

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Vývoj automobilového zámku přední kapoty

Development Automobile Engine Hood Latch

Student:

Bc. Martin Baránek

Vedoucí práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Baránek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstruční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Vývoj automobilového zámku přední kapoty
Development Automobile Engine Hood Latch**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukční řešení automobilového zámku pro přední kapotu, který bude mít základní komponenty v „plastovém“ provedení (rohátka, západka, těleso). Tvar těchto dílů vhodně optimalizujte, aby byla zachována jejich plná funkce. Zvolte nejvhodnější materiál s ohledem na statickou pevnost a životnost výrobku. Zpracujte referenční srovnání vybraných zámeků přední kapoty používaných v současných automobilech. Popište výrobu prototypového vzorku. Zpracujte výkresovou dokumentaci.


Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení 1. Spojovací části strojů. Návrh, Výpočet, Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016
Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopisné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literatury.

V Ostravě:

.....

Podpis

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na mojí diplomové práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školeních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola Baňská – Technická univerzita Ostrava (dále „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užití (§35 odst.3).
- Souhlasím s tím, že diplomovou práci bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Baránek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Antonína Sovy 37, Opava 5

ANOTACE

BARÁNEK, M. *Vývoj automobilového zámku přední kapoty: Diplomová práce.*

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, s.61. Vedoucí práce Kubín T.

V diplomové práci se zabývá konstrukčním návrhem automobilového zámku, který má hlavní komponenty v „plastovém“ provedení (rohatka, západka, tělesa). Tyto plastové díly jsem vhodně navrhl a optimalizoval na požadované zatížení. Zároveň srovnávám plastový zámek a ocelový zámek přední kapoty, srovnávám jak cenu zámků, tak hmotnost a zatížení zámků. V krátkosti porovnávám automobilové zámky přední kapoty v současném automobilovém průmyslu. Také se zabývám etapou výroby prototypového vzorku v současnosti.

ANNOTATION

BARÁNEK, M. *Development Automobile Engine Hood Latch: Master thesis.*

Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, s.61. Supervisor Kubin T.

The diploma thesis deals with the design of the car lock, which main components such as claw, pawl and housing are made of plastic. My main goal was to optimized these plastic parts for a certain amount of power. The following part shows a comparison of plastic lock and the steel lock of front bonnet. The following part shows a comparison of the plastic lock and the steel lock of the front bonnet. The comparison is made in terms of the price, weight and load of the locks. The diploma thesis also briefly deals with the comparison of car locks of car locks of front bonnets in the current automotive industry and the stage of prototype sample production nowadays.

Obsah

ÚVOD	9
1 ZÁMKY PŘEDNÍ KAPOTY	10
1.1 ZÁMEK VOLVO	11
1.2 ZÁMEK BMW	13
1.3 ZÁMEK FORD	15
1.4 ZÁMEK HYUNDAI	17
1.5 ZÁMEK PEUGEOT	19
1.6 ZÁMEK AUDI	21
2 PROTOTYPOVÝ VZOREK	24
2.1 TECHNOLOGIE RAPID PROTOTYPING	24
2.2 ETAPY RYCHLÉ VÝROBY PROTOTYPU	25
3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH	28
PRINCIP KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ ZÁMKU	30
3.1 ROHATKA.....	31
3.2 ZÁPADKA	34
3.3 ZÁKLADNÍ DESKA	36
3.4 KRYCÍ DESKA	37
3.5 SPÍNAČ	39
3.6 BOWDEN	41
4 PLASTOVÉ MATERIÁLY	43
5 PEVNOSTNÍ ANALÝZA	46
5.1 MATERIÁL, VAZBY, SÍŤE A ZATÍŽENÍ	46
5.2 SÍLA VERTIKÁLNÍ	46
5.3 VÝSLEDKY VERTIKÁLNÍ SÍLY	48
5.4 SÍLA POTOČENÁ O 45 STUPŇŮ	48
5.5 VÝSLEDKY SÍLY POSUNUTÉ O 45°	50
6 SROVNÁNÍ ZÁMKU V OCELOVÉM A PLASTOVÉM PROVEDENÍ	51
6.1 SROVNÁNÍ CENY VZORKŮ	51
6.2 SROVNÁNÍ HMOTNOSTI VZORKŮ	52
6.3 SROVNÁNÍ PEVNOSTI ZÁMKŮ	53
7 ZÁVĚR	59
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	60
9 SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH:	62
PODĚKOVÁNÍ	68

Zkratky	Název	Jednotky
D	Střední průměr	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu materiálu pružiny	[Mpa]
E _{spiral}	Modul pružnosti v tahu materiálu pružiny	[Mpa]
F	Napínací síla pružiny	[N]
F _{kapoty}	Síla na kterou působí třmen od kapoty	[N]
F _o	Vnitřní síla šroubu	[N]
F _p	Vnější příčná provozní síla	[N]
L	Účinná délka pružiny	[mm]
M _{sp}	Napínací moment spirálové pružiny	[N.mm]
M _{Tz}	Krouticí moment na šroub	[N.mm]
M _u	Utahovací moment šroubu	[N.mm]
M _{zp}	Napínací moment zkrutné pružiny	[N.mm]
P _h	Stoupání závitů	[mm]
R	Rameno napínacího momentu pružiny	[mm]
R _e	Mez kluzu v tahu	[N.mm ²]
R _{e šroub}	Mez kluzu v tahu	[N.mm ²]
R _m	Mez pevnosti v tahu	[N.mm ²]
b	Šířka pružiny	[mm]
d	Jmenovitý průměr závitu	[mm]
d	Průměr drátu	[mm]
d ₂	Střední průměr závitu	[mm]
d ₃	Malý průměr závitu	[mm]
f	Součinitel smykového tření	[-]
f _z	Součinitel tření mezi závity	[-]
k	Bezpečnost proti prokluzu spojovaných částí	[-]
k	Koeficient bezpečnosti	[-]
k _s	Koeficient bezpečnosti	[-]
n	Počet činných závitů	[-]
q	Korekční faktor stresu	[-]
r ₂	Střední poloměr začátku prvního (vnitřního) činného závitu při volném stavu pružiny	[mm]
r ₃	Střední poloměr konce posledního (vnějšího) činného závitu při volném stavu pružiny	[mm]
t	Tloušťka pásu pružiny	[mm]
v	Vůle mezi závity pružiny ve volném stavu	[mm]
w	Index Pružiny	[mm]
α	Úhel stoupaní závitů	[°]
φ'	Redukovaný třecí úhel	[°]
ω	Úhel natočení	[°]

π	Ludolfovo číslo	[-]
σ	Napětí v místě největšího namáhání pružiny	[N.mm ²]
σ_{dmo}	Dovolené mezní napětí v ohybu	[N.mm ²]
σ_{DOV}	Dovolené napětí v tahu	[N.mm ²]
σ_t	Normálové napětí v tahu šroubu	[N.mm ²]
τ_{kr}	Smykové napětí v krutu šroubu	[N.mm ²]
ψ	Úhel stoupání závitu	[°]

ÚVOD

Přední kapotový zámek je prvek pasivní bezpečnosti vozidla, který zajišťuje kapotu proti otevření v rozsahu předepsaných zatěžovacích stavů určených zákazníkem, tedy automobilkou, která si produkt objedná nebo má výhradní zájem na vývoji takového produktu. Přední kapotový zámek je bezúdržbové zařízení, které musí bezchybně plnit svoji funkci po celou dobu životnosti vozidla předepsanou zákazníkem. Je to funkční celek, se kterým uživatel přijde do styku ve většině případů pouze při otevírání kapoty, to znamená, když je zamykací čep zachycen pouze záchytným hákem. Tento hák je nutno vychýlit, aby šla kapota zcela uvolnit.

V první části diplomové práce porovnávám zámky přední kapoty několika významných světových automobilek z hlediska jejich bezpečnosti, hmotnosti a výrobních nákladů.

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a upravit stávající koncept zámku firmy Volvo tak, aby některé části z oceli byly nahrazeny plastem (rohatka, západka, tělesa) a při tom, aby byla zachována jejich funkce. Navíc oproti ocelovému řešení musel plastový zámek zvládnout přenos síly otočené o 45° k vertikálnímu směru. Následně jsem porovnal vlastnosti plastového zámku s ocelovým, jejich hmotnosti a variabilní ceny.

1 ZÁMKY PŘEDNÍ KAPOTY

Zámek slouží k otevření přední kapoty, kde ve většině případů je uložený motor. Měl by splňovat několik zásad. Hlavním požadavkem je zamknutí kapoty a zamezení vlastního otevření po odjištění zámku přední kapoty i za působení vnějších vlivů jako je například vítr. Z tohoto důvodu jsou zámky dvoupolohové anebo se používají výklopné háky, jak lze vidět na obr. 1. Také bývají v přední kapotě uloženy dva zámky, jeden jako zamykací a druhý jako jistící, lze vidět v příloze III.



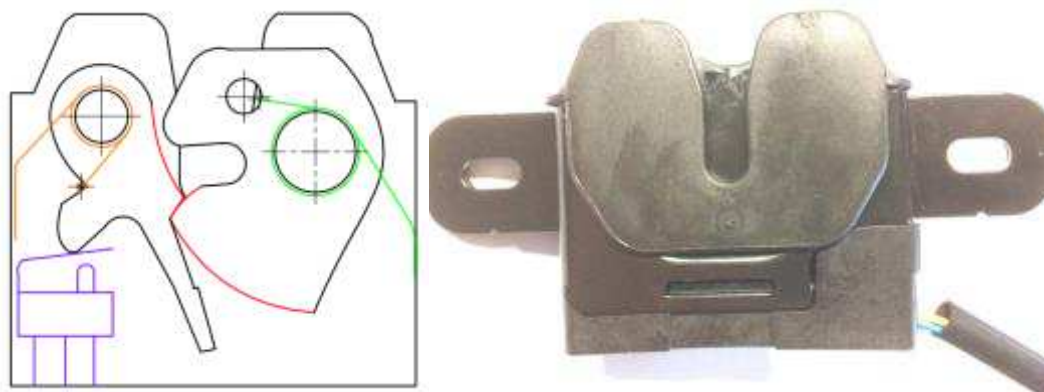
obr. 1 – výklopné háky přední kapoty

V této kapitole se zabývám srovnáním zámků přední kapoty šesti významných světových automobilek. Postupoval jsem tak, že jsem si vybral 8 výhod zámků, k nim jsem přiřadil body 1–3, kdy 3 je nejlepší číslo (viz. tab. č.13). Jako hlavní výhody jsem považoval hmotnost a cenu.

Všechny zámky jsou nakoupeny od výrobců značek v autorizovaném servise. Zámek jsem vždy demontoval a snažil se pochopit jeho princip, každý díl jsem zvažil a zapsal do hmotnostních tabulek.

1.1 Zámek Volvo

Firma Volvo vyrábí zámky v modelových řadách XC50, XC60 a XC90. Pro firmu je typický spínač se třemi kontakty, kde třetí kontakt slouží jako bezpečnostní prvek. Všechny ostatní automobilky používají spínače pouze se dvěma kontakty.



obr. 2 – schéma a zámek přední kapoty

Když se zavře kapota, třmen překoná sílu pružiny rohatky (obr. č.2 pružina znázorněna zeleně) a díky tomu se rohatka začne pohybovat směrem dolů. Po překonání nájezdu západky (obr. č.2 červené kontaktní plochy) zámek zapadne. Díky pohybu západky se sepne microspínač, který je vyznačen na schématu fialově. Při otevírání bowdenu musí západka překonat sílu pružiny a tření v kontaktním místě, pak vyklouzne rohatka a pomocí pružiny se vrátí zpět.



obr. 3 – rozklad zámku přední kapoty firmy Volvo

Hmotnosti jednotlivých částí přední kapoty:

tab.č.1 – hmotnostní tabulka zámku Volvo

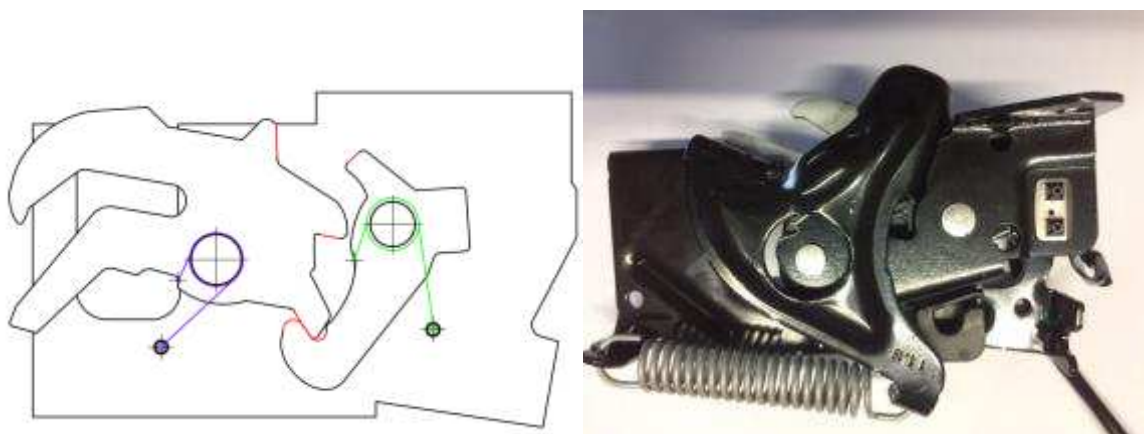
Zámek Volvo	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L	M	Celkem
Hmotnost dílu [g]	58	35,1	7,8	6,1	32,6	0,2	3,2	3,1	2,7	12,5	9,3	53,6	9,4	36	269,6
Funkční část	základní deska	krycí plast se spínačem	pružina vyhazovače	nýt pro vyhazovač	podložka pro nýt	deska pro vyhazovač	Plast vyhazovače	pružina rohátky	pružina západky	západka	čep rohátky	krycí deska	čep západky	rohátka	

Jako hlavní výhody tohoto zámku vidím jednoduchost konstrukce, funkčnost, tvar rohatky, který je robustnější a tím pádem vydrží i více. V zámku je zabudovaný mikrospínač a vyhazovač. Pružinu vyhazovače jsem do schématu nekreslil z důvodu nepřehlednosti.

Nevýhodou tohoto zámku je, že nemá dvoustupňové otevírání.

1.2 Zámek BMW

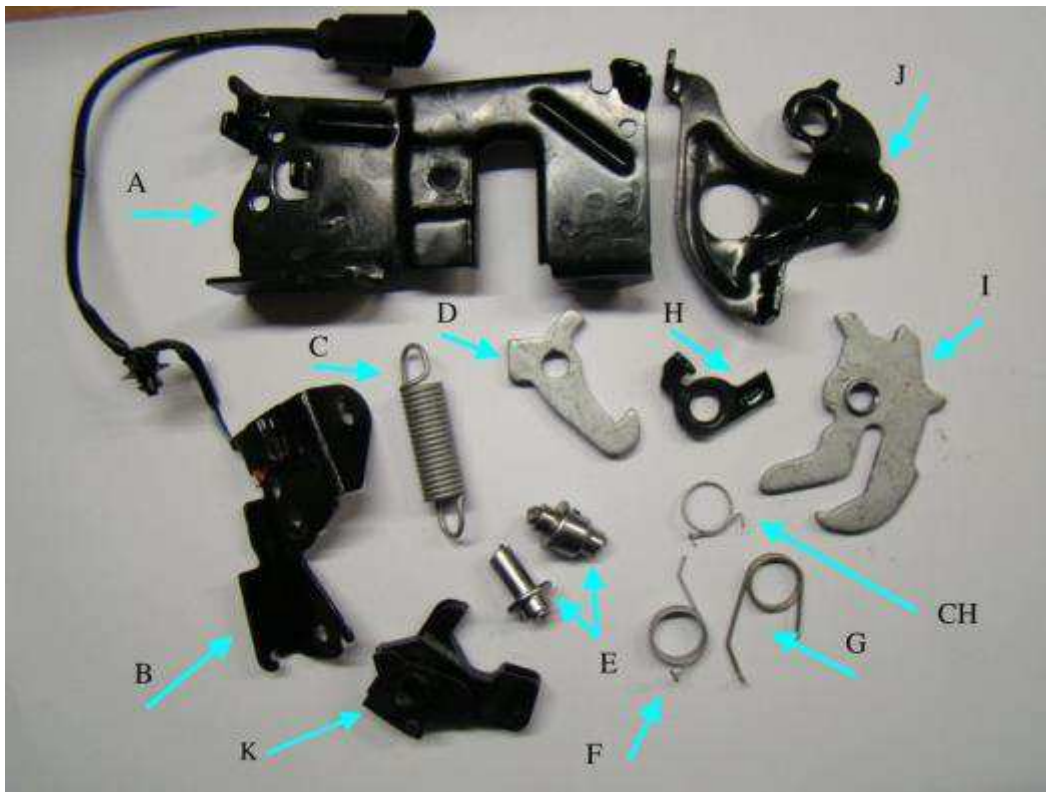
Tento typ zámku se používá v autech firmy BMW. Zámek je dvupolohový, jeho součástí je vyhazovač i mikrospínač, nepotřebuje proto další mechanismus. Do daného schématu jsem nekreslil vyhazovač z důvodu nepřehlednosti mechanismu.



obr. 4 – schéma a zámek BMW

Když je zámek plně otevřený, opírá se rohatka ve vrchní vyznačené červené ploše o rohatku. Zatlačíme-li na kapotu auta, rohatka sjede dolů, překoná odpor vyhazovače a odpor pružiny západky, díky tomu zaskočí první poloha. Když se kapota přitlačí na doraz, rohatka sjede dolů a přetlačí odpor jak vyhazovače tak rohatky a zaskočí do poslední polohy. Odjištěním kapoty se díky bowdenu posune rohatka směrem doprava a západka vyskočí a zapadne do první polohy. Následným odjištěním zámku pod kapotou, tj. zatažením za páčku, kde je přichycený bowden, západka díky pohybu doprava vyskočí a zapadne do výchozí polohy.

