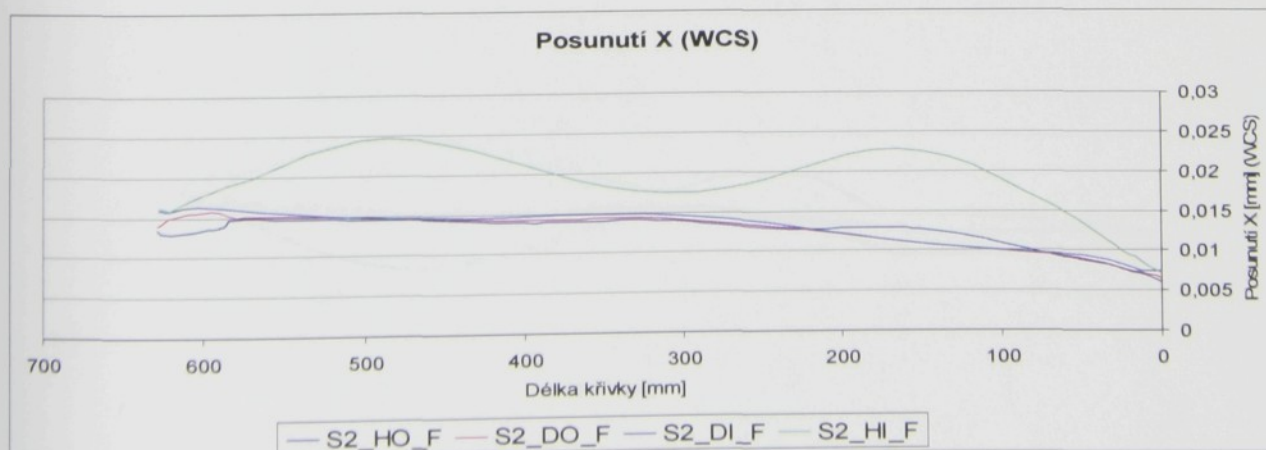
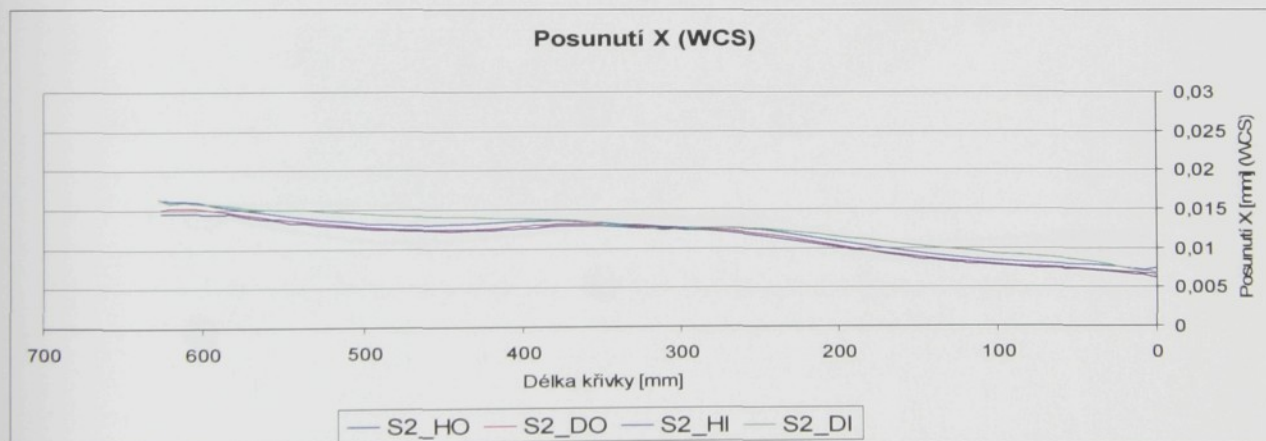
Mezi úchytné body byla přidána destička o tloušťce 15 mm a ta byla podepřena žebrem, které je umístěno v oblasti výztužného žebra víka.



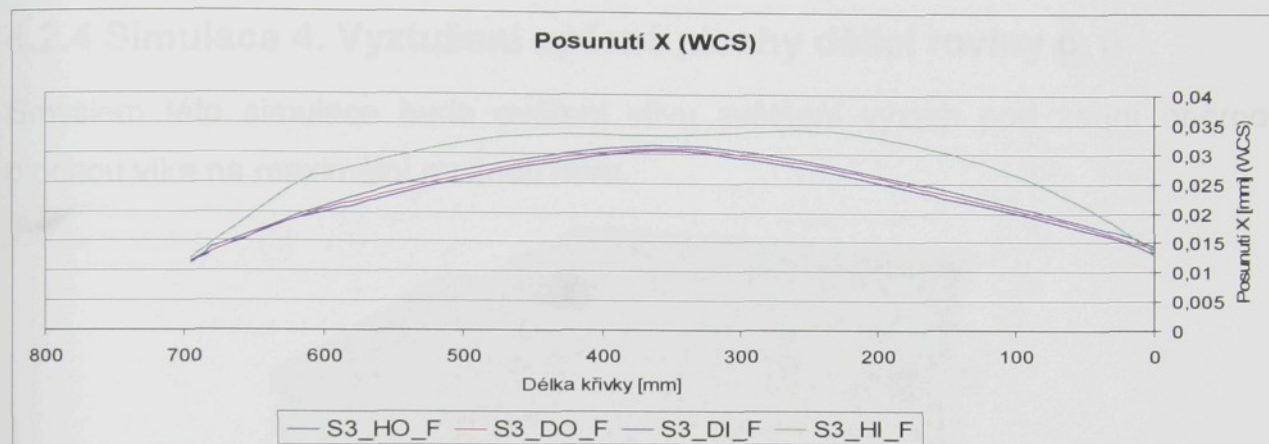
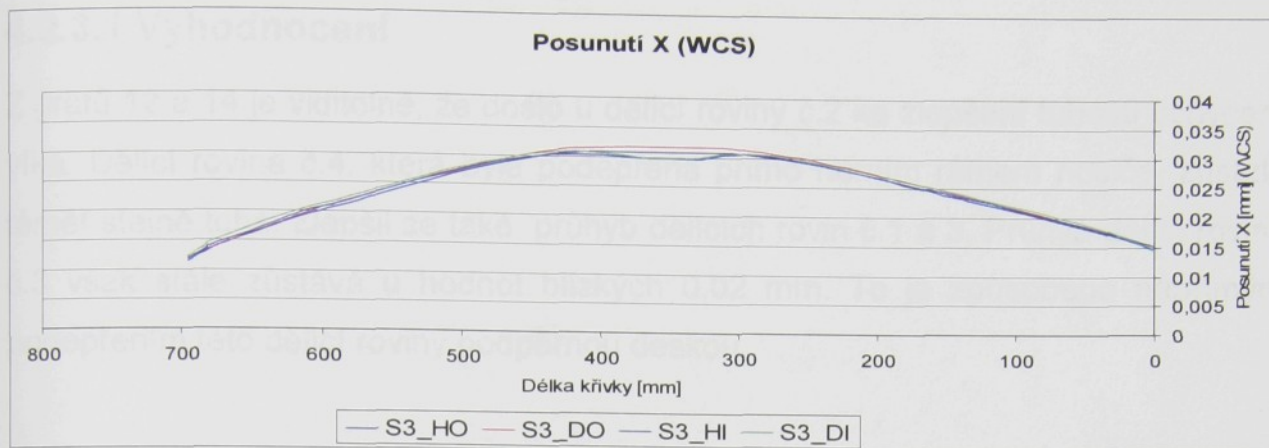
Obr. 49, Doplnění opěrných ploch a přidání podpůrných žeber pod tyto plochy.



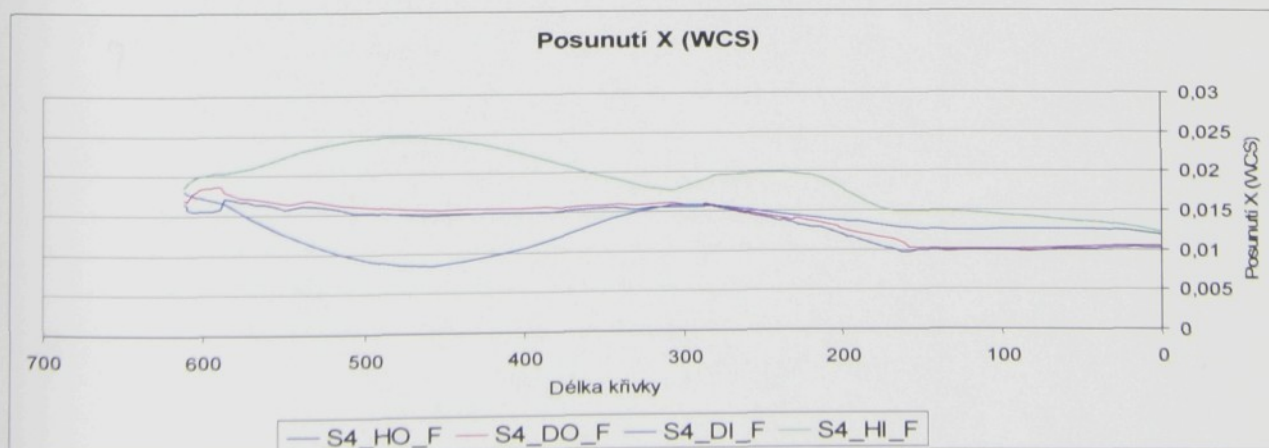
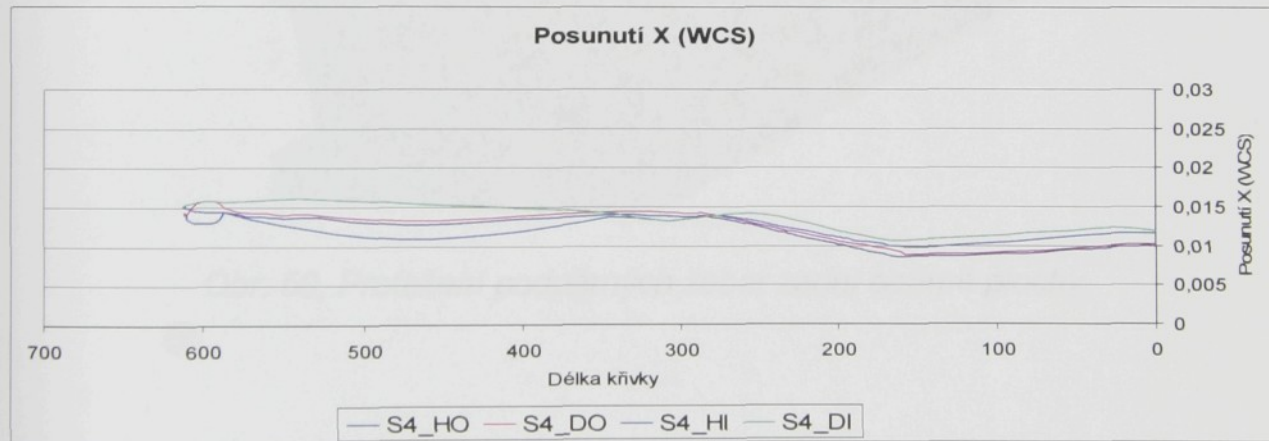
Graf 11



Graf 12



Graf 13



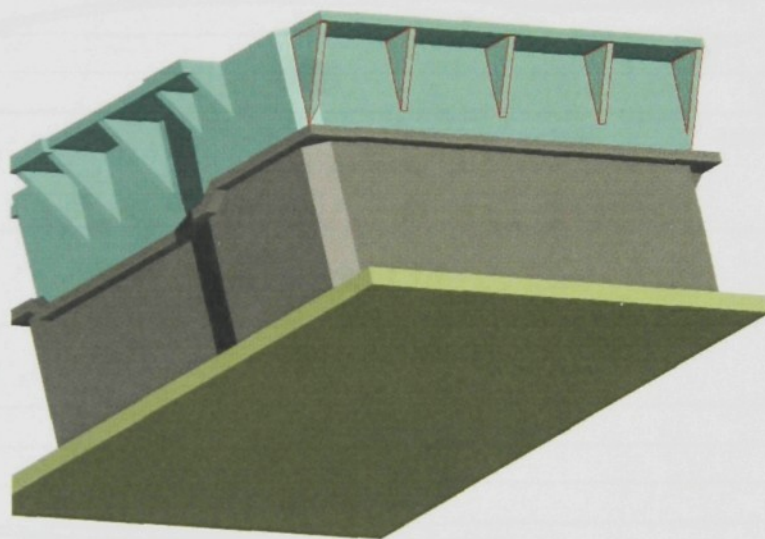
Graf 14

4.2.3.1 Vyhodnocení

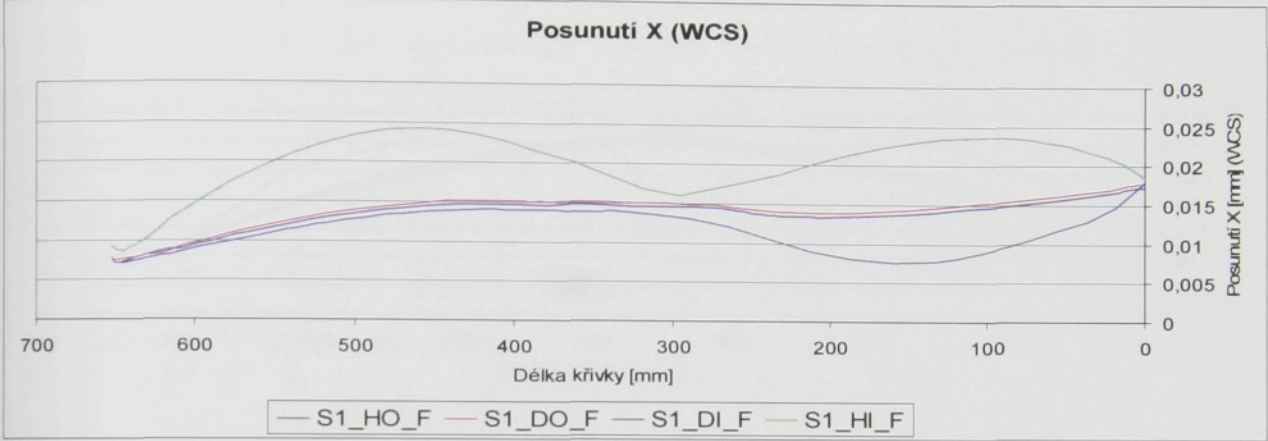
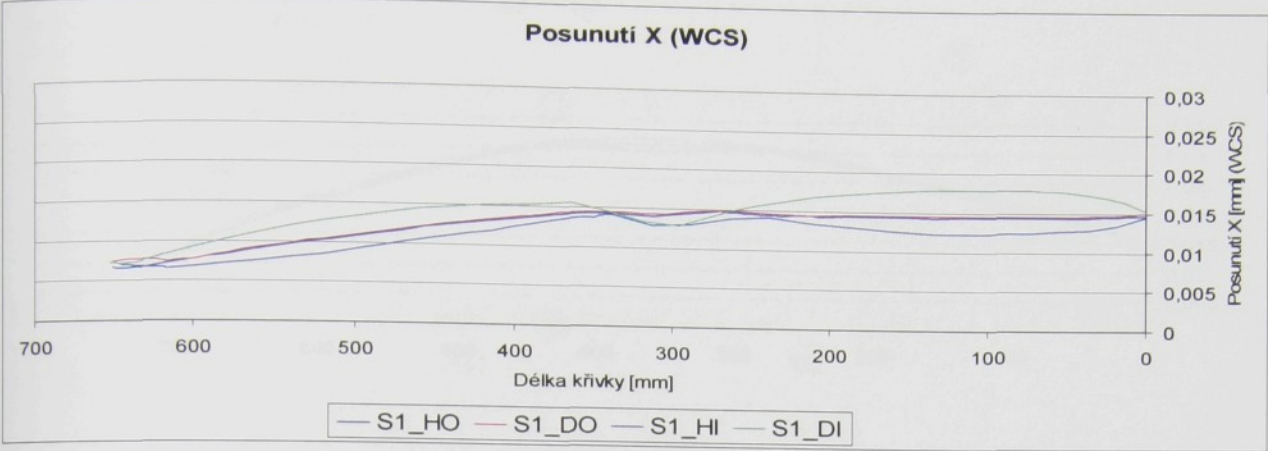
Z grafů 12 a 14 je viditelné, že došlo u dělicí roviny č.2 ke zlepšení tuhosti uchycení víka. Dělicí rovina č.4, která byla podepřena přímo horním rámem nosiče, zůstala téměř stejně tuhá. Zlepšil se také průhyb dělicích rovin č.1 a 3. Průhyb dělicí roviny č.3 však stále zůstává u hodnot blízkých 0,02 mm. To je způsobeno nepřímým podepřením této dělicí roviny podpěrnou deskou.

4.2.4 Simulace 4. Vyztužení opěrné plochy dělicí roviny č. 3

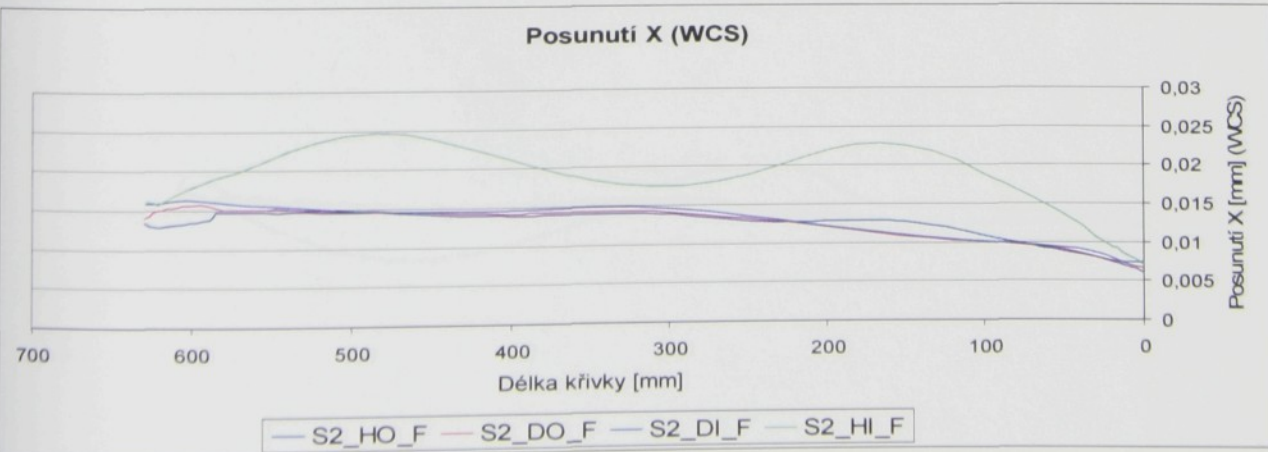
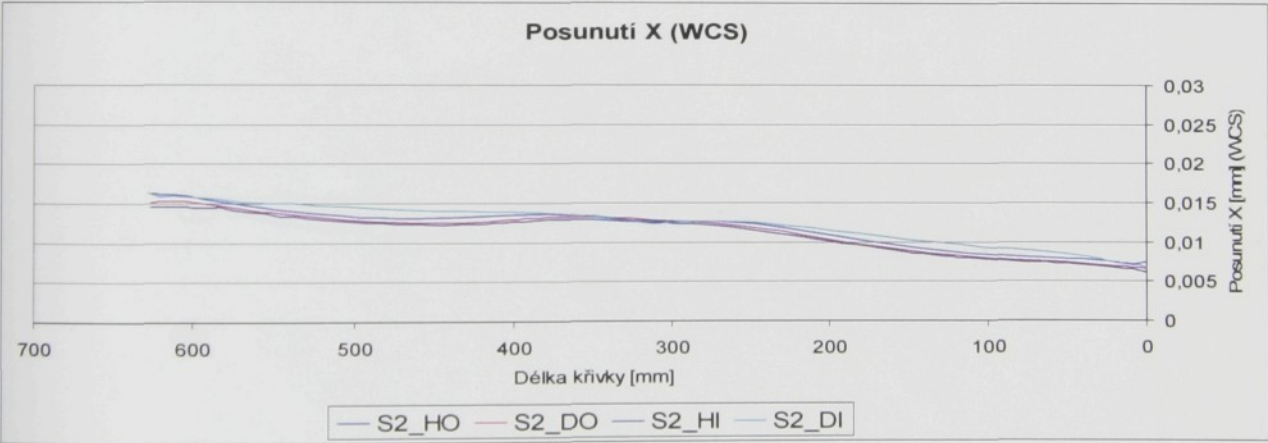
Smyslem této simulace bude ověření vlivu zvětšení výztuh pod zadní opěrnou plochou víka na maximální možnou míru.



