



NÁVRH TVARU DRŽÁKU ELEKTRICKÉHO STŘÍDAČE DC/AC PRO VOZY ŠKODA

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 – Strojírenská technologie a materiály

Autor práce: **Bc. Martin Vajgl**
Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Vajgl**
Osobní číslo: **S14000349**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie a materiály**
Název tématu: **Návrh tvaru držáku elektrického střídače DC/AC pro vozy Škoda**
Zadávací katedra: **Katedra strojírenské technologie**

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

1. Seznámení se s technologií výroby držáku elektrického střídače DC/AC pro vozy Škoda.
2. Základy technologie stříhání a ohýbání plechů.
3. Analýza současného upevnění střídače ve vozech Škoda a návrh tvarové optimalizace upevnění držáku střídače s ohledem na možné snížení ceny.
4. Výroba prototypových kusů.
5. Testy funkčnosti nového typu držáku (únavové testy, testy odvodu tepla, pevnostní testy, atd.).
6. Vyhodnocení navrženého řešení.
7. Závěr.

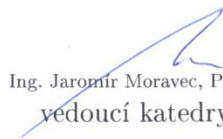
Rozsah grafických prací: **tabulky, grafy**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- [1] **PTÁČEK, L. et al.** *Nauka o materiálu I.* 2. opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. s. 516. ISBN 80-7204-283-1.
[2] **ASM HANDBOOK.** Volume 14 - Forming and Forging. 6th ed. Materials Park: ASM International, 2004. s. 978. ISBN 0-87170-020-4.
[3] **PÖHLANDT, K.** *Materials Testing for the Metal Forming Industry.* Berlin: Springer-Verlag, 1989. s. 226. ISBN 3-540-50651-9.
[4] **MICHNA, Š., NOVÁ, I.** *Technologie a zpracování kovových materiálů.* Prešov: Adin, 2008. s. 326. ISBN 978-80-89244-38-6.
[5] **ASM HANDBOOK.** Volume 8 - Mechanical Testing and Evaluation. 10th ed. Materials Park: ASM International, 2000. s. 998. ISBN 0-87170-389-0.
[6] **BŘEZINA, R.** *Úvod do tváření II* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002 ISBN 80-248-0068-3.
[7] **FOREJT, Milan.** *Teorie obrábění, tváření a nástroje.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. p. 225. ISBN 80-214-2374-9.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.**
Katedra strojírenské technologie
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jiří Sobotka, Ph.D.**
Katedra strojírenské technologie
Datum zadání diplomové práce: **31. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. ledna 2017**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. února 2016

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., 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 mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 27. května 2016

Podpis:

Návrh tvaru držáku elektrického střídače DC/AC pro vozy Škoda

Holder shape proposal of electric inverter DC/AC for Škoda vehicles

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na tvarový návrh držáku elektrického střídače DC/AC pro vůz Škoda. Navržený kovový držák je plánované sériově vyrábět technologií stříhání a ohýbání a proto je na tyto technologie zaměřena teoretická část. Experimentální část obsahuje návrh nového držáku, jeho prototypovou výrobu a následné funkční testy – únavový test na vibračním shakeru a test odvodu tepla.

Klíčová slova: stříhání, ohýbání, držák, střídač

Annotation

Diploma thesis is focused on the holder shape proposal of electric inverter DC/AC for Škoda vehicles. Proposal of steel holder is scheduled in mass production make with cutting and bending technology therefore the theoretic part deal with these technologies. Experimental part contain proposal of the new holder, prototype producing and function testing – cycling test of holder on vibration shaker and test of heat conduction.

Key Words: cutting, bending, holder, inverter

Poděkování

Úvodem bych chtěl poděkovat své manželce Tereze Vajglové za obrovskou podporu a toleranci během mého studia.

Dále bych rád také poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Pavlu Solfronkovi, Ph.D. za věcné rady, připomínky a přístup během konzultací k této práci.



Obsah

Seznam symbolů, zkratk a termínů	9
1. Úvod.....	11
2. Teoretická část.....	14
2.1. Stříhání	14
2.1.1. Princip stříhání.....	14
2.1.2. Rozdělení stříhání	16
2.1.3. Střížná síla a práce.....	17
2.1.4. Přesné stříhání	20
2.2. Řezání laserem	21
2.3. Ohýbání	24
2.3.1. Deformace, neutrální osa	24
2.3.2. Odpružení.....	25
2.3.3. Minimální poloměr ohybu	26
2.3.4. Maximální poloměr ohybu	26
2.3.5. Konstrukční řešení ohýbadel	27
2.3.6. Výpočet síly a práce pro ohyb	27
2.3.7. Technologické postupy ohýbání	29
2.4. DC/AC střídač napětí	32
2.4.1. Jak funguje střídač napětí	32
2.4.2. Bezpečnost.....	32
2.4.3. Jaké přístroje lze zapojit	33
2.5. Odolnost vůči chybám (Poka–Yoke)	34
2.5.1. Co je to vlastně Poka-Yoke	34
3. Experimentální část	36
3.1. Návrh tvarové změny	36



3.1.1.	Aktuální sériová konstrukce.....	36
3.1.2.	Zástavbové místo	37
3.1.3.	Konstrukce držáku.....	38
3.1.4.	Upevnění držáku do vozu	39
3.1.5.	Metoda Poka-Yoke v konstrukci držáku	40
3.1.6.	Materiál držáku	41
3.1.7.	Povrchová ochrana.....	42
3.1.8.	FEM analýza	43
3.2.	Prototypová výroba držáku	44
3.2.1.	Řezání	44
3.2.2.	Ohýbání.....	45
3.3.	Laboratorní zkoušky.....	47
3.3.1.	Vibrační zkouška	47
3.3.2.	Odvod tepla z povrchu držáku	51
4.	Závěr.....	57
5.	Seznam použité literatury.....	60
6.	Seznam příloh.....	62

Seznam symbolů, zkratek a termínů:

A	[J]	střížná, ohýbací práce
C	[-]	uhlík
CAD	...	Computer Aided Design, počítačem podporované projektování
Catia V5	...	konstrukční 3D program
DIN EN 10346	...	norma materiálu
Dxf	...	Drawing Exchange Format, vektorový formát
E	[MPa]	Youngův modul
F	[N]	normálová síla
FEM	...	Finite Element Method, metoda konečných prvků (MKP)
F_o	[N]	ohýbací síla
F_s	[N]	střížná síla
LIN	...	Local Interconnect Network, datová sběrnice
M	[Nm]	moment
Mn	[-]	mangan
O	[mm]	střížný obvod
P	[-]	fosfor
R_e	[MPa]	výrazná mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
R_{max}	[mm]	maximální poloměr ohybu
R_{min}	[mm]	minimální poloměr ohybu
RMS	...	Root Mean Square, efektivní hodnota
S	[-]	síra
T	[N]	třecí síla
Ti	[-]	titan
U_z	[V]	zkušební napětí
VW 13750	...	VW předpis pro povrchovou ochranu
VW 80200-2	...	VW předpis pro vibrační zkoušku
b	[mm]	délka stříhu, šířka materiálu
c	[-]	součinitel tvářítečnosti
d	[mm]	šířka záběru nože
e	[mm]	mezera mezi zakládací deskou a střížnicí
f	[Hz]	frekvence
f_t	[-]	součinitel tření
g	[m/s ²]	zrychlení
g_s	[mm]	vůle mezi střížníkem a střížnicí
h, z	[mm]	zdvih
h_s	[mm]	hloubka vniknutí střížné hrany



k	[-]	koeficient zaplnění plochy pod křivkou
k_1, k_2	[-]	koeficient průběhu ohýbací síly
m	[kg]	hmotnost
m_s	[mm]	střižná vůle
t	[mm]	tloušťka plechu
γ	[°]	úhel odpružení
σ_o	[MPa]	napětí v ohybu
σ_{oC}	[MPa]	mez únavy v ohybu
τ_s	[MPa]	napětí ve stříhu
φ	[°]	úhel stříhu

1. Úvod

Současné moderní automobily nabízejí nepřehledné množství komponentů, o kterých bychom řekli před několika lety, že je nemožné v automobilu mít. V dnešních vozech Škoda je k dispozici elektrické zařízení – DC/AC střídač, který nám umožňuje ve voze disponovat zásuvkou o provozním napětí 230 V. Tuto zásuvku s napětím 230 V, kterou každý zná z domácnosti nebo kanceláře, by člověk dříve v automobilu určitě neočekával a dnes se tento elektrický díl stává běžnou součástí výbavy automobilu.

Jako většina komponentů ve voze, tak i DC/AC střídač potřebuje ke svému zabudování držák, se kterým pak tvoří montážní sestavu dle obr 1.1, tato sestava je poté implementována do automobilu na montážní lince. V automobilovém průmyslu je obrovský tlak na optimalizace a inovace. Každý díl je opakovaně podrobován fokusu na potenciální možnosti úspor, ať finančnímu z pohledu jednicových nákladů, tak i hmotnostnímu z pohledu celkového snižování hmotnosti automobilu.






Obr. 1.1: Sériový stav sestavy držáku s DC/AC střídačem pro třídu vozu SUV

Zadání diplomové práce vzniklo na základě požadavku Škoda Auto a.s. vytvořit přehled držáků používaných pro upevnění elektrického DC/AC střídače ve vozech Škoda a zanalyzovat jeho upevnění ve voze. Cílem je navrhnout případnou tvarovou úpravu držáku DC/AC střídače pro vůz Škoda, která by znamenala snížení jednicových nákladů na držák a jeho zástavbu. Na tvarovou

změnu držáku střídače a jeho upevnění do vozu je zaměřena tato diplomová práce a navrhuje případné možnosti snížení nákladů.

V tabulce 1.1 je zobrazen přehled držáků, které jsou použity pro zástavbu střídače do automobilů Škoda.

Tab. 1.1: Přehled použitých držáků DC/AC střídače ve vozech Škoda

Třída vozu	Použitá technologie výroby držáku	Vizualizace držáku
A	vstřikování plastu	
B	vstřikování plastu	
SUV	stříhání a ohýbání plechu	

Pro vůz třídy A a B je použit plastový držák, který je vyroben technologií vstřikování plastu. Plastový držák je použit u A a B třídy, kde je zástavba střídače s držákem do plastové loketní opěrky. Oba držáky jsou navrženy dle zásad konstruování plastových dílů a žádná zásadní optimalizace nebyla nalezena. Pouze by bylo možné do držáku na A-třídě implementovat

odvětrávací otvory, které jsou u držáku na B-třídě, ale rozdíl není tak zásadní, co se týče odvodu ztrátového tepla z povrchu střídače. Z hlediska nákladů tedy tato úprava byla zamítnuta. Upevnění do loketní opěrky je pomocí šroubů, které jsou použity a sjednoceny v celé oblasti loketní opěrky a tak další modifikace upevnění není z důvodu komplexity smysluplná.

Pro SUV třídu je používán plechový držák. Ten je vyráběn technologií stříhání a ohýbání. Zástavba u SUV je v oblasti ruční brzdy a montáž je přímo na podlahu středového tunelu. U plechového držáku, který je vidět na obr. 1.2, je potenciál optimalizace daleko větší a zásadnější a tudíž byl vybrán v rámci diplomové práce. Jeho optimalizace a návrh nového tvaru je rozpracována detailněji a komplexněji v experimentální části této práce.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na technologie pro výrobu plechového držáku, to jsou technologie stříhání a ohýbání. Experimentální část obsahuje konstrukční návrh vytvořený v softwaru Catia V5, ze kterého je následně vygenerován rozvin dílu v dxf formátu. Tento formát je čitelný pro laserový řezací stroj. Pomocí laseru je vypálen vnější tvar s otvory a poté výpalek prototypově ohnut do požadovaného tvaru dle výkresové dokumentace. Prototypové vzorky jsou následně podrobeny cyklickým únavovým zkouškám na vibračním shakeru a zkoušce odvodu ztrátového tepla z povrchu střídače.



Obr. 1.2: Sériový stav držáku DC/AC střídače pro třídu SUV

2. Teoretická část

Teoretická část diplomové práce obsahuje technologie stříhání a ohýbání, jelikož se návrh tvarové úpravy bude týkat kovového držáku, který je těmito technologiemi vyráběn.

2.1. Stříhání

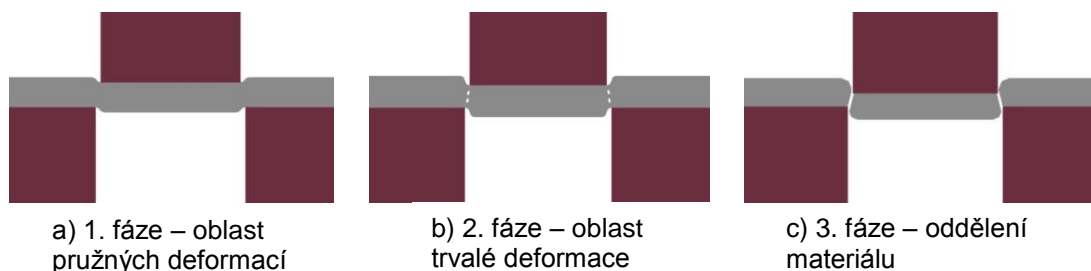
Stříhání je tvářecí operací dělení materiálu, při které probíhá oddělování části materiálu působením protilehlých řezných hran způsobujících v řezné rovině smykové napětí [1]. Materiál se může oddělovat postupně, nebo současně podél křivky stříhu [2]. Proces stříhání má tři základní fáze.

2.1.1. Princip stříhání

V první fázi (obr. 2.1a) po dosednutí střížníku dochází k pružnému vnikání do povrchu stříhaného materiálu [1]. Hloubka vniku závisí na mechanických vlastnostech materiálu a bývá mezi 5 – 8 % tloušťky materiálu. Síly mezi hranami střížníku a střížnice způsobují nežádoucí ohyb.

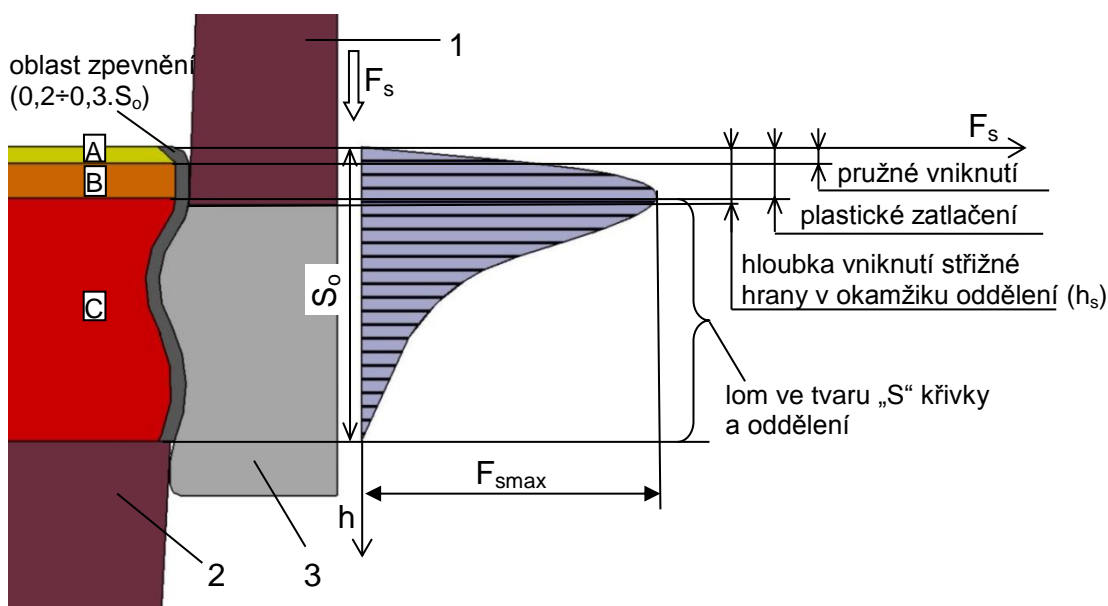
Ve druhé fázi (obr. 2.1b) je napětí vnikání větší, než je mez kluzu kovu a dochází k trvalé plastické deformaci [1]. Napětí na hranách střížníku a střížnice se blíží mezi pevnosti. Podle druhu kovu a jeho mechanických vlastností je hloubka plastického vniknutí 10 – 25 % tloušťky materiálu.

Ve třetí fázi (obr. 2.1c) dosáhne napětí meze pevnosti ve stříhu τ_s . Nejdříve vznikne tzv. nástřih, tj. vytvoření trhlinek, ty se rychle šíří, až dojde k oddělení (usmýknutí) výstřížku [1]. Rychlost vzniku a postupu trhlin je závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střížné vůle. Obvyklá tloušťka oddělení materiálu bývá kolem 1/3 tloušťky materiálu viz obr. 2.2. V případě tvrdého křehkého materiálu je oddělen rychle při malém vniknutí střížných hran ca. 10 % tloušťky, u měkkého houževnatého materiálu dojde ke vzniku trhlin a jeho šíření relativně pomalu, vniknutí střížných hran v okamžiku oddělení bývá až 60 % tloušťky.



Obr. 2.1: Základní fáze stříhání

Při stříhání s normální vůlí se trhliny po nástřihu šíří tak, že v okamžiku stříhu se setkají [1]. Důsledkem malé či příliš velké střížné vůle je rozšíření pásma otěru na větší část střížné plochy. Velikost a rozdělení deformačních pásů střížné plochy při normální střížné vůli je znázorněn na obrázku 2.2.



Obr. 2.2: Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly

A – pásmo pružné vniknutí (žlutá), B – pásmo plastické deformace (oranžová), C – pásmo lomu a oddělení (červená), 1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – stříhaný materiál

Charakteristický průběh střížné síly v závislosti na hloubce vniknutí střížníku je na obr. 2.2. Po krátké dráze elastického vniknutí břitu – napěchování kovu pod břitem dochází k plastické deformaci – přetvoření [1]. I když se střížná plocha zmenšuje, dochází vlivem lokálního zpevnění k plynulému nárůstu síly. Po vzniku nástřihu (první porušení trhlinami) nastává ještě mírný a plynulý pokles síly až po hloubku vniknutí h_s , kdy dojde k úplnému

porušení lomem ve tvaru „S“ křivky a k následnému oddělení výstřížku s výrazným poklesem síly. Lokální snížení výrazného gradientu poklesu střížné síly je způsobeno vzájemným otěrem vytvořené „S“ plochy. Zpevněná oblast zasahuje do 20 až 30 % tloušťky plechu.