Výhodou tohoto zámku je možnost dvou poloh kapoty. Součástí zámku jsou mikrospínač a vyhazovač kapoty. Jeho nevýhodou je robustní konstrukce rohatky i západky a složitá konstrukce vyhazovače.



obr. 5 – rozklad zámku přední kapoty firmy BMW

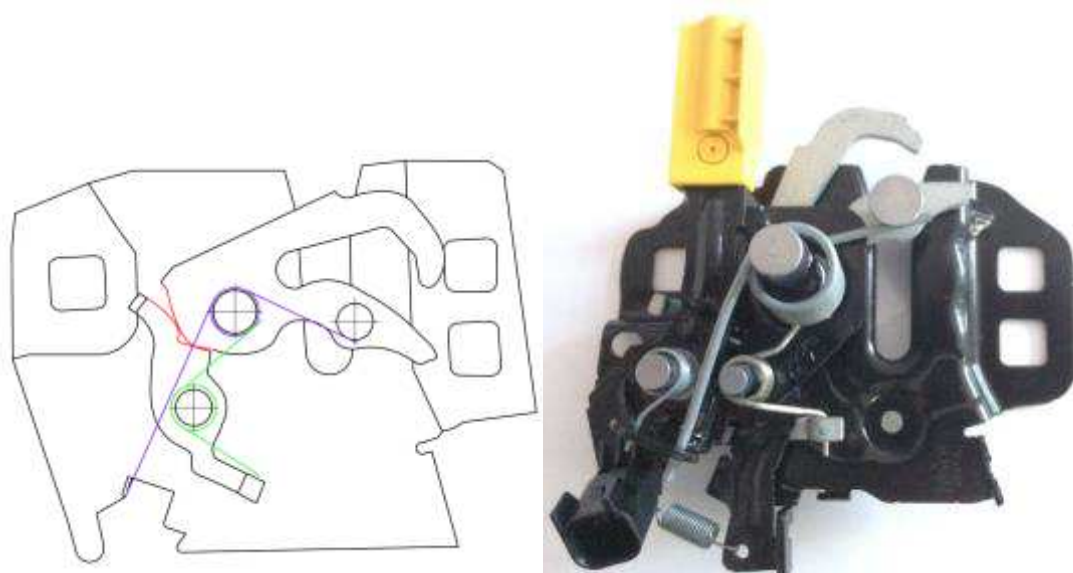
Hmotnosti jednotlivých části zámku přední kapoty:

tab.2 – hmotnostní tabulka zámku BMW

Zámek BMW	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	Celke m
Hmotnost dílu [g]	156,9	64,7	19,1	28,7	34,7	2,9	3	10,8	0,5	58,4	75,4	10,2	465,3
Funkční část	základní deska	kryt se spínacem	pružina vyhazovače	západka	čepy rohátky a západky	pružina rohátky	pružina západky	páčka	pružina páčky	rohátka	plech vyhazovače	plast západky	

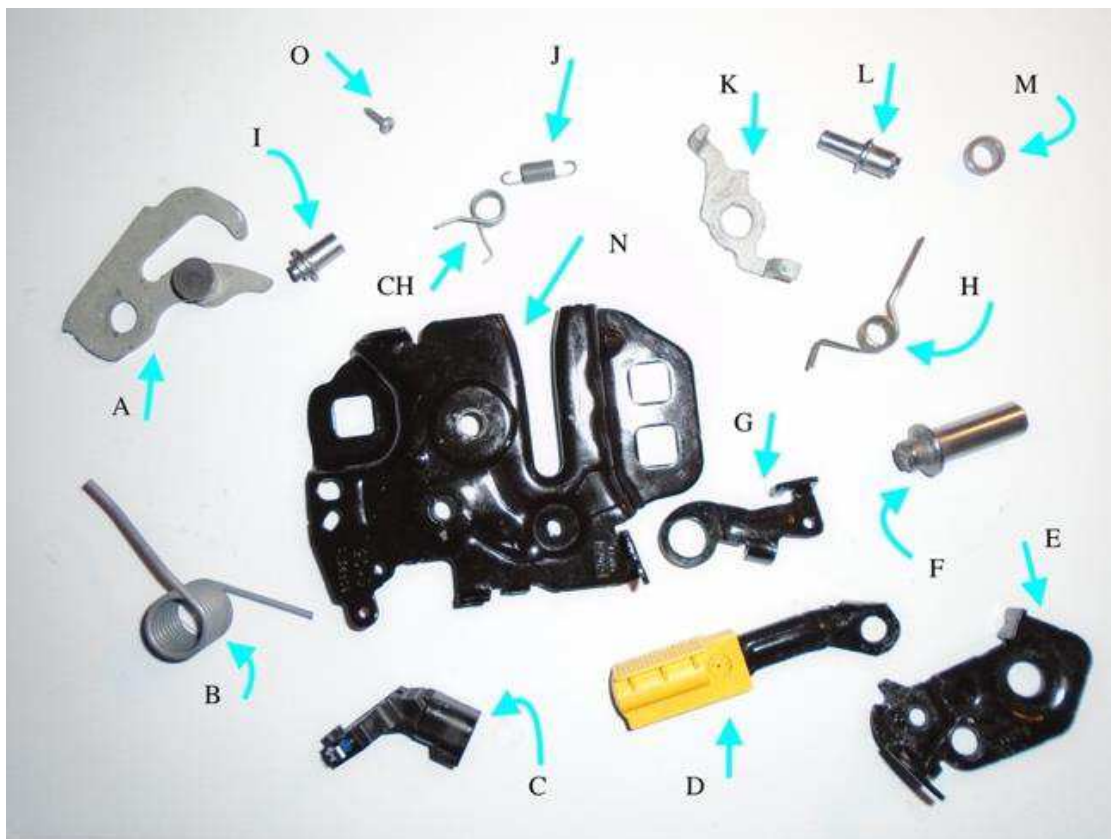
1.3 Zámek Ford

Tento typ zámku se používá v automobilech firmy Ford v modelových řadách C-max a S-max. Tento zámek je montovaný ve dvojici (jedna část – viz. příloha č.VI). Schéma zámku je zjednodušené kvůli názornosti mechanismu.



obr. 6 – schéma a zámek Ford

Zatlačíme-li na přední kapotu, třmen zatlačí na rohatku, síla vykonaná na kapotu přetlačí sílu pružiny rohatky (obr.č.6 pružina rohatky vyznačena fialovou barvou). Západka zaskočí nejprve do první polohy a následně hned i do poslední polohy. Jestliže chceme kapotu otevřít, řidič v kabině potáhne páčku pro otevření kapoty, tím se západka posune směrem doprava a překoná tuhost pružiny (obr. č.6 pružina západky vyznačena zelenou barvou). Díky tvarovému styku (obr. č. 6 vyznačeno červeně) zapadne západka do rohatky. Řidič ručně pootočí žlutou páčkou pod přední kapotou směrem doleva, tím se západka posune směrem doleva, rohatka vyhodí třmen přední kapoty a ta se otevře.



obr. 7 – rozklad zámku přední kapoty firmy Ford

Hmotnosti jednotlivých částí zámku přední kapoty:

tab.3 – hmotností tabulka zámku Ford

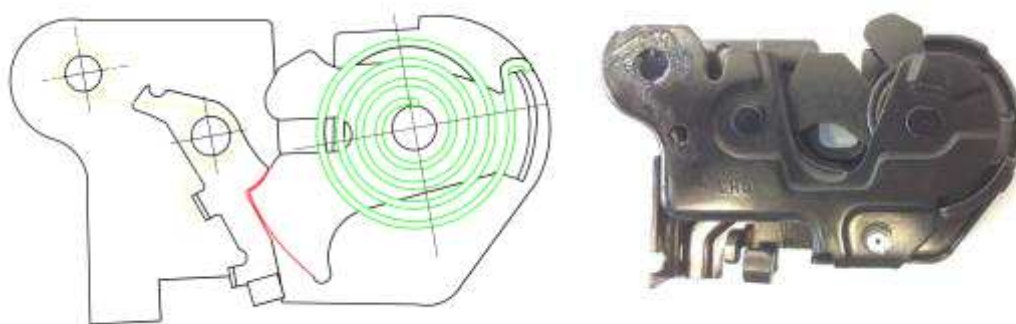
Zámek Ford	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L	M	N	Celkem
Hmotnost dílu [g]	40,8	17,4	8,2	25,6	34,2	29	11,9	3,1	1,4	6,4	0,8	14,5	7,6	1,7	137,3	339,9
Funkční část	rohátka	pružina vyhazovače	microspínač	páka pro otevření kapoty	pomocné rameno	čep rohátky	táhlo pro otevření kapoty	pružina rohátky	pružina	čep	pružina	západka	čep západky	sředící kroužek	základní deska	

Výhody tohoto zámku vidím v tom, že vyhazovač je součástí rohátky a tím se ušetří místo, na západce je rovnou rameno pro otevření kapoty a zámek je dvoupolohový. Součástí

zámku je microspínač. Nevýhodou zámku je robustní konstrukce a 3 upevňovací otvory, ideální jsou dva.

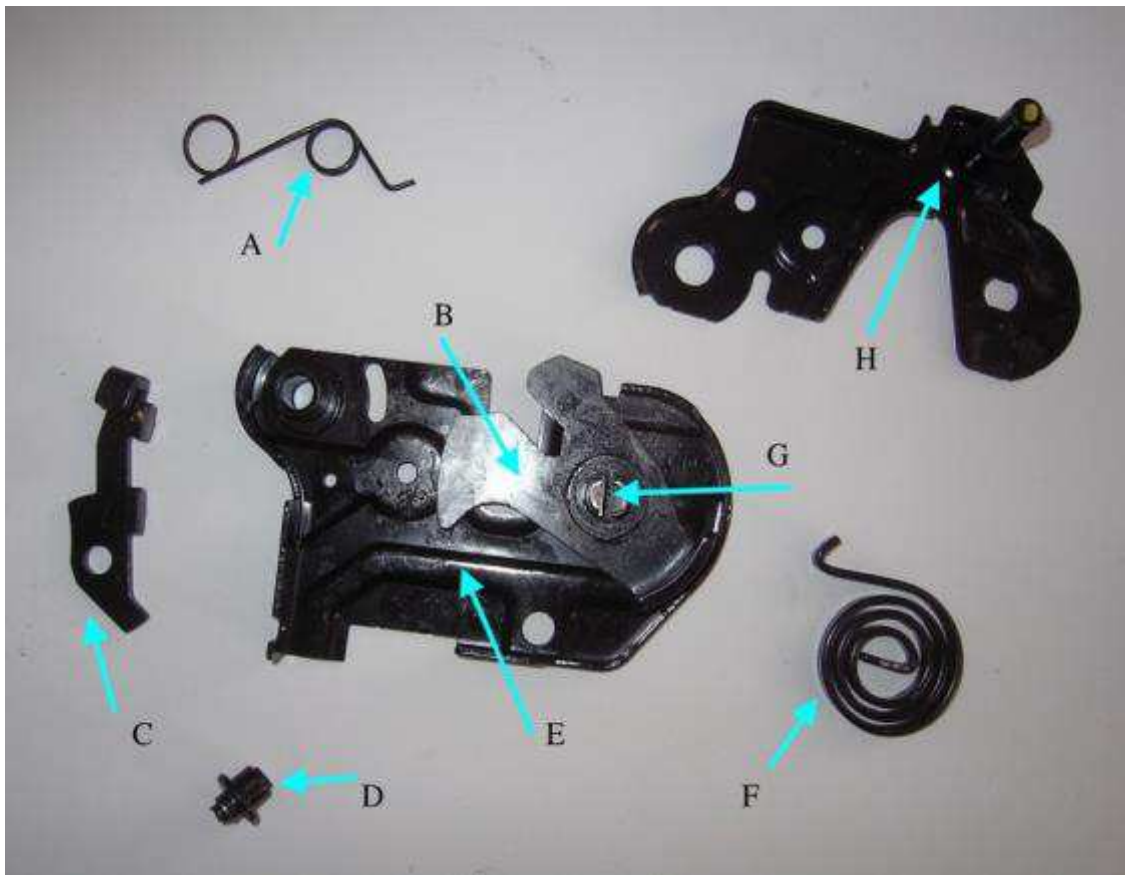
1.4 Zámek Hyundai

Tento druh zámku se používá v modelové řadě Tucson. Zámek je montovaný spolu s mechanismem na ochranu chodců, do kterého je připevněna patrona stlačeného vzduchu, viz. Příloha V. V tomto zámku je atypicky řešena spirálová pružina s čepem rohatky, který je nýtován dvojitě (dva čepy vedle sebe a v nich je drážka).



obr. 8 – schéma a zámek Hyundai

Při zavírání přední kapoty třmen narazí na rohatku. Síla rohatky překoná sílu pružiny (na obr. č.8 je vyznačena zeleně). Následně západka zatlačí z boku na rohatku, červené plochy dosednou na sebe a zámek je uzavřen. Pro otevření přední kapoty řidič zatáhne v kabině za páčku, která působí na bowden ve spodní části zámku. Bowden působí na západku a díky tomu kontaktní plochy vyklouznou z polohy pro zamknutí a zámek je otevřený.



obr.č.9 – rozklad zámku přední kapoty firmy Hyundai

Hmotnosti jednotlivých částí zámku přední kapoty:

tab. 4– hmotnostní tabulka zámku Hyundai

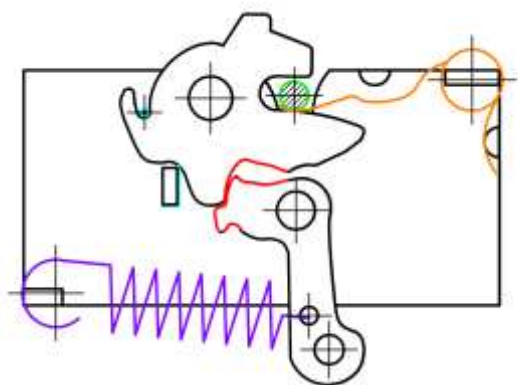
Zámek Hyundai	A	B	C	D	E	F	G	H	Celkem
Hmotnost dílu [g]	2,2	-	22,4	6,6	169,2	24,1	-	71,3	295,8
Funkční část	pružina západky	rohátka	západka	čep západky	základní deska	zkrutná pružina	čep rohátky	krycí deska	

Výhodu vidím v tom, že vyhazovací pružina je rovnou v rohátce, což je velice šikovné řešení, které ušetřilo dost místa, a bowden je přímo na západce. Konstruktivně je zámek jednoduchý (není moc dílů, zároveň počítá i s bezpečností chodců). Jeho nevýhodou je absence microspínače přímo v konstrukci zámku, i když konstruktivně by to bylo určitě

možné. Spínač je v další nástavbě zámku (viz. příloha IV). Další nevýhodou je, že nemá dvě polohy otevírání.

1.5 Zámek Peugeot

Tento zámek používá firma Peugeot v autech modelové řady 208, 2008 a 308. Montuje se ve dvojici ještě z jedním zámekem, jak lze vidět v příloze č. I a II. Jeden funguje jako hlavní zámek kapoty a druhý brání nechtěnému otevření kapoty.



obr. 10 – schéma a zámek Peugeot

Princip zámku spočívá v tom, že zatlačením na přední kapotu se dostane do pohybu třmen (na obr. č. 10 je vyznačen zeleně), ten překoná odpor oranžové pružiny a pružiny rohatky (na obr. č.10 je označena světle modrou barvou). Díky tomu zaskočí západka po plochách rohatky (na obr. č.10 jsou znázorněny červeně). K otevření zámku stačí zatáhnout za páčku v kabině, tím se překoná odpor pružiny západky (na obr. č. 10 je vyznačen fialovou barvou) a pružina rohatky vyskočí zpět do základní polohy.



obr. 11 – rozklad zámku přední kapoty Peugeot

Hmotnosti jednotlivých částí zámku přední kapoty:

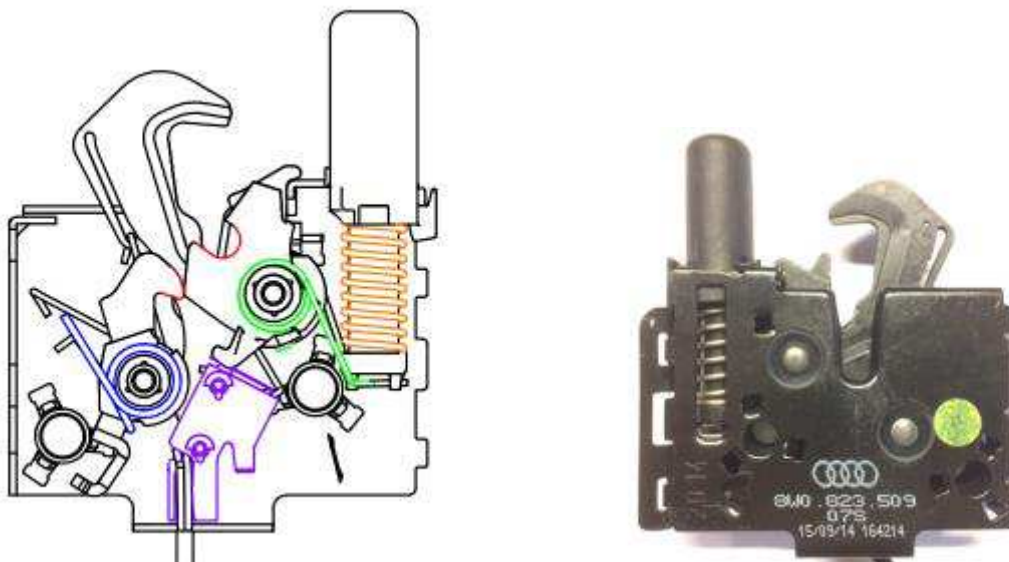
tab. 5 – hmotnostní tabulka zámku Peugeot

Zámek Peugeot	A	B	C	D	E	F	G	H	Celkem
Hmotnost dílu [g]	73,4	13,2	1,9	23,7	9,3	3,5	9	1,8	135,8
Funkční část	základní deska	západka	pružina rohátky	rohátka	táhlo s čepem rohátky	tažná pružina západky	pružina vyhazovače	čep rohátky	

Výhodou tohoto zámku je celková konstrukční jednoduchost, tj. málo funkčních prvků, nízká váha a pružina vyhazovače. Jeho nevýhodou je, že musí pracovat s dalším zámkem, nemá zabudované dvě polohy otevírání a neobsahuje microspínač.