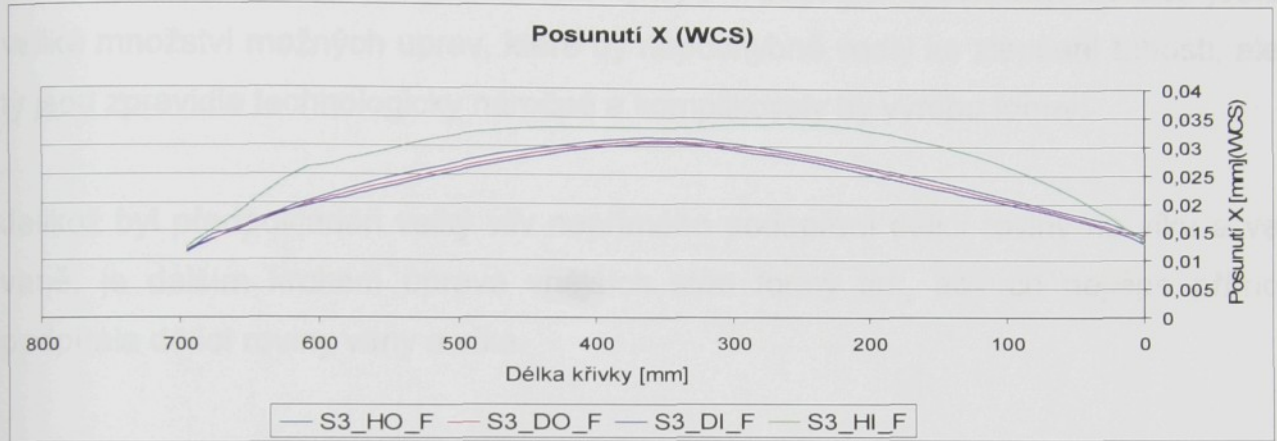
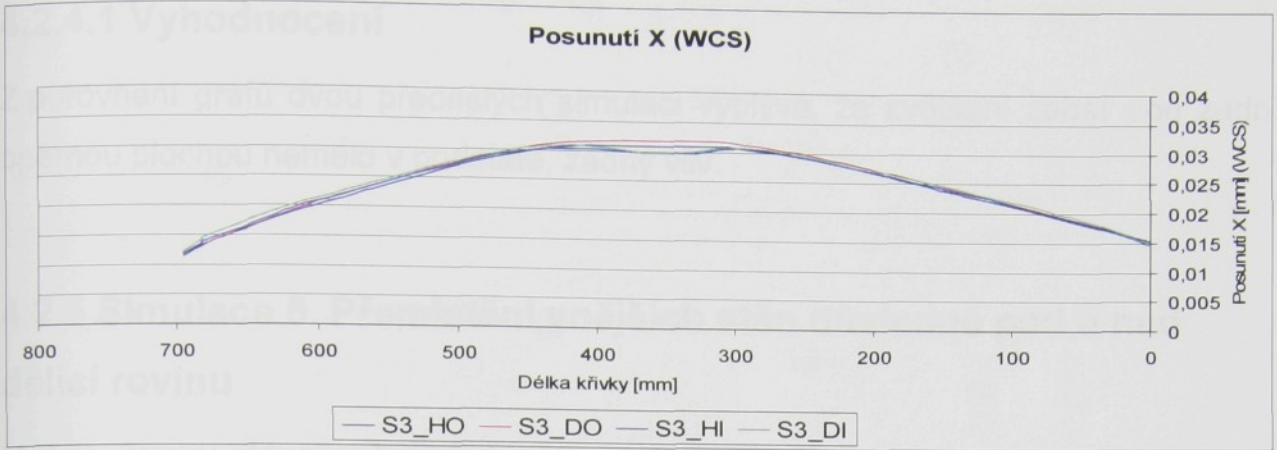
Obr. 50, Protažení podpěrných žeber zadní opěrné plochy.



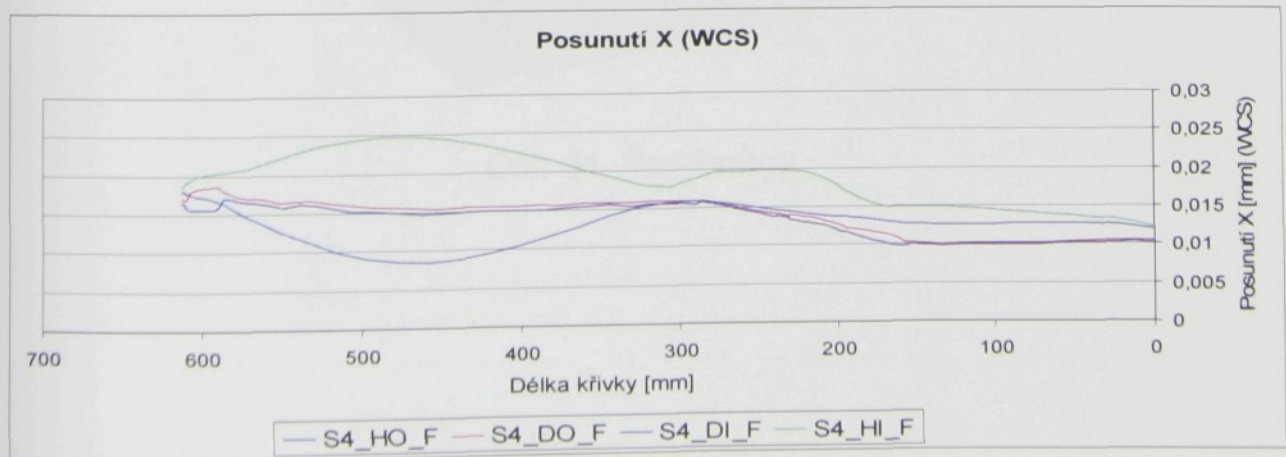
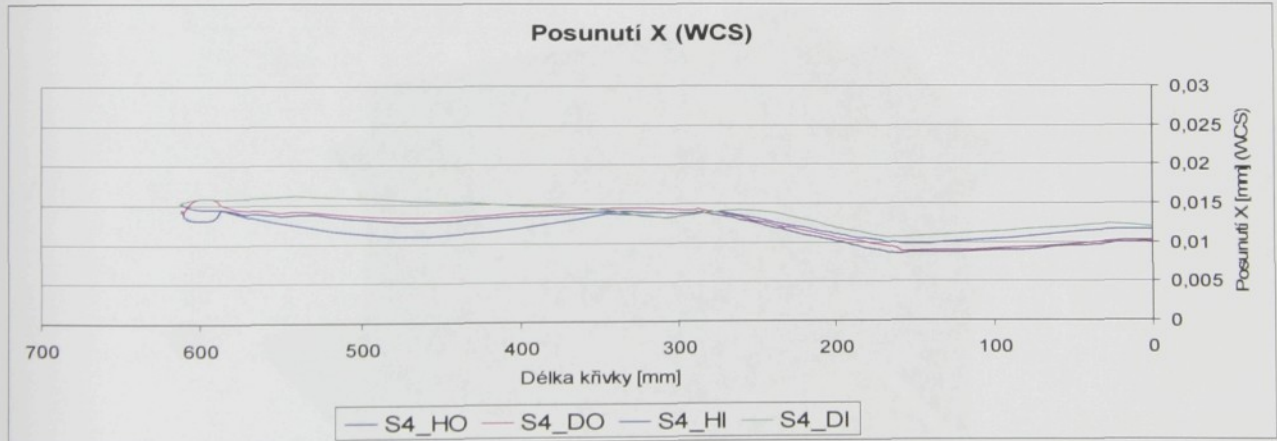
Graf 15



Graf 16



Graf 17



Graf 18

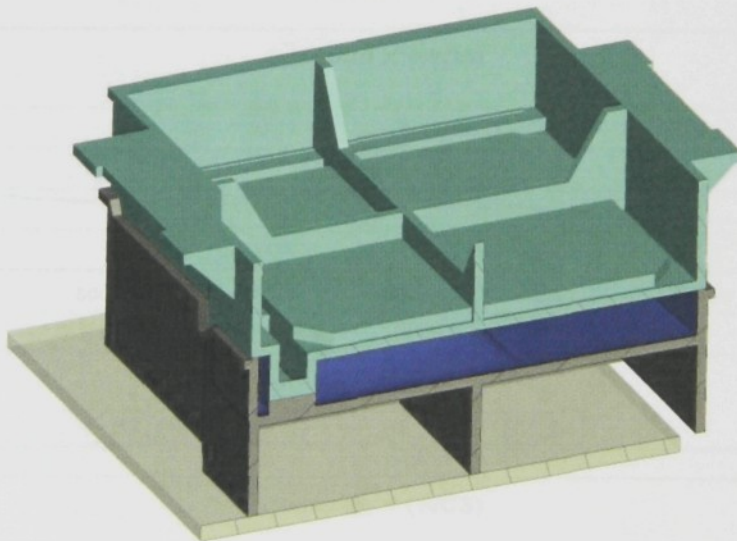
4.2.4.1 Vyhodnocení

Z porovnání grafů dvou předešlých simulací vyplývá, že zvětšení žeber pod zadní opěrnou plochou nemělo v podstatě, žádný vliv.

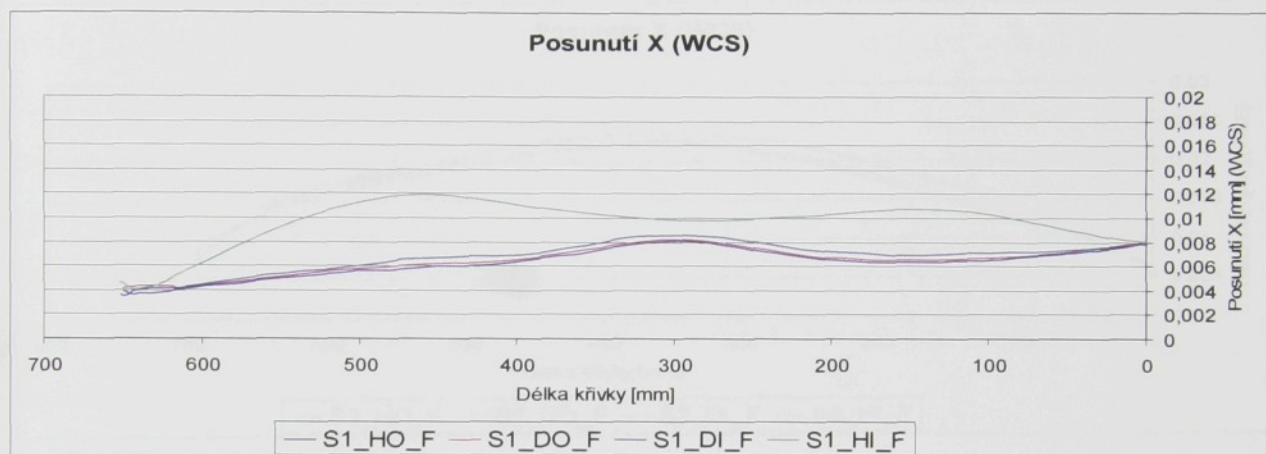
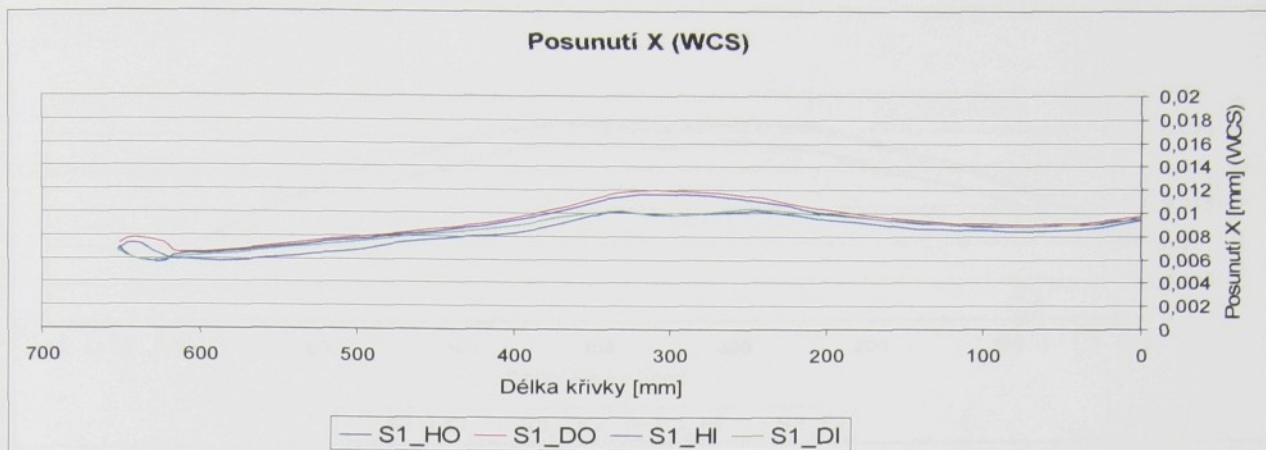
4.2.5 Simulace 5. Přemístění vnějších stěn důsledně pod a nad dělicí rovinu

Možné úpravy stávající konstrukce formy byly v podstatě vyčerpány. Je sice ještě velké množství možných uprav, které by nepochybně vedly ke zlepšení tuhosti, ale ty jsou zpravidla technologicky náročné a komplikovaly by výrobu formy.

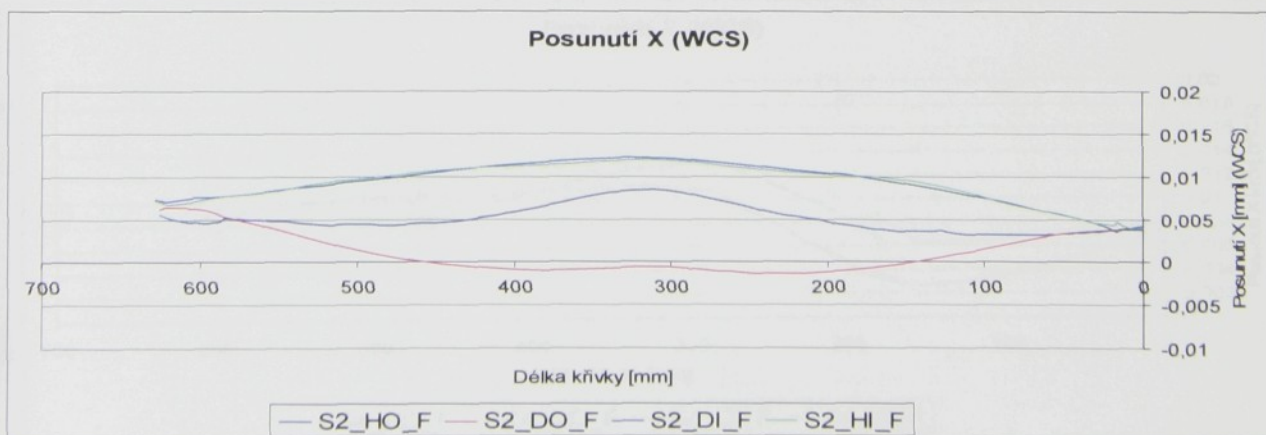
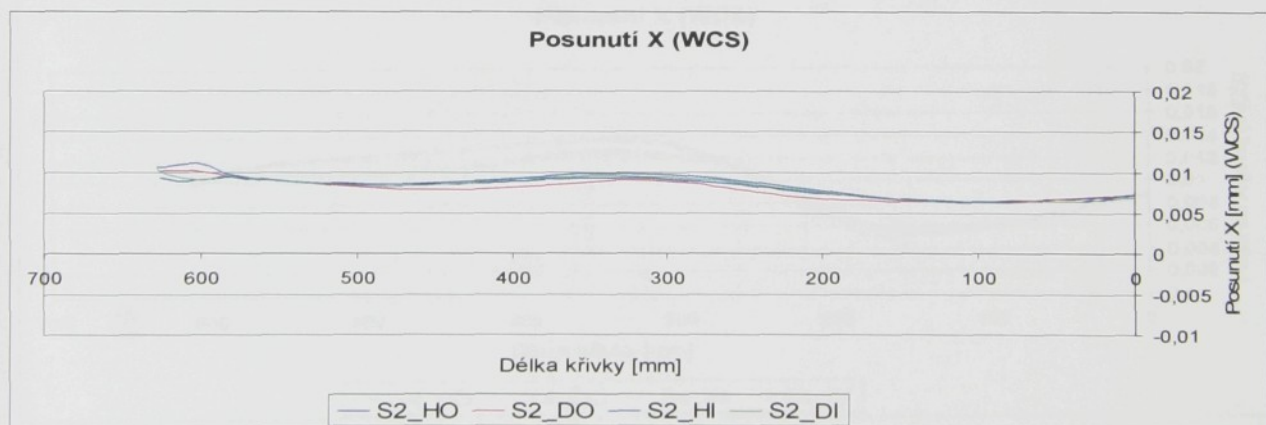
Jelikož byl předpokládán velký vliv nepřímého podepření dělicí roviny na víku a ve vaně, je dalším krokem úprava vnějších stěn formy tak, aby co nejlépe přímo podpírala dělicí roviny vany a víka.