2.1.2. Rozdělení stříhání

Podle konstrukce nožů (střížníků) se stříhání dělí na [2]:

- Stříhání rovnoběžnými noži
- Skloněnými noži
- Kotoučovými noži
- Noži na profily a tyče

Stříhání rovnoběžnými noži

Ke stříhání rovnoběžnými noži je použit střížný nástroj, který se skládá ze střížníku a střížnice, mezi kterými je střížná vůle, resp. střížná mezera [2]. Kromě speciálních způsobů stříhání, jako jsou například stříhání bez vůle, stříhání se zápornou vůlí, atd., nelze zkonstruovat nástroj bez mezery kvůli nebezpečí havárie. Na docílení kvalitního výstřížku je důležitá optimální vůle mezi střížníkem a střížnicí. Jednostranná vůle bývá od 3 do 10 % tloušťky plechu v závislosti na tloušťce a pevnosti materiálu (s rostoucí pevností se vůle zvětšuje).

Stříhání šikmými noži

Stříhání šikmými, skloněnými noži, která při stříhání svírají určitý úhel, je výhodné proto, že se při tomto způsobu zmenší celková potřebná síla oproti stříhání na rovných nožích [2]. Materiál je stříhán postupně. Pro velikost střížné síly bude rozhodující velikost střížné hrany a tloušťky – plochy trojúhelníku.

Podobně jako u jednoduchého rovného stříhání je i v tomto případě průběh okamžité síly možno regulovat, i když naproti tomu se celková práce, vynaložená na stříhání zmenší [2]. U nástrojů, stříhadel, složených ze střížníku a střížnice, používaných pro dva nejrozšířenější způsoby stříhání, tj. děrování a vystřihování, to lze provést dvěma způsoby:

- použitím stříhadel se skoseným ostřím
- stupňovitým uspořádáním střížníku

Stříhadla se zkoseným ostřím jsou použita tehdy, když chceme zmenšit střížnou sílu, která je větší jak síla lisu [2]. Na vystřihování se zkosení dělá oboustranné a to na střížnici, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Způsob oboustranného zešikmění vyrovnává síly na střížníku a nevychyluje jej z osy. Jednostranné zkosení střížníku je použito jen pro nastřihování. U děrování je střížnice rovná a střížník zkosený, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Při stříhání složitých tvarů se nedoporučuje provádět zkosení ostří.

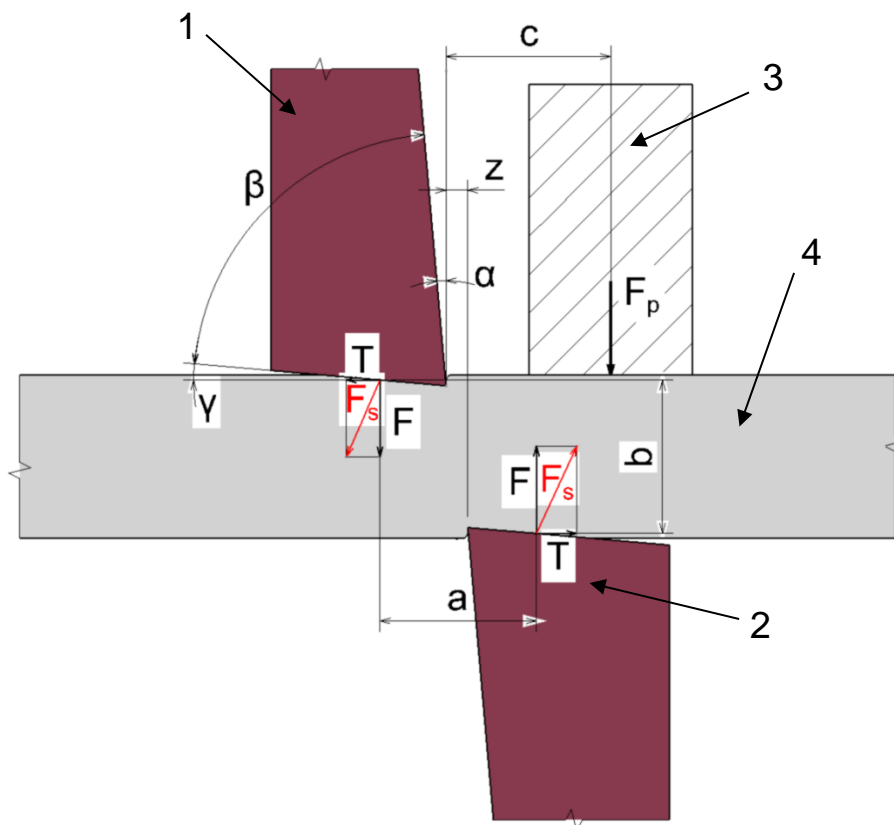
Do šikmého stříhu lze počítat i pákové nůžky, jejichž nože se pohybují úhlovým sklápěním [2]. Protože sklápěním přímkových nožů se úhel λ mění, staví se často pákové nůžky s jedním nebo oběma noži obloukovými, takže úhel λ zůstává po střížné čáře konstantní.

2.1.3. Střížná síla a práce

Střížná síla a práce pro rovnoběžné nože

V důsledku mezery mezi střížníkem a střížnicí střížné síly nepůsobí při skutečném procesu ideálně v jedné rovině, kdy střížná síla se rozkládá na složku třecí (T) a normálovou (F) (obr. 2.3) [2]. To způsobuje jednak vznik ohybových momentů a jednak vznik jednotlivých pásem na konečném výrobku polotovaru.

Moment $M_p = F \cdot a$ (1) se snaží materiál natočit, čemuž je možné zabránit použitím přidržovače, klopný moment $M_T = T \cdot b$ (2) je možno zmenšit zvětšením úhlu čela γ [2]. Sílu přidržovače je určena ze vztahu $F \cdot d = F_p \cdot c$ (3) kde d je 1,5 až 2 násobek střížné mezery. Složka síly T se snaží od sebe nože oddálit a nastává jejich ohyb (nebezpečí zlomení).



Obr. 2.3: Princip a silové rozložení u stříhu s rovnoběžnými noži /2/
1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – přidržovač, 4 – stříhaný materiál,
 α – úhel hřbetu, β – úhel břitu, γ – úhel čela

Dle [2] velikost střížné síly při stříhu se vypočítá ze vztahu:

$$F_s = (1,1 \div 1,3) \cdot O \cdot t \cdot \tau_s \text{ [N]} \quad (4)$$

kde je:

- t ... tloušťka plechu [mm]
- O ... střížný obvod [mm]
- τ_s ... napětí ve smyku; pro ocel – $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa]

Protože napětí ve smyku, stříhová pevnost, je hodnota závislá od poměrného vtlačení nože do materiálu, vzorec nebude platit v plném rozsahu střížného procesu, ale střížná síla (4) se bude měnit od nuly po určité maximum a zpět na nulu (obr. 2.2), což závisí samozřejmě na tloušťce materiálu, méně na střížné mezeře [2]. Při skutečném stříhání nevzniká čistý smyk, ale kombinované namáhání, nože se otupují, proto se skutečná střížná síla zvýší o 10 až 30 %. Střížná práce (5) se bude rovnat ploše pod křivkou a je závislá na střížné mezeře.

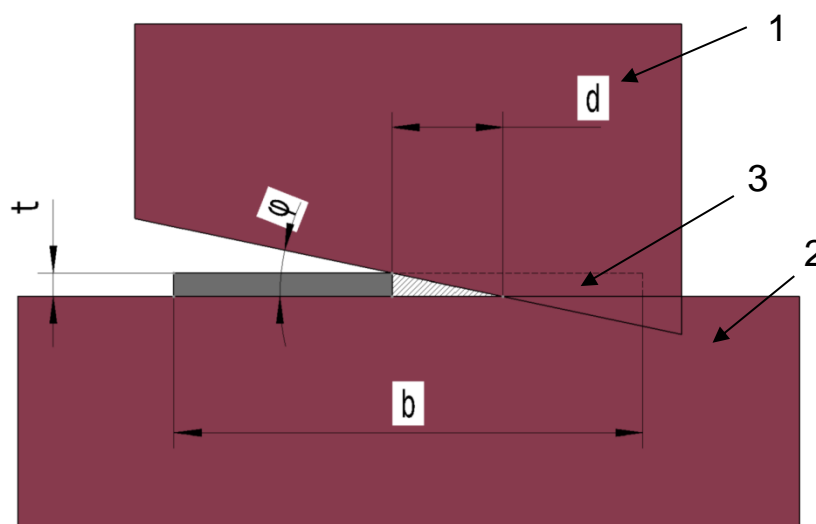
$$A = F_s \cdot k \cdot z \quad [J] \quad (5)$$

kde je:

- k ... koeficient zaplnění plochy pod křivkou
z ... zdvih [mm]

Střížná síla a práce pro šikmé nože

Vypočítaná síla zůstává konstantní, když nastane záběr nože v celé tloušťce [2]. Velikost střížné síly (6) začne klesat, když nože odchází ze záběru a nakonec klesne na nulu.



Obr. 2.4: Stříhání skloněnými, šikmými noži /2/

1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – stříhaný materiál,
b – délka stříhu, d – šířka záběru nože, t – tloušťka materiálu, φ – úhel stříhu

$$F_s = (1,1 \div 1,3) \cdot t \cdot \tau_s \cdot b = \frac{(1,1 \div 1,3) \cdot t^2 \cdot \tau_s}{\operatorname{tg} \varphi} \quad [N] \quad (6)$$

kde je:

- t ... tloušťka plechu [mm]
b ... délka stříhu – $b = \frac{a}{\operatorname{tg} \varphi}$ [mm]
 φ ... úhel stříhu, úhel sklonu nožů (2 až 6° pro tabulové nůžky, 7 až 20° pro pákové nůžky)
 τ_s ... napětí ve smyku; pro ocel – $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa]

Potřebnou velikost práce lze vypočítat ze vztahu (7) a je opět rovna ploše pod křivkou [2]. Při porovnání střížné síly a velikosti práce při stříhání rovnými a šikmými (obr. 2.4) noži je jasně patrné, že stříhání se šikmými noži je výhodnější, neboť pro stejnou tloušťku plechu a délku stříhu je potřeba mnohem menší síla, než u rovných nožů, ale na druhou stranu budeme stříhat po delší dráze. Zmenšení střížné síly podstatně zmenšuje rázy.

$$A = F_s \cdot k \cdot z = F_s \cdot k \cdot b \cdot tg\varphi \text{ [J]} \quad (7)$$

kde je:

- k ... koeficient zaplněné plochy pod křivkou
- z ... zdvih [mm].

2.1.4. Přesné stříhání

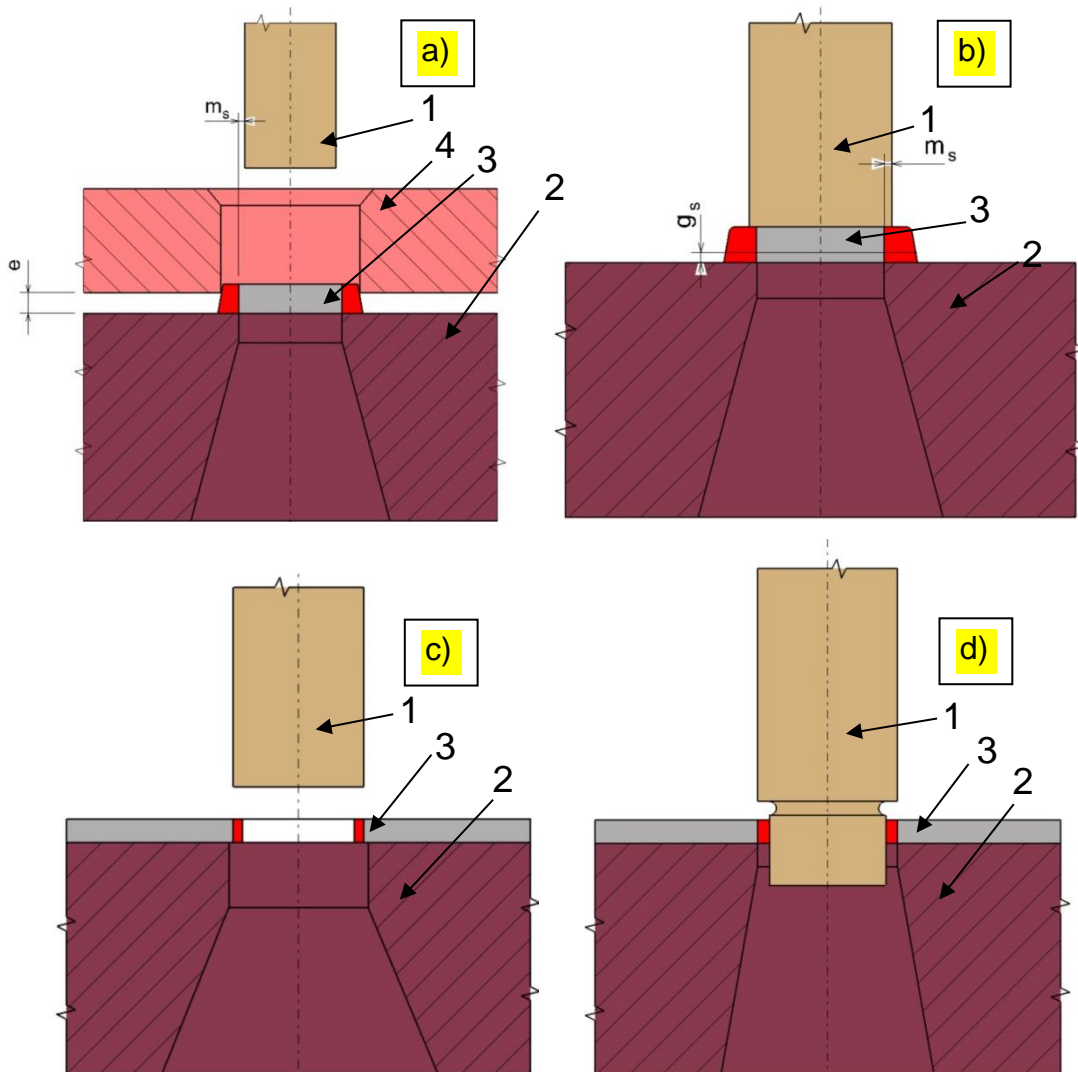
Při popsaných metodách má střížná plocha i vystřižený kus určitou standartní jakost [2]. Jedná se o drsnost povrchu střížné plochy a přesnost střížných rozměrů.

Aby bylo možno stříhané díly používat přímo na montáž bez dalších úprav, snažili se technologové vylepšit střížný proces [3]. Všechny metody, zlepšující jakost povrchu střížné plochy a zpřesňující stříhané rozměry se uvádějí pod společným označením – přesné stříhání.

Pro kvalitu výstřížku je velmi důležitá vůle (mezera) mezi střížníkem a střížnicí, neboť se zmenšující se mezerou se eliminují tahové složky napětí od ohybového namáhání a napjatost se blíží čistému smyku [2].

V zásadě metody přesného stříhání lze rozdělit na výrobu výstřížku:

- v jedné operaci, a to na stříhání bez vůle, stříhání s přidržovačem, stříhání s nátláčnou hranou, stříhání s nátláčnou hranou a protitlakem, reverzní stříhání, stříhání se zápornou vůlí, stříhání na lisech ESSA,
- ve dvou operacích, a to na přistříhování (obr. 2.5), vibrující střížník.



Obr. 2.5: Přistřihování /4/

- a) vnějšího obrysu s kladnou vůlí, b) vnějšího obrysu se zápornou vůlí, c) přistřihování otvoru, d) děrování otvoru s přistřihováním, 1 – střížník, 2 – střížnice, 3 – výstřížek, 4 – základací deska, m_s – střížná vůle, e – mezeru mezi základací deskou a střížnicí, g_s – vůle mezi střížníkem a střížnicí

2.2. Řezání laserem

Pro výrobu prototypových vzorků byla zvolena technologie řezání laserem a to z důvodu časového, kde výroba prototypového nářadí pro stříhání by byla časově náročnější a hlavně z hlediska finančního, jelikož konstrukce a výrobní cena takového nářadí je dražší oproti použití technologie řezání laserem, kde navíc touto výrobní laserovou technikou disponuje přímo vývojové centrum Škoda Auto a.s.

Laser je moderní progresivní přesná technologie pro dělení především konstrukčních, nerezových a dalších ocelí do tloušťky cca 25 – 30 mm [5].

Laserové řezání je díky průběžně se rozvíjející technologii stále levnější a přitom stále přesnější a kvalitnější.

Základem každého řezacího systému je zdroj laserového svazku tzv. rezonátor [5]. Paprsek je z rezonátoru systémem zrcadel doveden až k řezací hlavě nesené na portálu řezacího stolu. Dnes užívané CNC stoly určené pro řezání ve 2D jsou v zásadě dvou koncepcí - s tzv. hybridní optikou, kdy v jedné ose vykonává pohyb upnutý materiál a v druhé se pohybuje řezná hlava nebo s tzv. létající optikou, kdy pohyb v obou osách vykonává řezná hlava. V řezné hlavě je paprsek zaostřen do technologicky přesně definovaného ohniska závislého na typu a tloušťce materiálu. Působením soustředěné energie laserového paprsku je řezaný materiál:

- taven a řezná spára je průběžně "profukována" asistenčním plynem nejčastěji dusíkem - tzv. **"tavné řezání"** (čisté nezoxidované lesklé řezy)
- taven a zároveň spalován kyslíkem coby asistenčním plynem při tzv. **"oxidačním řezání"** (řezy s patrnou stopou oxidace)
- případně je taven a odpařován při méně používaném **řezání "sublimačním"**.