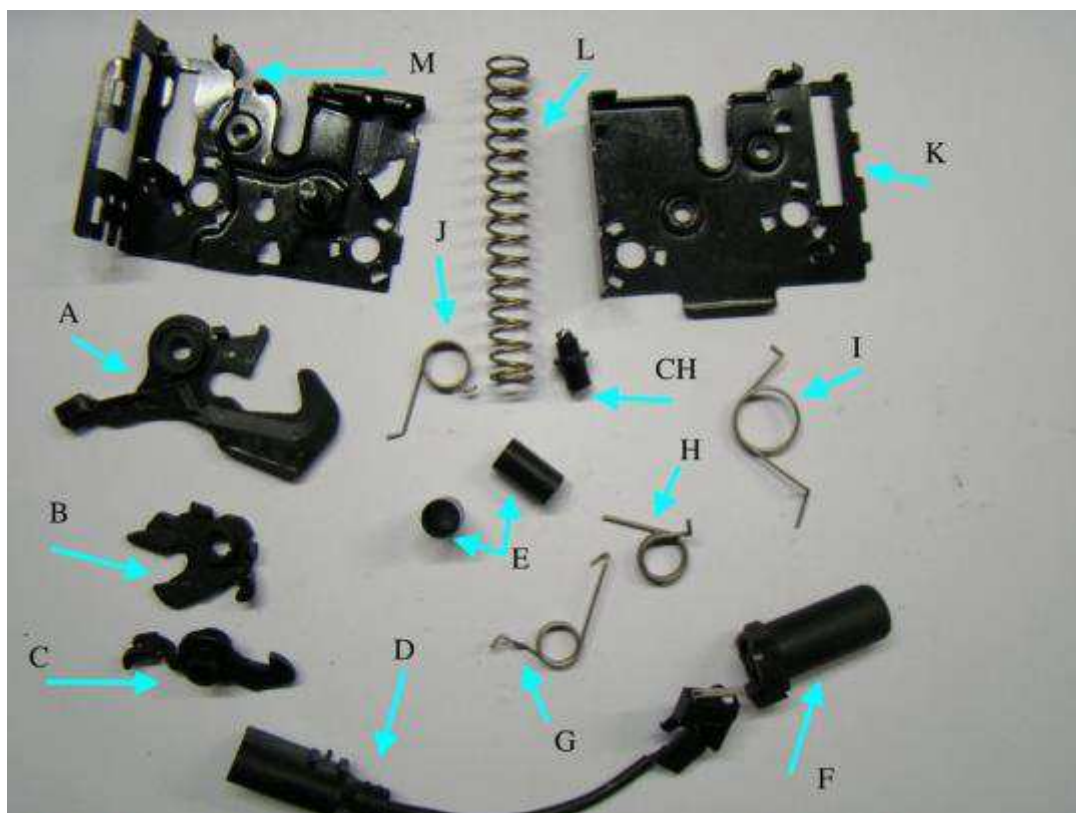
1.6 Zámek Audi

Zámek používá firma Audi v automobilech modelové řady Q5. Jeho zajímavostí jsou čepy zakápnuté silikonem proti korozi (zjistil jsem to při rozebírání). Zámek je upevněný přímo k přední části karoserie, díky tomu šrouby drží zámek pohromadě. Aby se zámek nerozsypal při manipulaci, jsou zde použité nacvakávací klipy.



obr. 12 – Schéma a zámek Audi

Zatlačíme-li na přední kapotu, rohatka se dostane do pohybu směrem dolů, západka sklouzne po hraně rohatky a zámek se zamkne. Pro otevření kapoty řidič zatáhne v kabině za páčku, západka vyskočí z rohatky a vyhazovač vyhodí třmen na stavěč zdvihu. Třmen, který je výklopný, odjistí i pojistnou část kapoty. A zámek je odemčený.



obr. 13 – rozklad zámku přední kapoty firmy Audi

Hmotnosti jednotlivých částí zámku přední kapoty:

tab. 6– hmotnostní tabulka zámku Audi

Zámek Audi	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K	L	M	Celkem
Hmotnost dílu [g]	29	16,1	11,7	15,7	10,1	11,6	2	2,7	6,3	2,1	1,7	75,2	9	80,4	273,6
Funční část	stavěč pro zdvih	rohátka	západka	spínač s konektorem	středící válečky	plast vyhazovače	pružina západky	pružina rohátky 1	čep rohátky	pružina stavěče	pružina rohátky 2	krycí deska	pružina vyhazovače	základní deska	

Výhodou je nahrazení dvou poloh výklopným třmenem a jednoduchá montáž díky klipům. Součástí zámku je jak vyhazovač, tak microspínač. Nevýhodou je složitá konstrukce základní desky (hodně dílů).

tab. 7 - referenční srovnání šesti zámeků

Zámky	Volvo	BMW	Ford	Hyundai	Peugeot	Audi
Výhody						
Jednoduchost (2)	Ano (2)	Ne	Ne	Ano (2)	Ano (2)	Ne
Vyhazovač (1)	Ano - externí (1)	Ano (1)	Ano (1)	Ano (1)	Ano (1)	Ano (1)
El. Spínač (2)	Ano (2)	Ano (2)	Ne	Ne, je mimo zám.	Ne	Ano (1)
Upevňovací otvory (2)	Dva (1)	Dva (1)	Tři		Dva (1)	Dva (1)
Počet poloh (2)	Jedna (1)	Dvě (2)	Dvě (2)	Jedna (2)	Jedna (1)	Dvě (2)
Počet dílů (3)	14 s vyhazovačem (1)	12 (2)	15 (1)	8 (3)	8 (3)	13 (1)
Hmotnost (3)	269,6 g (2)	465,3 g	339,9 g (1)	295,8 g (2)	135,8 g (3)	273,6 g (2)
Cena (3)	1989,- (2)	1193,- (2)	972,- (3)	9891,-(1)	875,- (3)	1734,- (2)
Zhodnocení	13 b	12 b	11b	13 b	15 b	11 b
Pořadí	2	3	4	2	1	4

2 PROTOTYPOVÝ VZOREK

První výrobní fáze výrobku je v prototypové formě. Prototyp výrobku slouží k získání fyzického modelu, k ověření funkčnosti výrobku nebo vyzkoušení výrobku pevnostně.

2.1 Technologie rapid prototyping

Rapid prototyping je progresivní skupina metod, která slouží k co nejrychlejší tvorbě modelů, prototypů a komponentů přímo na základě 3D dat. Vývoj této technologie se datuje již od osmdesátých let, kdy americká společnost 3D Systems přišla v roce 1986 s technologií stereolitografie. Hlavní podstatou rapid prototyping je především to, že se fyzicky model vytváří postupně opakovaným nanášením materiálu po jednotlivých vrstvách, které mají konstantní tloušťkou – na rozdíl od konvenčního způsobu výroby jako je CNC soustružení nebo frézování, kde se materiál odebírá ve formě třísek. Další možností je vstříknutí plastu do zhotovené formy. [3,4]

Popis technologie

Vývoj a navazující procesy v oblasti 3D modelování a digitalizace zaznamenaly v posledních letech velký technický nárůst, který umožnil pokrok zejména v oblasti hardwaru a softwaru. Právě tyto technologie umožňují provádět celý vývojový proces výrobku na digitálním modelu přímo v CAD systému (vizualizace, rendrování, virtuální realita, MKP, dynamické analýzy). Ne vždy jsou však tyto vizualizace dostačující, a proto musí přijít na řadu fyzický model, u kterého se dá snadněji posoudit design výrobku, odstranit případné chyby, kontrolovat smontovatelnost, opravitelnost, ergonomii nebo provádět funkční zkoušky. Prototypová součást může být podle typu použité technologie vytvořena z pryskyřice, termoplastu, vosku nebo kovového prášku. Z tohoto hlediska je zřejmé, že volba nejvhodnější rapid prototyping technologie závisí na účelu a na požadovaných vlastnostech konečného dílu. [2,5]

V současnosti zařízení rapid prototyping vytváří nejen modely a prototypy, ale také slouží k výrobě náradí, forem a součástí pro malosériovou výrobu. Využívá se v oblastech

leteckého, kosmického, zbrojního a automobilového průmyslu, spotřební elektroniky, hraček, lékařství a v mnoha dalších. Ve všech oblastech se docílilo zkrácení vývojových časů, snížení nákladů a zvýšení kvality výrobků. Nejlepší výsledky v ušetřeném čase dosahují metody rapid prototyping při aplikaci ve vývoji celých montážních skupin. [1,5]

2.2 Etapy rychlé výroby prototypu

Postup výroby prototypu či modelu technologií rapid prototyping bývá většinou členěn do třech základních etap zpracování (obr. 1). Značí se jako preprocessing, processing a postprocessing. Tento způsob členění je velmi blízký např. postupům při výpočtových analýzách metodou konečných prvků nebo při postupech zpracování dat pro Numeric control stroje. Podobně jako při uvedených technologiích jde tedy o přípravu 3 D dat, poté následuje vlastní stavba modelu a poslední část tvoří různé dokončovací operace, které zhodnocují vytvořený model pro použití v dalších oblastech. [4]



obr. 14 – Schéma procesu výroby prototypu technologie rapid prototyping [4]

Preprocessing

První fáze zahrnuje přípravu 3D dat pro stavbu modelu, což je zejména transformace dat ze systému CAD do formátu *.stl, při kterém se objemový model převede na polygonální model. Tento model se skládá z velkého počtu rovinných trojúhelníkových plošek. Pro systém rapid prototyping je nezbytné, aby tato síť rovinných plošek dokonale uzavírala objem součástí, a proto je důležité provést ještě kontrolu vytvořeného souboru.

Dalším krokem preprocessingu je generace tenkých řezů, které jsou základem pro tvorbu modelu metodami rapid prototyping. Data modelu a případné podpory jsou podrobeny horizontálním rovinným řezům, které definují 2D obrysovou geometrii a jsou základním geometrickým vstupem pro systémy rapid prototyping. Na vhodnou tvorbu řezů má vliv i orientace součástí. Vhodnou orientací součástí je možno minimalizovat objem nezbytných řezů pro tvorbu podpurné konstrukce, což má samozřejmě vliv na celkový čas stavby modelu. [4]

Processing

Processing představuje výrobu součástí, což je stavba modelu po jednotlivých vrstvách. Výroba součástí je u většiny zařízení rapid prototyping plně automatizovaná, a proto není třeba dohled vyškolené osoby. Doba potřebná ke zhotovení modelu se může pohybovat v řádu několika hodin. Záleží samozřejmě na druhu technologie a hlavně na velikosti a tvarové složitosti vyráběné součásti. [4]

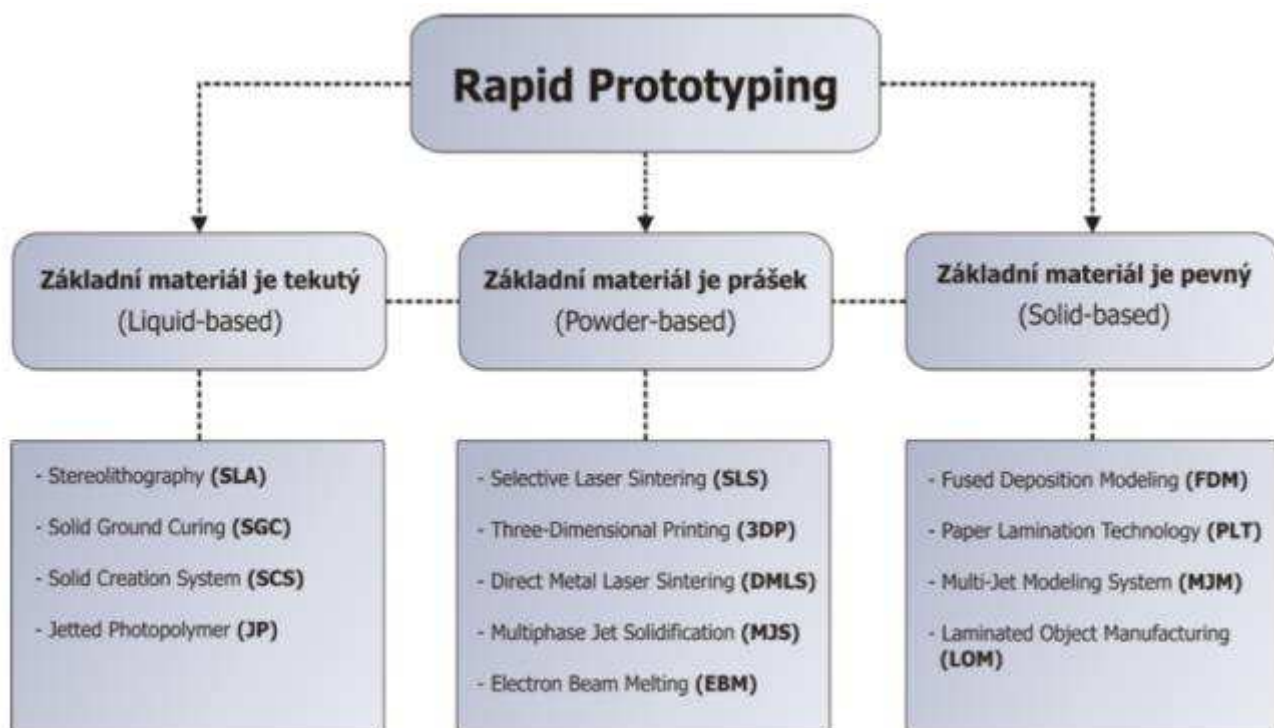
Postprocessing

Představuje poslední část výroby. Prvním úkolem je součást ze zařízení vyjmout. U některých metod je nutno vyčkat i delší čas, než je možno prostor vyráběné součásti zpřístupnit obsluze zařízení. Pokud je prostor součásti obklopen okolním materiálem, je nutno jej odstranit. V závislosti na druhu metody se materiál nejčastěji odsává (práškový materiál) nebo se odstraní oplachem (např. fotopolymer). U některých metod je zhotovený díl křehký a vyžaduje další následné zpracování jako vytvrzení dílu UV zářením nebo napuštěním dílu další látkou, která zvýší jeho pevnost. Následujícím úkolem je odstranění podpor, pokud ovšem byly použity. Posledním krokem je povrchová úprava rapid

prototyping modelu (např. obrábění, broušení, barvení, lakování nebo galvanické pokovení.) [2,4]

Přehled hlavních metod rapid prototyping

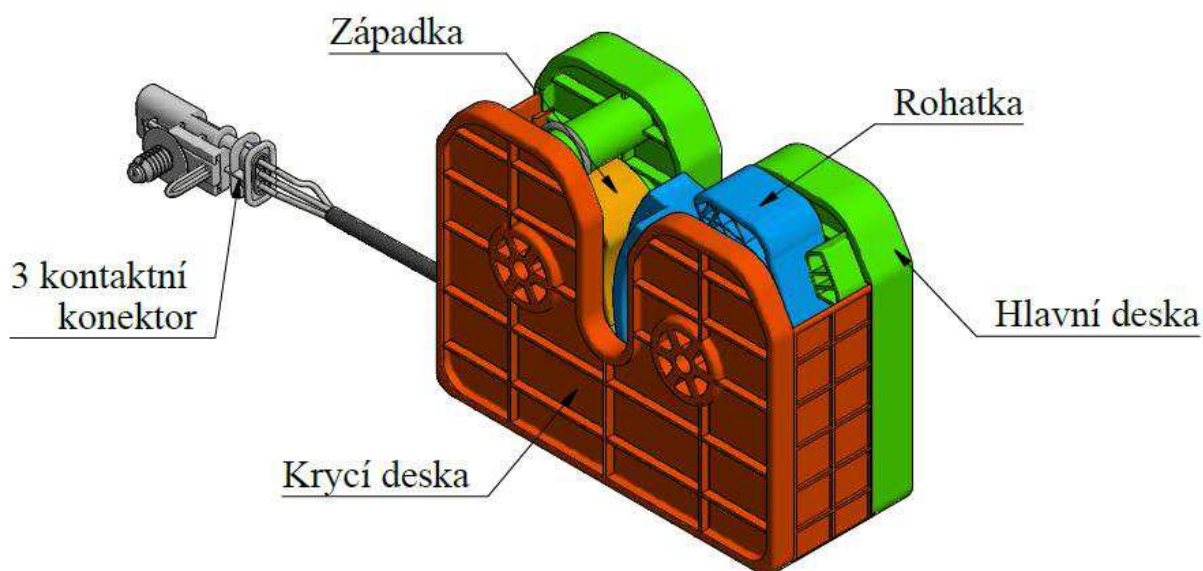
Metody technologie rapid prototyping se dělí do tří základních skupin podle toho, v jaké formě je výchozí stavební materiál. Ten je buď v tekutém stavu, pevném stavu, nebo ve formě prášku. Každý stav má své výhody a nevýhody a výsledný model má podle toho různé vlastnosti a použití. Na obr. jsou uvedeny pouze základní metody rapid prototyping a podrobně popsány jsou pouze ty nejpoužívanější.



obr. 15 – Rozdělení metod rapid prototyping z hlediska výchozí formy materiálu –[4]

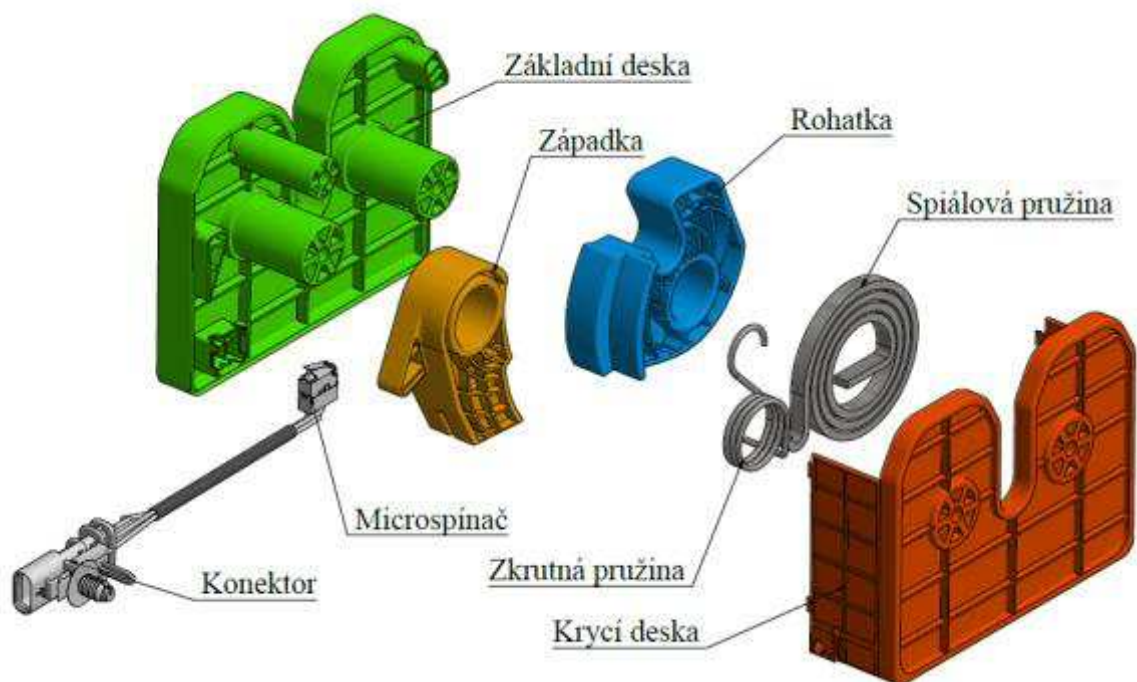
3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Jako vhodný ocelový zámek pro koncept plastového zámku jsem vybral produkt firmy Volvo pro jeho jednoduchou konstrukci a také díky dobrému tvaru rohátky. Ostatní zámky mají složitě lisované těleso, nebo mají příliš složitý tvar rohatek pro plastovou variantu.