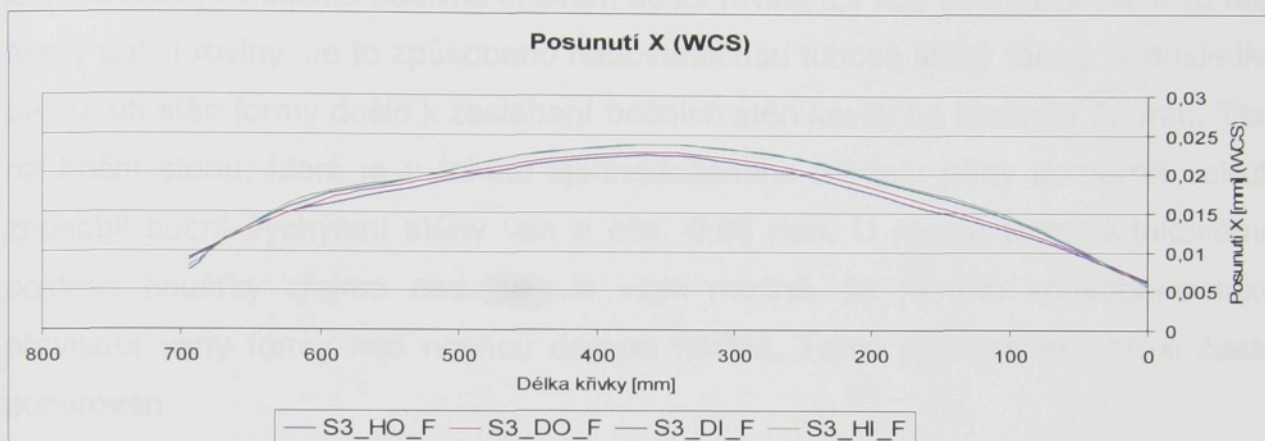
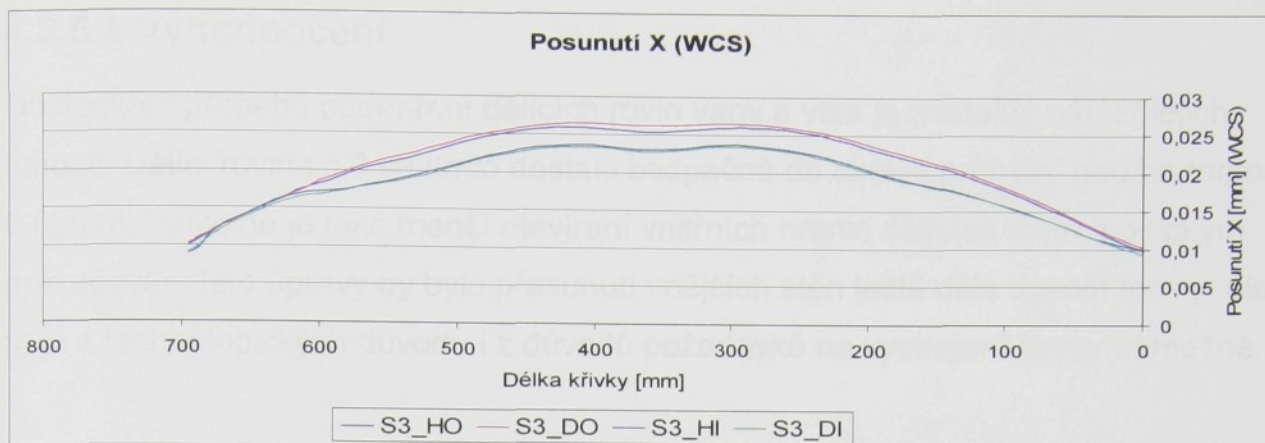
Obr. 51, Řez formou.



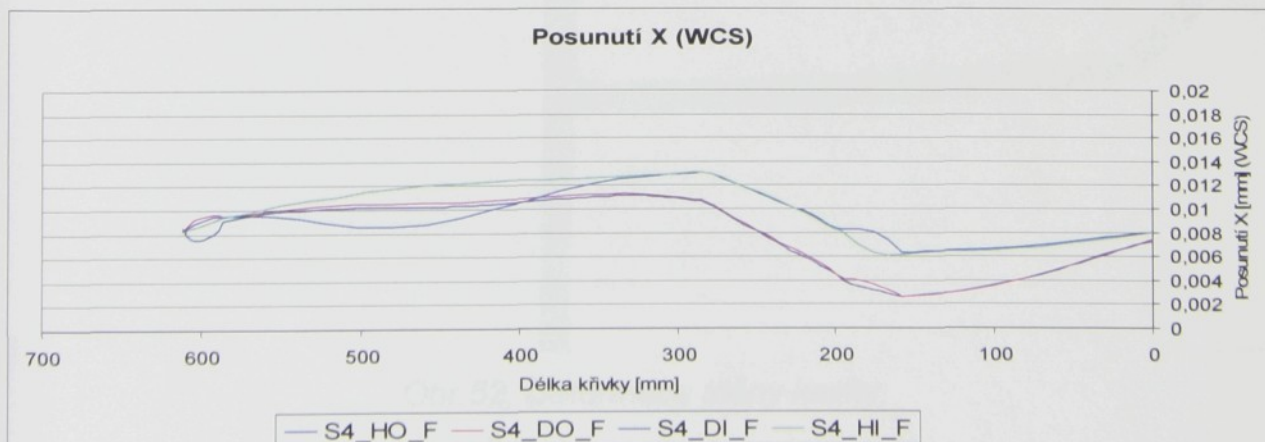
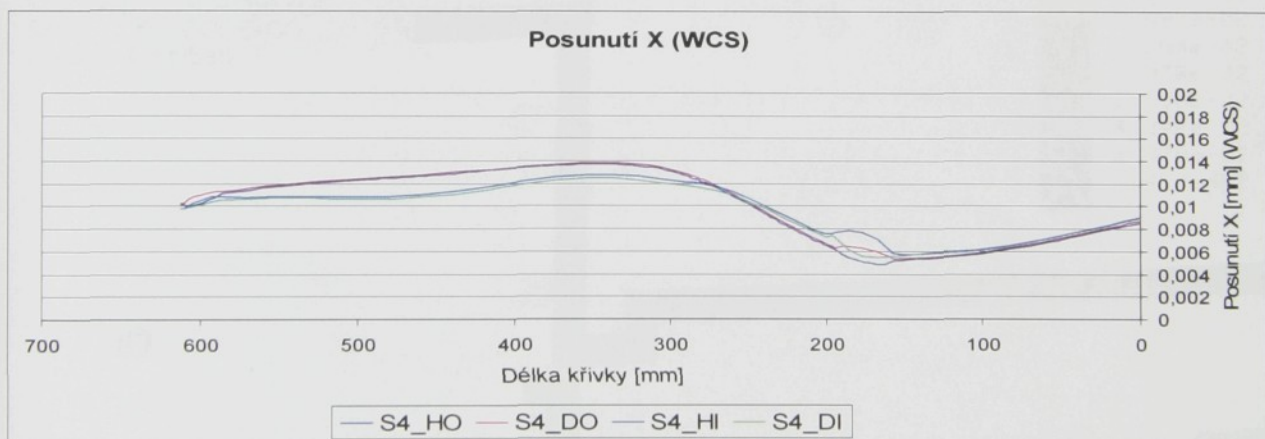
Graf 19



Graf 20



Graf 21



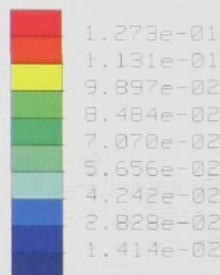
Graf 22

4.2.5.1 Vyhodnocení

Důsledkem přímého podepření dělicích rovin vany a víka je znatelný nárůst jejich tuhosti. Dělicí rovina č.3 se tímto dostala bezpečně do oblasti průhybu pod hodnotou 0,02mm. Viditelné je také menší otevírání vnitřních hranic dělicích rovin. Logickým pokračování této úpravy by bylo přesunutí vnějších stěn ještě dále dovnitř formy, ale to je z technologických důvodů i z důvodů požadavků na vystrojení formy nemožné.

Z grafu č.20 je viditelné podivné chování dělicí roviny č.2 kdy dochází k poklesu této hrany dělicí roviny. Je to způsobeno nedostatečnou tuhostí stěny formy. V důsledku přesunutí stěn formy došlo k zeslabení bočních stěn kavity na hodnotu 15 mm. Tlak na boční stěnu, která je u tohoto zjednodušeného modelu pěny poměrně veliká, způsobil boční vychýlení stěny ven o cca. 0,08 mm. U reálné formy k takovému poklesu tloušťky zřejmě nedojde. Je však možné, že je toto způsobeno také převisem vany formy nad nosnou deskou nosiče. Tento problém je v praxi často pozorován.

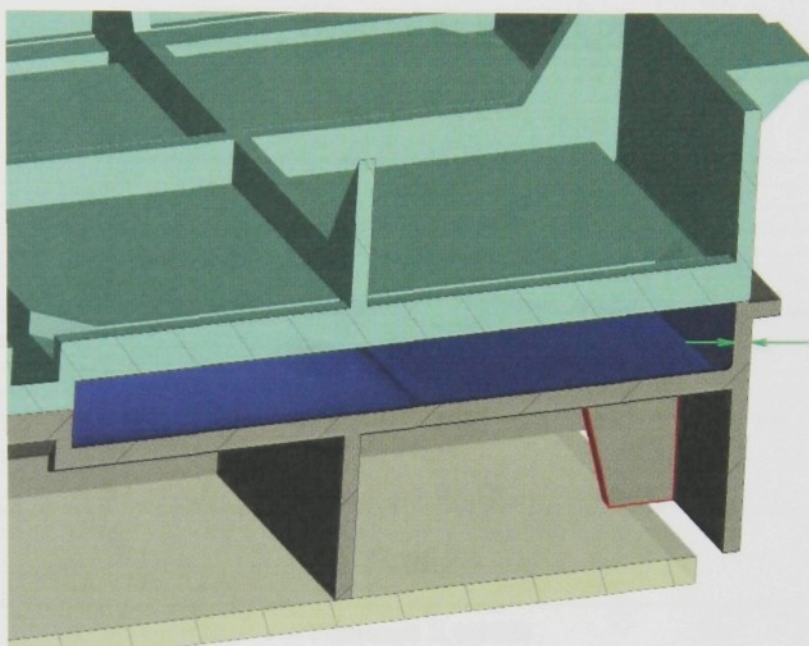
Displacement Mag (WCS)
(mm)
Deformed
Max Disp +1.4139E-01
Scale 5.0000E+00
Loadset:LoadSet1



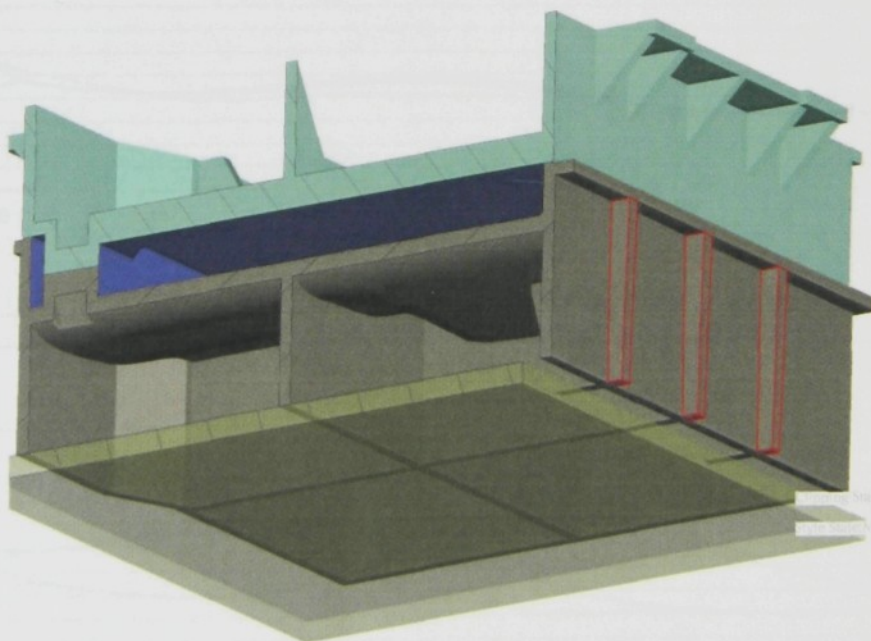
Obr.52, Deformace stěny kavity.

4.2.6 Simulace 6. Podepření vnější stěny pod dělicí rovinou č.2 a vyztužení vnější stěny kavity

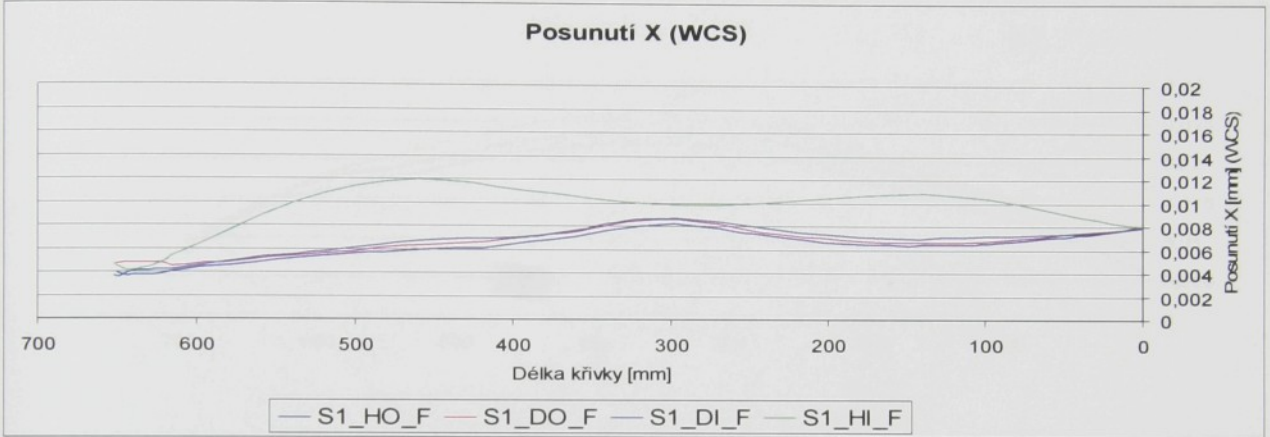
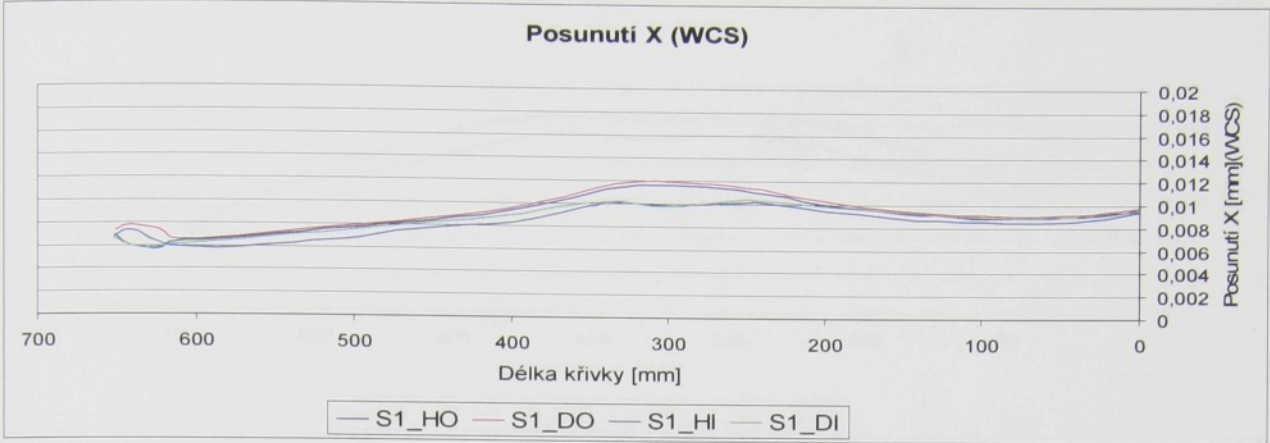
V této simulaci bude zjišťován vliv lepšího podepření formy pod dělicí rovinou č.2 pomocí podpěrných položeber a pokusné zesílení vnější stěny kavity pomocí vnějších žebírek.



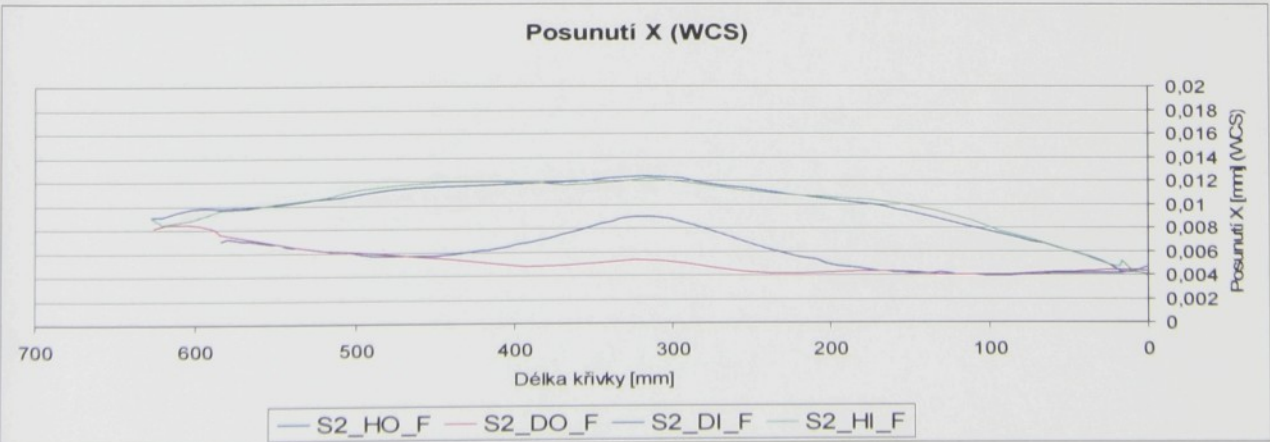
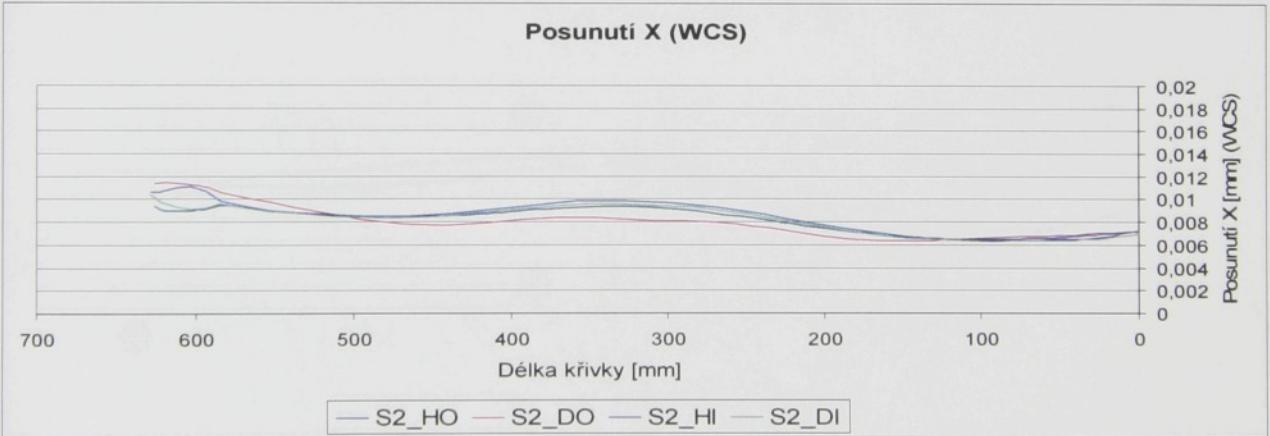
Obr. 53, Podpěrná žebra pro převislou stěnu pod dělicí roviny č.2.