Moderní řezací systémy (obr. 2.6) navíc umožňují průběžně plynule měnit výkon laseru, rychlost posuvu a další parametry, jejichž optimální kombinace umožňuje stále přesnější a detailnější řezání se stále menším teplotním dopadem na výrobek i okolní materiál [5]. Možnosti jednotlivých řezacích strojů jsou dány především elektrickým výkonem rezonátoru, který se dnes pohybuje obvykle mezi 1200 – 4000 W, a technickou vyspělostí pracoviště. Každopádně horní hranice technologických možností kvalitního laserového řezání pro běžnou průmyslovou praxi leží dnes v rozmezí tloušťky materiálu 25 – 30 mm a dle úvah odborníků z výzkumu i praxe se pravděpodobně nebudou do budoucna již výrazněji posunovat. Dnes je vývoj zaměřen především na pohybovou dynamiku strojů, díky které je pak využita vysoká absolutní rychlost laserového řezání i na menších dílcích a dílcích složitých tvarů či s mnoha otvory, čímž se výrazně zkracují výrobní časy.

Obecně lze řezat jakékoli tvary, které je možno přenést do počítačového kreslicího CAD programu [5]. Program pro zpracování řezacích kódů pracuje

jako nadstavba na vlastní CAD modul. Proto je potřeba vždy zadávané tvary přenést do CADového formátu. Optimální je zadání souborů *.dxf. Oproti stavu před několika lety, kdy bylo problémem řezat ostré "špičky", menší otvory apod. je dnes tvarových omezení daleko méně, nejčastější jsou tyto:

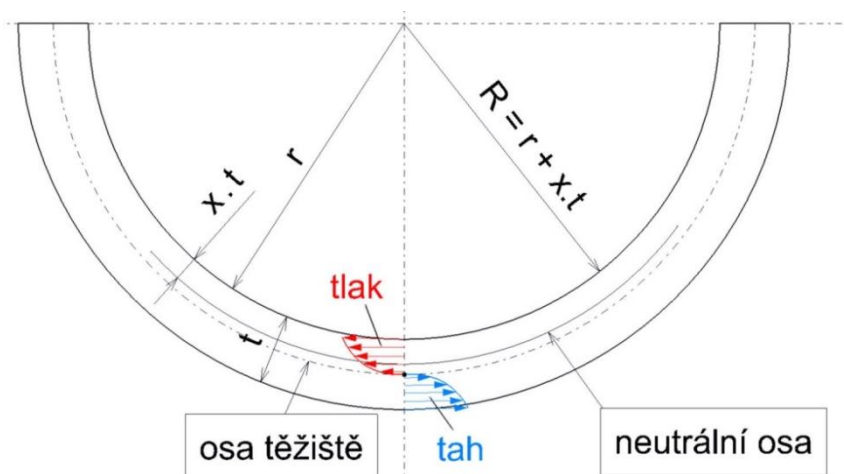
- Laserový zaostřený paprsek má při řezu kruhový průřez o průměru cca do 0,5 mm, takže vnitřní rohy a vnitřní ostré úhly jsou zaobleny většinou však zanedbatelným rádiusem maximálně 0,3 mm, vnější rohy mohou být zcela ostré. Do hodnoty cca 0,5 mm se rovněž pohybuje šířka řezné spáry.
- Veškerá ostatní tvarová omezení vycházejí z množství tepla vneseného do materiálu při řezání a tedy stupně natavení materiálu a následných deformací. Obecně lze říci - čím tenčí plech, tím rychlejší řezání a tudíž méně tepla a méně omezení tvarů
- Otvory lze řezat do černých plechů o minimálním průměru rovném cca 0,8 až jednonásobku tloušťky materiálu, do nerezů lze řezat i otvory menší již od cca 0,5 násobku tloušťky. Toto pravidlo přiměřeně platí i pro otvory jiných tvarů. Ve speciálních případech lze testovat i řezání otvorů menších, záleží na materiálu, hustotě otvorů apod.



Obr. 2.6: Řezání laserem /6/

2.3. Ohýbání

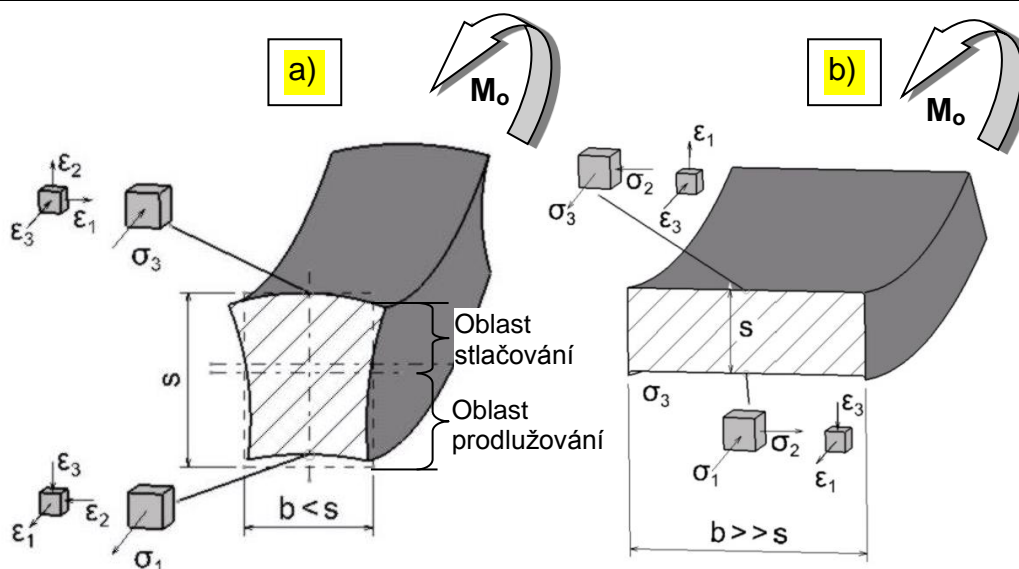
Ohýbání je trvalé přetváření materiálu, při němž se pod vlivem lokálních sil nebo ohybových momentů mění křivost součástí z plechu, tyčí a drátů [1]. Materiál je deformován do různého úhlu s menším nebo větším zaoblením hran. Materiály tvrdé křehké a průřezy o velkém modulu odporu proti ohybu se ohýbají kovářským způsobem za tepla. K ohýbání jsou použity nástroje zvaná ohýbadla, která se skládají z ohybníku a ohybnice [2]. Výrobkem je výlisek nebo ohybek. Ohnutí výrobku do požadovaného tvaru využívá zákonů plasticity, tzn. překročením meze kluzu dosáhneme oblasti plastické deformace. Plastická deformace je doprovázena deformací elastickou, která způsobuje odpružení.



Obr. 2.7: Rozložení a velikost napětí v materiálu /2/

2.3.1. Deformace, neutrální osa

Průběh napjatosti a deformace se dají dobře sledovat na jednoduchých případech ohybu tyčí a pásů (obr. 2.7) [1]. Při ohýbání tyčí obdélníkového průřezu (obr. 2.8a), kdy šířka je menší než tloušťka, dochází k deformaci průřezu. Vrstvy kovu na vnitřní straně ohybu jsou v podélném směru stlačovány, zkracovány a roztahovány v příčném směru. Vrstvy kovu na vnější straně ohybu se roztahují a prodlužují v podélném a stlačují v příčném směru. Při ohýbání širokých pásů (obr. 2.8b), plechů ($b \geq 3s$) je zabráněno deformaci průřezu v příčném směru, protože proti těmto deformacím působí odpor materiálu velké šířky vzhledem k jeho malé tloušťce.



Obr. 2.8: Napjatost a deformace v ohýbaném materiálu podle osy ohybu /1/

V okolí střední části průřezu ohýbaného materiálu jsou tahová napětí malá a vyskytuje se zde toto napětí nižší, než je mez kluzu příslušného materiálu [2]. V přechodu mezi vrstvou prodlužovanou a vrstvou stlačovanou se nachází spojnice, která se nazývá tzv. neutrální osou, ve které není napětí a která se při ohýbání ani neprodlouží ani nezkrátí. Neutrální osa je na začátku uprostřed průřezu, ale se vzrůstajícím zakřivením se přesune ze středu k vnitřnímu povrchu ohýbaného průřezu. Není tedy totožná s osou těžiště ohýbaného materiálu.

Délku neutrální osy je nutné vědět pro případný výpočet délky polotovaru před ohybem [2]. Délka polotovaru se určí součtem délek rovinných úseků + délky neutrálních os. U tenkých plechů není tento rozdíl patrný, ale při ohýbání tlustých plechů se však s tímto musí počítat.

2.3.2. Odpružení

Ohýbání za studena doprovází pružné deformace kolem neutrální osy, které jsou vratné a po ukončení ohybu a odlehčení způsobují odpružení [2]. V důsledku odpružení výsledný tvar ohýbané součásti nesouhlasí s tvarem ohýbadla. Velikost odpružení závisí na tvárnosti materiálu, poloměru ohybu a způsobu ohýbání. Bývá v rozsahu 3 až 15° [1]. Eliminace odpružení je možné řešit různými způsoby:

1. Při konstrukci a výpočtu ohýbacích nástrojů se musí počítat a navrhnout s korekcí o úhel odpružení, materiál se ohne více o úhel odpružení γ a po odlehčení bude úhel výlisku dle požadované hodnoty
2. Použitím kalibrace, tj. zvětšení lisovací síly na konci lisovacího cyklu, dochází k místní plastické deformaci v místě ohybu a hodnota odpružení se snižuje, až případně vymizí úplně
3. Použití prolisů na výlisku, tímto způsobem se odpružení téměř úplně odstraní.

2.3.3. Minimální poloměr ohybu

Pružný plastický ohyb lze provádět až do minimálního poloměru ohybu R_{\min} . Další zmenšení poloměru ohybu vede k porušení na vnější tahové straně [1]. Rozhodující pro ohýbání je tečné tahové napětí v krajních vláknech. Po dosažení meze pevnosti v tahu R_m , dochází k porušení lomem. Vzorec pro minimální poloměr ohybu (8) je:

$$R_{\min} = t \cdot c \quad [\text{mm}] \quad (8)$$

kde je:

- c ... součinitel tvářítečnosti (dle mat., např. měkká ocel 0,5 až 0,6)
- t ... tloušťka materiálu [mm]

2.3.4. Maximální poloměr ohybu

Maximální poloměr ohybu je takový, při němž v krajních vláknech na tahové straně dojde k počátku nevratné – trvalé plastické deformaci [1]. V jiném případě by došlo k vratnému pružnému ději a ohýbaný materiál by se narovnal. Vzorec pro maximální poloměr ohybu (9) na vnitřním poloměru je:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) \quad [\text{mm}] \quad (9)$$

kde je:

- t ... tloušťka materiálu [mm]
- E ... Youngův modul [MPa]
- R_e ... výrazná mez kluzu [MPa]

Praskání materiálu (vznik trhlin na vnější straně) nastane v momentě, kdy dojde k překročení kritické hodnoty poloměru ohybu R/t , což může být způsobeno jednak zpevněním materiálu, jednak stavem materiálu (žíhaný, tvářený za studena, apod.) a jednak průběhem vláken (viz obr. 2.7) [2]. Osa ohybu by měla být kolmá na směr vláken materiálu (odpružení je ale větší) nebo minimálně pod úhlem 30° [7]. Je-li potřeba provést ohyby, které jsou vůči sobě navzájem kolmé, potom je účelné, aby vlákna materiálu ležela šikmo k ose ohybu, pokud možno pod úhlem 45° . U stříhaných polotovarů musí být ořep na vnitřní straně ohybu nebo je nutné ho odstranit broušením.

2.3.5. Konstrukční řešení ohýbadel

Správná konstrukce ohýbacích nástrojů – ohýbadel rozhoduje o kvalitě ohybu součásti [1]. Základní konstrukční a technologické parametry pro ohýbání jsou do tvaru „V“ a „U“ (obr. 2.9 a obr. 2.10). Základní sestava ohýbadla sestává z pohyblivého ohybníku 1, který je upevněn v beranu. Poloměr zaoblení ohybníku R je dán tvarem ohýbané součásti a je nutno respektovat jeho minimální hodnotu v poměru k tloušťce ze vztahu minimálního poloměru ohybu (8). Poloměr zaoblení hrany R_1 ohybnice 2 má vliv na ohýbací sílu a na jakost ohýbané součásti. Čím jsou poloměry hran ohybnice menší, tím větší je ohýbací síla.

2.3.6. Výpočet síly a práce pro ohyb

Výpočet síly a práce pro ohyb do tvaru „V“

Jak uvádí [8], pro výpočet síly pro ohyb ve tvaru „V“ je dle normy ČSN 22 7340 uváděn vztah (10):

$$F_o = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{2 \cdot R} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad [\text{N}] \quad (10)$$

kde je:

- b ... šířka materiálu [mm]
- R ... poloměr zaoblení ohybníku [mm]
- t ... tloušťka materiálu [mm]
- α ... vrcholový úhel [$^\circ$]
- R_e ... mez kluzu [MPa]

Práce pro ohyb do tvaru „V“ je dle [2] vztahu (11):

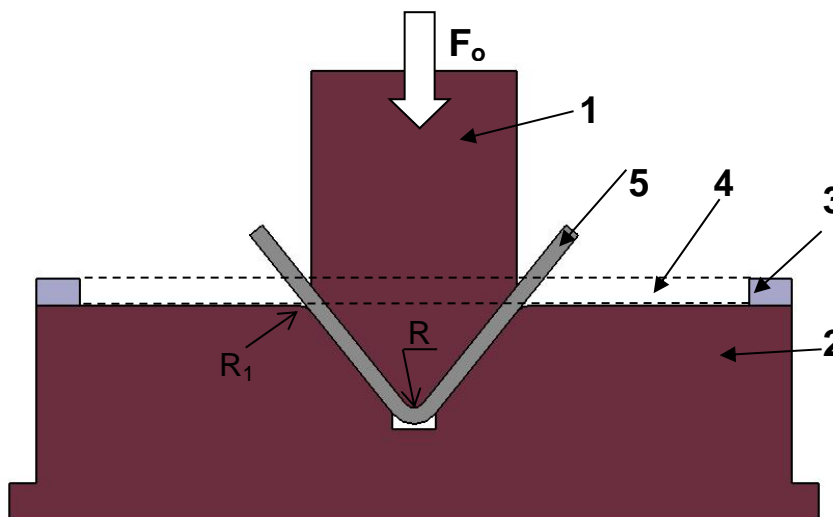
$$A = F_o \cdot k_1 \cdot h \quad \text{[J]} \quad (11)$$

kde je:

F ... ohýbací síla (pro kalibraci $F_c = 2 \cdot F$) [N]

h ... zdvih (koncová poloha) [m]

k_1 ... koeficient průběhu F ($k_1 = 1/3$)



Obr. 2.9: Schéma nástroje k ohýbání do tvaru „V“ /1/

1 – ohybník, 2 – ohybnice, 3 – doraz, 4 – polotovar, 5 - ohybek

Výpočet síly pro ohyb do tvaru „U“

Pro výpočet síly pro ohyb ve tvaru „U“ je dle [8] normy ČSN 22 7340 uváděn vztah (12):

$$F_o = (1 + 7 \cdot f) \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} \quad \text{[N]} \quad (12)$$

kde je:

b ... šířka materiálu [mm]

R ... poloměr zaoblení ohybníku [mm]

t ... tloušťka materiálu [mm]

f_t ... součinitel tření [-], volí se 0,3

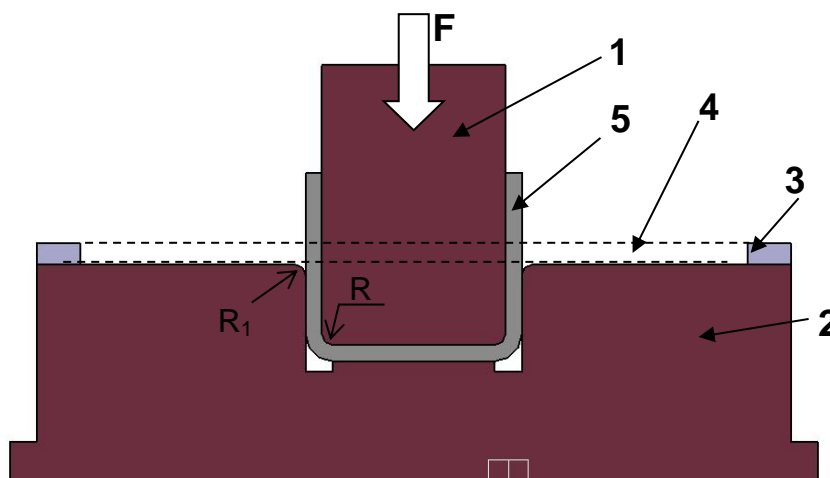
R_e ... mez kluzu [MPa]

Práce pro ohyb do tvaru „U“ je dle [2] vztahu (13):

$$A = F \cdot k_2 \cdot h \quad [\text{J}] \quad (13)$$

kde je:

- F ... ohýbací síla (pro kalibraci $F_c = F + F_p$) [N]
- F_p ... síla přidržovače ($F_p = 0,25$ až $0,30 F_u$) [N]
- h ... zdvih (koncová poloha) [m]
- k_2 ... koeficient průběhu F ($k_2 = 2/3$)



Obr. 2.10: Schéma nástroje k ohýbání do tvaru „U“ /1/

1 – ohybník, 2 – ohybnice, 3 – doraz, 4 – polotovar, 5 - ohybek

2.3.7. Technologické postupy ohýbání

Základní rozdělení technologických postupů podle stroje je následující:

- Ohýbání ruční
- Ohýbání na lisech
- Ohýbání na válcích

Ohýbání ruční na ručních strojích, ohýbačkách

Všechny ohýbací operace není vhodné a ani možné dělat na lisu, tudíž musí být ohýbány ručně (obr. 2.11) [2]. Materiál určený k ohybu je položen na stůl stroje a urovnán na zarážku. Potom je sevřen u ohybové hrany. Hrana je na nástroji tvořena vyměnitelnou kalenou lištou. Po sevření se materiál ohýbá

odklápěním desky v celé délce najednou o libovolný úhel rovněž předem nastavitelný drážkou. Ke stroji bývá dodávána řada různých pomocných zařízení.