obr. 16 – Konstrukční návrh zámku přední kapoty

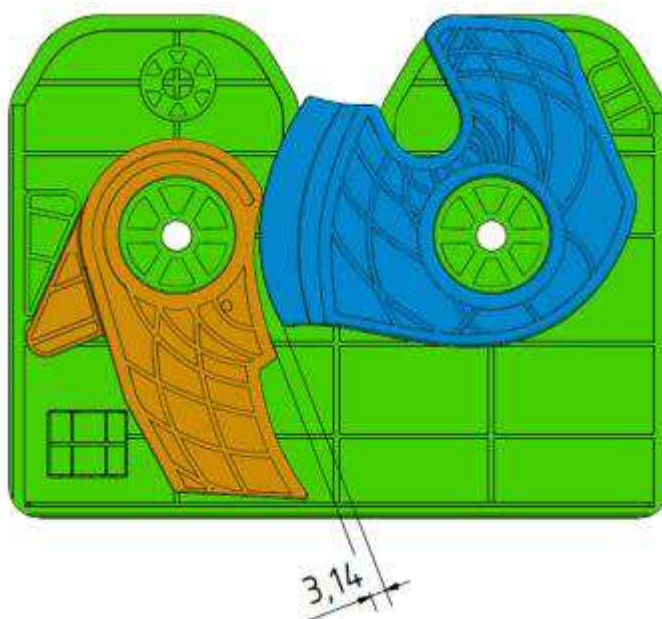
V kapitole srovnávám zámky přední kapoty šesti výrobců automobilů, kde jako hlavní parametry jsem bral cenu a hmotnost. Srovnání jsem provedl tak, že každé výhodě jsem přiřadil body 1–3, kdy 3 je nejlepší číslo. (viz. tabulka č.13) Nejlépe ze srovnání zámků vyšel zámek firmy Peugeot, protože byl cenově nejlevnější a hmotnostně nejlehčí. Nejhůře skončily zámky automobilek Ford a Audi. V zámku firmy Hyundai byla nainstalovaná patrona pro vystřelení kapoty (viz. příloha V.), která chrání chodce při střetu s vozidlem. Myslím si, že každý zámek je specifický dle potřeb jednotlivých zákazníků, např. aby byl pouze jednozápadkový a otevření kapoty se řešilo jiným mechanismem, s patronou atd. Výše uvedené vzorky zámků mi posloužily především jako inspirace pro konstrukci zámku a ke zjištění, jaké typy zámků přední kapoty jsou na současném trhu k dispozici. Z každé konstrukce jsem si vzal nějaký určitý prvek, který jsem implementoval do konstrukce plastového zámku (např. vedení v čepu je ze zámku Audi, vyhazovač rovnou na rohátce je ze zámku Hyundai).



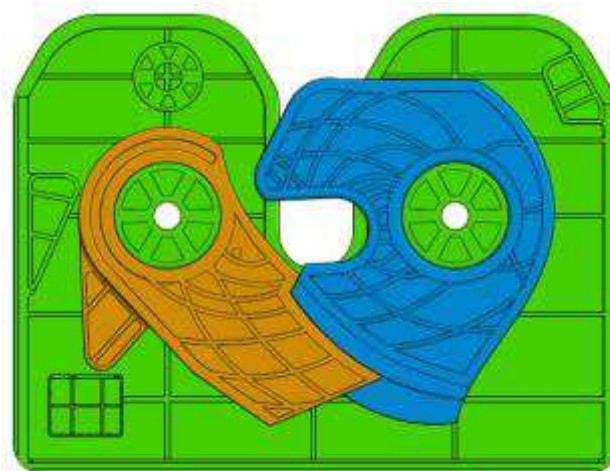
obr. 17 – Konstrukční návrh zámku přední kapoty (rozklad)

Princip konstrukčního řešení zámku

Když zavřeme kapotu, třmen překoná sílu pružiny rohatky a rohatka se začne pohybovat směrem dolů. Po překonání nájezdu západky zámek zapadne. Díky pohybu západky se sepne microspínač a zámek je zamčený (obr. č.19) Při otvírání bowdenu musí západka překoná sílu pružiny a tření v kontaktním místě, pak vyklouzne rohatka a pomocí pružiny se vrátí zpět. Zámek je otevřený (obr. č.18). Jak lze vidět na obrázcích č.18 a 19 rohatka i západka mají dorazy. Západka má mít v plném stavu mezeru mezi rohatkou 1,5 – 2 mm.



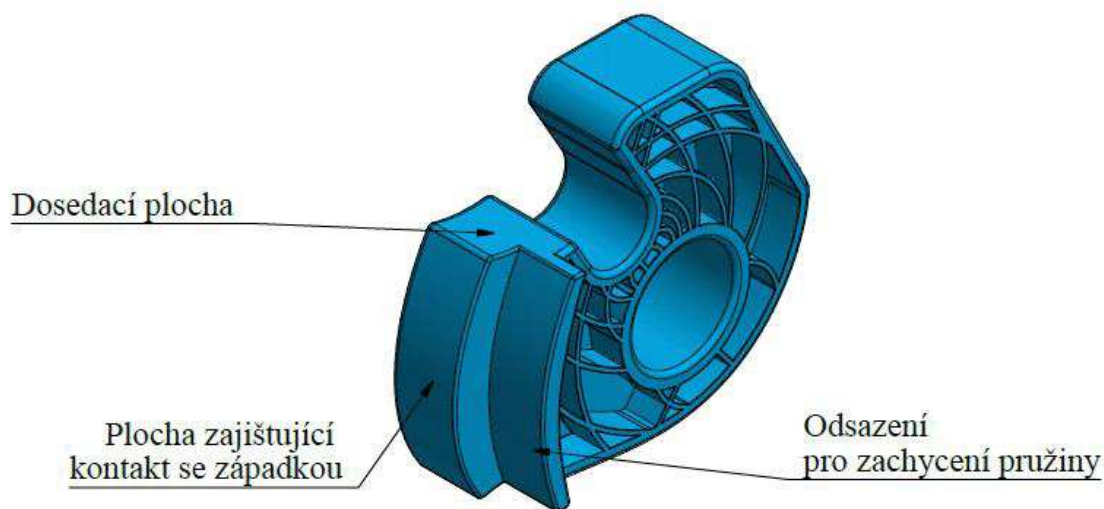
obr. 18 – schéma otevření zámku



obr. 19 – schéma zavření zámku

3.1 Rohatka

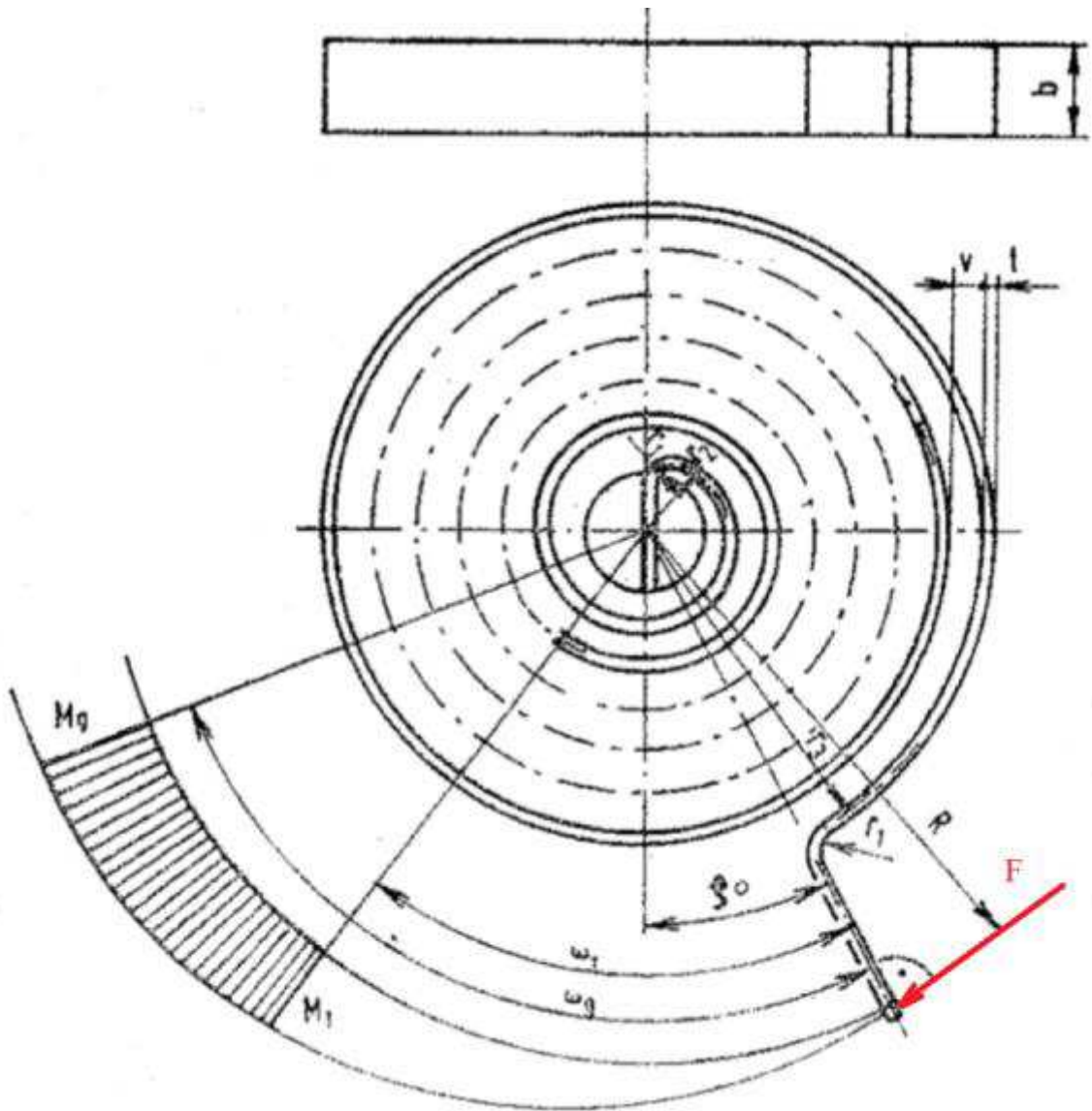
Rohatka neboli ozubené kolo, dovolí otočení pouze v jednom směru. Je to hlavní funkční prvek a slouží k přenosu síly z třmenu na západku. Rohatky se dělají různé tvary. Vycházel jsem ze zámku firmy Volvo (viz. obr č.2), protože tento zámek má dobrý tvar pro zpracování z plastu, nemá dlouhá ramena, má oblé tvary. K optimalizaci jsem použil Autodesk Inventor 2017, kde jeho modul optimalizace součástí mi poskytl ideální model rohatky.



obr. 20 – konstrukční návrh rohatky

Pružina rohatky

Při výpočtu spirálové pružiny jsem vycházel z české normy ČSN 02 6004, kde jsem počítal s hmotností kapoty 10 kg. Pružina funguje jako vyhazovač kapoty, proto je kladen požadavek na tuto hmotnost.



obr. 21 – Schéma spirálové pružiny pro výpočet [8]

Pro výpočet momentu, síly a napětí jsem nejdříve vypočítal délku spirálové pružiny (viz. vztah č. 1).

$$L = \pi \cdot \frac{r_3^2 - r_2^2}{t + v} = \pi \cdot \frac{34^2 - 14,6^2}{3 + 2} = 592,40 \text{ mm} \quad (1)$$

L – účinná délka pružiny

$$M = \frac{E \cdot \omega \cdot b \cdot t^3}{690 \cdot L} = \frac{210000 \cdot 63^\circ \cdot 6 \cdot 3^3}{690 \cdot 592,4} = 5243,34 \text{ N/mm} \quad (2)$$

Vzorec platí pro úhel natočení v radiánech. Dosadí-li se ve stupních, mění se v jmenovateli 12 na 690.

$$F = \frac{M}{R} = \frac{5243,34}{35,22} = 148,87 \text{ N} \quad (3)$$

Při výpočtu síly byla vytvořena podmínka, že síla, se kterou se počítá, musí být větší než síla, která vzniká z hmotnosti kapoty, což je 100 N

$$F \geq F_{kapoty} \quad (4)$$

$$148,87 \geq 100 \text{ N} \quad (5)$$

Podmínka je splněna

$$\sigma = \frac{6 \cdot M}{b \cdot t^2} \cdot \left(1 + \frac{r_3}{R}\right) = \frac{6 \cdot 5243,34}{6 \cdot 3^2} \cdot \left(1 + \frac{34}{35,22}\right) = 1145,01 \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

Materiál pružiny volím 1.2002. Mez pevnosti v tahu (R_m) materiálu je v rozmezí 1300–2100 MPa, volím střední hodnotu. Tento materiál se musí zušlechtit, aby dodržel danou pevnost. [9]

$$\sigma_{DOV} = R_m \cdot 0,72 = 1700 \cdot 0,72 = 1224 \text{ N/mm}^2$$

Pevnostní podmínky

(7)

V tomto výpočtu jsem vycházel z podmínky, že vypočítané napětí musí být nižší než dovolené napětí materiálu, při statickém zatížení z toho vychází tento vztah.

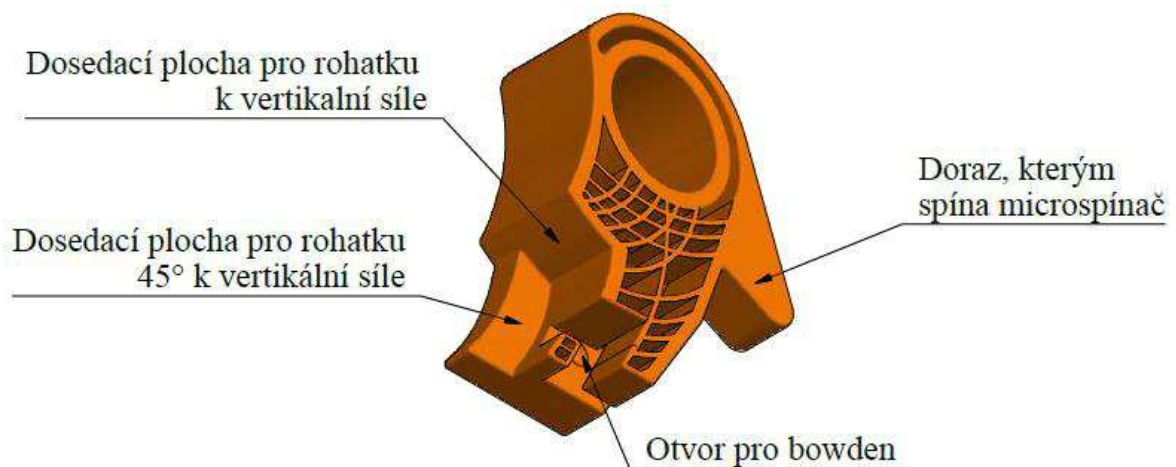
$$\sigma \leq \sigma_{DOV} \quad (8)$$

$$1145,01 \leq 1224 \quad (9)$$

Podmínka splněna – pružina vydrží s lehkým předdimenzováním.