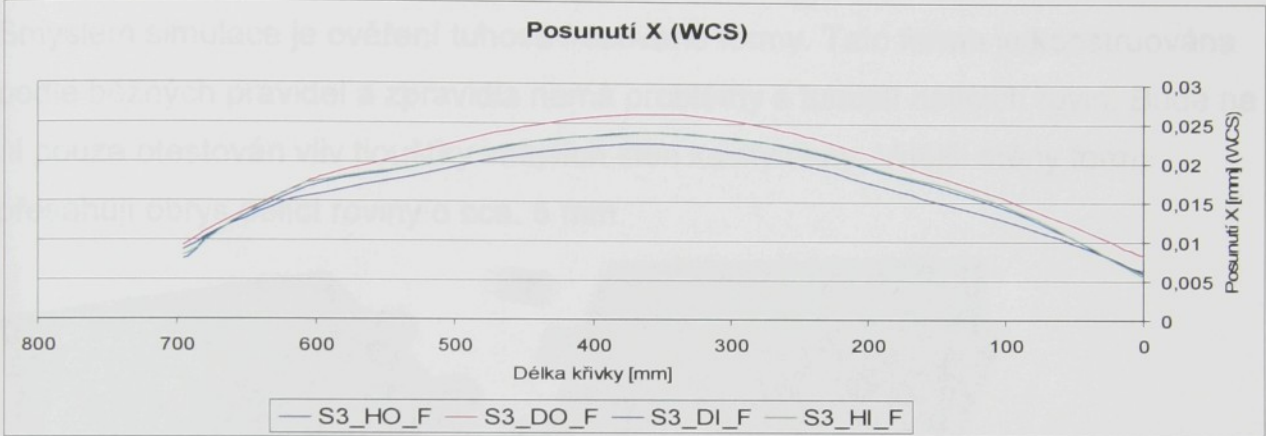
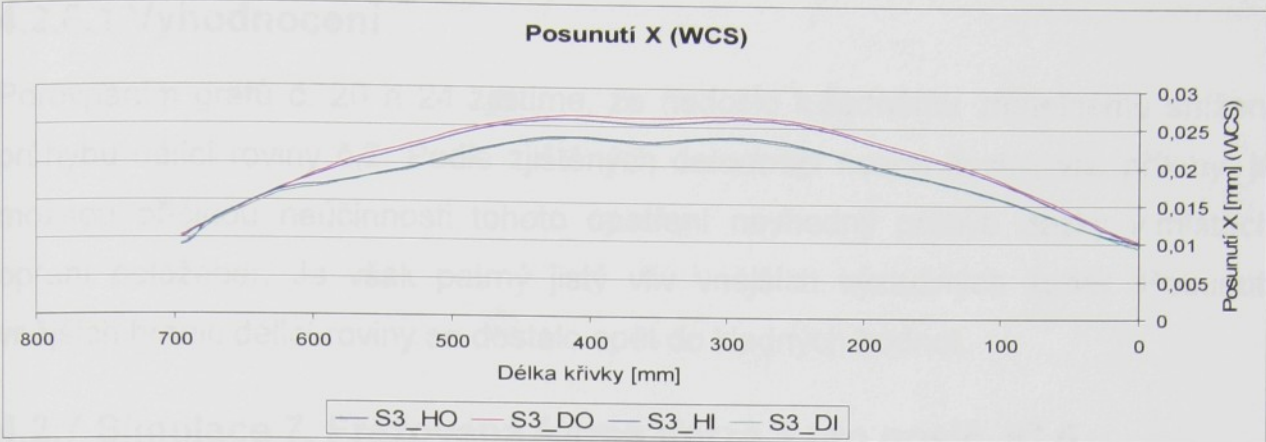
Obr. 54, Výztuhy boční stěny formy.



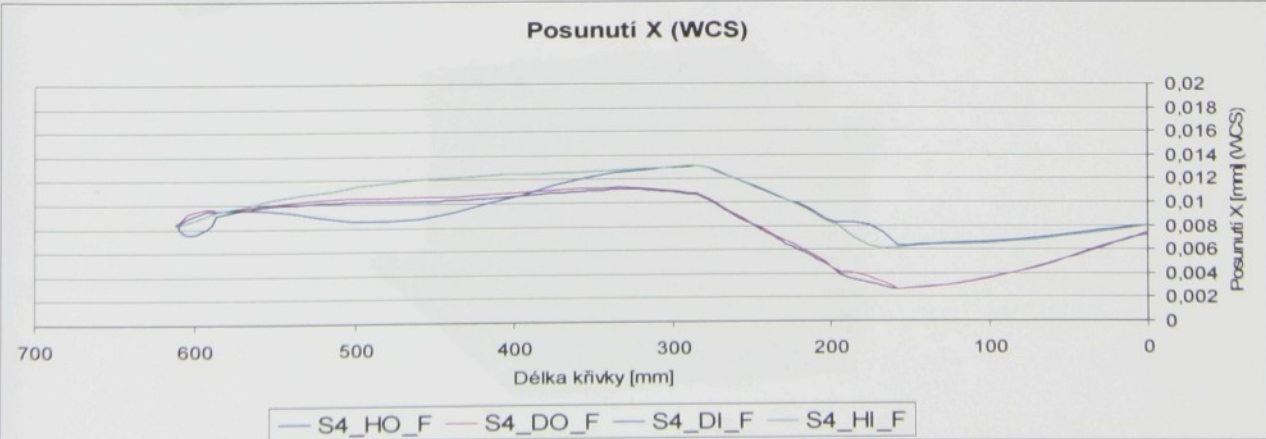
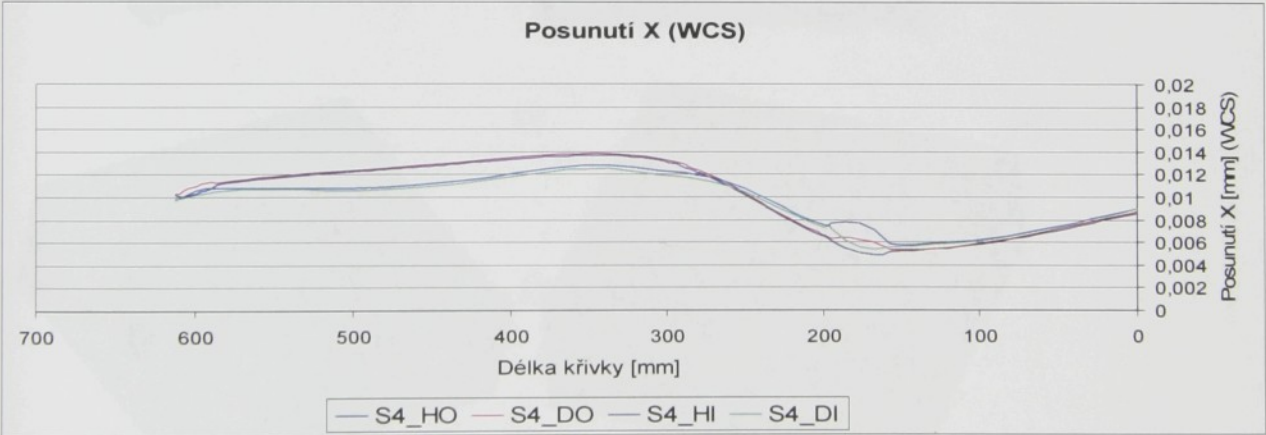
Graf 23



Graf 24



Graf 25



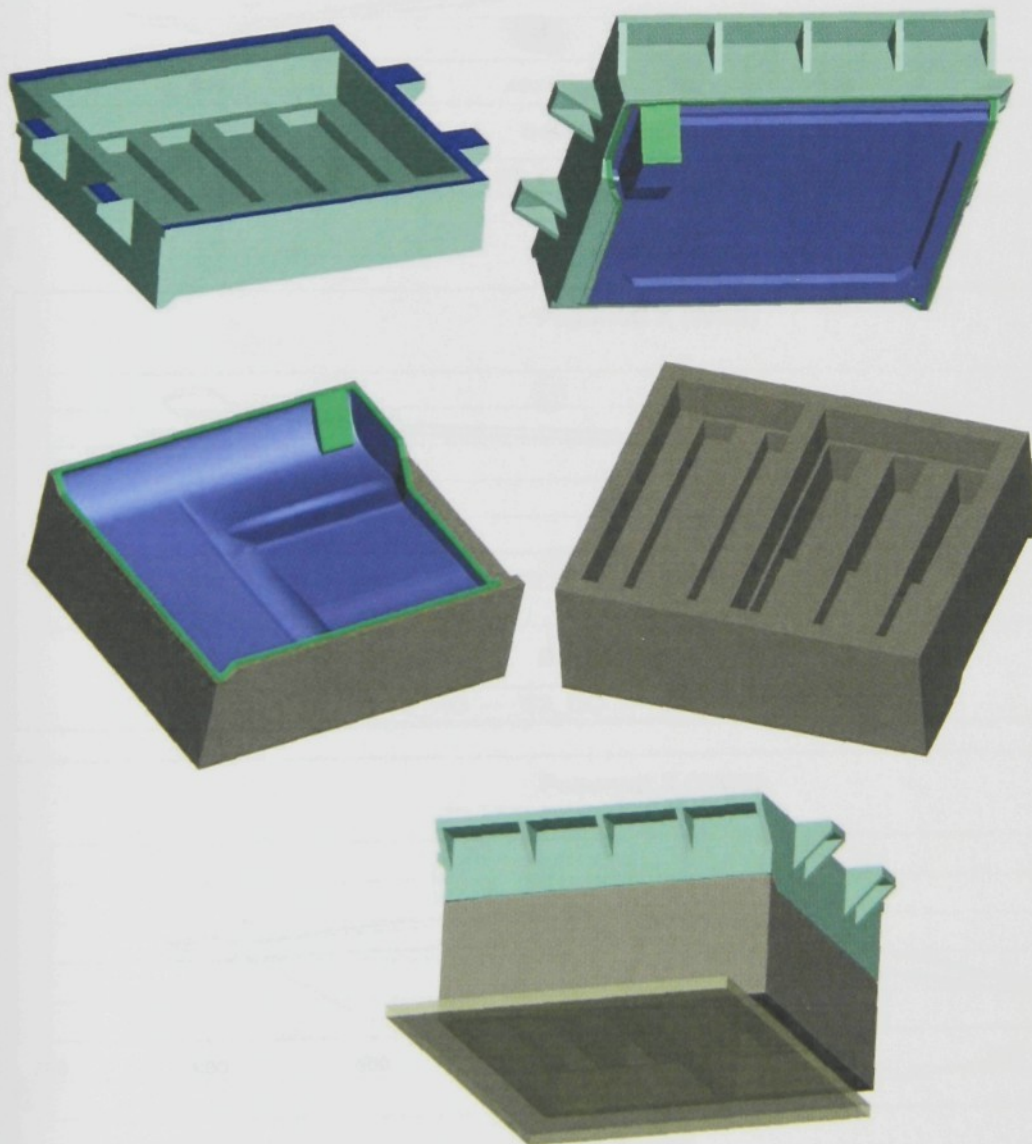
Graf 26

4.2.6.1 Vyhodnocení

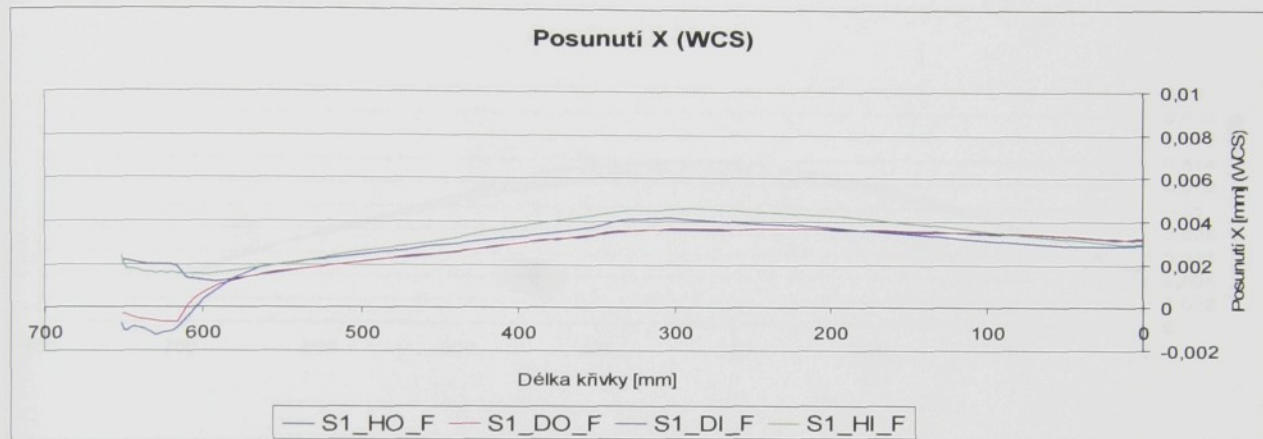
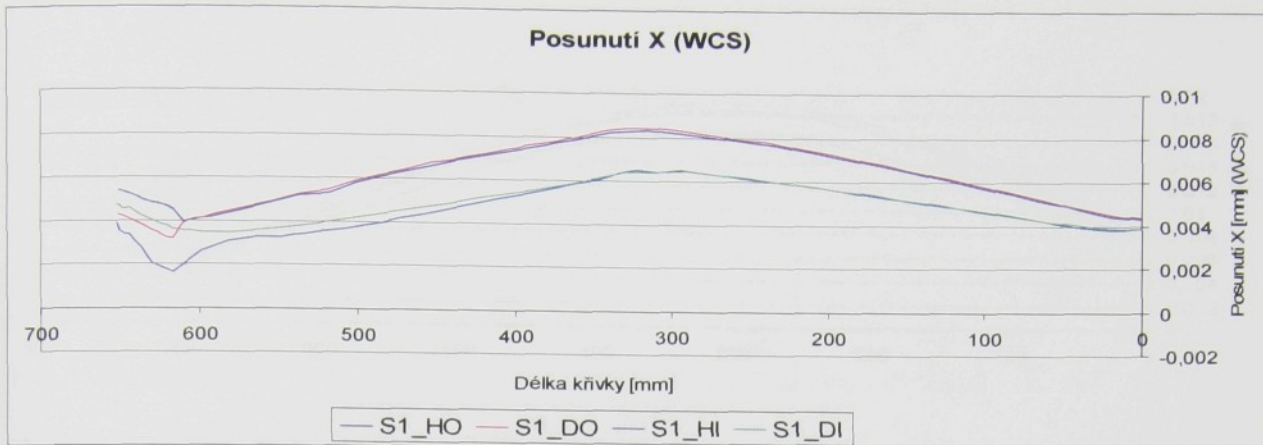
Porovnáním grafů č. 20 a 24 zjistíme, že nedošlo k žádnému znatelnému snížení průhybu dělicí roviny č.2. Podle zjištěných deformací nosné desky, viz. přílohy, je možnou příčinou neúčinnosti tohoto opatření nevhodný průhyb desky v místech opření položeber. Je však patrný jistý vliv vnějších výztužných žebër. Posunutí vnějších hranic dělicí roviny se dostalo opět do kladných hodnot.

4.2.7 Simulace 7. Frézovaná forma Verze 1 pro nosič JC 6

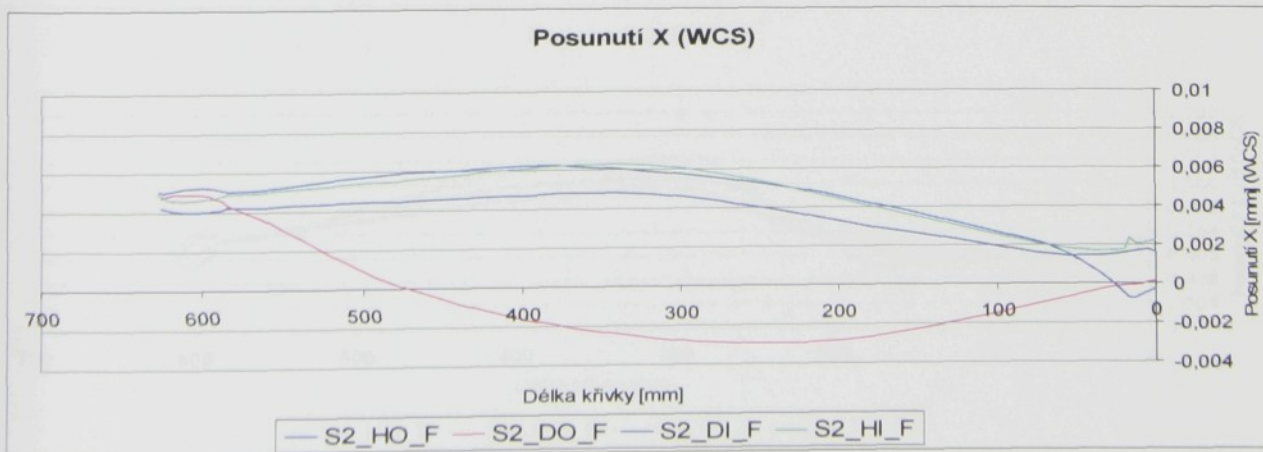
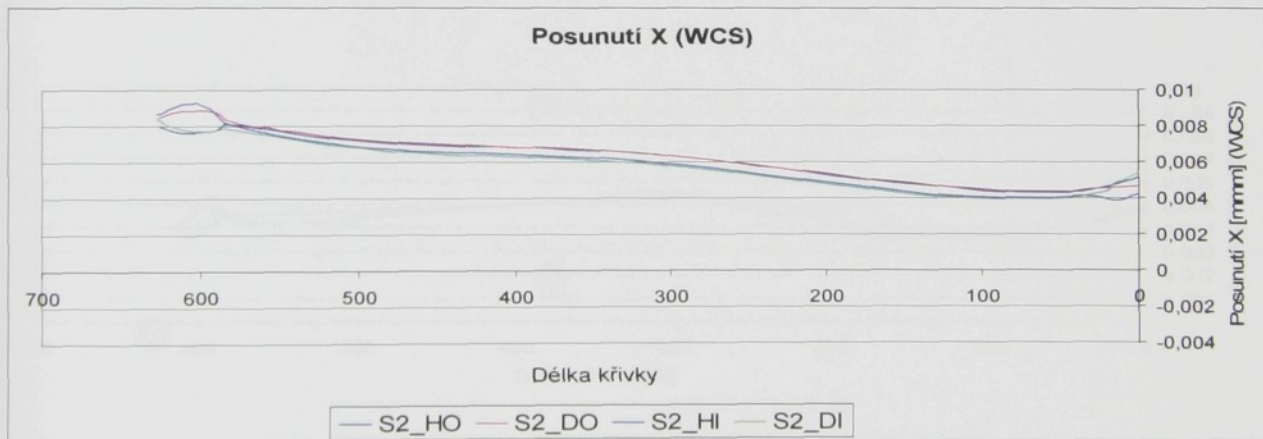
Smyslem simulace je ověření tuhosti frézované formy. Tato forma je konstruována podle běžných pravidel a zpravidla nemá problémy s tuhostí dělicích rovin. Bude na ní pouze otestován vliv tloušťky vnějších stěn kavity vany. Vnější stěny formy přesahují obrys dělicí roviny o cca. 5 mm.