Obr. 2.11: Ruční ohýbačka plechu /9/

Ohýbání na lisech

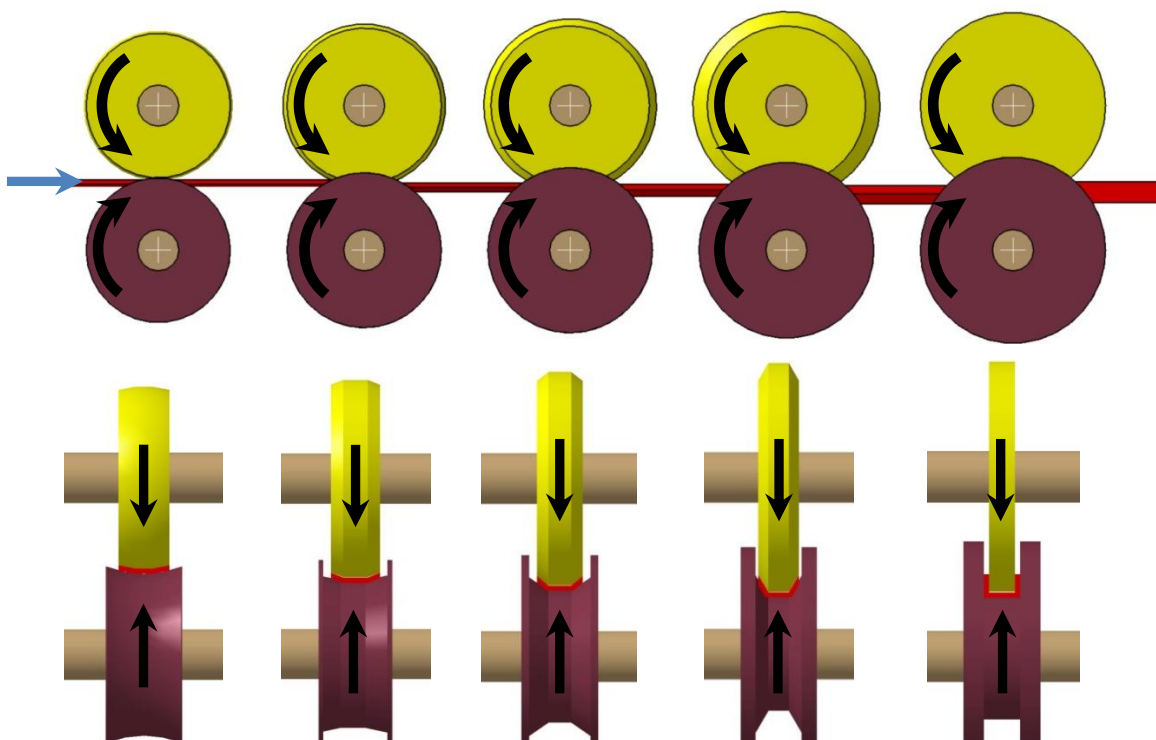
Je nejčastěji používaný technologický postup pro sériovou výrobu, materiál je ohýbán v ohýbacím nástroji, ohýbadle, kterého pohyblivá část vykonává přímočarý vratný pohyb [2]. Toto ohýbání se dělá na mechanických nebo hydraulických (obr. 2.12) lisech, nebo na speciálních strojích, což je závislé na vlastním technologickém procesu. Ohýbadla pro aplikaci na lis se stavějí v porovnání s ostatními nástroji, dosti jednoduchá, často nemívají ani vlastní vedení.



Obr. 2.12: Hydraulický lis /10/

Ohýbání na válcích

Tento technologický postup je sestrojen tak [2], že nástrojem (obr. 2.13) jsou samotné válce, které vykonávají otáčivý pohyb.



Obr. 2.13: Ohýbání na válcích /2/

2.4. DC/AC střídač napětí

2.4.1. Jak funguje střídač napětí

Střídač DC/AC je elektrické zařízení, které mění napětí z konvenčního automobilového napětí 12 V na napětí 230 V, které je standartní v české distribuční síti a také zařízení střídá proud ze stejnosměrného (DC) na střídavý (AC) proud o frekvenci 50 Hz [11]. Provozní výkon používaného střídače ve vozech Škoda je 150 W, který je schopen špičkově pracovat při výkonu 300 W. Přestože je účinnost střídače kolem 90 %, střídač se zahřívá a ztrátové teplo je odváděno pasivně přes hliníkový obal do okolního vzduchu. Z pohledu ochrany 12 V akumulátoru ve voze před jeho vybitím je provoz střídače spojen s několika podmínkami, kdy je 230 V zásuvka aktivní a plně funkční a tj. v následujících případech:

- nastartovaný motoru
- ve STOP fázi, pokud automobil obsahuje STOP/START systém
- Ještě 10 minut po vypnutí motoru, pokud byl do zásuvky připojený spotřebič ještě před vypnutím motoru.

Pro střídač je použita dvoukolíková Euro zásuvka bez ochranného kontaktu (viz obr. 2.14).



Obr. 2.14: Euro zásuvka /11/

2.4.2. Bezpečnost

DC/AC střídač obsahuje několik bezpečnostních prvků, které zajišťují bezpečnost jeho provozu [11]. Jedná se o:

- *Dětská pojistka* – odjistí se pouze při použití odpovídající zástrčky

- *Mikrospínač* – teprve po zasunutí zástrčky do zásuvky dochází k zapnutí DC/AC střídač. DC/AC střídač zůstává aktivní i v případě, že se z 230 V zásuvky neodebírá žádný proud (např. při použití prodlužovacího kabelu nebo při nedostatečně zastrčené zástrčce). Tento stav je signalizován pomocí zeleně svítící LED umístěné na 230 V zásuvkou
- *Ochrana proti podpětí* – ochrana proti příliš nízkému napětí, která chrání automobilový akumulátor proti přílišnému vybití [12]
- *Ochrana proti přepětí* – tato ochrana zabezpečí, že se na vstupní obvody střídače nedostane stejnosměrné napájecí napětí větší než je přípustné a pokud se tak stane, odpojí ochrana střídače od zdroje napájení [11]
- *Nadměrné proudové zatížení* – nadproudová ochrana zabraňuje zapnutí DC/AC střídače po připojení el. zařízení s výkonem větším než 300 W
- *Teplotní ochrana střídače* – ačkoli je účinnost DC/AC střídače přibližně 90 %, dochází při provozu k jeho zahřívání (a k ohřívání jeho okolí). Díky zabudované tepelné ochraně je však jeho maximální teplota limitována. Při zatížení a dlouhodobém provozu tak může teplota na nejteplejší vnější části DC/AC střídače dosáhnout maximálně 80 °C
- *Galvanické oddělení* – 230 V napětí je galvanicky odděleno od zbytku palubní sítě a kostry vozu. I v případě, kdy dojde např. v důsledku poškozeného elektrického zařízení k dotyku s jedním z 230 V kontaktů, nehrozí žádný zásah elektrickým proudem.

2.4.3. Jaké přístroje lze zapojit

Jak již bylo zmíněno v odstavci 2.4.1., jmenovitý výkon střídače je 150 W a krátkodobě je možné připojit elektrický spotřebič až o výkonu 300 W. Na obrázku 2.15 jsou zobrazeny možné elektrických spotřebičů, které můžeme připojit ve voze ke 230 V zásuvce.

Příklady použití

- › Lze zapojit
 - › Napájecí zdroj laptopu (max 75 - 110W)
 - › Nabíječka baterií (~ 50W)
 - › Nabíječka mobilního telefonu (~ 30W)
 - › DVD-přehrávač s monitorem (~ 30W)
 - › Žárovka (25 - 100W)
 - › Televizor (~ 85W)
 - › LCD monitor (~ 35W)
 - › Holicí strojek (~ 10W)
- › Nelze zapojit
 - › Vysavač (> 800W)
 - › Fén (> 1000W)
 - › Přístroje s ochranným kontaktem
 - › Světla s neonovou zářivkou



Obr. 2.15: Příklady použití spotřebičů /11/

2.5. Odolnost vůči chybám (Poka–Yoke)

V současné konstrukci plechového držáku na SUV projektu není zamezeno tomu, aby nedošlo k nesprávnému namontování střídače na držák. Pokud by takový díl byl zamontován do vozu, mohlo by to mít za následek nabourání montážního cyklu nebo by mohlo dojít až k zastavení výrobní linky. V konstrukci nového držáku byla využita metoda zamezení zaměnitelnosti Poka–Yoke, konstrukční detaily jsou blíže vysvětleny v odstavci 3.1.5.

2.5.1. Co je to vlastně Poka-Yoke

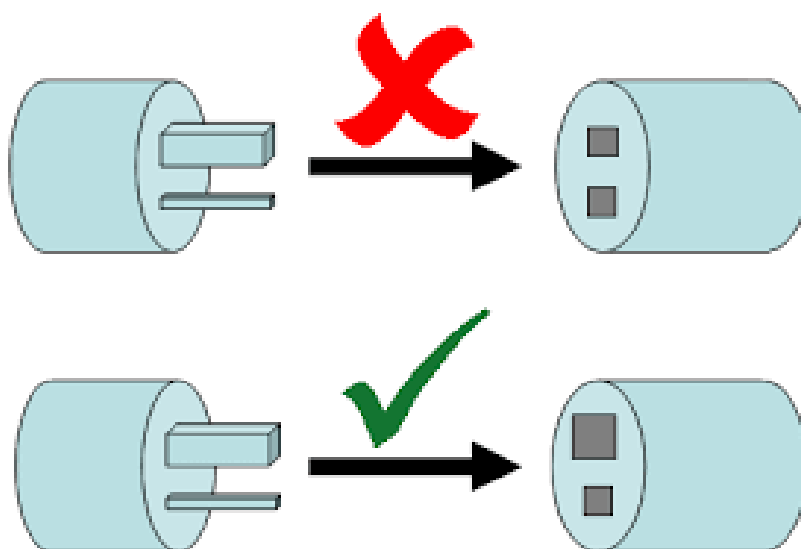
Poka–Yoke (mistake proofing, fail-safing) je technika, která řeší lidské chyby při práci [13]. Poka–Yoke může být mechanický nebo elektrický výrobní přípravek, mechanismus či zařízení, díky kterému nelze vyrobit špatný výrobek. Idea Poka–Yoke je založena na respektu k inteligenci pracovníka. Když pracovník nemusí přemýšlet nad opakovanými úkoly a činnostmi, které jsou odvislé od jeho paměti, má více prostoru pro kreativnější aktivity, které přidávají větší hodnotu. Poka–Yoke zařízení (systém) – umožňuje detekci a okamžitou nápravu chyb. Zařízení Poka–Yoke je součástí kontrolní metody.

Může být nainstalováno při následné kontrole, samokontroly nebo kontroly u zdroje. V posledně jmenovaném případě vytváříme tzv. zero QC system, s výstupem tzv. zero defect (nulový počet neshod).

Poka–Yoke je prakticky povinnou metodou v automobilovém průmyslu, a víceméně je používána, ať už vědomě a cíleně anebo nevědomě, ve všech odvětvích [13]. Největším aplikátorem Poka–Yoke je počítačový průmysl. Např. společnost Hewlett Packard uvádí stovky a tisíce Poka–Yoke aplikací u svých výrobců a procesů.

Již podle názvu je zřejmé, že metoda pochází z Japonska. Autorem je japonský expert Shingo, který je mimochodem i duchovním otcem celého výrobního systému automobilky Toyota [13]. K velkému rozmachu metody potom dochází v devadesátých letech v USA, a odtud dále do celého světa. Původní koncept Poka–Yoke byl zaměřen na výrobu a zlepšování výrobních procesů. Dnes je už samozřejmostí, že se principy Poka–Yoke uplatňují ve fázi návrhu výrobku nebo procesu, a dokonce jsou posunuty ještě dál - až přímo k uživateli.

Jak je uvedeno [13], účelem Poka–Yoke je prevence proti chybám nebo jejich okamžitá detekce a náprava, příklad odolnosti proti chybě při montáži je zobrazena na obr. 2.16.



Obr. 2.16: Příklady použití /13/

3. Experimentální část

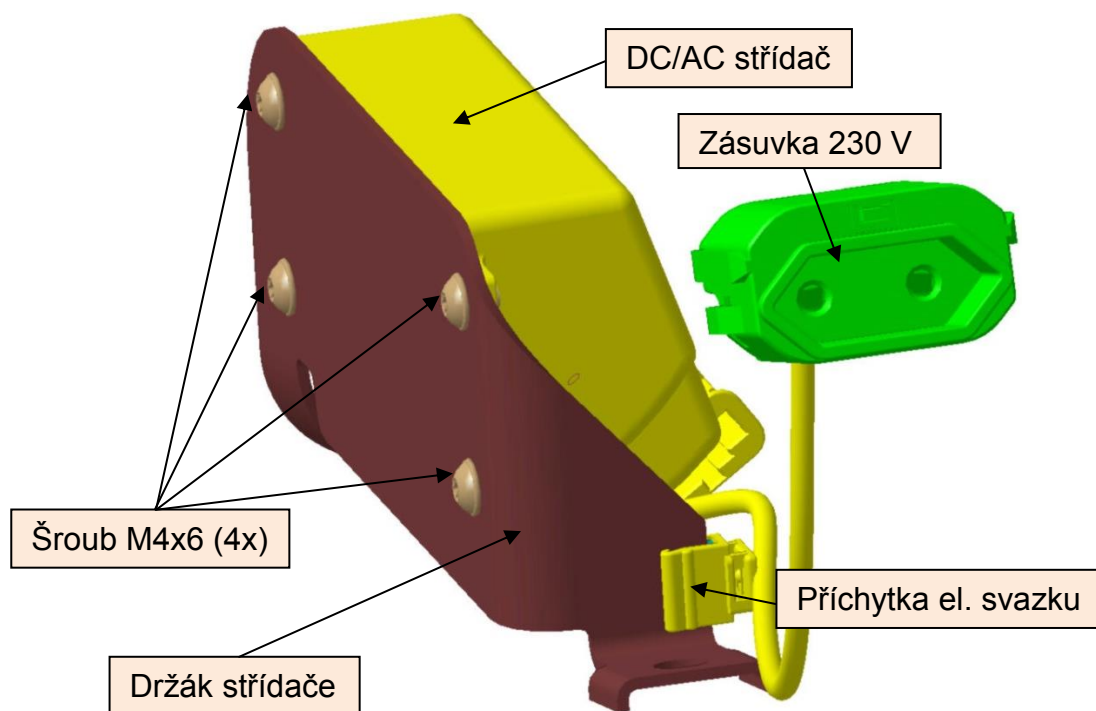
Tématem diplomové práce je tvarová změna držáku, který vidíme na obrázku 3.1. Tvarová změna je požadavkem Škoda Auto, protože je zde potenciál úspory jednicových nákladů na držák a optimalizaci upevnění do vozu. Experimentální část bude postupovat v těchto krocích:

- Návrh konstrukce držáku
- FEM analýza
- Prototypová výroba držáku
- Laboratorní životnostní zkouška držáku (vibrační zkouška)
- Měření délky provozu střídače – vliv konstrukce držáku

3.1. Návrh tvarové změny

3.1.1. Aktuální sériová konstrukce

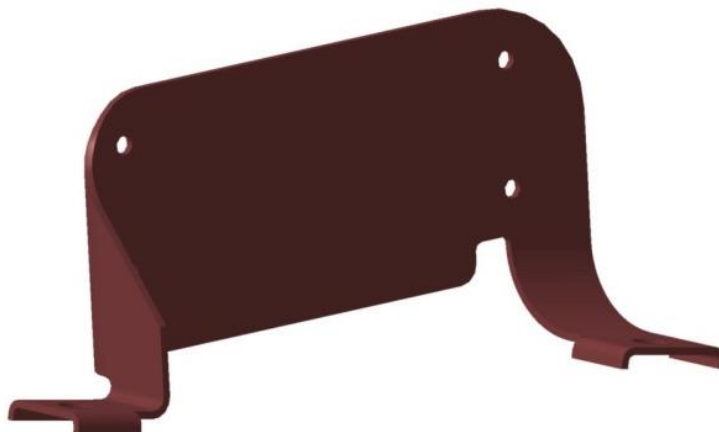
Sériová sestava střídače s držákem, která je dodávána na výrobní linku, se skládá z několika komponentů.



Obr. 3.1: Sestava střídače s držákem SUV

Jak je vidět z obrázku 3.1, sestava se skládá z držáku, do kterého je pomocí čtyř šroubů M4x6 uchycen střídač. Šroub M4 je normalizovaný, má metrický závit a délka dřívku je 6 mm, s čokovitou hlavou s přírubou, s vnitřním šestihran o pevnostní třídě 8.8. Jeho povrchová ochrana má označení r677, tzn. zinek/niklovou ochranu, barva je černá, označení povrchové ochrany je dle VW značení, které je blíže vysvětleno na obr. 3.7. Utahovací moment je předepsán 2 Nm. Celá sestava je do vozu uchycena na dvou přivařovacích šroubech M8x22 a zajištěna pomocí matice M8, která má povrchovou ochranu r645 a má zinek/niklovou ochrany. Utahovací moment matice je stanoven na 12 Nm.

Držák střídače (obr. 3.2) je vyráběn z ocelového plechu o tloušťce 2 mm. Materiál držáku je DIN EN 10346 DX54D – Z100. Označení znamená, že držák je vyráběn z ocelového plechu válcovaného za studena, který je žárově pozinkován [14]. Ocelové plechy DX54D jsou vhodné pro zvláště hluboké tažení. Z100 označuje, že na 1 m² má být 100 g zinku, tloušťka vrstvy by měla být dle normy mezi 5 až 12 μm, průměrná hodnota je 7 μm.