3.2 Západka

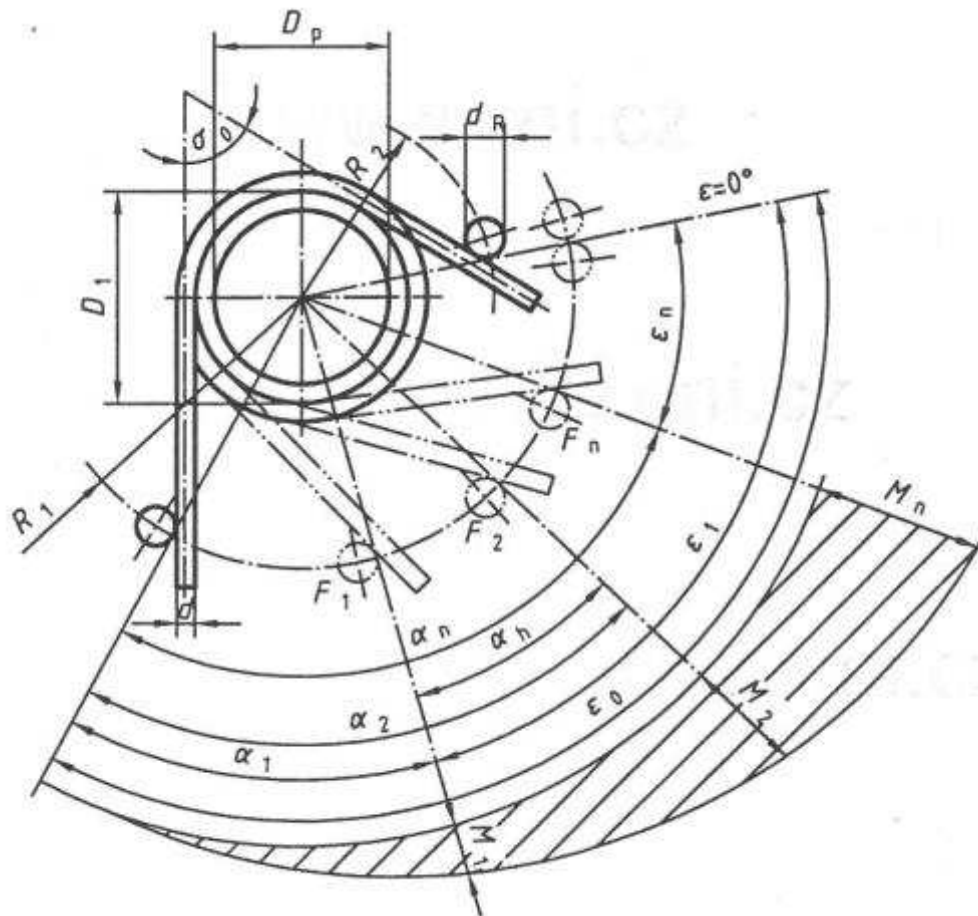
Západka, přesněji západkový mechanismus, zapadá do rohatky. Patří mezi hlavní funkční prvky zámku. Ze schématu zámku z firmy Volvo jsem nemohl vycházet, protože západka měla složitý tvar, byla otáčena o 90° a také musela být v ose s rohatkou. Optimalizoval jsem svůj tvar na dané zatížení. K tomu jsem použil Autodesk Inventor 2017, kde jeho modul optimalizace součástí mi vybral ideální model západky.



obr. 23 – konstrukční návrh západky

Pružina západky

Při výpočtu pružiny jsem vycházel z evropské normy EN 13906-3:2001 (E), kde mě zajímalo pouze napětí, které jsem porovnával k dovolenému napětí.



obr. 23 – Schéma zkrutné pružiny pro výpočet [7]

Abych mohl vypočítat napětí, potřeboval jsem vyčíslit korekční faktor stresu (q) a index pružiny (w).[7]

$$w = \frac{D_1}{d} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ mm} \quad (10)$$

$$q = \frac{w + 0,07}{w - 0,75} = \frac{12,5 + 0,07}{12,5 - 0,75} = 1,07 \quad (11)$$

$$M = \frac{d^4 \cdot E \cdot \alpha}{3667 \cdot n \cdot D} = \frac{2^4 \cdot 180000 \cdot 26,5}{3667 \cdot 3 \cdot 25} = 277,51 \text{ N/mm} \quad (12)$$

$$F = \frac{M}{R_1} = \frac{277,51}{16,98} = 16,34 \text{ N} \quad (13)$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 277,51}{\pi \cdot 2^3} = 353,34 \text{ N/mm}^2 \quad (14)$$

Volím materiál z nerezové oceli 1.4310(X10CrNi18-8), který má mez pevnosti v tahu 1700 pro 2 mm průřez. [7]

$$\sigma_{DMo} = Re \cdot 0,72 = 1700 \cdot 0,72 = 1224 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

Z podmínky vyplývá, že vypočtené napětí musí být menší než dovolené napětí materiálu pružiny.

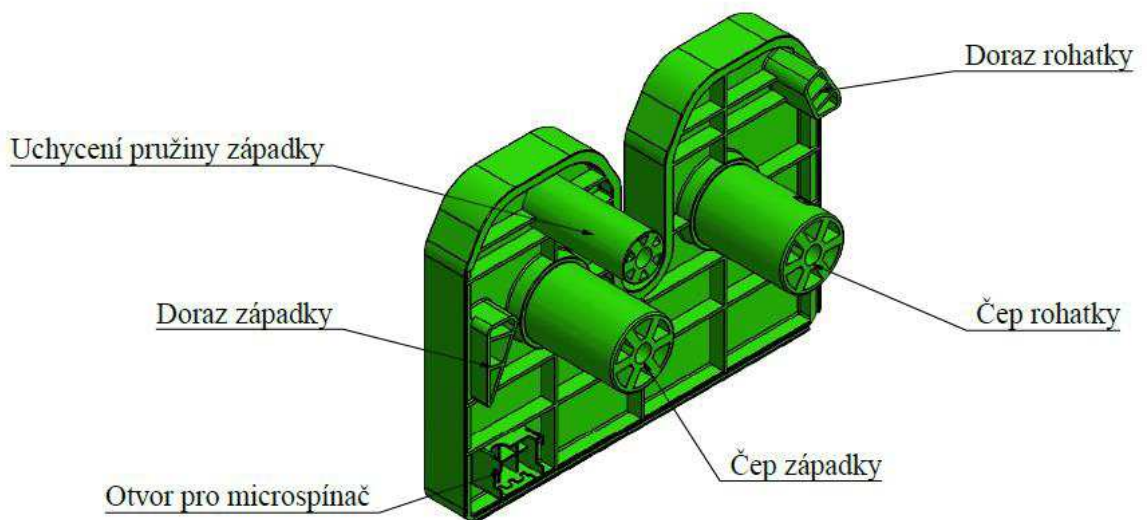
$$\sigma \leq \sigma_{DMo} \quad (16)$$

$$353,34 \leq 1224 \quad (17)$$

Podmínka je splněna – vypočítané napětí vyšlo menší než dovolené napětí.

3.3 Základní deska

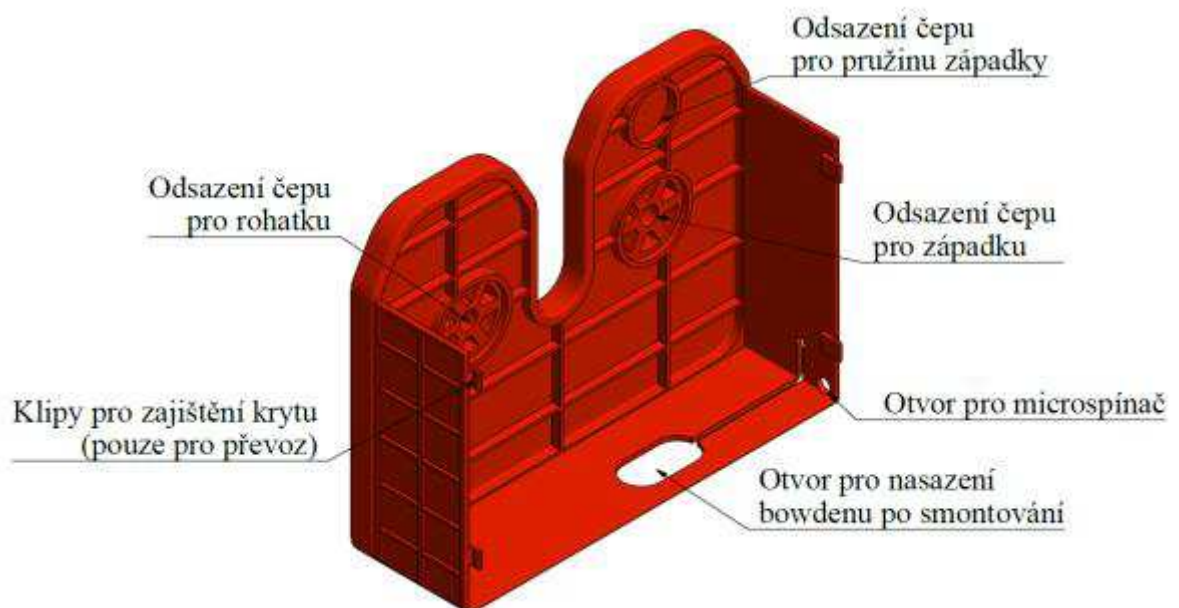
Základní deska slouží jako vodící člen rohatky, západky a pružiny západky a rohatky. V této základní desce jsou vytvořeny dorazové plochy pro rohatku a západku a otvor pro spínač. Tato deska spolu s krycí deskou budou uchycené k otvoru kapoty ocelovými šrouby M6, jedná se o šroubové spojení desek. Základní desku jsem navrhoval tak, aby byla co nejméně nákladná, ale splňovala tuhost soustavy, a aby se deska dala vyrobit ve vstříkolisu.



obr. 24 - Konstrukční návrh základní desky

3.4 Krycí deska

Krycí desku jsem v porovnání se základní deskou navrhl tenčí z důvodu úspory materiálu. Deska zakrývá mechanismus rohatky a západky. Jsou v ní tvarové plochy, které musí do sebe zapadnout. Pomocí dvou klipů na každé straně se zabrání vytažení krycí desky. Tento způsob jsem volil proto, že při upevnění šroubů do rámu vozidla budou pevnostně držet hlavní i krycí desku. S ohledem na úsporu výrobních nákladů jsem navrhl variantu výroby rovněž ve vstřikolisu.



obr. 25 – Konstrukční návrh krycí desky

Z tabulek víme, že utahovací moment šroubu M6x1 je 9,9 N.m a pevnosti šroubu je 8.8, takže vypočítáme sílu, která působí na desky. [12]

$$\varphi' = \tan^{-1} \left(\frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0,2}{\cos 30} \right) = 13,002^\circ \quad (18)$$

Vzorec č.19 je důležitý kvůli součiniteli smykového tření mezi závity f_z , protože ovlivňuje výpočet. Volím $f_z = 0,2$.

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{P_h}{\pi \cdot d^2} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\pi \cdot 5,35} \right) = 3,405^\circ \quad (19)$$

$$\varphi \geq \psi \quad (20)$$

$$13,002 \geq 3,405 \quad (21)$$

Podmínka je splněna – šroub je samosvorný.

$$F_o = \frac{4 \cdot M_u}{3 \cdot \tan(\psi + \varphi') \cdot d_2} = \frac{4 \cdot 10000}{3 \cdot \tan(3,405 + 13,002) \cdot 5,35} = 8464,18 \text{ N} \quad (22)$$

$$F_p = \frac{2 \cdot F_o \cdot f}{k} = \frac{2 \cdot 8464,18 \cdot 0,6}{1,5} = 6771,3 \text{ N} \quad (23)$$

Utáhneme-li šrouby momentem 9,9 N.m., zátěžná síla v horizontálním směru vydrží 6,77 KN.

$$M_k = F_o \cdot tg(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 8464,18 \cdot tg(3,405 + 13,002) \cdot \frac{5,35}{2} \quad (24)$$

$$= 6666,67 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_t = \frac{4 \cdot F_o}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 8464,18}{\pi \cdot 4,773^2} = 473,06 \text{ N} \cdot \text{mm}^2 \quad (25)$$

$$\tau_{kr} = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot d_3^3} = \frac{16 \cdot 6666,67}{\pi \cdot 4,773^3} = 312,25 \text{ N} \cdot \text{mm}^2 \quad (26)$$

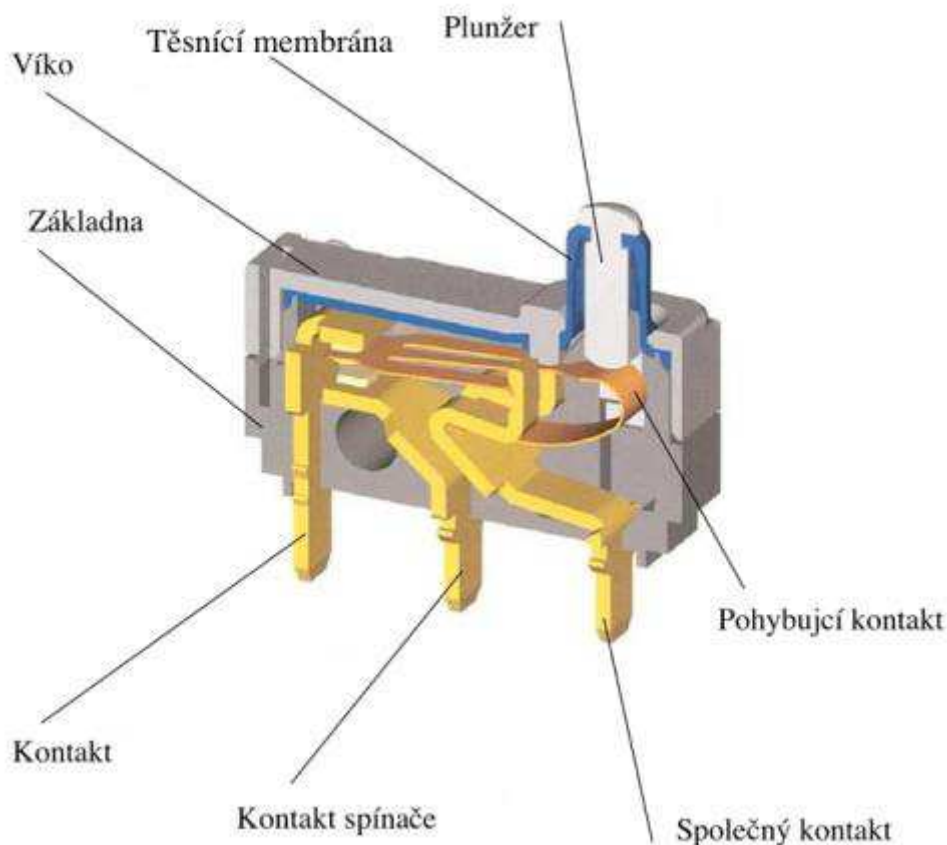
$$k = \frac{R_e}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_{kr}^2}} = \frac{640}{\sqrt{473,06^2 + 4 \cdot 312,25^2}} = 0,82 \quad (27)$$

Běžně se šroub pohybuje s bezpečností 1,2 – 1,5. V tomto případě je bezpečnost 0,82. Všechny šrouby, které jsem počítal, měly tuto bezpečnost s předepsaným momentem dle norem. Usuzuji, že tyto šrouby jsou počítány na bezpečnost požadovanou výrobcem, proto ponechám tento šroub.

3.5 Spínač

V novém vývoji tohoto micropřepínače jsme dosáhli řady technických výhod, které se v této kombinaci a velikosti nenacházejí nikde jinde na trhu. Jedná se o integrovaný systém listových pružin bez přídavné resetovací pružiny, o jednoduchost konstrukce, ale působivou výkonnost.

Navzdory úsporám na dodatečném komponentu se podařilo spojit dobré charakteristiky opětovného odpružení, stejně jako vysokou přesnost a přesnost spínání mechanismu listových pružin s požadavky na jejich životnost a životnost spirálové pružiny. Možné problémy s pohybem spínacích kontaktů v ložisku a pružinové montáži jsou spolehlivě řešeny silnými a přesnými listovými pružinami. Nízký spínací šum umožňuje použití i v oblastech citlivých na zvuk.



obr. 26 – microspínač EMS-MS007[13]

Dostupné převýšení $2,0 \pm 0,2$ mm umožňuje přemostění větších tolerancí pro zjednodušení procesu montáže. K dispozici je také verze s kratším pracovním plunžerem a 1,5 mm nadjezdem. I přes extrémní přesah s pohybovým diferenciálem $\leq 0,10$ mm (volitelně $\leq 0,05$ mm) systém zaručuje mimořádně vysokou přesnost kontaktu.

Obzvláště dlouhá plunžrová vložka o délce 40,6% z celkové délky pístu při překlopení 2,0 mm umožňuje i při této velké aktivaci zdvihu jezdcu nebo vačky kontakt pod úhlem až 40° . Je nutné dbát na kvalitu materiálu, velmi důležitý je jeho povrch. Vždy záleží na individuální aplikaci spínače.

Pojem komplexní těsnící membrána znamená, že je možné vynechat další těsnění, které je obvykle požadováno. Šest těžkých uchycení na krytu vypínače zajišťuje pevné lisování, které zaručuje trvalé utěsnění i při extrémních podmínkách jako u IP 67.

tab.8 – Rozměry, síly a dráha pohybu microspínače[13]

Průměr spínače	L/14,5mm x B/w 5,4 mm x H/h 6,8 mm
Ovládací síla	<1,6 N
Uvolňovací síla	>0,2 N
Diferenciál pohybu	Max. 0,1 mm
Plunžer A-přesah	2,0 ± 0,2mm
Volná pozice	Max. 9,35mm
Provozní poloha	8,55 ± 0,2mm
Koncová poloha	6,55±(±0,2mm)
Volitelný kontakt	1,5±0,2mm

3.6 Bowden

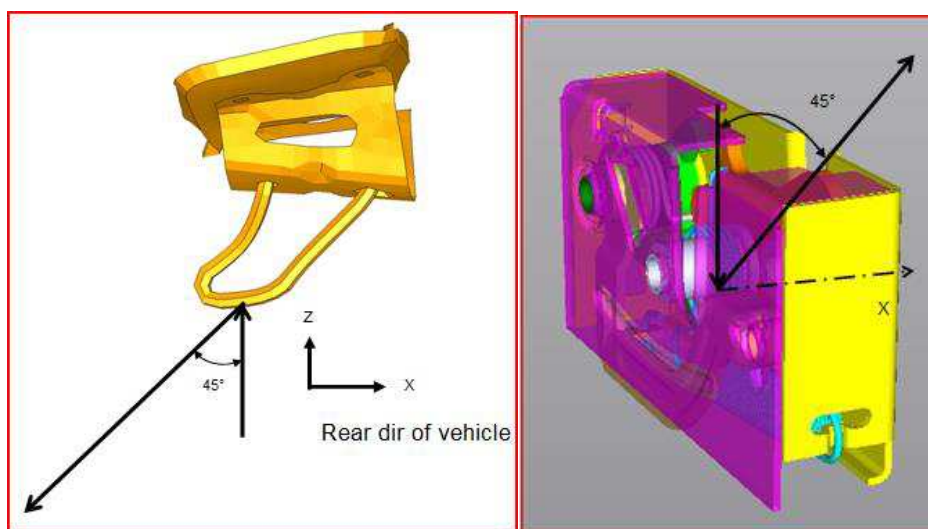
Bowden je speciální druh kabelu, který umožňuje přenos mechanické síly a energie. Lanko o průměru 1,25 mm je namotáno z více malých lanek. Na toto lanko je připevněna zinková kulička, která má dle potřeby 5–6 mm. Bowden je vedený v teflonové trubičce, aby se snížily síly tření. Provozní teplota je od – 40 °C do +105 °C, největší problémy při zkoušení nastávají při teplotě – 40, kde bowden neklouže a zasekává se.



obr. 27 – bowden zámku přední kapoty [14]

Tento konstrukční návrh by měl splňovat požadované parametry:

- a) výška zdvihu rohatky by měla být minimálně 30 mm, aby mezi kapotou a horní část rámu vešla ruka pro otevření,
- b) optimalizovat plastové díly na sílu v ose Z 5000 N jak je trendem u klasických ocelových zámků přední kapoty,
- c) návrh řešení pro boční sílu, jak lze vidět na obr.18, protože zámky, které jsou používané v současných automobilech mají s touto silou problém,



obr. 28 – zatěžovací síly na zámek přední kapoty

- d) návrh řešení, aby zámek byl montovaný pouze dvěma šrouby,
- e) návrh řešení, aby zámek byl jak pravý, tak levý.