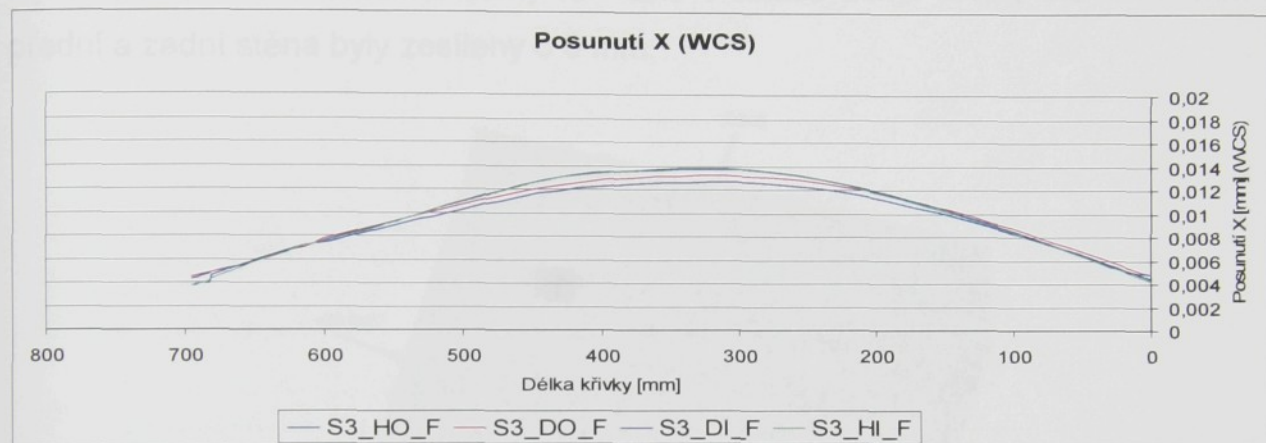
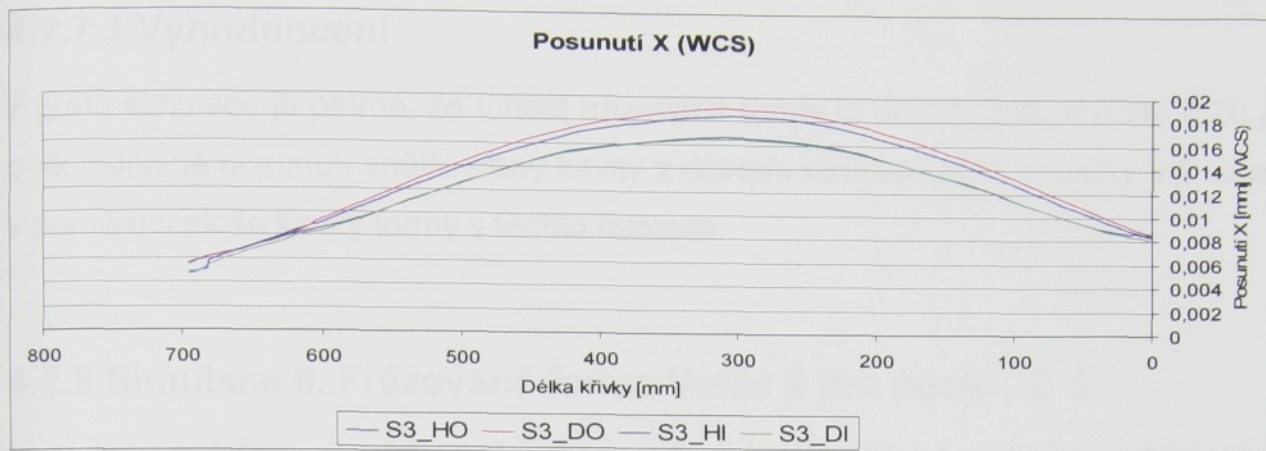
Obr. 55, Obvyklá konstrukce frézované formy.



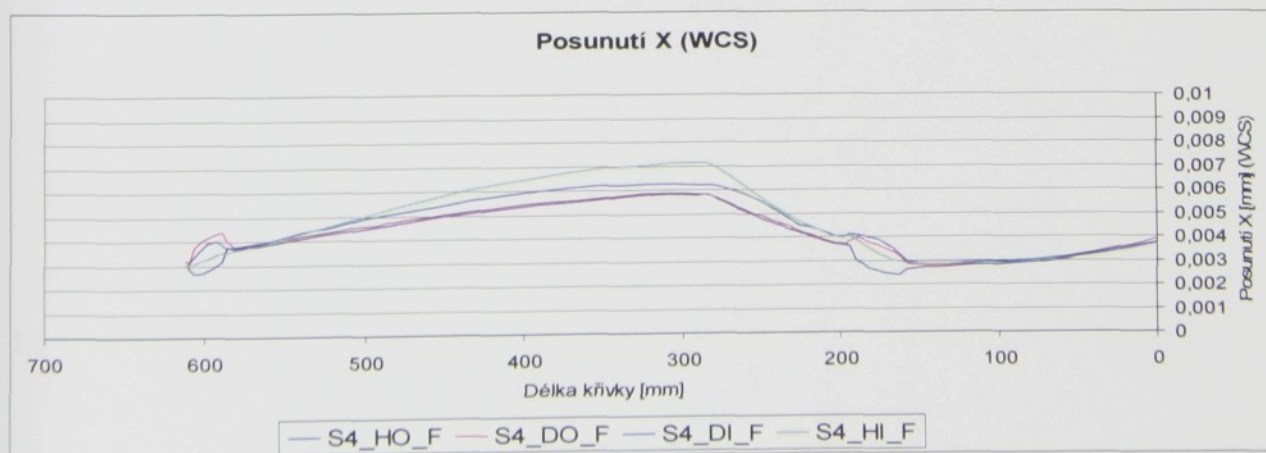
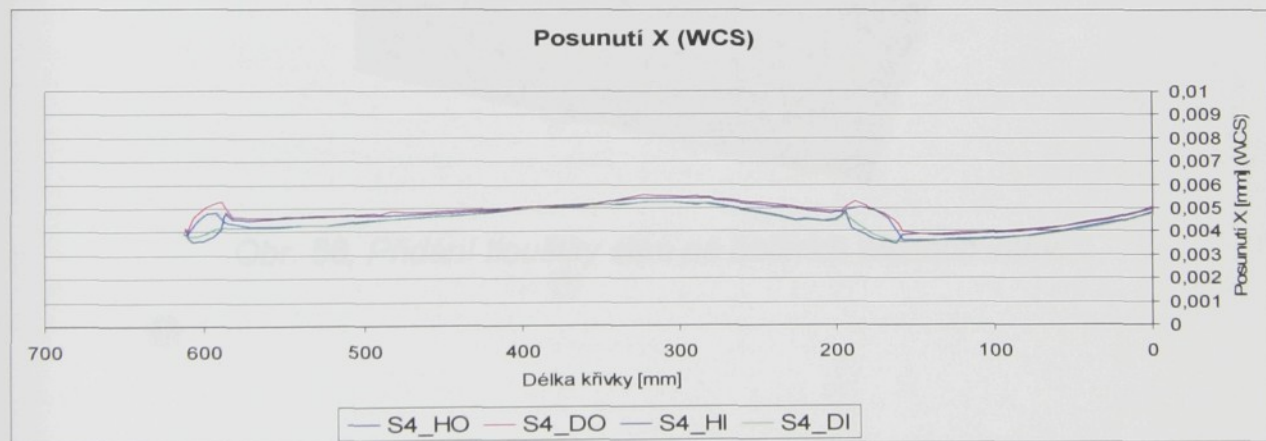
Graf 27



Graf 28



Graf 29



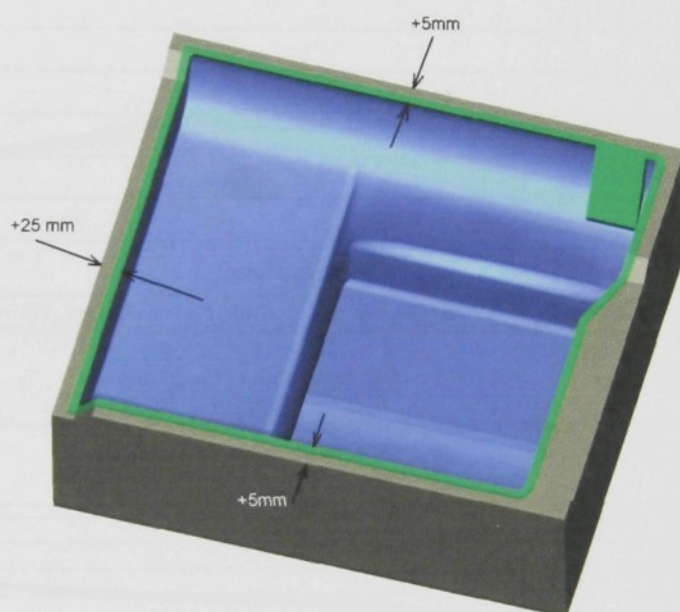
Graf 30

4.2.7.1 Vyhodnocení

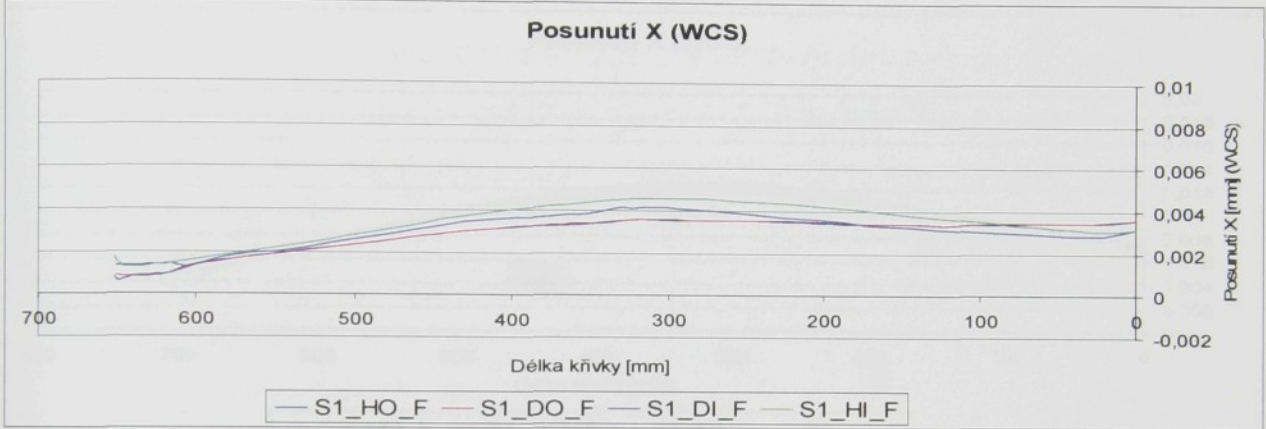
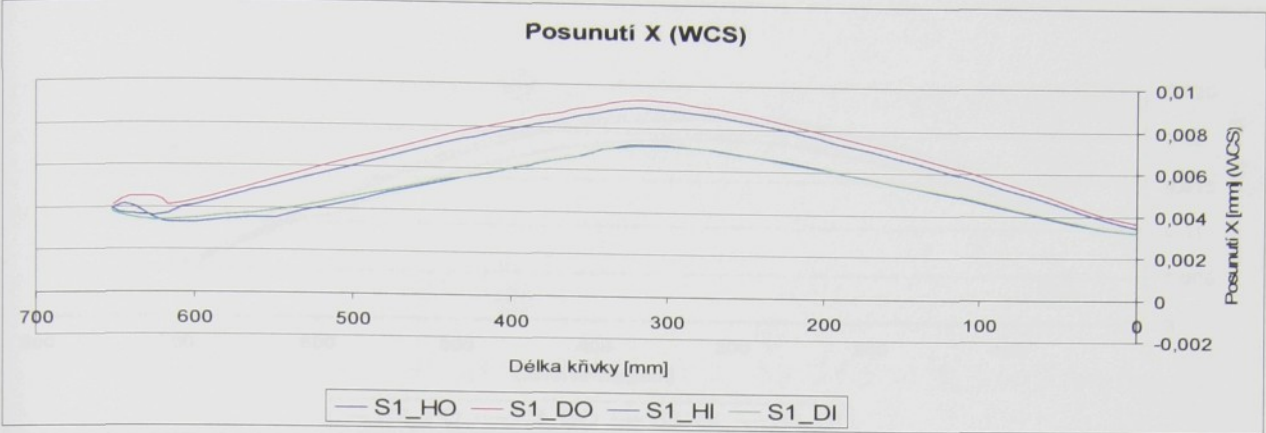
Z grafů simulace je patrné, že tuhost frézované formy je dostatečná. V grafu č.28 je opět viditelné posunutí vnější stěny kavity z důvodu nedostatečné tloušťky její stěny v poměru k ploše kavity formy v těchto místech.

4.2.8 Simulace 8. Frézovaná forma Verze 2 pro nosič JC 6

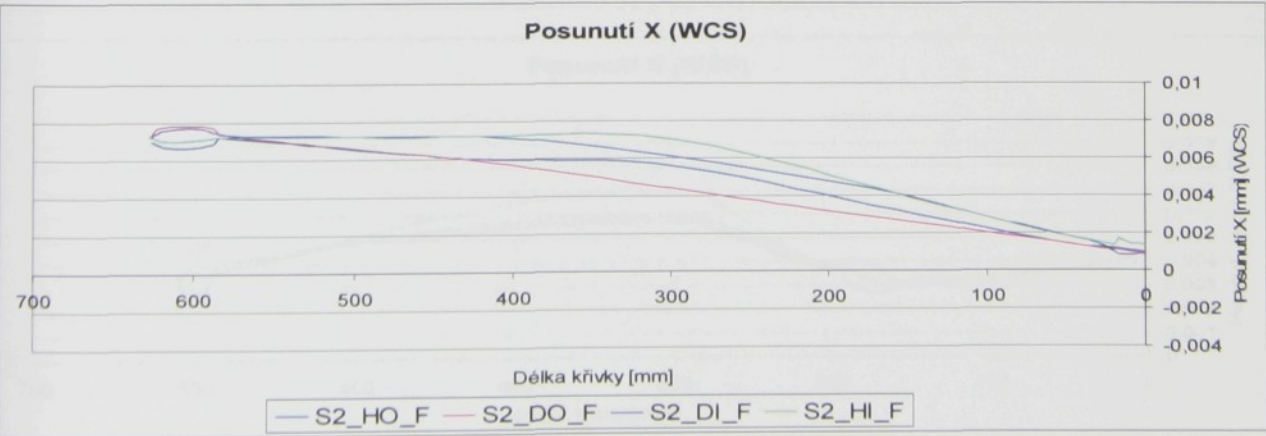
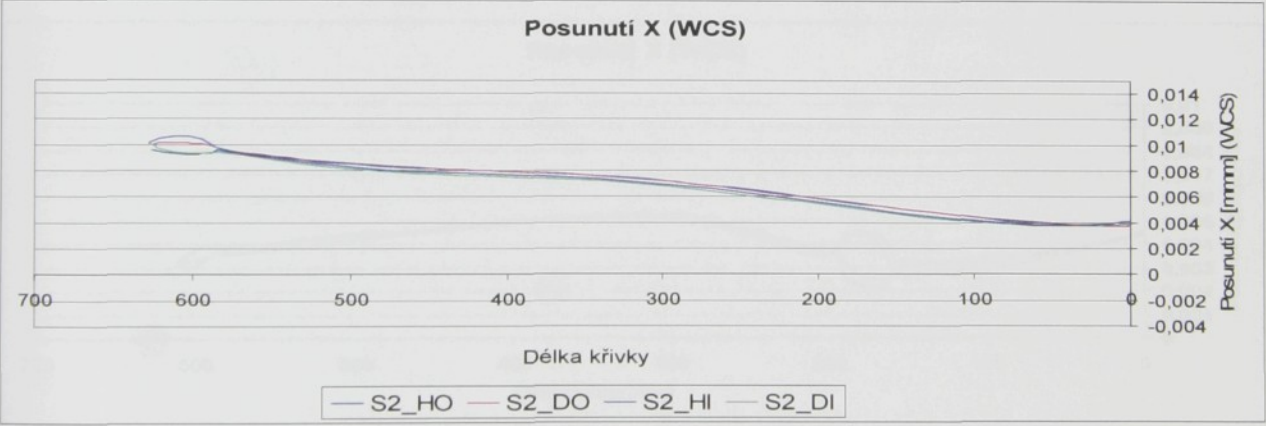
Nyní byla zvětšena tloušťka stěny na vaně v oblasti dělicí roviny č.2 o 25 mm a přední a zadní stěna byly zesíleny o 5 mm.



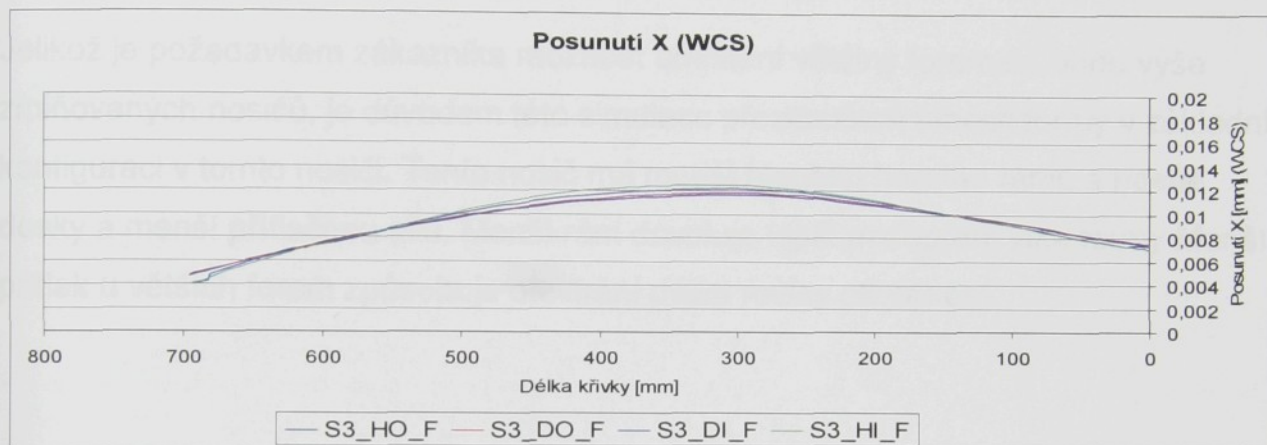
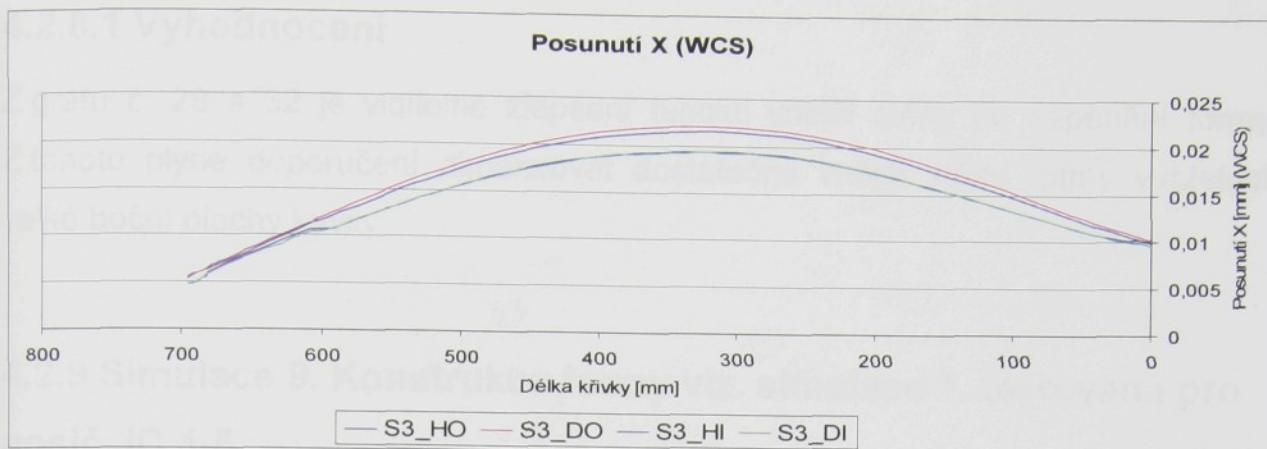
Obr. 56, Přidání tloušťky stěn na bočních stěnách vany.