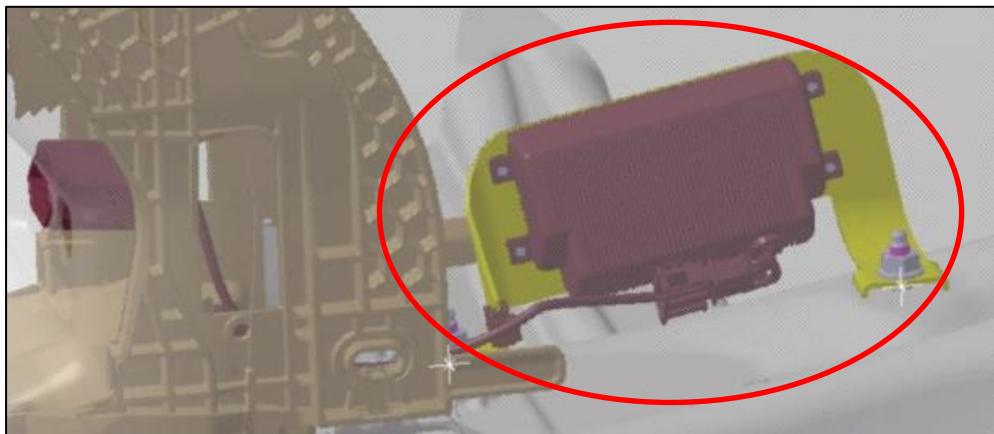


Obr. 3.2: Sériové provedení držáku SUV

3.1.2. Zástavbové místo

Ještě než začne samotná konstrukce držáku, je nutné zvolit vhodné zástavbové místo samotného střídače ve voze. Zásuvka 230 V je primárně dělána pro cestující vzadu, takže tím jsme při hledání zástavbového místa omezení a je potřeba nalézt zástavbové místo v prostoru středového tunelu. Platí zde interní předpis pro dodržení minimálních odstupů od okolních dílů 10 mm. To při dnešním zvyšování komfortu pro cestující vzadu a nabízení i pro

tyto cestující další komfortní vybavy jako např. vyhřívané sedadla, nabíjecí USB modul nebo další 12 V zásuvku v dosahu, tak najít dostačující zástavbový prostor bývá problém.



Obr. 3.3: Umístění střídače ve voze

Sestava střídače s plechovým držákem je v našem konkrétním případě na voze SUV umístěna na středovém tunelu, jenž je zobrazen na obr. 3.3. Tato oblast bývá i v rámci koncernu VW nejčastěji zastavěna tímto dílem, ale je i několik automobilů z koncernu VW, které mají 230 V zásuvku umístěnou v zavazadlovém prostoru.

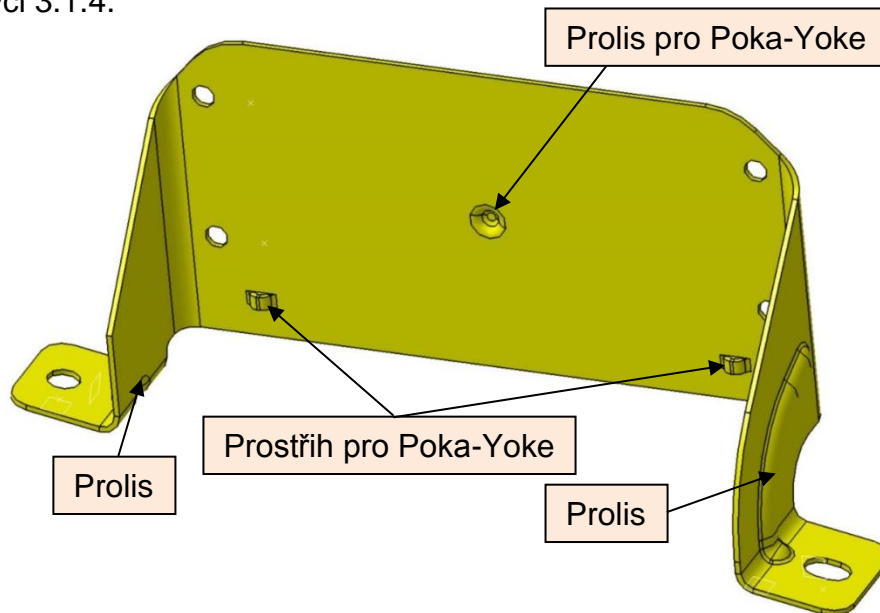
3.1.3. Konstrukce držáku

Návrh nové konstrukce držáku (obr. 3.4) je zaměřen na tři hlavní oblasti a to je redukce tloušťky materiálu, optimalizace upevnění sestavy do vozu a třetí oblastí je konstrukcí držáku zamezit montážním chybám.

Původní sériový držák je zhotoven z materiálu o tloušťce $t = 2$ mm, nový držák je navržen z materiálu tloušťce $t = 1,2$ mm a ve větší míře je zde využito zpevňujících prolisů v konstrukci držáku. Na jedné straně upevňovací packy je jenom prolis přes hranu, na druhé straně, jelikož je zde větší vzdálenost od upevňujícího bodu, je prolis veden přes hranu až do rovny plochy upevňovací packy, který má zpevňovat tuto oblast držáku.

Sériový držák je upevněn na dva přivařovací šrouby M8, které jsou ve svařovně navařeny na středový tunel. Nový návrh optimalizuje toto upevnění a

počítá s použitím přivařovacího šroubu M6, tato modifikace je blíže uvedena v odstavci 3.1.4.



Obr. 3.4: Nový návrh držáku

Nový návrh držáku také obsahuje dva konstrukční prvky, na jedné straně je to místní kruhový prolis a na druhé straně je to prostřih v ploše. Tyto prvky mají zabránit špatnému zamontování střídače na držák a je použito metody Poka–Yoke a detailněji specifikováno v odstavci 3.1.5.

Díky optimalizaci konstrukce je hmotnost nového držáku $m = 128$ g, původní držák má hmotnost $m = 215$ g, takže hmotnostní úspora na novém držáku je cca 90 g.

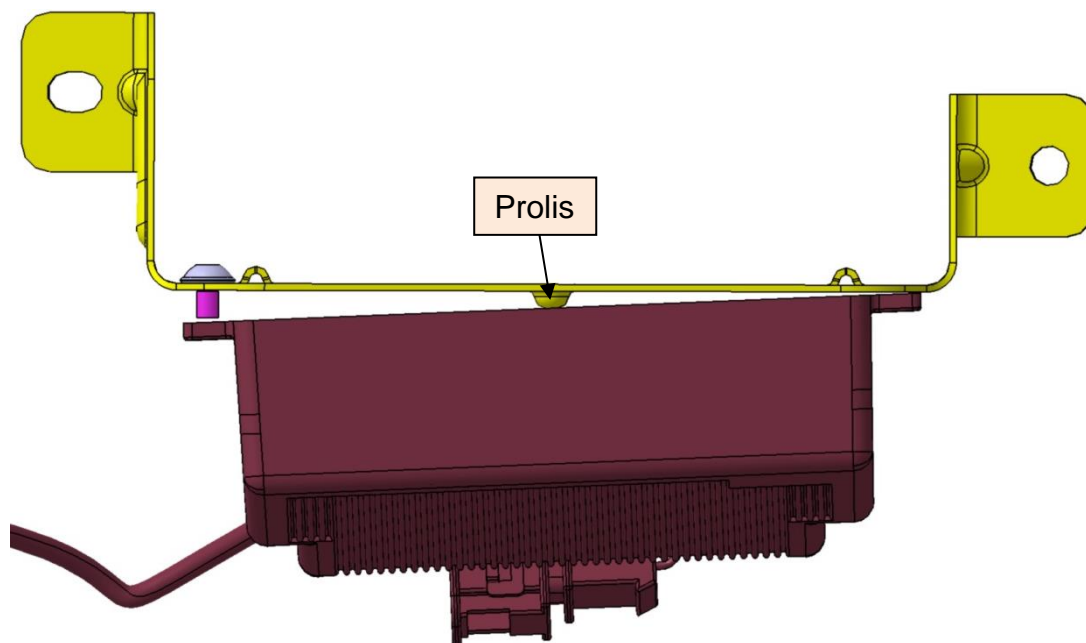
3.1.4. Upevnění držáku do vozu

Sériový držák je upevněn na dva přivařovací šrouby M8x22, které jsou ve svařovně navařeny na středový tunel. Držák je u sériového provedení uchycen matkou M8 o povrchové ochraně r645, tzn. ochranu zinek/nikl. Nový návrh optimalizuje toto upevnění a počítá s použitím přivařovacího šroubu M6x16. Zde se predikuje cenová úspora jak na straně přivařovacího šroubu, který je použit o rozměru M6 namísto M8 a také úspora na matici, opět je použita matice o rozměru M6 namísto M8. Z důvodu vlastní tolerance technologie přivařování šroubu je jeden upevňovací otvor o kruhovém tvaru a průměru 7 mm a druhý otvor je oválného tvaru, aby bylo vymezeno případnému tolerančnímu rozpětí svařovací technologie.

3.1.5. Metoda Poka-Yoke v konstrukci držáku

V současné době je sestava držáku se střídačem dodávána jako komplet na výrobní linku automobilu. Pokud by bylo rozhodnuto, že bude z důvodu ceny kompletování prováděno přímo na výrobní lince, je nutné, aby bylo zamezeno možnému špatnému namontování střídače na držák. Jak je uvedeno v odstavci 2.5, již existují různé metody, které tento problém řeší. Pro nový držák byl vybrán systém Poka–Yoke. Tato metoda má zamezit špatnému namontování střídače na držák, při užití tohoto systému existuje jenom jedna varianta montáže, která je správná, ostatním možnostem je zamezeno. Při řešení tohoto problému je zaměřeno na levnou metodu, které by neznamenal nějaké drahé technologické zařízení, ale využít třeba konstrukční řešení problému ve stylu „Simply Clever“.

Konstrukce držáku je navržena tak, že na jedné straně držáku je prolis o průměru 4 mm . Pokud by pracovník chtěl montovat střídač na tuto stranu, tak mu to nepůjde, jelikož je prolis umístěn ve středu této plochy a vždy bude nadzvedávat střídač (viz obr. 3.5), který bude jednak nestabilní a také nebude možné šrouby na uchycení střídače zašroubovat, jelikož budou krátké.

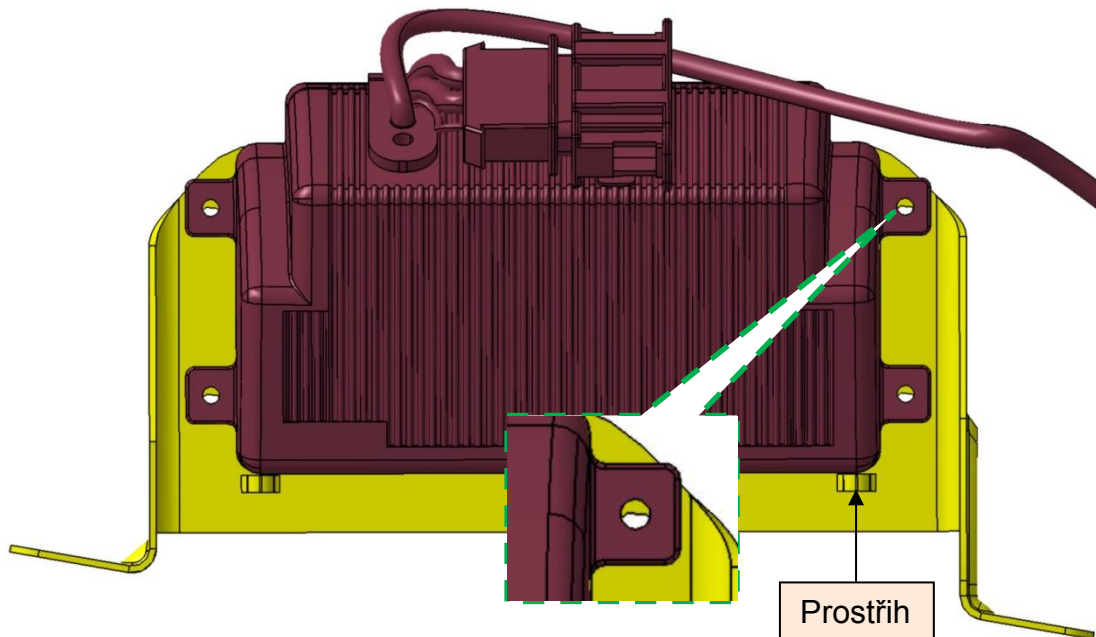


Obr. 3.5: Montáž střídače na špatné straně držáku

Na druhé straně držáku je problém zaměnitelnosti řešen pomocí prostřihů, které jsou dva a vymezují správnou polohu střídače na držáku. Pokud

by se montážní pracovník snažil namontovat střídač obráceně (viz obr. 3.6), tak mu opět nepůjde střídač zašroubovat k držáku. Pokud by se pracovník snažil střídač upevnit přes prostřihy, opět by nebyla délka šroubů pro montáž dostačující.

Jak je vidět z obrázků 3.5 a 3.6, díky jednoduchým konstrukčním prvkům je zamezeno možné špatné poloze střídače na držáku a definováno jediné možné upevnění střídače na držák.



Obr. 3.6: Montáž otočeného střídače

3.1.6. Materiál držáku

Současný držák je vyráběn z ocelového plechu označení DIN EN 10346 DX54D Z100+M+B+O o tloušťce $t = 2$ mm, který je určen k hlubokému tažení. Nový držák je navržen z plechu DX52D Z100+M+B+O o tloušťce $t = 1,2$ mm, který je vhodný k tažení. Tento plech byl vybrán, jelikož v této konstrukci nejsou hluboké tahy aplikovány.

Materiál EN 10346 je z nízkouhlíkové oceli vyráběné válcováním za studena [14]. Vzhledem k tomu, že uhlíková ocel snadno podléhá korozi, jsou ocelové plechy a pásy chráněny, a to kontinuálně žárovým ponorem do zinkové lázně (značí se Z). Plechy, pásy této jakosti jsou vhodné pro hluboké tahy, ohýbání za studena, tváření.

Každý tento druh plechu se používá v jiné oblasti podle vlastnosti daného povlaku, například ve stavebnictví se využívají pro výrobu konstrukcí,

dopravních značek nebo pro výrobu průmyslových pecí, vytápěcích zařízení a protipožárních dveří [14]. U domácích spotřebičů se využívají při výrobě praček, sušiček, ledniček a mikrovlnných trub. Technické vlastnosti materiálu jsou blíže specifikovány v tabulce 3.1.

Tab. 3.1: Tabulka vlastností oceli DIN EN 10346 /15/

Vlastnosti oceli EN 10346										
Označení oceli		Chemické složení rozbor tavby						Mechanické vlastnosti		
Značka	Číselné označení	C max. %	Si max. %	Mn max. %	P max. %	Ti max. %	S max. %	R_e MPa	R_m MPa	Tažnost A_{80} % min.
DX52D	1.0918	0,12	0,5	0,6	0,10	0,3	0,045	140 až 300	270 až 420	26
Poznámka 1 MPa = 1 N/mm ²										

3.1.7. Povrchová ochrana

Povrchová ochrana nového držáku je Z100+M+B+O. Z100 označuje, že na 1 m² má být 100 g zinku, tloušťka vrstvy by měla být dle normy mezi 5 až 12 μm, průměrná hodnota je 7 μm. Dodatečná písmena upřesňují požadované vlastnosti pro dodávaný materiál. M značí, že držák má mít potlačený květ, B značí, že má být zlepšená jakost výrobku a O značí, že má být povrch olejován. Další možné varianty povrchových úprav jsou zobrazeny v tabulce 3.2.

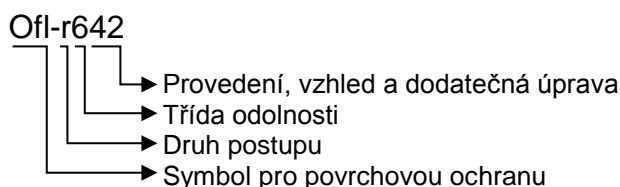
Tab. 3.2: Možné dodatečné vlastnosti oceli EN 10346 /14/

	Povrchová ochrana	Jakost povrchu	Vzhled květu (pouze u výrobků s povlakem Z)
možné varianty označení	C (chemická pasivace)	A (standardní povrch)	N (nepotlačený květ)
	O (olejování)	B (zlepšený)	M (potlačený květ)
	CO (chemická pasivace a olejování)	C (nejlepší jakost)	
	P (fosfátování)		
	PO (fosfátování a olejování)		
	S (uzavření povrchu)		

Spojovací materiál má povrchovou ochranu, která je ve výkresové dokumentaci značena symbolem (obr. 3.7) pro povrchovou ochranu OfI- , za níž se přidává čtyřmístný kód.

Samotný držák je žárově pozinkován a má vlastní označení povrchové ochrany již od dodavatele ocelového plechu. Předpis povrchové ochrany dle VW normy 13750 pro spojovací materiál je následující:

- Šroub M4x6 – r677 – elektrolyticky povrstveno zinek/nikl, černě pasivováno
- Matka M6 – r645 – elektrolyticky povrstveno zinek/nikl, transparentně pasivováno



Obr. 3.7: Označení povrchové ochrany dle VW normy /16/

3.1.8. FEM analýza

FEM analýza (obr. 3.8) byla vytvořena na novém návrhu držáku, který má tloušťku materiálu $t = 1,2$ mm. Hlavním posláním této analýzy je především určení kritických míst držáků z hlediska namáhání a prověření, jaké hodnoty napětí lze v kritických místech očekávat.

Největší napětí se dá očekávat v rádiusu, který poté přechází do ohýbané oblasti. Analýza byla provedena v systému Catia V5 statickým zatěžováním, hodnoty zatížení bylo nastaveno dle normy pro dynamickou dlouhodobou zkoušku VW 80200 – 2, hmotnost střídače činí $m = 390$ g a velikost zrychlení, které je normou stanoveno na hodnoty dle tab. 3.3. Nejvíce kritická osa Z má efektivní hodnotu zrychlení $g = 14,1$ m/s².