Některé parametry vyplývají z předepsané normy firmy Volvo pro zámky přední kapoty.

4 PLASTOVÉ MATERIÁLY

Měl jsem na výběr materiály od firem Nilit plastics a CZFP. Vybral jsem materiál Grivory XE 16101 natural od firmy CZFP s.r.o., protože měl v porovnání s ostatními větší mez pevnosti v tahu, který jsem považoval za nejdůležitější faktor.

Materiál Grivory XE 16101 natural je založen na kombinaci tepelně stabilizovaného polykrystalického polyamidu s částečně aromatickým polyamidem a 50% dlouhými speciálními skleněnými vlákny (vlákna jsou uspořádána paralelně - pelety dlouhé obvykle 10 mm).

tab.9 – Mechanické a obecné vlastnosti materiálu Grivory XE 16101 Natural [15]

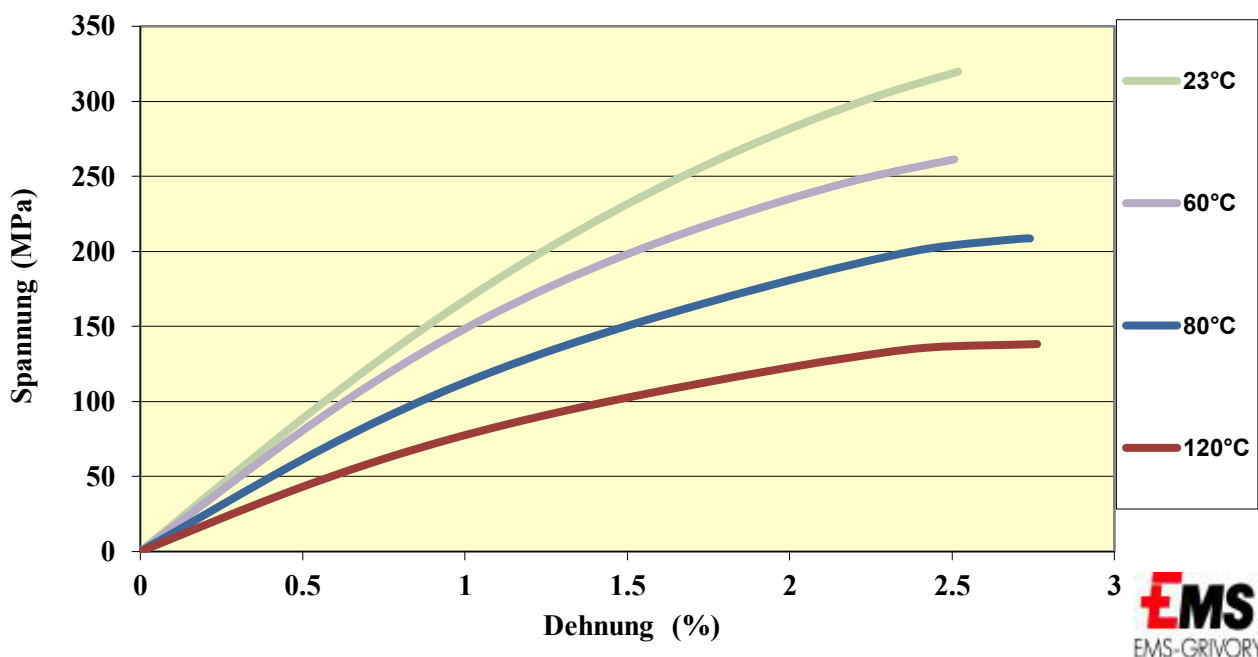
Mechanické vlastnosti		Normy	Jednotky	skupenství	Grivory XE 16101 natural
Youngův modul pružnosti v tahu	1 mm/min	ISO 527	MPa	suchý/vlhký	17,500/16,800
Pevnost v tahu při přetížení	5 mm/min	ISO 527	MPa	suchý/vlhký	290/265
Prodloužení ve zlomu	5 mm/min	ISO 527	%	suchý/vlhký	2,5
Rázová houževnatost	Charpy, 23°C	ISO 179/1eU	KJ/m ²	suchý/vlhký	115/110
Rázová houževnatost	Charpy, -30°C	ISO 179/1eU	KJ/m ²	suchý/vlhký	100
Vrubová houževnatost	Charpy, 23°C	ISO 179/1eU	KJ/m ²	suchý/vlhký	40
Vrubová houževnatost	Charpy, -30°C	ISO 179/1eU	KJ/m ²	suchý/vlhký	40
Poissonovo číslo					0,4
Obecné vlastnosti					
Hustota		ISO 1183	g/cm ³	suchý	1,56
Hořlavost	0,8 mm	ISO 1210	grade		HB
Absorpce vody	23 °C/sat.	ISO 62	%		4
Absorpce vlhkosti	23 °C/50%	ISO 62	%		1,3
Lineární smrštění ve formě	long.	ISO 294	%	suchý	0,1
lineární smrštění ve formě	trans.	ISO 294	%	suchý	0,3

Materiál Grivory XE 16101 je charakterizován klíčovými vlastnostmi: [15]

- vysoká tuhost a zvýšená pevnost i po únavě a v širokém teplotním rozmezí
- zvýšená odolnost proti nárazům i při nízkých teplotách v porovnání s GVL-5H
- nízké tečení
- vysoké teploty tepelného zkreslení
- nízká absorpce vlhkosti

- velmi dobrá rozměrová stabilita a malá deformace (produkt byl navržen pro vstřikování technických dílů speciálně konstruovaných zejména v oblasti litého kovu)

Stress-Strain Curves (dry)
Grivory GVL-5H HP natural (LFT-Test bar; PAP.: 0084309/001)



graf.1 – Napětová deformační křivka v různých teplotách pro materiál Grivory GVL-5H natural, který je podobný jako Grivory XE 16101 [15]

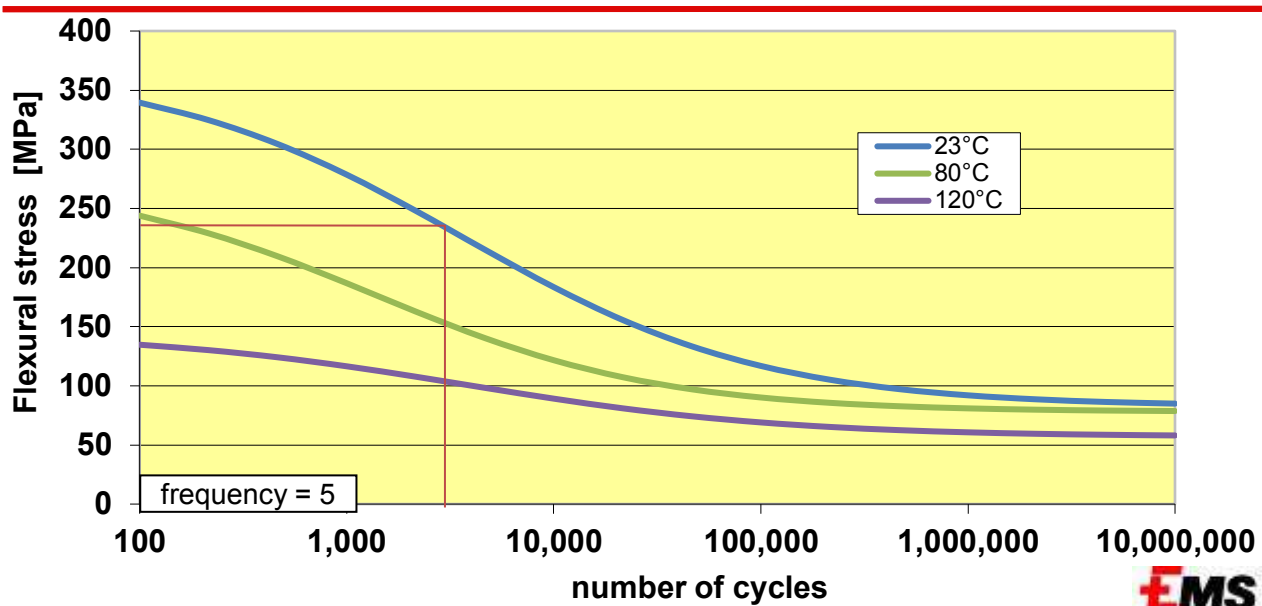
Graf č.1-2 je pro materiál Grivory GVL-5H natural, protože pro Grivory XE 16101 ještě tyto grafy nejsou k dispozici. Uvedené grafy mi byli doporučeny, protože jejich hodnoty se nejvíce přibližují mnou použitému materiálu.

Svěrací sílu a upínací sílu lze vypočítat pomocí následujícího vzorce: [15]

$$(7,5 \text{ kN1}) \times \text{promítaná plocha} [\text{cm}^2] \tag{28}$$

Průměrný tlak v dutině 750 barů.

'Wöhler Curve' - fatigue test under flexural Stress of Grivory GVL-5H HP natural



LFT samples: 80x10x4 mm



graf. 2- Wohlerova křivka pro materiál Grivory GVL-5H HP natural [15]

Obvykle se zámky přední kapoty zkoušejí po dobu jejich životnosti, a to je 5000 cyklů, což lze vidět z výše uvedeného grafu č.2, kde při 23 °C je pevnost kolem 240 MPa.

5 PEVNOSTNÍ ANALÝZA

Předchozí kapitola se zabývá konstrukčním řešením, jehož cílem bylo zjistit, jestli daný zámek lze vyrábět a zda bude fungovat. Většina částí bude vyráběna z plastového materiálu Grivory XE 16101, který je alternativou za kov. Jednotlivé díly musely být naddimenzovány, aby zvládly přenést požadované síly.

Pro pevnostní analýzu jsem vzal zjednodušený model, kde je pouze rohatka, západka a třmen, aby soustava nebyl zbytečně moc náročná.

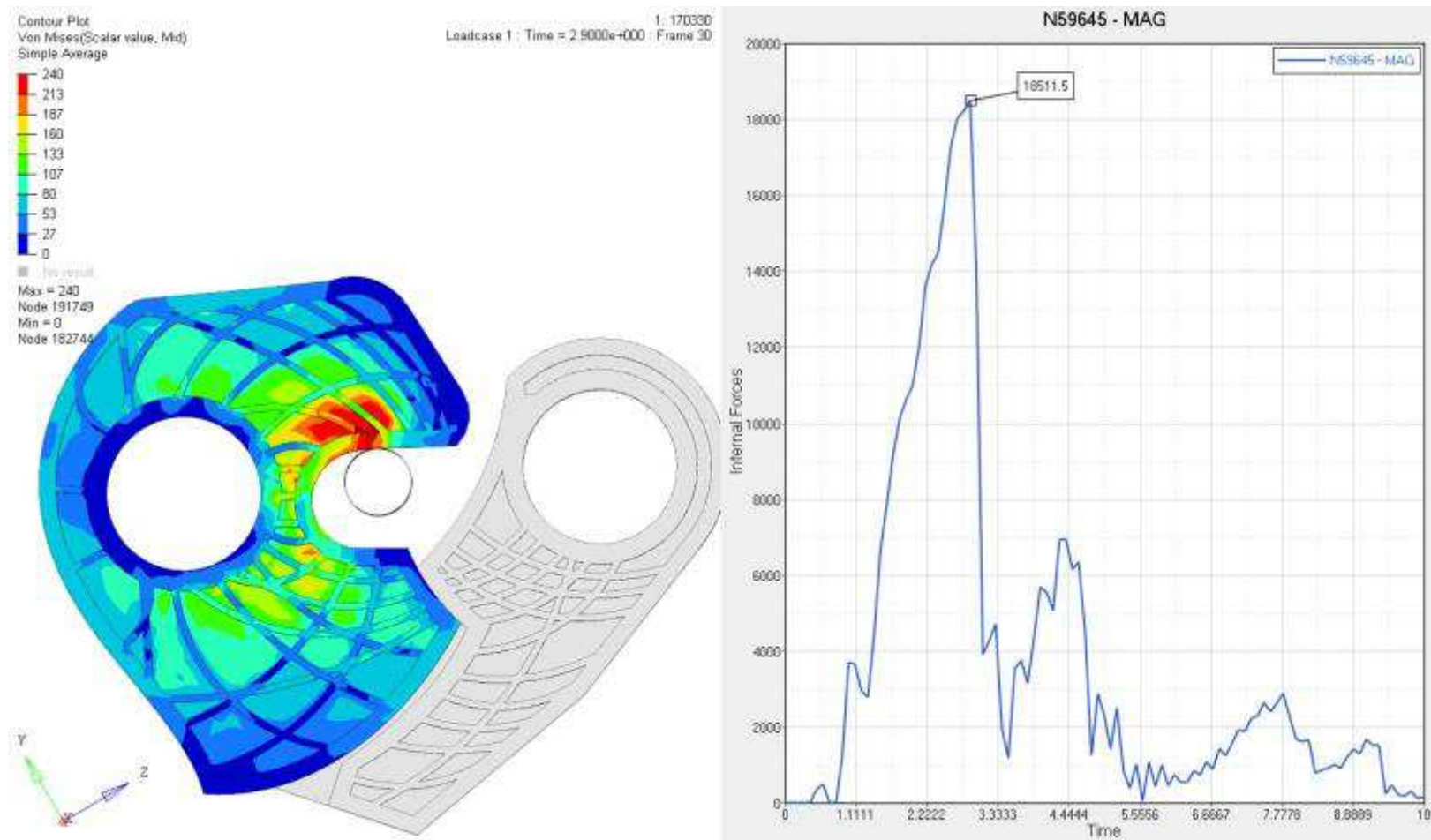
Tato pevnostní analýza byla počítaná v programu od firmy Altair HyperWorks, kde se řešilo, kdy v modelu vznikne trhлина. V 99 procentech je to na rohatce. Tato analýza byla počítaná v nástavbě HyperCrash. Lze v ní simulovat součásti, které do sebe narazí, a nebo lze najít nejslabší místo v sestavě. Po určitý čas se zvyšuje síla a zjišťuje se, kdy se materiál zlomí. Do grafu se pak zapíše největší síla (obr. č.29 vpravo).

5.1 Materiál, vazby, síť a zatížení

Materiál jsem vybral od firmy EMS-Grivory. Jedná se o materiál Grivory XE 16101 Natural, který je podrobněji popsán v kapitole Plastový materiál. Vazby jsou následující – západka je chycena pevně kolem otvorů pro čep, rohatka, která je většinou nejslabším článkem zámku, je upevněna kolem otočného bodu čepu. Díky této vazbě může rohatka rotovat kolem čepu a na třmen je tangenciální kontakt, aby data byla co nejpřesnější. Na třmen působí vertikálně síla, která se zvětšuje, dokud materiál rohatky nepraskne. Velikost sítě je 1 mm, kde je použito vázané síťování. Ve výpočtu sítě bylo použito metrika aspekt ratio, které zpřesní výpočet (typy síťování hexagon, tetragon). Vypočítaná síla je odvozená od závislosti času na posunutí. Jednotlivé kroky timestepu jsou 0,2 m/s.

5.2 Síla vertikální

Vertikální síla se zkouší u většiny zámků přední kapoty. Trendem bude tuto sílu zvětšovat z důvodů kvalitnějších pevnostních analýz a vyšších nároků od zákazníka. Proto i plastová rohatka je dimenzovaná na větší sílu, která simuluje vytrhnutí kapoty.