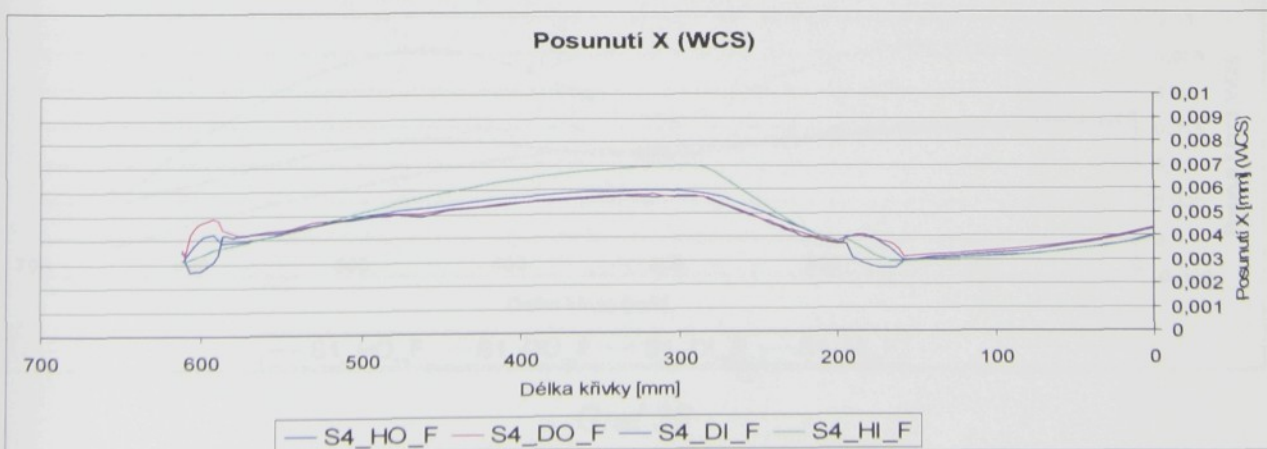
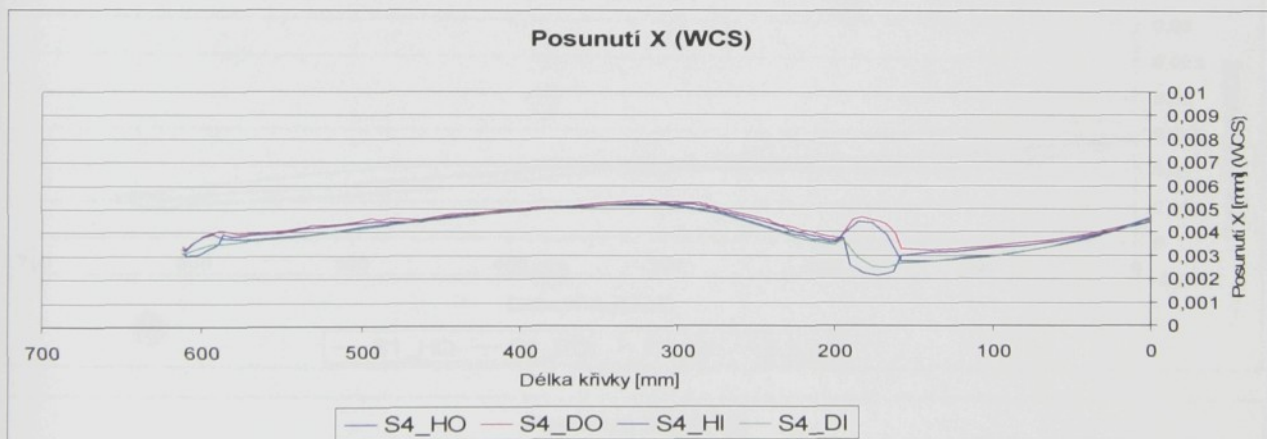
Graf 31



Graf 32



Graf 33



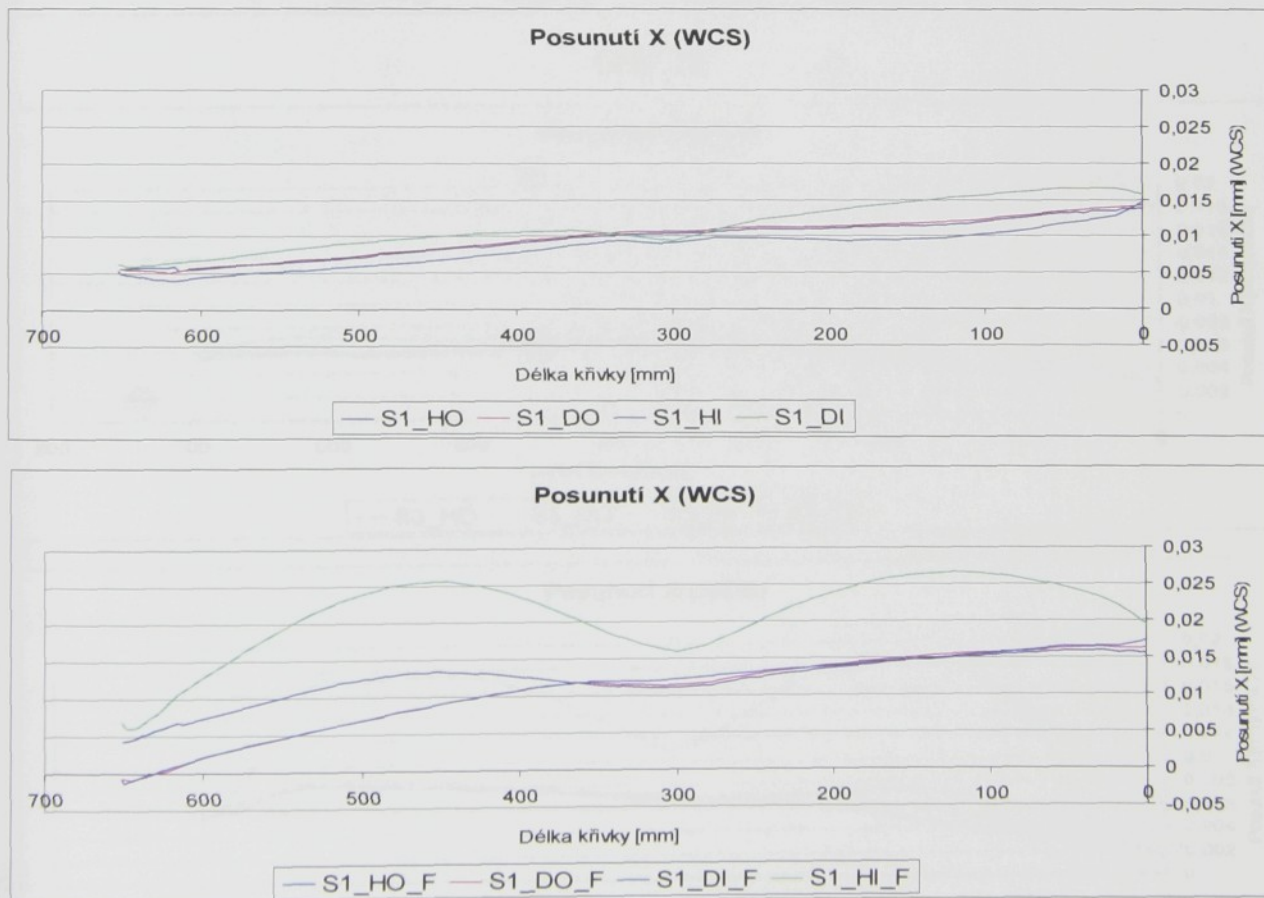
Graf 34

4.2.8.1 Vyhodnocení

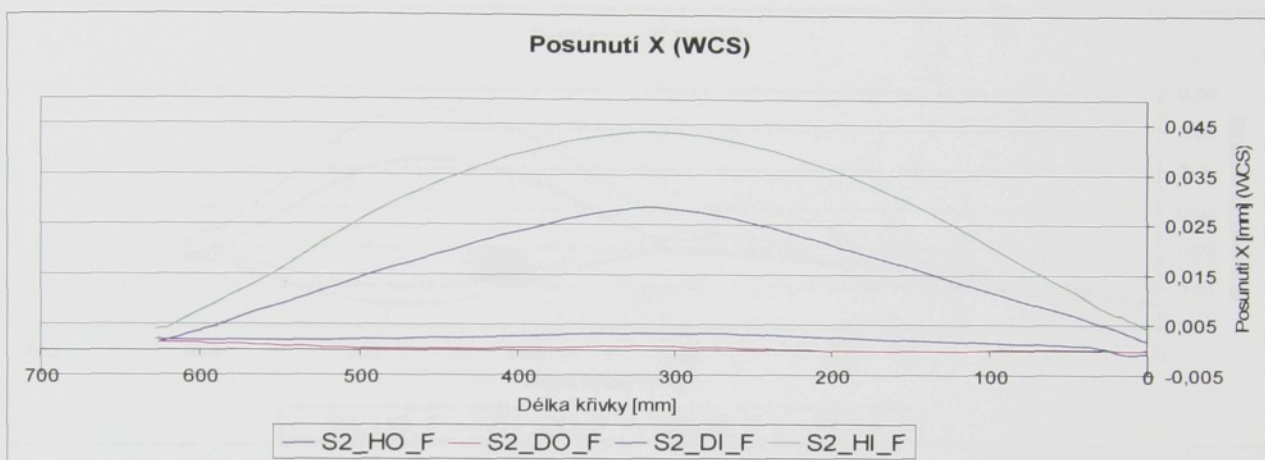
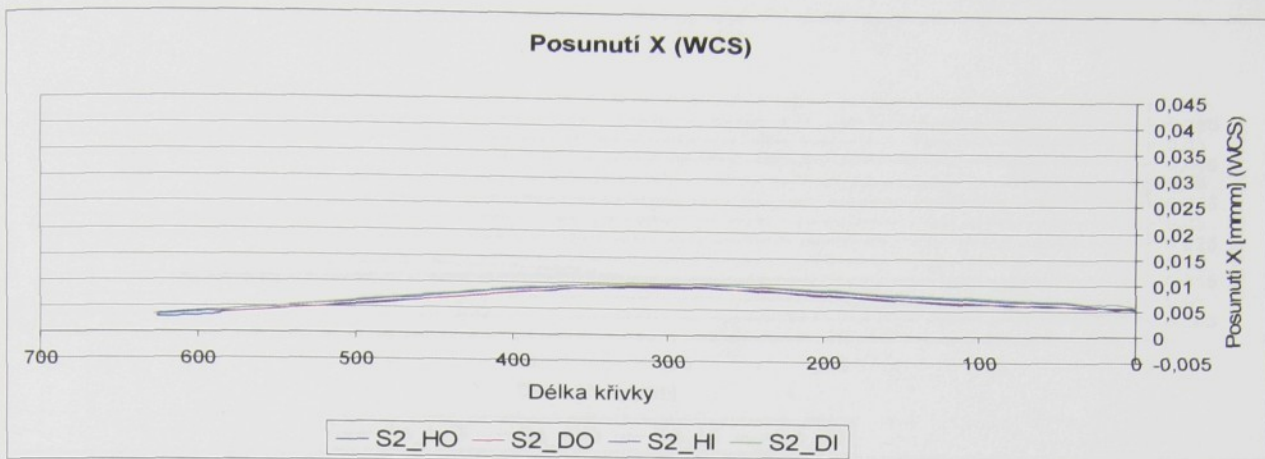
Z grafu č. 28 a 32 je viditelné zlepšení tuhosti vnější stěny po napětění formy. Z tohoto plyne doporučení dimenzovat dostatečně vnější stěnu formy v místech velké boční plochy kavity.

4.2.9 Simulace 9. Konstrukce formy viz. simulace 1. testovaná pro nosič JC 4-5

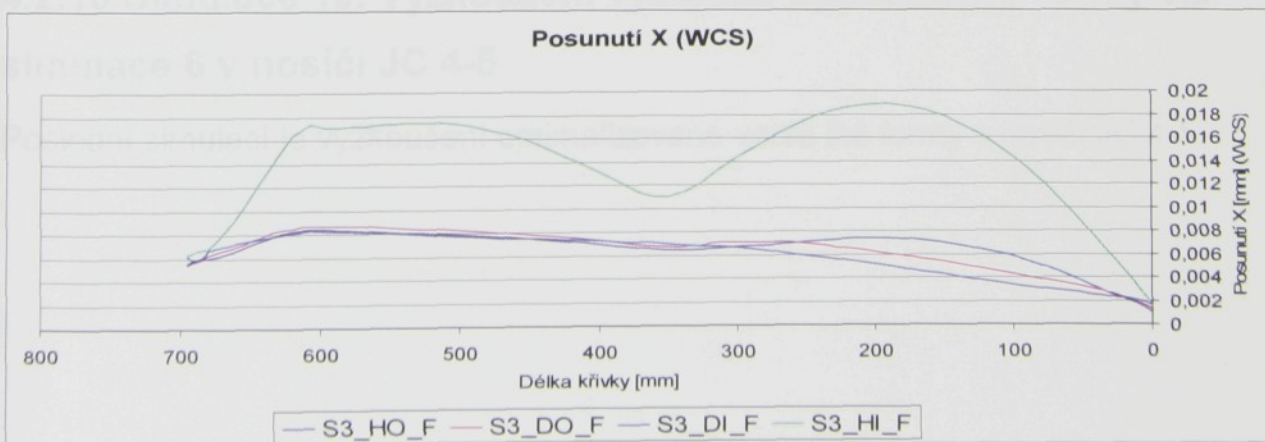
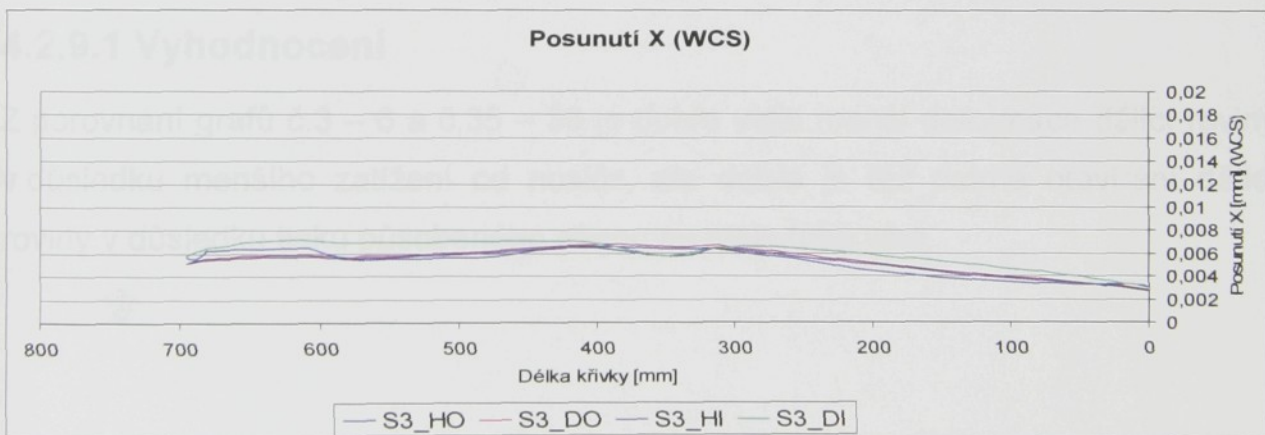
Jelikož je požadavkem zákazníka možnost umístění většiny forem do obou výše zmiňovaných nosičů, je důvodem této simulace přezkoušení tuhosti formy v základní konfiguraci v tomto nosiči. Tento nosič má menší hloubku horního rámu a nosné desky a menší přitlačnou sílu. Menší rám dovoluje lepší podepření víka formy. Menší přitlak u větších forem způsobuje otevírání dělicí roviny při pění.