Maximální napětí v oblasti rádiusu pro držák vychází na 16 MPa. Jelikož je ale držák v automobilu zatížen dynamickými podmínkami provozu, musíme ve výpočtu materiálu počítat s jeho cyklickým zatěžováním. Mez únavy v ohybu pro materiál EN 10346 byla vypočítána dle příslušného vzorce (16) [17] a tato hodnota vychází na velikost $\sigma_{oC} = 116,1$ MPa, toto mezní napětí v ohybu je

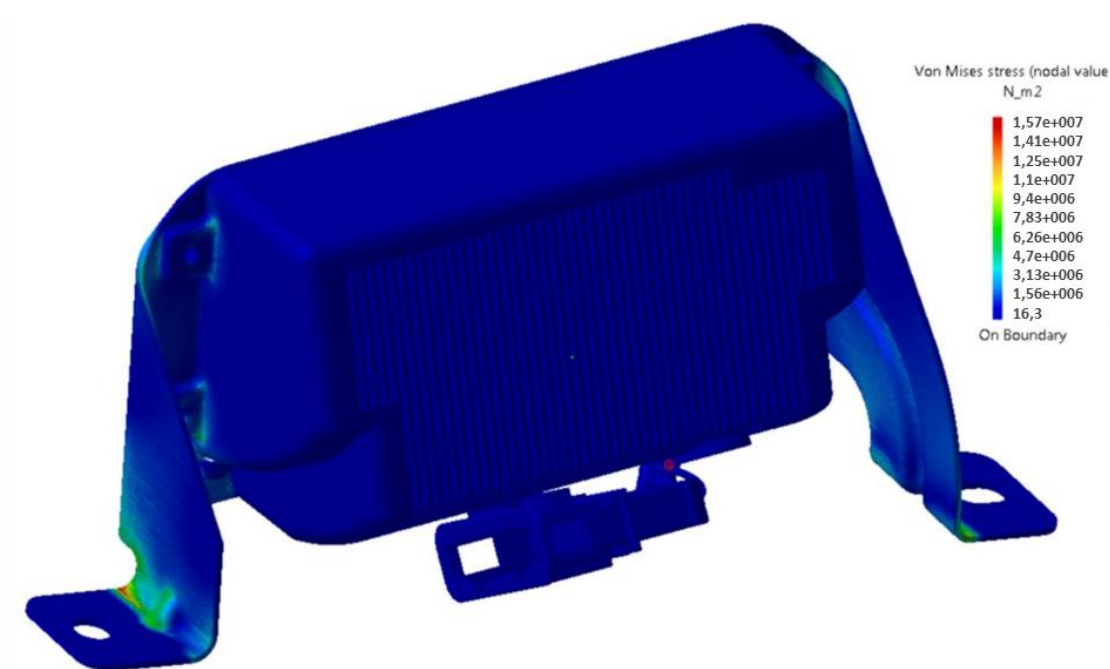
počítáno z minimální uváděné hodnoty materiálu pro mez pevnosti (tab. 3.1). Teoretický výpočet držák pevnostně splňuje, pro případné uvolnění držáku do série je ale nutné konstrukční návrh ověřit cyklickým zatížením na vibračním zkušebním stavu.

$$\sigma_{oC} = 0,43 \cdot R_m \quad [\text{MPa}] \quad (16)$$

$$\sigma_{oC} = 0,43 \cdot 270 = 116,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{o\max} = 16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{oC} > \sigma_{o\max} \rightarrow \text{splněna pevnostní podmínka}$$



Obr. 3.8: FEM analýza držáku

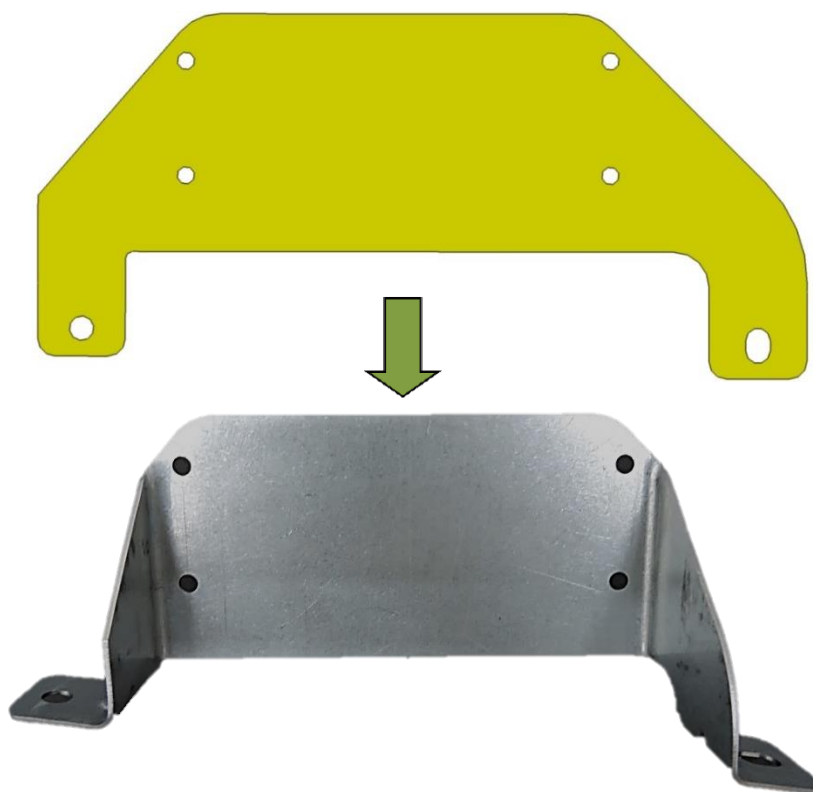
3.2. Prototypová výroba držáku

3.2.1. Řezání

Po konstrukci držáku a provedení konstrukční analýzy FEM aplikací, kterou jsme si verifikovali vhodnost konstrukce a vytipovali kritická místa z hlediska pevnosti držáku, na která se zaměřit po laboratorní zkoušce, musíme vyřešit otázku, jakou technologií nechat vyrobit prototypové díly, abychom mohli ověřit jednak laboratorní vibrační zkouškou pevnost držáku a dále pro měření vlivu konstrukce držáku na odvodu tepla z povrchu střídače.

Jako nejvhodnější varianta z ekonomického i časového hlediska byla zvolena technologie výroby prototypových vzorků technologií řezání laserem. Takto vyrobené vzorky budou dostačující pro následné zkoušky.

Z 3D modelu byl návrh vyexportován v Catii do dxf souboru, který převede 3D geometrii do 2D roviny a tento formát souboru je čitelný pro používaný laserový stroj. Ve výpalku je obsažena jednak vnější geometrii držáku, tak i všechny díry držáku. Tyto polotovary byly následně dopraveny na prototypovou dílnu, kde proběhly další pracovní úkony potřebné k docílení požadované geometrie (obr. 3.9) dle výrobního výkresu.



Obr. 3.9: Výchozí → konečný tvar výpalku

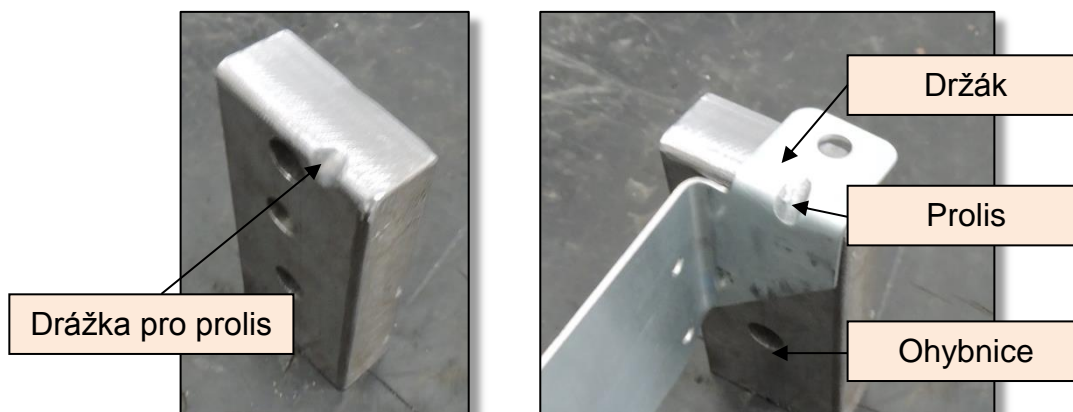
3.2.2. Ohýbání

Prototypové dílně byl dodán výpalek, na kterém byly provedeny požadované ohyby držáku dle výkresové dokumentace. Pracovníkovi byla dodána výrobní dokumentace, která obsahuje výrobní výkres, pracovní návodku a ohybnici, podle které bude držák ohýbat do požadované velikosti rádiusu. Jak je vidět z obrázku 3.10 ohybnice je po celé šířce rádiusu a zaručuje relativně vysokou přesnost. Prototypovou výrobou byly vyrobeny prolisy přes

ohýbané hrany (viz obr. 3.11), ale prvky pro Poka–Yoke tyto díly neobsahují, jelikož by to znamenalo nechat udělat prototypové lisovací nářadí a z hlediska ceny toto bylo zamítnuto a byly vyrobeny pouze prvky, které jsou relevantní pro vibrační zkoušku.



Obr. 3.10: Ohýbání držáku



Obr. 3.11: Ohybnice pro prolis

Pracovní postup pro ohyb držáku byl následující:

1. Sesazení ohybnice + držák a upnutí do svěráku
2. Obě strany držáku jsou dle ohybnice do požadovaného tvaru ohnuty
3. Tvorba prolisů dle vyfrézované drážky v ohybnici (obr. 3.11)

Byl proveden i kontrolní výpočet síly, která bude nutná k ohybu držáku na výrobním lisu při sériové výrobě. Pro výpočet byl použit vzorec (12) pro ohyb do tvaru „U“.

$$F_o = (1 + 7 \cdot f) \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t}$$
$$F_o = (1 + 7 \cdot 0,3) \frac{68 \cdot 1,2^2 \cdot 300}{4 + 1,2} = 17513 \text{ N}$$

Dále byla provedena kontrola minimálního rozměru poloměru ohybu, aby nedošlo k prasknutí materiálu v ohybu. K výpočtu bylo použito vzorce pro minimální poloměr ohybu (8), pro součinitel tvárnosti c byla použita hodnota 0,5 (měkká ocel). Všechny rádiusy na držáku splňují vypočítanou hodnotu pro minimální rozměr rádiusu.

$$R_{min} = t \cdot c$$

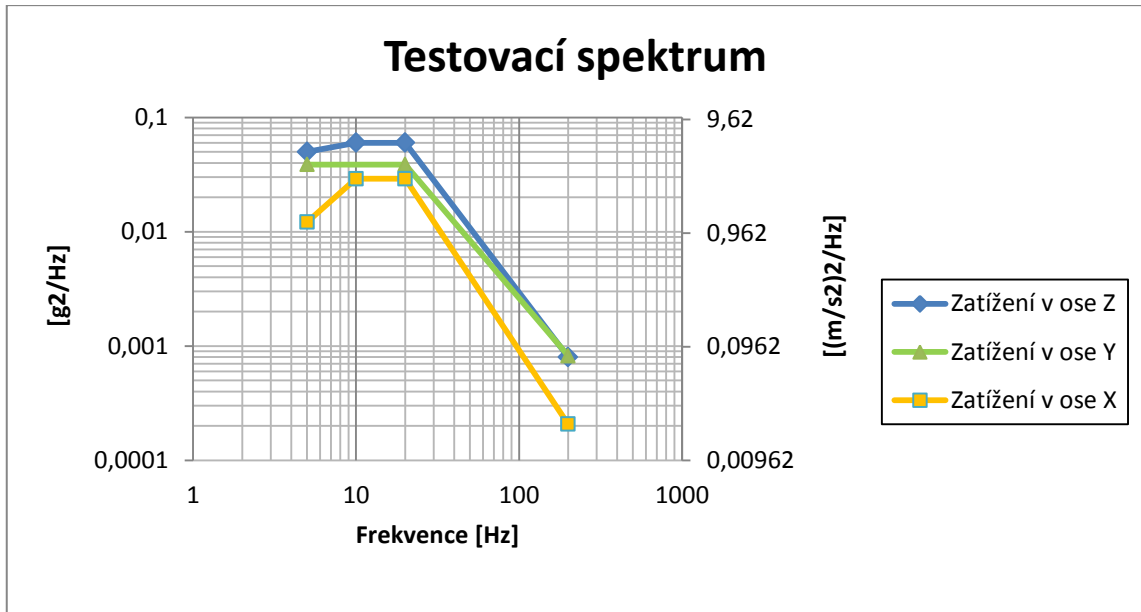
$$R_{min} = 1,2 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ mm}$$

Po vyrobení všech držáků budou ještě všechny držáky přeměřeny na měrovém pracovišti. Pokud jsou všechny rozměry dle výkresové dokumentace v pořádku, přichází již na řadu odzkoušet pevnost držáku a teplotní měření.

3.3. Laboratorní zkoušky

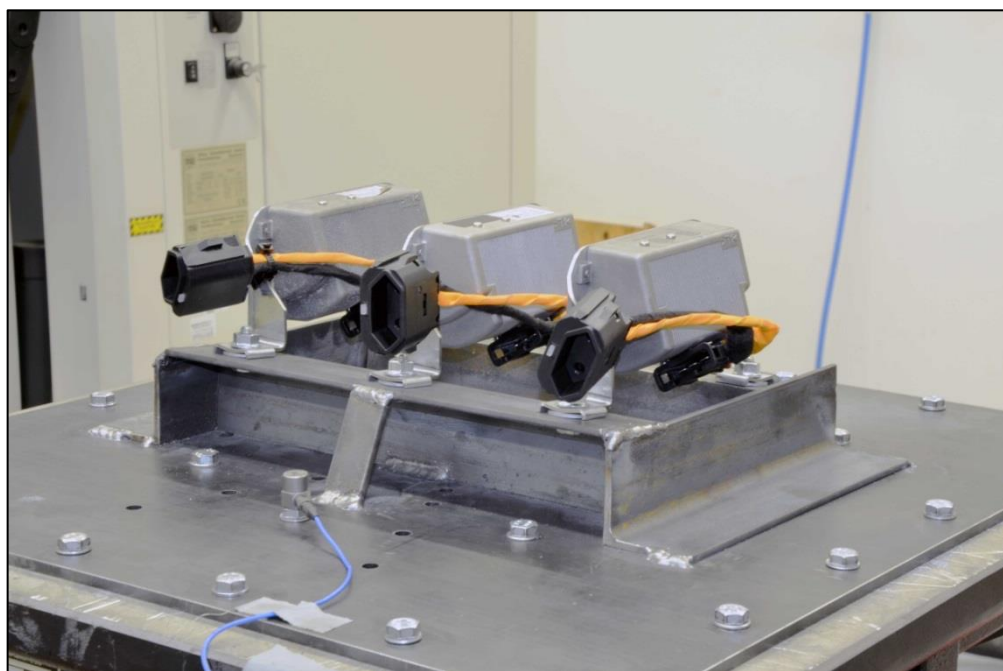
3.3.1. Vibrační zkouška

Po vyrobení je smontován držák se střídačem a tyto sestavy jsou odzkoušeny pomocí vibrační zkoušky na vibračním shakeru. Pomocí této zkoušky budeme sledovat pevnost držáku, pro uvolnění sestavy do sériového stavu je nutné, aby držák prošel vibrační zkouškou bez známky trhliny, případně lomu. Vyhodnocení zkoušky je v zodpovědnosti personálu pracujícím na příslušné dynamické zkušebně. Vibrační profil (graf 3.1) je dán normou VW 80200 – 2, kde je zadána hodnota zrychlení (tab. 3.3), která se mění se změnou osy zatížení a dle umístění sestavy na voze i teplotní profil (graf. 3.2).



Graf 3.1: Testovací spektrum vibrační zkoušky /18/

Dle normy je možné zvolit počet zkoušených sestav, kde v závislosti na počtu těchto sestav je předepsána délka zkoušky. Nejvyšší počet sestav, které norma dovoluje je v počtu 3 ks. Při zkoušce bylo použito těchto tří sestav. Při tomto počtu výsledná doba testování dle normy vychází na 12 hodin v každé zkoušené ose.



Obr. 3.12: Vibrační zkouška

Sestavy jsou upevněny do vibračního stavu (obr. 3.12) a dle normy zkoušeny, jak již bylo zmíněno, 12 h. v každé ose x, y, z. Pro každou osu je dáno různé zatížení (tab. 3.3).