obr. 29 – výpočet síly pomocí metody konečných prvků rohatky a západky

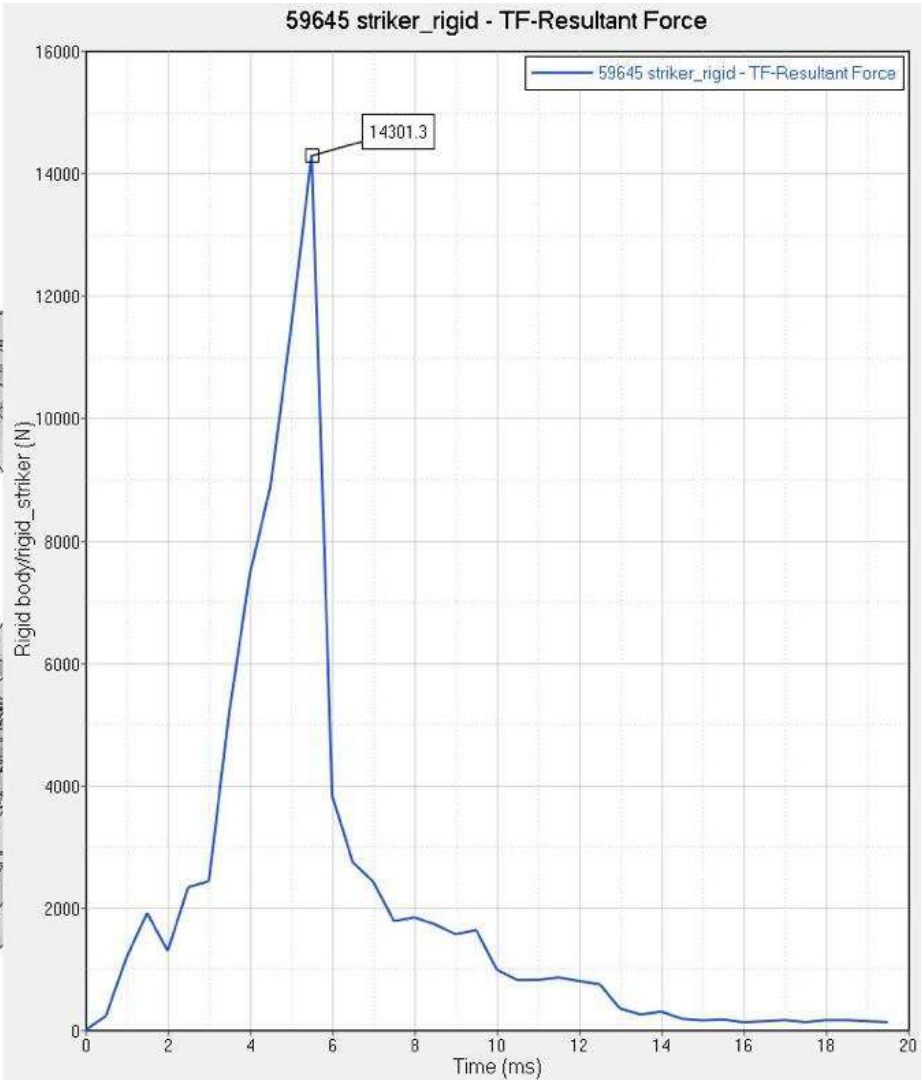
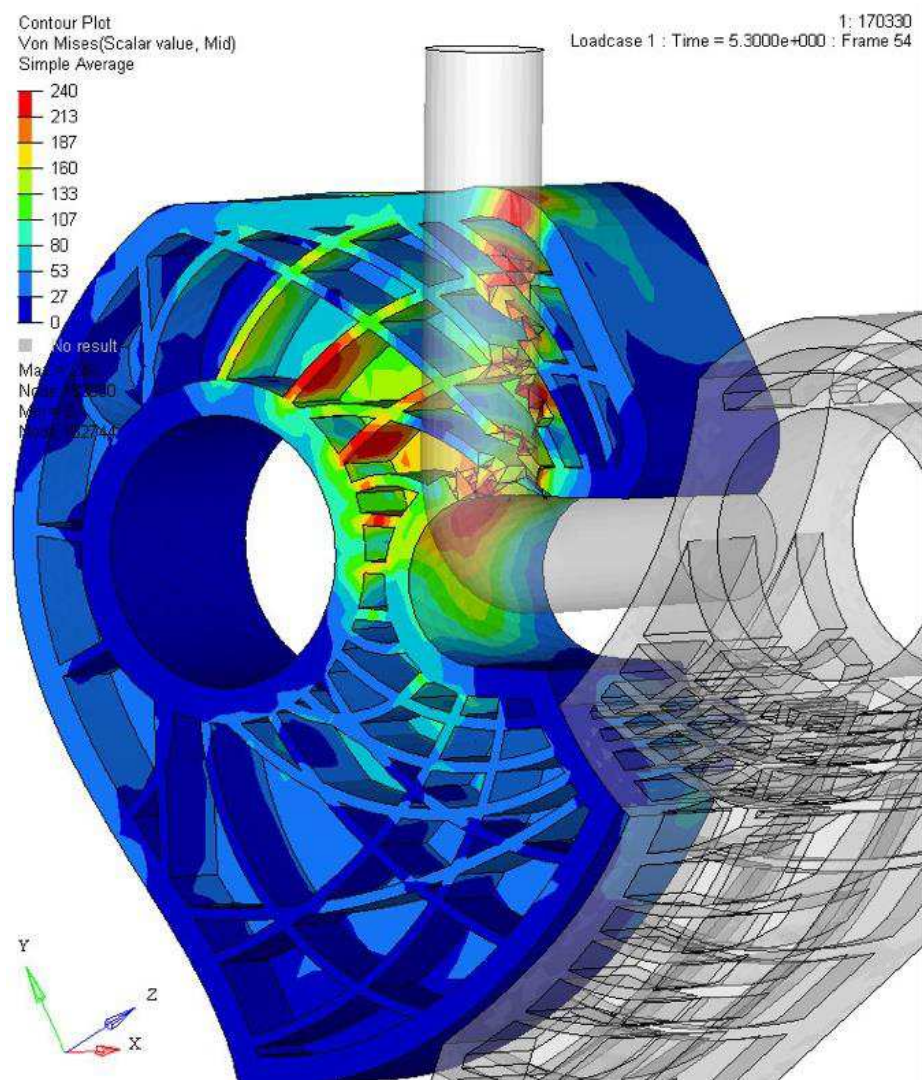
5.3 Výsledky vertikální síly

Celkové napětí je řešeno jako Von Misesovo napětí. Tato metoda postihne trojrozměrná napětí v mnoha směrech. Většinou se toto napětí vyjadřuje jako ekvivalentní. Na obr. č.29 vlevo lze vidět otláčení materiálu díky třmenu. Toto otláčení bylo zřejmé, protože třmen působí v přímce na plochu rohatky. Cílem této analýzy bylo zjistit maximální dosaženou sílu, která trvale poškodí daný materiál. Z obrázku č. 29 vpravo lze vidět maximální síla je 18511,5 N. Požadavek od zákazníka byl 5000 N. Lépe chování materiálu lze vidět ve videu v příloze. Bezpečnost jsem počítal jiným způsobem než je zvykem, obvykle se počítá mez kluzu (Re) k maximálnímu vzniklému napětí, kde maximální vzniklé napětí se ještě násobí koeficientem dynamické bezpečnosti. V tomto případě jsem dal maximální dosaženou sílu k požadované síle a také jsem násobil dynamického součinitele (viz. vztah č. 29).

$$k_s = \frac{F_{krit}}{F_{max} \cdot f_D} = \frac{18511,5}{5000 \cdot 1,5} = 2,47 \quad (29)$$

5.4 Síla pootočená o 45 stupňů

V poslední době se u zámků přední kapoty zkouší také pootočení síly o 45°, požadavky zákazníků se postupem času zvětšují.



obr. 30 – výpočet síly (45°) pomocí metody konečných prvků rohatky a západky

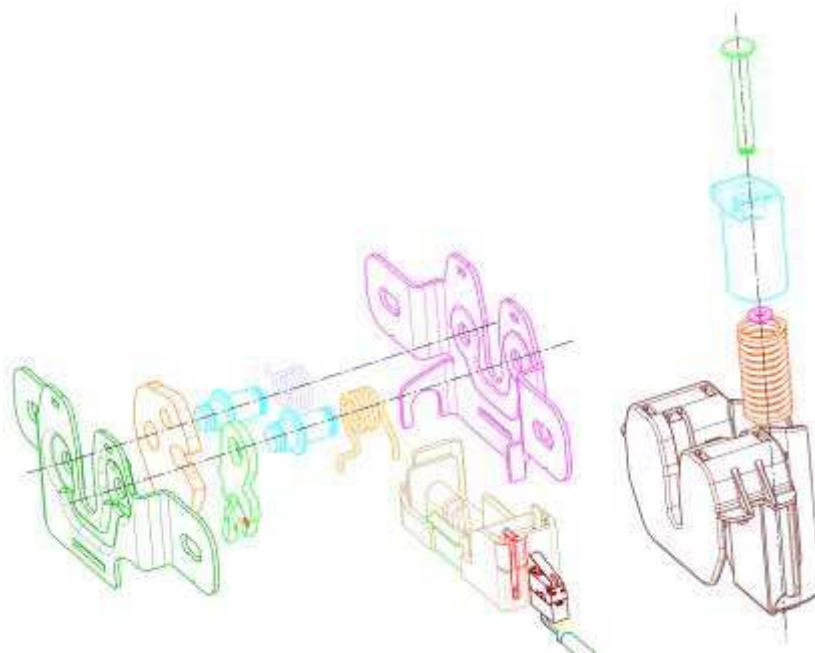
5.5 Výsledky síly posunuté o 45°

Cílem této a předchozí analýzy je zjistit maximální zatížení na rohatku, která způsobí trvalou deformaci. Maximální napětí vzniklo místě otláčení a v hlavních žebrech (viz. obr. č. 30). Maximální síla, která způsobila trvalou deformaci rohatky, je 14301,3 N. Požadavek od zákazníka byl 5000 N. Lépe chování materiálu lze vidět ve videu v příloze. Bezpečnost jsem počítal jiným způsobem než je zvykem, obvykle se počítá mez kluzu (Re) k maximálnímu vzniklému napětí, kde maximální vzniklé napětí se ještě násobí koeficientem dynamické bezpečnosti. Obvykle síla 45° je menší než vertikální síla, proto je kladen požadavek i na tuto sílu.

$$k_s = \frac{F_{krit}^{45^\circ}}{F_{max}^{45^\circ} \cdot f_D} = \frac{14301,3}{5000 \cdot 1,5} = 1,91 \quad (30)$$

6 SROVNÁNÍ ZÁMKU V OCELOVÉM A PLASTOVÉM PROVEDENÍ

Vycházel jsem ze zámku firmy Volvo (obr. č. 31) a porovnávám ho s plastovým prototypem zámku. V první části srovnávám výrobní náklady prototypového plastového vzorku a ocelového provedení. V druhé části srovnávám hmotnost obou zámků a v třetí části se zabývám pevnostními vlastnostmi zámků.



obr. 31 – sériově vyráběný zámek od firmy Volvo

6.1 Srovnání ceny vzorků

Tab. č.10 slouží k porovnání výrobní ceny plastového provedení s ocelovým zámkem kapoty, kde se počítá s 500 tisíci vyrobených kusů za rok. Cena oceli při kurzu eura 26,50 je 19-29 Kč/kg. Plastový granulát při stejném kurzu eura je 221,54 Kč/kg.

Variabilní náklady jsou náklady závislé na množství vyprodukovaných výrobků nebo poskytnutých služeb. Jejich objem je přímo úměrný množství. Variabilní náklady rostou zároveň s rostoucím objemem produkce na rozdíl od nákladů fixních. Typicky jde o cenu materiálu nebo spotřebu lidské práce, které jsou potřebné k výrobě jednotlivého produktu nebo služby.[12]

tab. 10 – srovnání variabilní ceny zámku

Díly	Ocelový zámek	Plastový zámek	[Kč/ks]
Rohatka	4,50	17,02	
Západka	3,90	10,43	
Pružina západky	0,80	3,50	
Pružina rohatky	3,89	10,00	
Základní deska	5,68	44,27	
Krycí deska	5,85	19,81	
Microspínač + konektor	46,39	46,39	
Plastový kryt	2,68		
Odhazovač úplný	10,91		
Čep rohatky a západky	3,12		
Balící materiál (vratné balení)	0,20	0,20	
Montáž, kontrola, zkoušení, značení	5,02	3,70	
Odpis investic	1,80	0,90	
Variabilní náklady celkem	94,74	156,22	
Dražší		64,89 %	

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že plastový zámek je o 64,89 % dražší než ocelový zámek. Příčinou je cena plastového materiálu, protože se jedná o novinku na trhu.

tab. 11 – srovnání nákladů před výrobou

	Ocelový zámek	Plastový zámek	[mil. Kč]
Náradí pro sériovou výrobu	5,78	3,22	
Investice pro sériovou výrobu	2,70	1,35	
Celkem	7,13	4,57	

Každý sériově vyrobený díl musí mít počáteční investice, kterými jsou formy pro tvářecí operace nebo formy pro plastové díly a náklady na vývoj vzorku. Následně pro snížení nákladů je vhodné použití automatizace (tzv. jednoúčelový stroj).

6.2 Srovnání hmotnosti vzorků

Aby plastový zámek splňoval pevnostní podmínky ocelového zámku, musel být 5krát zvětšený v jeho šířce. Tloušťka ocelového zámku je 4 mm, proto plastový zámek musel mít tloušťku 20 mm.

tab. č. 12– srovnání hmotnosti variant zámků

Díly	Ocelový zámek	Plastový zámek [g]
Rohatka	36	60
Západka	12,5	35
Pružina západky	2,7	8
Pružina rohatky	3,1	25
Základní deska	58	162
Krycí deska	53,6	70
Microspínač + konektor	35,1	12
Pružina vyhazovače	7,8	
Nýt vyhazovače	6,1	
Deska pro vyhazovač	32,6	
Plast pro vyhazovač	3,2	
Čep rohatky	9,3	
Čep západky	9,4	
Podložka pro nýt	0,2	
Celkem	269,6	372

V tabulce č.12 vychází hmotnost plastových dílů větší. Je to z důvodů předimenzování některých částí zámku. V případě, že se sníží maximální síla pro deformování rohatky (obr. č. 29 a 30), lze uvažovat o stejné nebo i menší hmotnosti předimenzovaných částí, ale to je otázkou další optimalizace zámku (např. snížení hmotnosti základní desky). Cílem práce bylo zjistit, zda lze plastový zámek konstrukčně i funkčně vyrobit.

6.3 Srovnání pevnosti zámků

Porovnávám maximální dosaženou sílu, která způsobí trvalou deformaci zámku. V ocelovém případě bylo použito trhací zkušební zařízení firmy Tempos (příloha VII), v plastové verzi jsem simuloval deformaci v software od firmy Altair – Hypercrash.

Kovové provedení

Postup měření

Ocelový zámek jsem musel nejprve přišroubovat k přípravku a ten uchytit k rámu měřicímu přístroji. Zajištění bylo pomocí přitlačné páky (viz. příloha VII). Následně jsem uchytit třmen také pomocí přípravku, postup byl stejný jako u zámku.

Obr. č.32 vlevo zobrazuje zkoušení vertikální síly zámku přední kapoty. Na stejném obrázku vpravo lze vidět zkoušení pootočené síly o 45°.



obr. 32 – Upevnění zámku na přípravek tahové zkoušky (vpravo je vertikální síla, vlevo síla otočená o 45°)

Výsledek vertikální síly

Provedl jsem měření 3 vzorků, jedno měření se však nepovedlo, proto jsem ho ve výsledném grafu neuvedl (viz. příloha VIII). V grafu byly naměřeny dvě hodnoty, první byla 5644,9 N a druhá 5775,4 N. Zákazník požadoval sílu alespoň 5000 N. Zámek tuto podmínku splnil. K trvalému poškození zámku došlo v posunutí kolem 14,5 mm. Posuv byl nastavený 10 mm/min a maximální síla snímače je 100 kN. Měření bylo provedeno v software firmy Tempos.

Výsledek síly pootočená o 45°

U této síly jsem provedl měření 2 vzorků, (viz. příloha IX). V grafu jsou uvedeny hodnoty 3220,3 N a 3121,3 N. Požadavek zákazníka však byl 5000 N, zámek proto tuto podmínku nesplnil, U prvního vzorku došlo k trvalému poškození zámku - posunutí přibližně 14 mm, u druhého zámku až 20,5 mm, je to způsobeno trvalým dosednutím

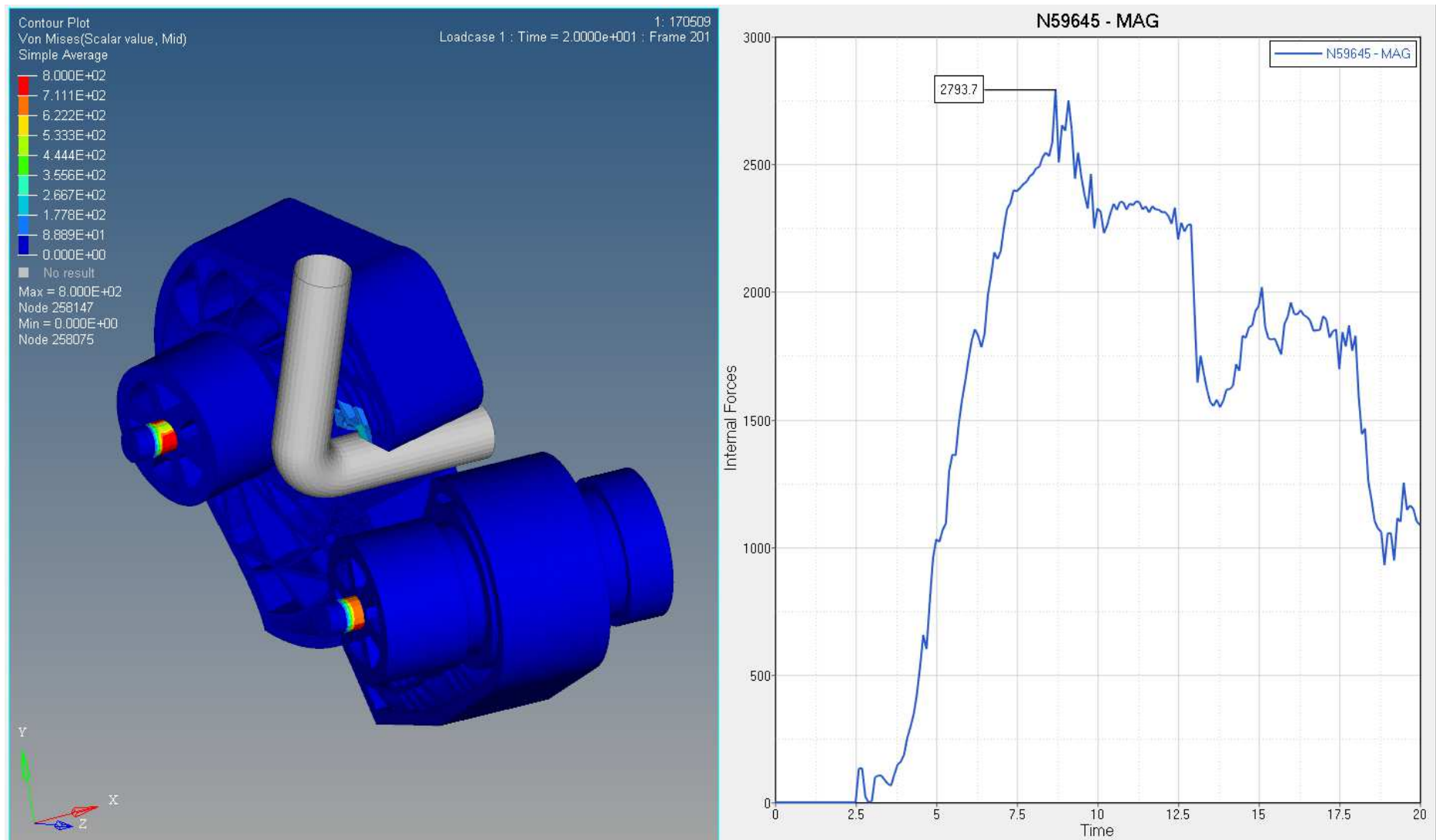
kontaktu třmenu a zámku. Posuv byl nastavený 10 mm/min a maximální síla snímače je 100 kN. Měření bylo provedeno rovněž softwarem firmy Tempos.

Plastové provedení

Vazby jsou následující – západka je uchycena pevně kolem otvorů pro čep, je to proto, že většinou nejslabším členem je rohatka. Rohatka je upevněna kolem otočného bodu čepu. Díky této vazbě může rohatka rotovat kolem čepu a na třmen je tangenciální kontakt, aby data byla co nejpřesnější. Šrouby v zámku jsou vetknuty k jednomu konci. Model (viz. obr. č. 33) je zjednodušený kvůli výpočtům. Typy sítí jsou hexagon a tetragon a velikost síťovaných prvků je 1 mm. Vypočítaná síla je odvozena od závislosti času na posunutí. Jednotlivé kroky timestepu jsou 0,2 m/s. Maximální napětí je nastaveno 800 MPa a mez kluzu 640 MPa, z důvodu pevnostních šroubů třídy 8.8. Na výpočtech v programu Altair – Hypercrash jsem spolupracoval s výpočtářem firmy Brano.