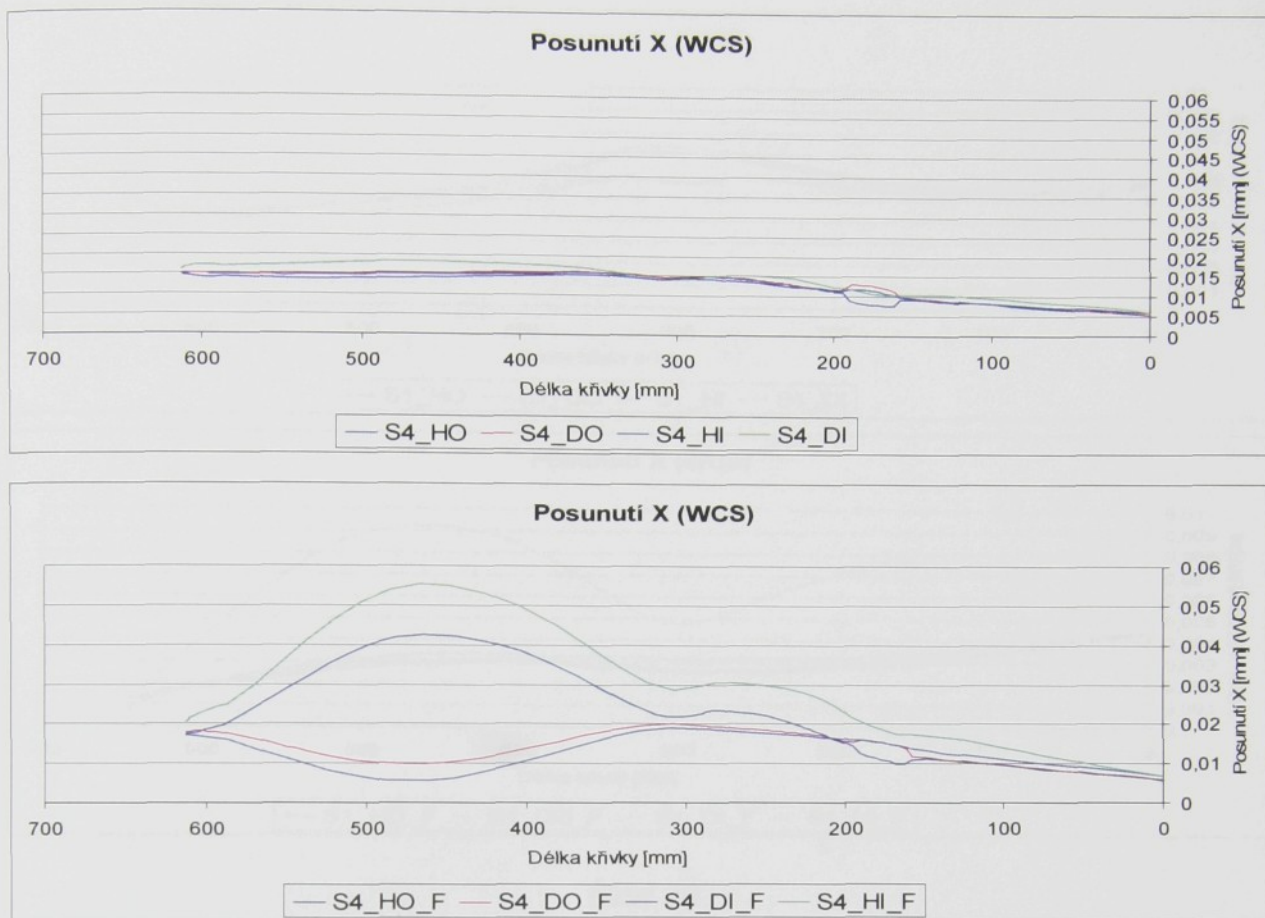
Graf 35



Graf 36



Graf 37



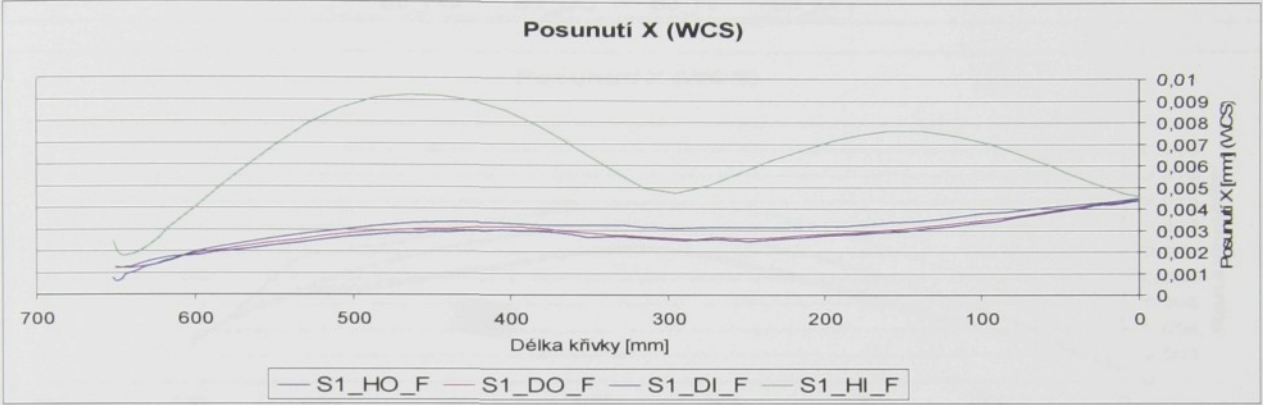
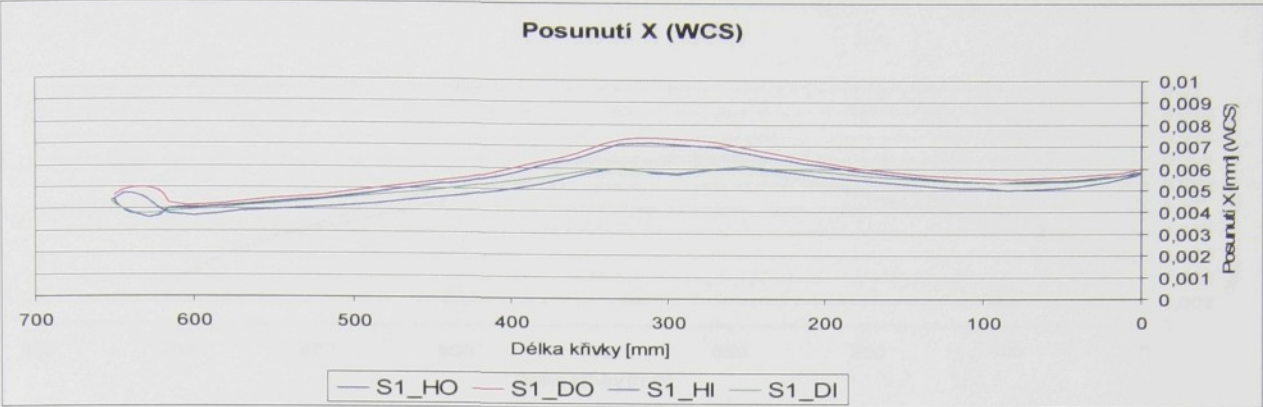
Graf 38

4.2.9.1 Vyhodnocení

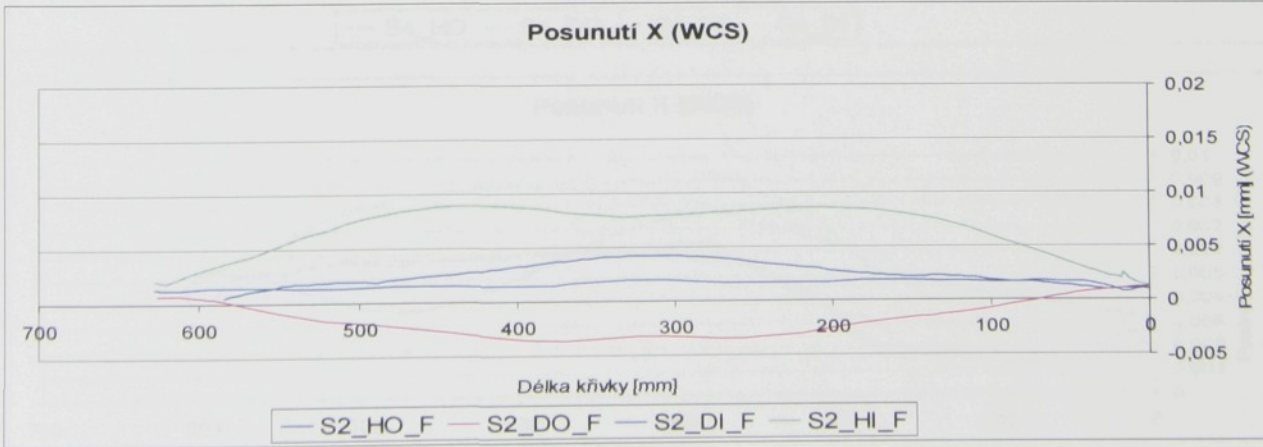
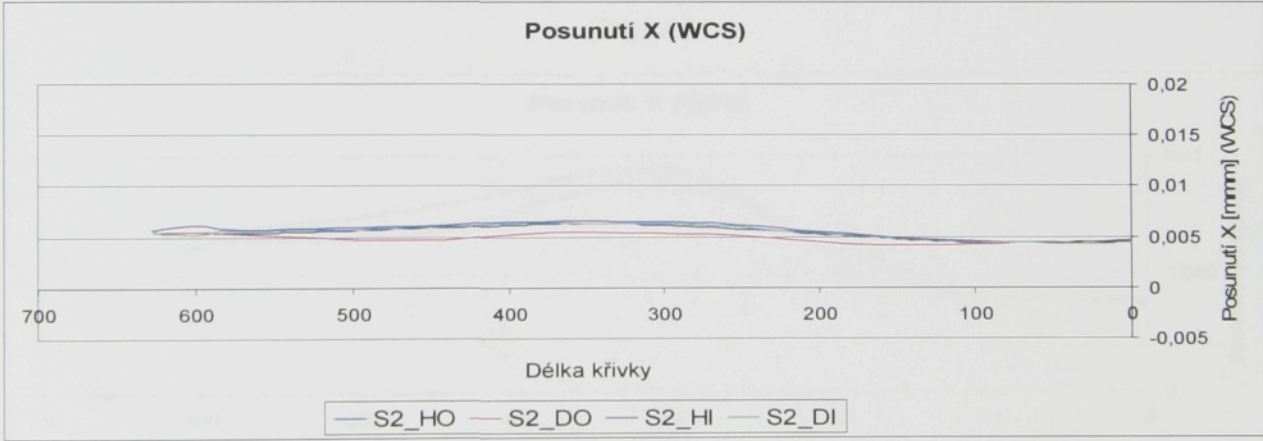
Z porovnání grafů č.3 – 6 a č.35 – 38 je dobře vidět menší deformace dělicí roviny v důsledku menšího zatížení od nosiče, ale dobře je též patrné otevírání dělicí roviny v důsledku tlaku působeného pěnou na málo tuhé víko.

4.2.10 Simulace 10. Vyzkoušení výsledků optimalizace formy viz. simulace 6 v nosiči JC 4-5

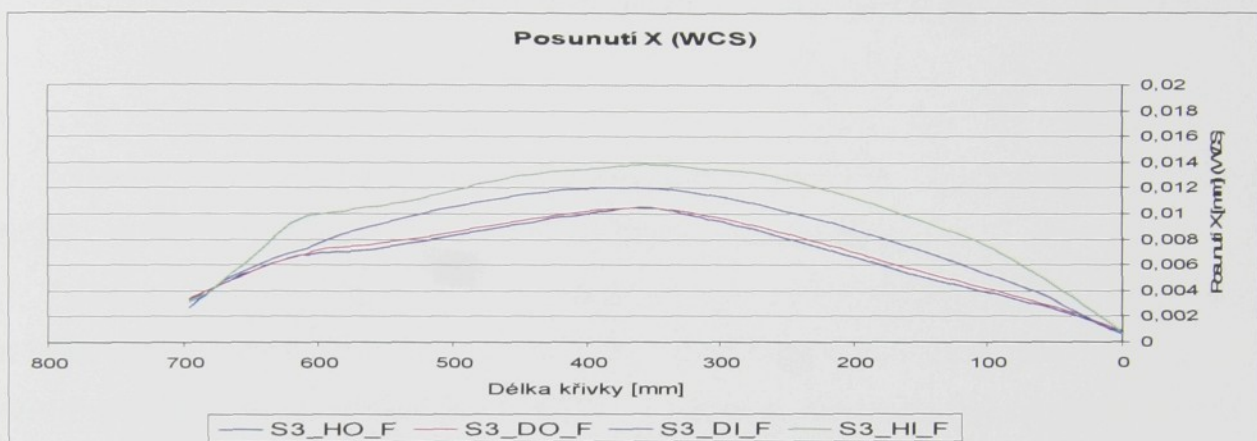
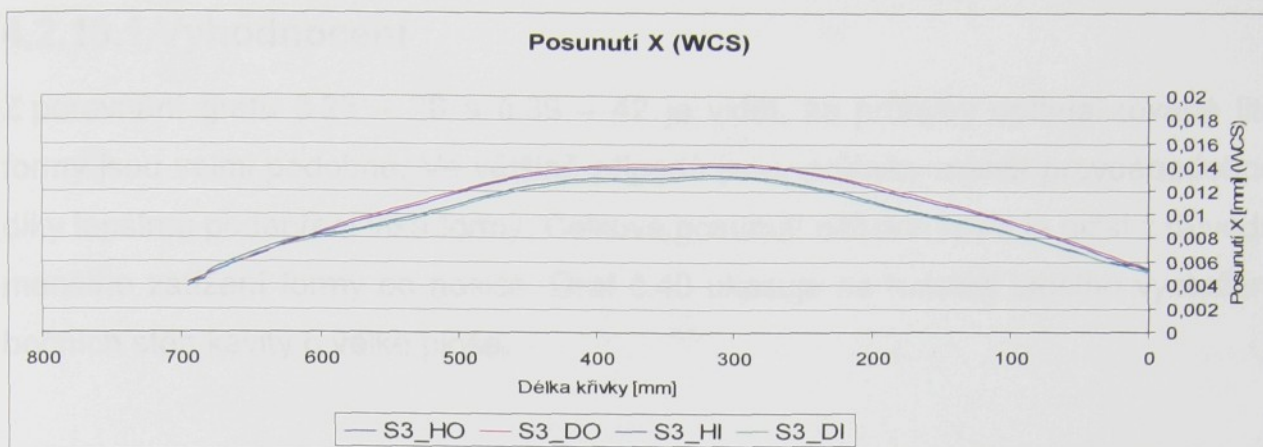
Poslední simulací je vyzkoušení optimalizované verze lité formy v nosiči JC 4-5.



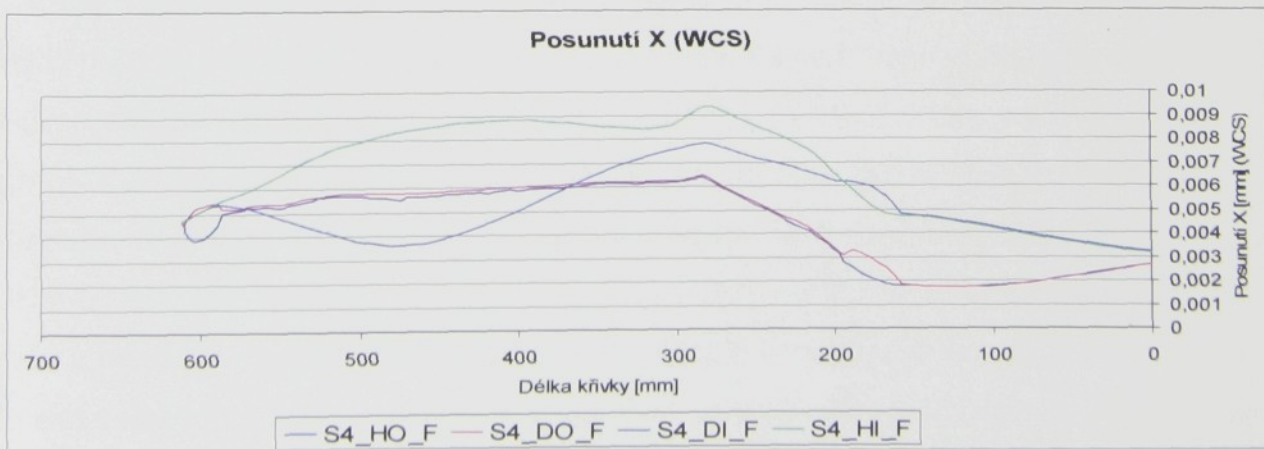
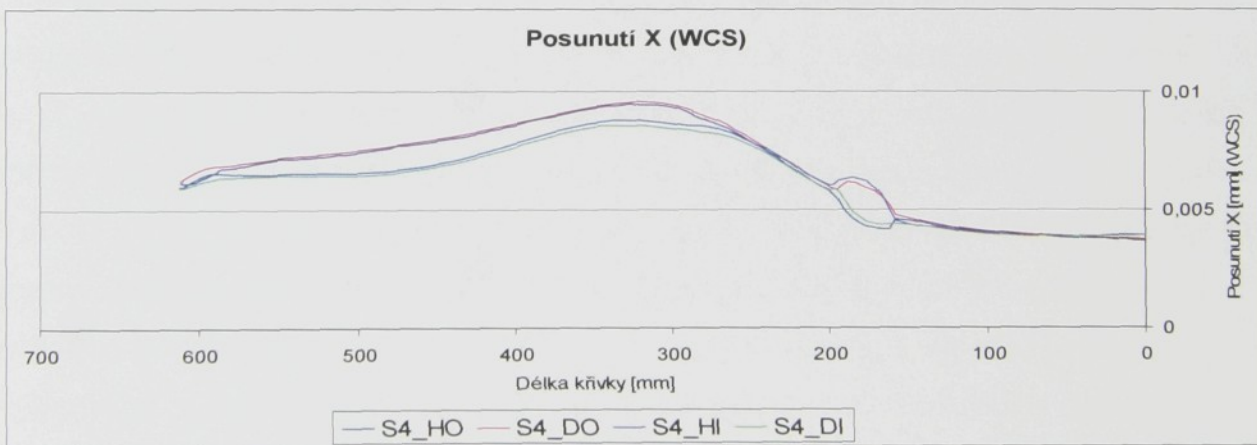
Graf 39



Graf 40



Graf 41



Graf 42

4.2.10.1 Vyhodnocení

Z porovnání grafů č.23 – 26 a č.39 – 42 je vidět, že průhyby optimalizované lité formy jsou velmi podobné. Ve většině případů jsou průhyby menší pravděpodobně díky lepšímu podepření víka formy. Celkové posunutí dělicích rovin je nižší z důvodu menšího zatížení formy od nosiče. Graf č.40 ukazuje na nutnost lepšího vyztužení bočních stěn kavity o velké ploše.

5 Závěr

V rámci diplomové práce bylo provedeno:

- uvedení do obecné problematiky
- popsány varianty používaných nosičů JC
- bylo proveden výběr vhodného příkladu formy
- byla zkonstruována vhodná platforma pro provádění pokusných konstrukcí pro výpočet MKP
- byly provedeny výpočty a vyhodnocení vybraných konstrukčních řešení pokusného modelu formy

Obecná problematika výroby PUR sedáků byla popsána. Byly vysvětleny některé příčiny úniku PUR pěny skrz dělicí rovinu během expanze.

Návrh výpočtových modelů byl realizován. Byly vytvořeny výpočtové modely lité a frézované formy s dostatečnou variabilitou pro zkoumání dílčích úprav těchto forem s ohledem na zajištění srovnatelných výsledků simulací. Byly vytvořeny dvě verze uložení těchto forem do nosičů odpovídající verzím nosičů JC 4-5 a JC 6.

Byly provedeny simulace vedoucí k optimalizacím forem tak, aby výsledky napomohly zlepšení kvality forem i vyráběných sedáků a snížily výrobní náklady.