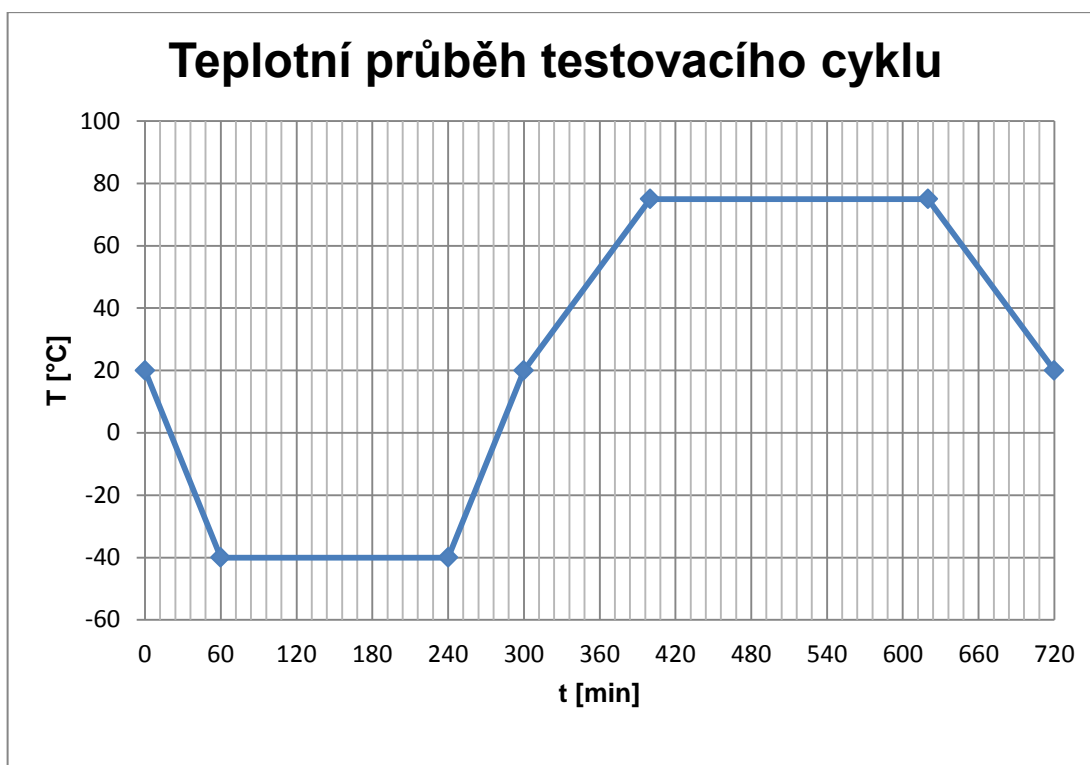
Tab. 3.3: Hodnoty zatížení při vibrační zkoušce /18/

Zatížení v ose Z		
f	g^2/Hz	$(m/s^2)^2/Hz$
5	0,05	4,81
10	0,06	5,77
20	0,06	5,77
200	0,0008	0,08
RMS	1,44 g	14,13 m/s^2

Zatížení v ose Y		
f	g^2/Hz	$(m/s^2)^2/Hz$
5	0,04	3,85
20	0,04	3,85
200	0,0008	0,08
RMS	1,23 g	12,07 m/s^2

Zatížení v ose X		
f	g^2/Hz	$(m/s^2)^2/Hz$
5	0,0125	1,2
10	0,03	2,89
20	0,03	2,89
200	0,00025	0,02
RMS	0,96 g	9,42 m/s^2

Na každou příslušnou osu je aplikováno i teplotní zatížení dle grafu 3.2. Jelikož je střídač umístěn ve středovém tunelu, je normou stanoven teplotní rozsah, který musí komponenty v tomto prostoru bez známek poškození vydržet. Teplotní rozsah pro prostor pasažéra je od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Graf 3.2: Teplotní průběh cyklu /18/

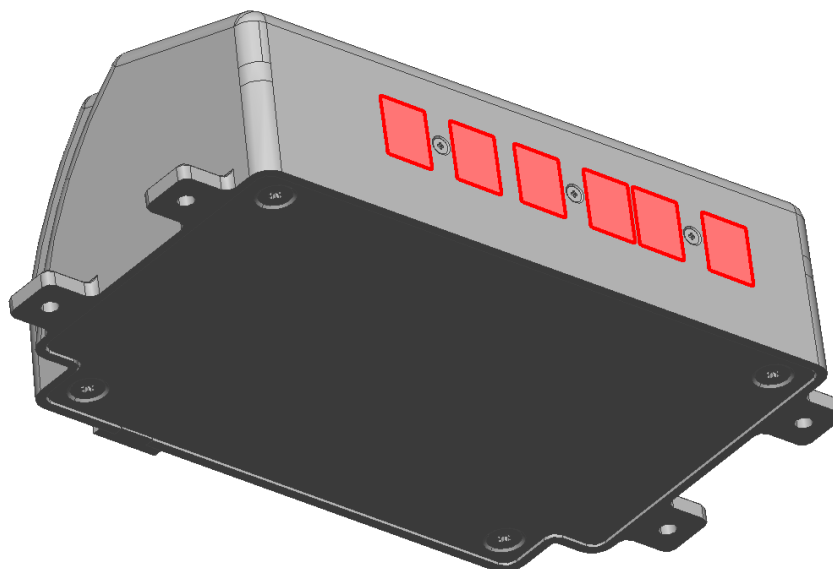
Z tabulky 3.4 vyplývá, že **všechny zkoušené sestavy pevnostně vydržely vibrační zkoušku**. Držáky byly po únavové zkoušce, která trvala 36 hodin (12 hodin v každé ose) bez známky trhlin či lomu a potvrdil se výpočet pomocí FEM analýzy, že vzniklé napětí při provozu nebude větší, než maximální dovolené napětí, které by mohlo znamenat poškození materiálu.

Tab. 3.4: Výsledky vibrační zkoušky

Vibrační zkouška		
Sestava střídače	Porušení materiálu držáku [h]	Závěr
Držák 1 (t = 1,2 mm)	-	vyhovuje
Držák 2 (t = 1,2 mm)	-	vyhovuje
Držák 3 (t = 1,2 mm)	-	vyhovuje

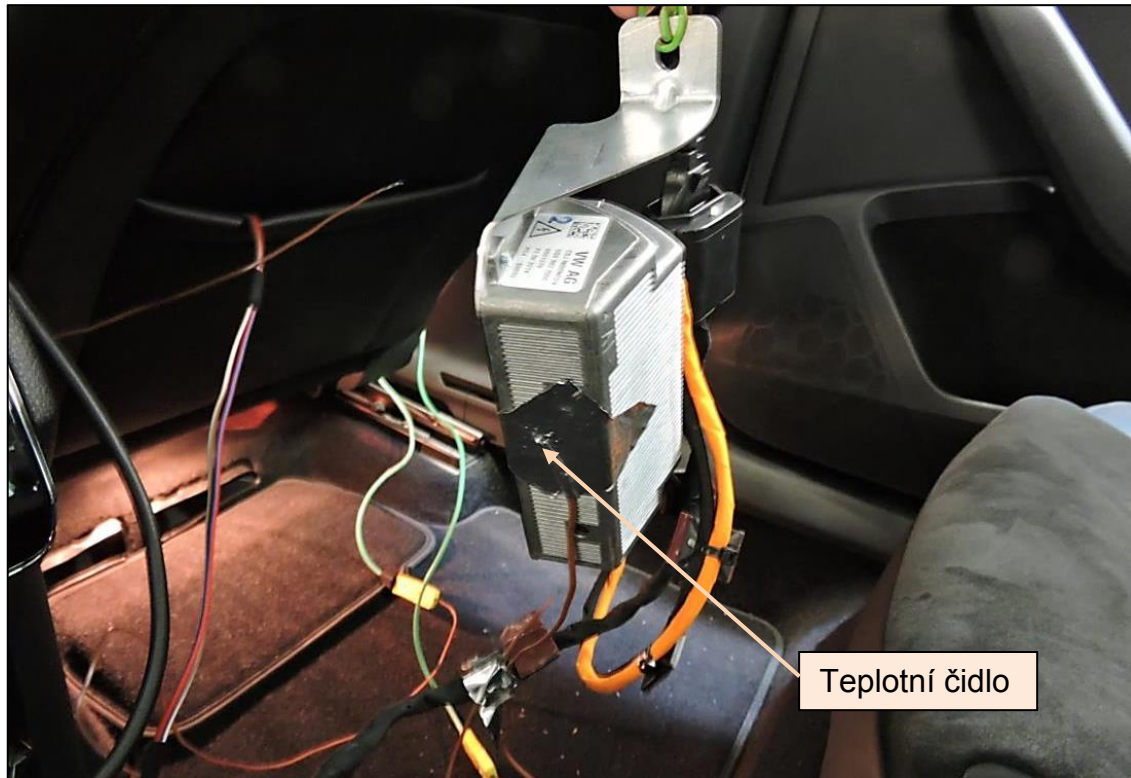
3.3.2. Odvod tepla z povrchu držáku

Přestože má střídač účinnost kolem 90 %, tak se výkonové součástky zahřívají a jsou chlazeny pasivně přes hliníkové těleso střídače. Pro odvod tepla se dá předpokládat, že bude mít také významný vliv, z jakého materiálu bude držák vyroben a jeho konstrukční detaily. Střídač obsahuje šest MOSFETových tranzistorů, které jsou spojeny s hliníkovým tělesem a odvádí ztrátové teplo do tělesa střídače. Tranzistory jsou umístěny dle obr. 3.13 a bude zde umístěno teplotní čidlo, kterým si ověříme, že není překročena maximální povolená teplota na povrchu střídače, jejíž hodnota je 80 °C.



Obr. 3.13: umístění MOSFETů na střídači

Dále zde také budeme sledovat, jaký vliv má materiál a konstrukce držáku na dobu chlazení střídače poté, co dojde k překročení povolené teploty a bezpečnostnímu přerušení chodu střídače. Jako mezní spodní teplotu, na kterou necháme střídač ochladit a ke které budeme počítat dobu chlazení, je stanovena na teplotu 30 °C. Na obrázku 3.14 je zobrazeno umístění teplotního čidla na tělo střídače.







Obr. 3.14: umístění teplotního čidla

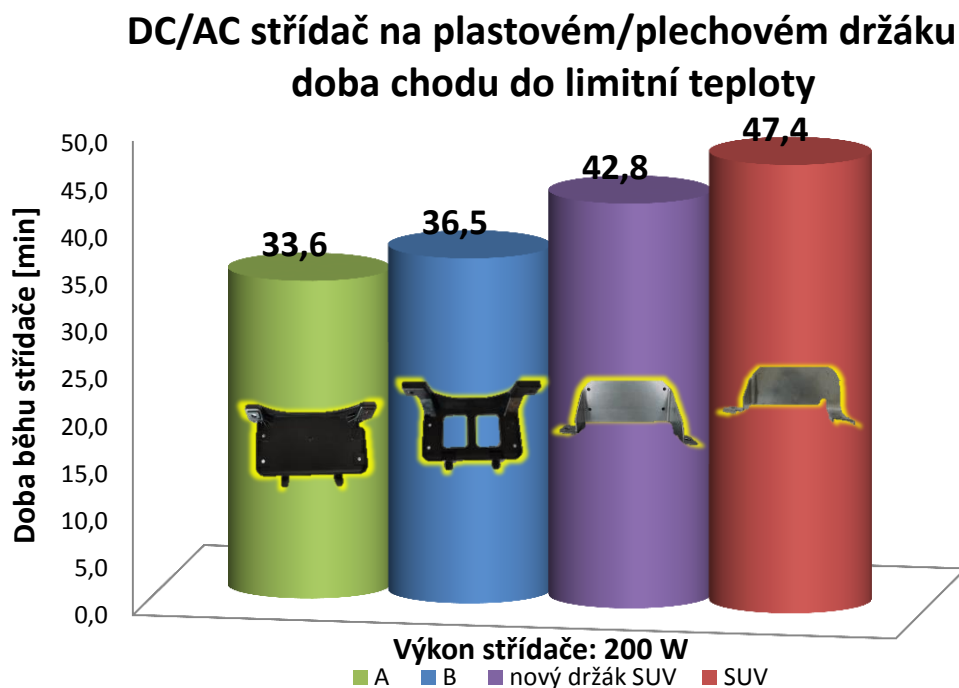
Byl kladen důraz na to, aby všechny sestavy byly měřeny za stejných podmínek, aby například nedocházelo vlivem specifické zástavby pro každou třídu vozu ke zkreslení výsledků. Jelikož střídač je řízen LIN komunikací, kterou potřebuje pro své zprovoznění, tak měření probíhalo ve voze, kde máme připravenou potřebnou elektroinstalaci a nutné řídicí jednotky. Ve voze byla vypnutá klimatizace a větrák a v místnosti konstantní teplota 22 °C. Každá sestava byla zavěšena do vzduchu, aby výsledky nebyly ovlivněny případnou kumulací tepla, pokud by sestavy byly měřeny například položené na pracovním stole. Při měření byl střídač zatížen elektrickým výkonem o hodnotě 200 W.

V tabulce 3.5 je souhrn držáků, které byly podrobeny měření, při kterém byla sledována doba chodu střídače a vliv konstrukce držáků.

Tab. 3.5: Přehled měřených držáků DC/AC střídače ve vozech Škoda

Třída vozu	Vizualizace držáku
A	
B	
SUV	
nový držák SUV	

Předpoklad, že použitý materiál bude mít vliv na délku chodu střídače, se naplnil. Střídač na kovovém držáku měl běh delší o necelých 14 minut, tj. 41 % oproti plastovému držáku bez otvorů. Délku chodu prodlužují i otvory v plastovém držáku, zde je rozdíl cca 9 % oproti plastovému držáku s plným dnem bez otvorů. Naměřené výsledky můžeme vidět v grafu 3.3.

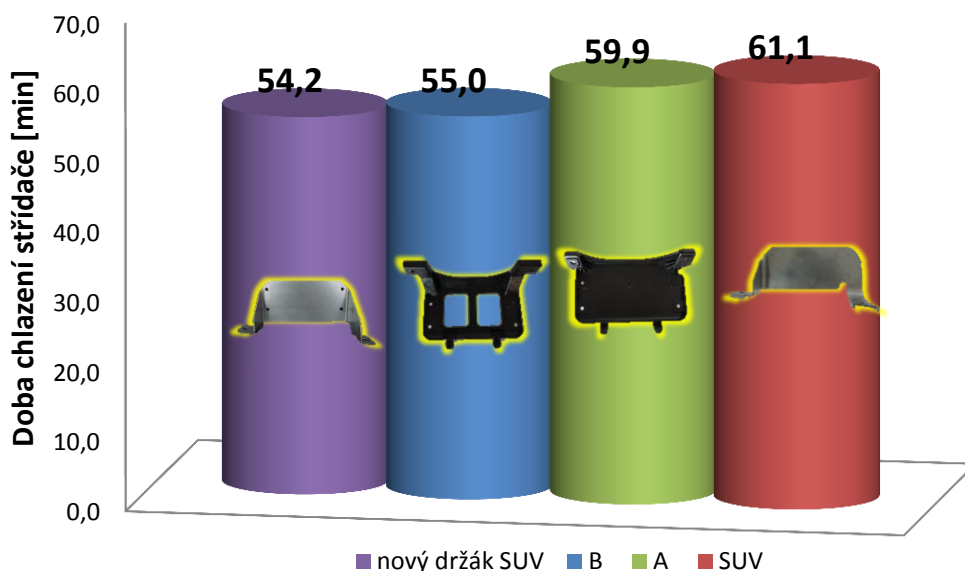


Graf. 3.3: Vliv konstrukce držáku na dobu chodu střídače

Při běhu tedy bylo zjištěno, že kovový držák výrazně prodlužuje dobu chodu střídače, dále bylo experimentálně změřeno, jestli bude mít kovový držák vliv i na dobu chlazení. Zde měření bylo nastaveno tak, že je počítána doba chlazení od limitní teploty, to znamená z teploty, kdy dojde k automatickému přerušení chodu střídače, do spodní limitní teploty, ta byla zvolena na teplotu 30 °C. Zde je zajímavé zjištění, že nejkratší dobu se ochladit z limitní teploty na teplotu 30 °C měl střídač, který byl upevněn na novém plechovém držáku, čas chlazení zde byl 54,2 minuty, ale nejdelší bylo u plechového držáku SUV a trvalo 61,1 minuty. Lze si tento výsledek nejspíše vysvětlit tím, že kovový držák má také pozitivní vliv na odvod tepla, ale jen do určitého objemu materiálu. Pokud je objem materiálu větší, zapříčiní to nahromadění odvedeného tepla v držáku a dochází k pomalejšímu odvodu tepla z tělesa střídače. V grafu 3.4

jsou naměřené hodnoty znázorněny, jaká byla doba chlazení pro všechny varianty.

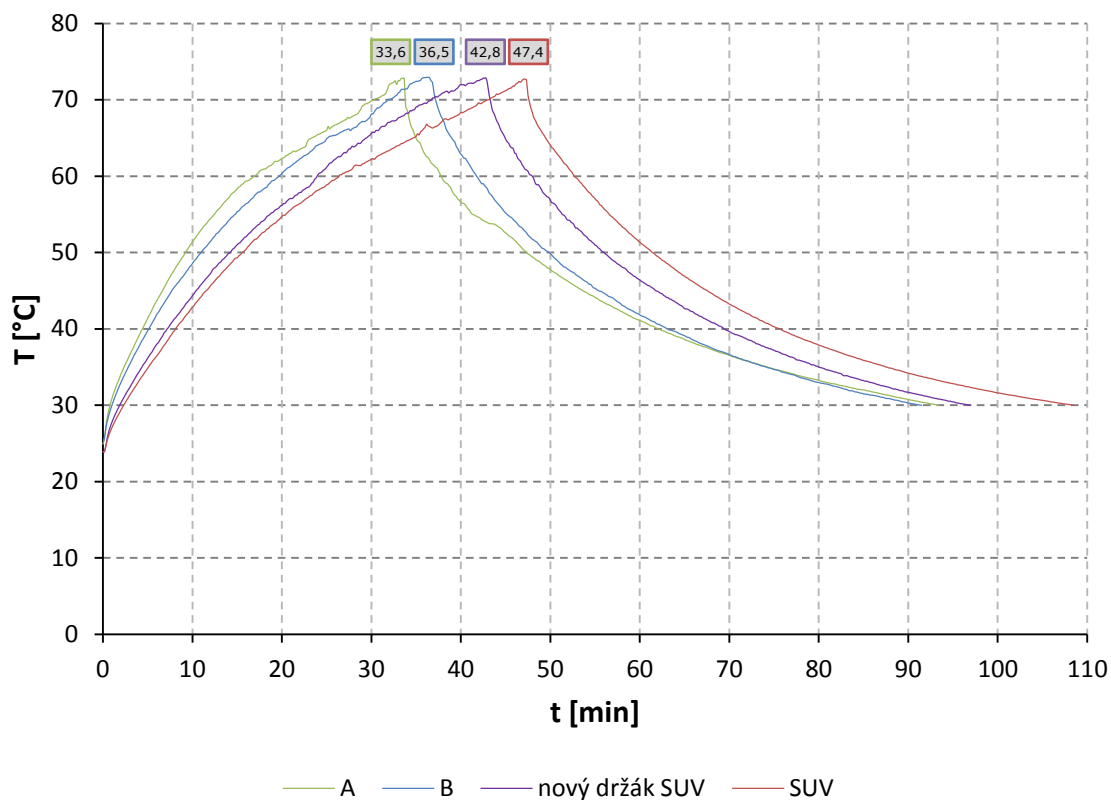
DC/AC střídač na plastovém/plechovém držáku - chlazení z limitní teploty na 30 °C



Graf. 3.4: Vliv konstrukce držáku na dobu chlazení střídače

Pozitivní vliv na dobu chlazení, pokud porovnáváme plastové držáky, mají otvory v držáku na třídě B i pro případ chlazení, rozdíl zde je 4,9 minuty. Naměřené hodnoty ukazují, že jen nepatrný rozdíl je v době chlazení je mezi novým plechovým a plastovým držák s otvory a tato hodnota činí 0,8 minuty, takže lze konstatovat, že je doba shodná. Na grafu 3.5 je zobrazen celý průběh procesu od ohřevu tělesa střídače přes bezpečnostní odpojení až po ochlazení na teplotu 30 °C.