Vertikální síla

Vertikální síla se zkouší u většiny zámků přední kapoty. Trendem bude tuto sílu zvětšovat, z důvodů kvalitnějších pevnostních analýz a vyšších nároků zákazníka. Proto i plastová rohatka je dimenzovaná na větší sílu. Tato síla simuluje vytrhnutí kapoty.



obr. 33 – Zjednodušený model – metoda konečných prvků, vertikální síla

Výsledek vertikální síly

Celkové napětí je řešeno jako Von Misesovo napětí. Tato metoda postihne trojrozměrná napětí v mnoha směrech. Většinou se toto napětí vyjadřuje jako ekvivalentní. Maximální napětí vzniká na šroubech při síle 2793,7 N je napětí 800 MPa, což přesáhlo mez kluzu šroubů. Z obr. č. 33 usuzuji, že se šrouby trvale zdeformují. V případě, že se použijí větší šrouby, měl by zámek více vydržet, ale je to otázkou optimalizace. Tato analýza sloužila k porovnání plastového provedení s kovovým. Plastový zámek požadavek zákazníka nesplnil (viz. vztah č. 31).

$$k_s = \frac{F_{krit2}}{F_{max}} = \frac{2793,7}{5000} = 0,56 \quad (31)$$

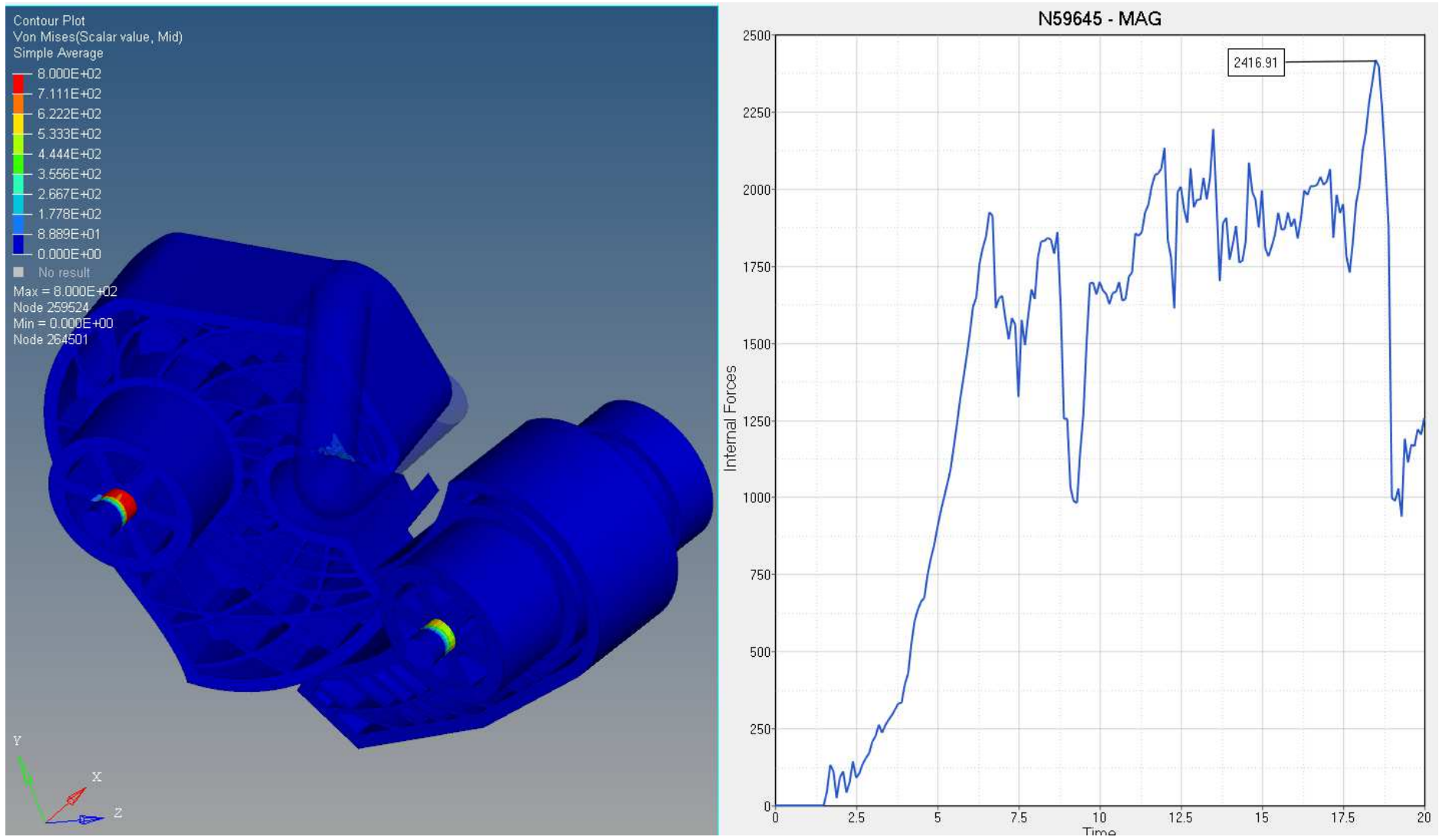
Síla pootočená o 45°

Tato síla se poslední dobou také zkouší u zámků přední kapoty, požadavky zákazníků se postupem času zvětšují.

Výsledek síly pootočená o 45°

Stejně jako v případě vertikální síly se šrouby trvale zdeformují při síle 2416,9 N, protože přesáhnou mez kluzu. Tato síla většinou vyjde menší než vertikální síla. Maximální síla nepřesáhla požadovanou hodnotu, proto podmínka zákazníka nebyla splněna (viz. vztah č. 32). Jestliže se použijí větší šrouby, měl by zámek více vydržet, ale to je otázkou optimalizace. Tato analýza také sloužila k porovnání plastového provedení s kovovým zámkem.

$$k_s = \frac{F_{krit2}^{45^\circ}}{F_{max}^{45^\circ}} = \frac{2416,9}{5000} = 0,48 \quad (32)$$



obr. 34 – zjednodušený model – metoda konečných prvků, síla

7 ZÁVĚR

Výsledkem této diplomové práce je návrh plastového zámku přední kapoty optimalizovaný tak, aby byl konstrukčně funkční a aby se dal vyrábět.

Při porovnávání plastového a ocelového provedení zámku, kde jsem bral v úvahu výrobní náklady, hmotnost a následné zatížení na zámek, jsem dospěl k závěru, že zámky přední kapoty vyrobené z plastu jsou přibližně o 65 % dražší než ocelové. Důvodem je především vysoká cena plastového materiálu, protože se jedná o novinku na trhu. Postupem času předpokládám, že cena tohoto plastu bude klesat. Ocelové provedení používá více druhů materiálů, které mají také různou cenu. V plastovém řešení byl použit pouze jeden materiál. V případě, že by se použilo více druhů plastového materiálu, docílilo by se zlevnění plastového zámku.

Hmotnost, při použití pouze jednoho druhu plastu, je také vyšší než u ocelového zámku. Při větší optimalizaci plastových dílů (použití více druhů plastů) by se hmotnost plastového zámku rovněž snížila.

Při silových zkouškách obou zámků jsem došel k závěru, že plastové provedení je pevnější než ocelové za předpokladu, že použité šrouby M6, které jsou slabinou, se nahradí většími šrouby.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

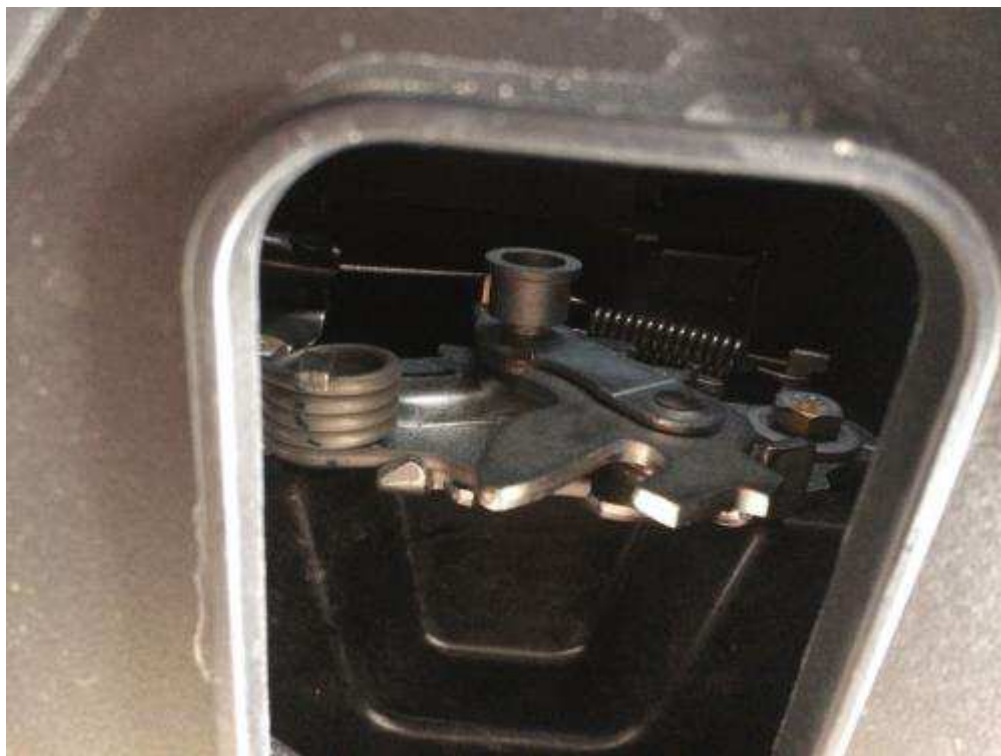
- [1] GEBHARDT, Andreas. *Rapid prototyping*. Munich: Hanser Publishers, 2003. ISBN 3446212590.
- [2] CHUA, Chee Kai., Kah Fai. LEONG a Chu Sing. LIM. *Rapid prototyping: principles and applications*. 2nd ed. New Jersey: World Scientific, c2003. ISBN 9812381201.
- [3] PÍŠKA, Miroslav. *Speciální technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 9788021440258.
- [4] DRÁPELA, M. *Modul Rapid Prototyping* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.vu.vutbr.cz/digidesign/Moduly/Rapid%20Prototyping%20-%20Ing.%20Milosvav%20Drápela.pdf>
- [5] NAVRÁTIL, R. *Co znamená Rapid Prototyping* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://robo.hyperlink.cz/rapid/index.html>
- [6] Steelnumber: Informace o materiálech. *Steelnumber* [online]. 2017 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=94
- [7] EN 13906-3:2001 (E) (ČSN EN13906-3). Úřad pro normalizaci a měření; *Zkrutné pružiny*. -.
- [8] ČSN 02 6004. *Spirálová pružina*. PRAHA: Úřad pro normalizaci a měření, 1973.
- [9] ČSN EN 10132-4:03. *Ocelové úzké pásy válcované za studena k tepelnému zpracování – Technické dodací podmínky – Část 4: Oceli na pružiny a další použití*. ČR. Praha: Úřad pro normalizaci a měření.
- [10] KALÁB, Květoslav. Ostrava. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [11] *Variabilní náklady* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z <https://managementmania.com/cs/variabilni-naklady>

- [12] *Briol spojovací materiál* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.briol.cz/technicke-informace/utahovaci-momenty-sroubu>
- [13] *Specification MS007 Version 4*. 2006.
- [14] *Bowden obrázek* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://new.minimania.com/part/NMI7692/Mini-Cooper-Door-Latch-Bowden-Cable-Oem-Gen2-R50-r53>
- [15] *Grivory XE 16101 (GVL-5H HP) natural: TECHNICAL DATA SHEET*. 2006.

9 SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH:



příloha I. – přední kapota Peugeot



příloha II. – přední kapoty Peugeot detail



příloha III. – přední kapota třmeny



příloha IV. – zámek přední kapoty Hyundai



příloha V. – zámek přední kapoty Hyundai (patrona)



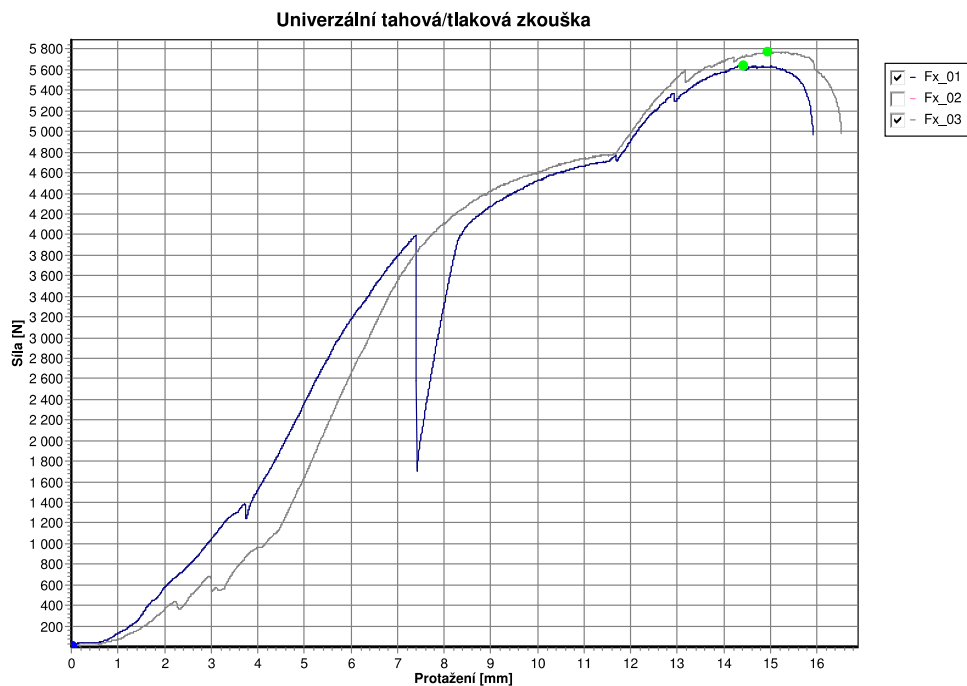
příloha VI. – zámek přední kapoty Ford



příloha VII. - testovací zařízení firmy Tempos

Zkušební parametry

Zkušební norma: Univerzální tahová/tlaková zkouška
Typ stroje: TEMPOS
Snímač síly: 100 kN
Zkušební rychlosti: V0 = 10 mm/min; V1 = 10 mm/min
Přepínací body: F0 = 10 N



Tabulka výsledků

	OK	Směr zatížení	Požadavek	Fmax N
1	x	F1 podélný	25,8 kN (min. 120% předpisu)	5644,90
2	x	F1 podélný	25,8 kN (min. 120% předpisu)	4025,50
3	x	F1 podélný	25,8 kN (min. 120% předpisu)	5775,40

Statistika a = 3

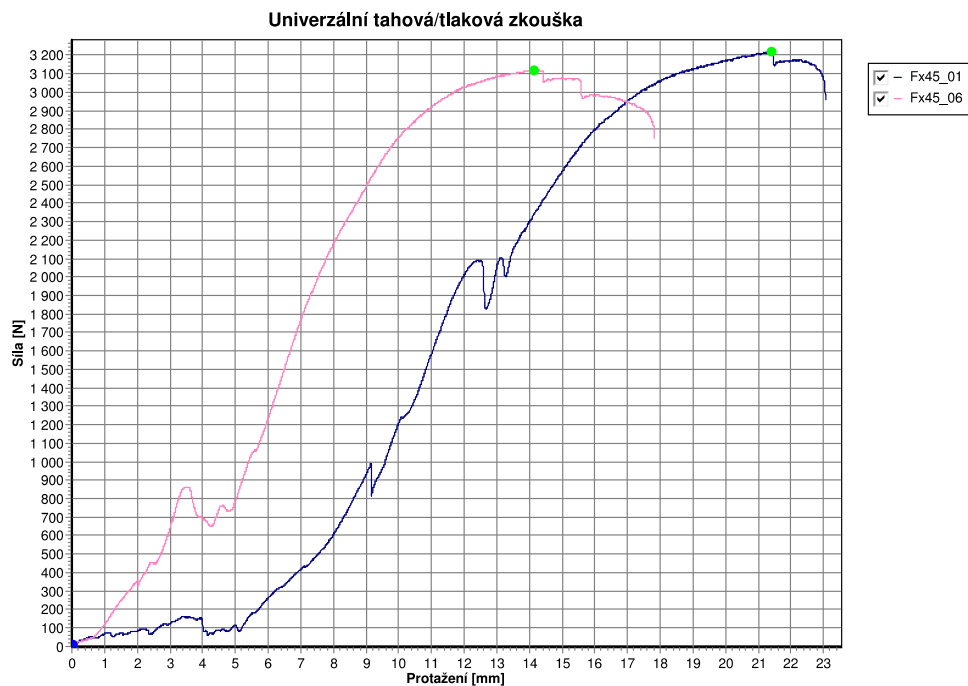
Fmax
N

Typ výrobku: GM
Název výrobku: Striker
Číslo výkresu:

Zkoušející: Roman Pudich
Datum:

Zkušební parametry

Zkušební norma: Univerzální tahová/tlaková zkouška
Typ stroje: TEMPOS
Snímač síly: 100 kN
Zkušební rychlosti: V0 = 10 mm/min; V1 = 10 mm/min
Přepínací body: F0 = 10 N



Tabulka výsledků

	OK	Směr zatížení	Požadavek	Fmax N
1	x	F1 podélný	25,8 kN (min. 120% předpisu)	3220,30
2	x	F1 podélný	25,8 kN (min. 120% předpisu)	3121,30

Statistika a = 2

Fmax
N

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji svému vedoucímu diplomové práce Tomášovi Kubínovi za cenné rady, připomínky, ochotu a čas. Dále bych chtěl poděkovat konsultantovi diplomové práce ve firmě Brano a.s. panu Mariánovi Musilovi a celému oddělení vývoje. A chlapům ze zkušebny.