Z výsledků optimalizace lité formy, v nosiči JC6, provedené na základě výpočtů formy je jasně viditelná spojitost mezi tuhostí víka formy a deformací dělicích rovin. Tuhost víka je jednoznačně ovlivněna tuhostí jeho podepření horním rámem nosiče formy. Dalším důležitým aspektem přímo ovlivňujícím průhyb dělicí roviny je tuhost přímého podepření dělicí roviny vany a víka vnější stěnou. Z výpočtů je dobře vidět výhodnost co nejtěsnějšího umístění vnější stěny formy u dělicí roviny nebo přímo pod ní. Následkem uprav vnějších stěn formy podle tohoto pravidla ovšem vzniká větší nutnost důsledné kontroly dimenzování tloušťky a tuhosti vnější stěny kavity bezprostředně navazující na dělicí rovinu. Výpočty frézované formy potvrzují fakt obvyklé dostatečné tuhosti těchto forem. Je ovšem opět nutné dbát na dostatečné dimenzování tloušťky vnějších stěn kavity. Přezkoušení dvou verzí lité formy v nosiči JC 4-5 potvrzuje výsledky nárůstu tuhosti u vylepšené verze této formy a potvrzuje také v praxi pozorovaný, nedostatečný přítlak tohoto nosiče, který vyniká v případě forem s kavitou o větší vodorovné ploše v místě dělicí roviny. Z provedených úprav lze vyvodit několik doporučení pro konstrukci forem pro PUR sedáky.

5.1 Výsledná doporučení:

- a) Vnější stěny formy je výhodné co nejdůsledněji umisťovat pod i nad dělicí rovinu a to i bez ohledu na obvyklou snahu dodržet pravidelný tvar těchto stěn.
- b) Úchytné body víka a stěny pod nimi, které nejsou přímo podepřeny rámem je vhodné vyztužit další plochou a žebrem navazujícím na protilehlé žebro vnitřní výztuhy víka.
- c) U převislých forem (60%) by bylo vhodné podepřít převislou dělicí rovinu dalšími položebry. Efektivnějšímu řešení tohoto problému by ovšem bylo vhodné věnovat další pozornost.
- d) Velké boční plochy kavity je vhodné proti boční deformaci vyztužit zvětšením tloušťky stěny nebo je vyztužit vnějším žebrováním.

6 Použitá literatura:

- [1] Norma ČSN 42 4331 *Slitina hliníku na odlitky*, květen 1987.
- [2] Prášil, L. - Lufinka, A. - Bouška, M. *Měření tlaku při vypěňování PUR ve formě*, 2005
- [3] Handbook *annexe 1 CC mould Carriers functional dimensions*, 20.1.2004 (důvěrné)
- [4] Handbook *annexe 2 CC mould Standard elements rev 02*, 20.1.2004 (důvěrné)
- [5] Handbook *annexe 3 CC mould Plants documents and procedures*, 20.1.2004 (důvěrné)
- [6] Handbook *CC mould rev 02 french version*, 6.2.2004 (důvěrné)
- [7] Handbook *CC mould rev 05 english version for MODELARNA*, 27.4.2007 (důvěrné)

7 Seznam příloh:

Příloha 1.....	Deformační pole nosné desky ze simulace č. 1
Příloha 2.....	Deformační pole nosné desky ze simulace č. 9
Příloha 3.....	Deformační pole nosné desky ze simulace č. 6
Příloha 4.....	Deformační pole nosné desky ze simulace č. 10

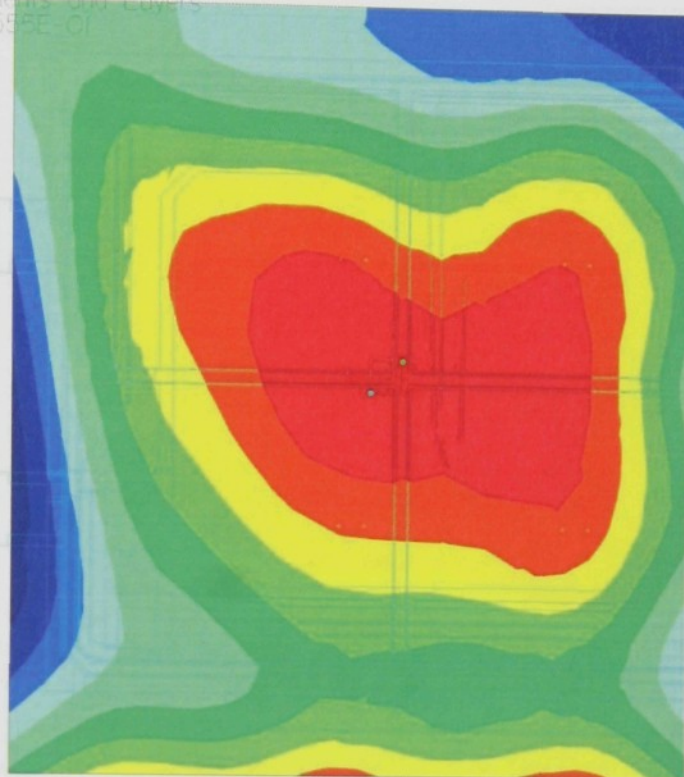
Příloha 1

Displacement Mag (WCS)
(mm)

Location: Components and Layers

Max Disp +1.2555E-01

Loadset: LoadSet1

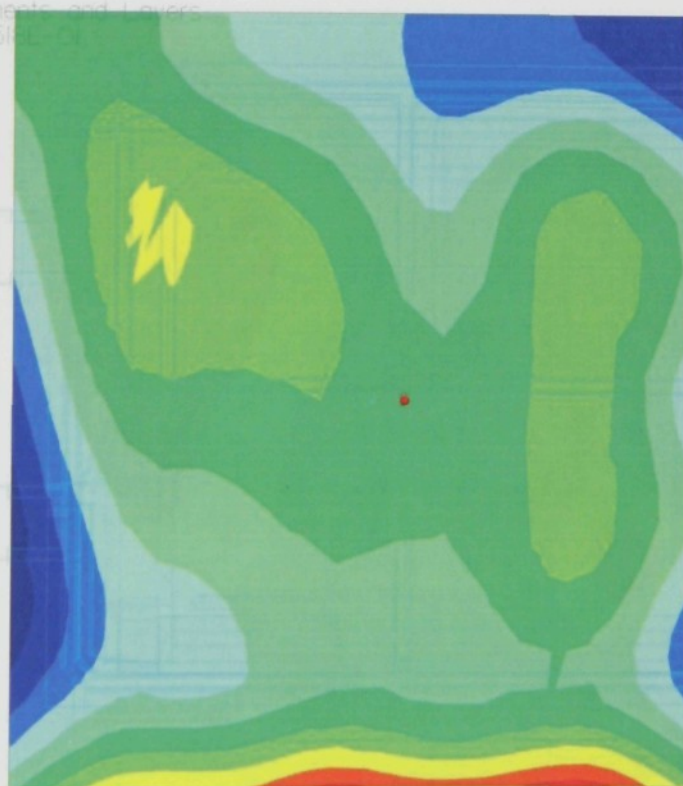


Displacement Mag (WCS)
(mm)

Location: Components and Layers

Max Disp +1.2516E-01

Loadset: LoadSet1



Deformační pole nosné desky ze simulace č. 1

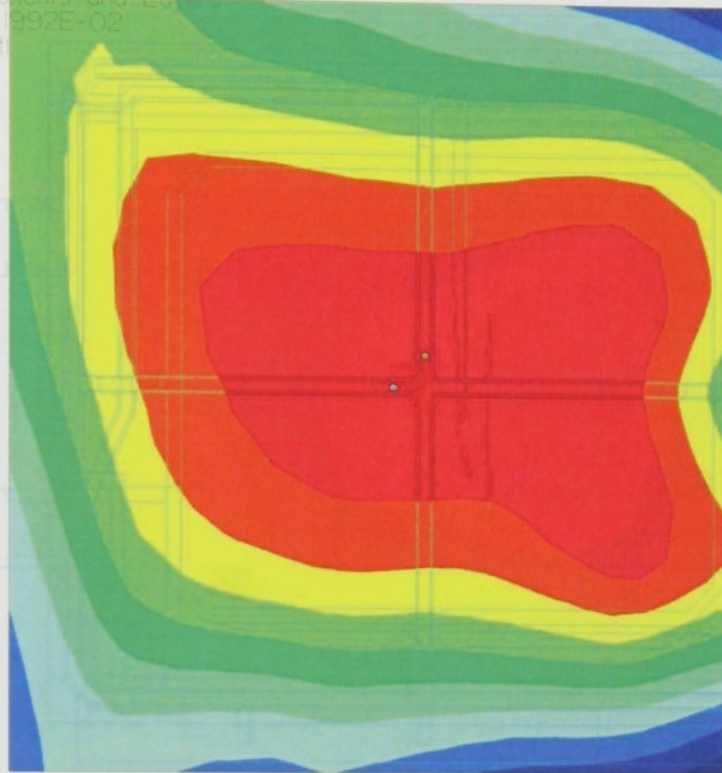
Příloha 2

Displacement Mag (WCS)
(mm)

Location: Components and Layers

Max Disp +7.1992E-02

Loadset: LoadSet1

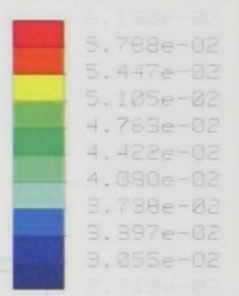
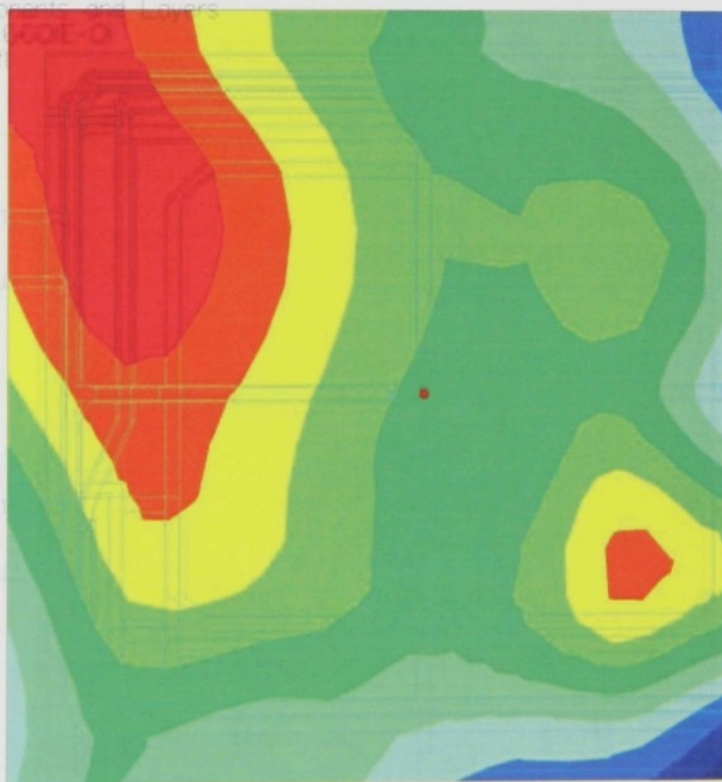


Displacement Mag (WCS)
(mm)

Location: Components and Layers

Max Disp +2.0000E-01

Loadset: LoadSet1

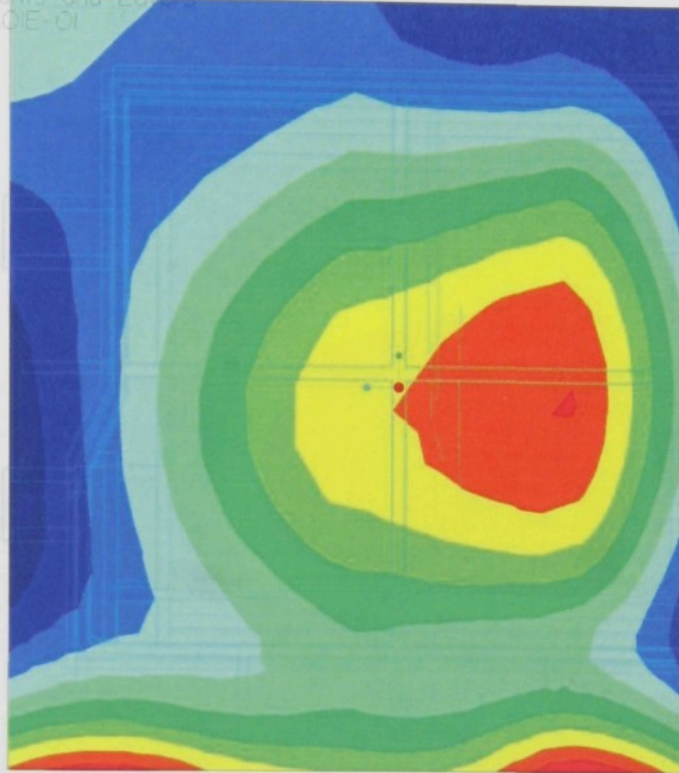


Deformační pole nosné desky ze simulace č. 9

Příloha 3

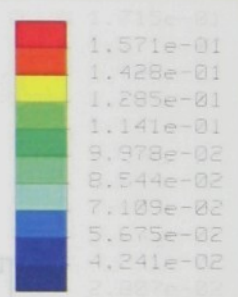
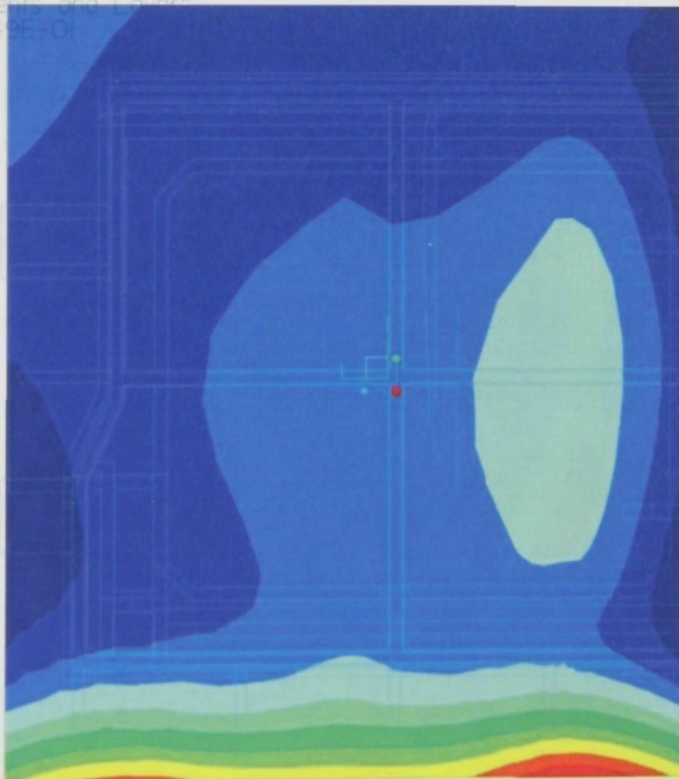
Displacement Mag (WCS)
(mm)

Location: Components and Layers
Max Disp +1.4501E-01
Loadset: LoadSet1



Displacement Mag (WCS)
(mm)

Location: Components and Layers
Max Disp +1.7149E-01
Loadset: LoadSet1

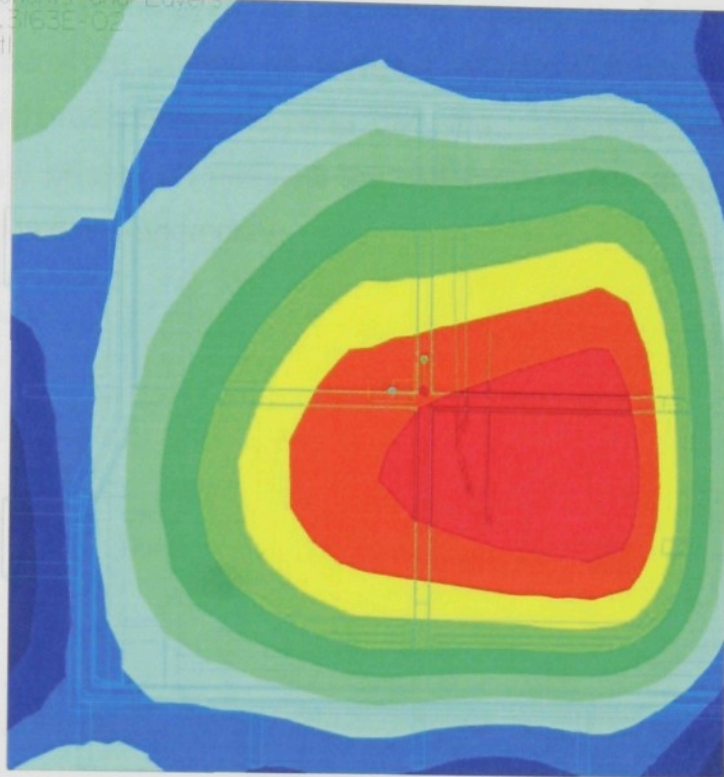


"Window1" - Analysis2 - Analysis2

Deformační pole nosné desky ze simulace č. 6

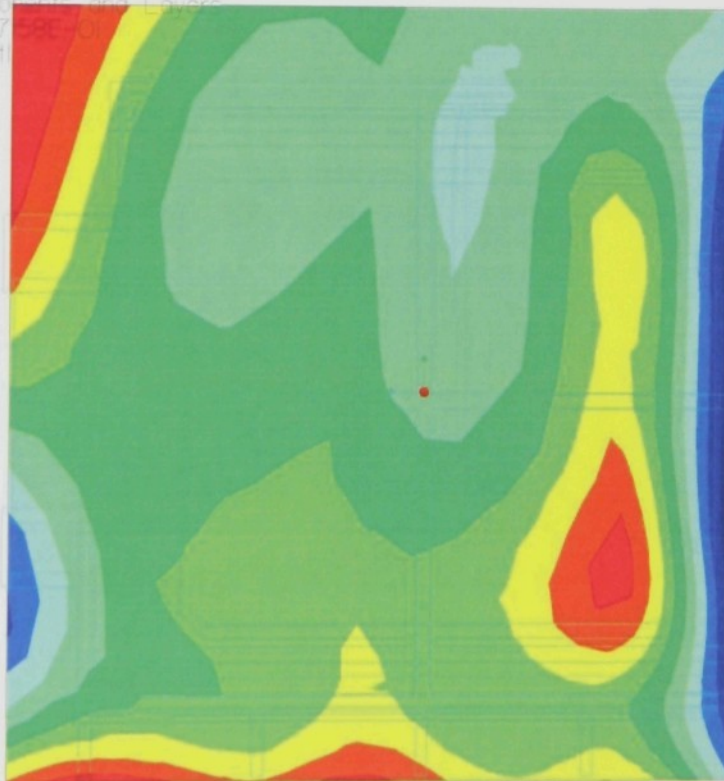
Příloha 4

Podhlavní
Displacement Mag (WCS)
(mm)
Location: Components and Layers
Max Disp +9.3163E-02
Loadset:LoadSet1



"Window1" - Analysis1 - Analysis1

Displacement Mag (WCS)
(mm)
Location: Components and Layers
Max Disp +1.759E-01
Loadset:LoadSet1



"Window1" - Analysis2 - Analysis2

Deformační pole nosné desky ze simulace č. 10

Poděkování

Závěrem této práce bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Pavlu Brabcovi za pomoc při realizaci výpočtových modelů a za vedení práce. Také bych rád poděkoval panu doc. Ing. Vojtěchu Pražmovi, CSc. za zadání a vstřícný přístup při realizaci mé diplomové práce a všem dalším, kteří byli při mé práci jakkoli nápomocni.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou (bakalářskou, doktorskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 25. května 2008

Podpis: Betšlona Andúg