Ohřev/chlazení střídače



Graf. 3.5: Vliv konstrukce držáku na dobu ohřevu/chlazení střídače

4. Závěr

Zadáním diplomové práce bylo se seznámit s technologiemi, které jsou použity v sériové výrobě vozů Škoda pro uchycení elektrického DC/AC střídače napětí. V dalším kroku vytipovat a zaměřit se na držák s největším potenciálem z pohledu možné optimalizace a cílem práce je návrh nového držáku, který bude znamenat možné snížení ceny. Při rozvaze o možných potenciálech byl vybrán kovový držák, používaný na třídě vozu SUV.

Byl navržen nový držák, který obsahuje několik optimalizovaných konstrukčních uzlů. Jako první byla zredukovaná tloušťka materiálu z tloušťky plechu $t = 2 \text{ mm}$ na tloušťku plechu $t = 1,2 \text{ mm}$. V nové konstrukci držáku střídače je ve větší míře využito konstrukčních prolisů, které mají pozitivní vliv na tuhost a celkovou odolnost proti cyklickému zatížení, které při provozu automobilu vzniká. Další optimalizace je provedena v oblasti uchycení střídače do vozu. Zde je navrženo použití dvou přivařovacích šroubů M6 a pro přichycení sestavy dvě matky M6, původní rozměr šroubového spoje je M8. Poslední bod optimalizace se týká zamezení možnosti špatné montáže střídače na držák. Byly navrženy jednoduché konstrukční prvky ve stylu metody odolnosti proti chybám, tzv. metodou Poka–Yoke. Na jedné straně držáku je řešeno pomocí prolisu a na druhé straně pomocí prostříhu. Tyto prvky mají zabránit špatné montáži střídače na montážní lince. Díky menší tloušťce materiálu je úspora na hmotnost nového v porovnání s původním držákem cca 90 g. Porovnání parametrů sériového držáku a nového návrhu je shrnut v tabulce 4.1.

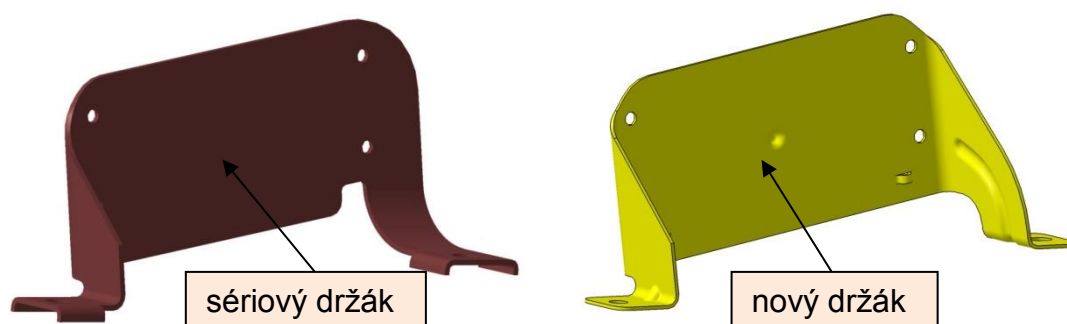
Tab. 4.1: Porovnání parametrů sériového/nového držáku

	sériový držák	nový návrh držák
Tloušťka materiálu	2 mm	1,2 mm
Hmotnost držáku	215 g	128 g
Upevnění do vozu	M8	M6
Odolnost proti montážním chybám	ne	ano

Tři sestavy střídače s držákem byly podrobeny dynamické zkoušce na vibračním zkušebním stavu a byla ověřena živostnost kompletu při cyklickém zatížení. Sestavy byly zatíženy v ose x, y, z dle VW předpisu a lze konstatovat, že všechny držáky byly po dynamické zkoušce bez známky praskliny nebo trhliny a tedy vyhověly únavové zkoušce, která je podmínkou pro možné nasazení do sériové produkce.

Dále je nutné připomenout, že při prototypové výrobě bylo použito technologie řezání laserem. Pro sériovou výrobu bude použita technologie stříhání, která bude mít vliv na únavové zkoušky držáku. Tento vliv je nutné poté dotestovat, což nebylo cílem diplomové práce.

Při měření při zatížení 230 V zásuvky spotřebičem bylo zjištěno, že materiál držáku má významný vliv na odvod tepla z povrchu tělesa střídače, tudíž i vliv na jeho dobu chodu. Pokud je použit kovový držák, střídač má dobu běhu o 41 % delší, než dojde k ochrannému odpojení z důvodu překročení povolené teploty na střídači, oproti tomu, pokud je použit držák plastový s plným dnem. U nového návrhu kovového držáku je tato doba nižší, ale stále je delší o 27 %. Nový držák měl pozitivní dopad na ochlazení střídače z bezpečnostní limitní teploty na teplotu 30 °C a doba ochlazení byla ze všech držáků nejrychlejší a trvala 54,2 minuty. Naopak zajímavým zjištěním bylo, že na původním kovovém držáku SUV tento děj trval nejdéle. Lze to nejspíše vysvětlit tím, že větší objem materiálu zapříčiní nahromadění odvedeného tepla v držáku a dochází k pomalejšímu odvodu tepla z tělesa střídače.



Obr. 4.1: Sériové/nové provedení držáku

Hrubý ekonomický odhad všech provedených optimalizací na novém plechovém držáku predikuje úsporu cca 0,1–0,2 € na voze. Úspora je v tloušťce materiálu, použití menší velikosti přivařovacích šroubů a matek. Samozřejmě se



úspora na jeden vyrobený vůz nezdá nijak zásadní, ale v kontextu s množstvím prodaných aut se může jednat o nezanedbatelnou částku.

Z dosažených výsledků lze konstatovat, že návrh tvarové úpravy držáku (obr 4.1) splňuje parametry pro optimalizaci držáku, byla úspěšná a cíl diplomové práce byl splněn.

5. Seznam použité literatury

- [1.] FOREJT, Milan. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2006. p. 225. ISBN 80-214-2374-9.
- [2.] LENFELD, Petr. *Technologie II.- 1. část (tváření kovů)*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2009. str. 110. ISBN 978-80-7372-466-5.
- [3.] AUGSTE, Jakub. *Přesné stříhání součástí*. Brno, 2008. 33 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D.
- [4.] POVALAČ, Tomáš. *Výroba příruby přesným stříháním*. Brno, 2013. 69 s, 4 výkresy, 14 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Obor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí Ing. Eva Peterková, Ph.D.
- [5.] CHPS s.r.o. [Online] [Citace: 14. Únor 2016.] <http://www.chps.cz/rezani-laserem>.
- [6.] ABNER a.s. [Online] [Citace: 02. Květen 2016.] <http://www.abner.cz/cs/rezani-laserem.aspx>.
- [7.] FRISCHHERZ Adolf, SKOP Paul, Knourek Jiří. *Technologie zpracování kovů - základní poznatky*. Praha : SNTL, 2001. ISBN 80-902655-0-2.
- [8.] MICHNA Štefan, NOVÁ Iva. *Technologie a zpracování kovových materiálů*. Prešov : Adin s.r.o., 2008. ISBN 978-80-89244-38-6.
- [9.] UNIVER, spol. s.r.o. [Online] [Citace: 22. Březen 2016.] <http://www.univer.cz/rucni-ohybacky-plechu-segmentove-ab-1010-bs-ab-1100-bs-id3954>.
- [10.] JOSEF MATUŠÍK, spol s.r.o. [Online] [Citace: 29. Březen 2016.] <http://www.josef-matusik.cz/cnc-ohranovaci-lisy>.
- [11.] Wechselrichter: Volkswagen Wiki. *Volkswagen Wiki*. [Online] [Citace: 07. 02 2016.] <https://volkswagen-wiki.wob.vw.vwg/wikis/display/VWWIKI/Wechselrichter>.



- [12.] Měníče napětí: Deramax.cz s.r.o. *Deramax.cz s.r.o.* [Online] [Citace: 29. Březen 2016.] <http://www.deramax.cz/menice-napeti-ochrany-5-dil-ze-serialu-clanku>.
- [13.] Poka-Yoke: PROCESS QUALITY MANAGEMENT. *PROCESS QUALITY MANAGEMENT.* [Online] [Citace: 1. Duben 2016.] <http://www.pqm.cz/nvcss/pyokecs.html>.
- [14.] Ocel: ALFUN METAL SERVICE CENTER. *Web ALFUN METAL SERVICE CENTER.* [Online] Alfun a.s. [Citace: 15. Březen 2016.] <http://www.alfun.cz/ocel>.
- [15.] DIN EN 10346. *Plechý a pásy z nízkouhlíkových (hlubokotažných) ocelí kontinuálně válcované za tepla k tváření za studena.* Berlín : Německý normalizační institut, 2015.
- [16.] Koncernová norma VW 13750. *Oberflächenschutz für Metallteile; Schutzarten, Kurzzeichen.* Wolfsburg : VW AG, 1999.
- [17.] TUL katedra částí a mechanismů strojů. [Online] [Citace: 2. květen 2014.] http://www.kst.tul.cz/podklady/casti_fs/podklady/Unava_materialu_strojnich_soucasti_pri_periodickem_zatezovani.pdf.
- [18.] Koncernová norma VW 80200-2. *AK Anbauteile; Karosserieanbauteile.* Wolfsburg : VW AG, 2009.



6. Seznam příloh

Příloha A

Výrobní výkres prototypového držáku.

Příloha B

Graf vlivu konstrukce držáku na dobu chodu střídače.

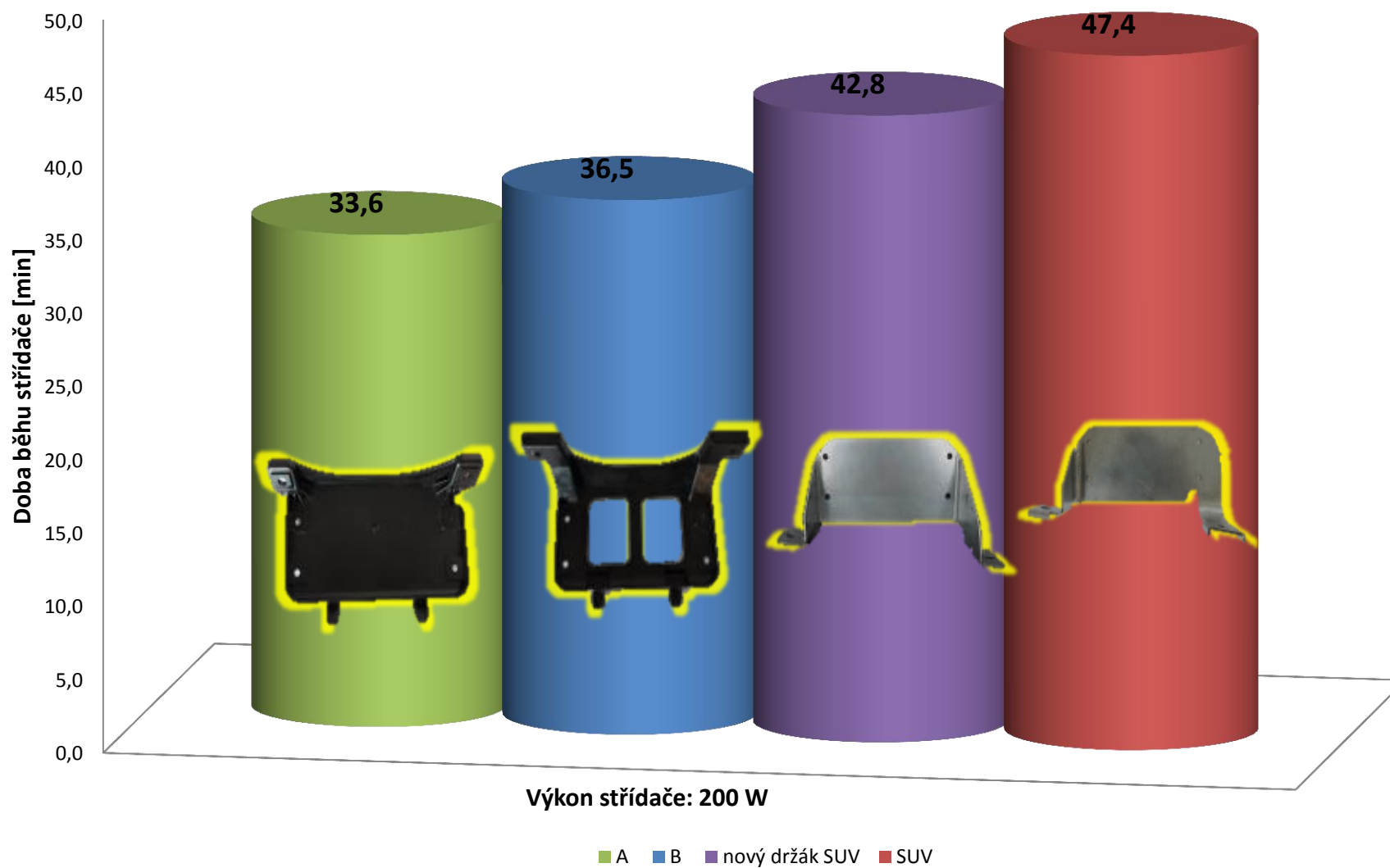
Příloha C

Graf vlivu konstrukce držáku na dobu chlazení střídače.

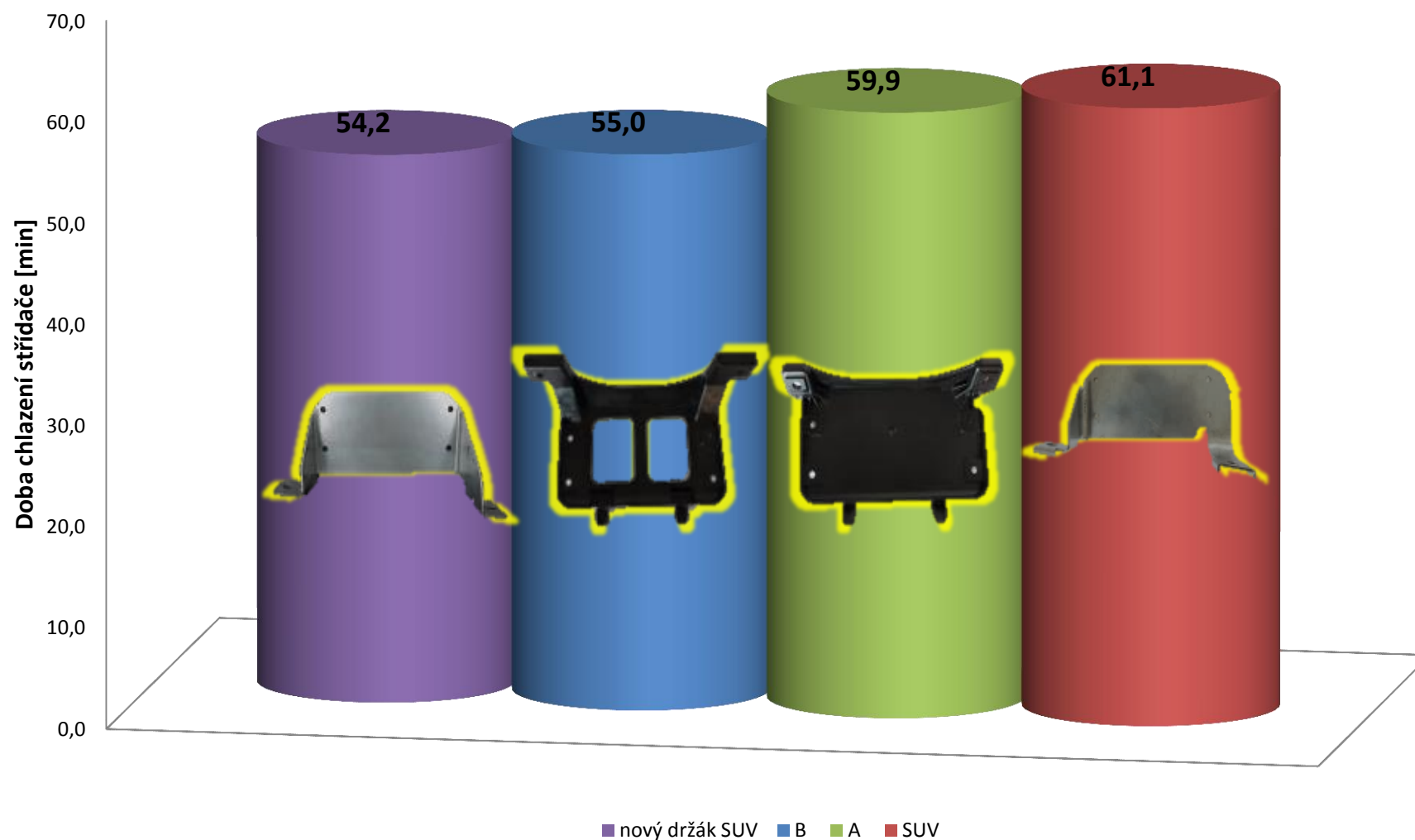
Příloha D

Graf vlivu konstrukce držáku na dobu ohřevu/chlazení střídače.

DC/AC střídač na plastovém/plechovém držáku - doba chodu do limitní teploty



DC/AC střídač na plastovém/plechovém držáku - chlazení z limitní teploty na 30 °C



Ohřev/chlazení střídače

